



*Олий ўқув
юртлари учун*

ГАЗЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШ
ТЕХНОЛОГИЯСИ, ЖАРАЁН
ВА ҚУРИЛМАЛАРИ

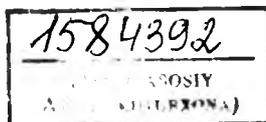


*Олий ўқув
юртлари
учун*

ГАЗЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИ, ЖАРАЁН ВА ҚУРИЛМАЛАРИ

Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта
махсус таълим вазирлиги томонидан олий
ўқув юртлари учун дарслик сифатида
тавсия этилган

ЎзР ФА академиги Н.Р.Юсупбеков таҳрири остида



ТОШКЕНТ – 2016

УЎК: 665.62 (075)

КБК 35.514

Г-14

Г-14

**НУРМУҲАМЕДОВ Ҳ.С., ТЕМИРОВ О.Ш., ТУРОБЖОНОВ С.М.,
ЮСУПБЕКОВ Н.Р., ЗОКИРОВ С.Ғ., ТАДЖИХОДЖАЕВ З.А.
ГАЗЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИ, ЖАРАЁН ВА
ҚУРИЛМАЛАРИ.–Т:«FAN VA TECHNOLOGIYA», 2016, 856 бет.**

ISBN 978–9943–998–81–0

Дарсликда кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари, назарияси, типик қурилмалар конструкциялари ва ишлаш принциплари. ҳамда уларни ҳисоблаш услублари баён этилган.

Ушбу дарслик 5310100 - «Энергетика»; 5310900 - «Метрология, стандартлаштириш ва маҳсулот сифати менежменти»; 5311000 - «Технологик жараён ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ва бошқариш»; 5320300 - «Технологик машина ва жиҳозлар»; 5320400 - «Кимёвий технология»; 5321300 - «Нефть ва нефть-газни қайта ишлаш технологияси»; 5630100 - «Экология ва атроф-муҳит муҳофазаси»; 5111000 - «Касб таълими», кимё ва нефть-газ кимёси йўналишлари ва мутахассисликларида таълим олувчи бакалавр ва магистрантларга дарслик сифатида тавсия этилади. Бундан ташқари, нефть ва газни қайта ишлаш, кимё ва бошқа саноатнинг кимёгари, технолог ва инженер-техник ходимлари, докторантлари қўлланма сифатида фойдаланишлари мумкин.

УЎК: 665.62 (075)

КБК 35.514

Тақризчилар:

- Абу Райҳон Беруний номидаги Тошкент давлат техника университети, техника фанлари доктори, профессор **Ш.М. ҒУЛОМОВ**;
- ЎзЛИТИнефтегаз, техника фанлари доктори, профессор **Р.Ч. ЛИ**.

ISBN 978–9943–998–81–0

© «Fan va texnologiya» нашриёти, 2016.

МУНДАРИЖА

Кириш	12
-------------	----

1 қисм.

ЮҚОРИ МОЛЕКУЛАЛИ БИРИКМАЛАР НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ

1 - боб. ТАБИЙ ГАЗНИ ТОЗАЛАШ

1.1	Табиий газнинг физик-кимёвий хоссалари	20
1.2	Табиий газни тозалаш	22
1.2.1	Газларни тозалаш учун эритувчилар	23
1.3	Газларни адсорбцион тозалашнинг назарий асослари	24
1.3.1	Адсорбция жараёнининг статикаси ва динамикаси	24
1.3.2	Газларни тозалаш учун адсорбентлар	26
1.4	Табиий газни юқори углеводородлардан уюрмавий трубада тозалаш	31
1.4.1	Табиий газни юқори углеводородлардан каталитик деструктив гидрирлаш усулида тозалаш	36
1.5	Газларни углерод диоксиди ва олтингугурт бирикмаларидан абсорбцион усулда тозалаш	38
1.5.1	Углерод диоксидини сув билан ювиб тозалаш усули ва қурилмалари	38
1.5.2	Газларни этаноламинларнинг сувли эритмалари билан тозалаш	40
1.5.3	Углерод диоксидини этаноламинларнинг сувли эритмалари билан ютилиш жараёнининг физик модели	43
1.5.4	Моноэтанолламин ёрдамида тозалашнинг технологик схемалари.	44
1.6	Органик эритувчилар билан физик абсорбциялаш	47
1.6.1	Атроф-муҳит температурасида газларни тозалаш.	48
1.6.2	Совуқ метанол ёрдамида тозалаш	48
1.7	Сульфинол жараёни	50
1.8	Углерод диоксидидан тозалашнинг комбинациялашган схемалари	52
1.9	Газларни H ₂ S дан тозалаш	53
1.9.1	Газларни H ₂ S дан тозалашнинг қуруқ усуллари.	53
1.9.2	Газларни H ₂ S дан тозалашнинг абсорбцион усуллари	58
1.10	Газларни ацетилендан тозалашнинг абсорбцион усуллари	62
1.10.1	Пирогазни қорақуддан тозалаш технологияси	63
1.10.2	Ацетиленни ажратиб олувчи селектив эритувчилар	64
1.10.3	Ацетиленни ажратиб олиш технологияси	67
1.10.4	Паст температурада ацетиленни метанол билан абсорбциялаб ажратиш	70
1.10.5	Паст температурада ацетиленни суюқ аммиак билан абсорбциялаб ажратиш	74

2 - боб. ПОЛИМЕРЛАР КИМЁСИ ВА ФИЗИК-КИМЁСИ

2.1	Полимерлар. Умумий тушунчалар	79
2.1.1	Полимерлар ишлаб чиқариш учун хомашё	79
2.2	Полимерлар классификацияси	82
2.3	Карбозанжирли полимерлар молекулали занжирининг тузилиши ..	84
2.4	Синтетик полимерлар олиш усуллари	85
2.4.1	Полимерлаш ва поликонденсатлаш.	86
2.4.2	Полимер занжирларидаги реакциялар	86
2.4.3	Полимерга ўхшаш айланишлар	87

2.4.4	Полимерлар деструкция реакциялари	87
2.5	Полимерлар характеристикалари ва уларни аниқлаш усуллари	87
2.6	Полимерлар физик таркиби	90
2.6.1	Полимер занжирларининг эгилувчанлиги	90
2.6.2	Макромолекулалар эгилувчанлигининг асослари	90
2.6.3	Макромолекулалар эгилувчанлигини белгиловчи омиллар.	92
2.7	Полимерлар агрегат ва фазавий ҳолатлари	93
2.7.1	Полимерларнинг физик ҳолати	93
2.7.2	Полимерларнинг аморф ҳолати	93
2.7.3	Полимерларда релаксация ҳодисаси	95
2.7.4	Полимерларнинг кристаллик ҳолати	96
2.7.5	Полимерларнинг молекула уст тузилиши	100
2.8	Полимерлар реологияси асослари	102
2.9	Полимерлар пластификацияси	105
2.10	Қуйи молекулали бирикмалардан полимерлар олиш.	106
2.10.1	Занжирли полимерлаш	106
2.10.2	Радикалли полимерлаш	107
2.10.3	Ионли полимерлаш	108
2.10.4	Сополимерлаш	111
2.10.5	Босқичма-босқич полимерлаш	113
2.10.6	Полимерлашнинг техник усуллари	114
2.11	Поликонденсатлаш	116
2.11.1	Полимер молекуляр массаси ва поликонденсатлаш тезлигига турли омилларнинг таъсири	118
2.11.2	Поликонденсатлашнинг техник усуллари	119
2.11.3	Қўп компонентли поликонденсатлаш	120
2.12	Полимерлар эскириши ва мўътадиллаш	120
2.12.1	Полимерларда эскириш жараёнлари	120
2.12.2	Полимерларни ташқи таъсирлардан ҳимоялаш	123

3 - боб. ТҶҲЙИНАМАН АЛИФАТИК УГЛЕВОДОРОДЛАР ПОЛИМЕРЛАРИ ВА УЛАРИНИНГ ҲОСИЛАЛАРИ

3.1	Полиэтилен	126
3.1.1	Полиэтилен ишлаб чиқариш учун хом-ашё	127
3.2	Юқори босимда полиэтилен олиш механизми	131
3.2.1	Юқори босимли полиэтиленни трубали реакторда ишлаб чиқариш.	133
3.2.2	Юқори босимли полиэтиленни аралаштиргичли автоклавда ишлаб чиқариш	136
3.3	Паст босимда полиэтилен механизми	137
3.4	Ўртача босимда полиэтилен олиш механизми.	140
3.4.1	Полиэтилентерефталаат	142
3.5	Полиэтилен хоссалари	143
3.6	Полипропилен	146
3.6.1	Полипропилен ишлаб чиқариш учун хом-ашё	147
3.6.2	Полипропиленни полимерлаш	147
3.6.3	Полипропиленни ишлаб чиқариш	149
3.6.4	Полипропилен хоссалари ва уни қўллаш соҳалари	153
3.7	Этиленнинг бошқа мономерлар билан сополимерлари	155
3.8	Полиизобутилен	155
3.8.1	Полиизобутиленнинг хоссалари ва уни қўллаш соҳалари	157

**ТЎЙИНМАГАН АРОМАТИК УГЛЕВОДОРОДЛАР
ПОЛИМЕРЛАРИ**

3.9	Полистирол	157
3.9.1	Полистирол ишлаб чиқариш учун хом-ашё	157
3.9.2	Полистирол ишлаб чиқариш усуллари	158
3.9.3	Полистирол хоссалари ва уни қўллаш соҳалари	162
3.10	Поливинилхлорид	164
3.10.1	Поливинилхлорид ишлаб чиқариш усуллари	165
3.10.2	Поливинилхлорид хоссалари	168
3.11	Полимерларнинг турли хоссалари	169

2 қисм.

ГАЗЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ЖАРАЁН ВА ҚУРИЛМАЛАРИ

**4 - боб. СУЮҚЛИКЛАР ҲАРАКАТИ, УЛАРНИ
УЗАТИШ ВА СИҚИШ**

4.1	Суюқлик ҳаракатининг асосий характеристикалари	175
4.2	Оқимнинг узлуксизлик тенгламаси	177
4.3	Суюқлик ҳаракатининг Эйлер дифференциал тенгламаси	178
4.4	Ҳақиқий суюқлик оқими учун Бернулли тенгламаси	180
4.5	Суюқлик ҳаракатининг Навье-Стокс дифференциал тенгламаси.	182
4.6	Бернулли тенгламасининг амалий қўлланилиши	184
4.7	Суюқлик ҳаракати режимлари	185
4.8	Ламинар ҳаракат конунлари	187
4.9	Турбулент ҳаракат режими	189
4.10	Қовушқоқ суюқлик ҳаракатининг критериал тенгламалари	190
4.11	Труба қувурларидаги гидравлик қаршилик	192
4.11.1	Ноньютон суюқликлар ҳаракати	196
4.12	Труба қувурлари диаметрини ҳисоблаш	201
4.13	Насадка ва тешиқлар орқали суюқлик оқиб чиқиши	202
4.14	Қаттик жисмларнинг суюқликда ҳаракати	206

НАСОСЛАР 209

4.15	Умумий тушунчалар	209
4.16	Насослар классификацияси	209
4.17	Насосларнинг асосий параметрлари	209
4.18	Марказдан кочма насослар	212
4.19	Поршенли насослар	218
4.19.1	Поршенли насос унумдорлигини рoстлаш	223
4.20	Насосларнинг махсус турлари	223
4.21	Насослар ҳаракатланувчи қисм ва зичлагичларининг турлари	228
4.21.1	Насослар эксплуатациясида юзага келадиган носозликлар	234
4.21.2	Насосларни қўллаш соҳалари, афзаллик ва камчиликлари.	238

КОМПРЕССОРЛАР 241

4.22	Асосий тушунчалар	241
4.23	Газларни сиқиш жараёнининг термодинамик асослари	241
4.24	Поршенли компрессорлар	245
4.25	Роторли компрессорлар	249
4.26	Марказдан кочма типдаги компрессорлар.	250
4.27	Ўқли ва винтли компрессорлар	252
4.28	Вакуум-насослар	253

4.28.1	Газ ва буғ турбиналари	254
4.28.2	Турбиналарнинг асосий қисм ва деталлари	258
4.29	Компрессорларни такқослаш ва танлаш	261
5 - боб. ГИДРОМЕХАНИК ЖАРАЁНЛАР		
5.1	Турли жинсли системалар классификацияси	263
5.2	Ажратиш усуллари	264
5.3	Ажратиш жараёнининг моддий баланси.	264
ТИНДИРИШ ВА ЧЎКТИРИШ		
5.4	Оғирлик кучи таъсирида чўктириш	265
5.5	Сикиқ чўқиш тезлиги	267
5.6	Суспензия концентрацияси ва заррачалар шаклининг чўқиш тезлигига таъсири	268
5.7	Марказдан қочма куч таъсирида чўктириш	269
5.8	Тиндириш ва чўктириш қурилмалари	270
5.8.1	Чўктириш қурилмасини ҳисоблаш	275
ФИЛЬТРЛАШ.		
5.9	Умумий тушунчалар	279
5.10	Фильтрлаш турлари	279
5.11	Фильтрлаш жараёнининг назарий асослари	280
5.12	Фильтрлар	282
5.13	Фильтрлаш жараёнини интенсивлаш	288
5.14	Фильтрларни ҳисоблаш	289
5.14.1	Энгли фильтрни ҳисоблаш	290
ГАЗЛАРНИ ТОЗАЛАШ		
5.15	Умумий тушунчалар.	294
5.16	Оғирлик кучи таъсирида газларни тозалаш	295
5.17.	Инерцион ва марказдан қочма кучлар таъсирида газларни тозалаш	296
5.17.1	Газ сепараторлари	298
5.18.	Газларни ғовакли тўсикларда тозалаш	300
5.19.	Газларни суюқлик билан ювиб тозалаш	302
5.20.	Электр майдон таъсирида газларни тозалаш.	305
5.21.	Газларни тозалаш жараёнини интенсивлаш	309
5.21.1	Скрубберларни ҳисоблаш	311
ҚЎЗҒАЛМАС ВА МАВҲУМ ҚАЙНАШ ҚАТЛАМЛАРИ ГИДРОДИНАМИКАСИ		
5.22	Умумий тушунчалар	315
5.23	Қўзғалмас донатор ва ғовак қатламлар орқали суюқлик ҳаракати.	315
5.24	Мавҳум қайнаш жараёни асослари ва гидродинамикаси	318
5.25	Мавҳум қайнаш қатламли қурилмалар	323
5.26	Уч фазаги мавҳум қайнаш.	325
АРАЛАШТИРИШ		
5.27	Умумий тушунчалар	334
5.28	Суюқликни аралаштириш усуллари	334
5.29	Пластмассаларни аралаштириш.	338
5.30	Сочилувчан материалларни аралаштириш	339

5.31	Аралаштиргичларни ҳисоблаш	341
	ТЕСКАРИ ОСМОС ВА УЛЬТРАФИЛЬТРАШ	349
5.32	Умумий тушунчалар	349
5.33	Тескари осмос ва ультрафильтрлаш жараёнларнинг Физик-кимёвий асослари	350
5.34	Диффузион-мембранали жараёнлар	353
5.35	Мембраналарни тозалаш усуллари	354
5.36	Мембранали қурилмалар тузилиши ва ишлаш принципи	355
5.36.1	Минералсизлаштирилган ва дистилланган сув олиш	359
5.37.	Мембранали жараён ва қурилмаларни ҳисоблаш	370
	6-БОБ. ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ЖАРАЁНЛАРИ	
	ИССИҚЛИК ЎТКАЗИШ	373
6.1	Умумий тушунчалар	373
6.1.1	Иссиқлик баланси	374
6.1.2	Температура майдони ва градиенти	375
6.2	Иссиқлик ўтказувчанлик	376
6.2.1	Иссиқлик ўтказувчанликнинг дифференциал тенгламаси	377
6.2.2	Текис деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги	379
6.2.3	Цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги	380
6.2.4	Шарсимон деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги	381
6.2.5	Мураккаб шаклли жисмлар иссиқлик ўтказувчанлиги	382
6.3	Иссиқлик нурланиши	383
6.4	Конвектив иссиқлик алмашилиш	386
6.4.1	Ньютон қонуни	387
6.4.2	Конвектив иссиқлик алмашилишнинг дифференциал тенгламаси (Фурье-Кирхгоф тенгламаси).....	388
6.4.3	Конвектив иссиқлик алмашилишнинг ўхшашлик критерий ва тенгламалари	389
6.5	Эркин конвекция даврида иссиқлик бериш	391
6.6	Мажбурий конвекция даврида иссиқлик бериш	391
6.7	Иссиқлик элткичининг агрегат ҳолати ўзгаришида иссиқлик бериш	392
6.8	Иссиқлик бериш коэффициентларининг сон қийматлари	395
6.9	Иссиқлик ўтказиш	396
6.10	Иссиқлик алмашилиш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи куч. ...	398
	ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ҚУРИЛМАЛАРИ	403
6.11	Қурилмалар классификацияси	403
6.11.1	Сиртий иссиқлик алмашилиш қурилмалари	403
6.11.2	Регенератив иссиқлик алмашилиш қурилмалари	417
6.11.3	Аралаштирувчи иссиқлик алмашилиш қурилмалари	417
6.11.4	Термосифон ва иссиқлик трубалари	420
6.12	Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини танлаш	421
6.13	Иссиқлик алмашилиш жараёнларини интенсифлаш	423
	БУҒЛАТИШ	431
6.14	Умумий тушунчалар	431
6.15	Буғлатишнинг назарий асослари	432
6.16	Буғлатиш усуллари	433
6.16.1	Оддий буғлатишнинг моддий баланси	435
6.16.2	Оддий буғлатишнинг иссиқлик баланси	435

6.16.3	Иситиш юзаси.	436
6.17	Буғлаткичлар тузилиши ва ишлаш принциплари	440
6.18	Иситувчи бугни тежаш усуллари.	446
6.19	Перспектив иссиқлик алмашиниш қурилмалари	447
6.20	Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмасини ҳисоблаш	452
7-боб. МАССА АЛМАШИНИШ ЖАРАЁНЛАРИ		460
МАССА АЛМАШИНИШ АСОСЛАРИ		460
7.1	Умумий тушунчалар	460
7.2	Масса ўтказиш кинетикаси	461
7.3	Масса алмашиниш жараёнининг моддий баланси	462
7.4	Масса ўтказишнинг асосий қонуллари	463
7.5	Қаттиқ жисм иштирокида масса алмашиниш	466
7.6	Конвектив диффузиянинг дифференциал тенгламаси	469
7.6.1	Масса алмашиниш жараёни механизми	472
7.6.2	Масса ўтказиш ва узатиш коэффициентлари ўртасидаги боғлиқлик	473
7.6.3	Масса алмашиниш жараёнларининг моделлари	474
7.6.4	Масса алмашиниш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи куч	476
7.7	Масса алмашиниш қурилмаларининг асосий ўлчамларини ҳисоблаш	479
АБСОРБЦИЯ		483
7.8.	Умумий тушунчалар	483
7.9.	Абсорбция жараёнининг физик асослари	483
7.10.	Абсорбциянинг моддий баланси ва кинетик қонуниятлари	484
7.11.	Абсорбция жараёнини олиб бориш усуллари.	487
7.12.	Абсорберлар конструкциялари	488
7.12.1	Абсорбцион қурилмалар гидравлик қаршилиги	510
7.13.	Абсорберларни ҳисоблаш	514
7.13.1	Насадкали абсорбер ҳисоби	518
ҲАЙДАШ ВА РЕКТИФИКАЦИЯ		529
7.14	Умумий тушунчалар	529
7.15	Ҳайдаш ва ректификация жараёнларининг назарий асослари	529
7.16	Оддий ҳайдаш	532
7.17	Ректификация	535
7.17.1	Ректификация жараёнининг моддий ва иссиқлик баланслари	536
7.17.2	Узлуксиз ишлайдиган ректификацион колоннанинг иссиқлик баланси	537
7.17.3	Ҳақиқий флегма сони	538
7.17.4	Ректификацион колонна ишчи баландлиги ва тарелкалар сонини ҳисоблаш	539
7.18	Ректификация жараёнини ташкил этиш усуллари	540
7.18.1	Газ аралашмаларини ректификациялаш	541
7.19	Ректификацион колонналарни ҳисоблаш	543
АДСОРБЦИЯ		553
7.20	Умумий тушунчалар	553
7.21	Адсорбентлар турлари ва характеристикалари	553
7.22	Адсорбция жараёни мувозанати	555

7.23	Адсорбция статикаси ва кинетикаси	556
7.24	Адсорбция жараёнини ташкил этиш усуллари	557
7.25	Десорбция	558
7.26	Адсорберлар конструкциялари	559
7.27	Адсорберларни ҳисоблаш	564
7.27.1	Ҳаракатчан адсорбент катламли адсорберни ҳисоблаш	565

ҚУРИТИШ 572

7.29	Умумий тушунчалар	572
7.30	Рамзиннинг нам ҳаво I-х диаграммаси.	572
7.31	Қуритиш жараёни статикаси	576
7.32	Материал билан намликнинг боғланиш усуллари	577
7.33	Қуритиш жараёни кинетикаси	578
7.34	Қуриткичнинг моддий ва иссиқлик баланслари	584
7.35	Қуритиш жараёнини ташкил этиш усуллари	588
7.36	Қуриткичлар конструкциялари	589
7.37	Қуриткичларни ҳисоблаш	599
7.37.1	Пневматик труба-қуриткич ҳисоби	599

8-боб. МЕХАНИК ЖАРАЁНЛАР

ГРАНУЛЛАШ ВА ПРЕССЛАШ 609

8.1	Умумий тушунчалар	609
8.2	Сувсизлантириш ва брикетлаш	609
8.3	Шакллантириш	610
8.4	Маҳсулотларни пресслаш ускуналари	611
8.5	Экструзия	612
8.6	Грануллаш усуллари ва гранулятор конструкциялари	612
8.7	Сочилувчан материални грануллашга мойиллигини баҳолаш	620
8.8	Грануляторларни ҳисоблаш	621

9-боб. КИМЁВИЙ ЖАРАЁНЛАР

9.1	Умумий тушунчалар	625
9.2	Кимёвий айланишлар давридаги мувозанат	625
9.3	Кимёвий жараёнлар кинетикаси	628
9.4	Кимёвий жараёнлар моддий ва иссиқлик баланслари	633
9.5	Кимёвий жараёнлар принципаал схемалари.	634
9.6	Реакторлар конструкциялари	635
9.7	Барботажли реакторлар.	636
9.8	Пиролиз ва крекинг ўтхоналари.	641
9.9	Ўтхона қисмлари ва деталлари.	645
9.10	Резервуар ва газголдерлар	651
9.11	Реакторларни ҳисоблаш	658
9.12	Сигимли реактор-козонларни ҳисоблаш	660
9.12.1	Даврий сигимли реактор-козонларни ҳисоблаш формулалари	661
9.13	Узлуксиз ишлайдиган реактор-қозонларни ҳисоблаш	665
9.14	Суюқлик муҳитларида реакция ўтказиш учун трубали реакторларни ҳисоблаш	670
9.15	Пиролиз жараёнининг трубали ўтхоналарини ҳисоблаш	673

10-боб. СОВИТИШ ЖАРАЁНЛАРИ 688

10.1	Умумий тушунчалар	688
10.2	Совуқлик олишнинг термодинамик асослари.	688

10.3	Сунъий совитиш усуллари	690
10.4	Паст температура олиш усуллари	693
10.5	Компрессор буғ совитиш машиналари	694
10.6	Икки ва уч боскичли совитиш машиналари	696
10.7	Совуклик элткичлар	697
10.8	Каскадли цикл	698
10.9	Компрессор қурилмаларининг жиҳозлари	699
10.10	Абсорбцион совитиш машиналари	699
10.11	Сув-буғ инжектор совитиш машиналари	701
10.12	Ўта паст температурали совуклик олиш	701
10.13	Газни дросселлаш цикллари	702
10.14	Бир қарра дросселланишли ва аммиакли совитиш цикли	703
10.15	Икки қарра дросселланишли ва газнинг босим остидаги айланишли цикли	704
10.16	Дросселланиш ва газни детандерда кенгайишига асосланган цикллар	705
10.16.1	Детандер ва турбодетандерлар	706
10.17	Паст босим цикли (Капица цикли)	715
10.18	Чуқур совитиш циклларини солиштириш	716
10.19	Совитиш жараёни ва машиналарини ҳисоблаш	717

3 қисм.

ТЕХНОЛОГИК ТРУБА, МОНТАЖ ИШЛАРИ ВА ЭКОЛОГИЯ

11-боб. ТЕХНОЛОГИК ТРУБА ВА ҚУВУРЛАР

11.1	Технологик трубалар ва уларнинг категорияси	725
11.2	Трубалар, бирлаштириш деталлари, компенсатор ва таянчлар	727
11.3	Труба қувурлари арматураси ва уни танлаш	732
11.4	Арматураларни танлаш	736
11.5	Труба қувурларини монтаж қилиш	738
11.6	Труба қувурларини синаш	739
11.7	Труба қувурларини эксплуатация қилиш	740
11.8	Труба қувурларини ҳисоблаш	740
11.9	Босими 10 МПа гача бўлган технологик пўлат труба қувурларнинг мустақкамлик ҳисоби	743
11.10	Труба қувурлар компенсаторларини ҳисоблаш учун асосий формулалар	746
11.11	Юқори босимли технологик пўлат труба қувурларнинг мустақкамлик ҳисоби	749

12-боб. МОНТАЖ ИШЛАРИНИНГ ТЕХНОЛОГИК

ЖИҲОЗ ВА МОСЛАМАЛАРИ

12.1.	Қурилмани вертикал мачталарда қутариш мосламаларини ҳисоблаш	752
12.2.	Қурилмани мачтада шарнир атрофида айлантририш усулида қутариш учун такелаж мосламаларини ҳисоблаш	754
12.3	Қурилмани порталда (лангарсиз усулда) қўтариш учун такелаж мосламаларини ҳисоблаш	756
12.4	Қурилмани тортиб қўтариш усули учун такелаж мосламаларини ҳисоблаш	758
12.5	Такелаж мосламаларини танлаш	759

**13-боб. ГАЗЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИДА
ТЕХНИКА ХАВФСИЗЛИГИ ВА АТРОФ-
МУҲИТНИ ҲИМОЯЛАШ 766**

13.1	Газни қайта ишлашда техника хавфсизлиги.	766
13.2	Иккиламчи энергетик ресурслар	769
13.3	Совуқлик олиш учун паст температурали иссиқлик энергия ресурсларидан фойдаланиш	772
13.4	Қаттиқ чиқиндиларни қайта ишлаш	773

**14-боб. ТАБИИЙ ГАЗНИ ҚАЙТА ИШЛАШ
ТЕХНОЛОГИЯСИНING ПЕРСПЕКТИВ ЙЎНАЛИШЛАРИ**

14.1	«Газни суюқликка» технологияси	776
14.2	Синтез-газ олиш	778
14.3	Фишер-Тропш синтези	779
14.4	«Газни суюқликка» технологияси маҳсулотлари	781

И Л О В А Л А Р	785
Шартли белгилар	786
Баъзи полимерларнинг асосий эритувчилари	787
Айрим газларнинг физик ва иссиқлик хоссалари	788
Физик катталиқлар ўлчов бирликлари.	792
Асосий конструкцион материаллар ва уларни танлаш	795
Глоссарий А дан Я гача	804
Техник атамалар ва иборалар	830
Адабиётлар	849

КИРИШ

Ўзбекистон мустақил миллий демократик давлат сифатида ривожланиш йўлида муҳим қадамларидан бири «**Таълим тўғрисида**» ги Қонун ҳамда «**Кадрлар тайёрлаш Миллий дастури**» нинг қабул қилиниши катта аҳамиятга эга.

Ватанимиз иқтисодиёти учун малакали мутахассислар тайёрлашда «Газларни қайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари» фанининг ўрни алоҳида.

Бу фан талабаларга ихтисослик фани бўлиб, газларни қайта ишлашни чуқур ўзлаштиришга, полимер материалларни олиш йўллари билан бирга ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш ва технологик қурилмалардан унумли фойдаланиш мумкинлигини ўргатади.

Дарсликда келтирилган технологиялар назарий асослари, уларнинг кечиш механизмлари, жараён ва машиналарни ҳисоблаш услублари ва самарадор қурилмалар билан жиҳозлаш принциплари, қурилмаларни ўзаро боғловчи труба қувурлари ва уларнинг арматураси, жиҳоз ва ускуналарни монтаж қилиш, ушбу фан асосини ташкил этади.

Охирги ўн йил ичида кимё, нефть ва газни қайта ишлаш ҳамда бошқа саноатларда туб ўзгаришлар рўй бериб, янги технологиялар амалда қўлланиб, жадал суръатлар билан ривожланмоқда. Бундай ўзгаришлар газларни қайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалар аҳамиятини юқори даражага кўтарилишига сабабчи бўлди.

Иқтисодиётнинг муҳим бўлган: автомобилсозлик, авиация, асбобсозлик, машинасозлик, электроника, қурилиш, замонавий хўжалик анжомлари ва бошқа соҳаларидаги техник юксалишнинг асоси – синтетик полимер материаллардир. Улар орасида биринчи ўринда пластмассалар туради. Маълумки, пластмассалар термопластик полимер-полиолефинлардан олинади.

Полиолефинлар – бу юқори молекулали бирикма бўлиб, тўйинмаган углеводородлар, яъни олефинларни полимерлаш ёки сополимерлаш йўли билан олинади. Термопласт полимерларнинг энг кенг тарқалган синфи – бу полиолефинлардир.

Ушбу синф полимерларининг энг муҳим намоёндалари – полиэтилен ва полипропиленлардир. Улар билан бирга полибутен, полиизобутилен, поли-4-метилпентен, ҳамда этиленнинг винилацетат, этиленпропиленли эластомерлари ёки этиленпропиленли каучук, бутил каучук билан сополимерларини саноат микёсида ишлаб чиқариш катта аҳамиятга эга.

Полиолефинлар бир қатор афзалликларга эга: кристаллик даражаси жуда юқорилиги катта механик мустаҳкамликни таъминлайди; диэлектрик ва физик-механик хоссалари юқори; заҳарлимас; сув ва фаол моддалар таъсирига чидамли (кучли оксидловчилардан ташқари, масалан, HNO_3). Ундан ташқари, уларни қайта ишлашнинг ҳамма усуллари, яъни механикдан тортиб экструзиягача пуфлаб ва пресс-қолипларга қуйиш усуллари ёрдамида мураккаб шаклли буюмлар тайёрлаш мумкин. Полиолефинлардан ясалган буюмлар энгил, биокоррозия ва эскиришга бардошли.

Тавсия этилаётган дарслик фаннинг тасдиқланган дастурига биноан тузилган бўлиб, талабаларнинг физика, кимё, математика, термодинамика, чизма геометрия, материаллар қаршилиги, механизм ва машиналар назарияси, техник чизмачилик, иссиқлик ва совитиш техникаси, кимёвий технология жараён ва қурилмалари ва бошқа фанлардан олган билимларини ҳисобга олган.

Охирги ўн беш йил ичида Ватанимизда бир неча йирик корхоналар: Шўртан газ-кимё мажмуаси, Қўнғирот сода заводи, Деҳқонобод калийли ўғитлар заводлари ишга туширилди ва узлуксиз равишда маҳсулот чиқариб келмоқда. Ундан ташқари, мамлакатимизнинг Қорақалпоғистон худудида дунёдаги энг йирик лойиҳалардан бири

амалга оширилмоқда, яъни «Устюрт газ-кимё мажмуаси» курилмоқда ва илк бор маҳсулот 2015 йилда ишлаб чиқарилди.

Ўзбекистонда нефть ва газ саноатларнинг ривожланиши шубҳасиз уларни тўлиқ қайта ишлашга асосланган. Маълумки, органик синтез учун газлар асосий хом-ашёдир ҳамда иссиқлик ва энергия манбаидир. Ҳозирги кунда полимерлар, пластмассалар, синтетик каучуклар, спиртлар, мотор ёқилғиларнинг айрим компонентлари, эритувчи, синтетик тола, турли смолалар ва бошқа моддалар газлардан, углеводородлардан олинмоқда.

Нефть-газни ва кимё саноатида туб ўзгаришлар рўй бериб, янги технологиялар амалда қўлланиб, ривожланиш жадал суръатларда бормоқда ва мамлакатимиз иқтисодиётининг ўсиш кўрсаткичларини юқори бўлишини таъминламоқда.

Ҳар бир жараёни ўрганишда унинг механизмига алоҳида эътибор бериш лозим.

Тавсия этилаётган дарслик фаннинг тасдиқланган дастурига биноан тузилган бўлиб, талабаларнинг физика, кимё, математика, термодинамика, иссиқлик ва совитиш техникаси, кимёвий технология жараён ва курилмалари ҳамда бошқа фанлардан олган билимларини ҳисобга олган.

Ушбу дарслик замонавий техника ва унинг ривожланиш истиқболларини инobatга олган ҳолда малакали мутахассисларни сифатли тайёрлашда узлуксиз мукамаллаштиришга хизмат қилади.

Дарсликнинг кириш қисмида фаннинг мазмуни, келиб чиқиши ва жараёнлар классификациялари берилган.

1-бобда полимерлар кимёси ва физик-кимёси баён этилган. Ушбу бобда полимерлар ишлаб чиқариш учун хомашё, уларни олиш усуллари, характеристикалари, ҳолатлари ва полимерлаш усуллари келтирилган.

2-бобда табиий газларнинг физик-кимёвий хоссалари, уларни тозалашнинг назарий асослари ва турли аралашмалардан тозалашнинг усуллари батафсил келтирилган.

3-бобда полиэтилен олишнинг юқори, ўрта ва паст босимларда олиш технологиялари, жараёнлар механизмлари ва маҳсулотнинг хоссалари баён этилган. Ундан ташқари, полипропилен, этиленнинг турли сополимерлари, полистирол, поливинилхлорид, полиизобутилен ишлаб чиқариш усуллари ва уларнинг хоссалари келтирилган.

4-бобда суюқликлар гидродинамикаси, улар ҳаракатининг асосий характеристикалари, труба қувурларидаги гидравлик қаршилик, уларнинг оптимал диаметрини аниқлаш, каттик жисмларнинг суюқликдаги ҳаракати, насос ва компрессор машиналарининг тузилиши, ишлаш принципи ва уларни танлашга бағишланган.

5-бобда гидромеханик жараёнлар, яъни турли жинсли газсимон ва суюқлик аралашмаларини ажратишга бағишланган. Бунда тиндириш ва чўқтириш, филтрлаш, газларни тозалаш, мавҳум қайнаш қатлами гидродинамикаси, аралаштириш, тесқари осмос ва ультрафилтрлаш каби жараёнлар ўрганилади. Ҳар бир бўлим охирида, ушбу жараёни интенсивлаш ёки курилгани ҳисоблаш услуги келтирилган.

6-боб иссиқлик алмашилиш жараёнлар назарияси, уни ташкил этиш усуллари ва курилмаларига бағишланган. Ундан ташқари, ушбу бобда иситиш, совитиш, буғлатиш ва конденсациялаш жараёнлари, иссиқлик элткичлар турлари ва ушбу жараёнларнинг асосий теорема ва қонуниятлари ҳамда эритмаларни буғлатиш усуллари ва курилмалари кўриб чиқилган. Шу билан бирга, бу бобда иссиқлик алмашилиш жараёнларини интенсивлаш усуллари, мосламалари ва перспектив иссиқлик алмашилиш курилмалари келтирилган. Ушбу бобнинг якунида турли иссиқлик алмашилиш курилмаларини ҳисоблаш кетма-кетлиги берилган.

7-бобда масса алмашилиш жараён ва курилмалари баён этилган. Унда жараённинг назарий асослари билан бирга, абсорбция, ҳайдаш ва ректификация, адсорбция, қуритиш, кристалланиш каби жараёнлар ва уларни курилмалар билан жиҳозлаш тизимлари кўрсатилган.

8-боблар механик жараёнларга бағишланган. Уларда каттик жисмларни майдалаш усуллари, жараёнларнинг назарий асослари, классификациялаш, грануллаш ва пресслаш ҳамда бу жараёнларга тегишли қурилмалар конструкциялари ва уларни ҳисоблаш услублари берилган.

9-бобда кимёвий жараёнлар баён этилган бўлиб, унда жараён мувозанати, кинетикаси, ташкил этиш усуллари ва реакторлар, пиролиз ва крекинг ўтхоналари, сиғимли идишларнинг конструкциялари ҳамда реакторларнинг аралаштириш, иссиқлик алмашиши мосламалари ва бу турдаги қурилмаларнинг ҳисоблаш кетма-кетликлари келтирилган.

10-бобда сунъий совуқлик олиш, яъни ўрта ва ўта паст температуралар олиш усуллари ва қурилмалари баён этилган.

11-бобда технологик труба ва уларни бирлаштирувчи деталлар, арматуралар ва уларни монтаж ва эксплуатация қилиш ҳамда юқори босимли труба қувурларини муштаҳкамлик ҳисоблари келтирилган.

12-бобда кимё, нефть ва газни қайта ишлаш саноат корхоналарида монтаж қилиш, жараённи амалга оширувчи мослама ва жиҳозлар конструкциялари ҳамда уларни ҳисоблаш усуллари баён этилган.

13-бобда газларни қайта ишлаш технологиясида жараёнларни оптимал ташкил этиш, техника хавфсизлиги ва атроф-муҳитни ҳимоялаш каби мавзулар ёритилган.

14-бобда “газни суюқликка” қайта ишлаш технологиясининг босқичлари баён этилган.

Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, ҳар бобнинг охирида ундаги мавзуга тегишли қурилмаларни ҳисоблаш билан яқунланади.

Китобнинг ҳажми чегараланганлиги ва фақат ўқув дастури тўлиқ ёритилиши лозим бўлганлиги сабабли дарсликда минимал миқдорда эмпирик формулалар ва ёрдамчи маълумотлар келтирилган. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар назарияси, ҳисоблаш эмпирик тенгламалари, қурилмалар конструкциялари ва деталлари тўғрисидаги тўлиқ маълумотлар қуйидаги дарсликлар ва ўқув қўлланмаларда батафсил келтирилган:

1. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Т.: Nisim, 1999. –351 б;

2. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ф. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000. – 266 б.

3. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ф. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Фан ва технологиялар, 2003.-644 б.

4. Нурмухамедов Ҳ.С., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё саноати машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Фан ва технологиялар, 2008. – 351 б.

5. Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ф., Бабаев З.К. ва бошқалар. Гидравлика, гидромашина ва гидроюритмалар.–Т.: Фан ва технологиялар, 2012.–302 б.

6. Нурмухамедов Ҳ.С., Зокиров С.Ф., Абдуллаев А.Ш., Ниғмаджонов С.К. ва бошқалар. Нефть ва кимё машинасозлиги технологияси. – Т.: Фан ва технологиялар, 2013. –218 б.

7. Нурмухамедов Ҳ.С., Бабаев З.К., Матчонов Ш.К., Қаримов К.Ф., Абдуллаева С.Ш. ва бошқалар. Нефть-газ ва кимё саноати қурилмаларини таъмирлаш ва монтаж. – Т.: Фан ва технологиялар, 2014. –236 б.

8. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Т.: Fan va texnologiyalar, 2015.–848 б.

Ушбу дарслик ТошДТУ, ТошКТИ профессор-ўқитувчиларининг ҳамда Шўртан газ-кимё мажмуасининг кўп йиллик самарали ишлаш тажрибасига таяниб ёзилган. Китобнинг 3,9,14-боблари ва глоссарий Темиров О.Ш., кириш, 4,5-боблари акад. Юсупбеков Н.Р.,

7,10-боблари проф. Зокиров С.Ғ., 1,13 проф.Туробжонов С.М., 6,8,11-боблари ва дарсликнинг якунидаги таянч сўз ва иборалар проф. Нурмухамедов Ҳ.С. ва 2,12-боблари эса проф. Таджикходжаев З.А. лар томонидан ёзилган.

Дарсликнинг сифатини яхшилаш учун қаратилган таклиф ва танкидий фикр-мулоҳазалар ташаққурлик билан қабул қилинади.

Қўлёзманинг тақризчилари: ТошДТУ профессори, т.ф.д.Ш.М.Ғуломов ва ЎзЛИТИнефтегаз бўлим бошлиғи т.ф.д. Р.Ч. Ли ларга катта миннатдорчилик билдирамыз.

Ниятимизни рўёбга чиқишига Ватанимизнинг олимлари, илмий ходимлари ва талабалари бевосита ёки билвосита ёрдам беришган. Чунончи:

– қўлёзманинг турли қисм ва бобларини танкидий таҳлили ва фойдали маслаҳатлари учун проф.Қ.А.Ахмеровга;

– ўз саволлари, мулоҳазалари ва муаммоларни ечишга интилишлари билан ўзлари билмаган ҳолда китобнинг ёзишга ТХТИ, ТДТУ, УрДУ ва ФарПИ ларнинг доцентлари А.Ш.Абдуллаев, Абдуллаева В.Т., Зокирова Н.С., Қ.Ғ.Каримов, С.К.Нигмаджонов, Сагитов А.М., Усмонов Б.С., З.К.Бабаев, Ш.К.Матчонов ва катта илмий ходим-изланувчилар А.У.Бекбаева, С.Ш.Абдуллаева, Э.Т.Мавлоновларга;

– қўлёзamani териш ва ундаги расмларни чизиш, ҳамда китобни бир неча маротаба қайтадан компьютерда чиқарган иқтидорли бакалавр А.Ш.Хаджибоевга ўз миннатдорчилигимизни билдирамыз.

Бизнинг манзилимиз: 100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 32 уй. ТошКТИ, НМТФ, «Кимёвий технология жараён ва қурилмалари» кафедраси

1. Фаннинг мазмуни ва моҳияти

Олефинли мономерлардан синтез қилиб олинадиган полиолефинлар, яъни полимерлар, саноат миқёсида ишлаб чиқариладиган асосий термопластлардир. Иккита термопласт –полиэтилен ва полипропилен-ишлаб чиқариш ҳажми бўйича дунёда биринчи ўринда туради.

«Газларни қайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари» фани бакалаврларни тайёрлашда махсус фан бўлиб, «Кимёвий технология», «Технологик машина ва жиҳозлар» ва бошқа кўпгина таълим йўналишларидаги махсус фанларни ўзлаштиришда муҳим вазифани бажарувчи фандир.

Ҳозирги кун фанининг аниқловчи ва тавсифловчи белгиларидан бири бу саноат ва техниканинг фан билан узвий боғлиқлигининг чуқурлашиши ва кенгайишидир. Дунёнинг кўпчилиқ таниқли олимлари фан ва унинг амалиётда қўлланиши бир бутун ва узвий боғлиқ эканлигини таъкидлашган.

«Жараёнлар ва қурилмалар» фани ҳақидаги замонавий таълим кимё, физика, математика, механика, иссиқлик ва совуқлик техникаси, электротехника, кимёвий кибернетика, материалшунослиқ, саноат иқтисодиёти ва бошқа соҳалар фундаментал фанларининг асосий қонунарига таянади. Лекин жараёнлар ва қурилмалар тўғрисидаги таълим фан сифатида аниқ, алоҳида курс бўлиб, ўзининг тажриба, ҳисоблаш услублари ҳамда назарий қонуниятлари билан ажралиб туради.

Исталган кимёвий технологик жараён, унинг турли услубларда ўтказилишидан қатъи назар, ўзаро бир-бирига боғлиқ типик технологик босқичлар мажмуасидан иборат.

«Газларни қайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари» курсида газларни тозалаш, полимерлар олиш технологияси, асосий жараёнларнинг назарияси, ушбу жараёнларни амалга оширадиган машина ва қурилмаларнинг тузилиш принциплари ва уларни ҳисоблаш услублари ўрганилади.

Маълумки, кимё, нефть-газларни ва бошқа саноат технологиялари мураккаб ва кўпинча бир неча жараёнлардан ташкил топган бўлади.

Ушбу дарсликда асосий жараёнлар асослари келтирилган бўлиб, уларни ўрганиш учун бир хил кинетик қонуниятлар қўлланилган.

Замонавий саноат ишлаб чиқариш технологияларини ўрганишда «Жараён ва қурилмалар» фанининг аҳамияти катта. Бу фан асосида турли хил жараёнларнинг ҳисоблаш ва таҳлил қилиш, уларнинг оптимал параметрларини аниқлаш, зарур қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш мумкин. Ундан ташқари, ушбу курсда лаборатория шароитидаги илмий изланиш ва тажрибалар қилинган жараён ва қурилмалардан саноат жараён ва қурилмаларига ўтиш қонуниятлари ҳам ўрганилади. Бу қонуниятларни билиш, кўп тонналик саноат технологиялари, жараён ва қурилмаларини лойиҳалашга ёрдам беради.

«Газларни қайта ишлаш технологияси, машина ва қурилмалари» дарслиги куйида кайд этилган: 5310100- «Энергетика»; 5310900- «Метрология, стандартлаштириш ва маҳсулот сифати менежменти»; 5311000- «Технологик жараён ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ва бошқариш»; 5320300- «Технологик машина ва жиҳозлар»; 5320400- «Кимёвий технология»; 5321300 - «Нефть ва нефть-газни қайта ишлаш технологияси»; 5630100- «Экология ва атроф-муҳит муҳофазаси»; 5111000- «Касб таълими» таълим йўналишларидаги бакалаврлар саноат корхоналарининг самарадорлигини ошириш учун илмий тадқиқот усулларини мукамал билишлари ва кенг камровли муҳандислик дунёқарашга эга мутахассис бўлишларига салмокли ҳисса қўшади.

Фаннинг келиб чиқиши ва ривожланиши

Полиэтилен энг оддий карбозанжирли полимер бўлиб, алифатик тўйинмаган углеводороднинг олефин қаторидаги этиленнинг мономеридир. Полиэтилен – бу термопластик синтетик кутбсиз полимердир. У кенг қўламда ишлатиладиган конструкцион материал бўлиб, хоссалари ва қўллаш соҳалари синтез шароитлари билан белгиланади. Полиэтилен энг арзон ва кенг тарқалган полимерлардан бири бўлиб, унинг тарихи А.М.Бутлеровнинг 1873 йилдаги этиленни полимерлаш изланишларидан бошланади. 1884 йили рус кимёгари Г.Г.Густавсон лаборатория шароитида 100°C температурада бромли алюминий полимерлаш катализатори иштирокида полиэтиленни синтез қилди. Олинган этилен полимери куйи молекулали суюқ агрегат ҳолатидаги маҳсулот эди.

Ўтган асрнинг бошида босим 50 МПа ва температура 180°C да Англия ва Россия лабораторияларида илк бор каттик юқори молекулали полиэтилен олинди.

Саноат миқёсида полиэтилен ишлаб чиқариш технологияси Англиянинг йирик кимёвий компанияси *Imperial Chemical Industries* томонидан 1920-30 йилларда Виннингтонда яратилган. Ушбу даврда проф.Михельснинг изланишлари асосида юқори босимли кимё шаклланиб бошланган. Е.В.Фосетт ва Р.О.Гибсонлар тажрибаларида этилен 100...200 МПа босим остида қиздирилган ва парафинсимон модда олишга эришилган. 1935 йилда проф.Михельс раҳбарлигида М.В.Перрин ва Дж.Г.Патонлар юқори молекуляр массали полиэтилен олишга эришишди. Юқорироқ молекуляр массали полимерни ишлаб чиқаришга жуда катта босимлар (300 МПа) лар талаб этилди.

Иккинчи жаҳон уруши даврида Германиянинг *I.G.Farbenindustrie* ва АҚШнинг *Inion Carbide* компаниялари эркин радикалли полиэтилен ишлаб чиқара бошлашди.

Марбург университетининг проф.Карл фон Ауверс ва унинг шогирди Карл Циглер органометалли полимерлашнинг асосчиларидир. 1927 йили Циглер ва Бар ишқорий металл алкиллари ёрдамида бутадиеен ва стиролнинг олигомер ва полимерларини олиш мумкинлигини кўрсатишди. Сўнг, органолитий, -натрий, -калийли инициаторлар иштирокида турли углеводородларни полимерлашди. 1943 йилда Циглер ва Геллерт *LiAlH₄* инициатори ёрдамида юқори молекуляр массали полимер олишга эришишди.

Циглер полимерининг зичлиги *ICI* компанияси полимеридан юқори зичлиги ва эриш температураси, чўзилишдаги юқори каттиклик модули ва узилишга чидамлилиги билан фаркланади. Бу полимер – чизикли полимер эди.

1940 йили *Phillips Petroleum* этиленни синтез қилиб суюқ полимер, сўнг эса хром оксид (кремний оксид, алюминий оксид) катализаторлари ёрдамида қаттиқ полимерлар олишти. Бу полимер – зичлиги юқори бўлган чизикли полимер эканлиги аниқланди.

Илк бор кристалланувчи полипропилен Италия олими проф.Натта ва *Montecatini* компанияси томонидан 1954 йили синтез қилинди. Катализатор сифатида триалкилалюминий-титан тетраҳлориди (титан тетрабромиди, ванадий тетраҳлориди, цирконий тетраҳлориди, хром ацетилацетонати) қўлланилди ва янги полимер «изотактик» полипропилен деб номланди. Полипропилен чиқишини ошириш учун Циглер-Натта катализаторларининг бир нечта авлоди қўлланилди ва ижобий натижалар олинди. Этилен ва пропиленни Циглер-Натта катализаторлари иштирокида полимерлаш юқори босим ва температура талаб қилмайдиган «юмшоқ» технологик шароитларда кечеди. Ушбу шароитларда олинган полимерлар мустақамлиги ва механик хоссалари жуда юқори чиқди. 1963 йили К.Циглер ва Д.Натта биргаликда «кимё ва юқори молекулали полимерлар технологияси соҳасидаги кашфиёт учун» кимё соҳасидаги Нобель мукофоти билан тақдирланишти.

1998 йили «Ўзбекнефтегаз» МХК ва «АББ Луммус Глобал» (АҚШ), «АББ Соими» (Италия), «Нишо Иваи», «Мицуи», «Тойо инжиниринг» (Япония) компанияларидан таркиб топган Консорциумлар Шўртан газ-кимё мажмуасини лойиҳалаш, қурилмаларни яшаш, қурилиш, ишга тушириш-созлаш ва технологик тизимни эксплуатацияга тушириш бўйича контрактга имзо чекишти. 2001 йилнинг охирида газ-кимё мажмуаси эксплуатацияга тушди ва 2002 йилнинг августида биринчи ўзбек полиэтилен ишлаб чиқарилган.

Шўртан газ-кимё мажмуаси куйидаги асосий бўлимлардан иборат: табиий газни қайта ишлаб этилен олиш (лицензиар АБВ Lummus, АҚШ), сомономер ишлаб чиқариш (Ахенс лицензия бўйича) ва Sclairtech полиэтилен олиш технологияси (лицензиар Nova Chemicals, Canada).

Шўртан ГKM ишлаб чиқариш қувватлари 4,0 млрд. м³ табиий газни қайта ишлаб ва йилига: 125 минг тонна полиэтилен гранулалари; 100 минг тонна суюлтирилган газ; 100 минг тонна газ конденсати; 4 минг тонна олтингургурт гранулалари; 3,5 млрд. м³ товар газни ишлаб чиқармоқда.

Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, ушбу замонавий технология асосида паст зичликка эга чизикли полиэтилен (LLDPE); ўртача зичликли полиэтилен (MDPE); юқори зичликка эга полиэтилен (HDPE).

Шўртан ГKM полиэтилен асосида ички бозор учун хилма-хил спектрдаги полиэтилен маҳсулотлари ишлаб чиқарилмоқда ҳамда экспорт учун самарали ва истикболли потенциал яратилган.

Бугунги кунда Шўртан газ-кимё мажмуаси «Ўзбекнефтегаз» МХК энг муваффақиятли лойиҳаларидан бири бўлиб, ишлаб чиқараётган маҳсулотининг 60% дан ортиғини дунёнинг турли мамлакатлари: Польша, Венгрия, Литва, Латвия, Туркия, Эрон, Покистон, Хитой, Украина, Россия, Озарбайжон, Қозоғистонларга экспорт қилмоқда.

Сурғил газ кони 2006 йил май ойида топилган ва ҳозирги кунда «Ўзбекнефтегаз» МХК ва ўзбек-корейя қўшма корхонаси билан фойдаланишга тушириш устида ҳамкорлик қилишмоқда. Коннинг захираси тахминан 120 млрд. кубометрни ташкил этади. Сурғил газ кони табиий газининг таркиби жуда кўп қимматли компонентлари мавжуд, чунончи, этаннинг миқдори 4,8%. Таркибида этан кўп бўлган газдан қимматли маҳсулотлар ажратиб олинади ҳамда тозаланган газ транспорт магистрал системасига ҳайдалади ва экспорт қилинади.

2008 йил февраль ойида «Ўзбекнефтегаз» миллий холдинг компания ва Корейянинг Kor-UzGas Chemical Investment консорциуми ҳамкорликда Сурғил газ кони асосида Устюрт ГKM ни қуриш учун «Uz-KorGas Chemical» ҚҚ тузишти.

Ўзбекистон Республикаси президенти Ислам Абдуғаниевич Каримов ва Жанубий Корейянинг президенти Ли Мен Бак 2012 йил 24 августда ўтказилган қўшма брифингда

Сургил газ кони атрофида «Устюрт газ-кимё мажмуаси» курилишининг бошланишини тантанали эълон қилдилар.

«Устюрт газ-кимё мажмуаси» йилига 4,5 млрд. кубометр табиий газни қайта ишлайди ва 4 млрд. кубометр товар газини, 383 минг тонна турли зичликли полиэтилен, 87 минг тонна полипропилен ва ~100 минг тонна пиролиз бензинини ишлаб чиқаради. Мажмуа технологияси юқори, ўрта ва қуйи босимли 150 хил полиэтилен ишлаб чиқаришга мўлжалланган.

Мамлакатимизда қурилган «Устюрт газ-кимё мажмуаси» Ўзбекистон ва Жанубий Корея мамлакатлари орасидаги самарали ҳамкорликнинг ёрқин мисолидир.

Асосий технологик жараёнлар классификацияси

Жараён ва қурилмалар фанининг ривожланиши технологик жараёнларнинг илмий асосланган классификацияси ва тушунчалар системасини яратиш имконини берди. Шунинг учун саноат технологияси, жараёнлари, технологик қурилма ва машина каби асосий тушунчаларни кўриб чиқамиз.

Саноат жараёни* – маълум натижага эришиш учун амалга ошириладиган кетма-кет ҳаракатларнинг мажмуаси ва йиғиндиси.

Технология – бу хомашёдан аввалдан белгиланган хоссаларга эга маҳсулот олиш мақсадида ўтказиладиган бир қатор усуллардир. Технологиянинг фан сифатидаги мақсади энг самарадор ва тежамкор технологик жараёнларни аниқлаш ва амалиётда қўллаш учун физик, кимёвий, механик ва бошқа қонуниятларини ўрганишидир.

Технологик қурилма – технологик жараёнларни ўтказиш учун мўлжалланган қурилма**, ускуна ёки мослама ёки жиҳоз.

Машина – энергия ёки материални ўзгартириш учун механик ҳаракат қиладиган ускуна ёки мослама.

Газларни қайта ишлаш технологияларининг турли хилдаги асосий жараёнларнинг кечиш қонуниятларига қараб асосан 6 гуруҳга ажратса бўлади: 1) *гидромеханик* жараёнлар; 2) *иссиқлик алмашилиши* жараёнлар; 3) *масса алмашилиши* жараёнлар; 4) *механик* жараёнлар; 5) *кимёвий* жараёнлар; 6) *совитиш* жараёнлар.

Гидромеханик жараёнлар – бу шундай жараёнларки, уларнинг тезлиги механика ва гидродинамика қонунлари билан белгиланади.

Уларга труба ва қурилмаларда газ ва суюқликларни узатиш, суюқликларни ара-лаштириш, эмульсия ва суспензияларни чўктириш, филтрлаш, центрифугалаш каби усулларида ажратиш, тескари осмос ва ультра-филтрлаш, донатор, сочилувчан матери-алларни мавҳум қайнаши каби жараёнлар киради.

Ҳар бир саноатда қайси жараён бўлишидан қатъи назар, унинг тезлигини оширишга ҳаракат қилинади, чунки жараён тезлигини кўпайиши қурилманинг иш унумдорлигини ўсишига олиб келади. Гидромеханик, иссиқлик ва масса алмашилиши ҳамда кимёвий жараён-ларнинг кинетик қонуниятлари қуйидаги умумий қонун кўринишида ифодаланиши мум-кин: **жараённинг тезлиги ҳаракатлантирувчи кучга тўғри ва қаршиликка тескари пропорционал.**

Агар қаршиликка тескари катталиқни тезлик коэффициентини деб белгиласак, гидро-механик жараёнлар учун кинетик тенглама ушбу кўринишга эга бўлади:

$$\frac{dV}{Fd\tau} = \frac{\Delta P}{R_1} = K_1 \cdot \Delta P$$

бу ерда, V – оқиб ўтадиган суюқлик миқдори; F – қўндаланг кесим юзаси; τ – вақт; K_1 – жараён тезлик коэффициентини, ΔP – жараённи ҳаракатга келтирувчи куч (босимлар фарқи); R_1 – гидравлик қаршилик

* processus (лот.) – ҳаракат

** apparatus (лот.) – қурилма

Иссиклик алмашиниш жараёнлари – бу шундай жараёнларки, уларда, температураси юкори жисм (ёки мухит) дан температураси паст жисмга (ёки мухитга) иссиклик ўтади. Уларга иситиш, пастеризация, стерилизация, совитиш, буғлатиш, конденсациялаш ва бошқалар киради. Иссиклик алмашиниш жараёнларининг тезлиги иссиклик ўтказиш конунлари билан аниқланади ва куйидаги кинетик тенглама орқали ифодаланеди:

$$\frac{dQ}{F d\tau} = \frac{\Delta t}{R_2} = K_2 \cdot \Delta t$$

бу ерда, Q – ўтказилган иссиклик миқдори, F – иссиклик алмашиниш юзаси, K_2 – иссиклик ўтказиш коэффициентини, R_2 – термик каршилиқ, Δt – ўртача температуралар фарқи.

Масса алмашиниш ёки диффузион жараёнлар – бу шундай жараёнларки, бунда концентрацияси юкори фазадан концентрацияси паст фазага турли агрегат ҳолатларда масса ўтади. Бу жараёнларга абсорбция ва десорбция, ҳайдаш ва ректификация, адсорбция, экстракциялаш, эриш, кристалланиш, намлаш, куриштиш, ион алмашиниш ва бошқалар киради.

Масса алмашиниш жараёнларининг тезлиги масса ўтказиш конунлари билан аниқланади ва куйидаги кинетик тенглама орқали топилади:

$$\frac{dM}{F \cdot d\tau} = \frac{\Delta C}{R_3} = K_3 \cdot \Delta C$$

бу ерда, M – ўтказилган масса миқдори, ΔC – жараённи ҳаракатга келтирувчи куч, ўртача концентрациялар фарқи. K_3 – масса ўтказиш коэффициентини, R_3 – диффузион каршилиқ.

Механик жараёнлар – бу шундай жараёнларки, уларда қаттиқ жисмларнинг фақат механик ўзаро таъсирида ўтади. Уларга қаттиқ, сочилувчан материалларни майдалаш, классификациялаш (синфлаш), пресшлаш, грануллаш ва бошқалар киради.

Кимёвий жараёнлар – бу шундай жараёнларки, уларда моддаларнинг кимёвий таркиби ва хоссалари ўзгариши билан характерланади. Ушбу жараёнларининг тезлиги кимёвий кинетика конунлари билан аниқланади ва куйидаги тенглама ёрдамида ифодаланеди:

$$\frac{dM}{V d\tau} = K_4 \cdot f(c)$$

бу ерда, M – кимёвий жараён пайтида ўтган масса миқдори, V – реактор (курилма) ҳажми, K_4 – кимёвий жараён тезлиги коэффициентини, $f(c)$ – жараённи ҳаракатга келтирувчи куч бўлиб, реакцияда иштирок этувчи моддалар концентрацияларининг функциясиدير.

Шундай қилиб, юкорида кўриб чиқилган ҳамма кинетик тенгламалар куйидаги умумий кўринишга келтирилиши мумкин:

$$I = l \cdot x$$

бу ерда, I – жараённи ўтиш тезлиги; x – жараённи ҳаракатга келтирувчи куч, турли қатталиқлар фарқи (босим, температура, концентрация), l – ўтказувчанлик коэффициентини, бирор жараён учун скаляр қатталиқ бўлиб, каршилиқка тесқари қатталиқ.

Турли жараёнларининг тезлик коэффициентлари асосан материал оқимларининг ҳаракат тезлигига боғлиқ. Шунинг учун, ҳамма кинетик қонуниятлар материал оқимларининг ҳаракат қонунларига асосланади.

Кинетик тенгламалар таҳлили жараённи интенсивлашнинг умумий принципларини аниқлаш имконини беради.

Жараён тезлигини ошириш учун ҳаракатга келтирувчи кучни ошириш ва қаршилиқни камайштириш керак.

Исталган жараён таҳлил қилинганда «ҳаракатга келтирувчи куч» асосий омилдир.

Жараёнларининг кинетик қонуниятларини билиш ва тўғри аниқлаш турли хилдаги қурилмаларнинг асосий ўлчамларини ҳисоблашда асос бўлади, ҳамда уларни самарали ва бенуксон эксплуатация қилиш имконини беради.

1-боб. ТАБИЙ ГАЗНИ ТОЗАЛАШ

1.1. Табиий газнинг физик-кимёвий хоссалари

Табиий газ – бу углеводород газларининг табиий аралашмаси бўлиб, 80...97% га метандан иборатдир. Табиий газ ер остида органик моддаларнинг аста-секин анаэроб (ҳаво иштирокисиз) парчаланиши туфайли ҳосил бўлган бир неча газларнинг аралашмасидир.

Табиий газ фойдали қазилмалар қаторига киради. Кўпинча, нефть казиб олинганда у билан бирга йўловчи газлар ҳам чиқади. Ер ости пластларида табиий газнинг агрегат ҳолати – газсимон, яъни алоҳида ҳажмда йиғилган ёки нефть-газ конининг газсимон қалпоғи кўринишида ёки нефть ёки сувда эриган ҳолатларда мужассамланган бўлади. Ундан ташқари, табиий газ гидрат кўринишида океан ва материкнинг абадий музлик зоналарида ҳам мавжуддир.

Кўп асрлар давомида молекуляр оғирлиги 60 дан ортик углеводородлар ер остида суюқ, нисбатан енгиллари эса – газсимон агрегат ҳолатида бўлади деб ҳисобланган. Лекин бир гуруҳ рус олимлари А.А.Трофимук, Н.В.Черский, Ф.А.Требин, Ю.Ф.Макогон, В.Г.Васильевлар газнинг янги хоссаси аниқлашди, яъни маълум бир термодинамик шароитларда ер остидаги газ каттик агрегат ҳолатига ўтиши ва газ гидрат қатламларини ҳосил қилиши мумкин.

Ер остида паст температура (295К гача) ва юқори гидростатик босим (25 МПа гача) да ер ости қатламининг сувлари билан бирлашиб каттик агрегат ҳолатига ўтади. Оддий газ конларига қараганда газ гидрат конларидаги газ концентрацияси жуда юқори концентрацияга эга. Бунга сабаб, бир ҳажм сув гидрат ҳолатига ўтганда 220 ҳажмгача газни бириктиради ва боғлай олади. Газ гидрат конлари асосан кўп йиллик музлаган жинслар тарқалган ҳудудларда ҳамда дунё океанлари тубининг остида мужассамланган.

Нормал шароитда табиий газ фақат газсимон ҳолатда бўлади. Зичлиги $\rho=0,68...0,85$ кг/м³ (газсимон). Суюлтирилган газнинг зичлиги эса – $\rho=400$ кг/м³. Ўз-ўзидан ёниш температураси $t_{y.ен.}=650^{\circ}\text{C}$. Ҳаво билан портловчи аралашма ҳосил қилиш концентрациялари $c=5...15\%$ (ҳажмий). Солиштира ёниш иссиқлиги $\chi=28...46$ МЖ/м³. Ички ёниш двигателларида ишлатилганда октан сони 120...130. Табиий газ асосан метан (~ 95%) дан, лекин унинг таркибига этан, пропан, бутан, азот, гелий, водород сульфид, углерод диоксиди, сув буғлари ва бошқа газлар киради.

Табиий газ рангсиз ва ҳидсиз (агар таркибида водород сульфид бўлмаса), ёнувчан ва портлаш хавфи бор газ.

Температура 600^oC бўлганда табиий газ ўз-ўзидан ёниб кетади. Унинг зичлиги ҳавоникига қараганда 2 баробар кам, шунинг учун ёпик жойларда йиғилганда тепага кўтарилади.

Табиий газ юқори самарали энергия ва кимёвий хом-ашёдир.

Бошқа ёқилғи ва хомғашёларга қараганда бир қатор афзалликларга эга:

– табиий газни бошқа ёқилғиларни казиб олишга қараганда анча арзон;

– нефть ва қўмирга қараганда, газни казиб олишда иш унумдорлиги юқорирок;

– табиий газни ёкиш жараёнида минимал миқдордаги ҳавонинг ортикчалиги талаб этилади;

– табиий газ таркибида углерод оксидининг йўқлиги инсон заҳарланмаслигининг гаровидир;

– шаҳар ва қишлоқларни газ ёрдамида иситиш атроф-муҳитни камрок ифлослантиради;

– газ таркибида энг кам зарарли механик ва кимёвий аралашмалар бўлгани учун, ёниш жараёнининг турғунлигини таъминлаш осон;

– табиий газни ёкиш жараёнида температурани юқори аниқликда ростлаш, автоматлаштириш ва катта ф.и.к. эришиш мумкин;

– табиий газ ёниш жараёнида юқори температура ($>2000^{\circ}\text{C}$) ва солиштирма иссиқлик бергани учун уни энергетик ва технологик ёкилги сифатида қўллаш мумкин.

– табиий газ ёкилганда тўлик ёниши туфайли йўқотилишлар бўлмайди.

Юқорида қайд этилган афзалликлар билан бирга табиий газга, айрим салбий хоссалар ҳам тааллуқли:

– ҳаво билан маълум миқдордаги аралашмаси ёнгин ва портлаш хавфи мавжуд, яъни бу аралашмаларга учкун ёки иссиқ жисм киритилса, ёниши ёки портлаши мумкин;

– газсимон ёкилгининг ёниши учун албатта таркибида кислород бор ҳаво бўлиши керак;

– ёниш реакциясининг иссиқлиги бир зумда ажрайди, ёниш маҳсулотлари кизийди ва ҳажми кенгайди, босими хонада, ёниш камераси ёки труба қувурида ортади ва портлаш хавфини белгилайди.

Катта диаметрли ва узун труба қувурларида газ-ҳаво аралашмасининг портлаш даврида аланганинг тарқалиш тезлиги товуш тарқалиш тезлигидан ортиб кетиш ҳолатлари ҳам бўлиши мумкин. Бу даврда босим тахминан 8 МПа гача кўтарилади. Бундай портлаб ёниш **детонация** деб номланади. Детонациянинг моҳияти ёнувчи муҳитда зарбали тўлқинларнинг ҳосил бўлиши ва ҳаракати билан белгиланади.

Табиий газлар заҳарлимас, лекин метаннинг ҳаво билан концентрацияси 10 ва ундан ортик фоиз бўлганда кислород миқдори камайганлиги туфайли бўғилиш содир бўлиши мумкин.

Табиий газ таркибий қисмлари, яъни газларнинг хоссалари:

Метан (CH_4) – ҳаводан енгил, рангсиз ва ҳидсиз газ. Ёнувчан, лекин уни сақлаш мураккаб эмас ва кийинчиликлар туғдирмайди. Газ плиталарида ёкилги сифатида ишлатилади. Метан ёнганда ҳаво рангли аланга ҳосил қилади.

Этан (C_2H_6) – ҳаводан озгина оғирроқ, рангсиз ва ҳидсиз газ. Ёнувчан, лекин ёкилги сифатида ишлатилмайди. Ёкилги сифатида камдан-кам ҳолларда, асосан этилен олишда ишлатилади. Этан ёнганда спиртга ўхшаб рангсиз аланга ҳосил қилади.

Пропан (C_3H_8) – рангсиз ва ҳидсиз газ, лекин заҳарли. Афзаллиги шундаки, нисбатан паст босимда суюқ агрегат ҳолатига келади, бундай ҳолат уни транспортировка қилишни ва аралашмалардан ажратиш жараёнини осонлаштиради. Айрим автомобилларда ёкилги сифатида ишлатилади. Пропан ва бутан ёнганда сариқ аланга ҳосил бўлади.

Пентан (C_5H_{12}) – оғир газ. Ёкилги гази асосан техник бутан ва пропан аралашмаси бўлиб, пентан оз миқдорда суюқ фаза ҳолатида учраши мумкин. Пентаннинг конденсацияланиш температураси тахминан 3°C атрофида. Шу сабабли пентан ҳаракатланадиган трубалар конденсат йиғич билан жиҳозланиши керак.

Бутан (C_4H_{10}) – хоссалари бўйича пропанга ўхшаш, лекин зичлиги нисбатан юқори ва иккита изомери мавжуд бўлган газ. Бутан ва унинг изомерлари (кимёвий формуласи, молекуляр оғирлиги бир хил, аммо молекулада атомларни жойлашиши билан фаркланувчи) юқори температурада қайнайдиган суюқликлардир. Техник бутан буғлари $0,5^{\circ}\text{C}$ да конденсацияланади.

Углерод диоксиди (CO_2) – рангсиз ва ҳидсиз, лекин нордон мазаси бор газ. Табиий газнинг бошқа компонентлари (гелийдан ташқари)га қараганда, CO_2 ёнмайди. Углерод диоксиди заҳарлилиги энг кам газ. Бу газ ёнганда оч ҳаво рангли аланга ҳосил қилади.

Водород сульфид (H_2S) – рангсиз, ўткир палағда тухум ҳидли газ. Жуда заҳарли, ҳаттоки жуда кичик концентрацияда ҳам ҳид билиш асабини фалаш қилади. Водород сульфиднинг заҳарлаш концентрацияси $0,2 \dots 0,3 \text{ мг/м}^3$ бўлса, фожиали концентрацияси - 1 мг/м^3 . Водород сульфид заҳарли бўлишига қарамадан, кичик концентрацияли эритмалари

водород сульфидли ванналар қилиб инсонни даволашда ишлатилади, чунки унинг айрим антисептик хоссалари шифобахшдир.

Этилен (C₂H₄) – дунёда энг кўп ишлаб чиқариладиган органик моддадир. У полиэтилен ишлаб чиқаришда хом-ашёдир. Этилен рангсиз, ёқимли ҳидли газ. Хоссалари бўйича этанга яқин, лекин зичлиги ва ёнувчанлиги билан ундан фарқланади.

Ацетилен (C₂H₂) – ўта ёнувчан ва портловчан, рангсиз газ. Агар юқори босимгача сикилса, портлаши мумкин. Бу газ асосан металлларни пайвандлаш ишларида қўлланилади.

Портлаш ва ёниш хавфи катта бўлгани учун автомобилларда ёқилғи сифатида ишлатилмайди ва сақлаш даврида эҳтиёткорлик юқори даражада бўлиши талаб этилади. Ацетилен ёнганда сарғишроқ аланга ҳосил бўлиб ёнади ва жуда кўп тутайди.

Гелий (He) – ҳаводан зичлиги 7 маротаба кам, инерт газдир. Шу сабабли, учувчан дирижабл ва азростатлар асосан гелий газини билан тўлдирилади. Юқори босимларда наркознинг бошланғич босқичи ҳосил бўлади, яъни «хушчақчақ қилувчи» («хушчақчақ» газ – бу азот оксиди NO газининг ўзгача номи) газга ўхшаш таъсир кўрсатади. Бошқа газлардан ўлароқ, гелий ҳеч қачон каттик агрегат ҳолатида бўлмайди.

Водород (H) – гелийга караганда енгил газ, лекин ўта ёнувчан.

Ёниш жараёни. Ҳамма углеводородлар тўлиқ оксидланишида углерод диоксиди ва сув ҳосил қилади. Масалан:



Чала оксидланишида эса (кислород етишмайди) – ис газини ва сув ҳосил бўлади:



Агар кислород миқдори ундан ҳам кам бўлса, майда дисперс углерод (қорақуя) ажралиб чиқади:



Ёниш жараёнида ҳаво ранг аланга ўрнига сарик аланга ёна, демак, аралашма таркибида метандан ташқари пропан борлигидан далолат беради.

1.2. Табиий газни тозалаш

Қайта ишлашга узатиладиган табиий газ таркибида метандан ташқари кўп миқдорда юқори углеводородлар бор. Турли газ конларидаги табиий газларнинг концентрацияси ҳар хил бўлади.

Оғир углеводородлар кимё ва бошқа саноат соҳалари учун муҳим ва асосий хом-ашёдир. Шунинг учун, газ қувурлари орқали истеъмолчига узатишдан аввал уни тозалаш мақсадга мувофиқдир. Лекин кўпчилик ҳолларда табиий газни узоқ масофага узатиш етарли даражада фақат дастлабки тозалашдан ўтказилади. Қуйидаги 1.1-жадвалда табиий газнинг таркиби келтирилган.

1.1-жадвал

№	Компонентлар	Таркибнинг тебраниш оралиғи, %
1.	Метан	87,9...97,2
2.	Углерод диоксиди	0,1...1,0
3.	Азот	1,5...3,0
4.	Этан	0,7...4,7
5.	Пропан	0,33...2,3
6.	Изобутан	0,17...0,46
7.	n-бутан	0,16...0,41
8.	Изопентан	0,03...0,18
9.	n-пентан	0,02...0,11

10.	2,3-диметилбутан	0,007...0,8
11.	3-метилпентан	1,5...3,0
12.	Гексан	0,012...0,022
13.	Циклопентан	0,001...0,01
14.	2,4-диметилпентан	0,001...0,04
15.	Метилциклопентан	0,01...0,04
16.	3-метилгектан	0,002...0,08
17.	Гептан	0,013...0,06
18.	Бензол	0,011...0,065
19.	Октан	0,003...0,063

Табиий газ таркибининг ўзгарувчанлигига ундаги конденсат миқдори катта таъсир килади. Одатда, конденсатда асосан углеводород C_6 ва ундан юқори углеводородлар (30 г/м^3 гача) бўлади.

Айрим ҳолларда қайта ишланадиган табиий газ таркибига жуда юқори талаблар қўйилади. Бундай қайта ишлаш жараёнларига юқори температурали конверсия, ацетилен олиш учун термооксидловчи пиролиз ва газ синтезлари киради. Термооксидловчи пиролиз қурилмаларининг кўп йиллик ишлаш тажрибаси шуни кўрсатдики, табиий газдаги юқори углеводородлар концентрацияси ортиши билан иситкичларда қорақуя ўтириб қолиши ва реакторлар нотўғун ишлаши кескин кўпаяди. Ундан ташқари, конверсия газида қорақуя ва юқори ацетиленлар миқдори ошиб кетади. Реакторлар тўғун ишлашига C_6 ва ундан юқори углеводородлар энг катта таъсир қилиши аниқланди.

Дастлабки тозалашда энг тоза газ олиш учун табиий ва йўловчи газларни чуқур совитиш усулида фракцияларга ажратиш керак. C_4 ва ундан юқори углеводородларни ажратиб олиш учун юқори температурада қайновчи углеводородлар абсорбцияси ёки фаолланган кўмир билан адсорбциялаш усулларини қўллаш мумкин. Лекин абсорбция жараёнида газ абсорбент буғлари билан аралашиб ифлосланади. Адсорбцион усул ёрдамида газларни жуда юқори даражада тозалаш қурилмалари кўпол ва мураккаб.

1.2.1. Газларни тозалаш учун эритувчилар

Эритувчининг абсорбцион сиғими. Эритувчининг муҳим хоссаларидан бири, унда ажратиб олинаётган компонентнинг эрувчанлиги, унинг температура ва босимга боғлиқлигидир. Компонент эрувчанлигига абсорбентни циркуляция қилиши учун сарфланадиган электр энергия миқдори, газнинг десорбцияси учун иссиқлик сарфлари тўғридан-тўғри пропорционалдор.

Эритувчининг селективлиги бир-бирига жуда яқин иккита ажратилаётган газлар эрувчанликлари орасидаги нисбат билан характерланади. Ушбу кўрсаткич қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$C = \frac{K_{Г1}}{K_{Г2}} \quad (1.4)$$

бу ерда, $K_{Гi}$ – камрок эрувчан компонент i нинг эрувчанлик коэффициенти

Абсорбцияга узатилаётган эритувчи миқдори ушбу формуладан аниқланади:

$$G_{1p} = x_1 L = \frac{G \cdot K_{Г2} \cdot p_1}{P \cdot \eta_{aa} \cdot K_{Г1}} = \frac{G \cdot y_1 \cdot K_{Г2}}{\eta_{aa} \cdot K_{Г2}} \quad (1.5)$$

бу ерда, y_1 – камрок эрувчан компонентнинг газдаги максимал концентрацияси

Эриш оқибатида абсорбент билан чиқиб кетаётган камрок эрувчан компонентнинг улуши δ ушбу формуладан топилади:

$$\delta = \frac{G_{1p}}{Gy_{1n}} = \frac{K_{r2} \cdot y_1}{K_{r1} \cdot y_{1n}} \cdot \frac{1}{\eta_{na}} = \frac{1}{C} \cdot \frac{1}{\eta_{na}} \cdot \frac{y_1}{y_{1n}} \quad (1.6)$$

бу ерда, y_{1n} – камрок эрувчан компонентнинг абсорбер пастки кисмидаги концентрацияси

Шундай қилиб, агар $y_1 \approx y_{1n}$ ва $\eta \rightarrow 1$ бўлса, унда

$$\delta = \frac{1}{C} \quad (1.7)$$

$1/C$ катталиги яхши эрувчан компонент билан камрок эрувчан компонентнинг йўқотилиши мумкин бўлган микдорини ифодалайди. Ундан ташқари, ушбу катталик ажратиб олинаётган газнинг ифлосланиш даражасини ҳисоблаш ҳамда камрок эрувчан компонентнинг йўқотилишини камайтириш учун технологик схемани мураккаблаштириш кераклиги ва мақсадга мувофиқлигини баҳолаш имконини беради.

Агар абсорбция жараёнига мувозанат кийматидан ортик эритувчи узатилаётган бўлса, камрок эрувчан газ йўқотилиши кўпаяди. Ундан ташқари, газларни ажратиш селектив самарадорлигига газлар абсорбция тезликларининг ҳар хиллиги салмоқли таъсир этади.

1.3. Газларни абсорбцион тозалашнинг назарий асослари

1.3.1. Абсорбция жараёнининг статикаси ва динамикаси

Абсорбция статикаси. Абсорбция жараёни бошка каттик фазада системаларда масса алмашилиш жараёни (механизми) дан фарк қилмайди.

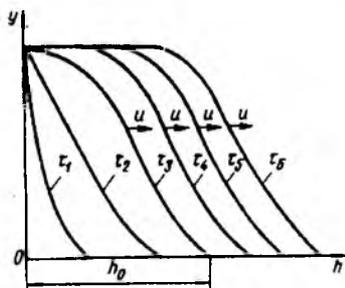
Умумий ҳолатда абсорбентда ютилаётган модданинг диффузия жараёни (1.8) критериял тенгламаси ёрдамида ифодаланади:

$$\frac{x - x_u}{x_b - x_u} = f\left(Bi_{д}, Fo_{д}, \frac{z}{\delta}\right) \quad (1.8)$$

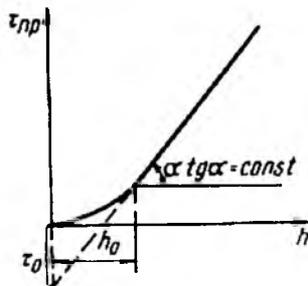
Кўзгалмас абсорбент қатламига ютилаётган модданинг бошланғич концентрацияси u бўлган оқим узлуксиз равишда узатилиш ҳолатини кўриб чиқамиз.

Абсорбент қатлами орқали оқим аралашмасдан, идеал сиқиб чиқариш режимида ҳаракатланмоқда деб фараз қиламиз.

Маълум вақт ўтгандан сўнг, абсорбент қатламининг бошланғич қисми тезда тўйинади ва абсорбтивни абсорбция қилиши тўхтайтиди.



1.1-расм. Абсорбция қўламининг ўзгариш схемаси.



1.2-расм. Химояловчи таъсир давомийлигининг абсорбент қатлами баяндлигига боғлиқлиги.

Натижада, ютилаётган модда концентрацияси ўзгармас қатламининг бошланғич

кисмидан ўтиб кетади ва адсорбция зонаси юқорига қараб кўтарилиб боради. Адсорбент қатлами баландлиги бўйича адсорбтивнинг тарқалиши раво ва адсорбция қўлами ҳосил бўлади (1.1-расм).

Ушбу расмда $\tau_1, \tau_2, \tau_3 \dots \tau_n$ вақтларда адсорбент қатлами баландлиги h бўйича адсорбтив нисбий концентрациясининг тақсимланиш эгри чизиклари келтирилган. Шунини таъкидлаш керакки, $\tau_1 < \tau_2 < \tau_3 < \dots < \tau_n$ (бу ерда, τ_n – жараён бошланишидан ўтган вақт).

Жараён давомида бирор вақт ўтиши билан адсорбция қўлами ўзгармайди. Адсорбция жараёнида адсорбтив қатламининг тўйиниш пайтигача ишлаш вақти, адсорбция қўламининг ташкил этиш даври деб номланади. Адсорбентнинг бутун қатлами бўйича адсорбция зонаси вақт ўтиши билан қатламда адсорбтив концентрацияси раво ўзгаради. Натижада, адсорбция қўлами қандайдир ўзгармас тезлик билан силжийди. Адсорбтивнинг «ўтиб кетишига» тўғри келадиган вақтдан бошлаб адсорбент қатламининг адсорбцион ёки ҳимояловчи таъсири тамом бўлади.

Адсорбент қатлампдан адсорбтивнинг «ўтиб кетиш» вақтига мос келадиган ўртача концентрацияси қатламнинг динамик фаоллиги деб аталади.

Адсорбция жараёни бошланишидан мувозанат ҳолатигача адсорбент массаси бирлигида ютилган модда микдори адсорбентнинг статик фаоллиги дейилади. Маълумки, динамик фаоллик ҳар доим статик фаолликдан кичик бўлади. Демак, адсорбентнинг сарфи унинг динамик фаоллигига қараб танланади. Адсорбент қатлами ишлатилишининг фронтал (қатламли) модели проф. И.А.Шилов томонидан яратилган.

Ютилаётган модда концентрацияси бошланғичдан «ўтиб кетиш» концентрациясигача ўзгараётган адсорбент қатламининг h_0 қисми *ишчи қатлам* дейилади. Ушбу жараёнга тўғри келадиган вақт – *ҳимоя қилиш вақти* дейилади.

Адсорбция динамикаси. Қўзғалмас грануланган адсорбент қатлами орқали газни ҳайдаб уларни тозалаш ва ажратишнинг адсорбцион усули жуда кенг тарқалган. Бунда, тозалаш ёки ажратиш жараёнлари маълум бир қонуниятларга бўйсунди. Адсорбция жараёни динамикасини ифодалаш учун изотерма ботик, чизикли ёки бўртиклигини билиш муҳимдир.

Сорбент қатлами орқали газ узатилганда газ ва қаттик фазаларда ютилаётган модда концентрация майдони ҳосил бўлади. Ушбу майдон нукталарининг ҳаракати қуйидаги тенглама ёрдамида топилади:

$$u = \frac{w}{1 + f'(c)} \quad (1.9)$$

бу ерда, u – сорбент қатлами бўйлаб аниқ бир концентрацион нуктанинг ҳаракат тезлиги, м/с, w – қатламдаги газнинг тезлиги, м/с, $f(c) = da/dc$, бунда $a=f(c)$ – изотерма тенгламаси, c – газ фазадаги адсорбат концентрацияси

Ордината ўқига нисбатан бўртик изотермалар учун $c_2 > c_1$ да функция ушбу кўринишга эга $f(c_1) > f(c_2)$. Викке тенгламаси (1.9) га биноан, сорбент қатлами бўйлаб паст концентрацияга оид нукталар ҳаракати юқори концентрацияли нукталарга қараганда сустроқ. Юқори концентрацияли нукталар паст концентрациялиларга етиб, маълум вақт ўтиши билан концентрация майдонида бошланғичга сон жиҳатдан тенг ютаётган модданинг яккаю-ягона концентрация қиймати ўрнатилади. Натижада сорбцион қўлам ҳосил бўлиб, қатламда у ўзига параллел равишда ҳаракат қилади ва сорбент қатламларини бирин-кетин ювиб ўтади. Умуман олганда, турли омил (масалан, қурилма қўндаланг қисми бўйича тезликнинг ҳар хиллик) лар таъсирида сорбцион қўлам қатламининг қайсидир бир участкасида диффузион ювилиб бузилади. Бунда, газ фазадаги адсорбат концентрацияси c_0 дан c_1 гача тақсимланади. Бу ерда c_1 сакраб ўтиш концентрацияси ва у ютилаётган модданинг энг кичик концентрациясидир. Ушбу кўрсаткич сорбент қатламининг қурилмадан чиқишида аналитик усулда ҳисобланади.

Сорбцион фронтнинг диффузион ювилиб бузилиши оқибатида адсорбентда жараён тўлиқ кечмайди. Ушбу ҳолат динамик фаолликни ифодалайди ва у сон жиҳатдан

адсорбент катламидан ўтганда сакраб ўтиш концентрацияси c_1 етгунга қадар ютилган модда миқдорига тенг. Сорбентнинг динамик фаоллиги ҳар доим мувозанат фаоллигидан кичик бўлади. Сон жиҳатдан ушбу динамик фаоллик сорбент катламидан ўтганда адсорбат бошланғич концентрацияси c_0 дан кейин ютилган модда миқдорига тенгдир.

Ҳосил бўлган сорбцион қўламнинг ҳаракат тезлиги куйидаги баланс тенгламаси ёрдамида ифодаланади:

$$u = \frac{w \cdot c_0}{a_0 + c_0} \quad (1.10)$$

бу ерда, a_0 – сорбентнинг мувозанат фаоллиги, моль/см²

Қатламнинг химоя қилиш вақти τ ва унинг баландлиги h орасидаги боғлиқлик (1.2-расм) ушбу тенглама орқали аниқланади:

$$\tau = kh - \tau_0 \quad (1.11)$$

бу ерда, τ – сорбент катламининг химоя қилиш вақти, $k=1/u$ – химоя қилиш вақти, τ_0 – химоя қилиш вақтининг йўқотилиши

Изотермалар қизикли ва ботик шаклли бўлганда турғун адсорбцион фронт ҳосил бўлмагани учун (1.11) формулани қўллаш мумкин эмас. Агар изотерма ботик бўлса, адсорбция жараёни динамикасини (1.9) формулада ҳисоблаш мумкин.

1.3.2. Газларни тозалаш учун адсорбентлар

Мамлакатимиз иқтисодиётининг турли соҳаларида қўлланиладиган адсорбентлар ғоваксимон ва иложи борича катта солиштирма юзага эга бўлиши керак. Кимё, нефть-газ ва бошқа саноатларда фаолланган қўмир, силикагел, алюмогел, цеолит, целлюлоза, ионитлар, минерал тупрок (бентонит, диатомит, каолин)лар ва бошқа материаллар адсорбент сифатида ишлатилади. Албатта, адсорбентлар маҳсулот билан бевосита таъсирда бўлгани учун зарарсиз, мустаҳкам, захарлимас ва маҳсулотни ифлос қилмаслиги керак.

Адсорбентлар модданинг масса бирлигига нисбатан жуда катта солиштирма юзали бўлади. Унинг капилляр каналлари ўлчамига қараб 3 гуруҳга бўлинади, яъни макроковакли ($>2 \cdot 10^{-4}$ мм), оралик ковакли ($6 \cdot 10^{-6} \dots 2 \cdot 10^{-4}$ мм) ва микроковакли ($2 \cdot 10^{-6} \dots 6 \cdot 10^{-6}$ мм) бўлади. Шуни таъкидлаш керакки, адсорбция жараёнининг характери кўп жиҳатдан коваклар ўлчамига боғлиқ.

Адсорбент юзасида ютилаётган компонент молекулаларининг миқдорига қараб бир молекулали (мономолекулали адсорбция) ва кўп молекулали катлам (полимолекулали адсорбция) ҳосил қилиш мумкин.

Адсорбентларнинг яна бир муҳим характеристикаси шундаки, бу унинг ютиш қобилияти ёки фаоллигидир. Адсорбент фаоллиги унинг бирлик массаси ёки ҳажмида компонент ютиш миқдори билан белгиланади. Ютиш қобилияти 2 хил, яъни статик ва динамик бўлади. Адсорбентнинг статик ютиш қобилияти масса ёки ҳажм бирлигида максимал миқдорда модда ютиши билан белгиланади.

Динамик ютиш қобилияти эса, адсорбент орқали адсорбтив ўтказиш йўли билан аниқланади.

Адсорбентларнинг компонент ютиш қобилияти температура, босим ва ютилаётган модда концентрациясига боғлиқ. Ушбу шароитларда адсорбентнинг максимал ютиш қобилияти *мувозанат фаоллиги* деб номланади.

Адсорбентлар зичлиги, эквивалент диаметри, мустаҳкамлиги, гранулометриқ таркиби, солиштирма юза каби хоссалари билан характерланади. Саноатда кўпинча гранула (2...7 мм)

кўринишидаги ёки ўлчамлари 50...200 мкм бўлган кукунсимон адсорбентлардан фойдаланилади.

Фаолланган кўмирлар одатда таркибида углерод бор ёғоч, торф, ҳайвонлар суюги, тошкўмир каби маҳсулотларни курук хайдаш йўли билан олинади. Кўмир фаоллигини ошириш учун унга 900°C дан ортик температурада ҳавосиз термик ишлов берилади. Бунда, материал ковакларидagi катронлар экстрагент ёрдамида экстракция қилиб олинади.

Фаолланган кўмирларнинг солиштирма юзаси – 600...1750 м²/г, тўқма зичлиги – 250...450 кг/м³, микроковаклар ҳажми – 0,23...0,7 см³/г. Ундан ташқари, улар таркибида жуда кам микдорда (<8%) кул бўлади. Яна шуни таъкидлаш керакки, ҳавода 300°C температурада фаолланган кўмир ёнади.

Фаолланган кўмирнинг майда кукунлари 200°C га яқин температурада ёнади ва концентрацияси 17...24 г/см³ бўлганда ҳаво таркибидаги кислород билан портловчи бирикма ҳосил қилади. Адсорбция жараёнида тозалашнинг самарадорлиги адсорбентнинг ғоваксимон тузилишига боғлиқ бўлиб, бунда микроковак асосий роль ўйнайди. Фаолланган кўмирлар адсорбцион бўшлиғининг чегаравий ҳажми 0,3 см³/г лиги тозалаш жараёнида қўллаш тавсия этилади. Маълумки, микроковаклар ўлчами каталитик реакциялар тезлигини белгилайди. Микроковак ўлчами 0,8...1,0 мкм бўлган фаолланган кўмирлар оптимал деб ҳисобланади. Турли саноатда ок қайин БАУ, бук каби ёғочлардан олинган фаолланган кўмир, спирт-ректификатларни альдегид, кетон, мураккаб эфир, карбон кислоталар ва юқори молекулали бирикмалардан тозалашда ишлатилади. Айрим ҳолларда, фаолланган кўмирлар тозалаш билан бирга ҳид, ёқимсиз таъм, коллоид ва бошқа қўшимча аралашмаларни ҳам йўқотади.

Фаолланган кўмир хоссалари. Фаолланган кўмир жуда юқори ғоваклиликка эга каттик жисм бўлиб, турли табиий органик углерод таркибли материаллардан, яъни хока (ёғоч) кўмир, тошкўмир кокси, нефть кокси, кокос қобиғи, ёнғок қобиғи, данак ҳамда уруғлар қобиклари ва бошқалар.

Фаолланган кўмир 87...97% (масс.) га углероддан таркиб топган, аммо унинг таркибида водород, кислород, азот, олтингугурт ва бошқа моддалар ҳам бўлиши мумкин.

Тузилиши бўйича фаолланган кўмирлар углероднинг микрокристаллик турлари гуруҳига тааллуқли, яъни бу турда графитли кристаллитлар бўлиб, гексагонал ҳалқалардан ташкил топган 2...3 нм узунликдаги текисликлардан иборат. Лекин фаолланган кўмирларда графитлар учун хос бўлган айрим текисликларнинг бир-бирига нисбатан жойлашиши бузулган, яъни қатламлар сурилиб қолган ва текисликлари перпендикуляр йўналишда устма-уст тушмайди. Ундан ташқари, фаолланган кўмирлар таркибида графитли кристаллитлардан ташқари 0,33 дан 0,66 гача аморф углерод ҳамда гетероатомлар бор. Графит кристаллитлари ва аморф углеродлардан таркиб топган турли жинсли масса фаолланган кўмирнинг ўзига хос ғоваксимон тузилишини ҳамда адсорбцион ва физик-механик хоссаларини белгилайди.

Фаолланган кўмир жуда кўп сонли ғоваклардан иборат бўлиб, юзаси катта жисмдир. Масалан, тайёрланиш усулига қараб, фаолланган кўмирнинг 1 г юзаси 500...1500 м². Алоҳида таъкидлаш лозимки, шундай катта юза фаолланган кўмирни «фаолланган» деб аташга сабабчидир.

Фаолланган кўмирларда ўлчамига қараб макро-, мезо- ва микроғовакли бўлади (1.2а-расм). Ғоваклар чизикли ўлчами – L бўйича классификацияланади. Агар ғоваклар тиркишсимо**n** бўлса, унинг ярим эни, цилиндрик ёки сферик бўлса, радиуси бўйича белгиланади. яъни:

- $L < 0,6...0,7$ нм – микроғоваклар;
- $0,6...0,7 < L < 1,5...1,6$ нм – супер-микроғоваклар;
- $1,5...1,6 < L < 100...200$ нм – мезоғоваклар;



1.2а-расм.

– $L > 100...200$ нм – макроговаклар.

Микроговаклар (солиштира хажм $0,2-0,6$ см³/г дан $800-1000$ м²/г гача) да адсорбциялаш хажмий тўлдириш механизми бўйича кечади, чунки говаклар ва заррачалар ўлчамлари тахминан бир хил.

Супер-микроговакли (солиштира хажм $0,15-0,2$ см³/г) фаолланган кўмирларда ҳам худди шундай механизм бўйича кечади. Бу орalik ўлчамли фаолланган кўмирларда микроговаклар таъсири камайиб, йўқка айланади ва мезоговакларнинг хоссалари тўлик намоён бўлиб бошлайди.

Мезоговакларда адсорбцияланиш механизми кетма-кет адсорбцион катламлар (полимолекуляр адсорбция) ҳосил бўлиши, охирида эса – капилляр конденсация механизми бўйича говакларнинг тўлиши билан якунланади.

Оддий кўмирларнинг солиштира хажми $0,02-0,10$ см³/г, солиштира юзаси $20-70$ м²/г; аммо айрим фаолланган кўмирларда ушбу кўрсаткичлар $0,7$ см³/г ва $200-450$ м²/г бўлади.

Макроговаклар (солиштира хажм ва юза тегишли равишда $0,2-0,8$ см³/г и $0,5-2,0$ м²/г) транспорт ва узатувчи канал вазифасини бажаради. Микро- ва мезоговаклар фаолланган кўмирнинг асосий қисмини ташкил этади ва унинг адсорбцион хоссаларига энг катта хисса қўшади. Микроговаклар кичик ўлчамли, мезоговаклар эса йирик органик молекулаларни адсорбциялаш учун юкори самара беради.

Фаолланган кўмир говакларида молекулалараро тортишиш кучи мавжуд бўлгани учун адсорбцион (Ван-дер-Ваалс) кучлари ҳосил қилади (1.2б, 1.2в-расм). Бу кучлар суюк ёки газсимон турли жинсли системалардан моддаларни чўкиш жараёнига ўхшаш реакцияни келтириб чиқаради. Ажратиб олинаётган заррачалар фаолланган кўмир юзасида молекулалараро Ван-дер-Ваалс кучлари ёрдамида ушлаб қолинади. Фаолланган кокос ва тошкўмирларнинг говаклари 1.2г ва 1.2д-расмларда тасвирланган.

Айрим моддалар фаолланган кўмир юзасида ёмон адсорбцияланади. Бундай моддалар қаторига: аммиак, олтингугурт диоксида, симоб буглари, водород сульфид, формалдегид, хлор, цианли водородлар қиради. Бу турдаги моддаларни самарали адсорбциялаш учун фаолланган кўмирлар махсус кимёвий моддалар билан шимдирилади. Бу турдаги адсорбентлар ҳаво ва сувни тозалаш, ҳарбий ва атом саноатларида кенг қўламда қўлланилади.



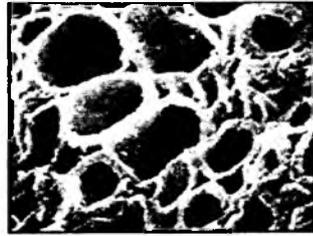
1.2б-расм.



1.2в-расм.



1.2г-расм.



1.2д-расм.

Турли алюмогелларнинг кўрсаткичлари 1.2-жадвалда келтирилган. Фаолланган алюминий оксидининг самарадорлигини белгиловчи асосий кўрсаткич – бу унинг адсорбцион сигимидир. Адсорбцион сигим адсорбент юзасидаги марказларнинг реакцион қобилиятига боғлиқ ва юзадаги бирлик майдонда адсорбцияланган намлик хажми билан белгиланади.

Нисбий намлик 10 ва 60% даги статик адсорбцион ҳажми ифодалаш учун $E_{0,1}$ ва $E_{0,6}$ каби белгилардан фойдаланилади.

1.2-жадвал

№	Кўрсаткич	Алутак					
		A	A	D	D	A	D
		Шарлар диаметри, мм					
		1,5...3	2...5	2...5	2,5...5	4...8	4...8
1.	Солиштира юза, м ² /г	320	325	335	335	320	330
2.	Ғоваклар ҳажмининг йиғиндис, см ³ /100 г	44	44	44	44	44	44
3.	Тўкма зичлик, кг/м ³	800	830	830	780	770	770
4.	Гранула эзлишидаги мустаҳкамлиги, Н	120	190	190	210	430	440
5.	AlF бўйича едрилишга бардошлиги, %	99,3	98,7	99,5	99,3	98,0	99,2
6.	Na ₂ O нинг массавий улуши, %	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
7.	$E_{0,6}$ нисбий намликдаги статик адсорбция, %	21.0	21.0	21.5	21.5	20.5	20.8

Силикагеллар – бу кремний кислота гелининг сувсизлантирилган маҳсулотидир. Ушбу адсорбентлар натрий силикат эритмаларига кислота ёки туз эритмаларининг таъсири натижасида олинади. Ушбу сорбент жуда ривожланган ғовакли тузилишли бўлиб, унинг скелети SiO_2 нинг майда шарсимон заррачаларидан таркиб топган. Силикагел ташки юзаси гидрооксил гуруҳлари билан копланган ва унинг адсорбцион хоссаларига катта таъсир кўрсатади. Силикагелларнинг солиштира юзаси 400...780 м²/г, тўкма зичлиги эса 100...800 кг/м³. Силикагел гранулалари 7 мм гача бўлиши мумкин. Бу адсорбент бошқа адсорбентларга караганда ёнмайди, механик жиҳатдан мустаҳкам бўлади.

Силикагел кутбланган моддаларни ҳамда гидроксил ионлар билан водородли боғ ҳосил киладиган бирикмаларни осон адсорбциялайди. Кутбланмаган моддалар асосан майда ғовакли силикагелларда дисперсион ўзаро таъсир оқибатида тозалайди. Бунда, силикагел юзасининг кимёвий ҳолати жараёнга сезиларли таъсир этмайди.

Амалий жиҳатдан силикагелларни регенерация қилиш температурасининг таъсири катта аҳамиятга эга, чунки силикагел юзасининг кимёвий ҳолати ўз фаоллигини нисбатан паст (200°C дан) температураларда десорбция қилингандагина сақлаб қолади. Десорбция кўпинча курук газ билан амалга оширилади.

Юкори температураларда регенерация қилиш ғоваксимон тузилишни ва сорбент юзасини кайтмас равишда ўзгартириб юборади. Капилляр ғовакли сорбентлар, макроғовакларга караганда температура таъсирига анча сезгир. Узоқ муддат давомида юкори температурали сув буғи ёки иссиқ ҳаво билан регенерация қилиш сорбент фаоллигини кескин равишда пасайтиради. Шу сабабли, регенерация жараёни нисбатан паст ва юмшоқ температураларда ўтказилади.

Цеолитлар – табиий ва сунъий минерал ҳолатида бўлиб, кристаллик ҳолатдаги алюмосиликатнинг сувли бирикмаси. Цеолит панжарасида бир қисм Si^{4+} ионлар Al^{3+} ионларига алмашган бўлгани учун панжара турли катионлар билан компенсация қилинадиган ортикча манфий зарядга эга. Сорбентнинг бундай ўзига хос тузилиши цеолитнинг хилма-хил шаклларини синтез қилиш имконини беради. Натижада, катион заряди ва микдорининг, кремний ва алюминий ионлари нисбатларининг турлилиги билан характерланувчи ҳамда кристаллик панжара турлари билан ажралиб турувчи сорбентлар яратиш мумкин.

Ушбу адсорбент сувда ва органик эритмаларда эримайди. Сунъий цеолит ғоваклари ўлчами сорбцияланаётган молекула ўлчамига яқин бўлгани учун, ғовакларга кириётган молекулаларни адсорбция қила олади. Бу турдаги цеолитлар *молекуляр элактар* деб номланади. Цеолитларнинг айрим турлари эритма, суспензия ва шарбатларни концентрлаш учун ишлатилади.

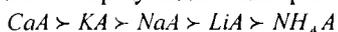
Цеолитлар юкори ютиш қобилиятига эга бўлгани учун, газларни ва суюқликларни қисман қуритиш ёки сувсизлантириш учун ҳам қўлланилади. Цеолитлар, кўпинча 2...5 мм диаметрли гранула кўринишида ишлаб чиқарилади.

Саноатда А ва X типдаги цеолитлар кенг қўламда қўлланилади. Ушбу цеолит

кристаллик панжара ҳосил килувчи элементлари орасида катта бўшлиқлар бўлади. Элементларнинг ўзи эса кичик ўлчамли бўшлиқлардан иборат. **B** ва **X** типдаги цеолитлар катта ғовакларининг диаметри 11,4 ва 11,6 Å. Улар орасидаги фарқ катта ғовакка олиб боровчи тешик ўлчами билан белгиланади. **A** типдаги цеолитларнинг катта ғоваклар диаметри 4,2 Å ли саккизга ажралган кислородли тешик билан, катта ва кичик ғоваклар эса диаметри ~2,5 Å ли олтига ажралган кислородли тешик билан бирлашади. **X** типдаги цеолитлар катта ғоваклари диаметри ~9 Å ли тешиклар билан бирлашади. Бирлаштирувчи тешик ўлчамига катионлар заряди ва радиуси таъсир қилади. Цеолитларнинг молекуляр-элаксимон принцинда ишлаши молекулалар ва тешиклар ўлчамларига боғлиқ. Агар молекулалар ўлчами тешиклар диаметридан кичик бўлса, заррачалар кристаллик тузилиш ичига кириди ва цеолит билан адсорбцияланади.

Термик ишлов цеолитлар хоссаларига турлича таъсир этади ва унинг таркибига боғлиқ. Масалан, кальций асосли цеолитлар 800°C да, натрийли 700°C да, литийли 640°C дан ортиқ температурада қайта тикланса, адсорбцион хоссаларини йўқотади.

Термик турғунлиги бўйича цеолитлар қуйидаги каторни ҳосил қилади:



Цеолитлар термик мўътадиллиги сув буғи билан ишлов берилгандан кейин пасаяди. Масалан, **NaA** цеолити 800°C да парчаланаяди ва турғунлиги 200°C температурагача сакланиб қолади.

Тупроқлар ва табиий тупроксимон адсорбентлар каторига бентонит, диатомит, гумбрин, каолин, асканит, мураккаб кимёвий таркибли юқори дисперс системалар **SiO₂**, **Al₂O₃**, **CaO**, **Fe₂O₃**, **MgO** ва бошқа металл оксидлари кириди. Табиий тупроқлар фаоллигини ошириш учун улар сульфат ва хлорид кислоталар билан қайта ишланади. Натижада кальций, магний, темир, алюминий ва бошқа металл оксидлари чиқариб юборилиши туфайли кўшимча ғоваклар ҳосил бўлади.

Бу тупроқлар солиштира юзаси 20...100 м²/г, ғоваклар ўртача радиуси 3...10 мкм бўлади.

Катион алмашилиш сизими ортиши билан тупроқларнинг тозалаш қобилияти кўпаяди. Одатда, тупроқлар суяклик муҳитларни тозалаш учун ишлатилади, масалан, рангли моддаларни қайта ишлаш натижасида маҳсулот оқаради. Шунинг учун, айрим ҳолларда тупроқли адсорбентлар **оқартирувчи тупроқ** деб ҳам аталади.

Катализатор ичида кимёвий айланиш ва ўзаро таъсир этаётган моддалар диффузиялар тезликлари таққослаш катализаторнинг оптимал ғоваксимон таркиби қандай бўлиши тўғрисида хулоса қилиш имконини берди. Диффузион тарқалиш тезлиги кимёвий айланишлар тезлигидан анча катта ва кичик тезликда борадиган реакциялар учун ғовакларининг таркиби ингичка таркибли катализатор қўллаш мақсадга мувофиқ. Катта тезликда кечадиган реакциялар учун катализатор ичида ташқи юзасига қараганда кимёвий айланишлар тезлиги кичик бўлса, катализатор ғовакларининг ўлчами ўзаро таъсирдаги модда молекулаларининг эркин босган масофасининг ўртача узунлиги (атмосфера босимида 10⁻⁵ см, 30 МПа босимда ~ 10⁻⁵ см) га яқин қилиб олиш керак.

Турли жинсли таркибдаги катализатор ғовакларининг ўлчами модда молекулаларининг эркин босган масофасининг ўртача узунлигидан катта бўлган катализаторлар энг самаралидир, чунки ғовак деворлари юзаси катта ингичка, қалта капиллярлар билан тармоқланган. Бундай шароит ва катализаторларда бир жинсли катализаторларга қараганда реакциялар тезлиги 10...100 маротабага ортади. Юқори босимларда йирик ўлчамли ғовакларнинг борлиги ижобий самара бермайди, шу сабабли бир жинсли, ингичка ғовакли таркибдаги катализаторлар энг оптимал деб ҳисобланади.

Оптимал ғовакли таркибни яратиш жуда мураккаб масала, лекин катализатор тайёрлашнинг бошланғич босқичида бу муаммони ҳал қилиш мумкин.

Реакция вақтида ички диффузион пасайиш ҳодисаси туфайли катализаторнинг бутун ҳажми жараёнда иштирок этмайди. Кинетик ва диффузион солиштирма каталитик фаоллигини солиштириш йўли билан ишчи қатлам қалинлиги аниқланиши мумкин. Саноат технологик қурилмаларида катализатор қатлами ҳажмининг 20...40% гина фойдали ишда қатнашади. Бундан хулоса қилганда, жараёнга ички диффузион пасайиш таъсирини камайтириш мақсадида катализаторнинг геометрик юзасини ошириш керак. Бунинг энг осон ва қулай йўли, катализатор тайёрланадиган заррачалар ўлчамини кичиклаштириш даркор. Лекин бу йўналиш афзаллиги билан бирга бир қатор камчиликлари ҳам бор, яъни катализатор қатламининг гидравлик қаршилиги ортиб кетади, чунки унинг миқдори учинчи даражадаги бўш ҳажм улушига тесқари пропорционалдир. Шунинг учун, кенг қўламда ичи бўш цилиндр, турли шаклли бўлакчалар, уяли плиталар ва ҳоказоларнинг қўлланиши ўсиб бормокда.

Саноат миқёсида ишлатиладиган катализаторлар ғовакли таркиб ва фаолликдан ташқари қуйидаги хоссаларга эга бўлиши муҳим аҳамиятга эга: селективлик, мўътадиллик, мустаҳкамлик ва тўқма зичлик. Катализатор мўътадиллиги узок муддат давомида газ аралашмасининг температураси таъсирида турғун ишлаши билан белгиланади. Катализатор мустаҳкамлиги – бу катализатор заррачаларининг едирилиш даражаси. Ушбу иккита кўрсаткич катализатор ишлаш муддатига таъсир қилади. Катализатор селективлиги – асосий ва иккиламчи маҳсулотлар миқдорлари нисбати билан ифодаланади.

Газларни тозалашда иккиламчи реакциялар кечиши мақсадга мувофиқ эмас, чунки бунда жараёнларнинг технологик схемалари мураккаблашиб кетади. Тўқма зичлик – катализаторнинг кимёвий таркиби ва шаклланиш шароитларига боғлиқ. Ушбу катталиқ тегишли қурилмаларни ҳисоблашда инобатга олинади. Кўпчилик катализаторлар қайта тикланади ва яна узок муддат давомида ишлатилиши мумкин.

Катализаторларни танлаш кўпгина омилларга боғлиқ бўлиб, катализатор ва у билан ўзаро таъсирда бўладиган моддаларнинг контакти тўғрисида тажриба маълумотларига таянган эмпирик ва ярим эмпирик усулларга асосланган.

Каталитик тозалаш усулларининг энг асосий афзаллиги – бу газларни юқори даражада тозалашга эришиш мумкин. Каталитик тозалаш усулида газларни юқори даражада тозалаш чегараси маълум босим ва температурада кечаётган реакциянинг кимёвий мувозанат шароитлари билан белгиланади.

Газларни каталитик усулларда тозалашнинг камчиликлари:

– каталитик реакция натижасида янги моддалар ҳосил бўлиши ва газ таркибидан уларни кимёвий боғлаш, абсорбция ёки адсорбция усулларида ажратиш олиш мумкин. Натижада, реакциянинг қўшимча маҳсулотларини ажратиш зарурати туғилади ва бу ҳол газ тозалаш жараёни самарадорлигини пасайтиради. Шунинг учун, каталитик усулларни лойиҳалаш даврида реакция натижасида ҳосил бўлаётган қўшимча маҳсулотларни системадан осон ажратиш масаласини ҳал этиш керак.

1.4. Табиий газни юқори углеводородлардан уюрмавий трубада тозалаш

Уюрмавий самара (эффeкт) ёки Ранк самараси Ранк исмли олим томонидан ихтиро қилинган.

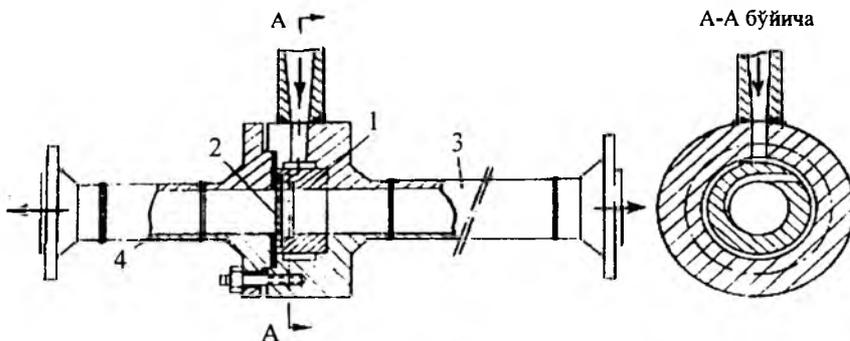
Газ аралашмасини уюрмавий трубада кенгайиши даврида совуқ ва иссиқ оқимларга ажратиш жараёнига *уюрмавий самара* деб номланади. Уюрмавий труба конструкцияси 1.3-расмда тасвирланган.

Газ оқими трубага тангенциал жойлаштирилган сопло орқали товуш тезлигида узатилади. Труба ичида газнинг айланиши туфайли оқимнинг бир қисми диафрагма томон йўналишини ўзгартиради. Бунда ўк атрофидаги газлар совийди, унинг ташқарисидаги қатлам кизийди. Оқимни совитиш самарадорлиги оддий дроселлаб олинадиган Жоул-Томсон самарадорлигидан анча ошиб кетиши мумкин. Масалан, газни 0,3...0,6 дан 1 МПа

гача кенгайиши оқибатида 20...80% газнинг температураси бошланғич температурага нисбатан 20...70°C пасаяди, газнинг қолган қисми эса кизийди.

Ранк самараси газнинг трубага киришдан аввалги босими P_1 нинг ундан чиқишдаги босими P_2 ларнинг нисбатига тахминан тўғри пропорционалдир, агарда $(P_1/P_2) \leq 4...5$. Агар босимлар нисбати кўрсаткичини янада ошириб борсак, ажратиш самараси пропорционал равишда эмас, балки камрок кўпаяди ва нихоят $(P_1/P_2) > 11...13$, ўсиш умуман тўхтайтиди. Уюрмавий самара абсолют температура камайишига тўғри пропорционалдир. Уюрмавий трубада газ кенгайиши давридаги умумий совитиш самараси Жоул-Томсон ва Ранк самараларининг йиғиндисига тенг.

Совук оқим улуши $\chi=0,2...0,3$ бўлганда максимал совитиш самарасига, $\chi=0,5...0,6$ бўлганда эса максимал совуқлик ишлаб чиқаришга эришиш мумкин. Оқимлар нисбатини ростлаш учун трубанинг иссиқ учига вентил ўрнатилган. Газ босими 0,6 дан 0,1 МПа гача кенгайтирилганда дросселлашганга қараганда уюрмавий труба совитиш ф.и.к. 14 баробар кўп, детандердагига нисбатан 3,2 мартаба кам.



1.3-расм. Уюрмавий труба:

1-бир соплони диффузор; 2-диафрагма; 3-иссиқ оқим трубаси, 4-совук оқим трубаси.

Уюрмавий самара ҳаво, метан, водород, аргон, гелий, аммиак, углерод диоксида, сув буғи ва бошқа газ ҳамда буғлар учун батафсил ўрганиб чиқилган. Изланишлар натижаси шуни кўрсатдики, уюрмавий трубада газни совитиш унинг таркиби жуда оз миқдорда боғлиқ. Турли газлар учун иссиқлик бериш коэффициентлари α ни қайта ҳисоблаш коэффициентлари 1.3-жадвалда келтирилган

1.3-жадвал

№	Газ	c_p/c_v	α ни қайта ҳисоблаш коэффициентлари
1.	Гелий	1,67	1,47
2.	Водород	1,41	1,20
3.	Ҳаво, азот	1,40	1,18
4.	Метан	1,31	1,00

Метан учун совитиш самараси 1,0 тенг деб олинган.

Турли газларни совитиш ва иситиш самараларининг тажриба маълумотлари 1.4-жадвалда келтирилган.

1.4-жадвал

χ , кг/кг	Ҳаво		CH_4		CO_2		NH_3	
	$\Delta t_{сов}$	$\Delta t_{исс}$	$\Delta t_{сов}$	$\Delta t_{исс}$	$\Delta t_{сов}$	$\Delta t_{исс}$	$\Delta t_{сов}$	$\Delta t_{исс}$
$P_1=3$ атм.	$t_1=20^\circ C$		$t_1=21^\circ C$		$t_1=1,5^\circ C$		$t_1=17^\circ C$	
0,2	29,5	7,5	22,0	5,4	18,0	4,4	20,0	5,0
0,3	29,5	12,4	25,0	10,7	22,5	9,5	21,0	9,0
0,4	29,5	19,5	25,0	16,7	22,5	15,0	18,5	12,5

0,5	27,0	27,0	22,0	22,0	20,0	20,0	15,5	15,5
0,6	22,0	33,0	18,7	28,0	17,0	25,4	12,5	19,0
0,7	18,0	42,0	14,0	32,0	13,0	30,0	9,3	22,0
0,8	12,0	48,0	-	-	9,0	36,0	7,0	27,3
$P_1=5$ атм.	$t_1=20^\circ\text{C}$		$t_1=22^\circ\text{C}$		$t_1=0,5^\circ\text{C}$		$t_1=16^\circ\text{C}$	
0,2	37,0	9,0	38,0	9,5	36,0	9,0	32,0	8,0
0,3	38,0	16,3	40,0	17,0	34,6	14,8	30,0	13,0
0,4	35,5	23,5	36,0	24,0	29,0	19,3	27,0	18,0
0,5	27,5	27,5	28,0	28,0	24,5	24,5	23,5	23,5
0,6	22,0	33,0	22,0	33,0	20,0	29,5	20,0	29,5
0,7	18,0	42,0	17,0	40,0	15,0	34,4	15,0	34,5
0,8	12,0	44,0	-	-	-	-	-	-

Соддалашган ҳолда уюрмавий самаранинг моҳияти қуйидагича: соплдан газнинг адиабатик оқиб чиқиши натижасида газнинг термодинамик температураси T ушбу кийматга пасаяди:

$$T = T_0 - \frac{u^2}{2g \cdot c_p \cdot A} \quad (1.12)$$

бу ерда, T_0 – секинлашиш температураси, К, u – газ тезлиги, м/с, g – эркин тушиш тезлиниши, м/с²; c_p – газ иссиқлик сифими, ккал/кг·°С. $A=427$ кг/мккал.

Секинлашиш температураси T_0 ўзгармас бўлиб қолади. Уни пасайтириш учун газ окимининг кинетик энергиясининг бир қисмини қайсидир усулда олиш керак. Ушбу жараёни детандерда самарали ўтказиш мумкин, механик иш бажарилади. Уюрмавий трубада газ окимининг кинетик энергияси бошқа окимга узатилади, натижада биринчи оким совийди, иккинчиси эса исийди.

Ички ишқаланиш кучлари ҳисобига бир йўналишда айланаётган икки окимнинг иссиқлик ва кинетик энергиялар билан алмашилиши карама-қарши ҳаракатланаётган окимлар турбулент режимда содир бўлади. Бундай ҳолларда диафрагма олдида тахминан бир хил термодинамик температура ва ўзгармас бурчак тезлигининг айланиши ўрнатилади. Агар ички окимнинг тезлиги нолга тенг бўлганда, совитиш самараси максимал кийматни олган бўлар эди. Лекин ушбу тезлик нолга тенг бўлмайди ва амалиётда у жуда катта бўлади. Уюрмавий трубада совитиш самарасининг тахминий киймати ушбу формула орқали топилади:

$$\Delta t_{сов} = \frac{u_c^2 - u_r^2 - u_a^2}{2g \cdot c_p \cdot 427} + \Delta T_{дрок} \quad (1.13)$$

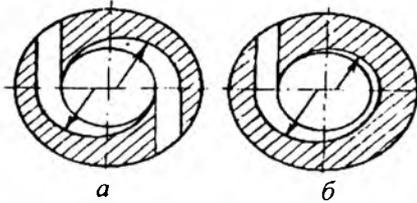
бу ерда, u_c – соплдан газ оқиб чиқилишининг ўртача тезлиги, м/с; u_r – совук окимнинг ўртача тангенциал тезлиги, м/с; u_a – совук окимининг ўртача аксиал тезлиги, м/с; $\Delta T_{сов}$ – дросселлаш ҳисобига температуранинг пасайиши, °С.

(1.13) тенглама совитиш самарасининг газлар хоссалари (босим; температура, совук оким улуши) ва диафрагма ва сопло ўлчамларининг нисбатига боғлиқлигини ифодалайди.

Уюрмавий трубани ҳисоблаш учун сопло қўндаланг кесим юзаси f_c газнинг берилган сарфи ва босими учун аниқланади. Лекин шуни назарда тутиш керакки, соплонинг критик кесимида газнинг тезлиги товуш тезлигига тенг бўлиши шарт. Бу йўсинда тўғри бурчакли ва сопло баландлигининг энига нисбати 0,5:1 тенг икки соптоли кириш энг самаралидир (1.4-расм).

Газнинг тезлиги 30..40 м/с дан ошмайди деб ҳисоблаб, труба диаметри ушбу формуладан топилади:

$$d = 4,36 \sqrt{f_c} \quad (1.14)$$



1.4-расм. Уюрмавий труба диффузори.
а-икки соплони, б-бир соплони.

ёки (сопло думалок бўлса)

$$d = (4...4,5) \cdot d_c \quad (1.15)$$

Труба диаметри маълум бўлса, эмпирик нисбатдан диафрагма диаметрини аниқлаш мумкин:

$$d_d = (0,5...0,58) \cdot d \quad (1.16)$$

(1.13) формулани дифференциялаб, берилган $P_{кр}$, P_2 ва χ кийматларда $\Delta t_{сов}$ нинг максимал кийматига мос келадиган диафрагманинг оптимал кийматини ҳисоблаш учун ифодани оламиз:

$$d_d = 1.46 \sqrt{\chi \cdot C \cdot d \cdot f_c} \quad (1.17)$$

(1.17) даги C параметр қуйидагига тенг:

$$C = \frac{P_{кр}}{P_2} \cdot \frac{T_1}{T_{сов}^0} \quad (1.18)$$

бу ерда, $P_{кр}$ – соплонинг критик кесимидаги босим, T_1 – соплонинг критик кесимидаги оқимнинг температураси, $T_{сов}^0$ – совук оқим секинлашиш температураси.

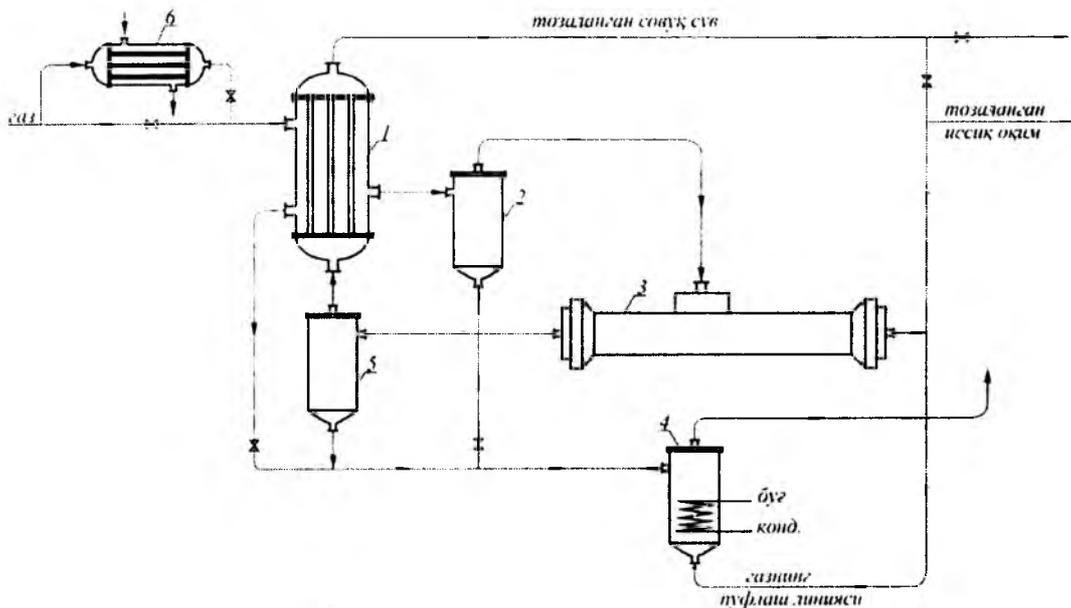
Иссиқ оқим трубасининг узунлиги $l_{исс} = 20d$, совукники эса – $l_{сов} = 5d$ нисбатдан аниқланади.

Табиий газни оғир углеводородлардан тозалашнинг технологик схемаси 1.5-расмда келтирилган.

Табиий газ иситкич 1 га унинг тепа қисмидан босим остида трубалараро бўшлиққа узатилади ва бу ерда тозаланган газ оқими ёрдамида совутилади. Шу ернинг ўзида углеводородлар конденсацияланади. Сўнг, тангенциал кириш штуцерли сепаратор 2 орқали ўтган газ оқими уюрмавий труба 3 га узатилади ва бу ерда босим 2...5 мартаба пасаяди. Газнинг тахминан 50...80% тозаланган газ сифатида ажратиб олинади ва сепаратор 6 орқали ўтказилгандан кейин пастдан юқорига қараб иситкичнинг труба бўшлиғига юборилади.

Таркибида аралашмалар кўп бўлган иссиқ оқимли газ бирмунча юқорироқ босим остида чиқади. Иссиқ оқимнинг улуши қанчалик кичик бўлса, босимнинг сон киймати шунчалик юқори бўлади.

Қурилма турғун ишлашининг асосий шарти бўлиб сопло орқали оқиб ўтаётган газ оқимининг мўътадиллиги ҳисобланади, яъни қурилмага киришдаги p_1 босим ва $p_1/p_2 \leq \beta$ ($\beta \approx 2$ – босимлар критик фарқи). Агар газни истеъмол қилиш камайса, унинг сарфини ростилаш бир қисм газни ёқишга узатиш йўли билан ҳал қилинади. Иситкич ва сепараторларнинг трубалараро бўшлиғида йиғилиб қоладиган конденсат вақти-вақти билан конденсат йиғич 4 га тўкилади.



1.5-расм. Уюрмавий самара ёрдамида табиий газни оғир углеводородлардан тозалаш қурилмасининг схемаси:
1,6-иситкич; 2,5-сепараторлар. 3-уюрмавий труба; 4-конденсат йиғичи

Унинг бир қисми иситилган табиий газни узатиш даврида буғланади ва ёкишга узатилади. Уюрмавий трубагача бўлган иситкич 1 ва сепаратор 2 ларда ажралиб чиқаётган конденсат оғирроқ углеводородлар билан бойитилган; уюрмавий трубадан кейинги сепаратор 5 дан ажраб чиқадиган конденсат таркибида енгил учувчан компонентлар кўп бўлади.

Турли газларни совитиш ва иситиш самараларининг тажриба маълумотлари 1.5-жадвалда келтирилган.

Конденсат таркибидаги айрим углеводородлар концентрациялари

1.5-жадвал

Компонентлар	Максамал концентрац мол. %		Компонентлар	Максамал концентрац мол. %	
	2-қурилма	3-қурилма		2-қурилма	3-қурилма
Метан	0,6	0,7	Гексан	8,1	10,6
Этан	2,0	0,3	Метилциклопентан	5,5	4,2
Пропан	3,4	2,8	3-метилгексан	4,2	4,2
Изобутан	7,5	7,5	Циклогексан	18,4	19,7
n-бутан	3,0	2,9	Гептан	4,5	4,7
Изопентан	8,7	11,7	Бензол	18,2	16,2
n-пентан	8,5	11,9	Метилциклогексан	4,6	3,3
2,3-диметилбутан	7,0	9,3	Октан	8,2	5,8
3-метилпентан	3,0	4,0	колганлари	9,8	7,6

Газнинг қурилмага киришда ва уюрмавий трубанинг совуқ учидаги температураларнинг максимал фарқини тахминий қиймати ушбу формуладан аниқланади:

$$\Delta t_{\max} \approx \frac{1}{1-\chi} \cdot (\Delta t_{\text{сов}} - \chi \cdot \Delta t_{\text{исс}}) \quad (1.19)$$

бу ерда, $\Delta t_{\text{исс}}$ – иситкичнинг иссиқ учидаги температуралар фарқи, χ – совуқ оқим улуши.

Амалиётда ушбу Δ_{max} нинг қиймати ҳисоблангандан пастрок, чунки окимлар иссиқлик сиғимларининг ҳар хиллиги ва бир қисм совукликнинг углеводородлар конденсациясига сарфланганлиги бунга асосий сабабчидир.

Қурилманинг асосий ишлаш режимлари 1.6-жадвалда келтирилган.

**Уюрмавий самара ёрдамида табиий газни оғир углеводородлардан
тозалаш қурилмасининг ишлаш режимлари**

1.6-жадвал

Босим, атм				P_1/P_2	P_2/P_1	Совук оким улуши χ , м ³ /м ³	Температура, °С		
Қурилмага киришда P_1	Уюрмавий трубадан чиқишда P_2	Иситкичга киргунча совук оким P_3	Иситкичдан чиққан совук оким P_4				Қурилмага киришда	Иситкичдан чиқишда	Совук оким
30,5	-	10,5	8,5	3,60	-	0,6	-1	-28	-60
30,0	27	8,8	8,8	3,41	3,07	0,7	5	-25	-58
28,0	26	9,5	8,5	3,30	3,06	0,75	-1	-33	-57
23,0	21	9,8	8,5	2,70	2,50	0,7	0	-16	-34
21,0	20	8,0	7,5	2,80	2,50	0,7	2	-17	-36
20,5	19,5	8,0	7,4	2,78	2,70	0,7	5	-14	-38
20,8	20,0	8,8	8,6	2,42	2,27	0,9	6	-11	-33
18,5	17	9,0	8,2	2,06	2,07	0,7	-2	-14	-31
14,5	14	7,5	7,2	2,00	1,87	0,7	5	-9	-25
14,5	14	7,5	7,2	2,00	1,87	0,7	2	-17	-28
12,0	11	4,0	3,0	4,00	2,75	0,65	-8	-36	-62
9,5	8	2,5	2,3	3,80	3,50	0,7	4	-21	-48

Табиий газни тозалаш даражаси қурилмадаги иш режимларига боғлиқ. Уюрмавий трубада на-фақат конденсация жараёни содир бўлади, балки конденсат ёрдамида углеводородлар абсорбцияланади. Шу сабабли, оддий конденсацияга караганда уюрмавий трубада газнинг тозаланиш даражаси анча юқори. Тозаланган газда C_5 углеводород концентрацияси 2,5...3, унинг ўртача таркибдан четлашиши ҳам 2...3 баробарни ташкил этади. $C_6 - C_8$ углеводородлар концентрацияси хроматографик таҳлил асосида аниқланади ва у температура -50...-60°С да 0,2...0,6 дан 0,02...0,03% гача, температура -42...-48°С да 0,04% гача ва температура -35°С да 0,06% гача пасаяди.

Узоқ муддат давомида ишлаши оқибатида қурилманинг ички юзаси углеводород гидратлари билан қопланади. Тўхтовсиз ишлаш муддати температура режими, газ сарфи, унинг таркиби ҳамда иссиқлик алмашилиш юзасига боғлиқ. Юқорида қайд этилган қурилма ҳар 2...3 суткадан кейин температураси 50...100°С ли табиий газ билан иситилган ва ундан сўнг иссиқ газ ёндириб юборилган.

Ушбу жараён афзалликлари: содда, эксплуатацион ва капитал харажатлар кичик.

Камчиликлари: фақат C_5 ва ундан юқори углеводородларни тозалаш мумкин. Ундан ташқари, тозаланган газни босими труба қувуридаги босимдан 2...3 маротаба паст бўлган жараёнларда қўллаш мумкин.

**1.4.1. Табиий газни юқори углеводородлардан каталитик
деструктив гидрирлаш усулида тозалаш**

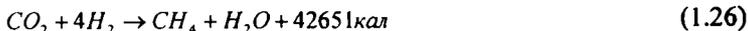
Нафтен ва парафин углеводородларида экзотермик реакция билан тоза метан олиш йўлларида бири бу каталитик деструктив гидрирлаш усулидир:



Мураккаб углеводородли молекулаларни водород муҳитида -С-С- боғларни узиб каталитик парчалаш ва ҳосил бўлган бўлақларни гидрирлаш жараёни гидрогенолиз, гидрокрекинг, деструктив гидрирлаш ва деметиллаш номи билан маълум.

Метаннинг юқори гомологлари гидрирлаш жараёни водород муҳитида никелли катализатор иштирокида 300...350°С температурада кечади. Жараён экзотермик.

Гидрирлаш жараёнининг асосий реакциялари:



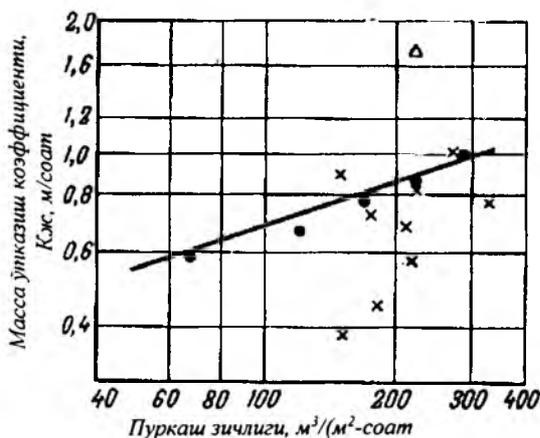
Тўлиқ гидрирлаш жараёнида водороднинг сарфи умумий тозаланаётган газ ҳажмининг 10...12% ни ташкил этади.

Дастлабки углеводород молекулаларида қанчалик углерод атомлари кўп бўлса, уни шунчалик гидрогенолиз қилиш осон бўлади. Бундан, табиий газни юқори углеводородлардан, шу жумладан пропан ва 70% этандан қисман тозалаш мумкин. Селектив гидрирлаш қисман ўтказилган ҳолларда тозалаш жараёни соддалашади ва тозаланган газ таннархи арзонлашади. Ушбу ҳолда қурилма унумдорлиги 2 баробаргача оширилиши мумкин. Пропандан бошлаб метан гомологлариини селектив гидрирлаш учун водород сарфи табиий газнинг ҳажмининг 5...8% ни ташкил этади.

Қорақуя ҳосил бўлгунга қадар метан парчаланишининг олдини олиш учун метан гомологлариини тўлиқ ва селектив гидрирлаш жараёни маълум миқдорда водородни ортиқчалигида ўтказилади. Бунда, тозаланган газда водороднинг миқдори тахминан 2% ни ташкил этади. Газ таркибидаги водород миқдорини пасайтириш мақсадида углеводородларни деструктив гидрирлаш юқори босимда ўтказиш мақсадга мувофиқ.

Деструктив гидрирлаш жараёнини қобик труба, айрим ҳолларда токчали реакторларда амалга оширилади. Метан гомологлариини селектив гидрирлашнинг технологик схемаси 1.6-расмда келтирилган.

Температураси 25°C ва босими 1,2 МПа бўлган табиий газ ҳажмий сепаратор 1 га узатилади ва газ конденсати ажратиб олинади. Сўнг, босим остида пуфланган газ билан аралаштирилиб қобик труба иситкичнинг труба бўшлиғига ҳайдалади ва у ерда тозаланган газ исиклиги ҳисобига 255°C температурагача исийди.



1.6-расм. Деструктив гидрирлаш усулида табиий газ таркибини мўътадиллаш технологиясининг схемаси:
 1-сепаратор, 2-иситкич, 3-табиий газ иситкичи, 4-адсорбер,
 5-деструктив гидрирлаш реактори, 6-иситиш камераси.

Табиий газни ёкиш туфайли олинган тутун газни ҳисобига змеевикли иситкичда газнинг температураси 255°C гача кўтариллади. 335...350°C гача киздирилган табиий газ олтингугуртли аралашмалардан рух оксидли адсорбентда тозаланади. Сўнг, тозаланган газ реакторга деструктив гидрирлаш учун узатилади ва иссиқлик алмашилиш курилмасидан ўтказилиб кейинги технологик жараёнга юборилади.

Тозалаш натижасида олинган газнинг тахминий таркиби куйидагича бўлиши мумкин (1.7-жадвал).

Газнинг тахминий таркиби

1.7-жадвал

№	Газ	Тўлик гидрирлаш	Селектив гидрирлаш
1.	CH ₄	89,28	88,83
2.	C ₂ H ₆	-	3,54
3.	N ₂	6,78	4,43
4.	H ₂	1,58	2,00
5.	NH ₃	-	0,44
6.	Ar	0,07	0,44
7.	CO ₂	-	0,32
8.	H ₂ O	2,59	-

Катализаторни қайта тиклаш 400...500°C ли водородли газлар ёрдамида амалга оширилади.

Гидрирлаш усулининг афзаллиги шундаки, бу усул ёрдамида исталган тозалик даражасидаги газни олиш имкони бор.

Усулнинг камчиликлари: тоза водородда ишлаш талаб этилади; капитал сарфлар катта; газни олтингугурт аралашмаларидан юкори даражада тозалаш керак.

1.5. Газларни углерод диоксиди ва олтингугурт бирикмаларидан абсорбцион усулда тозалаш

Маълумки, кўпгина абсорбентларнинг водород сульфидни ютиш қобилияти углерод диоксидига қараганда анча юкори. Шунинг учун ҳам водород сульфид учун абсорбция тезлиги углерод диоксидиникига нисбатан катта бўлади. Юкорида қайд этилганларни инобатга олган ҳолда водород сульфид ва углерод диоксиди газларини бир вақтда тозалаш вақтида жараённи секинлаштирувчи бўлиб CO₂ ҳисобланади.

1.5.1. Углерод диоксидини сув билан ювиб тозалаш усули ва курилмалари

Сув билан ювиб тозалаш – бу физик абсорбция жараёнидир. Жараённинг кинетик қонуниятлари ва уни курилмалар билан жиҳозлаш бошқа абсорбцион тозалаш усуллари учун ҳам тааллуқли.

Углерод диоксиди сувда эриб эритмага ўтганда асосан эркин ҳолда бўлади. Қисман ҳосил бўлган кучсиз карбон кислотаси диссоциацияланади:



Карбон кислотанинг диссоциацияланиш константаси жуда кичикдир. Углерод диоксидининг нисбатан паст парциал босимларида эритмадаги CO₂ нинг умумий миқдори ва pCO₂ лар орасидаги боғлиқлик тўғри чизик билан ифодланади. Юкори босимларда CO₂ нинг эрувчанлиги Генри қонуни бўйича олинган кийматдан пастроқ ва температура ортиши билан камаяди.

Тозалаш учун ва таркибида турли минерал тузлар бўлган сувда CO₂ ва бошқа компонентларнинг эрувчанлиги тоза сувдагига нисбатан бирмунча камроқ.

Углерод диоксидини сув билан адсорбциялаш жараёни насадкали скрубберларда амалга оширилади. Насадка сифатида солиштирма юзаси катта бўлган турли шаклдаги жисмлар қўлланилади. Бундай шароитларда суюқлик ва газ фазалардаги диффузион каршилиқлар тахминан бир хил деса ҳам бўлади. Шунинг учун, газ (β_2) ва суюқлик (β_1) фазалари учун масса бериш коэффициентларини билиш зарур.

Халкасимон насадкали колонналарда абсорбция жараёнини ўрганиш шуни кўрсатдики, суюқликни пуркаш зичлиги, газнинг тезлиги ва температураси ортиши билан ҳажмий масса ўтказиш коэффициенти K_1a кўпаяди ва босим ўсиши билан камаяди.

Насадкали скрубберларда газ фазасининг бўйлама ҳаракати туфайли масса алмашилиш жараёни ёмонлашади, айниқса, суюқ фазанинг юқори зичликда пуркалиши газ фазасининг қурилмадан чиқишда тўйинишига, яъни мувозанат ҳолатига яқин бўлишига сабабчидир. Суюқ фазанинг бўйлама аралашиши насадкали скрубберлар самарадорлигини пайсатириши мумкин. Ундан ташқари, газ ва суюқ фазаларнинг тақсимланишида кўндаланг нотекислик ва узок муддатли эксплуатация натижасида насадкаларнинг ифлосланиши скруббер самарадорлигига салбий таъсир этади.

Газларни сув билан ювиб CO_2 дан тозалашнинг технологик схемаси 1.7-расмда келтирилган. Маълумки, газларни сув билан ювиб тозалаш, бошқа физик абсорбция жараёнлари каби босим остида ўтказилади. Босим ортиши билан сувни ҳайдаш учун электр энергия сарфи камаяди ва тозалаш даражаси кўпаяди. Агар жараён босимсиз ташкил этилган бўлса, унда сув билан тозалашдан аввал газнинг босими кўтарилади. Бунда, энергиянинг бир қисми CO_2 ни сиқишга сарфланади. Босим қанчалик юқори бўлса, CO_2 ни сиқишда шунчалик кўп энергия йўқотилади. Шунинг учун, оптимал босим мавжуд бўлиб, у қуйидаги омилларга: юриткич-насос-турбина агрегатининг ф.и.к., CO_2 концентрацияси ва бошқаларга боғлиқ.

Маълумки, 1...3 МПа босимлар оралиғида электр энергиянинг умумий сарфи босимга боғлиқ эмас.

Тозаланган гада CO_2 нинг миқдори 2% дан кам бўлиши учун десорбция жараёнининг охириги боскичида десорбернинг пастки қисмида CO_2 нинг босими умумий формула бўйича

$$y_{2n} = \frac{p_{2p}}{P} \quad (1.29)$$

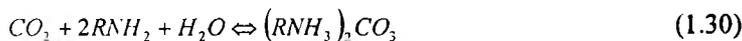
$p_{2p} < 0,06$ МПа бўлиши керак. Демак, тозалаш ва дағал тозалаш жараёнларида десорбциянинг охириги боскичи вакуум остида ёки газни ҳаво билан пуфлаб ўтказиш лозим (1.7-расм). Сўнг, тозаланган газ сиқилади ва углерод оксиди ва CO_2 дан мисаммиакли ёки ишқорли тозалашга узатилади.

Абсорбердан чиқаётган юқори босимли сув энергиясини утилизация қилиш учун юриткич-насос-турбина агрегати ҳайдалади. Бунда, бир вақтнинг ўзида CO_2 десорбцияланади. Ушбу газнинг кейинги десорбцияси охириги десорбер 7 ва десорбцион колонна 8 да амалга оширилади.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, CO_2 ни адсорбциялаш даврида бошқа компонентлар ҳам ютилади.

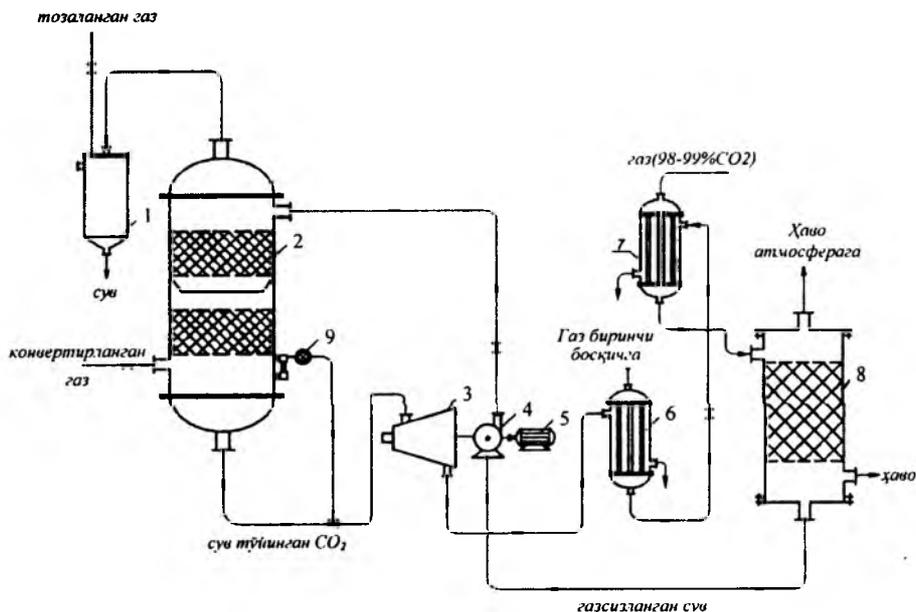
Этанолламин эритмалари билан газларни CO_2 дан тозалаш.

Моноэтаноламин (МЭА) нинг CO_2 билан ўзаро кимёвий реакцияси қуйидагича кечади:



бу ерда, $R - OHCH_2CH_2 -$ гуруҳи.

Ушбу тенгламалар CO_2 ни МЭА эритмаси томонидан ютилишини умумий схемаси деб қараш мумкин. Натижада, охириги маҳсулот сифатида моноэтаноламмоний карбонати ва бикарбонатини олиш мумкин.



1.7-расм. Газларни сув билан ювиб CO_2 дан тозалаш технологиясининг схемаси:

1-сепаратор; 2-абсорбер; 3-турбина; 4-насос; 5-электр юриткич; 6-оралик десорбер; 7-охирги десорбер; 8-десорбцион колонна; 9-сатҳ ростлагич

МЭА молекуласи иккита кутбли функционал гуруҳ-гидроксил ва амин гуруҳларидан иборат бўлиб, ўзаро иккита метилен гуруҳли занжир билан боғланган. Ушбу функционал гуруҳлар CO_2 ва МЭА эритмасини иккита ўзаро таъсир йўналишини белгилаб беради.

МЭА ва CO_2 ўзаро таъсир реакцияси оқибатида карбамин кислота ҳосил бўлиши билан кечади:



ва эритмада тўлиқ диссоциацияланади:



Ўз навбатида, МЭА эритмасида куйидаги мувозанат ўрнатилади:

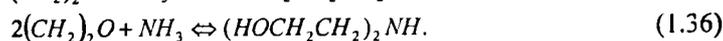


1.5.2. Газларни этаноламинларнинг сувли эритмалари билан тозалаш

Газларни этаноламинларнинг эритмалари ёрдамида тозалаш хемосорбциянинг типик жараёнидир. Саноат миқёсида энг тарқалган усул – бу моноэтанолламин (МЭА) эритмалари ёрдамида тозалаш жараёнидир.

Этаноламинлар рангсиз, қовушқоқ гигроскопик суюқлик бўлиб, сув ва спиртлар билан исталган нисбатда аралашади. Лекин водород боғлари ҳосил қилиб, юқори даражада ассоциацияланган кутбсиз эритмаларда этаноламинларни умуман эритмайди.

Этаноламинлар этилен оксиди ва аммиаклардан синтез қилиниши мумкин:





Ортикча аммиак муҳитида температуранинг пасайиши охирги маҳсулотда моноэтаноламин миқдорининг кўпайишига олиб келади.

Этаноламинларнинг физик-кимёвий хоссалари

1.8-жавдал

№	Кўрсаткич	МЭА	ДЭА	ТЭА
1	Молекуляр оғирлик	61,08	106,1	149,2
2	Эриш температураси, °C	10,54	~ 28	~ 2
3	Қайнаш температураси, °C	171,0	271,0	-
4	<i>A</i>	1,0353	1,1135	1,1366
5	<i>B</i>	0,0008125	0,0007318	0,0006171

Этаноламинлар эриш температурасининг концентрацияга боғлиқлиги 1.8-расмда келтирилган.



1.8-расм. Этаноламинлар эриш температураларининг концентрацияга боғлиқлиги: 1-МЭА; 2-ДЭА; 3-ТЭА.

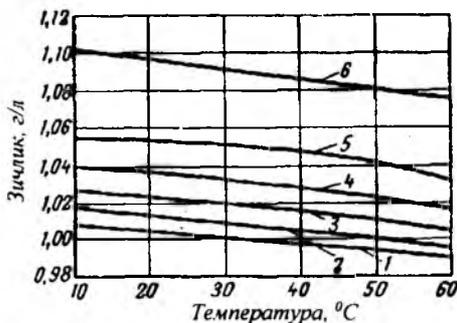
Сувсиз этаноламинлар зичлиги ва температураси t лар ўзаро боғлиқлиги тўғри чизикли бўлиб, ушбу функция билан ифодаланади:

$$\rho = a - bt \quad (1.38)$$

бу ерда, a ва b константалар 1.8-жадвалда келтирилган.

МЭА концентрацияси ортиши билан, яъни ~ 60% да, унинг зичлиги максимал қийматни олади. ДЭА ва ТЭА ларнинг концентрацияси ўсиши билан зичлиги узлуксиз равишда ошиб боради. Саноат миқёсида қўлланиладиган этаноламин (10...30%) лар зичликлари сувнинг зичлигидан озгина фарқланади.

1.9-расмда МЭА зичлигининг температурага боғлиқлиги тасвирланган.

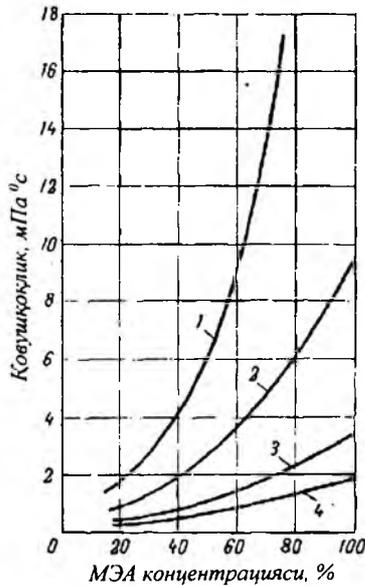


1.9-расм. МЭА эритмалари зичликларининг температурага боғлиқлиги.

- 1 – 15% ли МЭА эритмаси; 2 – 30% ли МЭА эритмаси;
- 3 – 15% ли МЭА + 0,4 моль H_2S /моль МЭА эритмаси;
- 4 – 15% ли МЭА + 0,2 моль CO_2 + 0,2 моль H_2S /моль МЭА эритмаси;
- 5 – 15% ли МЭА + 0,4 моль CO_2 МЭА эритмаси; 6 – 30% ли МЭА + 0,4 моль CO_2 МЭА эритмаси.

Кўриниб турибдики, карбонизациялаш даражаси эритма зичлигига МЭА нинг умумий концентрациясига караганда кўпроқ таъсир этади. Ундан ташқари, водород сульфид этаноламинлар билан ютилганда зичликнинг ўзгариши ҳам тасвирланган.

1.10-расмда МЭА ковшоқлик коэффициентининг концентрацияга боғлиқлиги намойён этилган.



1.10-расм. МЭА эритмалари ковшоқлик коэффициентининг концентрация ва температурага боғлиқлиги: 1 – 20°C, 2 – 50°C, 3 – 80°C, 4 – 100°C.

Эритма концентрацияси ортиши ва температура пасайиши билан ковшоқлик коэффициенти ортади. Концентрация микдори 20% дан кам бўлгандаги маълумотлар махсус адабиётларда берилган.

1.9-жавдалда МЭА нинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентининг айрим қийматлари келтирилган.

Моноэтаноламинлар иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентининг концентрацияга боғлиқлиги (Вт/м·К)

1.9-жавдал

№	температураси, °С	8% ли эритма	16% ли эритма
1	20	0,544	0,490
2	30	0,544	0,501
3	40	0,567	0,441
4	50	0,579	0,512
5	60	0,508	0,541
6	70	0,590	0,541
7	80	0,610	0,549

1.10-жавдалда МЭА нинг солиштирма иссиқлик сигимлари келтирилган.

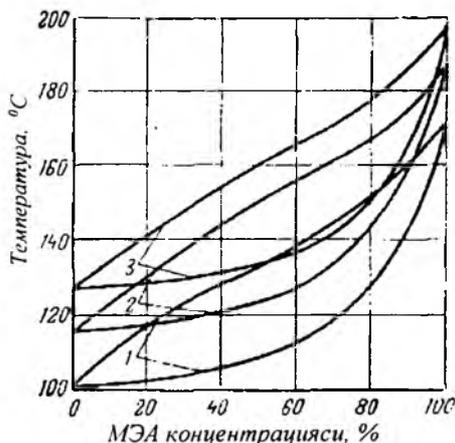
Моноэтаноламинлар солиштирма иссиқлик сигимининг концентрацияга боғлиқлиги (Ж/кг)

1.10-жавдал

№	Температура, °С	МЭА концентрацияси, %		
		8	15	25
1	10	3779,4	3716,2	3641,1
2	20	3758,4	3699,8	3624,3

3	30	3650,0	3691,4	3620,2
4	40	3745,9	3691,4	3616,0
5	50	3745,9	3687,2	3616,0
6	60	3745,9	3687,2	3620,2
7	80	3758,4	3708,2	3641,1
8	100	3779,4	3729,0	3662,1
9	120	3800,3	3750,0	3687,2
10	140	3825,5	3771,0	3708,2
11	160	3846,4	3787,8	3729,0

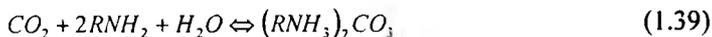
1.11-расмда МЭА нинг сувли эритмалари учун «буғ-суюклик» мувозанати турли босимлар учун келтирилган.



1.11-расм. МЭА нинг сувли эритмалари учун «буғ-суюклик» мувозанати.
1 - $p_{\text{абс}}=0,096$ МПа, 2 - $p_{\text{абс}}=0,175$ МПа, 3 - $p_{\text{абс}}=0,246$ МПа.

1.5.3. Углерод диоксидини этаноламинларнинг сувли эритмалари билан ютилиш жараёнининг физик модели

Газ таркибдаги CO_2 ни МЭА билан тозалаш куйидаги реакция билан ифодаланади:



бу ерда, $R - \text{OHCH}_2\text{CH}_2 -$ гуруҳи.

Ушбу тенгламалар МЭА эритмалари ёрдамида CO_2 ни ютиш умумий схемасини ифодалайди. Ундан ташқари, моноэтиленаммоний карбонати ва бикарбонатини охириги маҳсулот сифатида олиш имкониятини кўрсатади.

МЭА молекуласини иккита кутбли функционал гуруҳ – ўзаро иккита метилен гуруҳли занжир билан боғланган гидроксил ва амин гуруҳларидан таркиб топган.

МЭА эритмаси CO_2 билан реакцияга киришади ва карбамин кислота ҳосил қилади:



ва у эритмада тўлик диссоциацияланади:



Ўз навбатида, МЭА нинг сувли эритмасида ушбу мувозанат ўрнатилади:



Диссоциация маҳсулотлари моноэтаноламмоний карбаматини ҳосил қилади:



Маълумки, CO_2 ҳам (2.34) формуладаги OH^- ионлари билан реакцияга киришади ва МЭА сув эритмасининг ишқорий реакцияси билан ифодаланади:



Агар (1.46) га биноан реакция тез кечса, 1 моль CO_2 га 2 г-ион OH^- сарфланади. Лекин реакция тезлиги (1.45) тенглама билан белгиланади, яъни реакция тезлиги OH^- га пропорционалдир.

ДЭА эритмаси CO_2 билан реакцияга киришиши худди МЭА ники каби рўй беради ва ДЭА нинг иккита функционал гуруҳи билан ўзаро таъсирда бўлади:



ва қуйидаги реакция тезлиги каби ўтади. Реакция тезлиги шунчалик катта бўладики, $NH(CH_2CH_2OH)CH_2CH_2OCOO^-$ ионнинг ҳосил бўлиш ва парчланиш тезлиги константасини аниқлаш мумкин бўлади. Концентрацияси паст ишқорли эритмада асосан карбаматлар ҳосил бўлади.

Триэтанолламин функционал амин гуруҳида водород йўқлиги учун карбамат ҳосил бўлмайди. Бундай ҳолатни, МЭА ва ДЭА ларга караганда ТЭА нинг кичик реакция қобилияти билан изоҳлаш мумкин.

Этанолламин карбаматлари мўътадил система эмас. Шунинг учун, нордон ва юкори ишқорий эритмаларда тезда ва тўлиқ парчланади.

1.5.4. Моноэтанолламин ёрдамида тозалашнинг технологик схемалари

Газларни углерод диоксиддан тозалаш жараёнида, юкорида қайд этилганлардан ташқари, қўшимча реакциялар ҳам бир вақтда кечади ва у аминлар йўқотилишига олиб келади. Ҳосил бўлган бирикмалар оддий усулда регенерация бўлмайди. Шунини алоҳида таъкидлаш лозимки, уларнинг айримлари коррозия фаол бўлиб, қурилма ва труба қувурларнинг емирилишига сабабчи бўлади.

Маълумки, моноэтанолламин коррозия фаол модда эмас, балки коррозия ингибитори вазифаси ўтайди, яъни темир девор юзасида химояловчи юпка катлам ҳосил қилади. Ушбу хосса ДЭА ва ТЭА ларга ҳам тааллуқлидир. Аммо МЭА нинг айланиш маҳсулотлари эритмада йиғилиб бориши билан коррозияни тезлаштирувчи модда вазифасини бажаради.

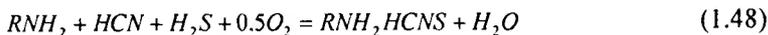
Кўпгина изланишлар шунини кўрсатдики, коррозия тезлиги бошланғич шароит (эритувчи сифати, газдаги кислород концентрацияси ва бошқа) ларга боғлиқ бўлмай, балки иккиламчи жараёнларни тезлаштирувчи, эритмада тўпланиб қолган аралашмалар микдорига тўғридан-тўғри боғлиқдир. Агар эритманинг бир қисмини ҳайдашга олинса, қолган эритмадаги аралашмалар концентрациясининг камайиши туфайли зарарли жараёнларнинг кечиш тезлиги секинлашади.

Газ таркибида олтингугурт бирикмаларининг мавжудлиги моноэтанолламиннинг кимёвий йўқотилишлари салмоқли бўлишига олиб келади. Масалан, газдаги углероднинг олтингугурт оксиди МЭА билан ўзаро таъсир этиб 2-оксазолон ва водород сульфид ҳосил қилади.

Газ таркибида кислород бўлса, водород сульфид моноэтанолламин билан ўзаро таъсир этиб моноэтанолламин тиосульфат ҳосил қилади ва унинг тўпланиши эритувчининг абсорбцион сифатини кескин пасайтиради. Ишқор ва сода моноэтанолламин тиосульфатни парчалайди ҳамда бунда эркин аминлар ажраб чиқади.

Бошланғич (айниқса, кокс) газ таркибида чумоли кислота, цианли водород ва бошқа аралашмалар бўлиши мумкин.

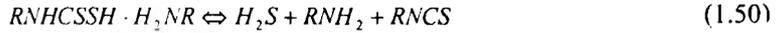
Цианли водород, водород сульфид ва кислород МЭА билан бирга моноэтанолламин роданидини ҳосил қилади:



Моноэтанолламин ва водород сульфиди ўзаро таъсири этиши туфайли, аввал N-этилолдитокарбамин кислотанинг моноэтанолламинли тузи:



парчаланани ҳамда изотиоцикли кислота ва водород сульфидлар эфирлари ҳосил бўлади:

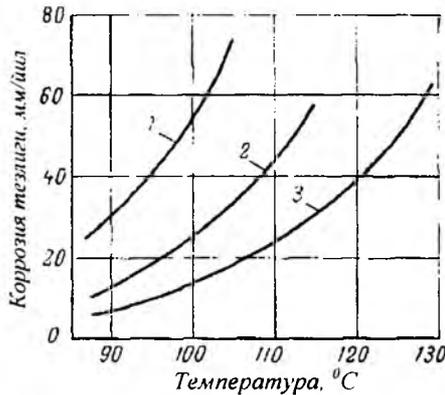


Температура таъсирида барпо бўлаётган бирикмалар МЭА ҳосил қилиб қисман парчаланани. лекин аминларнинг чиқиши 45% дан ошмайди.

МЭА эритмада тўпланиб ва йўқотилишига сабабчи бўладиган аралашмаларнинг яна бир манбаи – эритма тайёрлаш учун ишлатиладиган сув, яъни унинг таркибидаги каттиклик тузлари ва бошқалар.

Эритмалар коррозия фаоллигининг ўсиши уларнинг ранги (рангсиздан қорагача), қумоли кислота ионларининг қовушқоклиги ва концентрацияларининг кўпайиши билан белгиланади.

Углеродли пўлатнинг МЭА эритмаларидаги коррозия тезлигининг температура ва CO_2 концентрациясига боғлиқлиги 1.12-расмда кўрсатилган. Изланишлар натижасида Ст.3 нинг коррозия тезлиги X18H10T легирланган пўлатникига қараганда 100 баробарга юқоридир. Ундан ташқари, легирланган пўлат билан бирлашган жойида углеродли пўлатнинг коррозияси кескин ортиб кетади.



1.12-расм. Углеродли пўлатнинг МЭА эритмаларидаги коррозия тезлигининг температура ва CO_2 концентрациясига боғлиқлиги:

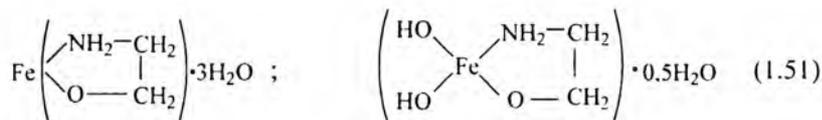
1 – 0.43 моль CO_2 /моль МЭА, 2 – 0.37 моль CO_2 /моль МЭА, 3 – 0.35 моль CO_2 /моль МЭА.

Коррозия дарз кетиш ва кристалларо коррозияга 0X21H6M21 маркали пўлатнинг бардошлиги энг юқори. Ноқулай шароитларда эксплуатация қилиш ва коррозияга нисбатан махсус чоралар кўрилмаганда, коррозия фожияли тус олиши мумкин, яъни 5...6 ой ичида 100°C дан юқори температурада ишлаётган ҳамма қурилма ва машиналарни ишдан чиқариши мумкин.

Эрозия-коррозия эмирилишга ҳаттоки атроф-муҳит температурасида суюқлик билан контактда бўлган қурилма ва машиналар ҳам дучор бўлади.

Коррозия кечиш механизми жуда мураккаб. Юқори температураларда металл темир ва қарбон кислотаси орасида реакция бориши мумкин ҳамда эрувчан темир бикарбонати ҳосил бўлади. CO_2 ни регенераторда десорбциялаш жараёнида темир бикарбонати эримайди темир қарбонатга айланади ва у қурилма ҳамда труба деворларига ўтириб қолади.

Оксиэтилендиамин ва юқори полиаминлар иссиқ эритмаларда темир билан биргаликда хелат бирикмалар, яъни моноэтаноламиннинг темир билан хелат типидеги мажмуаларни ҳосил қилади:



Ушбу бирикмалар совутилиб водород сульфид билан таъсир этганда чўкмага темир сульфиди тушади. Хелатни ҳосил қилишда қатнашган бошланғич компонент эса регенерация қилинади ва қурилманинг юқори температурали қисмида қайтадан темир билан контактда бўлади. Шундай қилиб, коррозия маҳсулотлари жараён давомида сарфланмайди ва эритмада йиғилади.

Энг кучли коррозияга иссиқлик алмашилиш қурилмалари, яъни қайнатгич, конденсатор, регенератор, иситкич, совуткичлар ҳамда дроссел венти́ллар дучор бўлади.

Регенератор. Коррозияни секинлаштириш учун регенераторнинг тепа қисмига тахминан 5% га яқин бўлган моноэтаноламин флегмасини узатиш керак. Қурилмага кириш жойидаги томчи ушлағич легирланган пўлат симдан тайёрланиши лозим. Ундан ташқари, регенерация жараёнини минимал температура ($<127^\circ\text{C}$) ва босимда ташкил этиш мақсадга мувофиқ.

Қайнатгич. Бундай қурилмаларда углерод диоксидининг десорбцияси (яъни десорбция регенераторда яқунланган бўлиши лозим) кечиши мумкин эмас, чунки қурилма трубаларида эрозия ва коррозия содир бўлади.

Иссиқлик элткич сифатида паст босимли буғ ($0.3\text{--}0.4$ МПа) ни қўллаш мақсадга мувофиқ, лекин девор температураси кўтарилиб кетмаслиги учун температура 150°C дан ошмаслиги даркор. Шунинг учун, буғ температурасини пасайтириш учун қайнатгичга киришдан аввал унга конденсат пурқалиб сепилади. Ундан ташқари, иссиқлик ўтказиш коэффициентини юқори бўлмаслигини таъминлаш керак, чунки интенсив иссиқлик алмашилиш қайнаш жараёнини жадаллаштиради. Интенсив қайнаш эса, ўз навбатида коррозияни кучайтиради.

Труба тешикли панжараларининг маҳаллий ўта кизиб кетмаслиги учун $150\text{--}200$ мм ли эритма қатлами билан копланган бўлиши керак. Эритма циркуляцияси яхши бўлиши ва аралашмалар панжарага чўкинди ҳолатида ўтирмаслиги учун уни қурилма тубидан 150 мм тепарокда ўрнатиш лозим.

Қайнатгичда CO_2 йиғилиб қолиш жойларини бартараф этиш учун эритмани қурилманинг турли қисмларига узатиш керак.

Қайнатгич трубаларини тозалаш қулай бўлиши учун тешикли панжарада квадрат бўйича жойлаштириш мақсадга мувофиқ. Трубаларни жойлаштириш қадами етарли даражада катта, яъни оким тезликлари юқори ва химояловчи юпка қатламни эрозиядан сақлаш имкони бўлиши зарур.

Иситкич. Қурилма эрозияга дучор бўлмаслиги учун суёқ фаза окимининг тезлиги 1 м/с дан ошмаслиги керак.

Иситкич секцияларида эритма қайнаш температурасидан юқори температурагача киздирилганда коррозияга учрайди ва CO_2 нинг десорбцияси юз беради. Шунинг учун иситкич секцияларида эритмани қайнаш температурасидан юқори температурагача иситиш ман этилади ёки иситкич секцияларини легирланган пўлатдан яшаш керак. Иситкич трубаларини тозалаш жараёнини осонлаштириш учун иссиқ эритмани труба ичига йўналтириш даркор, чунки эритма совутилганда аралашмаларнинг эрувчанлиги камаяди ва улар чўкмага тушади. Одатда, чўкма коллоид типда бўлиб, трубалар юзасига ўтириб қолади ва қурилма каналларининг тикилишига сабабчи бўлади.

Коррозияга қарши курашнинг энг самарали усулларида бири деворда коррозия бардош юпка қатлам ҳосил қилишдир. Бунинг учун узок муддат давомида системани киздирилган $0,5\%$ ли моноэтаноламиннинг сувли эритмаси окими билан интенсив циркуляцияли ювиш керак. Ундан ташқари, коррозияни сусайтириш учун коррозия ингибиторларидан фойдаланиш мумкин.

Газларни тозалаш учун МЭА сувли эритмаларидан ташқари бошқа аминлар ҳам ишлатилади. Бундай усуллардан бири гликолдаги моноэтаноламин ва бошқа этаноламинлар эритмалари ёрдамида газларни тозалашдир. Ушбу усул асосан табиий газларни бир вақтда тозалаш ва қуритиш учун қўлланилади. Лекин регенерация жараёни МЭА га караганда, нисбатан юкори (150°C) температураларда ўтказилади.

Диэтиленгликол (ДЭГ) даги моноэтаноламиннинг ишчи эритмаси ушбу таркибга эга: МЭА – 10...30%; ДЭГ – 45...85%; H_2O – 5...25%. Гликоламинлар ёрдамида тозалаш жараёнида коррозия нисбатан кичик тезликларда боради. Ундан ташқари, этаноламинлар эритмасига CO_2 ва H_2S ларни ютувчи моддаларни: аммоний тузлари, мис оксиди, хлорли кальций, мис формиати, минерал мойлар, калий фосфати ва бошқаларни қўшиш тавсия этилади.

Юкори микдорда H_2S бўлган газларни диэтанолламин иштирокида тозалаш мумкин. МЭА га нисбатан ДЭА нинг афзаллиги шундаки, углероднинг олтингугурт оксиди билан ўзаро таъсирида инерт ва бирикма ҳосил қилмайди.

Газларни CO_2 дан тозалашда ТЭА эритмалари ҳам кенг қўламда қўлланилади. Ушбу усулни газдаги CO_2 нинг парциал босими юкори ($>0,3$ МПа) бўлганда ишлатиш мумкин. Бундай шароитларда ТЭА ва МЭА ларнинг ютиш қобиляти бир хил. ТЭА нинг коррозия фаоллиги пастрок. шу сабабли газларни тозалашда унинг ютиш қобилятидан тўлиқроқ фойдаланилади.

Газларни тозалаш учун юкорида кайд этилганлардан ташқари моноизопропаноламин, диизопропаноламин, 2-метилэтаноламин, 2-этилэтаноламинлар ҳам қўлланилади.

Метилдиэтанолламин (МДЭА) нинг афзалликлари унинг водород сульфидга нисбатан катта селективликка эга хемосорбент ва нисбий мўътадилликка эга. МДЭА ва ТЭА ларни МЭА караганда концентрацияси юкорирок ($<30\%$) эритмаларда қўллаш мумкин.

Газларни H_2S ва CO_2 лардан тозалашда МЭА нинг ўрнига дигликоламин (ДГА) эритмасини ишлатиш мумкин. Масалан, 0,6 МПа босим остида таркибида 2% гача H_2S ва 7% CO_2 бўлган газни тозалашда жараёнга сарфланадиган иссиқлик микдорини 10...15% га тежашга эришилди. ДГА эритмасининг адсорбцион сиғими 20% ли МЭА никига караганда 40% га кўп. Ундан ташқари, ушбу эритувчининг тўйинган буғларининг босими МЭА никига нисбатан пастрок. Қўшимча реакция маҳсулотларидан ДГА қайта тиклаб ажратиш 50% ни ташкил этади.

Юкорида кайд этилганлар билан бирга МЭА иштирокида тозалашнинг комбинациялашган технологик схемалари мавжуд.

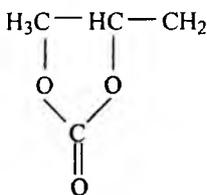
Газларни H_2S ва CO_2 лардан аммиакли сув, карбонат эритмалари, углерод диоксиддан тўлиқ тозалаш учун ишқорли эритмалар ва иссиқ поташ ҳамда мишяк-поташли эритмалар ёрдамида тозалашда қўлланилади.

1.6. Органик эритувчилар билан физик абсорбциялаш

Газларни водород сульфид ва углерод диоксиддан хемосорбент ёрдамида абсорбциялаб тозалаш камчиликлардан ҳоли эмас. Агар углерод диоксиднинг концентрацияси ортиши билан жараёнда сарфланаётган иссиқлик микдори кўпаяди. Маълумки, кимё, нефть ва нефть-газни қайта ишлаш саноатларининг кўпчилик технологик жараёнлари нисбатан юкори босимларда кечади. Шунинг учун, охириги пайтда нордон газларни органик эритувчилар ёрдамида физик абсорбциялашни қўллаш жадал суръатлар билан ривожланмоқда. Бундай жараёнлар табиий газларни водород сульфид ҳамда углерод диоксиддан тозалаш юкори самара беради ва уни кенг қўламда қўллаш тавсия этилади.

1.6.1. Атроф-мухит температурасида газларни тозалаш

Физик абсорбция жараёнларининг бири **Флюор жараён** деб ном олди. Бунда, абсорбент сифатида пропиленкарбонат, триацетат глицерини, бутоксиэтиленгликолацетат ва метокситриэтиленгликолацетатлар ишлатилади. Ушбу компонентларнинг энг арзони пропиленкарбонат $C_3H_6O_3$:



(1.52)

Пропиленкарбонат рангсиз, кимёвий мўътадил суюклик бўлиб, асосий хоссалари 1.11-жадвалда келтирилган.

Пропиленкарбонат $C_3H_6O_3$ хоссалари

1.11-жадвал

№	Кўрсаткич	Қиймат
1.	Температура, °С	
	кайнаш	242
	эриш	-49
2.	Зичлик 20°С да, кг/м ³	1200
3.	Синиш коэффициенти, n_D^{20}	1.4209
4.	Ковушқоқлик коэффициенти 18°С да, сст	6,64
5.	Тўйинган буглар босими 27°С да, мм.смм.уст	0,005

Табиий газларни CO_2 дан пропиленкарбонат ёрдамида абсорбциялашда углерод диоксидининг эрувчанлиги CO_2 ни сувда эришига караганда 3 ва ундан ортик маротаба юкори эканлиги унинг афзаллигини намоён килади. Водород сульфиднинг эрувчанлиги углерод диоксидига караганда 3 баробар кўп.

Ушбу жараённинг асосий афзаллиги шундаки, десорбция жараёни факат босимни пасайтириш ҳисобига кечади, шунинг учун энергия сарфи кам ва у факат абсорбентни узатиш учун сарфланади. Бундай десорбция усулини газдаги углерод диоксидининг парциал босими жуда юкори бўлганда амалга ошириш мумкин.

Табиий газдаги CO_2 нинг парциал босими 0,4...0,7 МПа дан ва унинг концентрацияси тозаланган газда 1...3% ошмагандагина Флюор жараён иктисодий жиҳатдан самарадор бўлади. Ушбу жараён CO_2 ва H_2S лардан тозалашда ҳам юкори натижа беради.

Газларни CO_2 ва H_2S лардан тозалашда бошқа органик эритувчиларни ҳам қўллаш мумкин. Масалан, моно- ёки полиэтиленгликол эфирлари, три-*n*-бутилфосфат, метилдиметоксиацетат, метилацетоацетат ва уларнинг аралашмалари ҳамда этиленкарбонатнинг пропиленкарбонат ва бошқа эритувчилар билан аралашмаларини газларни углерод диоксида ва водород сульфиддан тозалаш учун қўллаш мумкин.

Пропиленкарбонат билан газларни оддий температураларда тозалашнинг энг асосий камчилиги абсорбентни узатиш учун энергия сарфи жуда катта, чунки пропиленкарбонатнинг ютиш қобиляти нисбатан паст.

1.6.2. Совуқ метанол ёрдамида тозалаш

Газларни CO_2 дан совуқ метанол ёрдамида тозалаш (**Ректизол жараёни**) нинг асосий афзаллиги шундаки, температура пасайиши билан углерод диоксидининг эрувчанлиги кескин равишда ортади. Температура пасайиши билан водороднинг

эрувчанлиги камаяди (углерод диоксиди эрувчанлигига нисбатан), эритувчининг селективлиги эса ушбу шароитларда кўпайиши керак.

Маълумки, десорбция жараёни температурасини оширгандан кўра, абсорбция жараёни температураси T_e ни пасайтириб зарур тозалаш даражасига эришиш осонроқ. Агар $T_p \rightarrow \infty$ бўлганда ҳам,

$$y_{2e} \frac{P_{2p}}{P} - \frac{\Delta H}{2,3R \cdot T_e} \neq 0 \quad (1.53)$$

Абсорбция температураси қанчалик паст бўлса, шунчалик $T_e - T_p$ нинг фарқи кам бўлган шароитда зарур тозалаш даражасига эришса бўлади.

Паст температураларда абсорбция жараёнини ташкил этиш, фойдаланиш мумкин бўлган абсорбентлар қаторини оширади. Натижада, жуда арзон абсорбентлардан фойдаланиш имконияти туғилади. Маълумки, паст температураларда айрим абсорбентлар тўйинган буғларининг босими юкори бўлгани учун оддий температураларда ишлатиб бўлмайди.

Температура -60°C да CO_2 нинг ацетат, углеводородлар ва уларнинг галоид ҳосилаларидаги эрувчанлиги Генри қонунига бўйсунмайди ва ушбу формула ёрдамида ҳисобланиши мумкин:

$$RT \ln \frac{f_2}{x_2} = RT \ln K, - Ax_2 \quad (1.54)$$

бу ерда, f_2 – углерод диоксидининг учувчанлиги, МПа; A – босим ва температурага боғлиқ коэффициент, МПа $\cdot\text{м}^2$ (1.12-жадвал)

А коэффициентининг сон қийматлари

1.12-жадвал

Модда	$A \cdot 10^{-3}$	Модда	$A \cdot 10^{-3}$
Метилацетат	-5,87	Этилли йод	29,20
Этилацетат	-6,40	Толуол	26,00
<i>n</i> -пропилацетат	-7,07	Этилбензол	34,40
Изобутилацетат	-13,05	<i>n</i> -гексан	8,40
Хлороформ	-23,20	<i>n</i> -гептан	32,40

Бир хил шароитда водород сульфиднинг эрувчанлиги углерод диоксидиникига қараганда 5...6 баробар катта бўлгани учун газларни селектив ажратиш мумкин. Агар эритмадаги водород сульфиднинг улуши 0,1 дан кам бўлса, унинг эрувчанлиги Генри қонуни билан ифодаланadi. Қуйидаги 1.13-жадвалда Генри коэффициентининг сон қийматлари келтирилган.

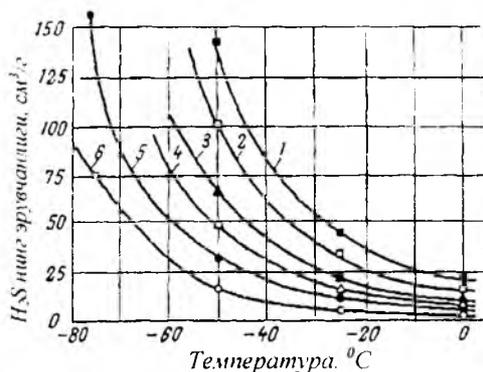
Водород сульфиднинг метанолдаги эритмаси учун Генри коэффициентлари

1.13-жадвал

№	Температура, °C	$K_2 = P/x$ мм.с.м.уст./моль улуш
1.	0	14600
2.	-25,6	6600
3.	-50,0	2350
4.	-78,5	500

1.13-расмда водород сульфиднинг метанолда эрувчанлигининг турли температура ва парциал босимлардаги сон қийматлари келтирилган.

Эритмада углерод диоксидининг мавжудлиги водород сульфид эрувчанлигини 10...15% камайтиради. Бир хил шароитда водород сульфиднинг абсорбция тезлиги углерод диоксиди абсорбция тезлигига қараганда 10 ва ундан ортиқ баробар кўп бўлади. Водород сульфиднинг концентрацияси нисбатан кичик бўлгани учун, жараёни секинлаштирувчи омил бўлиб CO_2 ни абсорбциялаш ҳисобланади.



1.13-расм. Водород сульфиднинг метанолда эрувчанлигининг температурага боғликлиги:

1 – $p_{H_2S}=400$ мм с.м. уст.; 2 – $p_{H_2S}=300$ мм с.м. уст.; 3 – $p_{H_2S}=200$ мм с.м. уст.;
4 – $p_{H_2S}=150$ мм с.м. уст.; 5 – $p_{H_2S}=100$ мм с.м. уст.; 6 – $p_{H_2S}=50$ мм с.м. уст.

Ректизол жараёнидаги энергия сарфи атроф-мухитга совуклик йўқотилиш, абсорбентни узатиш, вакуум ҳосил қилиш, сув буги ва углерод диоксидини абсорбциялаш каби энергия сарфларининг йигиндисидан тенг. Ушбу жараёнда асосий энергия сарфи углерод диоксидини абсорбциялашдаги реакция иссиқлигини ажратиб олишга кетади. Лекин энергиянинг салмокли қисми CO_2 ни десорбциялашда компенсация бўлади. Шу билан бирга, CO_2 нинг бошқа қисми атроф-мухит температурасидан юкори температурагача киздирилганда десорбцияланади. Шу сабабли, CO_2 ни десорбциялаш совуқлигининг ф.и.к. 60...70% дан ошмайди. Охиригача рекуперация бўлмаслик ва атроф-мухитга йўқотилишлар умумий энергия сарфининг 10% ни, вакуум ҳосил қилишга эса 5% дан кам миқдорини ташкил этади.

Сувли ва моноэтаноламинли ҳамда ректизол жараёнлари учун сарф коэффициентларининг тахминий қийматлари 1.14-жадвалда келтирилган.

1000 м³ газ учун сарф коэффициентлари

1.14-жадвал

№	Сарф бандлари	Ректизол жараёни	МЭЛ тозалаш	Сув-ишкорли тозалаш
1	Электр энергия, кВт соат	28	10	70
2	Сув, м ³	7	25	7,5
3	Буг, кг	32	1200	49
4	Метанол, кг	0,4	-	-
5	Моноэтаноламин, кг	-	0,07	-
6	Кальций оксиди (100%), кг	-	-	228
7	Кальцинацияланган сода (100%), кг	-	-	4,3
8	Фойдали газлар йўқотилиши, м ³	3	-	30

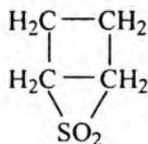
Шундай қилиб, Ректизол жараёни иктисодий жиҳатдан тежамкор бўлишига қарамай, технологик схема жуда қўпол камчиликка эга. Ушбу усулни газ таркибида турли хилдаги аралашмалар миқдори кўп бўлганда қўллаш мақсадга мувофиқдир.

1.7. Сульфинол жараёни

Ушбу усулда табиий газни углерод диоксиди ва водород сульфиддан тозалаш учун қўлланилади. Жараёнинг асосида иккита эритувчи бир-бирига қўшиб, иккала компонентларнинг ижобий хоссаларини мужассам қилган янги ютувчи ҳосил қилиш ётибди.

Сульфинол жараёнида абсорбент сифатида CO_2 тетрагидротииофен ёки циклотетраметиленсулфон (сулфолан) даги алканоламин эритмаси ишлатилади. Сулфолан SO_2 ни бутадииен билан таъсир эттириб олинади ва сўнг сулфолан сулфоланга гидрирланади.

Сулфолан $C_4H_8SO_2$ кўринишдаги формула билан ифодаланади:



(1.55)

Унинг кайнаш температураси 285...288°C, эриш температураси 8...10°C, зичлиги $d=1,2723$, синиш кўрсаткичи $n_D^{20}=1,4833$. У кимёвий тургун, юкори кутбли бирикма бўлиб, кўпчилик органик моддалар (ароматик бирикмалар ва полимерлар)нинг яхши эритувчисидир.

Бошка компонент сифатида моноэтаноламин ёки диэтаноламин, лекин энг яхши бўлиб диизопропаноламин ҳисобланади. Абсорбентнинг тахминий таркиби: диэтаноламин 30%, сульфолан 64% ва сув 6%.

Газларни тозалашда аралаш эритувчиларнинг афзаллиги шундаки, паст (аминлар эритмасида) ва катта (сульфоланда) парциал босимларда CO_2 ва H_2S лар юкори эрувчанликка эга.

Абсорбентнинг яна бир афзаллиги газларни бир вақтнинг ўзида ҳам меркаптан ва ҳам H_2S лардан юкори даражада тозалайди. Меркаптанларни ажратиби олиш қобилияти 95% ва абсорбент йўқотилмайди.

Маълумки, МЭА эритмасида CO_2 ни абсорбциялаш тезлиги суюклик юпка қатламидаги диффузия билан чегараланади, айниқса тўйинишга етмаган шароитларда. Ўз навбатида, суюклик юпка қатламидаги диффузия тезлиги унда газ фазасининг физик эрувчанлигига боғлиқ, яъни ушбу эрувчанлик канчалик юкори бўлса, диффузияни ҳаракатга келтирувчи куч шунчалик катта бўлади. Демак, физик эрувчанлик ортиши билан абсорбция жараёнининг умумий тезлиги кўпаяди.

Абсорберларнинг МЭА ва Сульфинол жараёнларда ишлаш кўрсаткичлари

1.15-жадвал

№	Кўрсаткич	МЭА да тозалаш	Сульфинол жараёни	
			1-режим	2-режим
1.	Сарф, м ³ /соат	24700	35800	35800
	газники			
	суюкликники	64,2	71,5	76
2.	Тўйинган эритмада нордон газлар концентрацияси, м ³ /м ³	33,5	45	42,5
3.	Чиқишда газдаги H_2S микдори, см ³ /м ³	<200	130	<20

Газларни МЭА ёрдамида тозалаш ўрнига Сульфинол жараёнини қўллаш газ бўйича сарфни 1,5 баробар ошириш имконини беради. Бунда, абсорбер унумдорлигини кўтариш мумкин, лекин регенератор нормал ишлаши учун унинг диаметри 1,5 маротаба кўпайтирилди. Қолган қурилмалар: иситкич, совуткич, омборхона, эритма тайёрлаш бўлимлари Сульфинол жараёнида ўзгариш киритмасдан ишлатиши мумкин.

Абсорбент регенерацияси 65°C температурада ўтказилади.

Газларни тозалашда Сульфинол жараёнини қўллаш МЭА нисбатан буг сарфини 2...2,5 баробар ва поташнинг исик эритмасида тозалашга нисбатан эса 10% га тежаш имконини беради. Ундан ташқари, циркуляция қилаётган абсорбент микдори камаяди. Сульфинол жараёнда ишлатиладиган абсорбер ва регенераторга оддий насадка ёки элаксимон тарелкалар ҳам қўлланиши мумкин.

Сульфинол жараёнига кетадиган капитал сарфлар МЭА ёрдамида тозалашга қараганда 30% га ва поташнинг исик эритмасида тозалашга нисбатан эса 10% кам. Ушбу

жараёнда коррозия тезлиги МЭА ёрдамида тозалашга караганда бир неча баробар кичикдир (1-16 жадвал).

Сульфинол жараёнини ва МЭА ёрдамида тозалаш углеводли пўлат коррозияси

1.16-жадвал

№	Текширилатган бўлак	Коррозия тезлиги, мм/йил	
		сулфинол	МЭА
1.	Абсорбер		
	паст	0,8	0,6
	ўрта	0,9	0,5
	тепа	0,2	0,6
2.	Иситкич	3,0	13
3.	Регенератор (тепаси)	0,1	0,6
4.	Кайнатгич	0,3	4,2
5.	Кайнатгич трубалари	14,4	125

Сульфинол жараёнига полиэтиленгликолниң диметил эфири ва диизопропаноламинлар аралашмаси билан тозалаш ўхшайди ва унда 1 кг нордон газларга ~0,5 кг буг сарфланади.

1.8. Углерод диоксиддан тозалашнинг комбинациялашган схемалари

Ҳозирги кунда CO_2 ва H_2S лардан тозалашнинг турли хил усуллари яратилган. Кўпчилик ҳолларда жараённинг бир нечта схемалари орасидан энг самаралисини танлаш талаб қилинади. Масалан, катта ҳажмдаги CO_2 дан тозалаш талаб этилганда икки ёки уч босқичли схемадан фойдаланиш самаралидир. Шунинг учун, оптимал схемани танлаш учун техник-иктисодий таҳлил қилиш зарур. Саноат микёсида энг кенг тарқалган қуйидаги схемалар мавжуд:

- I. сувли тозалаш + ишқорли тозалаш;
- II. икки босқичли МЭА тозалаш;
- III. бир босқичли МЭА тозалаш+мис аммиакли+ишқорий ёки аммиакли тозалаш;
- IV. бир ёки икки босқичли МЭА тозалаш+ишқорли ёки аммиакли тозалаш;
- V. поташли ёки мишьяк-поташли тозалаш+ишқорли тозалаш.

Юқори даражада тозалаш талаб этилганда технологик схемаларда метанлаш жараёни қўлланилади. Айрим ҳолларда бошқа схемалар ҳам, масалан, пропиленкарбонатли ёки моноэтанолламинли тозалаш қўлланиши мумкин.

Тозалаш схемаси ва усуллари танлашда қуйидаги омиллар инобатга олинади:

–табiiй газлар таркиби, хусусан, CO_2 , H_2S ва органик олтингугурт бирикмаларининг концентрацияси;

–тозаланаётган газ босими;

–талаб этилаётган тозалаш даражаси;

–жараённинг умумий энерготехнологик схемаси.

Энг оддий ва комбинациялашган технологик схемаларни солиштириб чиқамиз:

- 1) МЭА нинг сувли эритмаси;
- 2) ДЭА нинг сувли эритмаси ва кейинги ишқорли тозалаш;
- 3) Поташнинг иссик эритмаси ва кейинги МЭА ёрдамида тозалаш;
- 4) Поташнинг иссик эритмаси ва кейинги ДЭА ёрдамида ва ишқорли тозалаш;
- 5) Сув билан ювиб ва кейин МЭА ёрдамида тозалаш.

1.17-жадвал тўртта комбинациялашган схемаларнинг техник-иктисодий баҳолаш натижалари келтирилган.

№	Кўрсаткич	Схемалар			
		I	II	III	IV
1.	Капитал сарфлар, минималга нисбатан %	105	100	115	150
2.	Электр энергия, кВт соат	250	255	270	300
3.	Буг, т/соат	22,7	10	8,6	8,6
4.	Совитиш учун сув, м ³ /соат	1000	240	59	680
5.	Ишқор, кг/соат	13,6	-	-	13,5
6.	Оҳак, кг/соат	-	90	-	-

Газларни CO_2 дан тозалаш натижасида концентрация 16,5% дан 10 см³/м³ гача камаяди. Схема I, яъни МЭА ёрдамида тозалашда <150 см³/м³, ишқорли тозалашда <10 см³/м³. Схема II, яъни мишяк-поташли тозалашда <1000 см³/м³, ишқорли тозалашда <10 см³/м³. Схема III, яъни мишяк-поташли тозалашда <5000 см³/м³, МЭА ёрдамида тозалашда <40 см³/м³ ва ишқорли тозалашда <10 см³/м³. Схема IV, яъни сувли тозалашда <4% CO_2 , МЭА ёрдамида тозалашда <40 см³/м³ ва ишқорли тозалашда <10 см³/м³.

1.9. Газларни H_2S дан тозалаш

Табиий газ, кокс, генератор ва ёнувчи газлар олтингургурт бирикмаларидан тозаланиши керак. Табиий газ ва саноат газларида олтингургуртнинг миқдори жуда кенг ораликда (2...40 г/м³) ўзгаради ва газни олиш усули ва хом-ашё сифатига боғлиқ.

Технологик газ таркибидаги олтингургурт бирикмалари *зарарли аралашмалар* деб ҳисобланади. Уларнинг газда мавжудлиги қурилма ва труба қувурларини коррозия эмиришга, катализаторларни ишдан чиқаришга, маҳсулот сифатини пасайтиришга ва атроф-муҳитни ифлослантиришга олиб келади. Шу сабабли, газларни қайта ишлашдан аввал олтингургуртдан тозалаш даркор.

Ёқилғи газларини водород сульфиддан икки хил, яъни қурук ва суюқлик усулларида тозалаш мумкин.

Қурук усул – бу фаолланган қўмир ва бошқа фаол кисми мис, рух, темир оксид асосли каттик ютувчи адсорбентларда тозалаш.

Суюқлик билан ювиб тозалаш (абсорбцион) усули – бу ютувчи адсорбент сифатида суюқлик ва унинг эритмалари ёрдамида тозалаш.

Газларни тозалаш усулини танлаш унинг миқдори ва таркиби ҳамда уни тозалаш даражасига қўйилган талабларга боғлиқ. Газларни водород сульфиддан қурук усулда тозалаш концентрацияси нисбатан юқори (6...12 г/м³) бўлмаганда, суюқлик билан ювиб тозалаш (абсорбцион) усули эса – водород сульфид концентрацияси 20...40 г/м³ дан паст ҳолларда қўлланилади.

1.9.1. Газларни H_2S дан тозалашнинг қурук усуллари

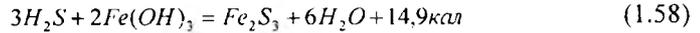
Ушбу усулнинг энг асосий афзаллиги шундаки, у селектив ва юқори даражада тозалашни таъминлайди. Ундан ташқари, бу усулда газни водород сульфиддан тозалаганда, углерод диоксиди жараёнга салбий таъсир этмайди ва газ ундан тозаланмайди. Газларни ютиш усулида тозалаш олтингургурт бирикмаларининг каттик ютувчи (адсорбент) билан ўзаро тўқнашиши туфайли содир бўлади.

Темир оксид асосли адсорбентда тозалаш. Ушбу усулда тозалаш қуйидаги реакциялар бўйича кечади:



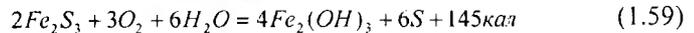
(1.56) ва (1.57) тенгламалар ҳақиқий жараён механизмини бирмунча соддалашган кўриниши, чунки шароитга қараб кўпгина бошқа реакциялар ҳам кечиши мумкин. Темир оксиди олтингугурт билан буткул тўйингандан сўнг уни қуйдириш йўли билан ажратиб олинади ва ҳосил бўлган олтингугурт ангидриди сульфат кислота ишлаб чиқаришга йўналтирилади.

Водород сульфидни ютиш реакцияси тезлиги темир оксиди юзасининг газ билан ювилиб туришнинг қулайлигига, яъни адсорбент ғоваклилигига, боғлиқ. $Fe_2S_3 \cdot H_2O$ нинг моль ҳажми $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ нинг ҳажмидан катта бўлгани учун адсорбент ғоваклилиги 50% дан кам бўлмаслиги керак. Водород сульфид адсорбентнинг фаол қисми темир гидрооксиди билан ютилади:



Газни водород сульфиддан тозалашнинг оптимал шароитлари: температура 28...30°C; намлик <30%.

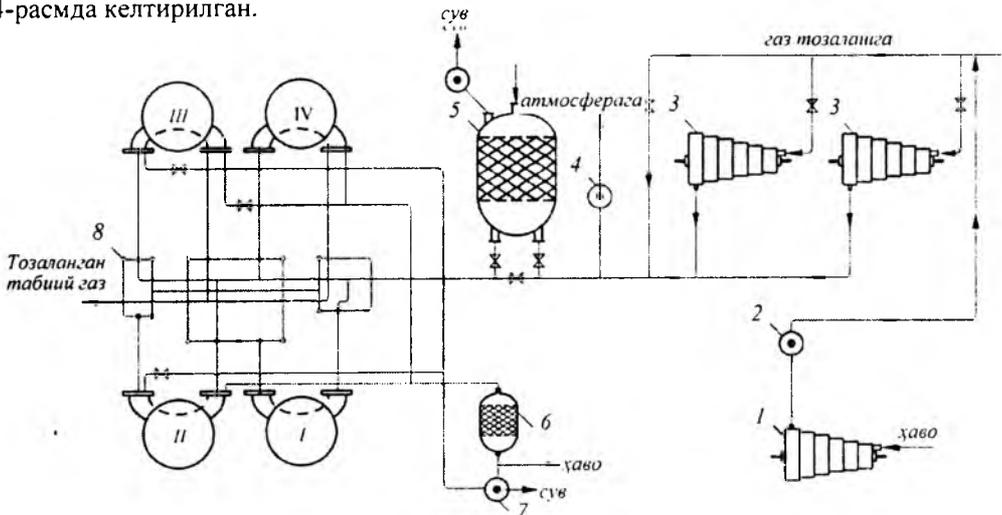
Тўйинган адсорбент массаси ҳаво таркибидаги кислород ва сув буги иштирокида қайта тикланади. Бунда, темир гидрооксидга айланади ва элементар олтингугурт ажралиб чиқади, сўнг аста-секин тозаланаётган массага чўкиб ўтира бошлайди:



Қайта тиклашга узатилаётган ҳаво (кислород) миқдори айланма газдаги кислород ва температурага қараб ростланади. Агар адсорбентда олтингугурт миқдори 50% га етса, уни тўйинган деб ҳисоблаш мумкин. Бунда олтингугурт аста-секин адсорбент юзасини қоплаб олади ва унга водород сульфид билан масса алмашилишига тўсқинлик қилади. Ишлатиб бўлинган адсорбент қайта тиклаш учун жўнатилади. Қайта тиклашни қуйидаги усулларда амалга ошириш мумкин:

- адсорбентни ҳаво таркибида кислород билан оксидлаш;
- таркибида 2...3% кислород бўлган газ-ҳаво аралашмаси билан пуфлаб тозалаш;
- газ таркибига ҳаво аралаштириб, ҳар доим кислород миқдорини оксидлаш учун назарий жиҳатдан ҳисоблаб топилган миқдордан 1,5 баробар ортиқлигини таъминлаб қайта тиклаш; шуни таъкидлаш лозимки, жараён водород сульфидни ютиш билан бирга содир бўлади.

Газни водород сульфиддан тозалашнинг минора қурилмали технологик схемаси 1.14-расмда келтирилган.



1.14-расм. Газни водород сульфиддан тозалашнинг минора қурилмали технологик схемаси:

- 1-ротацион турбогазодувка, 2-гидравлик зағвор, 3-газодувка, 4-сакловчи клапан,
5-совутовчи скруббер, 6-скруббер, 7-газли гидрогазвор I-IV - тозалаш миноралари

Газларни тозалаш курилмаси кўпинча кетма-кет уланган тўртта курилмадан иборат бўлиб, ҳар бирининг ичида адсорбентнинг бир неча қатлами жойланган. Газ курилмаларга параллел равишда юборилади. Одатда, газни тўлиқ тозалаш учун учта минора етарли, тўртинчи курилма эса назорат учун ўрнатилган бўлади. Газни кириши ва чиқиши ҳамда газ затворлари системаси шундай лойиҳаланганки, исталган вақтда исталган курилмани адсорбентни қайта тиклаш ёки янгисини юклаш учун ўчириш мумкин.

Рух оксид асосли адсорбентда тозалаш. Газ таркибидаги водород сульфидни адсорбент ёрдамида ажратиш жараёнида рух сульфиди ҳосил бўлади:



Температура 400...500°C да жараён қайтмас бўлади. Қуйидаги жадвалда турли температуралардаги мувозанат константалари келтирилган.

t, °C	200	300	400	500	600
K	1,09·10 ⁶	6,5·10 ⁴	9,1·10 ³	2,1·10 ³	7,1·10 ²

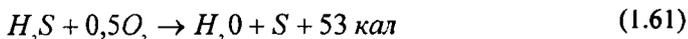
Бу турдаги адсорбентларда фаол рух оксиди майда кристаллардан иборат ва губкасимон, таркиби майда ғовакли (**ZnO** нинг солиштирма юзаси 60...80 м²/г гача) бўлади, яъни фаоллиги ва олтингургурт ютиш кўрсаткичлари юқорилиги билан ажралиб туради.

Турли хом-ашёдан олинган рух оксидининг физик-кимёвий ва адсорбцион хоссалари қуйидаги 1.18-жадвалда берилган.

1.18-жадвал

№	Хом-ашё	Дисперс-лик А	Тўқма зичлик, кг/л		Солиштирма юза, м ² /г	400°C да олтин-гургурт ютиш қобиляти, %
			кукун	таблетка		
1	Рух карбонати	150	0,76	1,5	32,8	32,0
2	Рух гидроксиди	170	1,07	1,7	26,9	21,9
3	Рух оксиди (товар)	1000	1,69	2,0	6,6	1,7
4	Рух оксиди (реактив)	-	0,40	1,8	4,2	4,2

Фаолланган кўмирда тозалаш. Саноат микёсида энг кўп қўлланиладиган жараёнлардан бири бу фаолланган кўмирда оксидлаш йўли билан газларни водород сульфиддан тозалашдир. Жараённинг моҳияти фаолланган кўмир юзасида водород сульфидни элементар олтингургуртгача кислород ёрдамида каталитик оксидлашдир, яъни:



Нормал температурада реакция юқори тезликда кечишини таъминлаш учун тозаланган газга оз миқдорда аммиак (1 м³ га 0,2 г) керак. Аммиакни қўшилиши фаолланган кўмир юзасида талаб этилган ишқорийликни ушлаб туради.

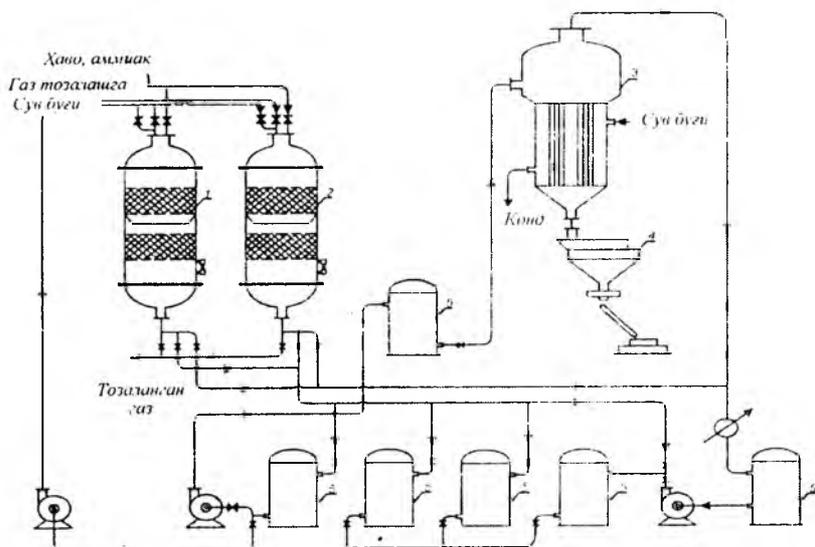
Оксидлаш натижасида олинган элементар олтингургурт фаолланган кўмирда ушланиб қолинади. Унинг юзаси олтингургуртга тўлиши билан газни тозалаш жараёни тўхтайдди. Адсорбцияланган олтингургурт регенерация даврида ажратиб олинади ва фаолланган кўмир яна тозалаш жараёнига яроқли. Регенерация оқибатида фаолланган кўмирнинг дастлабки олтингургурт ютиш бўйича сиғими ва фаоллиги тўлиқ тикланади.

Газларни водород сульфиддан тозалаш кинетикаси фаолланган кўмир табиатига боғлиқ эмас ва ташки диффузион жараёндир.

Адсорбент (фаолланган кўмир) ўлчамларининг кичиклашиши унинг олтингургурт ютиш қобилятини оширади. Шу сабабли, саноат микёсида ўлчами 1...2 мм ли фаолланган кўмир гранулалари ишлатилади.

1.15-расмда табиий газни водород сульфиддан тозалаш технологик схемаси келтирилган.

Газни водород сульфиддан фаолланган кўмир ёрдамида каталитик усулда тозалашнинг темир оксиди ёрдамида тозалашга қараганда бир қатор афзалликлари бор: каталитик усулда газни тозалаш жараёнидаги тезлик Fe_2O_3 ёрдамида тозалашга қараганда 10...15 баробар кўп; фаолланган кўмирни кўп мартаба қайта тиклаш мумкин; қайта тиклаш учун қурилмадан тўқиш зарур эмас; ажратиб олинган олтингугурт юкори даражада тоза бўлгани учун у тайёр маҳсулот. Агар газ таркибида водород сульфиднинг миқдори оз бўлса, фаолланган кўмир гранулаларини вақти-вақти билан қайта тикламасдан қўллаш мумкин. Натижада, технологик схема анча соддалашади.



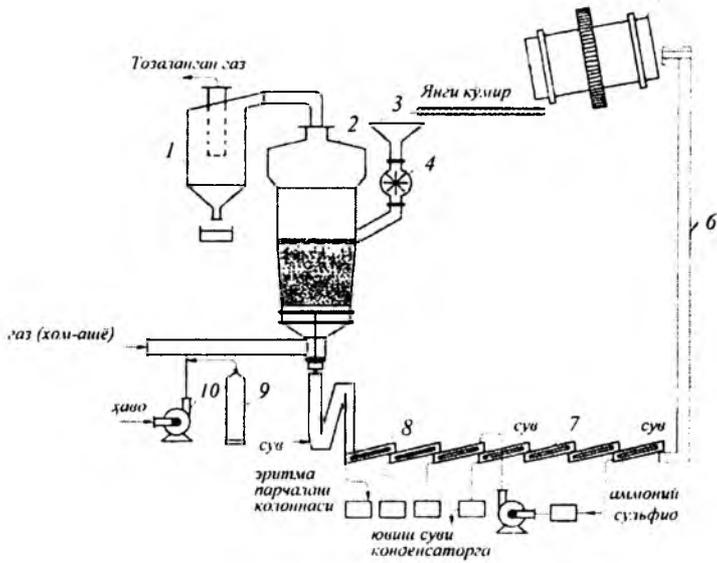
1.15-расм. Табиий газни водород сульфиддан фаолланган кўмирда тозалашнинг технологик схемаси:
1,2-адсорберлар, 3-буглатиш қурилмаси, 4-центрифуга, 5-ийгичлар.

Ишлатиб бўлинган фаолланган кўмир қайта тикланади ёки чиқинди сифатида ташланади. Таркибида углерод диоксида бўлган газларни тозалашда фаолланган кўмирни иштирокида оксидлаш усулини қўллаш карбонат аммоний (углеаммоний) тузлари ҳосил бўлишига олиб келади. Маълумки, бу турдаги тузлар қурилма ва труба қувурларида ўтириб қолади ва тикилишга сабабчи бўлади. Бундай ҳолларда 0,8% ли ишкорнинг сувли эритмаси шимдирилган фаолланган кўмирни қўллаш мақсадга мувофиқ. Ушбу усулда газларни водород сульфиддан тозалаш самарадорлиги нисбатан пастрок, лекин эксплуатацияда соддалиги билан ажралиб туради.

Юкорида қайд этилган усулнинг камчиликлари газларни водород сульфиддан фаолланган кўмирли мавҳум қайнаш қатламида тозалаш технологик схемасида бартараф қилинган (1.16-расм).

Ушбу технологияни қўллаш, тозалаш қурилмалари унумдорлигининг 6...8 баробар ортишига, жараён узлуксизга айланади ва уни автоматлаштириш имконияти пайдо бўлади. Мавҳум қайнаш жараёни интенсив бўлгани учун реакция иссиқлигини ажратиб олиш осонлашади ва оқибатда водород сульфид миқдори юкори бўлган газларни ҳам тозалаш мумкин. Бу усул газларни юкори даражада тозалашни талаб қилмайди, аммо водород сульфиддан тозалангандан сўнг газни фаолланган кўмир қукунидан ажратиш керак.

Цеолитларда тозалаш. Синтетик цеолитлар юкори самарали адсорбентлар каторига қиради. Уларнинг энг асосий хоссаларидан бири – бу улар таркибий тузилишининг алоҳида эканлигидир, яъни ғовақларнинг геометрик бир хиллигидир.

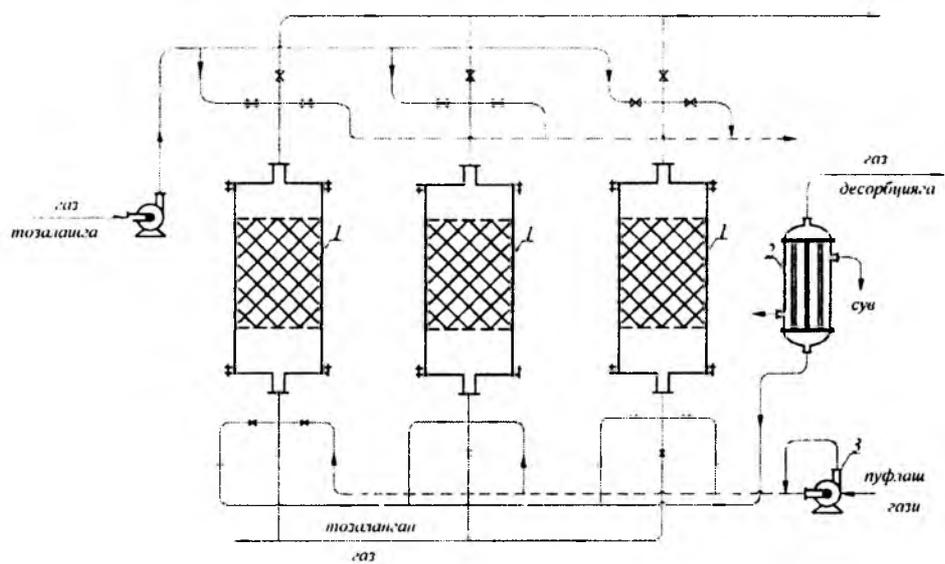


1.16-расм. Газларни водород сульфиддан фаолланган кўмирли мавҳум кайнаш қатламида тозалашнинг технологик схемаси:

1-чанг ушлагич, 2-тозалаш қурилмаси, 3-бункер, 4-таъминлагич, 5-қуриткич, 6-элеватор, 7-ювиш бўлими, 8-олтингурутни экстракция қилиш бўлими, 9-аммиак баллони, 10-турбогазодувка.

Бу турдаги адсорбентлар ютилаётган модда концентрацияси паст бўлганда ҳам селективлиги ва ютиш қобилияти катта бўлади. Шу сабабли, ушбу жараён газларни ажратиш, тозалаш ва қисман қуритиш учун тавсия этилади.

Синтетик цеолитлар ёрдамида газларни тозалаш технологик схемаси 1.17-расмда кўрсатилган. Кўпчилик цеолитларнинг водород сульфид бўйича адсорбцион сизими 12...14% бўлиб, концентрацияси паст бўлган газларни ҳам тозалашда самарадорлиги юкори.



1.17-расм. Синтетик цеолитлар ёрдамида газларни тозалаш технологик схемаси:

1-адсорберлар, 2-иссиқлик алмашиши қурилмаси, 3- компрессорлар.

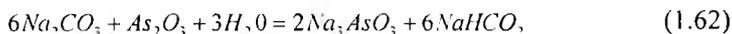
Тозаланаётган газ синтетик цеолитли ҳар бир колоннадан ўтишда, цеолитни тўлик тўйинишига эришилади. Цеолитни қайта тиклаш учун уни 315°C температурада

олтингургурт икки оксиди муҳитида олиб борилади. Адсорбент бунда катализатор вазифасини ўтайди ва регенерация жараёнида элементар олтингургурт ва сув ҳосил бўлади. Регенерация колоннасида чиккан олтингургурт буглари конденсацияланади ва учдан бир қисми олтингургурт икки оксидигача ёндирилади.

1.9.2. Газларни H_2S дан тозалашнинг абсорбцион усуллари

Газларни тозалаш учун қуйидаги ютувчи эритма (абсорбент) лар: аммиак ва нордон карбонат тузлари, мишяк-аммиакли ва мишяк-содали, этаноламин эритмалар ҳам водород сульфид ва углерод диоксидидан тозалаш учун қўлланилади. Паст температурали абсорбция жараёнида органик эритмалар ёрдамида газларни водород сульфид, углерод диоксиди ва органик олтингургуртлардан тозалаш мумкин. Кўпчилик ҳолларда абсорбцион усулда бир вақтнинг ўзида бирданга ҳам водород сульфид, ҳам углерод диоксидидан тозалашга эришилади. Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, ишкорий металл тузларининг сувли эритмалари иштирокида водород сульфид CO_2 га караганда тезроқ ютилади. Водород сульфид тўлик ютилиши 85...95% ни ташкил этади.

Газларни водород сульфиддан тозалашнинг мишяк-содали усули. Ушбу усул ёрдамида 90...98% олтингургуртни ажратиб олиш мумкин. Абсорбент сифатида Na_3AsS_3O эритмаси ишлатилади. Бу эритма ок мишяк ва кальцинацияланган содаларни ўзаро таъсирида ҳосил бўлади:



Сўнг, скрубберда водород сульфид билан ювилади:



Ундан кейин ҳаво билан пуфланади:



Жараён бошида ҳосил бўлган Na_3AsS_3 туз ҳаво билан пуфлангандан сўнг қуйидаги Na_3AsS_3O тузга айланади. Ушбу тузнинг эритмаси абсорбент бўлади.

Водород сульфиддан тозалаш узатилаётган газ скрубберда абсорбент ёрдамида ювилади. Эритма ва водород сульфидларнинг ўзаро таъсир оқибатида кислород ўрнига олтингургурт қиради ва натрий тиоарсенат ҳосил бўлади:



Олтингургуртни ютган эритма скруббердан регенераторга узатилади ва унда сикилган ҳаво билан пуфланади ҳамда ушбу реакция кечади:



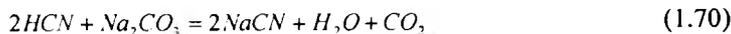
Регенерация қилинган эритма абсорбцияга қайтарилади. Асосий реакциядан ташқари қўшимча реакциялар ҳам содир бўлади. Ортикча ишкор муҳитида водород сульфид ютилиши оқибатида натрий гидросульфиди ҳосил бўлади:



Сўнг, регенерация жараёнида ҳаво кислороди билан оксидланади ва гипосульфит ҳосил бўлади:



Газ таркибида водород цианид бўлса, эритма билан боғланади ва роданли натрий ҳосил бўлади:



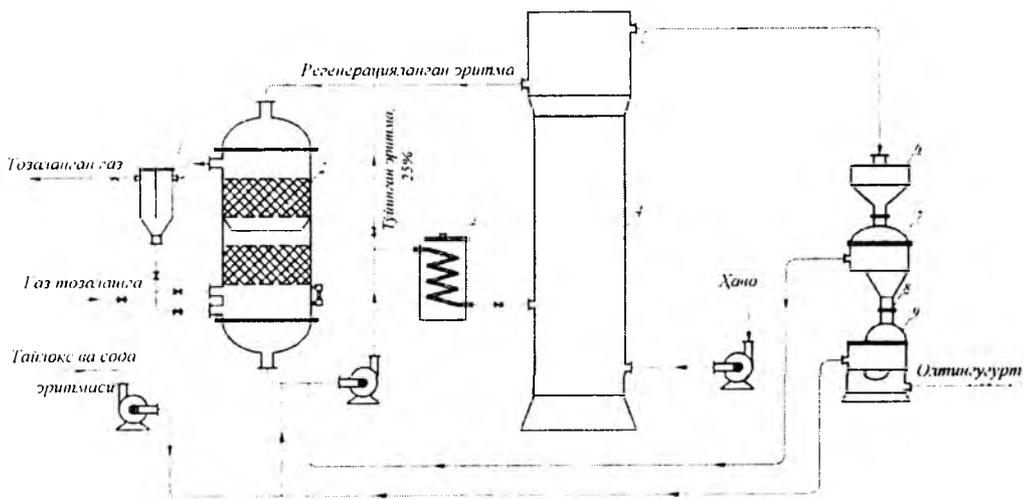
Эритма таркибида мишяк микдори ортикча бўлиши керак, чунки у нафакат водород сульфидни абсорбция қилиш тезлигини оширибгина қолмай, балки жараён турғунлигини оширади ва қурилма коррозиясини пасайтиради.

Таркибида 10 г/м^3 гача водород сульфид бўлган газларни тозалаш учун эритмадаги мишяк микдори $5...10 \text{ г/л}$, концентрацияси юқорирок газлар учун эса - $10...20 \text{ г/л}$ бўлиши тавсия этилади.

Қўшимча реакциялар туфайли ишчи эритмада натрий гипосульфидлари йиғилиб қолади ва унинг зичлиги ва ковшокклиги ортади. Шунинг учун, бир қисм эритма узлуксиз равишда циклдан чиқариб олинади ва сульфат кислота билан нейтралзация қилинади. Чўкмага тушадиган As_2S_5 ва As_2S_3 лар ишқорда эритилади ва циклга қайтадан узатилади.

Таркибида HCN бирикмаси бўлган газларни тозалаш жараёнида ажралиб чиқаётган натрий гипосульфид эритмаси роданли бирикмалар билан ифлосланган бўлади. Шунинг сабабли, сифатли ва тоза натрий гипосульфид олиш учун газни дастлаб HCN бирикмасидан тозалаш зарур.

Газларни мишяк-содали тозалаш (*Тайлокс жараёни*) технологияси 1.18-расмда келтирилган.



1.18-расм. Газларни мишяк-содали тозалаш технологик схемаси:

1-намлик ажраткич, 2-абсорбер, 3-эритма иситкич, 4-регенератор, 5-сепаратор, 6-олтингурут кўпигини йиғичи, 7-филтр, 8-бункер, 9-автоклав.

Тозаланадиган газ абсорбер 2 нинг пастки қисмига юборилади ва тепадан пастга ҳаракатланаётган эритма билан ювилади. Абсорбер 2 да тўйинган эритма насос ёрдамида иситкич 3 га ҳайдалади ва $43...45^\circ\text{C}$ да регенератор 4 га узатилади. Бу қурилмада эритма

ва сикилган ҳаво параллел йўналишда ҳаракат қилади ва ўзаро таъсирда бўлади. Бу ерда сикилган ҳаво ҳам элементар олтингургуртни ажратиш, ҳам олтингургурт кўпигини эритма устига сузиб чиқиши учун флотацион элткич вазифасини бажаради. Сепаратор 5 да суюклик сатҳи қуйилиш остонасидан пастрок сатҳда бўлиши таъминланади. Ундан, кўпик кўринишидаги олтингургурт йиғич 6 га оқиб тушади ва коллоид ёки пастасимон олтингургурт олиш учун махсус қайта ишлаш қурилмасига юборилади. Регенерация қилинган эритма абсорбернинг тепа қисмига ўз-ўзидан оқиб тушади. Тайлокс жараёнининг асосий кўрсаткичлари (1 т олтингургуртга) қуйидаги 1.19-жадвалда келтирилган.

1.19-жадвал

№	кўрсаткич	қиймат
1.	Олтингургурт ажратиб олиш даражаси, %	90...98
2.	Олтингургурт чиқиши, %	78...85
3.	Реагентлар сарфи:	
	кальцинацияланган сода	0,3...0,5
	сульфат кислота	0,05...0,06
	оқ мишяк	0.005...0.0065
4.	Буг сарфи, т	6...7
5.	Сув сарфи, м ³	65...70
6.	Электр энергия сарфи, кВт соат	1200...16000
7.	Окова сув миқдори, м ³	
	тоза	80...90
	ифлос	9...10
8.	Гипосульфид чиқиши, т	0,5...0,7

Тайлокс жараёнининг бир неча хил вариантлари ишлаб чиқилган:

– водород сульфидни тўлик ажратиш учун икки босқичли абсорбция;

– 25% тўйинган ютувчини регенераторга киритмасдан абсорбция қилиш. Ушбу эритма регенерация қилинган эритма билан аралашиб, скрубберга юборилади. Натижада, олтингургурт ажралиб чиқишига барҳам берилади ва абсорбер насадкаларининг тикилиши бартараф қилинади. Одатда, насадка сифатида қалинлиги 10...13 мм ва баландлиги 100...120 мм ли ёғоч тахталардан ясалган ватарли насадкалар қўлланилади. Айрим тахталар орасидаги масофа 13 мм. Тахталар коворғасига горизонтал катор қилиб ўрнатилади.

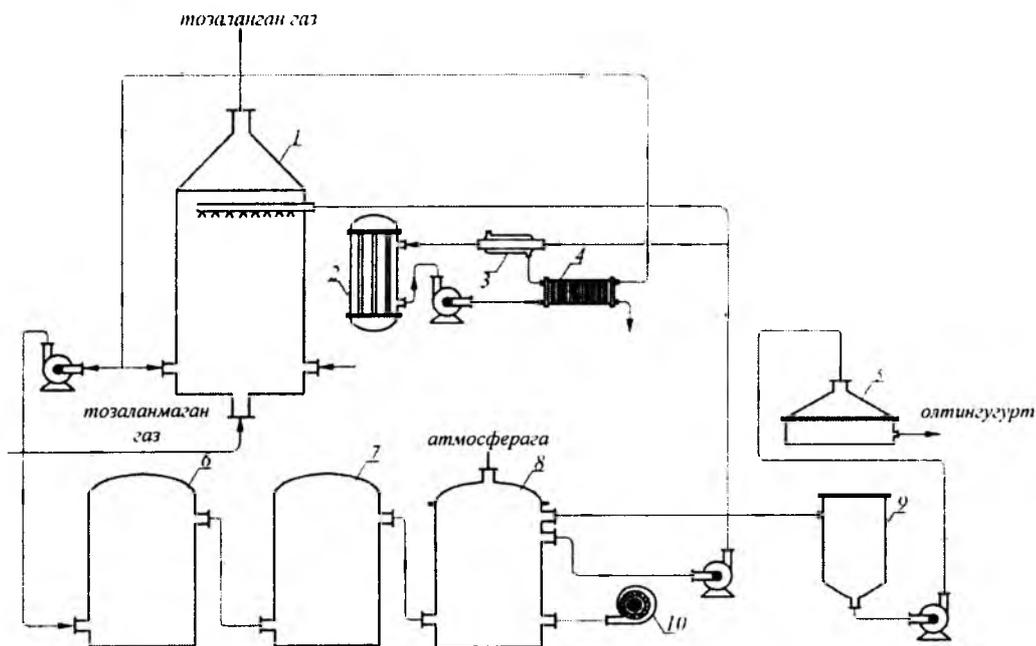
Атмосфера босимида ишлайдиган абсорберларни ҳисоблашда газнинг тезлиги 0,6...1,2 м/с ва гидравлик қаршилик 50...75 мм.сув уст. деб қабул қилинади. Газ фазасидаги ўртача ҳаракатга келтирувчи кучда аниқланган водород сульфиднинг абсорбция коэффициентини 1 соат ичида 1 м² насадкадан 2,5...3,5 г олтингургуртга тўғри келади.

Ютувчи эритманинг циркуляция тезлиги унда 50% ли ортикча фаол бирикмалар ҳосил қилишга етарли бўлиши зарур.

Регенератор колонна типда бўлиб, узатилаётган ҳавони бир текисда таксимлаш учун бир неча металл тўрлар ўрнатилади. 1 моль водород сульфидга 2,5 моль кислород ҳисобидан ҳаво сарфи белгиланади.

Ишлатиб бўлинган эритмадан мишякни тўликрок ажратиш учун икки босқичли регенерация қўлланилади. Мишяк сульфидини чўкмага тушириш учун биринчи босқичда эритма 70°C гача иситилади ва 70% ли сульфат кислота қўшилади. Фильтрат эса иккинчи босқичга узатилади, сўнг нордонлаштириш унга натрий карбонат эритмаси қўшилади ва темир сульфат эритмаси билан ишлов берилади.

Ушбу усул унумдорлиги юкори ва жараён узлуксиздир. Тозалаш жараёнининг минимал кўрсаткичи – 90%. Ушбу усулда қўшимча маҳсулотлар ҳам чиқади: юкори сифатли элементар олтингургурт ва техник гипосульфид. Жараён давомида зарарли газ ажралиб чиқмайди ва окова сувлар миқдори жуда кам.



1.19-расм. Газларни водород сульфиддан Стретфорд усулида тозалашнинг технологик схемаси:

1-ювиш минораси, 2-декарбонизатор, 3-иситкич, 4-совуткич, 5-фильтр, 6-биринчи реактор, 7-иккинчи реактор, 8-оксидлаш минораси, 9-олтингувурт тиндиргичи, 10-турбогазодувка.

Газларни курук усулда тозалашнинг энг асосий афзаллиги, юкори даражада тозалаш мумкинлигидир. Фаолланган кўмир ёрдамида оксидлаб тозалаш усулини факат йирик саноат курилмаларида қўллаш тавсия этилади. Темир гидрооксиди билан газларни водород сульфиддан тозалаш кичик курилмаларда ва юкори углеводородли газларни қайта ишлашда қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Газларни ювиб тозалаш усулларидан водород сульфид концентрацияси жуда юкори (40 г/м^3 гача) бўлганда фойдаланилади.

1.10. Газларни ацетилендан тозалашнинг абсорбцион усуллари

Газ таркибидан катта миқдордаги ацетиленни ажратиш учун асосан абсорбцион усуллар қўлланилади. Табиий газни қайта ишлашнинг бир неча хил усули маълум: электрокрекинг, термик крекинг, оксидловчи пиролиз. Ушбу усуллар бир-биридан метан парчаланиши рўй берадиган реакцион зонага иссиқликни узатиш усули билан фаркланади.

Электрокрекинг усулида талаб этиладиган юкори температура ($\sim 1600^\circ\text{C}$) реактор учларида жойлашган иккита электрод орасидаги ёйсимон разряд ҳисобига эришилади.

Термик крекинг жараёни регенератив ёки трубали ўтхоналарда ўтказилади.

Регенератив ўтхоналарда дастлабки газ ва даврий равишда киздириладиган насадка ўртасида тўғридан-тўғри иссиқлик алмашилиши рўй беради ва натижада реакцион зонада температура $1100\text{...}1300^\circ\text{C}$ гача кўтарилади. Ушбу усул *Вульф жараён* деб номланади.

Трубали ўтхоналарда реакцион газ ва иссиқлик элиткич ўртасидаги иссиқлик алмашилиши жараёнини ажратиш турувчи девор оркали амалга оширилади. Зарур иссиқлик миқдори курилманинг ўт ёки зонасида газни ёки олинади. Энг кенг тарқалган усуллардан бири бу метанни термооксидловчи пиролиз қилиш усулидир. Қисман газни кислород ёрдамида махсус ёндиргичда ўт олдириш мазкур усул асосини ташкил этади.

Турли усулларда метанни парчалаш натижасида ҳосил килинган газлар таркиби 1.20-жадвалда келтирилган.

1.20-жадвал

№	Компонентлар	Оксидловчи парчаланиш	Электрокрекинг	Вульф жараён	Трубали ўтхонада крекинг
1.	Водород	55,4	46,7	70,6	40,4
2.	Углерод монооксиди	26,3	0,5	0,4	2,15
3.	Метан	3,6	33,8	15,7	26,1
4.	Азот	3,0	4,6	3,1	2,3
5.	Кислород	1,0	0,4	0,1	-
6.	Углерод диоксиди	3,1	0,4	-	0,2
7.	Олефинлар	0,29	0,4	-	14,6
8.	Пропадиен	0,032	-	-	0,5
9.	Ацетилен	7...8	13,2	9,8	12,8
10.	Метилацетилен	0,05	-	-	0,08
11.	Дивинил	0,006	-	-	-
12.	Винилацетилен	0,04	-	-	-
13.	Диацетилен	0,7...0,23	-	0,3	0,02

1.23-жадвалдан кўриниб турибдики, пирогаз таркибида водород ва углерод диоксиди кўп микдорда, уларни аммиак ва метанол ишлаб чиқаришда қўллаш мумкин. Ундан ташқари, пирогаз таркибида органик синтези саноати учун муҳим хом-ашё бўлмиш ацетилен ва этиленлар мавжуд.

1.10.1. Пирогазни коракуядан тозалаш технологияси

Реакцион зонада ацетиленни парчаланиши натижасида реактордан чиқишда пирогаз таркибида маълум микдорда коракуя бўлади. Реакция куйидаги кўринишга эга:



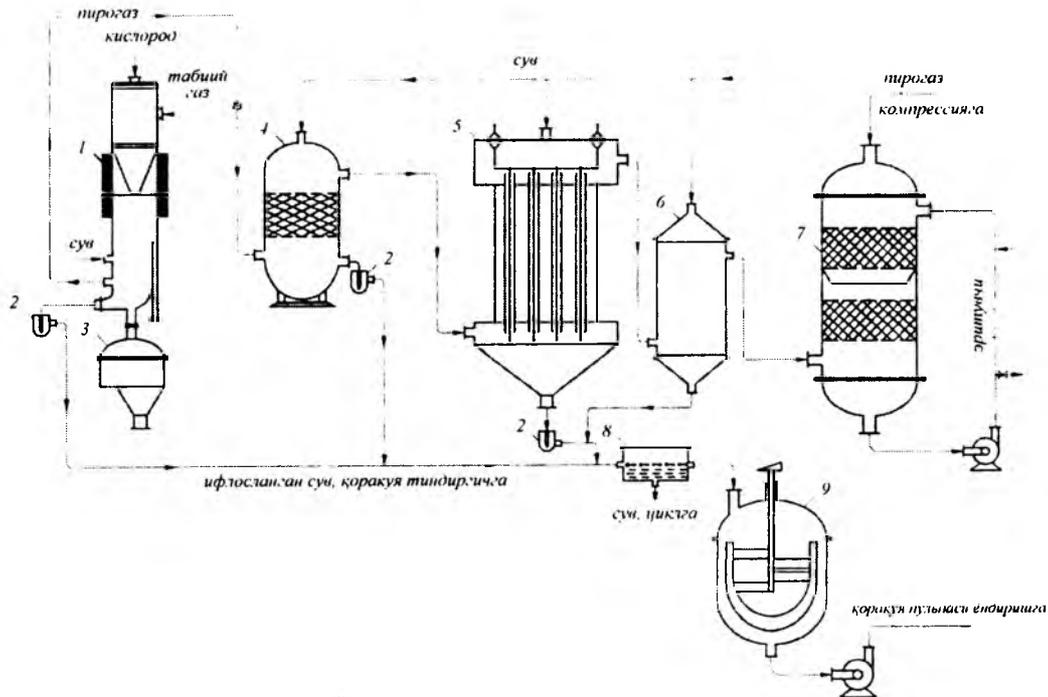
Пирогаз таркибида коракуянинг бўлиши қайта ишлаш жараёнини кийинлаштиради. Шунинг учун пирогаз албатта тозаланади. 1.20-расмда метанни термооксидлаш пиролиз усулида газни коракуядан тозалашнинг вариантларидан бири келтирилган.

Курилманинг реакцион зонасида ҳосил бўладиган коракуянинг бир қисми реакцион канал деворларига ўтиради ва зичланиб боради. Вақти-вақти билан ушбу коракуя қатлами ҳам айланма, ҳам илгарилама-қайтма ҳаракатланаётган шарошқа ёрдамида механик усулда кириб олинади. Қириб олинган коракуя курилманинг пастки қисмидаги бункерга тушиб кетади. Қоракуянинг бир қисми пирогаздан реакторнинг термик ишлов зонасида ажратиб олинади. Термик ишлов бериш ва ацетиленнинг парчаланишига тўсқинлик қилиш учун ҳамда пирогазни тез совитиш учун совуқ сув пуркалади. Термик ишлов бериш зонасида пирогаз 80°C гача совийди.

Термик ишловдан сўнг пирогаз ичи бўш скрубберга узатилади ва коракуянинг асосий қисмини ушлаб қолиш учун иссиқ сув ёрдамида ювилади. Жуда юкори даражада тозалаш учун икки хил усул бор: биринчиси, майда (8...15 мм ли) кокс заррачали қатламдан ўтказилиб ва оз микдордаги совуқ сув пуркалиб филтрланади. Вақти-вақти билан кокс заррачалари иссиқ сув билан ювиб регенерация қилинади. Тозаланган газ таркибида 10...30 мг/м³ коракуя бўлади, яъни бу усул билан дағал тозалашга эришиш мумкин. Газдаги қолиб кетган коракуя компрессор ички деворларига ва ҳаракатланаётган қисмларига ёпишиб, унинг ишлашини ёмонлаштиради.

Газларни коракуядан тозалаш (<1...3 мг/м³)да юкорирок даражага эриши учун махсус конструкцияли электр филтрларни қўллаш мақсадга мувофиқдир. Бу турдаги

курулмаларда қорақуя заррачалари электродга ўтириб қолади ва оқиб тушаётган юпка катламли сув билан ювилиб, окова сув кўринишида чиқиб кетади.



1.20-расм. Пирогазни қорақуядан тозалашнинг технологик схемаси:

1-реактор; 2-гидрозаторлар; 3-бункер, 4-скруббер, 5-электр фильтр, 6-кўпикли қурилма, 7-форабсорбер, 8-қорақуя чўқтиргич, 9-аралаштиргич.

Ушбу усулда тозалашнинг асосий камчилиги шундаки, пирогаз таркибидаги кислород миқдори ($<0,6...0,8$ ҳажм. %) ни каттик назорат қилиш керак. Электр фильтр ичида электр ёйи ҳосил бўлиш хавфидан келиб чиққан ҳолда, газ аралашмасида кислород миқдори ортикча бўлмаслиги керак. Агарда пирогаз таркибидаги кислород белгиланган кўрсаткичдан ошиб кетса, махсус ёпувчи мослама электр фильтрни ўчиради. Пирогаз таркибидаги кислород миқдори жуда кўп тебраниб турса, электр фильтр тез-тез ўчади ва оқибатда бутун технологиянинг ишлаш режими бузилишига олиб келади.

Ундан кейин газ $30...40^{\circ}\text{C}$ температурагача сув ёрдамида кўпикли скруббер 6 да совутилади ва сўнг форабсорбер 7 га узатилади. Унда газ эритувчи билан ўзаро таъсирда бўлиб, ароматик бирикма ва чакичсимон аралашмалардан тозаланади.

Сув ва қорақуядан иборат аралашма қорақуя чўқтиргич 8 га тиндириш учун узатилади. Суюқлик устига сузиб чиққан қорақуя заррачалари қурилма тарновига киргич ёрдамида сурилади ва у ерда сув билан аралаштиргич 9 га ювиб туширилади. Ушбу қурилмада жадал аралаштириш натижасида қорақуя пульпаси ҳосил бўлади ва насос ёрдамида ёкиш учун ўтхонага узатилади.

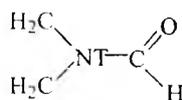
1.10.2. Ацетиленни ажратиб олувчи селектив эритувчилар

Пирогаздаги ацетилен абсорбция усулида селектив эритувчилар билан ажратилади. 1.21-жадвалда C_2H_2 нинг эрувчанлик коэффициент (1 ҳажм эритувчига тўғри келадиган газ ҳажми) ларининг 760 мм.сим.уст. ва 25°C температурадаги қийматлари келтирилган.

Номи	Эрувчанлик коэффициенти	Номи	Эрувчанлик коэффициенти
Гексаметилфосфортриамид	43	Метилформиат	20
Диметилформамид	33,5	Метилацетат	19,5
Метилпирролидон	38,7	Метилфосфат	19
Тетраметилметилфосфондиамид	33	Этилфосфат	19
Диметилсульфоксид	32	Ацетон	18,9
Тетраметиленсульфоксид	30,7	Ацетон, температура -40°C да	159
Тетраметилкарбамид	25,6	Этилацетат	18,2
Диметилацетамид	24,4	Диэтилформамид	17,5
Ацетилпирролидон	24,2	Бутиролактон	15
Ацеталдегид	24,1	Ацетонитрил	14
Тритетраметиленфосфортриамид	22,3	Метилбензоат	10,2
Метилат	22,3	Метанол, температура -40°C да	28,2
Метилнафтодиоксан	22	Аммиак, температура -49°C да	154

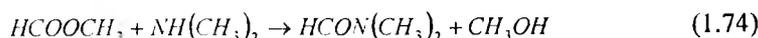
Жадвалда кайд этилган эритувчиларни 2 га ажратса бўлади: паст температурали (ацетон, метанол, аммиак) ва оддий температураларда қўлланиладиган (диметилформамид, метилпирролидон) эритувчилар.

Диметилформамид (ДМФ) – бу рангсиз, махсус ҳидли, осон ҳаракатланувчи суюқликдир.

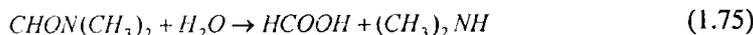


(1.73)

Одатда, ДМФ ни диметиламин билан метилформиатни таъсир эттириб олинади:

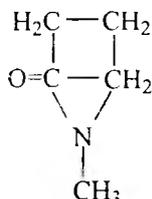


Диметилформамид синтетик толалар, лок-бўёқлар, пигментлар, турли хилдаги елимлар ишлаб чиқаришда қўлланилади. ДМФ сув билан исталган нисбатда аралашади; сув билан иситилганда чумоли кислота ва диметиламинлар ҳосил бўлади:



Ушбу реакция ДМФ нинг коррозия фаоллигини белгилайди, чунки чумоли кислота билан 33% *HCOOH* бўлган азеотроп аралашма ҳосил қилади. ДМФ пўлат, латун ва мисларга коррозия таъсир этади, лекин алюминий ва легиранган пўлатлар унинг таъсирига бардош бера олади. Ушбу муҳитда ишлатиладиган қурилмаларда кистирма сифатида политетрафторэтилен, полиэтилен ва асбестларни қўллаш тавсия этилади.

ДМФ захарли модда бўлиб, унинг ҳаводаги руҳат этилган чегаравий миқдори 50 мг/м³.



(1.76)

N-метилпирролидоннинг ацетиленга нисбатан ютиш қобилияти жуда юкори ва ДМФга қараганда заҳарлилиги анча кам. Сувсизлантирилган *N*-метилпирролидон ўзига хос ҳиди бўлган рангсиз суюқликдир.

~10% сув бўлган *N*-метилпирролидон углеродли пўлатларни коррозия қилмайди. Агар сув миқдорини 30% гача оширилса ва ҳаво таркибидаги кислород ҳисобига оз миқдорда коррозия юз беради.

1.22-жадвалда *N*-метилпирролидон ва диметилформаидларнинг физик-кимёвий хоссалари келтирилган.

1.22-жадвал

№	Кўрсаткичлар	НМП	ДМФ
1.	Молекуляр оғирлик	99	73,1
2.	Температура, °С		
	қайнаш	205	153
	музлаш	-24,2	-67
3.	Зичлик 20 °С да, г/см ³	1,033	0,9496
4.	Солишгирма иссиқлик сизим. кал/моль		
	20 °С да	39,6	37,57
	50 °С да	-	37,11
5.	Сиртий таранглик, дин/см		
	20 °С да	41,1	-
	22 °С да	-	35,9
6.	Қовушқоқлик коэффиценти 20 °С да. сПз	1,87	-
7.	Тўйинган буглар босими, мм.смм.уст.		
	40,5 °С да	1,0	-
	25,0 °С да	-	3,7
8.	Синиш коэффиценти, n_D^{20}	1,460	1,428
9.	Бугланиш иссиқлиги, ккал/моль	11,9	11,7

Пирогаз компонентларининг диметилформаид ва *N*-метилпирролидонларда эрувчанлик коэффицентлари 1.23-жадвалда келтирилган.

1.23-жадвал

Гуруҳ	Компонент	Эрувчанлик коэффиценти α	
		ДМФ (25°С да)	НМП (20°С да)
I	Водород	0,04	0,05
	Азот	0,04	0,05
	Углерод монооксиди	0,06	0,055
	Кислород	0,11	0,055
	Метан	0,32	0,28
	Этан	1,5	-
	Этилен	-	2,24
II	Углерод диоксиди	4,4	3,95
	Пропилен	8,2	8,62
	Пропадиен	-	30,4
III	Ацетилен	33,5	38,7
	Метилацетилен	70	86
	Винилацетилен	35	407
	Диацетилен	145	98

Эрувчанлиги бўйича пирогаз компонентларини 3 гуруҳга ажратиш мумкин.

Биринчи гуруҳга эрувчанлик коэффицентлари паст бўлган азот, водород, кислород, углерод монооксиди ва бошқалар қиради. CO_2 газининг эрувчанлиги ацетиленникига қараганда бир неча маротаба кам. Биринчи гуруҳ компонентларининг пирогаз таркибидаги миқдори жуда кичик (1.26-жадвал).

Иккинчи гуруҳга қуйидаги компонентларни киритиш мумкин: пропадиен ва айрим олефинлар. Бу гуруҳ компонентларининг эрувчанлиги углерод диоксидидан кўп, лекин ацетиленникидан кам.

Учинчи гуруҳ компонентлари каторига эрувчанлиги ацетиленниқидан юкори бўлган метилацетилен, винилацетилен, диацетилен ва ацетиленнинг бошқа гомологлари қиради.

Юқорида қайд этилган турли гуруҳ компонентларининг эрувчанлигини инобатга олиб, пирогаздан ацетиленни ажратиш энг содда ва осонлигини таъкидлаш лозим.

1.10.3. Ацетиленни ажратиб олиш технологияси

Пирогаздан ацетиленни ажратиб олишнинг технологик схемаси 1.21-расмда келтирилган. Дастлаб корақуядан тозаланган пирогаз қайтган газ билан аралаштирилади ва компрессор 1 га узатилади. Унда 10 атм. гача сиқилган газ аралашмаси ацетилендан тозалаш абсорбери 2 га ҳайдалади ва у ерда ДМФ ёки НМП билан ювилади. Технологиядаги масса алмашиниш курилмаларида панжарали турдаги суюклик турмайдиган (провальные) тарелкалар қўлланилади. Тарелкадаги тешиклар қўндаланг кесимининг улуши 16...19% ни ташкил этади. Абсорбер тепа қисмида қалпоқча тарелкали ювгич 9 ўрнатилган. Бу курилмада, ацетилендан тозаланган газ кам микдордаги конденсат билан ювилиб, эритувчи буғлари ушлаб қолинади. Десорбер 10 ва 13 лардан чиқаётган газларга ҳам худди шундай ишлов берилади.

Бевосита масса алмашиниш курилмалари устига ўрнатилган ювгичлардан чиққан суюкликлар эритувчи билан қўшилади. Шунинг учун, ҳар бир кейинги курилмада эритувчи таркибидаги сув микдори ортиб боради ва оқибатда газнинг эрувчанлиги камаяди. 9,12 ва 14 курилмалардан чиқаётган эритувчи ва конденсат аралашмаси сифимли идиш 7 га йнгилади ва ундан насос 4 ёрдамида десорбер 10 дан чиқаётган окимга узатилади. Эритувчи буғларидан тозаланган газ ювгичнинг тепа қисмидан чиқарилади ва редуцирлаш (редуцирование) килинганидан сўнг метанол ёки аммиак синтези учун ишлатилади. Кондицияга мос бўлмаган газ машъала (факел) 3 да ёкиб юборилади.

Тоza эритувчи совуткич 8 да 25...30°C гача совутилади, сўнг эса абсорбер 2 га идиш 7 дан насос 4 ёрдамида ҳайдалади. Тўйинган эритма редуцион клапан орқали десорбер 10 га узатилади. Бу ерда ростловчи клапан ёрдамида босим 1,2...1,3 атм. ва температура 30...40°C ушлаб турилади. Десорбер 10 иккита масса алмашиниш зонасидан таркиб топган. Пастки зона десорбер 13 дан келаётган газни ацетилендан тозалаш учун хизмат қилади. Тепа зонадан оқиб тушаётган эритувчи таркибидан пастки зонадан кўтарилаётган ацетилен ёрдамида I ва II гуруҳ компонентларини пуфлаб ажратилади. Ацетиленнинг I ва II гуруҳ компонентлари билан аралашмаси десорбер 10 нинг тепа қисмидан чиқарилади ва эритувчининг буғлари ажратиб олингандан сўнг компрессор 1 га юборилади.

Қайтаётган газ окимининг сарфи ўзгармас қилиб труба қувиридаги сарф ростлагич ёрдамида ушлаб турилади. Десорбер 10 нинг ўрта қисмидаги ён томон штуцери орқали тайёр маҳсулот товар-ацетилен ажратиб олинади. Кондицияга мос бўлмаган газ аланга 3 да ёкиб юборилади. Десорбер 10 да босим ортиши билан қайтаётган газ гидрозатвор 6 орқали аланга 3 га узатилади. Десорбер 10 нинг пастки қисмидан таркибида ацетилен ва II, III гуруҳ компонентлари бўлган эритувчи иситкич 8 орқали десорбер 13 га узатилади. Иситкичда эритувчи 65...70°C гача десорбер 13 дан чиқаётган тесқари оким исиклиги ҳисобига қиздирилади. Иситкичда эритувчи температураси 80...90°C гача кўтарилади.

Десорбер 13 учта масса алмашиниш зонасидан таркиб топган. Тепа зонага иситкичдан келаётган эритувчи узатилади ва 1,2...1,3 атм. босим остида ишлайди. Ацетилен ва бошқа компонентларнинг десорбцияси иситкичда эритувчининг температурасини кўтарилиши туфайли самарали кечади. Шунинг учун, курилманинг тепа қисми термодесорбер ёки исиклик десорбери деб аталади. Термодесорбердан чиққан десорбцияланган газ десорбер 10 га узатилади, таркибида етарли микдорда ацетилен ва унинг гомологлари ҳамда сув бўлган эритувчи эса гидрозатвор 6 орқали десорбер 13 нинг ўрта қисмига юборилади.

Ушбу ўрта зона термодесорбердан тўсик билан ажратилган ва 70...100°C температура ва 0,25...0,4 атм. қолдик босимда ишлайди.

Бу зона эритмадан ацетиленни тўлиқ ажратиш учун мўлжалланган. Шу ернинг ўзида қисман III гуруҳ компонентлари ҳам десорбцияланади. Ажралиб чиққан ацетилен совуткич 11, сепаратор 12 ва ювгич 9 лар орқали ўтади ва газдан эритувчи буглари ажратиб олинади. Сўнг, вакуум-насос 4 ёрдамида термодесорберга ҳайдалади. Эритувчи десорбер 13 нинг пастки қисмига оқиб тушади. Пастки зона эритувчидан ацетиленнинг гомологлари ва сувни буг-эжектори курилма 16 ёрдамида ажратиб олиш учун хизмат қилади. Буг-газ аралашмасидаги эритувчи буглари конденсат пуркалаётган колонна 14 да ювилади. Шундай қилиб, ректификацион система колонна 14 ва десорбер 13 нинг пастки қисмидан таркиб топган. Колонна 14 дан чиққан аралашма барометрик конденсатор 15 га узатилади ва унда сув буглари конденсацияланади. Конденсацияланмаган газлар (ацетилен гомологлари) бир қисм синтез-газлар билан аралашиб буг-эжектори 16 ёрдамида ёқишга жўнатилади. Барометрик конденсатор 15 ва буг-эжектори курилмаси конденсаторидан чиққан ифлосланган сувлар гидрозатвор 6 орқали канализацияга тушириб юборилади. III-гуруҳ компонентларини десорбциялаш учун десорбер 13 кубида эритувчи 115...125°C температурагача қиздирилиб буг-газ оқими ҳосил қилинади. Сўнг, сувсизлантирилган ва эриган газлардан ажратилган эритувчи иситкич 8 ва совуткич 11 лардан ўтказилиб идиш 7 га ҳайдалади, сўнг эса яна абсорберга пуркаш учун узатилади.

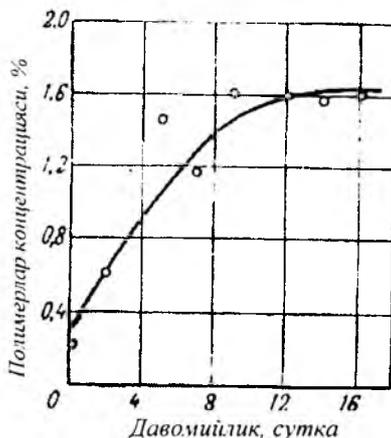
Ушбу усулда пирогаздан олинган маҳсулот таркиби 1.24-жадвалда келтирилган.

Пирогаздан олинган маҳсулотлар таркиби

1.24-жадвал

Синтез-газ		Товар ацетилен	
компонентлар	миқдори хажм. %	компонентлар	миқдори хажм. %
Водород	58,7	Ацетилен	98,85...99,25
Углерод монооксида	28,7	Азот	0,04
Метан	3,9	Кислород	0,01
Кислород	1,1	Углерод диоксида	0,1
Азот	3,4	Пропадие	0,29...0,4
Углерод диоксида	3,5	Метилацетилен	0,25...0,4
Олефинлар	0,2	Дивинил	0,04...0,07
Пропадие	0,02	Винилацетилен	0,04...0,1
Ацетилен	0,2	Диацетилен	0,01...0,03

Вакуум-десорбер 13 да газларнинг десорбцияси юкори температурада кечади. Шунинг учун эриган ацетилен гомологлариининг бир қисми полимерланишга дучор бўлади (1.22-расм). Эритувчида қўшимча маҳсулотларнинг йиғилиб бориши оқибатида эритувчининг физик-кимёвий ва абсорбцион хоссалари ўзгаради.



1.22-расм. Диметилформамидда полимер концентрациясининг ўсиши.

Полимерлар жадал суръатлар билан янги эритувчида йигилади ва унинг концентрацияси ~1% этади. Сўнг, полимернинг йигилиш тезлиги пасаяди. Бунга сабаб, эритувчида полимернинг концентрацияси 1% дан ортиб кетса, курилманинг эритувчи билан ҳўлланган ҳамма юзаларида полимер ўтириб қолади. Айниқса, ушбу жараён вакуум-десорбер 13 нинг пастки қисмида полимерланиш учун энг қулай шароитлар ҳосил бўлади. Бундай ҳолларда иситкичда иссиқлик ўтказиш коэффициентлари кескин равишда пасайиб кетади. Полимерларнинг иситкичларда ўтириб қолиши уларни вақти-вақти билан тозалаш учун тўхтатишга олиб келади ҳамда яна қўшимча курилма ўрнатишни такозо этади. Шу сабабли, ~ 1% циркуляция қилаётган эритувчи узлуксиз равишда регенерацияга узатилади. Регенерация жараёнида ушбу эритувчи вакуум ҳайдаш йўли билан қайта тикланади.

Эритувчини регенерация қилишнинг технологик схемаси 1.23-расмда тасвирланган.

Регенерация узатилаётган эритувчи насос 2 ёрдамида иситкич 1 ва биринчи босқич буғлаткичи 3 орқали ўтказилади. Иситкичда эритувчи 95...105°C температурагача буғ ёрдамида қиздирилади, сўнг эса қолдиқ босим ~ 0,2 атм. буғлаткичда полимердан ҳайдалади. Эритувчини жадал суръатлар билан циркуляция қилиши иссиқлик алмашилиш юзаларида полимернинг ўтириб қолишини бартараф қилади.

Эритувчининг буғлари қобик-трубали иссиқлик алмашилиш курилмалари 4 да конденсацияланади. Конденсацияланмаган эритувчи биринчи эжекторга узатилган буғ билан аралаштирилади ва ундан кейин юзавий конденсатор 5 да конденсацияланади. Бундай технологик схема буғ билан эритувчининг йўқотилишларини бартараф қилади. 4 ва 5 курилмаларда ҳосил бўлган конденсат йиғич 13 га оқиб тушади ва ундан насос 17 ёрдамида ацетилен ажратиш курилмасига қайтарилади.

Конденсацияланмаган газлар аралашishi конденсатори билан уланган иккинчи буғ эжектори ёрдамида атмосферага чиқариб юборилади. Регенерациянинг биринчи босқич циклидан чакичли эритувчи қадоклагич 8 ёрдамида иккинчи босқич буғлаткичи 9 га узатилади. Иккинчи босқич буғлаткичи ромли аралаштиргичли цилиндрлик идиш кўринишида бўлади. Жадал суръатлар билан аралаштириш оқибатида чакичли эритувчи қуюқлашади ва ундан эритувчи буғ сифатида тўлик чиқариб юборилади. Эритувчи буғлари худди регенерациянинг биринчи босқичига ўхшаш схема бўйича буғли эжектор ёрдамида ажратиб олинади. Эритувчидан буғни ҳайдаш тўхтатилгандан сўнг, буғлаткич ичидаги босим атмосфера босимиғача пасайтирилади ва ичи сув билан тўлдирилади. Қолдиқ бўлими қаттиқ полимер сув билан аралашганда пульпа ҳосил қилади ва уни ўтхонага ёкиш учун ҳайдалади. Биринчи курилмани ювиш даврида, иккинчи буғлаткичда эритувчи буғлатиб ҳайдалади.

1.10.4. Паст температурада ацетиленни метанол билан абсорбциялаб ажратиш

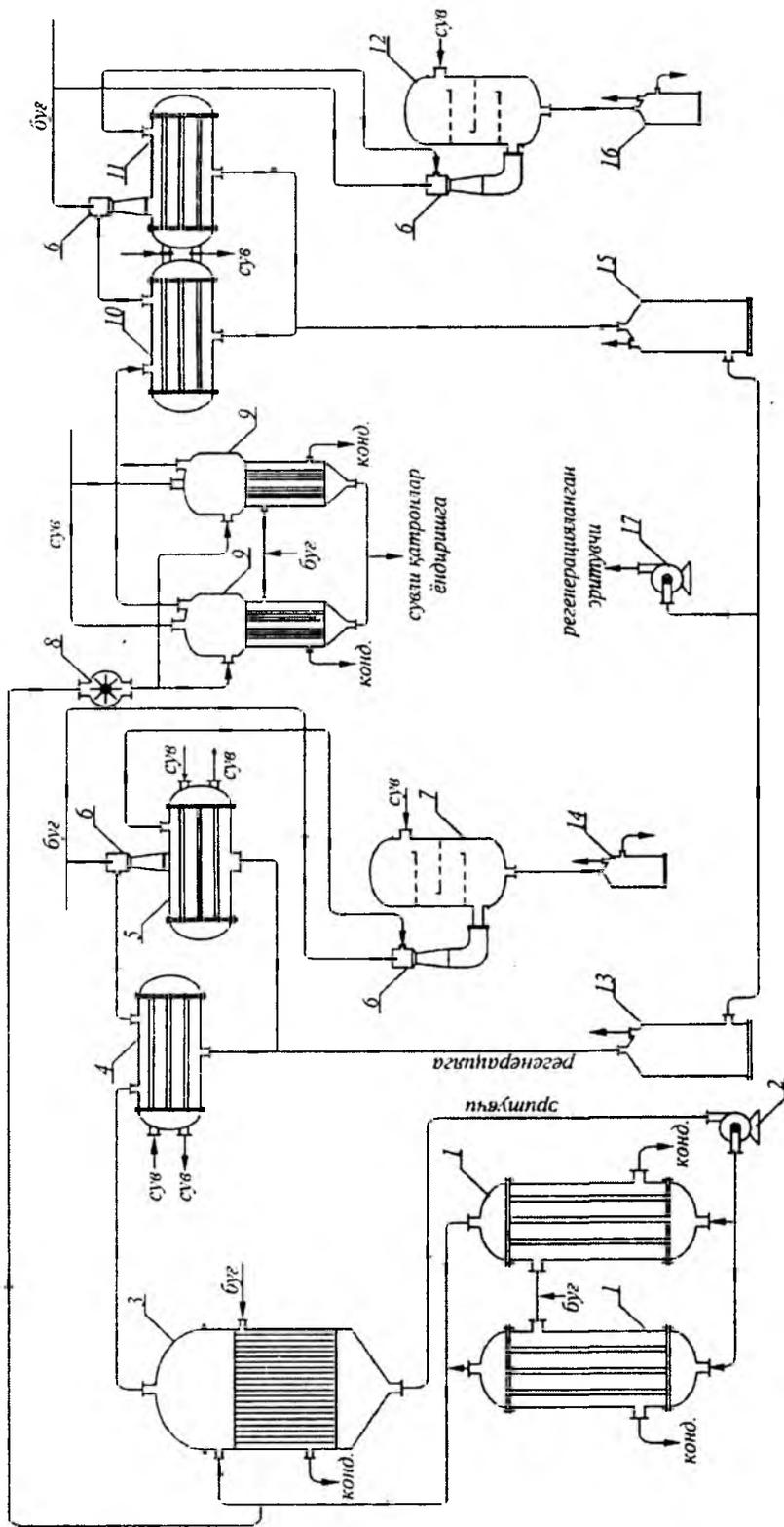
Пирогоз компонентларининг метанол эрувчанлик характеристикалари 1.25-жадвалда келтирилган.

760 мм.сим.уст. ва -40°C да пирогоз компонентларининг метанолда эрувчанлиги

1.25-жадвал

№	Компонент	Эрувчанлик, л/л	№	Компонент	Эрувчанлик, л/л
1.	Водород	0,087	6.	Углерод диоксида	24,0
2.	Углерод монооксида 20°C	0,180	7.	Ацетилен	76,8
3.	Кислород 18,5°C	0,190	8.	Метилацетилен	29,5
4.	Азот	0,220	9.	Винилацетилен	93,0
5.	Метан	1,090	10.	Диацетилен	400,0

Жадвалдан кўриниб турибдики, пирогоз компонентларининг метанолда эрувчанлиги аввалги параграф (1.10.2) дагига ўхшаш бўлиб уч гуруҳга бўлинади. Лекин «ацетилен-



1.23-расм. Эритувчини полимер ва қатрон моддалардан регенерация қилишнинг технологик схемаси:
 1-иситкич, 2-насос, 3-биринчи босқич буғлаткич, 4,5,10,11-юзавий конденсаторлар,
 6-буғ эжекторлари, 7,12-аралашти конденсаторлари, 8-кадоклагич, 9-иккинчи босқич

углерод диоксида» системасига нисбатан селективлиги НПД ёки ДМФ ларниқига қараганда пастроқ. Шунинг учун, ацетиленни метанол ёрдамида тозалашдан аввал пирогазни углерод диоксиддан ажратиш мақсадга мувофиқ.

1.24-расмда бензинни крекинглаш натижасида олинган газ таркибидан ацетилен, этилен ва водороднинг углерод оксиди билан аралашмасини ажратиб олишнинг технологик схемаси келтирилган. Жараён 10 атм. босимда кечеди. Ушбу босимда газ сепаратор 1 га юборилади ва газдан мой-сув аралашмаси ажратилади. Олинган мой-сув аралашмаси иккига ажратилгандан кейин мой қайтадан крекингга ёки ёқишга жўнатилади. Бир қисм мой колонна 4 да газни ювиш учун ишлатилади.

Сепаратордан температураси 165°C да чиқаётган газ совуткич 3 да аввал 120°C гача, сўнг эса 30°C гача совутилади. Совуткич трубаларининг ифлосланмаслиги учун пирогазни қурилмаларга узатишдан аввал унга эжектор 2 ёрдамида сув пуркалади. Охири совуткичдан чиқаётган газ мой пуркалаётган колонна 4 га узатилади ва унда чақичсимон моддаларнинг қолдиғи ютиб олинади. Колонна 4 дан оқиб чиқаётган мойдан битум ажратиб олинади ва қолган қисми ёқиб юборилади. Колонна 4 дан чиққан газ компрессор 9 дан келаётган паст босимли газ билан аралаштирилиб эжектор 5 юборилади. Бу ерда газ оқими метанол билан тўйинтирилади ва оқибатда совуткич 6 ва 7 ларнинг трубаларида яхлаб қолмаслиги таъминланади. Ундан ташқари, газ таркибидаги бир қисм оғир аралашмалар ҳам метанолда эриydi. Газ совуткич 6 да колонна 8 дан келаётган газ оқими ёрдамида -10°C гача, сўнг эса совуткич 7 да суyoқ аммиак ёрдамида -35°C гача температураси пасайтирилади. Кейин газ метанол пуркалаётган колонна 8 га ҳайдалади. Даставвал метанол иссиқлик алмашилиш қурилмалари 10 да -40°C гача совутилади. Газ таркибидаги юқори ацетилен углеводород (III гуруҳ компонентлари) лари колонна 8 да ажратиб олинади. Колонна 8 дан чиққан эритма иситкич 10 дан ўтказилади ва колонна 11 нинг ўрта қисмига ҳайдалади. Колоннанинг пастки қисмида, 1,2...1,4 атм. босимда эритмани $CO+H_2$ фракцияси ёрдамида пуфлаб ацетилен ва этилен десорбцияланади.

Десорбцияланган газ янги метанол билан колонна 11 нинг тепа қисмида юқори ацетиленлардан ювиб тозаланadi. Сўнг, ушбу газ компрессор 9 орқали газнинг асосий оқими билан аралашишга узатилади. Юқори ацетиленларни метанолдан колонна 12 да иссиқ ҳаво ёрдамида десорбцияланади. Эритма буғ ёрдамида иситилади. Ишлатиб бўлинган газ оқими ювгич 13 да метанол буғларини ушлаб қолиш учун сув билан ювилади ва сўнг ўтхонада бензин ва кислород билан аралаштириб ёндирилади. Колонна 12 да регенерация қилинган метанол таркибида сув бўлганлиги учун ректификация колоннасида дистилляция қилинади.

Юқори ацетиленлардан тозаланган газ иситкич 6 да қиздирилиб колонна 14 га узатилади. Бу ерда аммиакли сув ёрдамида газ таркибидаги углерод диоксида ажратилади. Колонна 15 да карбонлашган аммиакли эритма $CO+H_2$ фракцияси ёрдамида пуфлаб ацетилен ва этилен десорбцияланади. Десорбцияланган газ компрессор 9 ёрдамида газнинг асосий оқими билан аралаштирилади. Аммиакли эритма колонна 15 дан колонна 16 нинг пастки қисмига оқиб тушади. У ерда совуткич 3 да ~130°C гача қиздирилган сув ёрдамида углерод диоксида десорбцияланади.

Колонна 16 нинг тепа қисми десорбцияланган углерод диоксида таркибидан аммиакни сув билан ажратиш учун хизмат қилади. Колонна 16 да регенерация қилинган бир қисм аммиакли эритма дистилляцияга юборилади. Эритманинг асосий қисми эса, совуткич 17 дан ўтиб, 14 ва 21 қурилмаларда пуркаш учун узатилади. Ушбу оқимга янги аммиак ҳам қўшилади. Колонна 14 дан чиққан газ компрессор 18 да сикилган газ оқими билан қўшилади, сўнг компрессор 20 да босими 31 атм. гача қўтарилади ва параллел оқимлар қилиб иситкич 19 лардан ўтказилади. Бу ерда касрли дистилляциядан -35°C температурада чиқаётган газ оқими билан совутилади. Колонна 21 га температураси 5°C да киради. Ушбу температурада газнинг углерод диоксиддан батамом тозаланadi. Колоннанинг тепа қисмида аммиакни ушлаш учун газга сув пуркалиб ювилади ва

тозаланеди. Аммиакли эритма колонна 14 дан келаётган эритма билан биргаликда юкорида кайд этилган усулда кайта ишланади.

Углерод диоксидидан тозаланган газ эжектор 22 да метанол билан тўйинтирилади ва аммиакли совуткич 23 да -35°C температурагача совутилади. Сепаратор 24 да газ оқими метанолдан ажратилади ва сўнг эжектор 5 га ҳайдалади. Сепаратордан чиққан газ совук *n*-октанни пуркаб C_3 углеводород (асосан пропандиен ва метилацетилен) ларини абсорбция қилиш учун мўлжалланган колонна 25 га узатилади.

Таркибида C_3 углеводородлари бўлган октан $\text{CO}+\text{H}_2$ фракция билан пуфлаб колонна 27 да регенерация қилинади.

Жараёндан чиқаётган газлар таркибида ацетилен ва этиленлар бўлади ва улар компрессор 18 дан келаётган газнинг асосий оқимига қўшиб юборилади. Регенерацияланган октан совуткич 28 дан сўнг пуркаш учун колонна 25 қайтарилади.

Колонна 25 дан чиқаётган газ таркибида ацетилен, этилен, метан, водород ва углород монооксиди бўлади. Ундан ацетиленни ажратиш учун колонна 26 да -35°C температурага метанол билан абсорбцияланади. Метанолли эритма колонна 29 га оқиб тушади ва у ерда 4 атм. босим остида оз миқдордаги ацетилен билан биргаликда инерт газлар десорбцияланади. Ушбу газлар компрессор 9 ёрдамида газнинг асосий оқимига қўшилади. Эритма таркибидаги ацетилен колонна 30 нинг эмеевикида иситиш даврида десорбцияланади.

Айрим ҳолларда олинган маҳсулот фаолланган кўмирда кўшимча тозаланеди. Регенерация қилинган метанол совуткич 31 да совутилгандан кейин пуркаш учун колонна 26 га узатилади. Ацетиленни ажратиб олинган газ қурилма 32 га паст температураларда дистилляция қилиш учун юборилади. Дистилляция жараёнида куйидаги: этилен, метан ва водороднинг углерод монооксиди билан аралашмали фракциялар олинади. Метан иситкичларда ёкилади; этилен ва $\text{CO}+\text{H}_2$ фракцияси айрим кимё саноатининг технологияларида хом-ашё қилиб ишлатилади.

Юкорида кайд этилган технологиянинг асосий афзаллиги шундаки, газ аралашмасини тўлиқ фракцияларга ажратиш мумкин.

Ушбу технологиянинг асосий камчилиги унинг мураккаблигидир.

1.10.5. Паст температурада ацетиленни суюқ аммиак билан абсорбциялаб ажратиш

Суюқ аммиак ацетиленнинг энг яхши эритувчисидир. Пирогаз компонентларининг суюқ аммиакда эрувчанлиги бўйича 3 гуруҳга ажратиш мумкин (1.26-жадвал).

Углерод диоксиди суюқ аммиак билан ўзаро таъсирда бўлганидан кейин бирикмалар ҳосил қилади ва улар аммиакда эримайди. Шунинг учун, углерод диоксиди пирогаз таркибидан тозаланеди, чунки кўшимча маҳсулотлар билан қурилма ва жиҳозларнинг тикилиб қолишига сабабчи бўлади.

Суюқ аммиакда пирогаз компонентларининг эрувчанлиги

1.26-жадвал

№	Компонентлар	Эрувчанлик, л/л	Босим, атм.	Температура, $^{\circ}\text{C}$
1.	Водород	0,97	15	25
2.	Азот	2,10	25	25
3.	Метан	10,7	40	-20
4.	Этилен	2,37	1	-45,6
5.	Ацетилен	73,4	0,37	-42,4
6.	Метилацетилен	4,4	0,0066	-44,4
7.	Винилацетилен	15,8	0,0066	-44,4
8.	Диацетилен	160	0,0066	-44,4

Пирогаз таркибидан ацетиленни суюк аммиак ёрдамида абсорбциялашнинг технологик схемаси 1.25-расмда келтирилган.

Қатрон ва қорақуялардан тозаланган пирогаз қайтган газлар билан газгольдерда аралаштирилади ва компрессорда 9,5 атм. сиқилади. Сўнг, сиқилган газ колонна 1 га узатилади ва у ерда 10°C температурада керосин билан ювилади. Шунда, пирогаздан III гуруҳ компонент (метилацетилен тўлик ютилмайди) лари ажратиб олинади. Абсорбция жараёни учун қайнаш температураси 206°C бўлган юкори парафинли керосин ишлатилади. Абсорбцияга узатишдан аввал иситкич 3 да, кейин аммиакли буғланиш қурилмаси 2 да 8°C гача совутилади.

III гуруҳ компонентлари ва қисман ацетилен билан тўйинган керосин иситкич 3 да, сўнг 4 ларда 35...40°C гача иситилади ва десорбер 7 га юборилади. Бу ерда 1,1...1,05 атм. босимда синтез-газ ёрдамида эритувчидан ацетилен сиқиб чиқарилади. Десорбция газлари газгольдерга узатилади.

Ацетилендан тозаланган керосин десорбер 7 дан йиғич 6 оқиб тушади. Сўнг, насос 8 ёрдамида иситкич 9 ва буғли иситкич 10 орқали ацетилен гомологлари абсорбери 11 га йўналтирилади. Ушбу қурилмада босим 1,7...1,8 атм. да ва 150°C температурада эритувчидан III гуруҳ компонентлари синтез-газ ва метан аралашмаси билан тўлик десорбцияланади. Десорбция газлари пиролиз бўлимидаги газли иситкичларида ёқиб юборилади. Десорбер 11 дан регенерация қилинган газ насос 12 ёрдамида иситкич 9 ва 3 лардан, совуткич 5 ва аммиакли буғланиш қурилмаси 2 ўтказилиб, қайтадан ацетилен гомологлари абсорберига пуркаш учун ҳайдалади. Керосиннинг бир қисми ароматик бирикмаларни форабсорбция қилиш учун циклан ажратиб олинади. Тозаланган пирогаз газгольдерга ҳайдалади. Йиғич 6 га янги керосин қўшилади.

Абсорбер 1 дан III гуруҳ компонентларидан ажратилган пирогаз чикади ва у углерод диоксидидан тозалаш учун колонна 13 га юборилади. Колоннада аммиакли сув (80 г/л эриган аммиак) пуркалади. Жараён 8,7...8,8 атм. босимда ва 25...30°C температурада ўтказилади. Колонна 13 га аммиакли сув регенерация колоннаси 18 дан келади, лекин даставвал иситкич 15 ва совуткич 14 ларда 20...25°C гача совутилади. Аммиакли сув билан ювилган пирогаз таркибида 0,2...0,3 % CO_2 бор.

Колонна 13 да аммиакли сув пирогаз таркибидан на фақат углерод диоксиди, балки қисман ацетилен ҳам ютиб олади. Эритма таркибидан уни иситкич-сепаратор 15 ажратиб олинади. Десорбцияланган ацетиленни аммиак буғларидан тозалаш учун колонна 16 да сув ёрдамида ювилади ва пирогаз газгольдерига қайтарилади. Иситкич 15 дан ўтказилган углерод диоксиди билан тўйинган аммиакли сув регенерация колоннаси 20 га узатилади.

Углерод диоксидининг десорбцияси колоннанинг ўрта қисмида содир бўлади. Колоннанинг тепа қисмида газ аммиакни ажратиш учун сув билан ювилади ва ундан кейин атмосферага факел орқали чиқариб ташланади. Регенерация қилинган аммиакли сув колонна ўрта қисмидан олинади ва совутилади, сўнг эса насос 17 ёрдамида колонна 13 га ҳайдалади.

Колоннанинг пастки қисмида жойлашган кубдаги ортиқча сувнинг таркибидан аммиак миқдорини пасайтириш учун ўткир буғ юборилади. Кубдан чиқётган сувни иситкичларда иссиқлик элткич сифатида, совигандан кейин эса - ювиш колонналарида узатилади.

Колонна 13 дан чиккан пирогазни CO_2 дан ишқор ёрдамида тозалаш учун колонна 19 га юборилади. Ишқорий абсорбция жараёни 27°C температурада ва 8,5 атм. босим остида ўтказилади, яъни ишқор фақат колоннанинг тепа қисмидан пуркаш учун, қолган қисмида эса пуркаш зичлигини таъминлаш учун колонна кубдаги эритма насос 20 ёрдамида ҳайдалади. Колонна 19 дан чиқишда пирогаздаги CO_2 нинг миқдори 100 см³/м³ ни ташкил этади. Таркибида фақат ацетилен ва I гуруҳ компонентлари бўлган тоза газ суюк аммиак билан ацетилен абсорбциясига узатилиши мумкин. Ацетиленни абсорбция қилиш учун пирогаз синтез-газ иситкич 21 да -15...-18°C гача совутилади.

Ацетиленни суюк аммиак билан абсорбциялаш жараёни 8 атм. босимда ва -35...-38°C температурада абсорбер 22 да амалга оширилади. Пуркаш учун ишлатиладиган суюк аммиак иситкич 25 да эритма билан совутилади. Газ ва суюкликни колоннада кўшимча совитиш жараёни аммиакнинг қисман буғланиши ҳисобига кечади. Ацетилен абсорберидан чиқаётган синтез-газдаги аммиак сув билан колонна 23 да ювилади ва истеъмолчига берилади. Унинг таркибидаги аммиак миқдори $50 \text{ см}^3/\text{м}^3$ дан кам.

Ацетилен абсорберидан аммиакли сув 5 атм. гача дросселланади ва ундан кейин иситкич-сепаратор 25 орқали ўтказилади ва температураси -5...-3°C гача иситилади. Иситкич-сепараторда этилен, 1 гуруҳ компонентлари ва қисман ацетилен десорбцияланади. Десорбция газларидан аммиакни ажратиш учун сув билан 30°C ва 1,4 атм. босимда колонна 24 ювилади ва пирогаз газгольдерига ҳайдалади. Иситкич 26 да қиздирилган аммиакли эритма ацетилен десорбери 27 юборилади ва у ерда 5 атм. босим ва 2...3°C температурада тоза ацетилен десорбцияланади.

Десорбцияланган ацетилен колонна 30 да сув билан ювилади ва истеъмолчига берилади. Унинг таркибидаги аммиак миқдори $50 \text{ см}^3/\text{м}^3$ дан кам.

Суюк аммиак десорбер 27 дан йиғич 29 га насос 28 ёрдамида ацетилен абсорберига қайтадан узатилади. Бир қисм аммиак дистилляция колонна 31 га юборилади ва у ерда температура 40...45°C ва 16 атм. шароитда сув ва ацетилен гомологларидан ажратилади. Конденсатор 32 флегма олиш учун хизмат қилади ва ундан дистиллят четга олинади. Колонна 23,24 ва 30 ларда пуркалган сув йиғич 34 га тўпланади ва буғ билан иситилаётган колонна 33 да ҳайдалади.

Пуркалган сувлар колонна кубиди 19 атм. босим ва 200...210°C температурали шароитда дистилляция қилинади. Дистилляция жараёнида ҳосил бўлган ацетилен ва аммиак аралашмаси пирогазга кўшиб юборилади.

Пирогазга аммиак кўшилиши иситкич 21 да сувнинг музлаш олдини олади. Колонна 33 нинг кубидидаги сув иситкичларда ишлатилгандан сўнг колонналарда пуркаш учун қўлланилади.

1.27 ва 1.28-жадвалларда олинган газларнинг таркиб ва миқдорлари келтирилган.

Товарли ацетилен

1.27-жадвал

№	Компонент	Ҳажмий %
1.	Ацетилен	99,6
2.	Этилен	<0,1
3.	Метилацетилен	<0,2
4.	Аммиак	<50 $\text{см}^3/\text{м}^3$
5.	CO, H ₂ ва б.	<0,1

Синтез-газ

1.28-жадвал

№	Компонент	Ҳажмий %
1.	Водород	64,7
2.	Азот	2,3
3.	Углерод монооксиди	27,9
4.	Метан	4,6
5.	Ацетилен	0,1
6.	Этилен	0,5
7.	Пропадиен	0,01
8.	Аммиак	<50 $\text{см}^3/\text{м}^3$

Ушбу усулнинг асосий камчиликларидан бири унинг мураккаблиги ва бир неча хил эритувчи қўлланишидир. Ундан ташқари, юқори температурада керосинни регенерация қилиш жараёнида ацетилен гомологларининг полимерланиши мумкин ва натижада тозалаш жараёни қийинлашади. Усулнинг афзалликлари: эритувчилар арзон ва бошқа усулларга қараганда олинаётган маҳсулотлар сифати юқори.

1-боб. Табiiй газни тозалаш бўйича Муствакил тайёрланиш ва кайтариш учун саволлар

1. Табiiй газ нима?
2. Табiiй газнинг таркибий қисмларини таърифлаб беринг.
3. Табiiй газ ёниш жараёни формуласини ёзинг.
4. Эритувчининг абсорбцион сифими нима?
5. Эритувчининг селективлигини аниклаш формуласини келтиринг.
6. Абсорбция статикасида диффузия жараёни критериял тенгламасини ёзинг.
7. Ишчи қатлам нима дейилади?
8. Адсорбент нима?
9. Адсорбентнинг мувозанат фаоллиги нима дейилади?
10. Фаолланган кўмирлар ва уларнинг хоссалари.
11. Силикагель, унинг афзаллик ва камчиликлари.
12. Цеолитлар нима?
13. Саноатда цеолитнинг қўлланиладиган турларини келтиринг.
14. Уюрмавий трубанинг конструктив схемасини чизинг.
15. Адиабатик оқиб чиқиши натижасида газнинг термодинамик температурасини аниклаш формуласини келтиринг.
16. Уюрмавий самара ёрдамида табiiй газни оғир углеводлардан тозалаш қурилмасининг схемасини чизинг.
17. Газни сув билан ювиб CO_2 дан тозалаш технологиясининг схемасини чизинг.
18. Газларни CO_2 дан моноэтанолламин ёрдамида тозалаш технологик схемаларини ифодаланг.
19. Газларни CO_2 дан тозалаш усуллари технологияларини келтиринг.
20. Ацетиленни ажратиб олиш технологиясини таърифлаб беринг.

2-боб. ПОЛИМЕРЛАР КИМЁСИ ВА ФИЗИК-КИМЁСИ

2.1. Полимерлар. Умумий тушунчалар

Полимерларнинг асосий массасини органик моддалар ташкил этади, аммо ноорганик ва элемент органик полимерлар ҳам мавжуд. Полимерларни ажратиб турувчи хоссалари шундан иборатки, унинг молекуласи ҳосил бўлиш жараёнида жуда катта миқдорда бир ёки турли хил паст молекулали модда (мономер) ларнинг молекулалари бирлашади. Бунинг оқибатида *макромолекула* деб номланувчи узун занжирли молекула барпо бўлади. Макромолекула бу – паст молекулали, такрорланувчи таркибий бирлик ёки элементар звено бўлиб, ўзаро мустақкам кимёвий боғланган система. Макромолекулалар эса ўзаро суғуст физик молекулалараро кучлар билан боғлангандир.

Макромолекулалар занжирли тузилиши ва занжир бўйлаб ва занжирлараро боғланишининг турлилиги полимер материалнинг алоҳида физик-кимёвий хоссалари (бир вақтнинг ўзида энгил, мустақкам ва эластик ҳамда тола ва юпка қатламли материал ҳосил қилиш қобилияти) нинг мажмуасини белгилайди. Полимерларнинг суюқликларда ҳажмининг салмоқли ортиши, шу билан бирга агрегат ҳолати каттиқ жисм ва суюқлик оралиғидаги бир қатор системалар ҳосил қилишига макромолекулаларнинг занжирли тузилиши сабабчи ва масъулдир. Полимерлар эритмаларининг қовушқоқлиги жуда юқори.

Мономерларнинг макромолекулаларга бирлашиши кимёвий реакция натижасида рўй беради. Ушбу реакциялар занжирли ёки погонали жараёнлар қонунлари асосида содир бўлади. Макромолекуладаги звеноларнинг қайтарилиш сони полимернинг молекуляр массасини белгилайди ва бир неча ўн, юз минг ва миллион углеродлар бирлигига тенг бўлиши мумкин. Қайси реакция ёрдамида олинишидан қатъи назар, ўлчами турлича бўлган макромолекулалар тўпламидан иборат. Шунинг учун, полимернинг молекуляр массаси қандайдир ўртача катталиқдир.

Одатда полимерни юқори температурада қайта ишлаш жараёнида унга зарур турли қўшимчалар киритилади. Температура таъсирида қайта ишлаш жараёнида полимерда молекула уст (надмолекулярная) ёки янги кимёвий (ҳажмий) таркиб барпо бўлади ва у ҳосил бўлган материалнинг физик-механик хоссаларини белгилайди.

Полимерлар таркиби ва хоссалари орасидаги боғлиқликнинг мавжудлиги қуйидаги: биринчидан - зарур механик хоссалар мажмуасини олиш учун аниқ бир йўналишда синтез қилиш ва қайта ишлашнинг оптимал режимларини танлаш; иккинчидан – агар материалнинг физик-механик хоссалари маълум бўлса, унинг таркиби тўғрисида фикр юритиш имкониятларини беради.

2.1.1. Полимерлар ишлаб чиқариш учун хом-ашё

Полимер ишлаб чиқариш саноатининг ривожланиши жуда катта миқдорда арзон ва кенг тарқалган хом-ашёни талаб қилади. Ушбу талабларга бизнинг Ватанимиз тўлиқ жавоб беради, чунки полимерлар ишлаб чиқариш учун мамлакатимизда табиий газнинг захираси, нефтни ва тошқўмирни қайта ишлашда олинган газлар миқдори жуда салмоқли.

Ўтган асрнинг 50–60 йилларида фақат қўмирни қайта ишлаш маҳсулотлари, яъни тошқўмирни кокслаш ва газификациялашда олинган газлар, асосий хом-ашё сифатида қўлланилган.

Ҳозирги кунда асосий хом-ашё тури – бу углеводород газларидир. Кўп йиллар давомида углеводород газлари асосан буг-қозон ўтхоналарида ёқилғи сифатида ишлатиб келинган. Энди эса, жадал суръатлар билан ривожланаётган нефть кимёси саноати учун

углеводород газлари энг яхши ва арзон хом-ашёдир. Дунёда ишлаб чиқарилаётган алифатик бирикмаларнинг 4/5 қисми нефть асосли маҳсулотларни синтези орқали олинмоқда. Синтетик полимер, каучук, пластик массалар ишлаб чиқаришда ушбу хом-ашё қўлланиши айниқса юқори. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, дунёда ишлаб чиқариладиган толуол, ксилол, бензол ва синтетик фенолларнинг 3/4 қисми нефтли маҳсулотлардан олинади.

Жадал суръатлар билан ривожланаётган полимерлар ишлаб чиқариш саноатида нефтли хом-ашёни кенг қўламда қўлланиши саноатнинг янги, йирик соҳаси, яъни нефть кимёси саноати барпо бўлишига олиб келди. Ушбу саноатнинг иктисодий аҳамияти борган сари ортиб бормоқда.

Турли манбали углеводородли газлар, улардан энг асосийлари бу табиий газ ва йўловчи газлар ҳамда нефтни қайта ишлашда олинган газлар ҳозирги кунда полимерлар ишлаб чиқаришда асосий нефть кимёсининг хом-ашёси бўлиб турли гомологик каторларга мансуб:

1) парафинлар – метан, этан, пропан, бутан ва пентан; ушбу катор углеводородлари табиий газ ва йўловчи газларида ҳамда нефтни, кўмирни ва бошқа ёнувчан казилмаларни термик ва каталитик қайта ишлаш жараёнларида ҳосил бўлган газларда учрайди;

2) олефинлар – этилен, пропилен, бутиленлар нефтни термик ва каталитик қайта ишлаш ҳамда парафин гуруҳидаги углеводородли газларни пиролиз ва дегидрирлаш жараёнларида ҳосил бўлади;

3) диолефинлар – ушбу каторнинг энг асосий намоёндалари бутадиеен ва изопрен бўлиб, 1 ва 2 гуруҳ углеводородларини дегидрирлаб олинади;

4) ацетилен – парафин каторидаги углеводородларни крекинг ёки пиролиз қилиб олинади.

Полимерларни ишлаб чиқариш учун углеводородли хом-ашёлар манбааларини кўриб чиқамиз.

Табиий газ. Ер ости қонларидан чиқариб олинadиган газлар табиий газлар деб номланади. Бу газлар ер қобиғининг чўкма қатламларида мужассамланган бўлади. Табиий газларнинг кўпчилиги 85-98% метандан ва оз миқдори бошқа газлардан – этан, пропан, бутан, азот, углерод диоксиди ва водород сульфидлардан таркиб топган.

Турли газ қонларининг топилиши ва ишга туширилиши кимё саноати қорхоналари, шу жумладан табиий газ асосий компонентларини қайта ишлаш ҳисобига полимерлар ишлаб чиқариш учун битмас-туганмас хом-ашё захирасини барпо этиш имконини яратди. Масалан, метанни хлорлаб хлорли метил CH_3Cl ва хлорли метилен CH_2Cl_2 олиш мумкин. Хлорли метил турли хил синтезлар учун ишлатилади, чунончи метилцеллюлоза ишлаб чиқариш технологиясида ҳам қўлланилади. Яна бир салмоқли қисми кремний органик моддалар – метилхлорсиланлар олиш технологиясида фойдаланилади, сўнг эса улардан қурилиш ва бошқа соҳаларда кенг қўламда ишлатилadиган кремний органик полимерлар олинади.

Метанни оксидлаб формальдегид олиш мумкин ва ўз навбатида турли хилдаги формальдегид полимерлар ишлаб чиқаришда асосий хом-ашё бўлиб хизмат қилади.

Метанни крекинг қилиб ацетилен олиш жуда катта амалий ва иктисодий аҳамиятга эга. Маълумки, этилен, пропилен, бутиленлар билан бирга ацетилен замонавий полимер (поливинилхлорид, хлорпрен) ларни ишлаб чиқариш технологиясида энг муҳим ва етакчи хом-ашёлардир. Яқин вақтгача ацетилен карбид кальцийдан олинар эди. Ушбу технология жуда кўп жараёнлардан таркиб топган бўлиб, жуда катта миқдорда электр энергия истеъмол қилган, капитал ва эксплуатацион сарфлар юқорилиги билан ажралиб турган. Юқорида қайд этилган камчиликлар бўлгани учун арзон ва захираси мўл углеводород хом-ашёсидан ацетилен олиш техник ва иктисодий жиҳатдан самарали.

Метандан зичлиги юқорирок бўлган пропан, бутан ва бошқа углеводородлардан термик парчалаш усулида ацетилен олиш жуда катта амалий аҳамиятга эга. Ацетилен билан бирга катта миқдорда этилен ҳам олинади. Маълумки, этилен, синтетик каучук, этил спирти ва полиэтилен ҳамда бошқа полимерларни ишлаб чиқаришда дастлабки хом-ашёдир.

Йўловчи нефть газлари. Ушбу газлар нефтни ер остидан казиб олинганда биргаликда чиқадиган хом-ашёдир. Ер остида бу газлар нефтда қисман эриган ва қисман эркин ҳолатда юқори босим (≤ 25 МПа) да бўлади. Ер устига кўтарилиши билан нефть таркибидаги газ ажралиб чиқа бошлайди. Газ миқдори нефтни казиб олиш миқдорига тўғридан-тўғри боғлиқ.

Йўловчи нефть газлари таркиби бўйича қаерда казиб олинганига қараб бир-биридан фаркланади. Масалан, зичлиги 0,8 дан 1,5 г/см³ гача ўзгариши мумкин.

Йўловчи нефть газлари таркибидан бензин ва айрим углеводородлар фракцияларини ажратиш турли усулларда олиб борилади. Усулларнинг энг кўп қўлланиладигани – бу суюқлик абсорбцияси, яъни газни мойга ютилишидир. Абсорбцияланган йўловчи нефть газларидан синтез ва полимеризациялаш йўллари билан полиизобутилен, бутилкаучук, полиэтилен, полипропилен ва бошқа полимерлар олинади.

Йўловчи нефть газлар таркиби

2.1-жаъвал

№	Номи	Миқдори, %
1.	метан	40-70
2.	этан	7-20
3.	пропан	5-20
4.	бутан	2-20
5.	пентан	0-20
6.	H ₂ S	~1
7.	CO	~0.1
8.	азот ва бошқа инерт газлар	<10

Нефтни қайта ишлаб олинadиган газлар. Нефть хом-ашёсини термик ва каталитик қайта ишлаш натижасида асосий маҳсулот билан бирга иккиламчи (побочный) маҳсулот – нефтни қайта ишлашда ҳосил бўладиган газлар олинади. Табиий ва йўловчи нефть газлари билан биргаликда ушбу газ углеводородларнинг қимматли манбасидир. Ҳозирги вақтда нефтни тўғри ҳайдаб қайта ишлаш физик усулларидан ташқари турли хилдаги термик крекинг ва пиролизлардан фойдаланиб қимёвий қайта ишлаш усуллари кенг қўламда қўлланилмоқда. Нефть ва нефть маҳсулотларини бундай усулларда қайта ишлаш оқибатида турли хил қимёвий айланишлар рўй беради: катта молекулалар парчаланиши, молекула бўлақчаларининг ва бошқа молекулалар билан ўзаро таъсири ва ҳаракати, бир қисм маҳсулотнинг изомерланиши ва полимерланиши.

Маълумки, крекинг 500°C ва ундан юқори температурада ўтказилади. Ушбу жараён катализаторсиз ёки катализатор иштирокида ташкил этилади. Катализатор қўллашдан мақсад жараённи тезлаштириш ёки унинг йўналишини ўзгартиришидир. Охириги ҳолатдаги жараён **каталитик крекинг** деб номланади.

Пиролиз жараёни крекингнинг бир тури бўлиб, 700°C ва ундан юқори температураларда амалга оширилади. Пиролиз температураси 700...900°C гача кўтарилса, ҳосил бўлаётган олефинлар миқдори ортади. Юқорида қайд этилганидек, олефинлар қимёвий қайта ишлаш учун энг зарур хом-ашёдир. Нефть ва унинг маҳсулотларини қайта ишлашда олинаётган газ таркиби ва миқдори қўлланиладиган жараён турига бевосита боғлиқ. Масалан, суюқ фазали крекинг даврида газсимон маҳсулотлар чиқиши хом-ашё миқдорига нисбатан 6...10% ни, буғ фазали крекингда -30...33% ни, каталитик крекингда тахминан 15% ни, пиролизда эса – тахминан 50% ни ташкил этади.

Нефтли хом-ашёни қайта ишлашда ҳосил бўлган газсимон углеводородлар аралашмасини қимёвий утилизация ва тўлиқ ажратиш учун турли усуллар, айниқса, энг кўп чуқур совитиш усули қўлланилади; бунда газ аралашмаси 3 та фракцияга ажралади:

- курук газ;
- пропан-пропилен;
- бутан-бутилен.

Курук газ фракциясини кимёвий қайта ишлаш натижасида этилен, этан ва пропан ажратиб олинади. Пропан-пропилен фракцияси полимеризациялаш қурилмаларида бензин олиш учун қайта ишланади. Лекин ушбу фракция пиролиз қилинса, этилен ва пропилен олиш мумкин. Бутан-бутилен фракцияси одатда алкиллаш қурилмасида қайта ишланади ва суюқ мотор ёқилғиси учун юкори октанли қўшимча ишлаб чиқарилади. Ушбу фракциянинг бир қисми полимеризациялаш усулида қайта ишланиб полиизобутилен олинади. Қайта ишланган бутан-бутилен фракцияси дегидрирлаш усулида қайта ишланса бутадиеен олиш мумкин.

Полимерларни ишлаб чиқариш учун муҳим хом-ашё қаторида ароматик углеводородлар – бензол, толуол ва ксилоллар туради. Бензол ва ксилоллар асосида капролактан, полистирол, фенол-формальдегид полимерларини ишлаб чиқариш мумкин.

Кўмирни қайта ишлаб олинган маҳсулотлар. Кўмирни термик қайта ишлаш йўли билан ҳам углеводородлар олинishi мумкин. Тошкўмирни кокслаш йўли билан коксдан ташқари кокс гази, аммиак, олтингугурт бирикмалари ва тошкўмир қора мойи олинishi мумкин.

Тошкўмир қора мойи кимёвий таркиби бўйича мураккаб аралашма бўлиб, ўз таркибида 400 дан ортиқ турли моддаларни мужассам қилган. Лекин амалиётда бу моддаларнинг ҳаммаси ҳам ишлатилмайди. Саноат микёсида асосан бензол ва унинг гомологлари, нафталин, антрацен, кумарон-инденли полимерлар ва «хом бензол» деб ном олган тошкўмир қора мойи фракцияси кенг қўламда қўлланилиб келинмоқда. Охириги фракция бензол, толуол, ксилол ва бошқа кимёвий маҳсулотлар олиш учун манба бўлиб хизмат қилади.

Кимё саноатида бензол ишлаб чиқаришда кокс энг катта манба ҳисобланади. Кокс гази полимерларни синтез қилиш, бир қатор кимёвий моддалар олишда манба бўлиб хизмат қилади, чунки унинг таркибида водород, этилен ва бошқа моддалар бор.

Полимерларни ишлаб чиқариш учун каттик ёқилғи (торф, ёғоч ва унинг чиқинди) ларини қайта ишлаш натижасида олинган газлар ҳам хом-ашё сифатида ишлатилади.

2.2. Полимерлар классификацияси

Полимерлар классификациясини кимёвий таркиби ва асосий занжир тузилишига қараб амалга ошириш қабул қилинган. Агар макромолекуланинг асосий занжири углерод атомларидан, ён гуруҳлари эса водород атоми ёки органик радикаллардан таркиб топган бўлса, бундай полимер *органик* деб номланади.

Агар макромолекуланинг асосий занжири кремний, фосфор атомларидан бўлиб, уларга органик радикаллар бирлаштирилган бўлса, бундай полимерлар *элемент органик* деб номланади.

Агар асосий занжирда ва ён гуруҳларда углерод атомлари бўлмаса, бундай полимер *ноорганик* деб номланади.

Асосий занжири бир хил атомлардан таркиб топган полимерлар *гомозанжирли*, турли атомлардан таркиб топганлари эса – *гетерозанжирли* деб номланади.

Энг кенг тарқалган ва тўлиқ ўрганилган полимерлар бу органик полимерлардир. Биринчи қаторда бу карбозанжирли полимерлар, яъни факат углерод атомли асосий занжирлар. Карбозанжирли полимерлар ён гуруҳлар таркибида водород, кислород, азот, олтингугурт атомлари бўлиши мумкин. Агар полимернинг асосий звеноси углерод ва кислород, углерод азот, углерод ва олтингугурт атомларидан таркиб топган бўлса, бундай полимерлар гетерозанжирли полимерлар қаторига тааллуқли бўлади.

Карбо- ва гетерозанжирли полимерлар номи кимёвий синфлар ва мономерлар номи асосида ҳосил бўлади, факат «поли» деган олд қўшимча қўйилади. Масалан, тўйинмаган углеводородлар – олефинлар (этилен, пропилен, бутен-1 ва хоказолар) дан олинган полимерлар умуман *полиолефинлар* деб номланади, аник номлари эса – полиэтилен, полипропилен, полибутен-1 ва хоказо.

Тўйинмаган метакрил кислота (метилметакрилат, этилметакрилат ва ҳоказо) эфирлари асосида полимерлар полиметакрилатлар номи билан маълум, аниқ номи эса – полиметилметакрилат, полиэтилметакрилат ва ҳоказо.

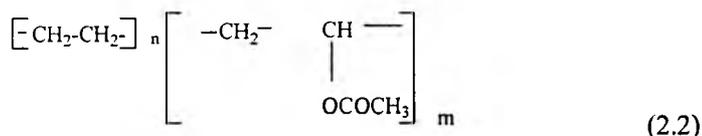
Гетерозанжирли полимерлар номи «поли» деган олд қўшимчадан сўнг қайтарилувчи звено номи қўйилади; масалан, этиленгликол ва терефталли кислота полиэфирли полиэтилентерефталаат деб аталади.

Гексаметилендиамин ва адипин кислотадан олинадиган полиамид эса полигексаметиленадипамид деб номланади.

Агар полимерлар асосий звеноси битта мономер занжирдан курилган бўлса, улар *гомополимерлар* деб аталади. Полиэтилен $[-CH_2-CH_2-]_n$ этиленнинг карбозанжирли гомополимери бўлади. Индекс n полимерланиш даражаси деб номланади ва макромолекуладаги мономер звенолар сонини кўрсатади. Агарда индекс n нинг киймати маълум бўлса ва элементар звено молекуляр массаси M_{zw} ни билсак, гомополимер молекуляр массасини аниқлаш мумкин:

$$M = nM_{zw} \quad (2.1)$$

Макромолекулалар икки ва ундан ортик мономерлардан курилган бўлиши мумкин. Шундай қилиб, ушбу бирикма



этилен ва винилацетатларнинг органик карбозанжирли сополимеридир. (2.2) даги n ва m индекслар сополимердаги этилен ва винилацетат занжирлар (звеньев) микдорини кўрсатади.

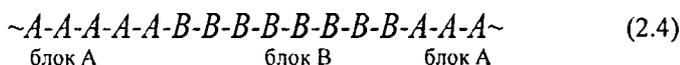
Сополимер занжирида мономерлар жойлашиш характери унинг 3 турдаги таркибини белгилайди:

- статистик;
- блокли;
- тармоқли.

Агар икки мономерлар А ва В звенолар макромолекула занжирида кетма-кет жойлашиши тасодифий бўлса, бундай полимер *статистик* деб аталади. Статистик сополимер макромолекуласини қуйидаги кўринишда тасвирлаш мумкин:

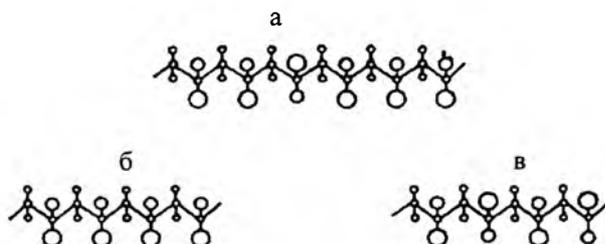


Агар макромолекула занжирида мономерлар звенолари катта узунликдаги участка (блок) кўринишида тўғри кетма-кетликда жойлашган бўлса, бундай полимерлар *блоксополимерлари* деб номланади. Блоксополимер макромолекуласини схематик равишда қуйидагича тасвирлаш мумкин:



Асосий занжир битта мономер звеноларидан таркиб топган, унга эса катта ён томонлама шахобчалар кўринишида бошқа мономер звено блоклари бирлашган сополимер *тармоқли* деб аталади.

стереорегулярлигини белгилайди. Стереорегулярлиги бўйича полимерлар изотактик ва синдиотактикларга бўлади (2.2-расм).

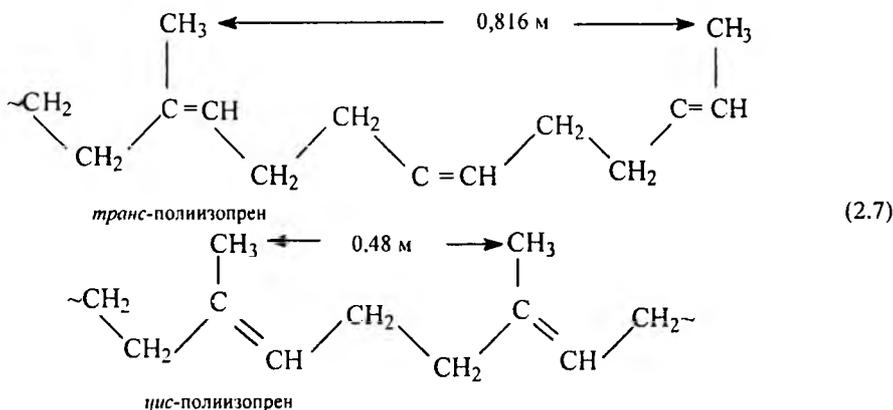


2.2-расм. Макромолекуладаги элементар звенолар бирлашиш схемаси:
 а – Б-Д атактик полимер, б – Б-Д изотактик полимер, в – Б-Д синдиотактик полимер

Агар полимер макромолекуласининг Б-Д регуляр таркибида бир турдаги ўринбосарлар асосий занжирнинг бир томонида жойлашган бўлса, изотактик кўринишдаги занжир ҳосил бўлади.

Асосий занжирнинг иккала томони бўйлаб бир турдаги ён гуруҳлар жойлашишининг тартибли алмашилиши *синдиотактик* шаклни белгилайди. Ён томон ўринбосарлари тартибсиз фазовий жойлашишида полимер чизикли макромолекуласининг *атактик* таркиби ҳосил бўлади.

Асосий занжири кўшалок боғли *стереорегуляр* (стереотартибли) полимерлар шакли *цис-транс*-изомерли бўлиши мумкин. *Цис*-изомерларда бир хил ён гуруҳлар ҳар бир кўшалок боғ текислигига nisbatan бир томонида, *транс*-изомерларда эса – ҳар хил томонида жойлашади.



Чизикли ва тармоқланган полимерлардан ташқари тўрсимон (фазовий, тўкилган) полимерлар бўлиши мумкин (2.1д-расм). Одатда тўрсимон полимерлар ўзаро кўндаланг ковалент боғли макромолекулалардан таркиб топган бўлади. Макромолекулалар орасидаги ўзаро кўндаланг боғнинг бўлиши бутун полимер намунасини битта йирик молекулага айлантиради ва унинг молекуляр массаси намуна массасига тўғри келади.

Тўрсимон полимерлар ўз хоссаларига қараб чизикли ва тармоқланган полимерлардан тубдан ажралиб туради. Мустақкам кимёвий кўндаланг боғларнинг мавжудлиги тўрсимон полимерни эримайдиган моддага айлантиради.

2.4. Синтетик полимерлар олиш усуллари

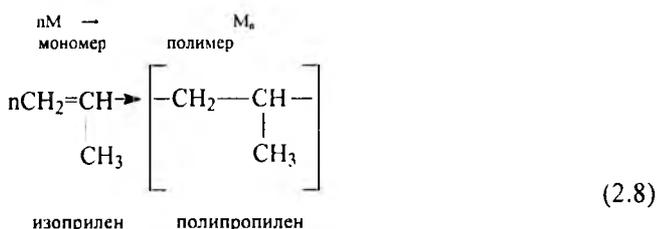
Синтетик полимерлаш ишлаб чиқариш полимерлаш ва поликонденсациялаш реакциялари натижасида амалга оширилади.

2.4.1. Полимерланиш ва поликонденсатлаш

Полимерланиш – бу карралик боғлар ҳисобига ($C=C$, $C=O$, $C\equiv N$, $C\equiv C$ ва ҳоказо) мономер кўп сонли молекулаларини бир-бири билан бирлаштириш жараёни ёки гетероатом (O , N , S) лари мавжуд цикллари очишдир. Одатда, полимерлаш жараёнида куйи молекулали иккиламчи маҳсулот ажралиб чиқмайди ва ҳосил бўлмайди. Шунинг учун полимер ва мономер бир хил элементар таркибли бўлади.

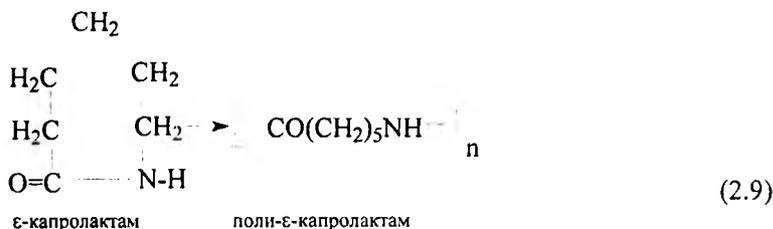
Поликонденсатлаш – кимёвий ўзаро таъсир қила оладиган икки ва ундан ортиқ функционал гуруҳ (OH , $COOH$, $COCl$, NH_2 ва х.) ли бир ёки бир неча мономерлар молекулаларини бир-бири билан бирлаштириш жараёнидир. Лекин шунини қайд қилиш керакки, бу жараёнда паст молекулали маҳсулот (H_2O , HCl ва х.) бўлиниб чиқмайди. Поликонденсатлаш усулида олинadиган полимерлар элементар таркиби бўйича бошланғич мономерларга мос келмайди. Шунинг учун улар макромолекуласининг таркиби мономерли звено сифатида эмас, балки қайтарилувчи звено деб қараш мақсадга мувофиқ.

Каррали боғли мономерларни полимерлаш занжирли реакция қонунлари асосида тўйинмаган боғларни узилиши оқибатида рўй беради:



Занжирли полимерлаш жараёнида тезда ҳосил бўлади ва бир зумда охириги ўлчамларни олади, яъни жараён давомийдиги ортиши билан ўлчамлари ўзгармайди.

Циклик таркибли (лактон, лактам ва ҳоказо) мономерларни полимерланиш циклининг очилиши ҳисобига содир бўлади ва айрим ҳолларда занжирли эмас, балки поғонали механизм асосида кечади. Поғонали полимерланишда макромолекула аста-секин ҳосил бўлади, яъни аввал димер, кейин тример ва ҳоказо. Шу сабабли полимернинг молекуляр массаси вақт ўтиши билан кўпайиб боради. Шундай йўл билан поли-ε-капролактан (капрон) ҳосил бўлади:



Занжирли полимерланиш босқичма-босқич ва поликонденсациялашдан принципиал фарқи шундаки, жараённинг турли босқичларида реакция аралашма ҳар доим мономер ва полимердан таркиб топган ва унинг таркибида ди-, три-, тетрамерлар бўлмайди. Реакция кечиш давомийлиги ортиши билан фақат полимер макромолекулалар сони кўпаяди, мономер эса аста-секин сарфланади. Полимерларнинг молекуляр массаси реакция якунланганлик даражасига боғлиқ эмас.

2.4.2. Полимер занжирларидаги реакциялар

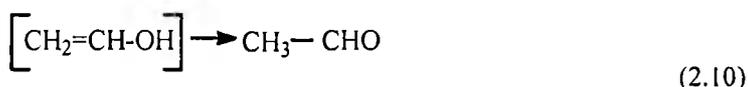
Кўпгина полимерларни полимерланиш ва *поликонденсатлаш* усулларида олиб бўлмайди. чунки бошланғич мономерлар номаълум ёки мономерлар юкори молекулали бирикмалар ҳосил қилмайди. Бундай полимерлар синтези макромолекулалари реакция қобилиятли функционал гуруҳлари бўлган юкори молекулали бирикмалардан келиб чиққан ҳолда бажарилади.

Полимерларда функционал гуруҳлар айланиши паст молекулали бирикмаларниқига қараганда кичик тезликларда кечади. Ушбу ҳолат полимерлар функционал гуруҳларининг реакция қобилиятига полимер занжирларининг таркиби, макромолекула шакли ва фазавий таркиби каби хоссаларининг таъсири билан боғлиқ. Юкорида қайд этилган омиллар макромолекула функционал гуруҳларининг кимёвий реагент билан ўзаро таъсирда бўлишга мойиллигини кўрсатади.

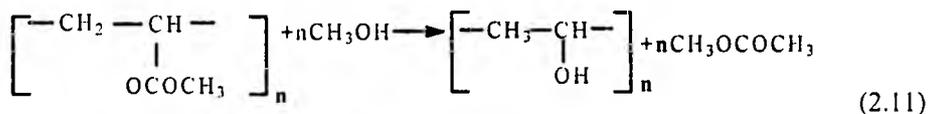
Полимер занжирларидаги реакциялар унинг молекуляр массасининг ортиқча ўзгаришсиз, молекуляр массаси ортиши (ёки камайиши, яъни молекуляр деструкцияси) билан ҳам кечиши мумкин.

2.4.3. Полимерга ўхшаш айланишлар

Полимерга ўхшаш айланишлар паст молекулали моддаларнинг полимерлар билан реакцияси бўлиб, натижада полимердаги бир функционал гуруҳнинг бошқаси билан алмаштирилиши макромолекула асосий занжири узунлигининг ўзгармаган ҳолатида рўй беради. Масалан, винил спирти мономерини полимерланиш йўли билан поливинил спиртини олиб бўлмайди, чунки охиригиси нотурғун ва олиш жараёнида ацетальдегидга изомерланади:



Поливинил спирт одатда поливинилацетат гидролизи ёки алкоғолиз реакциясидан олинади:



Бу турдаги реакция ёрдамида саноат қорхоналарида турли поливинилацетатли целлюлозалар эфирлари ва бошқалар олинади.

2.4.4. Полимерлар деструкция реакцияси

Макромолекула асосий занжирининг бузилиши полимер деструкциясини билдиради. Деструкция қуйидаги: иссиқлик, ёруғлик, кислород, механик қучланишлар ва бошқа омиллар таъсирида содир бўлади. Деструкция оқибатида полимернинг молекуляр массаси камаяди, физик-механик хоссалари пасаяди. Полимерларнинг деструкцияга бардошлиги кимёвий таркиби, макромолекула шакли, кристаллилик даражаси, фазовий тўр частотаси каби омилларга боғлиқ.

Полимерлар деструкция реакцияси асосан радикал, камдан-кам ионли механизм бўйича кечади. Деструкциялар термик, фотокимёвий, радиацион, механик ва кимёвий бўлиши мумкин.

2.5. Полимерлар характеристикалари ва уларни аниқлаш усуллари

Исталган полимер молекуляр массаси бўйича турли даражада бир жинсли эмас. яъни полидисперсдир. Полимернинг полидисперслиги уларни олиш реакцияларининг турлича кечиши билан боғлиқ бўлиб, статистик қонуниятларга бўйсунди. Полимерлар полидисперслиги туфайли уларни ўртача молекуляр масса қийматлари билан ифодалаш мақсадга мувофиқ. Молекуляр массалар икки хил усулда ифодаланadi: ўртача қийматли M_n ва ўртача массавий M_w . Битта полимер учун M_n ва M_w айрим ҳолларда бир неча баробар фарқланиши мумкин.

Ўртача қийматли M_n молекуляр массасини аниқлаш. Масалан, агар полимерда V та макромолекулдан таркиб топган бўлса, шундан n_1 таси M_1 молекуляр массали, n_2 таси M_2 молекуляр массали, n_3 таси M_3 молекуляр массали ва ҳоказо бўлса, унда ҳар бир фракциянинг улуши $N_i = n_i/N$, яъни $N_1 = n_1/N$, $N_2 = n_2/N$ ва ҳоказо.

Ўртача қийматли молекуляр масса қуйидагича ҳисобланади:

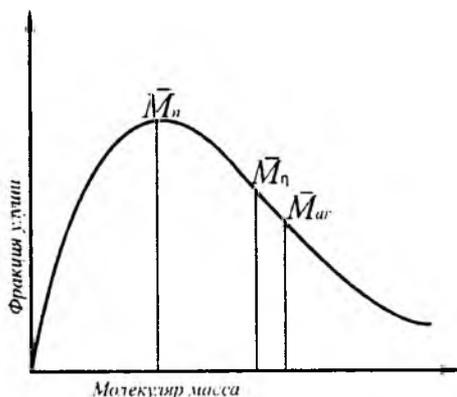
$$\bar{M}_n = M_1 N_1 + M_2 N_2 + M_3 N_3 + \dots = M_1 \left(\frac{n_1}{N} \right) + M_2 \left(\frac{n_2}{N} \right) + \dots \quad (2.12)$$

Ўртача массавий M_w молекуляр массасини аниқлаш. Масалан, агар полимер макромолекуласининг массавий улушлари $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ ва ҳоказо бўлса, бу ерда $\omega_i = n_i M_i / N$, уларнинг молекуляр массалари ўз навбатида M_1, M_2, M_3 ва ҳоказо.

Ўртача массавий молекуляр масса қуйидагича ҳисобланади:

$$\bar{M}_w = M_1 \omega_1 + M_2 \omega_2 + M_3 \omega_3 + \dots = M_1 \left(\frac{n_1 M_1}{N} \right) + M_2 \left(\frac{n_2 M_2}{N} \right) + \dots = \frac{n_1 M_1^2}{N} + \frac{n_2 M_2^2}{N} + \dots \quad (2.13)$$

Молекуляр масса тўғрисида энг тўлиқ маълумотни молекуляр массалар таксимланиши (ММТ) нинг эгри чизиғи беради (2.3-расм).



2.3-расм. Полимернинг молекуляр-массавий таксимланиши.

ММТ эгри чизиғининг кўринишидан полимерни олиш реакциялар механизми тўғрисида фикр юрнтиш мумкин. Агар битта тор чўкки бўлса, намуна молекуляр массаси бўйича бир жинсли бўлади ва унда $\bar{M}_w / \bar{M}_n \approx 1$. Битта кенг чўкки бўлса, намуна полимернинг катта полидисперслигидан далолат беради. ММТ эгри чизиғида бир нечта чўккилар бўлса, у нафакат полимернинг катта полидисперслигини кўрсатади, балки полимерни олишда турли иккиламчи реакция (занжирни полимерга узатиш ва ҳоказо) лар кечган бўлиши мумкин.

Полимерлар молекуляр массаси уларнинг суюлтирилган эритмаларининг турли хоссалари ўрганиб аникланади. Бундай хоссалари каторига музлаш ва қайнаш температуралари, осмотик босим, нурнинг тарқалаши ва бошқалар киради. Ўртача қийматли молекуляр масса \bar{M}_n ни криоскопия, эбулиоскопия ва осмометрия, ўртача қийматли молекуляр масса \bar{M}_w ни эса – нур тарқатиш усулларида аникланади.

Криоскопия ва эбулиоскопия усулларида полимер молекуляр массаси ва концентрацияси C лар билан боғлиқ бўлган эритма ва эритувчиларнинг қайнаш ёки музлаш температураларининг фарқи ΔT аникланади:

$$\Delta T = \frac{KC}{\bar{M}_n}; \quad \bar{M}_n = \left(\frac{KC}{\Delta T} \right)_{C \rightarrow 0} \quad (2.14)$$

бу ерда, K – эритувчининг эбулиоскопия ёки криоскопия константаси.

Криоскопия ва эбулиоскопия усулларида полимер молекуляр массаларининг жуда тор оралиғи (5000...50000) баҳоланиши мумкин.

Осмометрия усулида полимер эритмасининг бир нечта концентрацияси учун осмотик босим π ўлчанади. Ушбу кўрсаткич эриган полимернинг молекуляр массаси билан қуйидаги Вант-Гофф тенгламаси орқали боғлиқ:

$$\left(\frac{\pi}{C} \right)_{C \rightarrow 0} = \frac{RT}{\bar{M}_n} \quad (2.15)$$

бу ерда, R – универсал газ константаси; T – абсолют температура.

Осмометрик усулни полимерларнинг молекуляр массаси 10000...100000 га бўлганда қўллаш мумкин.

Полимер молекуляр массасини аниқлашнинг абсолют усулларидан бири бу нур тарқалиш усулидир. Ушбу усулда эритманинг турли концентрацияларида нур тарқалиш интенсивлиги ўрганилади ва график экстраполяция қилиб \bar{M}_w топилади:

$$\left(\frac{HC}{\tau} \right)_{C \rightarrow 0} = \frac{1}{\bar{M}_w} \quad \bar{M}_w = \left(\frac{\tau}{HC} \right)_{C \rightarrow 0} \quad (2.16)$$

бу ерда, H – эритманинг оптик ўзгармас катталиги.

Нур тарқалиш усулини полимерларнинг молекуляр массаси 5000...2000000 гача бўлган ораликда қўллаш мумкин.

Соддалиги туфайли ўртача ковушқокли молекуляр масса M_n ни ўлчаш учун визкозиметрик усул кенг қўламда қўлланилмоқда. У полимер эритмасининг характеристик ковушқоклиги $[\eta]$ ни аниқлайди. Ушбу параметр эритмада макромолекула эгаллаган ҳажми аниқлаш йўли билан топилади. Характеристик ковушқоклик ва полимер молекуляр массаси орасида қуйидаги эмпирик боғлиқлик мавжуд:

$$[\eta] = K_n \cdot \bar{M}_n^\alpha \quad (2.17)$$

бу ерда, K_n ва α – полимер-эритма жуфтлик учун ўзгармас катталиклар.

Характеристик ковушқоклик қийматлари эритманинг ва тоза эритувчининг оқиб чиқиш вақтлари фарқини ўлчаш йўли билан аникланади. Унда

$$[\eta] = \left[\frac{\tau - \tau_0 - 1}{\tau_0} \right] \quad (2.18)$$

бу ерда, τ ва τ_0 – эритма ва тоза эритувчининг оқиб чиқиш вақтлари

Ҳамма синтетик полимерлар учун ушбу нисбат ўринли бўлади

$$\bar{M}_w \phi \bar{M}_n \phi \bar{M}_n \quad (2.19)$$

2.6. Полимерлар физик таркиби

2.6.1. Полимер занжирларининг эгилувчанлиги

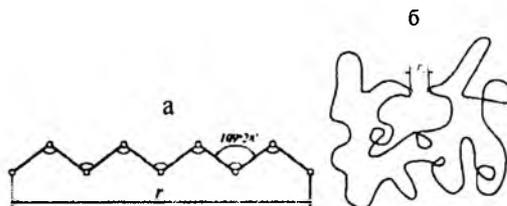
Моддаларнинг физик хоссалари уларнинг кимёвий тузилишига боғлиқ. Полимерларнинг физик хоссалари ва кимёвий тузилиши орасидаги боғлиқлик жуда мураккаб ва макромолекулалар эгилувчанлиги орқали намоён бўлиб, уларнинг кимёвий тузилиши белгиланади.

2.6.2. Макромолекулалар эгилувчанлигининг асослари

Макромолекулалар катта узунлиги унинг эгилувчан бўлишининг заминидир. Аммо макромолекула узунлигининг кўндаланг кесимиغا нисбати пўлат торники билан бир хил бўлганда, полимер макромолекуласининг эгилувчанлик табиати пўлатникига караганда ўзгачадир. Турли физик изланиш усуллари ва тажрибалар асосида полимер макромолекулалари ҳеч қачон чўзилган занжир кўринишида бўлмайди.

Макромолекуланинг энг аниқ шакли – бу ўлчамлари узлуксиз ўзгарадиган ёки чўзинчок эллипсоид кўринишидаги статистик ўрам (клубок) дир, яъни макромолекула йиғилиш ёки ўралаш қобилятига эга. Ушбу ҳодиса унга деформацияловчи юклама таъсир этмаганда, полимернинг иссиқлик ҳаракати туфайли рўй беради. Полимер занжирининг эгилувчанлиги валент бурчаклари ёки атомларининг орасидаги масофаларнинг ўзгаришига боғлиқ бўлмай, атом ва атом гуруҳларининг боғловчи C—C боғлар атрофида айланиш қобиляти билан белгиланади. Ҳақиқий полимернинг занжирли молекулаларида атом ва атом гуруҳларининг айланиши эркин эмас, чунки асосий занжирдаги ҳар бир кейинги звенонинг ҳолати ундан аввалгисига боғлиқ. Бундай жуда секин айланиш макромолекула потенциал энергиясининг узлуксиз равишда ўзгаришига олиб келади. Шунини таъкидлаш керакки, потенциал энергиянинг ҳар бир қийматига макромолекуланинг маълум бир шакли тўғри келади.

Маълумки, потенциал энергиянинг энг кичик қийматига макромолекуланинг энг қулай ўралган ҳолати, аксинча, энг катта қийматига – чўзилган занжирнинг ноқулайроқ ҳолати тўғри келади (2.4-расм).



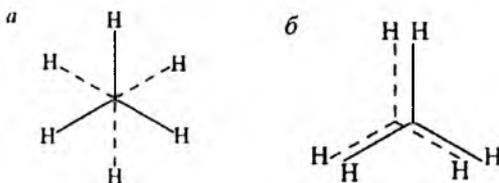
2.4-расм. Полимер занжирининг чегаравий конформациялари.

Молекуланинг потенциал энергия минимал захира ҳолатидан унинг максимал қийматли ҳолатига ўтиш учун зарур энергиясига *ички айланишнинг потенциал тўсиғи* деб номланади. Ички айланишни кўриш учун энг қулай ва содда молекула – бу этан C_2H_6 нинг молекуласидир:



Тузилиши бўйича этан полиэтилен ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$) нинг элементар гуруҳчасига ўхшайди. $C-C$ боғ атрофида айланишда метил гуруҳлари жуда яқинлашган (*цис*-шакл) ёки жуда узоклашган (*транс*-шакл) бўлиши мумкин.

2.5-расмда этан молекуласини $C-C$ боғга перпендикуляр текисликдаги проекциялари кўрсатилган.



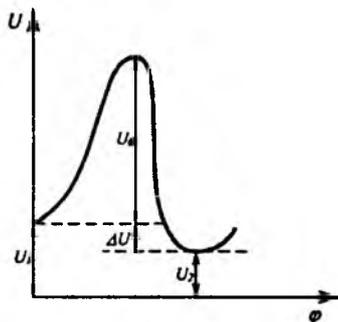
2.5-расм. Этан молекуласининг конформацияси.

Бир-биридан қочаётган метил гуруҳларининг максимал четлашганлиги сабабли *транс*-шакл энергетик жиҳатдан фойдалидир. Ушбу шаклга минимал потенциал энергия, *цис*-шаклга эса максимал энергия тўғри келади.

Иссиклик ҳаракати (ёки ташқи майдон) таъсирида кимёвий боғлар узилмасдан молекула шаклининг ўзгаришига *конформацион айланиш* дейилади.

Ушбу молекула шакллари эса *конформация* деб номланади.

U_1 потенциал энергияга тегишли конформациядан, U_2 потенциал энергияга тегишли конформацияга макромолекуланинг ўтиши бир зумда кечмайди, балки қўшни атом гуруҳларининг ўзаро таъсирига боғлиқ маълум бир тезлик билан кечади. Ушбу ўзаро таъсирни енгиб ўтиш учун қандайдир фаоллаш энергияси $\Delta U = U_2 - U_1$ зарур (2.6-расм). Демак, макромолекуланинг эгилувчанлиги (ёки қаттиқлиги), яъни унинг конформацион айланиш қобилияти, ички айланиш потенциал тўсиғи U_0 нинг қиймати билан белгиланади. Бошқача қилиб айтганда, конформацион айланиш тезлигини ички айланиш потенциал тўсиғи белгилайди. Агар қанчалик макромолекулалар ички айланиш потенциал тўсиғининг қиймати полимерга таъсир қилаётган ташқи (иссиклик, механик) энергиясидан катта бўлса, шунчалик звенолар айланиши секинроқ кечади. Натижада, полимер занжирининг эгилувчанлиги шунчалик кичик бўлади.



2.6-расм. Углеводород занжири айланишнинг фаоллаш энергиясининг звено бурилиш бурчагига боғлиқлиги.

Полимерларда боғлар атрофида айланиш, иссиқлик ҳаракатни нафақат атом ва атом гуруҳлари, балки макромолекуланинг айрим участкалари ҳам амалга оширади. Шунини таъкидлаш лозимки, узокроқдаги занжир участкаларининг жойлашиши ўзгармайди. Шундай қилиб, макромолекулалар узлуксиз равишда ўз шаклини ўзгартиради. Макромолекуланинг айрим участкаларига тасодифий иссиқлик турткилар таъсирида у эгилади, буралади ва қайтадан тўғриланади. Ушбу участкалар ўлчами аниқ эмас. 2.7-расмда эгилувчан макромолекуланинг бир қисми кўрсатилган. Бунда унинг турли участкаларига ҳар хил иссиқлик импульслари таъсир этмоқда. Ушбу импульслар турли узунликдаги участкалар силжишига олиб келади.



2.7-расм. Йўналтирилган иссиқлик ҳаракат таъсирида макромолекула сегментининг силжиши.

Макромолекуланинг ўртача статистик участкасининг иссиқлик ҳаракатида бир бутун, яхлит бўлиб силжиши *сегмент* деб аталади. Турли полимерлар сегменти ўз ичига макромолекулаларнинг бир қанча қайтарилувчи звенолар сонини мужассам этган бўлиб, улар занжир эгилувчанлигини белгилайди.

2.6.3. Макромолекулалар эгилувчанлигини белгиловчи омиллар

Макромолекулар эгилувчанлигини белгиловчи асосий омил бўлиб қуйидагилар ҳисобланади: ички айланиш потенциал тўсиғининг қиймати; полимер молекуляр массаси; ён томон занжирдаги ўринбосарлар ўлчами; фазовий тўрнинг частотаси; температура.

Ички айланиш потенциал тўсиғи ички ва молекулалараро ўзаро таъсир энергиясига боғлиқ ва занжирга кирувчи атомларнинг кимёвий табиати ҳамда тузилиши билан белгиланади. Молекулалараро ўзаро таъсир ва конформацион ўтиш энергия ($4,2...25,1$ кЖ/моль) ларининг кичиклиги кутбсиз полиэтилен, полипропилен, полиизобутиленларни *эгилувчан занжирли полимерлар* қаторига қўшиш имконини беради. Уларнинг статистик сегменти 10...40 та элементар звенони ташкил этади.

Макромолекулаларга поляр ўринбосарлар киритиш ички ва молекулалараро ўзаро таъсирнинг ортишига олиб келгани учун поливинилхлорид ва поливинил спирти *қаттиқ занжирли полимерлар* деб ҳисобланади. Бундай полимерлар статистик сегменти 100 ва ундан ортик звеноли бўлиши мумкин. Кучли молекулалараро водород боғлар ҳосил қила оладиган атоми бўлган полиэфир ва полиамидлар қаттиқ занжирли полимерлардир. Агар макромолекула таркибида ҳажми ва массаси бўйича кўп ўринбосарлар бўлса, занжирлар қаттиқлиги ортади. Бу турдаги макромолекулаларда конформацион ўтишлар учун катта энергия ва узок муддат талаб этилади. Паст температураларда бундай ўтишлар содир бўлмайди, юқори температураларда эса занжирларнинг умумий кинетик эгилувчанлигининг ўсиши туфайли рўй беради.

Молекуляр массанинг макромолекула эгилувчанлигига таъсири шундан иборатки, молекуляр массанинг ўсиши билан конформацион ўтишлар сони кўпаяди. Бу ҳол шунга олиб келадики, ҳаттоки қаттиқ занжирлар ҳам ўралиб қолади ва макромолекула эгилувчан хоссага айланади.

Полимернинг эгилувчанлиги ва сегментал ҳаракатчанлиги макромолекулалар орасида кимёвий боғлар мавжудлигига боғлиқ. Фазовий тўрнинг частотаси канчалик кам бўлса,

полимернинг каттиклиги шунчалик кичик бўлиши билан характерланади. Фазовий таркиби жуда тармоқланган тўрсимон полимерда занжирларнинг эгилувчанлиги йўқолиб боради.

2.7. Полимерлар агрегат ва фазавий ҳолатлари

2.7.1. Полимерларнинг физик ҳолати

Моддаларнинг асосан учта *агрегат ҳолати* мавжуд: *қаттиқ*, *суёқ* ва *газсимон*. Ушбу классификация асосида жисмларнинг ўз ҳажми ва шаклини саклаш ҳамда ташки кучлар таъсирига қаршилик кўрсатиш қобилиятидир. Макромолекулар занжирли таркиби ва эгилувчанлиги полимернинг фақат суёқ ёки каттиқ агрегат ҳолатини белгилайди. Газсимон агрегат ҳолат ҳеч қачон бўлмайди.

Термодинамик нуқтаи назардан моддаларнинг *фазавий ҳолати* бўйича ажратилади. **Фаза** – бу системанинг бир жинсли қисми, жуда кўп заррачалардан таркиб топган ва бошқа фазалар билан ажратиб турувчи юзали ва улар билан ҳар доим мувозанат ҳолатида бўлади.

Одатда, фазалар учга бўлинади: кристаллик, суёқ ва газсимон. Кристаллик фаза фазани ташкил этувчи атом ёки молекуларлар жойлашиши бўйича узоқ (дальным порядком) даражали, суёқ фазалар – яқин жойлашиши, газсимонда эса – атом ва молекуларлар жойлашинининг даражаси умуман йўқ. Фазаларнинг ҳолати ва моддаларнинг тузилиши ўртасида тўғридан-тўғри боғлиқлик бор.

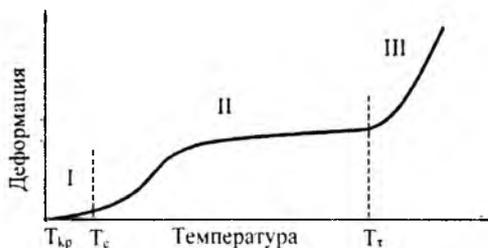
Полимерларнинг каттиқ ҳолатига иккита фазавий ҳолат тўғри келади: кристаллик ва суёқ (аморфли).

Полимерларнинг суёқ агрегат ҳолатига иккита фазавий ҳолат тўғри келади: каттиқ (шишасимон) ва суёқ (қуюлтирилган эритма).

Кўпчилик полимерлар (полистирол, поливинилхлорид, полиметилметакрилат, поливинилацетат ва бошқалар) суёқ фазали ҳолатдадир. Булар – аморф полимерлар.

Аморфли полимерлар учта физик ҳолат бўлади: шишасимон, юқори эластик ва қовушқоқ оқувчан. Ҳар бир физик ҳолат маълум деформацияланувчи хоссалар мажмуаси билан характерланади. Ушбу хоссаларни билиш полимерларни қайта ишлаш ва маҳсулотни ишлатиш даврида муҳим аҳамиятга эга. Полимер бир физик ҳолатдан иккинчисига температура ўзгариши билан ўтади. Температуранинг ўзгариши макромолекулар иссиқлик энергия (микроскопик хоссалар) захирасига таъсир этади ва механик (макроскопик хоссалар), яъни механик мустаҳкамлик, деформацияланиш, қайтар ва қайтмас деформацияларни ривожлантириш қобилияти каби хоссаларини ўзгартиради.

Юқори молекулали, чизикли, аморф полимерларнинг ҳамма 3 та физик ҳолатини деформациянинг температурага функционал боғлиқлигининг термомеханик эгри чизигида кузатиш мумкин (2.8-расм). Ҳар бир физик ҳолатга ўз табиати ва алоҳидалиги хосдир.



2.8-расм. Аморфли полимерларнинг термомеханик эгри чизиги:

I – шишасимон ҳолат; II – қовушқоқ эластик ҳолат;

III – қовушқоқ оқувчан ҳолат.

2.7.2. Полимерларнинг аморф ҳолати

Шिशасимон ҳолат. Аморф полимернинг шишасимон ҳолатини ўта совутилган суёқлик ҳолати билан таққослаш мумкин. Ўта совутилган суёқлик қовушқоқлигининг

юкорилиги унинг эркин окишига йўл қўймайди ва шакл турғунлигини таъминлайди. Бундай ҳолат каттик жисм ташки кўрсаткичлари мос келади. Паст молекулали моддаларнинг шишасимон ҳолати ҳамма молекулаларнинг ҳаракатчанлигининг батамом йўқотганидан далолат беради. Макромолекулар ҳаракатчанлиги тўхтаганда полимерларда шишасимон ҳолат кузатилади. Бундай ҳолатга температурани пасайтириш йўли билан эришиш мумкин. Маълумки макромолекулалар яхлит, бир бутун бўлиб эмас, балки сегментлар бўлиб ҳаракатланади. Шунинг учун, бутун занжирни маҳкамлаш учун факат битта сегментни маҳкамлаш етарли бўлади, аммо шуни ҳам қайд этиш лозимки, бошка қисмлари қисман ҳаракат қилиш эркинлиги сақланиб қолади. Ушбу ҳодиса салмокли кучланиш берилган полимер ойналарнинг катта деформацияларининг сабабчиларидан биридир.

Шишасимон полимер (полимер ойна) – бу каттик, мўрт материал. Унинг макромолекулаларида атом ёки атом гуруҳлари мувозанат ҳолати яқинида тебранма ҳаракат қилади. Муҳитнинг ковушқоклиги юкори бўлгани учун занжирнинг кўп қисм сегментларида ҳаракат йўқлиги макромолекулалар конформацион ўтишларига йўл қўймайди. Иссиклик энергиясининг температураси ортиши, сегментларнинг бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга силжишига етарли бўлиши мумкин. Ташки томондан қуйидаги ҳолат, яъни каттик, мўрт материал хоссаларидан аста-секин нисбатан юмшоқ, пластик жисм хоссали материалга ўтиш кузатилиши мумкин. Температуралар оралигининг қандайдир ўртача кийматида макромолекулалар сегментал силжишининг бошланиши **шиша ҳосил бўлиш (стеклования) температураси** деб номланади (2.8-расм). Занжир эгилувчанлиги ва сегмент ўлчамлари бир-бирига ҳамда полимердаги ички ва молекулараро ўзаро таъсирга боғлиқ бўлганлиги учун унинг ўсишига масъул омиллар температура T_c ни оширади ва аксинча, молекулараро кучлар сусайганда T_c паст температурали соҳага сурилади.

Чизикли полимерларда шиша ҳосил бўлиш температураси молекуляр массага боғлиқ ва унинг ўсиши билан у ҳам ортади. Макромолекулар эгилувчанлиги кузатиб бошланишига мос молекуляр масса кийматида эришилганда, температура T_c ўзгармас қийматни олади. Фазовий полимерларда макромолекулаларнинг тикилиши (сшивание) ва тўрсимон тузилиш ҳосил бўлиши температура T_c нинг ортишига олиб келади. Агар фазовий тўрнинг қанчалик кўп тармоқланган бўлса, температура T_c шунчалик кўп ўсади.

Шиша ҳосил бўлиш жараёни полимернинг кўпчилик хоссаларини ўзгариши билан кечади, яъни: иссиқлик ўтказувчанлик, электр ўтказувчанлик, диэлектрик ўтказувчанлик, синдириш кўрсаткичи. Шуни таъкидлаш лозимки, температура t_c да юкорида қайд этилган хоссалар сакраб-сакраб ўзгаради. Полимернинг мўрт синиши ва бузилишига тўғри келадиган температура T_{xp} **мўртлик температураси** деб аталади (2.8-расм).

Юқори эластик ҳолат. Полимернинг ушбу ҳолатига макромолекула сегментларининг нисбатан юкори ҳаракатчанлиги тўғри келади. Бу шунга олиб келадикки, макромолекулалар фазода **звеноларнинг** турли ҳолатларига мос келадиган конформацияларни қабул қилишга интилади. Энг четки иккита конформациялар, яъни бутунлай тўғриланган ва тўлиқ ўралганлардан ташқари, яна кўпгина макромолекулаларининг ўралганлик даражаси билан фарқланадиган конформациялар мавжуд (статистик ўрамлар).

Юқори эластик ҳолатда деформация қайтар характерга эга, чунки ушбу мувозанат шароит учун ташки механик таъсир этиш вақти макромолекуланинг конформация қабул қилиш учун талаб этиладиган вақтига нисбатан камдир. Агар чизикли полимернинг деформация жараёнини аста-секин амалга оширилса, макромолекулалар бир мувозанат конформациядан бошқасига ўтиб улгуради. Бунда, юкори эластик ҳолатни олиши керак бўлган полимер ковушқок оқувчан ҳолатга ўтиб қолади.

Юқори эластик ҳолат температуралар фарк $T_c - T_m$ бўлганда кузатиш мумкин, бу ерда T_m – полимернинг **оқувчанлик температураси** (2.8-расм); T_m дан юкори температурада деформация кескин ортади ва оқибатда полимер ковушқок оқувчан ҳолатда бўлади.

№	Полимер	Формула	$T_{ст}$, °C
1.	Политетрафторэтилен	$\sim CF_2 - CF_2 \sim$	-112
2.	Полиэтилен	$\sim CH_2 - CH_2 \sim$	-45
3.	Полипропилен	$\sim CH_2 - \underset{\substack{ \\ CH_3}}{CH} \sim$	-18
4.	Поливинилацетат	$\sim CH_2 - \underset{\substack{ \\ OCOCH_3}}{CH} \sim$	28
5.	Поли-ε-капролактам	$\sim NH - (CH_2)_5 - CO \sim$	40
6.	Полиметилметакрилат	$\sim CH_2 - \underset{\substack{ \\ COOCH_3}}{C} \overset{CH_3}{\sim}$	80
7.	Полистирол	$\sim CH_2 - \underset{\substack{ \\ \text{C}_6\text{H}_5}}{CH} \sim$	80
8.	Поливинилхлорид	$\sim CH_2 - CHCl \sim$	80

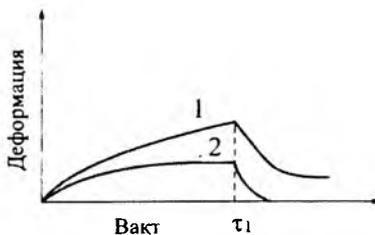
Қовушқоқ оқувчан ҳолатда полимер суюқлик агрегат ҳолатида бўлади ва жуда кичик ташки кучланишлар таъсири остида қайтмас оқиш қобилиятига эга, яъни пластик деформацияни намоён этади. Оқиш жараёнида бутун макромолекулаларни бир-бирига нисбатан силжиши рўй беради. Қовушқоқ оқиш ҳолатида деформация чексиз ривожланиши мумкин ва у қайтмас характерга эга. 2.8-расмда ушбу ҳолатга эгри чизикнинг III участкаси тўғри келади.

2.7.3. Полимерларда релаксация ҳодисаси

Системада статистик мувозанат ўрнатилиш жараёнига **релаксация** дейилади. Жуда кўп сонли атом ва атом гуруҳлардан таркиб топган макромолекулалар ҳаракати статистика қонунларига бўйсунди. Агар полимерга ташки кучланиш таъсир этмаса ёки ушбу таъсир қиска муддатли бўлса, кинетик бирлик (атомлар, атомли гуруҳлар, статистик сегмент) лар исиклик ҳаракати конформациялар турларини ҳосил қилади. ва улар маълум статистик мувозанатга тўғри келади. Ташки куч таъсири остида полимер системасидаги мувозанат бузилади ва нотурғун мувозанатдан мувозанат ҳолатга кинетик бирликлар исиклик ҳаракати туфайли ўтишга интилади. Бундай ўтиш тез кечмайди, балки вақт бўйича аста-секин боради. Нотурғун ҳолатдан турғун мувозанат ҳолатига ўтиш вақти **релаксация вақти** деб аталади. Исиклик ҳаракати туфайли бу турдаги ўтиш ҳодисаларига **релаксацион ҳодисалар** деб номланади.

Полимерга механик ва электр майдонлар таъсир этганда, эриш, бўқиш ва кристалланиш каби жараёнлар юз берганда релаксацион ҳодисалар рўй беради. Айниқса механик релаксацион жараёнлар, чунончи силжувчанлик ва эластик гистерезислар муҳим аҳамиятга эга.

Полимер силжувчанлик маъноси қуйидагидан иборат (2.9-расм). Полимерга чўзувчи кучланиш таъсир этганда, унда ортиб борувчи деформациялар ривожланади. Агар t_1 вақтда чўзувчи кучланиш таъсири тўхтатилса, чўзилган намуна қисқара бошлайди. Шунини таъкидлаш лозимки, у дастлабки ўлчамларига қайтмайди, чунки бир вақтнинг ўзиде қайтар юқори эластик деформация билан бирга қайтмас оқиш деформацияси кечади.



2.9-расм. Полимерларнинг силжувчанлик эгри чизиги:
1 - чизикли, 2 - тўрсимон.

Агар кучланиш канчалик узок муддат давомида таъсир этса, температура юкори ва полимердаги молекулалараро ўзаро таъсир энергияси кичик бўлса, ушбу кайтмас деформация шунчалик узок вақт давом этади.

Эластик гистерезис — бу ўзгарувчан (ўсиб борувчи ва камаювчи) ташки кучланишлар таъсири остида полимер деформациясининг вақт бўйича орқада қолишидир (2.10-расм).



2.10-расм. Чизикли аморф полимернинг гистерезис сиртмоғи.
(стрелка чизиклари деформация жараёнининг йўналишини кўрсатади)

Эластик деформация оқибатида полимер кизийди, яъни деформацияга сарфланган (1-эгри чизик остидаги юза) ва юклама олингандан кейин кайтган (2-эгри чизик остидаги юза) ишлар эквивалент эмаслиги туфайли йиғилган иссиқлик энергия ҳисобига температура кўтарилади. Ушбу ишлар чўзилиш-сикилиш циклидаги механик кучланиш таъсирида содир бўлади. Йиғилган иссиқлик миқдорини гистерезис сиртмоғининг юзаси бўйича аниқлаш мумкин. Циклик юкламалар таъсири ишлатилаётган полимернинг кизиши унинг занжирларини деструкцияга дучор қилиши ва маҳсулот хоссаларини ёмонлаштириши мумкин.

Гистерезис ҳодисасини паст температура ($<T_c$) ларда резинали маҳсулотларни эксплуатацияси даврида кузатиш мумкин. Бунда, релаксация вақти жуда катта ва кучланиш олингандан сўнг маҳсулот ўлчамларининг кайта тикланиш жараёни жуда секин кечади.

2.7.4. Полимерларнинг кристаллик ҳолати

Маълумки, кўпчилик полимерлар кристаллик агрегат ҳолатида бўлиши мумкин. Масалан, полиэтилен, полипропилен, табиий каучук, целлюлозанинг айрим эфирлари ва полиамидлар микроскопик кристаллар ҳосил қилиши мумкин.

Температура пасайтирилса, суюқ агрегат ҳолати (эритма, куюк эритма) дан полимерлар кристаллик фазага ўтади.

Полимерларда кристалланиш жараёни амалга ошириш учун айрим шартларнинг бажарилиши керак. Ҳар бир шарт зарур, лекин етарли эмас.

Биринчидан – тўғри панжарали ва кристаллик тузилишни куриш учун полимер молекулалари тартибли бўлиши керак.

Иккинчидан – фазавий айланиш даврида занжир ёки сегментларнинг ўзаро жойлашиши зич тахланиш асосида бўлиши зарур.

Учинчидан – кристалланишни амалга ошириш учун ҳамда занжирлар силжиши ва кристаллик гузилишда тахлана олиши учун полимер молекулалари маълум миқдорда силжувчанликка эга бўлиши даркор. Амалий жиҳатдан караганда, кристалланиш жараёни шиша ҳосил қилиш температураси T_c дан юкори ва эриш температураси T_g дан паст, яъни юкори эластик ҳолатда соҳада рўй беради. Юкорида кайд этилган шартлар бажарилганда ҳам полимерлар тўлик кристаллик бўлмайди. Агарда кристалланиш шартларидан бирортаси бажарилмаса, полимер моддалар аморф фазавий ҳолатда бўлади.

Ҳар доим полимерларда кристаллик билан бирга аморф участкалар ҳам бўлади. Масалан, юкори зичликка эга бўлган полимерларда 75...90%, паст зичликда эса ~ 60% кристаллик қисм ташкил этади. Ўз навбатида кристаллик таркиб ҳам нуқсонли бўлиши мумкин. Кристаллик полимерлар таркибида нуқсонлар мавжудлиги занжирли молекулалар эгилувчанлиги билан белгиланади.

Полимернинг кристаллилик даражаси, кристаллик таркиб мукамаллиги ва эриш оралиги кристалланиш тезлиги (вакти) ва температурасига боғлиқ. Ушбу боғлиқликнинг намоён бўлиши кристалланиш жараёнининг релаксацион характери билан белгиланади. Масалан, бирор температурада кристалланиш жараёни аста-секин амалга оширилса, яъни релаксацион жараёнлар узок вақт давомида кечса, нуқсонлар сони кам бўлган кристаллик таркиб ҳосил бўлади. Бу шакл таркиблари мукамалроқ, демак, полимернинг эриш температураси ҳам юкори бўлади. Қуйидаги 2.3-жадвалда айрим полимерларнинг эриш температуралари келтирилган.

Жадвалдан кўриниб турибдики, полимер элементар звенолар кутбланиши ва тузилишининг тартиблиги ортиши билан температура T_g ортади. Ўз навбатида молекулалар эгилувчанлиги камайиши билан зич тахланиш ва кристаллик таркиб ҳосил қилиш эҳтимолини белгилайди.

Эгилувчан занжирли полимернинг эриш температурасини ошириш учун нафакат кристалланиш тезлиги ва температурасини ўзгартириб, балки уни чўзиш йўли эришиш мумкин. Бундай ҳодиса, айниқса аморфли кристалланувчи эластомерлар учун тааллуқли бўлиб, полимерларнинг *ориентацияланган* деб аталади. Шунинг учун «кристаллик» ва «кристалланувчи» полимерлар деган тушунчаларни фарқлаш керак. Ушбу фарқ полимерлардаги релаксацион ҳодисалар билан боғлиқдир.

Полимерни синтез қилиш жараёнида, яъни макромолекуляр билан бир вақтда шаклланган кристаллик тузилишга *кристаллик полимер* деб аталади.

Кристалланувчи полимер деб синтез қилиш жараёнида аморф полимер ҳосил бўлиб, кристаллик тузилиш эса макромолекулаларни деформация томон йўналтирилган деформация (чўзилиши)си даврида ҳосил бўлади.

Кристаллик ва кристалланувчи полимерларнинг умумий хоссаси шундаки, намунани аморф ва кристаллик фазаларга ажратиб бўлмайди. Бунга сабаб, кристаллик тузилишнинг шаклланиши жараёнида битта макромолекула ҳам кристаллик, ҳам аморф соҳаларга кириши мумкин. Йўналтирилган полимерларнинг нисбий чўзилиши ва мустаҳкамлиги, макромолекулалари (ориентацияланган) йўналтириб жойлашганлиги туфайли, кристаллик полимерларникига караганда юкорироқ.

Аморф полимерлар учун T_{sp} юкори, лекин T_c дан паст температураларда йўналтирилган тузилишни ёки кристаллик полимер учун T_c дан юкори температурада яратиш усули *совуқ тортиш* (вытяжка) деб номланади. Совуқ тортиш даврида макромолекулалар конформациялари шарсимон ўрамдан чўзинчок ҳолатга ўтади.

Натижада молекулаларо ўзаро таъсир ва полимер мустаҳкамлиги ортади. Одатда, йўналтирилган ҳолат фақат деформацияловчи куч таъсир этиб турганда тургун бўлади ва аксинча, ушбу куч олинса макромолекулалар эски, ўралган ҳолатига тезда қайтишга интилади. Бунга паст температураларда секин кечадиган деформация қаршилиқ кўрсата олиши мумкин, чунки бундай шароитларда макромолекулалар конформациясининг ўзгариши билан боғлиқ секин борадиган *релаксацион жараёнлар* кечиши мумкин. Шунини таъкидлаш лозимки, сегментлар фиксация бўлиб қолади, яъни полимернинг йўналтирилган ҳолати ҳам фиксация бўлиб қолади. Полимерларда ориентирланган (йўналтирилган) тузилиш ҳосил қилиш усули мустаҳкам тола олиш учун асосдир.

2.3-жадвал

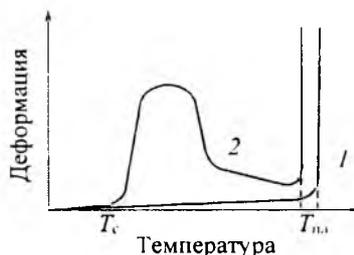
№	Полимер	Формула	T _г , °C
1.	Политетрафторэтилен (ФП-4)	$\sim CF_2 - CF_2 \sim$	327
2.	Полиэтилен	$\sim CH_2 - CH_2 \sim$	137
3.	Полипропилен	$\sim CH_2 - \underset{\begin{array}{c} \\ CH_3 \end{array}}{CH} \sim$	176
4.	Изотактик полиметилметакрилат	$\sim CH_2 - \underset{\begin{array}{c} \\ COCH_3 \end{array}}{C} \sim$	160
5.	Изотактик полистирол	$\sim CH_2 - \underset{\begin{array}{c} \\ C_6H_5 \end{array}}{CH} \sim$	240
6.	Поливинилхлорид	$\sim CH_2 - CHCl \sim$	212
7.	<i>транс</i> -Полиизопрен (гуттаперча)	$\begin{array}{c} H_3C \quad \quad CH_2 \sim \\ \quad \diagdown \quad \diagup \\ \quad C = C \\ \quad \diagup \quad \diagdown \\ -H_2C \quad \quad H \end{array}$	74
8.	Полигексаметиленадипамид (найлон 66)	$\sim NH(CH_2)_6NHCO(CH_2)_4CO \sim$	265
9.	<i>цис</i> -Полиизопрен (натурал каучук)	$\begin{array}{c} H_3C \quad \quad H \\ \quad \diagdown \quad \diagup \\ \quad C = C \\ \quad \diagup \quad \diagdown \\ -H_2C \quad \quad CH_2 \sim \end{array}$	28

Битта ўкга йўналтирилган полимерлар зарбага бардош бера олмайди ва унинг таъсирида макромолекула йўналтирилиши бўйлаб дарз кетиши мумкин. Мўрт полимернинг зарбага бардошлигини ошириш учун икки ўкли йўналтирилиши керак, яъни уни иккита ўзаро перпендикуляр йўналишда чўзилиши даркор. Мустаҳкам парда олишда ушбу усулдан фойдаланилади.

Кристаллик тузилиш кристаллик ва кристалланувчи полимерларнинг механик хоссаларига турлича таъсир кўрсатади. Кичик кучланишлар таъсир эттирилганда кристаллик полимерларнинг деформацияси жуда кам бўлади. Эриш температурасидан юқори температурада полимер ковушқоқ оқувчан ҳолатга бир зумда ўтади, лекин деформация кескин равишда ўсиб кетади (2.11-расм). Худди шундай кимёвий тузилишга эга бўлган кристалланаётган полимер бошқача термомеханик эгри чизик билан ифодаланади.

Агар кристалланаётган полимер қуюқлашган эритмасини тезда совутилса, у кристалл ҳосил қилиб улгурмайди ва шишасимон ҳолатга ўтиб кетади. Шиша ҳосил қилиш

температурасигача оддий аморф полимердек бўлади, яъни кайтар деформациялари камрок намоён бўлади.



2.11-расм. Кристаллик (1) ва кристалланаётган (2) полимерларнинг термомеханик эгри чизиклари.

Кристалланаётган полимерларда юкори эластик ҳолат соҳаси намоён бўлиши мумкин ва унда макромолекуланинг сегментал силжувчанлиги ортиши ҳисобига кристалланиш бошланади.

Кристаллга айланиб, эриш температурасига етгандан кейин полимерда юкори кайтмас деформациялар ўз аксини топади.

Кристаллик ва кристалланаётган полимерлар чўзилганда ўзини турлича тутади. Аморф кристалланаётган полимерлар чўзилганда «юклама-чўзилиш» эгри чизиғи (2.12-расм) аморф кристалланмайдиган полимерларнинг худди шундай эгри чизиғи билан умумий кўриниши бир хил (2.8-расм). Фарқи шундаки, аморф кристалланмайдиган полимерларнинг эгри чизиғида горизонтал участкалар мавжуд (2.8-расм). Бу участка макромолекулаларни йўналтириш натижасида кристаллик тузилиш ҳосил бўлишини ифодалайди. Йўналтириш билан бирга материал каттиклиги ортади. Шу сабабли, намуналар деформацияланганда ундаги кучланишлар ҳам кўпаяди.



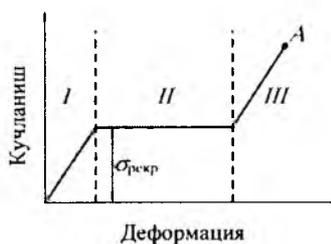
2.12-расм. Кристалланаётган полимерни чўзишдаги деформация эгри чизиғи.

Кристаллик полимерларнинг «юклама-чўзилиш» эгри чизиғида якқол кўзга ташланадиган учта соҳаси мавжуд (2.13-расм). Соҳа I да деформация чўзилишга пропорционал ва асосан полимер аморф қисмининг деформацияси ҳисобига рўй беради. Бунда материал тузилиши ўзгармайди. Соҳа I дан II га ўтиш даврида букилиш нуктасида намунада ингичкалашган (битта ёки бир нечта) участка ҳосил бўлади ва унинг узунлиги тезда ортиб боради. Ушбу участканинг номи *бўйинча* деб аталади.

Бўйинчанинг ўсиши жараёнида чўзилиш йўналишида кристаллик тузилишларни йўналтирилиши содир бўлади. Соҳа II да полимерга юкори мустаҳкамлик ва чўзилиш хосдир.

Полимердаги мавжуд кристаллик соҳаларнинг механик деформациялар таъсири остида эриш жараёнининг рўй бериши ва чўзилиш йўналишида янги, йўналтирилган соҳалар ҳосил бўлиш кучланиши *рекристалланиш кучланиши* деб номланади.

Рекристалланиш кучланиши III соҳада янги мустаҳкам материал-бўйинчанинг деформацияланишига олиб келади. Деформация оқибатида намунанинг (A нукта) да узилиши билан якунланади.



2.13-расм. Кристаллик полимернинг чўзиш эгри чизиги.
 $\sigma_{рекp}$ -рекристаллизация кучланиши.

Кучланиш-чўзилиш боғликлигининг турини температура ва кучнинг таъсир этиш давомийлиги белгилайди. Масалан, деформациянинг юкори тезлигида ва паст температураларда кристаллик полимерларда рекристалланиш содир бўлмай, кўпинча мўрт парчаланиш ёки синиш кузатилади. Ушбу ҳодиса релаксацион жараёнлар билан боғлиқ.

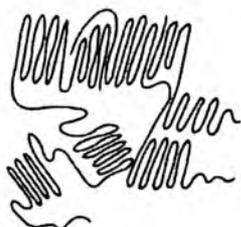
2.7.5. Полимерларнинг молекула уст тузилиши

Полимернинг кимёвий таркиби, яъни кимёвий таркиб ва макромолекулада атомларнинг бирлашиш усуллари, макромолекулалардан тузилган материал табиатини белгиламайди. Бундай материал хоссалари унинг физикавий молекула уст (надмолекуляр) тузилишига боғлиқ. Молекула уст тузилиши агрегат ва фазавий ҳолати қандай бўлишидан қатъи назар, ҳамма полимерлар учун хосдир. Унинг барпо бўлишининг сабаби занжирлар ички ва молекулалараро ўзаро таъсир кучларининг нисбатидир. Полимернинг молекула уст тузилиши мураккаб, макромолекулаларни маълум тартибда тахлаб ҳосил килинган, турли ўлчам ва шаклли фазода ажралиб турувчи агрегатлардир. Молекула уст тузилишни яратишда эгилювчан занжирнинг фундаментал хоссалари- шарсимон шаклга, «ўзи-ўзига» ўралиш қобилияти намоён бўлади. Бунда сегмент ҳаракатчан тузилишли элемент бўлади.

Одатда, эгилювчан молекулалар ўралиб, сферик шаклни олишга интилади ва улар **глобулалар** деб номланади. Бундай шаклнинг турғунлиги энг кичик юза ва юзавий энергия билан белгиланади. Глобула битта ёки бир нечта макромолекулалардан таркиб топган бўлиб, бунда занжирнинг айрим участкалари унинг ичида тартибсиз жойлашган. Кўпчилик аморф полимерлар учун **глобуляр тузилиш** типикдир ва уларни олиш жараёнида шаклланади.

Юқорида қайд этилганлардан ташқари **чизиқли тузилишли** полимерлар ҳам кенг тарқалган. Бу турдаги тузилишлар эритма ва қуюқлашган эритмаларда ёки битта макромолекула ёки унинг қисмларининг тахланиб йиғилиши даврида молекулалараро кучларнинг таъсирида ёки айрим молекулаларнинг яқинлашишида содир бўлади. Чизиқли тузилишларда тахланиш («домен») лар чўзилган толасимон «супердоменлар» кўринишида йиғилган (2.14-расм).

Супердоменлар агрегирланиши мумкин ва бунда нисбатан йирикрок чизиқли тузилишлар – **фибриллалар** ҳосил бўлади. Фибриллар тузилиш айрим аморф полимерларга хос бўлиб, глобулярга нисбатан камрок учрайди.



2.14-расм. Аморф полимерда фибрилла ҳосил бўлиш схемаси.

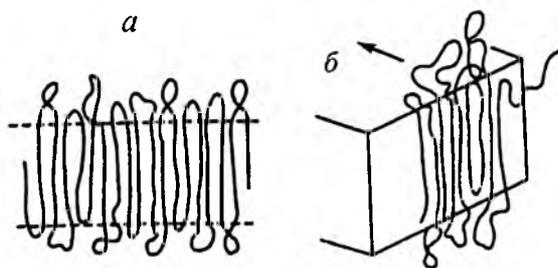
Мукамал фибрилляр тузилишни аморф кристалланувчи полимерларда намоён бўлади (2.15-расм). Бу турдаги тузилиш йўналтирувчи механик таъсир ёрдамида барпо қилинади.

Бундай фибрилляр агрегатларнинг юкори даражада тартибли ва зич жойлашиши полимер материалларнинг жуда мустаҳкамлик хоссаларини белгилайди.



2.15-расм. Йўналтирилган кристаллик полимерда макромолекулаларни тахлаш.

Кристаллик полимерлар учун молекула уст тузилишлар турлари жуда кўп ва *кристаллик фибрилла* – бирламчи чизикли ҳосиласи асосида яратилади. Бундай фибриллалар бир-бирига параллел жойлашган тартибли агрегатлардан шаклланади. Бундай агрегатлар ҳам бир-бирига параллел жойлаштирилган тартибли, эгилившан макромолекулалар қисмларидан иборт (2.16-расм).



2.16-расм. Кристаллик фибрилланиң тузилиш схемаси (а) ва ламелага тахланган ҳолати (б).

Кристалланиш шартларидан қараб молекула уст тузилишлар фибрилляр (игнасимон) ҳолатда қолиши ёки ламелярли (пластинасимон) ёки сферолит шаклга ўзгариши мумкин.

Полимерлар молекула уст тузилишларининг тури ва ўлчами электрон ва оптик микроскопия, рентген тузилишли таҳлил ва бошқа усуллар ёрдамида аниқланади. Агар полимер қанчалик кичик ва бир жинсли тузилишли бўлса, унинг физик-механик хоссалари шунчалик юкори бўлади (2.4- жадвал).

**Молекула уст тузилишлар тури ва ўлчамлари
полимерларнинг хоссаларига таъсири**

2.4-жадвал

№	Полимер	Тузилиш	Тузилиш ўлчами, мкм	Букилишдаги бузилиш кучланиши, МПа	Нисбий чўзилиш ε, %
1.	Полипропилен	Сферолитлар	2,0	10	200
			0,5	40	800
2.	Полиметилметакрилат	Глобулалар	Майда	8	0
		Кристаллик фибриллалар	Майда	12.5	20

2.8. Полимерлар реологияси асослари

Полимерлардан турли буюмлар яшашнинг энг кенг таркалган усуллари уларни ковушқок оқувчан ҳолатга ўтказишга ва айнан шу ҳолатда полимерларга деформация ҳисобига маълум шакл ва кўриниш беришга асосланган. Оқувчанлик даврида материалларнинг деформацион хоссаларини ўрганувчи илмнинг соҳаси *реология* деб номланади.

Қовушқок оқувчан ҳолатдаги деформация силжиш деформацияси кўринишида бўлиб, унга жисмнинг ҳажми ўзгармасдан шаклининг ўзгириши характерли. Ташки кучлар таъсирида ҳосил бўлган деформация кайтмасдир. Полимер эритмалари ва қуюклаштирилган эритмаларининг ҳаракатланиши оддий суюкликларникидан тубдан фаркланади. Оддий суюкликлар ҳаракати Ньютон қонунига бўйсунди ва унинг моҳияти куйидагидан иборат: агар, суюклик аста-секин деформацияланса, унда чексиз кичик миқдордаги кучланишлар ривожланиб, яъни суюклик қатламлари бир-бирига нисбатан ҳеч қандай қаршиликсиз ҳаракатлана бошлади. Лекин қатламларнинг сурилиш тезликлари охириги қийматига етиши билан суюклик силжишига қаршилик пайдо бўлади. Силжиш тезлиги ва кучланишлари орасида боғлиқлик Ньютон қонуни ёки идеал ковушқок суюклик ҳаракатини ифодаловчи тенглама билан аниқланиши мумкин:

$$\tau = \mu \cdot \dot{\gamma} \quad (2.21)$$

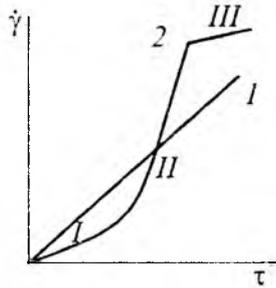
бу ерда τ – силжиш кучланиши, Па, $\dot{\gamma}$ – силжиш тезлиги, s^{-1} , μ – пропорционаллик коэффициенти ёки динамик ковушқоклик коэффициенти, Па с

Маълумки, исталган суюкликнинг ковушқоклиги температура билан узвий боғлиқ. Агар ўзгармас температурада суюкликнинг силжиш кучланиши ва силжиш тезлиги (деформацияси) орасида пропорционаллик сақланиб қолса, яъни $\mu = \tau / \dot{\gamma}$ бўлса, бундай суюкликлар *ньютон* (идеал) *суюқликлар* деб номланади. Силжиш тезлигининг силжиш кучланишига боғлиқлик график тасвири *ҳаракат эгри чизиқлари* деб аталади. Ньютон суюкликларининг ҳаракат эгри чизиқлари ўзгармас бурчак коэффициентли, сон жиҳатдан $1/\mu$ га тенг тўғри чизиқдир (2.17-расм, 1-эгри чизик).

Ньютон суюкликларга полимерларнинг паст концентрацияли эритмалари ва кўпчилик паст молекулали суюқликлари қиради. Ньютон суюкликларининг ковушқоклиги деформацияланиш режимига боғлиқ эмас ва ташки кучланиш ортиши билан ўзгармасдан қолади.

Кўпчилик полимер эритмалари ва қуюклашган эритмаларининг ҳаракати даврида силжиш тезлиги силжиш кучланишидан илгарилаб кетиши кузатилади (2.17-расм, 2-эгри чизик). Бундай системаларнинг ҳаракат эгри чизиқларида 3 та участка мавжуд. Кичик (I участка) ва жуда катта (III участка) деформацияланиш тезликларида полимерларнинг

куюклашган эритмалари ньютон суюкликларига ўхшайди, яъни уларнинг ковушкоклиги ўзгармасдир.



2.17-расм. Оқувчанлик эгри чизиклари.

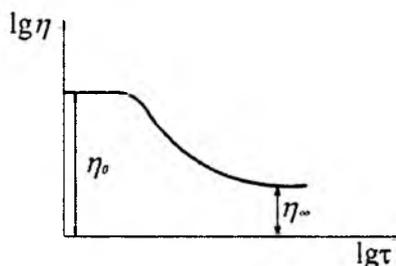
1-ньютон суюкликлари; 2-ковушкок эластик жисм.

Силжиш тезлигининг оралик соҳаларида (2.17-расм, II участка) полимер эритма (ва куюклашган эритма) ларининг ковушкоклиги ўзгармаслиги тугайди ва кескин равишда пасайиб бошлайди. Полимер ковушкоклиги нафакат температурага, балки деформацияланиш режимига ҳам боғлиқдир.

Суюклик системаларида силжиш тезлиги $\dot{\gamma}$ ўзгариши билан улар ковушкоклигининг ўзгариш ҳодисаси *аномал қовушқоқлик* деган ном олди. Полимер эритмаларининг ковушкоклиги ўзгарувчан бўлгани учун уни *эффектив қовушқоқлик* деб аталади, ушбу аномал хоссаларни намоён этувчи суюклик системалари *ҳақиқий ёки аномал-қовушқоқ* суюклик деб номланади.

Суюклик ковушкоклигининг аномаллиги полимерларда юкори эластик билан бирга пластик ва эластик деформацияларнинг йиғилиши ҳамда ривожланиши билан боғлиқдир. Эластикка ўхшаб юкори эластик деформация кайтар бўлиб, лекин эластикка қараганда вақт ўтиши билан ривожланиб боради. Бунга сабаб, макромолекулалар корформацион айланишлари бўлиб, яъни релаксацион жараёнлар билан белгиланади. Релаксацион жараён тезлиги температура ва юккланиннг полимерга таъсир этиш давомийлигига боғлиқ.

Полимер эритмаларнинг кичик силжиш тезликларида Ньютон конунига бўйсунуши юкори эластик деформациялар йиғилиб улгурмаслиги ва шу туфайли занжирли молекулалар йўналтирилиши макромолекулаларнинг иссиқлик броун ҳаракати билан бартараф қилиниши белгиланади. Бундай деформация режимларида полимердаги релаксацион жараён тезлиги юкори эластик деформациялар йиғилиш тезлигидан кўп бўлади ва материал энг катта ўзгармас ньютон ковушкоклик η_0 да оқади (2.17-расм, I участка). Жуда катта кучланиш ва силжиш тезликларида юкори эластик деформациялар йиғилиши оқим ҳаракат томонига макромолекулаларнинг энг кучли йўналтирилишига олиб келади. Бунда, деформацияга каршилиқ, яъни ковушкоклик кескин камаяди ва материал энг кичик ўзгармас ньютон ковушкоклиги η_∞ да оқади (2.17-расм, III участка, 2.18-расм).



2.18-расм. Полимерларнинг силжиш ковушкоклиги η нинг ўзгариши.

Оралик деформацияланиш режимида силжиш тезлигининг ортиши йигилаётган деформацияни релаксация қилиб улгурмаслигига олиб келади. Қандайдир бир қисми юкори эластик характерга эгадир. Буни деформацияга каршилиқ камайиши, яъни ковушқоклик пасайиши орқали кузатса бўлади (2.17-рasm, II участка, 2.18-рasm).

Ушбу эгри участкада полимер қуюқ эритмалари (эритмалари) нинг окиши даражали конунга бўйсунди:

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma} \quad (2.22)$$

бу ерда, η – ковушқоклик аномаллик даражасини ифодаловчи окиш индекси.

Ньютон суюкликларида μ коэффиценти ковушқокликни англатса, полимер эритмалар эса аномал-ковушқок суюликлар қаторига қиради ва уларда ушбу кўрсаткич η ковушқокликка ўхшаш бўлиб, консистенция коэффиценти деб аталади.

Аномал-ковушқокликнинг намоён бўлишига релаксацион жараёнлардан ташқари полимер эритмаларидаги молекула уст тузилишнинг бузилиши ҳам ўз хиссасини қўшади. Ушбу бузилиш силжиш тезлигининг маълум бир қийматларидан бошлаб кузатиш мумкин (2.17-рasm, I участка). Молекуляр уст тузилиш эритмаларда жуда кичик силжиш тезликларида ҳам сақланиб қолади, яъни бунга полимер окишидаги I участканинг бошланиш қисми тўғри келади ва аксинча, юкори тезликларда умуман йўқолиб кетади, яъни бунга графикдаги III участка мос бўла олади. Шунинг учун, аномал-ковушқокликни тузилиш ковушқоклиги деган тушунча билан боғлаш мақсадга мувофиқ.

Силжиш тезлиги ўсиши билан ковушқоклиги камайиш хоссасига эга бўлган аномал-ковушқок системалар *мавҳум пластик* (псевдопластик) деб номланади.

Кўпчина полимерлар ковушқок окувчан ҳолатда мавҳум пластик юкори ковушқок суюликлар қаторига қиради. Бундай полимерларнинг эффектив ковушқоклиги реал шароитларда қайта ишлаш даврида 100...1000 баробар пасаяди.

Полимерларнинг қуюқлашган эритмаларида силжиш тезлиги ортиши билан ковушқокликнинг ўсиши билан ҳам аномал-ковушқоклик ифодаланиши мумкин. Бундай ҳолат тузилиш элементлари ёки молекула уст тузилишларнинг йириклашиши орасидаги боғларнинг мустақамланиши билан белгиланади ва уларнинг силжиши ҳаракат жараёнини ташкил этади.

Силжиш тезлиги ўсиши билан ковушқоклиги кўпайиш хоссасига эга бўлган аномал-ковушқок системалар *дилатант* деб номланади. Полимерларда бундай ҳолат жуда кам учрайди. Асосан, поливинилхлоридли пластизол типидagi полимерлар бу турга кириши мумкин.

Кўпчилик полимерларнинг ковушқоклиги нафақат силжиш тезлигига, балки силжиш деформацияси давомийлигига ҳам боғлиқдир: турғун окиш даврида ковушқоклик ортиши ёки камайиши мумкин.

Турғун окиш жараёнида ковушқокликнинг камайиши ҳамма полимерларга хос бўлиб (айниқса, тўлдирилган полимерларга) *тиксотропия* деб аталади.

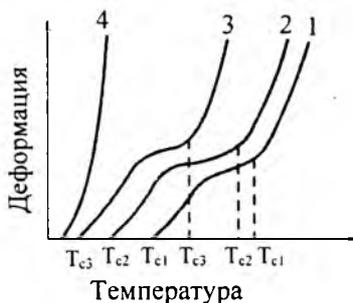
Силжиш жараёнида ковушқоклининг ортиши *реопексия* деб аталади ва жуда кам учрайди. Реопектик суюкликларга $\sim 95^{\circ}\text{C}$ температурагача киздирилган эпоксид олигомерлари мисол бўла олади.

Полимерларнинг қуюқлашган эритмалар ковушқоклигига босим жуда салмокли таъсир этади. Уларни қайта ишлаш даврида, айнақса термопластларни, ушбу кўрсаткич жуда юкори қийматларга эга бўлади. Масалан, температура 195°C ва силжиш тезлиги 70 c^{-1} да босим 14 дан 175 МПа гача кўтарилса, полистиролнинг аниқланган эффектив ковушқоклиги 135 мартаба ортади.

Шунинг учун, полимерларни қайта ишлаш технологик жараёнларини самарали ташкил этиш учун полимер эритма ва қуюқлашган эритмаларининг реологик хоссаларини билиш зарур.

2.9. Полимерлар пластификацияси

Полимер материалларнинг қайта ишлаш жараёнида пластификаторлар қўшиб унинг пластиклигини ва эластиклигини оширувчи технологик усулга *пластификация* дейилади. Пластификатор сифатида паст молекулали каттик ёки юкори қайнаш температурали, буғларининг босими паст суюк органик бирикмаларни қўллаш мумкин. Маълумки, улар полимерлар билан осон бирлашади, лекин кимёвий реакцияга киришмайди. Полимерга қўшилаётган пластификатор микдори уларнинг ўзаро эрувчанлиги билан белгиланади. Агарда ўзаро эрувчанлик чексиз бўлса, термодинамик турғун система ҳосил бўлади.



2.19-расм. Полимер (1) га ортиб борувчи микдор (2 дан 4 гача) да пластификатор киритилганда, термомеханик эгри чизикларининг ўзгариш характери.

Пластификация 2 хил, яъни ички ва ташки пластификациялар бўлади. *Ташки пластификация*нинг моҳияти шундаки, пластификатор молекулаларининг диффузиясида полимер занжирлари орасида молекулаларо кучларнинг ўзаро таъсири камаяди ва макромолекула звенолари пластификатор молекулалари билан қисман алмашинади. Пластификатор молекулалари полимер занжирларини суради ва пластификатор билан ўраб, оралик катлам ҳосил қилади. Полимерларда оралик катламнинг мавжудлиги занжирлар силжишини осонлаштиради. Натижада, полимер пластиклиги ортади ва шиша ҳосил бўлиш температураси пасаяди. Бундай ҳолат полимерни қайта ишлаш жараёнини энгилаштиради (2.19-расм).

Пластификатор сифатида органик бирикма (мураккаб эфирлар) лар, турли техник аралашма (турли микдорда ароматик, нафтенли ва парафинли углеводородлар бўлган нефть ва минерали мойлар) лар қўлланилади. Кўпчилик полимер материалларга турли хилдаги икки, уч ва ундан ортик пластификаторлардан таркиб топган аралашмалар ишлатилади. Пластмассалар учун энг муҳим пластификаторлар каторига ортофтал ва себацин кислоталарнинг мураккаб эфирлар, форфор кислота эфирлари, эпоксидлашган бирикмалар ва бошқалар кирази (2.5-жадвал).

Пластификаторларнинг физик хоссалари

2.5-жадвал

№	Номи	Молекуляр масса	Қайнаш температураси, °С	Эриш температураси, °С	Зичлик, кг/м ³ (20°С да)
1.	Диметилфталат	194	282	0	1190
2.	Дибутилфталат	278	315	-40	1045
3.	Диоктилфталат	390	-	-70	982
4.	Ди(2-этилгексил) адипинат	370	214	-70	927
5.	Дибутилсебацинат	314	344	-12	934
6.	Трифенилфосфат	326	407	43	1208
7.	Трирезилфосфат	368	425	-60	990
8.	Диметилфталат	-	-	-	995

Қандайдир кимёвий реакция туфайли занжир тузилишининг ўзгариши оқибатида полимер занжирлари орасидаги молекулалараро боғлар сусайса, *ички пластификация* содир бўлади. Ушбу пластификациялаш усулининг технологик мойиллиги паст, лекин махсус ҳолларда уни қўллаш мумкин.

2.10. Қуйи молекулали бирикмалардан полимерлар олиш

Юқори молекулали бирикмалар синтези *полимерлаш* ва *поликонденсатлаш* реакциялари натижасида амалга оширилади.

2.10.1. Занжирли полимерлаш

Полимерлаш – бу юқори молекулали бирикмалар олиш жараёни бўлиб, бунда макромолекулаларнинг ўсиши қуйи молекулали модда (мономер) лар молекулаларини ривожланаётган фаол марказга кетма-кет бирлаштириш йўли билан амалга ошади. Полимерлаш реакцияси схемасининг умумий кўриниши қуйидаги тенглама ёрдамида ифодаланadi:



бу ерда M – мономер молекуласи; $(M)_n$ – n та мономер звеносидан таркиб топган макромолекула; n – полимерлаш даражаси.

Макромолекула таркибига кирган мономер молекулалари қўшалок боғларнинг очилиши ҳисобига унинг мономер звенолари бўлиб қолади. Макромолекуланинг элементар таркиби мономер таркибидан фарқи йўқ.

Полимерлаш жараёни каррали боғи бўлган бирикмалар учун хос. Бундай мономер молекуласидаги каррали боғлар сони ва характери турлича бўлиши мумкин. Полимерлаш жараёни ҳар доим ўзаро таъсир этаётган моддалар тўйиниш даражасининг пасайиши, молекулалар умумий сонининг камайиши ва ўртача молекуляр массасининг кўпайиши билан кечади.

Полимерлаш жараёни қуйидаги: фаол марказ ҳосил бўлиши, занжирни узатиш ва ўсиши ҳамда занжирнинг узилиши каби элементар реакциялардан иборат. Ушбу реакциялар турли усуллар билан амалга ошиши мумкин, лекин ҳамма ҳолатларда жараённинг қуйидаги схемаси сақланиб қолади:

- фаол марказнинг ҳосил бўлиши $M \rightarrow M^*$;
- занжирни узатиш ва ўсиши $M_1^* + M_1 \rightarrow M_2^* + M_1 \rightarrow M_3^* + \dots + M_1 \rightarrow M_n^*$;
- занжир узилиши $M_n^* \rightarrow P_n$

бу ерда M – мономер молекуласи; M^* – фаол марказ; $M_1^*, M_2^*, M_3^*, \dots, M_n^*$ – ўсувчи радикал, P_n – полимер молекуласи

Полимерлаш механизми полимерлаш жараёнининг оралик маҳсулоти бўлган ўсувчи радикалларнинг кимёвий табиати билан белгиланади. Агарда ушбу заррачалар узок муддат давомида мавжуд ва етарли даражада мўътадиллик билан характерланса, бунга *погонали полимерлаш* дейилади. Агарда оралик маҳсулотлар етарли даражада мўътадил бўлмаса, яъни қисқа муддат ичида мавжуд бўлса, бунга *занжирли полимерлаш* дейилади.

Занжирли полимерлаш натижасида ҳосил бўлаётган макромолекулалар молекуляр массаси ёки полимерлашнинг охириги даражаси бир зумда ўсиб кетади. Полимерлаш жараёнида бир вақтнинг ўзида иккита ёки бир нечта турли мономерлар катнашиши мумкин. Бундай полимерлаш сополимерлаш деб аталади.

Полимерлаш жараёнида иштирок этаётган фаол марказларнинг кимёвий табиатига қараб, радикалли ва ионли полимерлаш бўлиши мумкин.

2.10.2. Радикалли полимерлаш

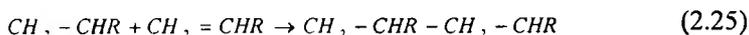
Радикалли полимерлаш ҳар доим занжирли механизм асосида кечади ва куйидаги реакциялардан таркиб топган: эркин радикаллар ҳосил бўлиши, занжирни ўсиши ва занжирнинг узилиши. Эркин радикаллар ҳосил бўлиш усулларига қараб полимерлаш куйидаги усулларга бўлинади:

- термик;
- фотохимёвий;
- радиацион;
- иницирланган.

Термик полимерлаш даврида иссиқлик таъсири оқибатида мономер каррали боғларнинг очилиши ҳисобига эркин радикаллар

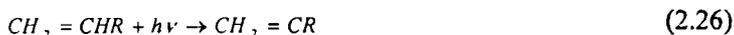


ва бундай бирадикалнинг мономер молекуласи билан кейинги ўзаро таъсири ҳосил бўлади:



Термик полимерлаш жуда секин кечади ва унинг тезлиги температурага жуда катта боғлиқ. Кейинчалик, бирадикаллар полимернинг монорадикалларига айланади.

Фотохимёвий полимерлашда мономер молекуласи ёруғлик энергиясининг квантини ютади ва ўта ҳаракатчан ҳолатга ўтади:



бу ерда $h\nu$ – ёруғликнинг битта квант энергияси бўлиб, Планк доимийси h ни тебраниш частотаси ν га кўпайтмасига тенг.

Мономолекуляр айланиш натижасида ўта ҳаракатчан молекула бирадикал ҳосил қилади:



Ушбу усул квант энергиясини тўғридан-тўғри ютиш орқали кечгани учун, бошқа усулларда жараён бормайдиган температураларда ҳам, фотополимерлаш ўтказилиши мумкин. Фотохимёвий полимерлашда бирадикаллар монорадикалли полимерларга айланади.

Радиацион полимерлашда эркин радикалларнинг ҳосил бўлиши мономерларга ионлаштирувчи нурланиш (γ -нур, рентген нури, тезлаштирилган электронлар, нейтронлар, α -заррачалар) таъсирида рўй беради.

Энг кенг тарқалган усуллардан бири бу **иницирланган полимерлаш** бўлиб, мономер муҳитига киритилган бардошлиги паст моддаларнинг термик гомолитик парчаланиши туфайли эркин радикаллар ҳосил бўлади. Бундай, бардошлиги паст моддалар каторига пероксид ва гидропероксидлар, ноорганик пероксидлар, озонидлар, айрим азо- ва диазо бирикмалар қиради. Полимерлаш жараёнида қўшиладиган бундай моддалар миқдори мономер массасининг 0,1...1% ни ташкил этади.

Радикалли полимерлашда **занжирни узатиш реакцияси** муҳим ўрин тутди ва унинг моҳияти шундаки, ўсиб бораётган радикалли атом ёки атомлар гуруҳларини қандайдир молекулага боғланишидан узишга асосланган. Натижада, радикал тўйинган валентли молекулага айланади ва кинетик занжирни давом эттириш қобилиятли янги радикал ҳосил

бўлади. Занжирни узатиш жараёни реакцион системада ҳосил бўлган мономер молекуласи, эритувчи, полимерли молекулалар орқали содир бўлиши мумкин. Охириги ҳолатда тармоқланган макромолекулалар ҳосил бўлади.

Радикаллар ингибиторлар билан ўзаро таъсирда бўлганида ҳам занжирлар узилади. Ингибитор сифатида ароматик ди- ва тринитро бирикмалар, молекуляр кислород, олтингугурт, ўзгарувчан валентли металлар ва бошқалар қўлланилади.

Полимерланаётган системага моддаларни киритиш орқали занжирни осон узатиш амалга оширилиши ва шу йўл билан полимер ўртача молекуляр массасини ростлаш мумкин. Бундай моддалар *ростлагичлар* деб аталади. Ростлагичлар сифатида хлорланган углеводород (тўрт хлорли углерод, тетрахлоэтилен ва бошқа) лар, меркаптанлар, тиогликолли кислота ва бошқалар (мономер массасидан 2...6%) ни ишлатиш мумкин.

2.10.3. Ионли полимерлаш

Полимерларни нафақат занжирли радикал полимерлаш реакцияси билан, балки занжирли реакция ёрдамида олиш мумкин. Бундай реакцияларда ўсаётган занжир эркин макродикал эмас, одатда макроион бўлади. Полимерлар олишнинг бундай усули *ионли полимерлаш* дейилади. Ионларга диссоциация бўлаётган ва ион механизми бўйича мономерларни полимерлашга қўзғатувчи моддалар *катализаторлар* деб номланади.

Ўсиб бораётган микроион зарядининг ишорасига қараб катионли ва анионли полимерлаш жараёнлари мавжуд. Катионли полимерлаш жараёнида ўсаётган занжирнинг охирида углерод атомнда мусбат (карбкатион) заряд $K(M)_nM^+$ жойлашган. Иницирлаш босқичида заряд ҳосил бўлади ва занжирни узатиш ёки узилиш даврида йўқолади. Анионли полимерлашда ўсиб бораётган макроион (карбанион) заряди $A(M)_nM^-$.

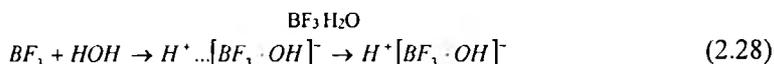
Ионли полимерлаш жараёни ҳам радикалли полимерларга ўхшаш: занжирнинг инициаторланиши, ўсиши, узилиши ва узатилиш каби босқичлардан иборат. Ионли полимерлаш радикалликка қараганда юқори тезликларда рўй беради ва каттарок молекуляр массали полимер олишга сабабчи бўлади.

Каттиқ катализатор юзасида мономерни координация қилиш йўли билан полимерлаш ҳам ионли полимерлашга тааллуқли. Айрим адабиётларда ушбу усул координацион-ионли полимерлаш деб юритилади.

Кучли электрон акцепторли бирикмалар *катионли полимерлаш* катализаторлари деб ҳисобланади. Ушбу турдаги катализаторлар қаторига протонли кислота (H_2SO_4 , $HClO_4$, H_3PO_4 ва бошқа) лар ва нопротон кислота (BF_3 , $ZnCl_2$, $AlCl_3$, $TiCl_4$ ва бошқа) лар қиради. Оз миқдордаги сув ёки бошқа моддалар (протон донорлари) иштирокида катализаторлар фаоллигини намоеън этади. Юқорида қайд этилган моддалар *сокатализатор* деб номланади.

Винил ва дивинил қаторидаги қўшалок богда электрон донор ўринбосарли мономер (пропилен, α -метилстирол, акрил ва метакрил кислоталар эфирлари ва бошқа) лар катионли полимерлашга осон киришиб кетади. Катионли полимерлашда айрим гетероциклик мономерлар: олефинлар оксидлари, лактонлар, формальдегид ва бошқалар ўз фаоллигини намоеън этади.

Катионли полимерлашда катализатор билан сокатализатор ўзаро таъсирда бўлиб комплекс бирикма, яъни кучли кислота ҳосил қилишдан бошланади. Реакцион муҳитда у диссоциацияга учрайди, масалан:

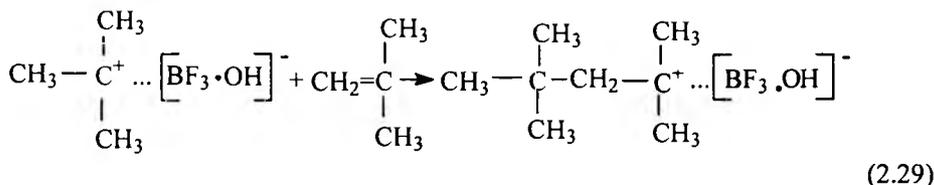


Ҳосил бўлган протон мономер молекуласига бирлашади ва натижада ионли жуфтлик пайдо бўлади. Ушбу жуфтлик карбонийли ион ва ионга қарши мажмуасидан таркиб топган:



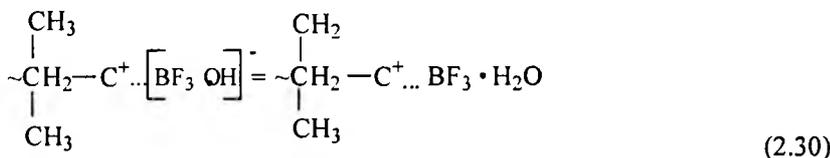
Ушбу иккита реакция катионли полимерлашнинг инициаторлаш босқичини ташкил этади.

Занжирнинг ўсиши карбонийли ионга мономер молекулаларининг кетма-кет бирлашишидан иборат бўлиб, занжирнинг охирида ҳар доим мусбат заряд сақланиб қолади:

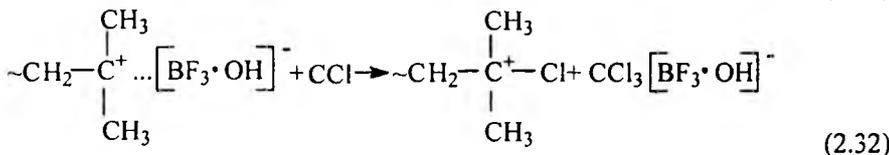
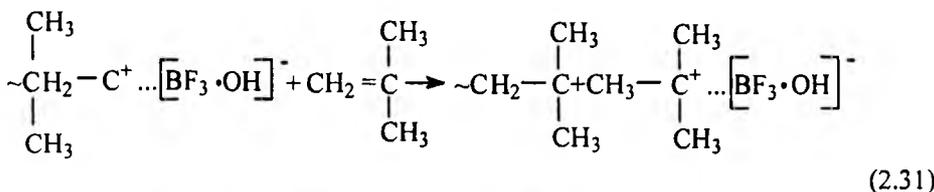


Карбонийли ион мономер молекуласини кутбластиради, шунинг учун у занжирга маълум тартибда киради ва ҳосил бўлган макромолекула ҳар доим «Д—Б» типдаги регуляр таркибга эга.

Ушбу ҳолатда рекомбинациялаш ёки диспропорциялаш йўли билан занжир узилиши мумкин эмас, чунки бир хил зарядланган ионлар бир-биридан узоклашади. Занжир узилиши ион жуфтликни қайта қуриш йўли билан амалга ошади. Бунда охирида қўшалок C=C-боғли полимернинг нейтрал молекуласи ва бошланғич каталитик мажмуа барпо бўлади.



Катионли полимерлаш жараёнида худди радикалдаги каби занжирни мономерга ва эритувчига узатилиш кузатилади:



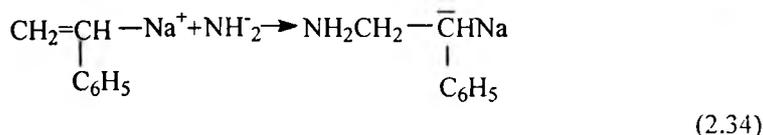
Катионли полимерлаш ионли жуфтликни ҳосил қилиш ва диссоциацияси билан боғлиқ бўлгани учун жараённинг тезлигига муҳитнинг диэлектрик ўтказувчанлиги таъсир этади. Диэлектрик ўтказувчанликнинг ортиши жараённи салмоқли равишда тезлаштиради, аммо полимернинг молекуляр массасига таъсири сезиларли эмас. Радикалли полимерлашга қараганда катионли полимерлашнинг фаоллашиш энергияси паст. Шунинг учун, катионли

полимерлаш юкори тезликда кечади, лекин температура ўсиши билан жараён тезлиги пасаяди.

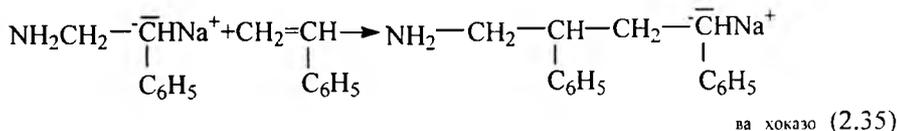
Анионли полимерлаш учун катализатор сифатида электрон донорлари бўлмиш куйидаги моддалар хизмат қилади: ишқорий металллар, ишқорлар, ишқорий металллар амид ва гидридлари ва металлоорганик бирикмалар.

Анионли полимерлаш реакцияларида электрон акцептор ўринбосарли винил мономерлари энг фаол бўлади. Масалан, стирол $CH_2=CH-C_6H_5$; акрилонитрил $CH_2=CH-C\equiv N$. Анионли полимерлашда фаол марказ сифатида карбанион – уч валентли углерод билан бирикмаси хизмат қилади, аммо ўсиб бораётган занжир макроанион кўринишида бўлади.

Ишқорий металл амидлари ва металлоорганик бирикмалар иштирокида анионли полимерлаш механизми бир схемалар билан ифодаланadi. Масалан, суюқ аммиак муҳитида натрий амид катализатор ёрдамида стиролни полимерлаш куйидагича кечади:

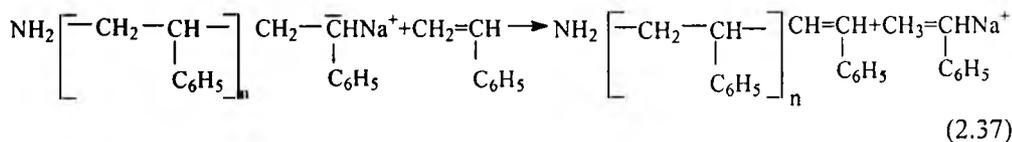
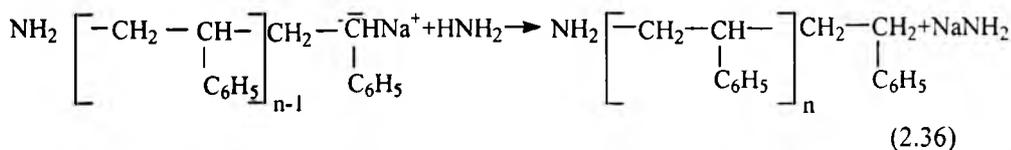


Занжир ўсиши:



яъни мономер молекуласи ион жуфтликнинг ионлари орасига кириб боради.

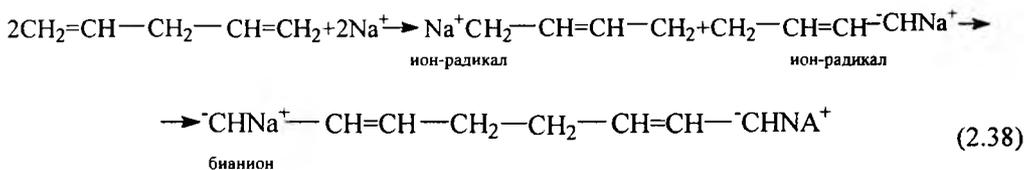
Ушбу ҳолатда, худди катионли полимерлашдек, ўсиб бораётган макроанионларни бирлаштириш йўли билан занжир узилиши мумкин эмас, чунки улар бир хил зарядланган. Эритувчи ёки мономерга занжир узатиш реакцияси натижасида кўпроқ занжирнинг узилиши кузатилади:



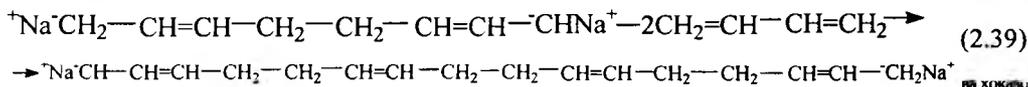
Агар анионли полимерлашнинг катализатори ишқорий метал (*Li*, *Na*) лар бўлса, иницирлаш босқичида мономернинг **ион-радикаллари** ҳосил бўлади. Ушбу ион-радикаллари бирлашиш натижасида иккита марказли металл органик бирикма – **бианионга** айланади.

Занжирнинг ўсиши, бианионнинг иккита марказида ион жуфтлигининг ионлари орасига мономерни жойлаш оркали боради, яъни занжир иккала томонга бирданига ўсади. Бундай йўл билан металл натрий таъсирида бутадиенни полимерлаш амалга оширилади:

иницирлаш



занжир ўсиши (бианион иккала учида)



Ион-радикаллари ҳосил бўлиш билан кечадиган полимерлаш шу билан қизиқки, «жонли» полимер занжирини олиш имконини беради, яъни янги порция мономер қўшиб турилса, ўсиб боровчи макробианион узоқ муддат давомида полимерлаш жараёни тўхтамаслигини таъминлайди. Мономер ёки эритувчига узатиш йўли билан ҳам занжирнинг узилиши мумкин эмас. Полимерлаш жараёни мономер умуман қолмагандан кейин тўхтайтиди. Ушбу усулда олинган полимерларнинг молекуляр массаси жуда катта ва полидисперслиги кичик.

Паст температурали, ҳаводан батамом тозаланган (деаэрацияланган) ва намсизлантирилган эритувчиларда анионли полимерлаш самарали кечади.

Координацион-ионли полимерлаш юкори селективликка эга бўлган комплекс катализаторлар таъсири остида ўтказилади. Бу турдаги катализаторлар Д.И.Менделеев жадвалидаги I-III гуруҳ металл алкиллари ва IV-VIII гуруҳлардаги металл галогенидларининг ўзаро таъсирида ҳосил бўлган комплекслардир. Бу гуруҳ типик катализаторига уч этилалюминий ва уч хлорли титанларнинг комплексини келтириш мумкин:



Иницирлаш босқичида катализатор комплексининг титан атоми маълум бир тартибда мономерни координация қилади. Бундай координация жараёнида мономер боғлари говаксимон ҳолатга ўтади ва катализатор комплексиди боғлар қайта таксимланиши рўй беради. Шундай қилиб мономер ва катализатор ўртасида π -комплекс барпо бўлади.

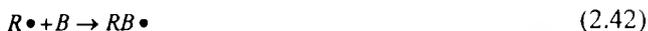
2.10.4. Сополимерлаш

Икки ва ундан ортик мономерли аралашмалардан юкори молекулали моддалар олиш сополимерлаш деб аталади. Жараён натижасида олинган модда эса – сополимер деб номланади. Сополимер макромолекулалари бошланғич реакция аралашмасида иштирок этувчи ҳамма мономерларнинг элементар звеноларидан таркиб топган. Сополимер таркибига кирувчи ҳар бир сомономер унга ўз хоссаларини беради, лекин сополимер айрим гомополимерлар хоссаларининг оддий арифметик йиғиндиси эмас. Масалан, поливинилацетат занжиридаги оз микдордаги стирол унинг шиша ҳосил қилиш температурасини оширади, совук оқувчанлик хоссасини бартараф қилади ва юзасининг каттиклигини кўтаради.

Сополимерланиш қонуниятлари гомополимерлашга қараганда анча мураккаб. Агар гомополимерлаш бир турдаги ўсувчи радикал ва битта мономер бор бўлса, бинар

сополимерлашда энг камида иккита мономер ва ўсувчи радикалларнинг тўртта тури катнашади.

Агар A ва B иккита мономер ўзининг эркин радикали $R \bullet$ билан ўзаро таъсирда этса, бирламчи радикаллар ҳосил бўлади ва улардан биттасининг учи A ва иккинчиси B звенолидир:



Ҳар бир бирламчи радикал мономер A билан ҳам, B билан ҳам таъсирда бўла олади:



Ҳар бир радикалнинг «ўз» мономерини билан реакция тезлиги константасининг «бегона» мономер реакция тезлиги константасига нисбати *сополимерлаш константаси* ёки r мономерлар *нисбий фаоллиги* деб аталади:

$$r_A = \frac{k_{AA}}{k_{AB}} \quad r_B = \frac{k_{BB}}{k_{BA}} \quad (2.47)$$

r_A ва r_B катталиклар сополимер макромолекуласининг таркибини бошлангич реакция аралашмасидаги мономерларга караганда кўпроқ таъсир этади ва белгилайди. Масалан, винилацетат (A) – стирол (B) жуфтлигида сополимерлаш константалари куйидаги кийматларга эга: $r_A = 0.01$ ва $r_B = 55$. Бу дегани, полимерлаш усулида сополимер олишда аралашма массасида ва эритувчида стирол звеноларининг сони винилацетатникига караганда анча кўп бўлишини билдиради.

Сополимерлаш реакцияси ҳам радикал, ҳам ионли механизми бўйича бориши мумкин. Ионли сополимерлашда жараён константасига катализатор ва эритувчиларнинг табиий хоссалари етарли даражада таъсир этади. Шунинг учун, бир хил сомономерлардан, бир хил бошлангич нисбатларда, турли катализаторлар иштирокида турли хилда кимёвий таркибга эга бўлган сополимер олинади. Масалан, стирол ва акринитрил бензоил пероксиди иштирокида синтез қилинса, сополимер таркибини 58% стирол звенолари ташкил этади. Шу билан бирга, C_6H_5MgBr катализатор билан анионли сополимерлашда макромолекуладаги стирол звенолари 1%, $SnCl_4$ катализатор билан сополимерлашда эса – 99% ни ташкил этиши аниқланди.

Амалий жиҳатдан блок ва уланган сополимерлар муҳим аҳамиятга эга. Ушбу сополимер макромолекулаларида иккала сомономер звеноларидан иборат катта узунликдаги участкалар мавжуд.

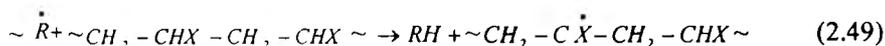
Блоксополимерлар турли усуллар ёрдамида олинади. Биринчидан, битта мономерни анионли полимерлашда ҳосил бўлаётган «жонли» занжирлар, яъни макрорадикаллар, бошқа мономер полимерланишига сабабчи бўлиши мумкин:



Иккинчидан, турли полимерларга интенсив механик таъсир этилса, занжирлар деструкцияси ва макрорадикаллар ҳосил бўлиши содир бўлади. Макрорадикаллар ўзаро таъсири натижасида блоксополимерлар шаклланади.

Блоксополимерлар олигомерлар четки гуруҳларнинг ўзаро таъсири оқибатида ҳам ҳосил бўлиши мумкин.

Уланган сополимерлар одатда, мономерни полимер билан таъсир эттириб ҳамда иккита турли полимерларни ўзаро таъсир қилиши ҳисобига олиш мумкин. Полимер молекулаларининг макрорадикалларга айланиш жараёнида занжир узатиш реакцияси қўлланилгани учун, занжир узатиш реакциясини тезлаштириш мақсадида, макромолекула таркибига ҳаракатчанлиги юкори (масалан, бром) бўлган атом ва гуруҳлар киритилади. Агар реакция муҳитида $CH_2=CHX$ мономер асосли полимер, $CH_2=CHY$ мономер ва инициатор бўлса, уланган сополимер ҳосил бўлиш жараёни куйидагича кечади. Аввал макрорадикал пайдо бўлади:



Сўнг, ушбу макрорадикал ён томонга тармоқланган мономер полимерланишига сабабчи бўлади:



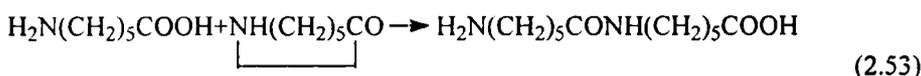
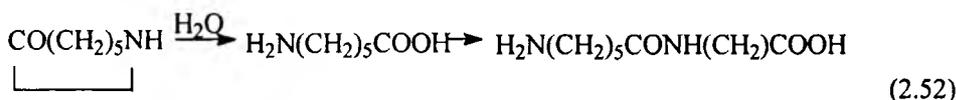
Блок ва уланган сополимер олиш ҳар доим реакция зонасидаги мономердан гомополимер ҳосил бўлиш билан бирга кечади.

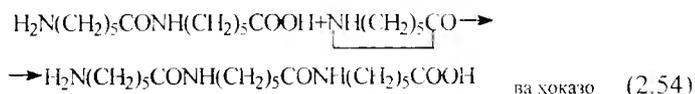
2.10.5. Босқичма-босқич полимерлаш

Босқичма-босқич полимерлаш реакцияси занжирли полимерлаш реакциясининг тенгламаси орқали ифодаланиши мумкин:



яъни полимер мономерни ва макромолекулалари таркибида ҳеч қандай фарк йўқ. Лекин занжирли полимерлашдан фарқли, босқичма-босқич полимерлаш оралик жуда турғун бирикма: ди-, три-, тетра-, пента-, гексамерлар ва ҳоказолар ҳосил бўлиш орқали кечади. Шунинг учун, полимерлар массаси вақт ўтиши билан ортиб боради. Босқичма-босқич полимерлаш реакциясида нафақат бир жинсли, балки турли жинсли мономер молекулалари иштирок этиши мумкин. Мисол тариқасида, сувни ϵ -капролактамага каталитик таъсири натижасида ҳосил бўладиган ϵ -аминокапрон кислотаси иштирокида ϵ -капролактаманни полимерлаш жараёнини келтириш мумкин:





Боскичма-боскич полимерлаш реакциясининг кечиши бўйича поликонденсатлашга ўхшашлиги бор, чунки бунда ҳам димер, тример, тетрамер ва хоказоларнинг кетма-кет ҳосил бўлиши билан характерланади. Полимернинг молекуляр массаси ва маҳсулот чикиши реакция давомийлига боғлиқ. Юкори молекуляр массали полимерга фақат реакциянинг тамомланиш даражаси жуда юкори (~99%) бўлганда эришиш мумкин. Шу билан бирга, поликонденсатлаш боскичма-боскич полимерлашдан жараён кечиши даврида куйи молекулали маҳсулотлар ажралиб чикиши билан фарқланади.

2.10.6. Полимерлашнинг техник усуллари

Саноат микёсида полимерлаш бир неча усулда ўтказилади: блокда (массада), эритмада, эмульсияда (латексли) ва суспензияда. Ҳар усулнинг ўзига яраша афзаллиги ва камчиликлари мавжуд. Полимерлаш усулини танлаш унга кўйиладиган талаблар, ун кейинги қайта ишлаш ва қўллаш соҳалари шартларидан ҳамда иктисодий ва экологик талаблардан келиб чиққан ҳолда танланади.

Блок (масса)да полимерлаш реактор ёки махсус шаклларда ўтказилади. Агар ҳосил бўлаётган полимер бошланғич мономерда эримаса, унда маҳсулот кукун ёки говаксимон заррача кўринишида олинади. Агар полимер бошланғич мономерда эриса, унда вақт ўтиши билан реакция аралашма ковушқоклиги ортади ва полимерланиб, яхлит блок (масса) кўринишидаги маҳсулот ҳосил бўлади.

Ушбу усулда полистирол, поливинилхлорид, полиметилметакрилат каби материаллар ишлаб чиқарилади. Полимерлаш жараёни даврий ва узлуксиз бўлиши мумкин.

Блокда полимерлашнинг асосий камчилиги шундаки, жараён даврида реакция иссиқлигини ажратиб олиш кийин, чунки қуюклашган эритманинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари жуда кичик қийматга эга.

Ушбу усулнинг афзалликлари: тоза, шаффоф, юкори диэлектрик ва оптик хоссаларга эга материал олиш мумкин.

Эритмада полимерлашни гомоген ёки гетероген усулларда ўтказиш мумкин. Биринчи усулда ҳосил бўлаётган полимер ва мономер эритувчида эрийди, тайёр маҳсулот эса полимер эритмаси (лок) кўринишида бўлади. Эритмада полимерлашнинг бу турини **локли полимерлаш** деб аталади.

Иккинчи усулда мономер эритувчида эрийди, полимер эса эрмайди ва ҳосил бўлишига қараб чўкмага тушади. Эритмада полимерлашнинг бу турига суюлтиргичда полимерлаш деган ном берилган.

Эритмада полимерлаш аралаштиргичли ва иситиш учун ташки ёғилофи бўлган реакторларда ташкил этилади. Эритувчи реакция муҳит ковушқоклигини пасайтиради, натижада эритмани аралаштириш ва реакция иссиқлигини ажратиб олиш осонлашади. Эритмада синтез қилиб олинган полимернинг блокда полимерлаш усулига қараганда молекуляр массаси паст, полидисперслиги эса юкори бўлади. Эритма концентрацияси ва эритувчи турларини алмаштириб полимернинг молекуляр параметрларини жуда кенг ораликда ўзгартириш мумкин.

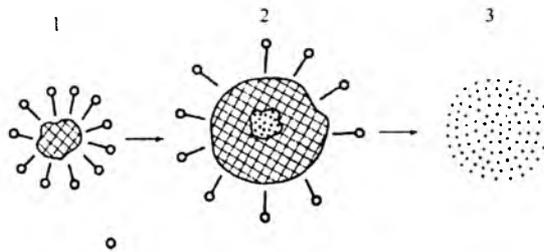
Эритмада полимерлаш саноат микёсида ўртача ва кўп тоннажли синтез усул бўлиб, радикалли ва ионли реакциялар асосида полимерлар олинади. Радикалли усулда поливинилацетат ва айрим полиакрилатлар, ионли ва координацион-ионли механизмларда эса полиэтилен, полипропилен ва бошқа олефинлар ишлаб чиқарилади.

Усулнинг камчиликлари: эритувчини регенерация қилиш зарурлиги, жараённинг мураккаблашиши ва кимматлашишига олиб келади ҳамда енгил ёнувчан органик эритувчилар ишлатилса, корхонанинг портлаш ва ёнғин хавфи ортади.

Эмульсияда полимерлаш саноат микёсида энг кенг тарқалган усул. Бу усулда мономер (дисперс фаза) аввал сув (дисперсион фаза) да аралаштирилади. Маълумки, сув мономерни ҳам, ҳосил бўлаётган полимерни ҳам эритмайди ва оқибатда мономер эмульсияси олинади. Мономер томчиларининг ўлчами 1...1000 мкм. Эмульсия турғун бўлиши учун эмулгатор-сирт фаол модда (олеатлар, ишқорий металллар палмиат ва лауратлари, ароматик ва юкори молекуляр сулфокислоталар натрийли тузлари ва бошқа) лар киритилади.

Эмулгатор молекулалари ҳам мономер, ҳам сувга нисбатан кириши қобилиятига эга.

Мономер-сув томчисини ажратиш юзасида адсорбцияланиб, эмульсия сиртий таранглигини пасайтиради ва мономер томчиларининг қўшилиб кетмаслиги (коалесценция) учун мустаҳкам химояловчи қатлам ҳосил қилади (2.20-расм).



2.20-расм. Эмульсион полимерлаш схемаси:

1-эмулгатордан ҳосил қилинган химояловчи қоплами мономернинг дисперс заррачаси (айланали таёкчалар-эмулгатор; айланалар – сувга қараган қутблашиш гуруҳлари, штрихланган қисм – мономернинг эриган молекулалари); 2-полимерланиш бошланиши (нукталар – полимернинг майда заррачалари); 3- ҳамма мономер полимерга айланган ҳолат.

Реакцион муҳитда эмулгатор концентрацияси юкори бўлганда эмулгатор мицеллалари пайдо бўлади. Мономер мицеллада қисман эрийди, қисман эса эмулгатор ёрдамида мўтадилланган йирик томчилар кўринишида системада қолади. Системадаги мицеллалар сони мономер томчиларига қараганда 10^8 баробар кўп. Полимерланиш ўлчами 10 мкм бўлган мицеллаларда бошланади, тезда ўлчами 0,1 мкм ли эмулгатор қатлами билан ўралган полимер заррачалари, яъни латекс заррачаларига айланади. Жараённинг бошланғич босқичларида латекс заррачаларининг сони ва ўлчами кўпаяди, сўнг эса мицелляр эмулгатор тамом бўлса, латекс заррачалар ўлчами ортади. Полимерланиш жараёни мономер томчилари тамом бўлиши билан тўхтайди.

Ушбу усул катта тезликда кечади ва молекуляр массаси юкори полимернинг чиқиши кўп. Шу билан бирга, сувнинг кўплиги ва интенсив аралаштириш оқибатида жараён давомида иссиқликни ажратиш олиш осонлашади. Ушбу ҳолат эмульсион полимерлаш усулининг техник афзаллигидир.

Эмульсион полимерлаш билан поливинилацетат, поливинилхлорид, полиакрилат, полиметакрилат ва бошқалар олиниши мумкин.

Усулнинг камчиликлари: полимер ҳар доим эмулгатор қолдиклари билан ифлосланган ва эмулгатор электролит бўлгани учун полимер таркибида бўлиши унинг диэлектрик хоссаларини пасайтиради.

Суспензияда полимерлаш – технологик жиҳозлаш бўйича эмульсион полимерлашга ўхшаш, лекин полимернинг ҳосил бўлиши мицеллада эмас, балки мономернинг тоза томчиларида ҳосил бўлади. Мономерни сув билан интенсив аралаштириб, мономер томчилари 10...500 мкм бўлган ҳолатда суспензияда полимерлаш ўтказилади. Томчилар

бир-бирига қўшилиб кетмаслиги учун сувда эрувчан мўтадиллагичлар: поливинил спирти ёки пропилен ёки этилен оксиди сополимерлари иштирокида жараён олиб борилади.

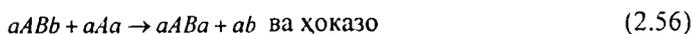
Суспензияли полимерлашда мономер мухитида эрувчан инициаторлар ишлатилади. Ҳосил бўлган полимер шарсимон заррача (гранула, бисер) кўринишида бўлиб, аралаштириш тўхташи билан осонгина қурилма тубига чўкади. Суспензияли полимерлашни айрим ҳолларда *бисерли ёки гранулали полимерлаш* деб аталади.

Ушбу усулда олинган полимерлар мўтадиллагичлардан холос бўлганлиги учун диэлектрик хоссалари яхши, бундай полимердан олинган маҳсулотлар шаффофлиги юкори. Суспензияли полимерлаш поливинилхлорид, полистирол, полиметилметакрилат ва поливинилацетатларни синтез қилишда қўлланилади.

2.11. Поликонденсатлаш

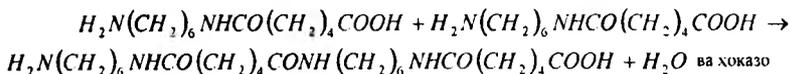
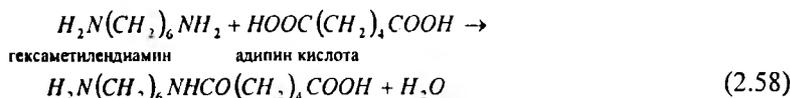
Полимерлаш билан бир каторда поликонденсатлаш усули полимерлар олишнинг асосий усуллардан биридир.

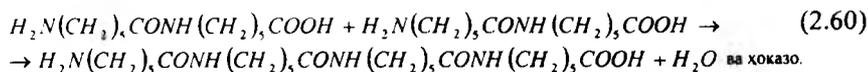
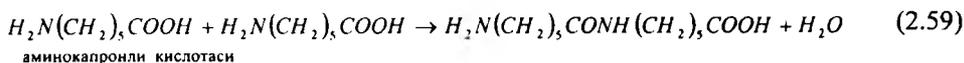
Икки ва ундан ортик полифункционал бирикмалардан боскичма-боскич жараёнида қуйи молекулали модда (сув, спиртлар, водородли галогенлар ва бошка) лар ажралиб чиқиши билан кечадиган полимер ҳосил қилишга *поликонденсатлаш* дейилади. Ушбу жараён кечишининг зарур шarti, реакцияда қатнашадиган ҳар бири икки ва ундан ортик функционал гуруҳли, ўзаро таъсир қила оладиган молекулаларнинг мавжудлигидир. Умуман, поликонденсация жараёни қуйидагича кўринишда ёзилиши мумкин:



бу ерда *A* ва *B* – ўзаро таъсирдаги молекулалар қолдиклари; *a* ва *b* функционал гуруҳлар, *ab* – қуйи молекулали маҳсулот

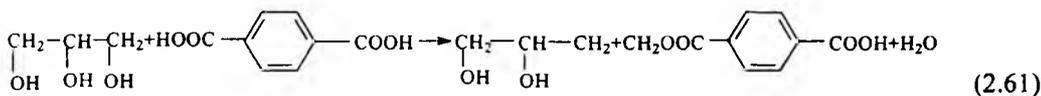
Юкорида келтирилган схема поликонденсатлаш жараёнининг боскичма-боскич кечишини кўрсатади, яъни: аввал мономер молекулалари ўзаро таъсирда бўлади ва димерлар ҳосил бўлади, сўнг димерлар тримерларга айланади, тримерлар-тетрамерларга ва ҳоказо, яъни олигомерларга айланади. Функционал гуруҳлар мавжудлиги туфайли олигомерлар ҳам ўзаро, ҳам мономерлар билан ўзаро таъсирда бўла олади. Бундай ҳолат полимер занжирининг ўсишини белгилайди. Агар бошланғич мономер молекулаларида иккитадан функционал гуруҳлар бўлса, полимер занжирининг ўсиши бир томонлама боради ва чизикли макромолекулалар ҳосил қилади. Агар бошланғич мономер молекулаларида иккитадан ортик функционал гуруҳлар бўлса, тармоқланган ёки тикилган (*уч ўлчовли*) тузилишли макромолекулалар барпо бўлади. Бифункционал моддалар бир ёки турли хил тузилишли функционал гуруҳларга эга бўлиши мумкин. Жараённинг ҳар бир боскичида кейинги ўзаро таъсирга қобилияти бор функционал гуруҳлар ҳосил бўлади. Масалан, диамин ва дикарбонли кислота ёки аминокислоталардан олиш мумкин. Реакциянинг биринчи боскичида димерлар ҳосил бўлиб, кейин эса юкори молекулали маҳсулотларга айланади:



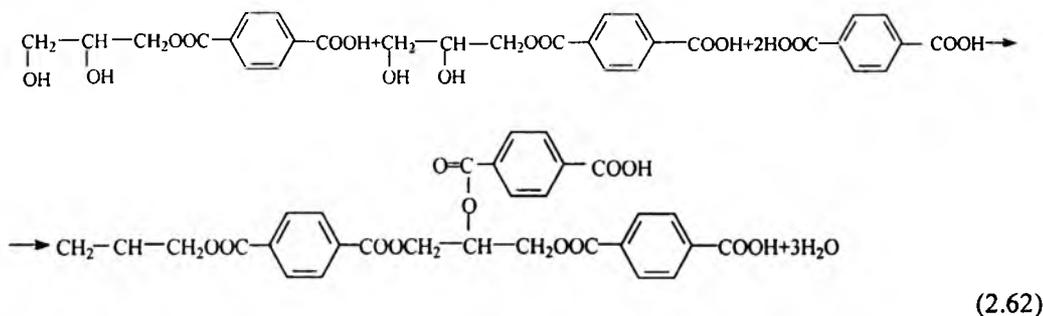


Три- ва тетрафункционал моддалар ҳамда уларнинг бифункционал бирикмалари билан аралашмалари поликонденсациялаш жараёнида тармоқланган ёки уч ўлчовли маҳсулотлар ҳосил қилади. Масалан, глисеринни фтал кислота билан конденсацияланиши ушбу схема бўйича боради:

1. Димернинг ҳосил бўлиши:



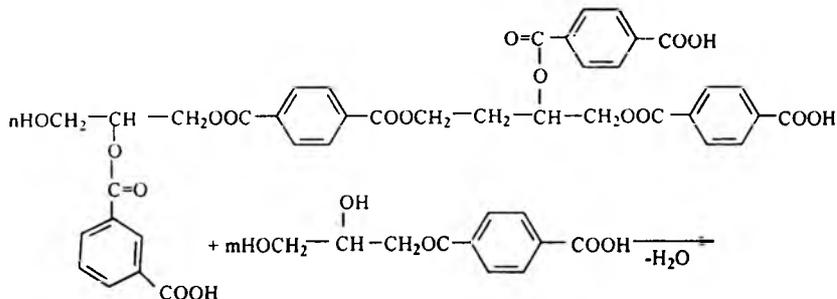
2. Тармоқланган маҳсулотлар ҳосил бўлиши:

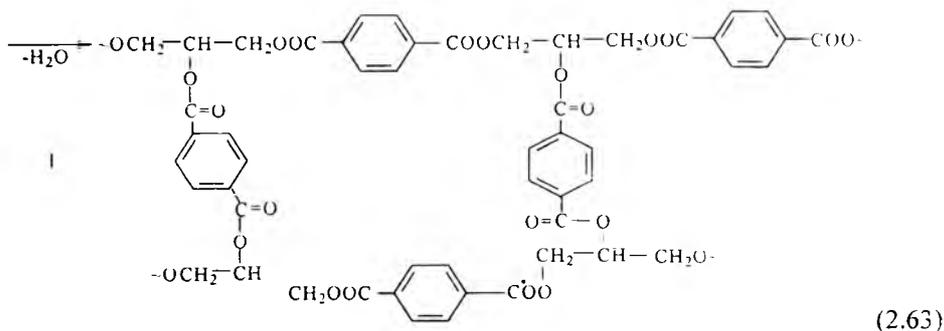


3. Тармоқланган маҳсулотлардан уч ўлчовли тузилиш ҳосил бўлиши:

Поликонденсатлашни полимерлашдан ажратиб берувчи бир нечта ҳолатлар мавжуд:

– полимерлаш – занжирли жараён ва қўшиб олиш механизми бўйича кечади; поликонденсатлаш эса – босқичма-босқич бўладиган жараён бўлиб, ўрин босиш механизми бўйича кечади. Ушбу жараённинг айрим босқичларида оралик маҳсулот ажратиб олиниши мумкин.





Поликонденсатлашни полимерлашдан ажратиб берувчи бир нечта ҳолатлари мавжуд:
 – полимерлаш жараёнида қуйи молекулали маҳсулотлар ажралиб чиқмайди; поликонденсатлашда эса қуйи молекулали маҳсулотлар кўпчилик ҳолларда ажралиб чиқади;

– қуйи молекулали маҳсулотлар ажралиб чиқиши, ўз навбатида қуйидаги ҳолатларга олиб келади: биринчидан, поликонденсатлашда олинган полимернинг молекуляр занжир қайтариловчи звеносининг кимёвий тузилиши бошланғич мономер таркибига тўғри келмайди; иккинчидан, реакциянинг ажралиб чиқаётган қуйи молекулали маҳсулоти ҳосил бўлаётган полимер молекуласи билан ўзаро таъсирга кириб бошланғич моддалар барпо қилиши мумкин. Бу дегани, реакция турғун мувозанатининг бузулганлигидан далолат беради. Полимер ҳосил қилиш томонига суриш учун реакция жойидан қуйи молекулали маҳсулотларни ажратиб олиш даркор;

– полимерлаш жараёнида полимернинг молекуляр массаси реакциянинг давомийлигига боғлиқ эмас; поликонденсациялашда эса реакция кечиши билан ушбу параметр ортиб боради.

Бошланғич моддалар тузилишига қараб, поликонденсатлаш жараёни турли хилдаги кимёвий жараёнлар билан ифодаланиши мумкин: амидлаш (амидирование), этерификациялаш, амидирлаш (амидирование), цикллаш (циклизация) ва ҳоказо. Гетерозанжирли полимерлар олишнинг асосий усули – бу поликонденсатлашдир.

2.11.1. Полимер молекуляр массаси ва поликонденсатлаш тезлигига турли омилларнинг таъсири

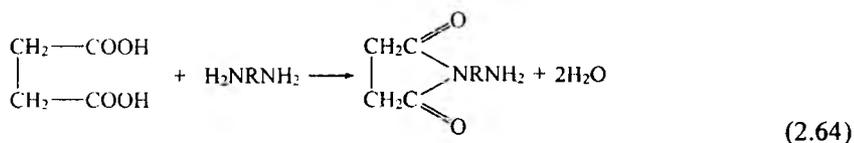
Поликонденсатлаш жараёнида мономерлар орасидаги стехиометрик нисбатга риоя қилиш муҳим аҳамиятга эга, чунки бу юқори молекуляр массали полимер олишга асосий омиллардан биридир. Агар аралашмадаги мономерлар нисбати эквимолекуляр, яъни иккала турдаги функционал гуруҳлар тенг миқдорда бўлса, поликонденсатлаш жараёни иккала мономер тамом бўлмагунча давом этади. Агар реакция аралашмада мономерлардан бири ортикча бўлса, поликонденсатлаш жараёни кам миқдордаги мономер тугамагунча давом этади. Бундай ҳолатда, реакция тамом якунланганда ҳосил бўлаётган макромолекуланинг иккала учиди реакция муҳитда ортикча компонентнинг бир хил функционал гуруҳлари жойлашган бўлади. Бу поликонденсатлаш жараёнини тўхташига, демак, полимернинг молекуляр массасининг пасайишига олиб келади.

Жараён давомида, агар моддалар учувчанлиги турлича бўлса, бошланғич моддаларнинг стехиометрик нисбати ўзгариши мумкин.

Температуранинг кўтарилиши поликонденсатланиш реакциясини тезлаштиради ва қуйи молекуляр маҳсулотни ажратиб олишни осонлаштиради. Айрим ҳолларда температуранинг ўсиши реакция кечишини ва ҳосил бўлаётган маҳсулот характерини ўзгартиради.

Поликонденсатлаш жараёни кўпинча цикллашнинг иккиламчи реакциялари билан мураккаблашади ва унга бошланғич мономерлар ҳам, полимерлар ҳам киришиши мумкин.

Ушбу жараён, масалан, диаминнинг фтал ёки қахрабо кислоталарнинг ўзаро таъсирида рўй беради:



2.11.2. Поликонденсатлашнинг техник усуллари

Поликонденсатлаш жараёни эритмада, куюк эритма, эмульсия, фазаларни ажратиб турувчи чегара юзасида ва каттик фазаларда катализатор иштирокида ёки катализаторсиз ўтказиш мумкин.

Куюк эритмада поликонденсатлаш жараёни поликонденсацион полимерларни саноат миқёсида синтез қилишнинг энг кенг тарқалган усулидир.

Аввал, синтез қилинаётган полимернинг эриш температураси (одатда, 200...300°C) дан 10...20°C юқорида инерт газ муҳитида ва реакция фазодан иккиламчи маҳсулотларни чиқариб ташлаш учун охириги босқичда вакуум остида реакция ўтказилади. Жараён даврий ёки узлуксиз бўлиши мумкин. Технологик схеманинг соддалиги ва олинаётган полимернинг юқори сифатлилиги бу куюк эритмада поликонденсатлашнинг афзалликларига тааллуқлидир. Лекин ишларни вакуум остида ва юқори температураларда ташкил этиш зарурлиги технологик жараёни қуролмалар билан жиҳозлашни қийинлаштиради.

Эритмада поликонденсатлаш жараёни ҳам саноатда кўп ишлатиладиган жараён бўлиб, айниқса, эриш температураси юқори бўлган полимерларни олишда кенг қўлланилади. Поликонденсатлаш жараёни битта эритувчида ёки эритувчилар аралашмасида ўтказилиши мумкин. Қуйи молекулали иккиламчи маҳсулот эритувчи билан кимёвий ҳолга келтирилиб, эритувчи буғлари билан бирга ҳайдалади.

Аввалги усулга караганда, эритмада поликонденсатлашни нисбатан пастроқ температурада олиб бориш мумкин, бу эса жараёни қуролмалар билан жиҳозлашни осонлаштиради. Лекин технологик схемаси анча мураккаб, чунки эритувчини регенерация қилиш талаб этилади.

Куюк эритма ва эритмада поликонденсатлаш жараёнлари катализатор иштирокида ташкил этилса, жараён тезлашади. Масалан, фенолформалдегидлар синтез қилинганда органик ва минерал кислоталар ёки уларнинг асосларидан катализатор сифатида фойдаланилади.

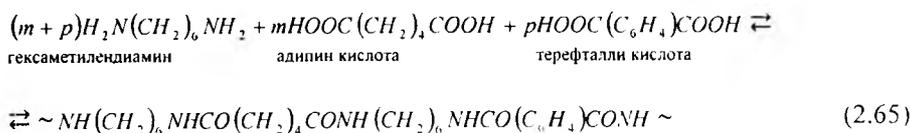
Эмульсияда поликонденсатлаш нисбатан камроқ ишлатиладиган усул бўлиб, агар иккала мономер ҳам сув эримайдаган ҳолатларда қўллаш мақсадга мувофиқдир. Поликонденсатлаш реакцияси мономер аралашмасининг мўтадиллашган томчиларида кечади ва қуйи молекулали иккиламчи маҳсулот унда эриб сувли фазага ўтиб кетади.

Фазаларни ажратиб турувчи чегара юзасида (фазалараро) поликонденсатлашнинг моҳияти шундаки, реакция иккита ўзаро аралашмайдиган суюкликларнинг ажратиб турувчи чегаранинг юзасида кечади. Одатда, фазалардан бири сув бўлиб, суюкликларнинг ҳар бири мономерларнинг фақат биттасини эритади. Ажратиб турувчи юзада юпка катлам кўринишида полимер ҳосил бўлади ва уни ердан узлуксиз равишда чиқариб олинади. Қуйи молекуляр иккиламчи маҳсулот суюкликларнинг бири (кўпинча, сув) да эрийди ва реакция кечаётган жойдан чиқариб олинади. Шунинг учун, фазалараро поликонденсациялаш қайтмас жараён бўлиб, ҳосил бўлаётган полимерлар юқори молекуляр массага эгадир. Фазалараро поликонденсатлаш усулида полиамид, поликарбонат ва бошқа полимерларнинг айрим турлари олинмоқда.

Каттиқ фазаларда поликонденсатлаш усули бошқа усулларга нисбатан кам ишлатилади, лекин амалий ва назарий жihatдан муҳим ўрин тутади.

2.11.3. Кўп компонентли поликонденсатлаш

Кўп компонентли поликонденсатлаш функционал гуруҳлар бўйича уч ва undan ортик турли мономер ёки полимер ва бошқа мономернинг ўзаро таъсир реакциясидир. Ушбу жараён полимер хоссаларини модификациялаш, белгиланган хоссали полимер материаллар олиш учун қўлланилади. Масалан, гексаметилендиамин, адипин ва терефталли кислоталарни кўп компонентли поликонденсатлаш усулини қўлаб аралаш полиамид олинади:



Кўп компонентли поликонденсатлашда аралаш тузилишли полимер олинади.

Ушбу усулда икки ва undan ортик полимер (олигомер) лар кўп компонентли поликонденсатлаб блоксополимерлар олиш мумкин.

2.12. Полимерлар эскириш ва мўтадиллаш

2.12.1. Полимерларда эскириш жараёнлари

Полимер материалларни қайта ишлаш ва саклаш даврида ҳамда полимерлардан ясалган маҳсулот ва буюмларни ишлатиш жараёнида уларга: иссиқлик, ёруғлик, радиация, кислород, намлик, агрессив кимёвий элткичлар, механик юклама каби турли хил омиллар таъсир этади. Ушбу омиллар алоҳида ёки ҳаммаси бирга таъсир этиб, полимерларда 2 хилдаги қайтмас кимёвий реакцияларни келтириб чиқаради: деструкция, бунда макромолекуланинг асосий занжирида узилиш рўй беради ва таркибий ўзгариш оқибатида занжирлар бирикиши ҳосил бўлади. Полимерда молекуляр таркибий ўзгаришлар унинг эксплуатацион хоссаларининг ҳам ўзгаришига: эластиклиги йўқолади, каттиқлик ва мўртлиги кўпаяди, механик мустаҳкамлик пасаяди, диэлектрик кўрсаткичлар ёмонлашади, ранги ўзгаради, текис юзаси ғадир-будур ҳамда айрим ҳолларда полимер юзасида кукунсимон моддалар пайдо бўлишга олиб келади. Полимерлар ва undan ясалган буюмларнинг вақт ўтиши билан хоссаларининг ўзгаришига **эскириш** дейилади.

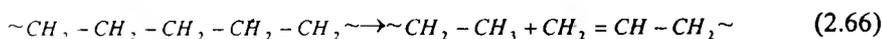
Эскириш жараёнида реакциялар радикалли, ионли ва камдан-кам молекуляр механизм бўйича кечиши мумкин. Полимерлар табиий атмосфера шароитида, космосда, радиация таъсирида эксплуатация қилинса радикалли жараёнлар ривожланади. Агар полимерлар агрессив муҳитларда эксплуатация қилинса, unda ионли жараёнларга дучор бўлади.

Полимерлар эскиришининг асосий сабаби – унинг молекулаларининг кислород билан оксидланишидир. Агар температура юкори бўлса, масалан, полимерларни қайти ишлаш даврида, эскириш жараёни жуда тез боради. Ушбу жараён ёруғлик нури таъсирида тезлашади. Полимернинг парчаланиши ва бузилишига сабабчи бўлган омилларнинг турига

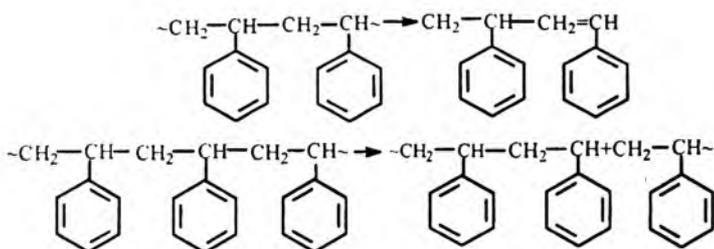
караб эскириш усуллари куйидаги турларга бўлинади: иссиқлик, термик-оксидлаш, ёруғлик нури, атмосферали (озонли), радиацияли ва механик юкламалар таъсирида эскириш.

Полимерлар эскириши даврида деструкция ёки таркибланиш (структурирования) занжирли реакцияларнинг кечиши занжирнинг кимёвий тузилишига боғлиқ. Маълумки, винилили полимерлар деструкцияга, айрим диенли полимерлар эса – таркибланишга мойил. Эскириш жараёнининг ҳамма турларида, макромолекуланинг деструкцияси занжирларнинг айрим қисмларида оддий C—C-боғ (305 кЖ/мол) энергиясидан ортиқча энергия мужассам бўлгандагина содир бўлади.

Термик деструкция – юкори температуралар таъсирдан макромолекулаларнинг парчаланиш жараёнидир. Ушбу деструкция даврида айрим полимерлар турли тузилишли калта занжир (полиэтилен, полипропилен) лар, бошқалари эса – мономер (полиметилметакрилат, полиизобутилен, поли-ε-метилстирол) ҳосил қилиб парчаланadi. Биринчисининг деструкцияси статистик конун асосида кечади:



Иккинчисининг деструкцияси деполимерлаш конуни бўйича болади, яъни куйи молекулали моддалар-бошланғич мономер (камрок, ди- ва тример) ҳосил бўлиши билан кечади:



(2.67)

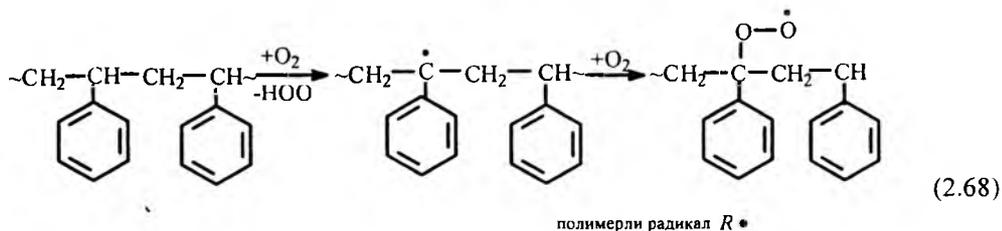
Деполимерлаш жараёни полимерларнинг эскириш тури бўлишига қарамасдан, термопластли чикиндиларни утилизация қилиб, мономер олиш учун қўлланиши мумкин ва уни қайтадан полимер синтез циклига йўналтирилади. Қуйидаги 2.6-жадвалда айрим полимерларнинг термик деструкция маҳсулотлари келтирилган.

2.6-жадвал

№	Полимер номи	Деструкция маҳсулоти
1.	Полиэтилен	мономер (1%), занжирларнинг катта бўлаклари
2.	Полипропилен	мономер (10%), занжирларнинг катта бўлаклари
3.	Поливинилхлорид	хлорли водород (>95%)
4.	Поливинилиденхлорид	хлорли водород (>95%)
5.	Политетрафторэтилен	тетрафторэтилен (>95%) ва унинг цикли димери
6.	Полистирол	мономер (~65%) димер, тример, тетрамер
7.	Поли-ε-метилстирол	мономер (>90%)
8.	Полиметилакрилат	мономер (~1%), занжирларнинг катта бўлаклари
9.	Полиметилметакрилат	мономер (>90%)

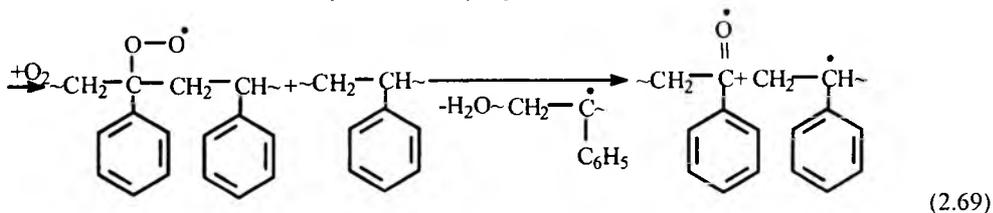
Термик оксидловчи деструкция – полимерга бир вақтда юкори температура ва кислороднинг таъсирдан макромолекулаларнинг парчаланиш жараёнидир. Кислороднинг иштироки полимернинг иссиқликка бардошлигини кескин равишда пасайтиради, чунки вакуумда полистиролнинг парчаланиш температураси 220°C дан ҳаво муҳитида 100°C гача тушади. Термик оксидлаш деструкциясининг бирламчи маҳсулоти полимерли

гидропероксидлар бўлиб, бузилиш вақтида эркин радикаллар ҳосил қилади. Натижада, жараён занжирли механизм бўйича кечеди ва автокаталитик ҳисобланади:



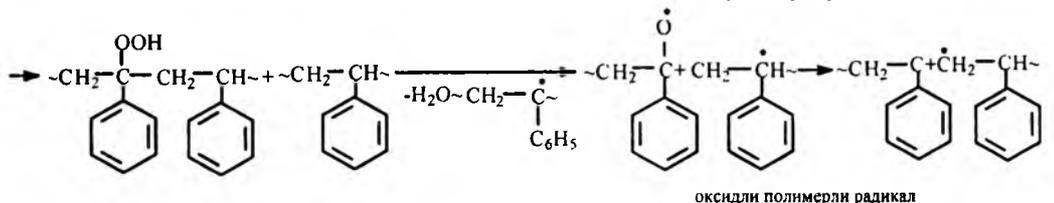
(2.68)

пероксидли полимерли радикал $ROO\cdot$



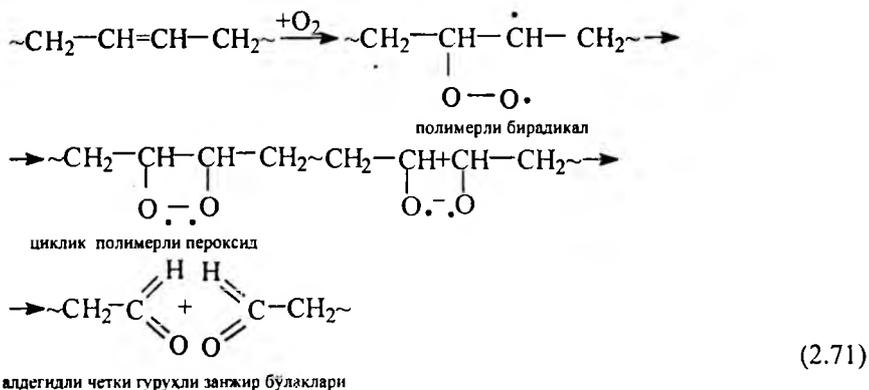
(2.69)

полимерли гидропероксид $ROOH$



(2.70)

$C-C$ -боғлари бўлмаган макромолекулали полимерлар тўйинмаган боғли (масалан, полидиен) ларга караганда термик оксидловчи деструкцияларга бардошлиги юкорирок. Бунга сабаб, $C=C$ -боғларга кислороднинг тўғридан-тўғри осон бирлашиши ва ўта нотурғун, кучланишли циклик пероксидларнинг ҳосил бўлишидир:



(2.71)

Термик оксидловчи деструкция жараёнида жуда катта микдорда таркибида кислород сақлаган қуйи молекуляр моддалар: сувлар, кетонлар, алдегидлар, спиртлар ва кислоталар ҳосил бўлади.

Фотохимёвий деструкция – бу ёруғлик нури таъсирида полимер макромолекулаларининг парчаланишидир. Айниқса, тўлқин узунлиги $\lambda=40$ нм ли ультрабинафша (УБ) нурларнинг таъсирида полимерда чуқур деструкция содир бўлади. УБ-нурланиш квантининг энергияси макромолекуланинг $C-C$ – боғидан кучли ва температурага боғлиқ эмас. Шунинг учун, фотохимёвий деструкция жуда паст температураларда, кислород миқдорига қараб тез ёки секин, кечиши мумкин. Агар полимерда ёруғлик нури ютиш қобилияти бўлган атом гуруҳлари бўлса, деструкция жараёни жуда жадал суръатлар билан боради. Ушбу гуруҳлар **хромофорли** деб аталади. Ушбу гуруҳга қуйидаги: $C=C$, $C\equiv C$, $C=C-C=C$, $C=O$ ва бошқалар киради.

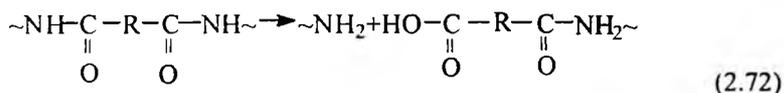
Фотохимёвий деструкция радикал-занжирли жараён ва УБ-нурланиш ўтиш қобилияти кичик бўлгани учун деструкция асосан полимернинг юза қатламларида боради.

Радиацион деструкция – полимерга γ -нурлар, α - ва β -заррачалар, нейтронлар таъсир этганда рўй берадиган жараён. Маълумки, ушбу нурларнинг энергияси макромолекулалардаги кимёвий боғлар энергиясидан анча катта. Нурлар энергияси таъсирида эркин радикаллар полимер билан «ушлаб олинади» ва унда узок муддат давомида бўлиб, уни аста-секин парчалай бошлайди.

Механик кучланишлар остида полимер деструкцияга учрайди. Механик кучланишлар полимердаги атом боғлар энергиясидан катта бўлганда **механик деструкция** бошланади. Полимернинг механик деструкцияси уни қайта ишлаш жараёнида, масалан, узок муддат давомида жувалашда, ўта майин майдалашда, тезкор механик аралаштиришда ҳосил бўлиши мумкин. Механик майдонда ҳосил бўладиган полимернинг эркин радикаллари макромолекулалар билан бирикиши мумкин ва тармоқланган ёки тикилган маҳсулотлар барпо қилади.

Кимёвий деструкция – полимер макромолекулаларини кимёвий моддалар ёрдамида парчалаш жараёни. Ушбу деструкция гуруҳнинг асосий занжирида кимёвий айланишларга мойил кўпчилик гетерозанжирли полимерлар учун хосдир. Деструкция чуқурлиги қуйи молекуляр реагент миқдори ва унинг табиатига ҳамда ўзаро таъсир шароитларига боғлиқ.

Кимёвий деструкцияга мисол тарикасида полиамиднинг кислота ва ишқорлар таъсиридан парчаланишини келтириш мумкин:



Кимёвий фаол муҳитларда эксплуатация қилинадиган полимерлар кўпроқ кимёвий деструкцияга дучор бўлади.

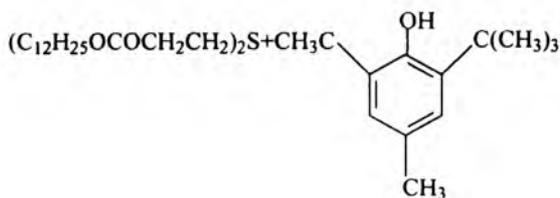
2.12.2. Полимерларни ташқи таъсирлардан ҳимоялаш

Маълумки, кўпчилик полимерларнинг эскириши асосан занжирли радикалли реакциялар механизми бўйича кечади. Албатта, полимерларни эскиришдан ҳимоялаш учун, биринчи галда, ушбу реакцияни тўхтатиш ёки бартараф қилишдан келиб чиққан ҳолда ҳал этиш керак. Саноат миқёсида ишлаб чиқарилаётган полимерларни эскиришдан ҳимоялаш ва саклаш учун қайта ишлаш босқичида оз миқдорда (5% гача) қуйи молекуляр қўшимча моддалар – **мўътадиллагичлар** киритилади. Мўътадиллагичлар умумий вазифаси ўзининг молекулаларида полимерни парчаловчи маълум турдаги энергияни тарқатишдир.

Деструкция занжирли реакциясининг ривожланишини тўхтатиб турувчи мўътадиллагичлар **ингибиторлар** деб номланади. Демак, мўътадиллагич – ингибиторлар радикал ҳосил бўлиши билан парчаланувчи моддадир.

Оксидловчи реакцияларни кечишига тўсқинлик қилувчи мўътадиллагичлар **антиоксидант** деб аталади.

Термик оксидловчи эскиришдан полимерларни самарали химоялашни антиоксидант жуфтлигини қўллаш таъминлайди, чунки улар турли механизмлар бўйича таъсир ўтказиши. Икки антиоксидант аралашмасининг ўзаро кучайган мўътадилловчи самараси *синергизм* дейилади. Масалан, полиолефинларни мўътадиллашда синергетик таъсир қобилятига дилаурилтиодипропионат (оддий таъсирли антиоксидант)—ионол (антиоксидант-ингибитор) аралашмаси мисол бўла олади:



(2.73)

Кўпчилик антиоксидантлар температура 280°C дан ошмаганда ўз фаоллигини яхши намоеън этади. Бундан юқорирок температураларда полимерларни термик оксидланишдан металллар, оксидлар ва ўзгарувчан валентли металл тузлари билан химояланади. Ушбу кўшимчаларнинг кукуни кислородни ютади ва термик оксидлаш деструкцияси термик деструкцияга айланади. Маълумки, термик деструкция ҳар доим жуда кичик тезликда боради.

Полимерларни ёруғлик нуридан химоялаш учун ёруғлик-мўътадиллагичлар ишлатилади. Уларнинг ишлаш принципи куёш нури (УБ-абсорберлар) ни ютишга асосланган. УБ-абсорберларнинг химоя функцияси шундаки, ютилган энергиянинг ҳаммаси молекулаларни қайта қуришга сарфланади. Бошланғич тузилишга қайтиш иссиқлик ажраб чиқиши билан кечади, аммо полимер учун хавфли эмас.

Кўпчилик полимерлар учун фаол ёруғлик-мўътадиллагичлар сифатида ноорганик пигмент (TiO_2 , ZnS), қорақуя, резорцин ҳосилалари, бензотриазол ва ҳоказоларни келтириш мумкин.

Мўътадиллагичлар самарадорлигини баҳолашда нафакат кимёвий реакциялардаги фаоллигини, балки арзонлиги, етарли миқдорда мавжудлиги ва заҳарлилиги каби кўрсаткичлар ҳам инобатга олиниши даркор. 2.7-жадвалда саноат миқёсида қўлланиладиган айрим мўътадиллагичлар тўғрисида маълумотлар келтирилган.

2.7-жадвал

№	Номи	Кимёвий номи	Қўлланиши
1	Алкофен БП (ионол)	2,6-Ди- <i>трет</i> бутил-4метил-фенол	Антиоксидант
2	Беназол П (тинувин П)	2(2'-гидрокси-5'-метилфенил) бензотриазол	Ёруғлик-мўътадиллагич, антиоксидант
3	Диафен ФФ (ДФФД)	N,N'-Дифенил-п-фенилендиамин	Антиоксидант, антиозонант
4	Карбамид БНИ	Дибутилднтиокарбамат никеля	Термо-мўътадиллагич, антиоксидант, ёруғлик-мўътадиллагич,
5	Неозон Д	N-Фенил-β-нафтиламин	Антиоксидант

Полимерларни эскиришдан унинг физик тузилишини ўзгартириб ҳам эришиш мумкин. Бунинг учун полимер махсус механик ёки термик ишлов ёки унга таркиб ҳосил қилувчи кўшимчалар киритилади.

2-боб. Полимерлар кимёси ва физик-кимёси бўйича Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Макромолекула нима?
2. Нефтни қайта ишлаб олинадиган газларга нима қиради?

3. Каталик крекинг нима?
4. Полимерлар классификациясини келтиринг.
5. Полимер, сополимер, гомополимерлар нима?
6. Карбозанжирли полимерлар молекулали занжирнинг тузилиши.
7. Полимер занжирларининг стереорегулярлиги нима?
8. Стереорегуляр полимерлар цис- ва транс-изомерлар структура формулаларини келтиринг.
9. Полимерланиш жараёнини изохлаб беринг.
10. Поликонденсатлаш жараёнини таърифлаб беринг.
11. Полимернинг молекуляр-массавий тақсимланиш графигини келтиринг ва изохлаб беринг.
12. Конформация ва конформацион айланиш нима?
13. Сегмент нима?
14. Полимерларнинг физик ҳолатини изохлаб беринг.
15. Полимерларда релаксация жараёни нимани англатади?
16. Кристаллик полимер деб нимага айтилади?
17. Глобула, глобуляр тузилиш ва фибрилла нима?
18. Мавҳум пластик системалар деб нима тушунилади?
19. Занжирли полимерлаш тавсифи.
20. Радикалли полимерлаш нима?
21. Ионли полимерлаш жараёнининг структура формулаларини ёзинг.
22. Сополимерлаш константаси.
23. Термик оксидловчи деструкция нима?
24. Ингибитор ва антиоксидант мўътадиллагичлар нима?
25. Синергизм нимани англатади?

3-боб. ТҶЙИНМАГАН АЛИФАТИК УГЛЕВОДОРОДЛАР ПОЛИМЕРЛАРИ ВА УЛАРНИНГ ҲОСИЛАЛАРИ

Полимерлар гуруҳига полиэтилен, полипропилен, полиизобутелен ва уларнинг сополимерлари ҳамда айрим бошқа α -олефинларнинг полимерлари киради. Саноат микёсида полиэтилен ва полипропиленларни ишлаб чиқариш муҳим аҳамиятга эга.

3.1. Поллэтилен

Этиленни полимерлаш жараёнини илк бор А.М.Бутлеров ўрганган. 1884 йили Россияда Г.Г.Густавсон томонидан этиленнинг куйи молекулали полимери синтез қилинган. Лекин кўп йиллар давомида фақат куюк ковшуққ суюқлик кўринишидаги куйи молекулали полимер (<500) олиш имконияти бўлган ва у синтетик мойловчи сифатида ишлатилган.

Ўтган асрнинг 30-йилларида лаборатория шароитида Буюк Британия ва Россияда 50 МПа босим ва тахминан 180°C температурада қаттиқ агрегат ҳолатидаги юқори молекулали полиэтилен олишга эришилди. Саноат микёсида юқори молекулали полиэтилен ишлаб чиқариш 1937 йилда Буюк Британияда амалга оширилди.

1952 йили Циглер томонидан титан триэтилалюминий ва тетраҳлоридли мажмуа асосли катализаторлар ихтиро қилинди. Ушбу катализатор, нисбатан паст босимда этиленни полимерлаб, юқори молекуляр массали қаттиқ маҳсулот олиш имконини берди.

Бир неча йилдан сўнг, «Филипс» (АҚШ) алюмосиликатга жойланган ўзгарувчан валентли металл оксид (хром оксиди) лари асосида ўрта босимда этиленни полимерлаш учун янги катализатор яратди. Этиленни полимерлаш инерт углеводород (пентан, гексан, октан ва бошқа) лар муҳитида 3,5...7 МПа босимда ўтказилган.

1970-75 йилларда Россия ва ГДР мутахассислари ҳамкорлигида конденсатланган газ муҳитида юқори босимда полиэтилен олиш усули («Полимир» жараёни) яратилди ва саноатга татбиқ қилинди.



Ундан ташқари, турли катализаторлар иштирокида полиэтилен олишнинг бир неча юқори самарали жараёнлари яратилган. Булардан энг самаралиси, 2,2 МПа босим ва тахминан 85...100°C температурада силикат ташувчидаги хромнинг органик бирикмали катализатори ёрдамида газ муҳитида полиэтилен чиқаришдир. Ундан ташқари, 0,68...2,15 МПа босим ва 100°C температурада хром бирикмалари асосидаги юқори самарали катализатор иштирокидаги мавҳум кайнаш қатламли газ муҳити («Юнипол» жараёни) да

чизикли полиэтилен олишдир. Иккала жараён ҳам бир хил курилма ва жиҳозларда ишлаб чикарилади.

Охирги пайтда саноат микёсида куйидаги полиэтилен ишлаб чикаришнинг усуллари кенг қўламда қўлланилмоқда:

1) юкори босим 150...350 МПа ва 200...300°C температурада инициатор (кислород, органик пероксидлар) иштирокида конденсатланган газ фазада этиленни полимерлаш. Олинган полимер зичлиги $\rho=916...930 \text{ кг/м}^3$. Бундай полиэтилен юкори босимли (ПЭВД) ёки паст зичликка эга (ПЭНП) полиэтилен деб номланади;

2) паст босим 0,2...0,5 МПа ва ~80°C температурада металл органик катализатор иштирокида суспензия (органик эритувчилар муҳити) да этиленни полимерлаш. Олинган полимер зичлиги $\rho=959...960 \text{ кг/м}^3$. Хром органик катализаторлар иштирокида этиленни полимерлаш 2,2 МПа босим ва 90...105°C температурали газ фаза (эритувчисиз) да ўтказилади. Бундай полиэтилен паст босимли (ПЭНД) ёки юкори зичликка эга (ПЭВП) полиэтилен деб номланади;

3) ўрта босим 3...4 МПа ва 150°C температурада ўзгарувчан валентли металл оксид (хром оксиди) ли катализаторлар иштирокида эритмада этиленни полимерлаш. Олинган полимер зичлиги $\rho=960...970 \text{ кг/м}^3$. Бундай полиэтилен ўрта босимли (ПЭСД) ёки юкори зичликли полиэтилен деб номланади.

Юкорида кайд этилган усуллардан ташкари, принципиал янги, яъни электр разряди ёки ўтувчи нурлар ва бошқа усулларда полимерлаб полиэтилен олиш мумкин. Аммо бу усуллар саноатда айрим сабабларга кўра татбиқ этилмади.

3.1.1. Полиэтилен ишлаб чикариш учун хом-ашё

Полиэтилен ишлаб чикариш учун олефинлар синфидаги оддий тўйинмаган углеводород, рангсиз газ этилен $-C_2H_4-$ хизмат килади. Этиленнинг қайнаш температураси $t_{қай.} = -103,4^\circ\text{C}$ ва ҳавода ўз-ўзидан ёниб кетиш температураси $t_{ғиниш.} = 546^\circ\text{C}$. Ҳаво билан аралашмасининг портлаш концентрацияси 3...34% (ҳажмий). Этилен 350°C температурагача тургун, лекин бундан юкори температурада метан, ацетилен, водород ва каттик углеводларга парчланади. Этилен спирт, дихлорэтанларда эрийди, эфирларда яхши эрийди ва сувда ёмон эрувчан хоссаларга эга. Реакцион қобиляти яхши, айниқса, бирикиш реакцияси бўйича юкоридир.

Саноат микёсида этиленни олиш учун тўйинган углеводородлар 780...830°C да пиролиз қилинади. Бунинг учун, нефтни казиб олишда чиқадиган ва уни заводларда мўътадиллашда ҳосил бўладиган (этан, пропан, бутан фракциялари ва газли бензин) ва нефтни қайта ишлаш маҳсулотлари ва табиий углеводородли газ (таркибида этан ва пропан бўлган газлар, суюлтирилган газлар – пропан ва бутан фракциялар ҳамда паст октан сонли тўғридан-тўғри ҳайдашда олинган бензин) лар йўловчи газлар ишлатилади. Пиролиз жараёни трубади ўтхоналарда ўтказилади ва ундан пиролиз гази, кокс ва чакчисимон маҳсулотлар олинади.

Жуда тоза этилен олиш учун пиролиз гази тозаланади. Тозалаш жараёни 0,5...4,9 МПа босим ва $-100...130^\circ\text{C}$ температурали шароитда амалга оширилади. Нагигада, асосий маҳсулот 95% дан кам бўлмаган этилен олинади. Этилен бўлмаган 5%ли маҳсулот таркиби метан ва этандан иборат, ҳамда жуда оз микдорда ацетилен ва бошқа аралашмалар бўлади. Ушбу моддалар полимерлаш жараёнининг кечишига салбий таъсир этади.

Тозалаш колонналари тизимидан ўтган этилен тозалик даражаси 99,9% ни ташкил этади ва таркибида фаол аралашмалар бўлмайди.

Оз микдорда, юкори даражада тоза этилен олиш учун этил спиртни Al_2O_3 иштирокида 300...400°C температурада дегидратлаш усули қўлланилади:



Ушбу усул содда бўлгани билан жуда кўп микдорда этил спиртни талаб этади. Шунинг учун ҳам, шу кунда полиэтилен ишлаб чиқаришда нефть ва йўловчи газлардан фойдаланилади. Юкорида қайд этилганларни инобатга олган ҳолда, замонавий корхоналар нефть ва йўловчи газлардан фойдаланишга асосланган ҳолда лойиҳаланади.

Нефтни 400...500°C температурада крекинг ва 700°C температурада пиролиз қилинганда нефть газлари ҳосил бўлади ва унинг таркиби этилен, водород, метан, этан, пропан, пропилен, бутан, изобутилен ва ҳоказолардан иборат. Нефтни казиб олишда ажраб чиқадиған йўловчи газлар асосан парафинли углеводородлар: метан, этан, пропан, бутан ва ҳоказолардан иборат бўлиб, юкори температурали крекинг қилинади ва оқибатда кўп қисми этиленга айланади.

Газ аралашмаларидан концентрланган этиленни ажратиб олиш учун куйидаги усуллар қўлланилади:

– ректификация (чуқур совитиш) – бунда газ аралашмаси босим остида сикилади ва –100 дан –118°C температурагача совутилиб ректификацион колонналарда фракцияларга ҳайдалади (3.1-расм);

– абсорбцион-ректификация – бунда бошлангич аралашмадан метан ва водороддан ташқари ҳамма компонентлар эритувчилар ёрдамида абсорбцияланади, сўнг абсорбцияланган компонентлар ректификация қилинади.

Ушбу усул –20 дан –30°C оралиғидаги температуралар билан чегараланиш имконини беради (3.2-расм);

– абсорбцион-десорбцион (гиперсорбция) усул – бунда узлуксиз равишда ҳаракатланаётган адсорбент гранулалари қатламида газ аралашмасининг ажралиши содир бўлади.

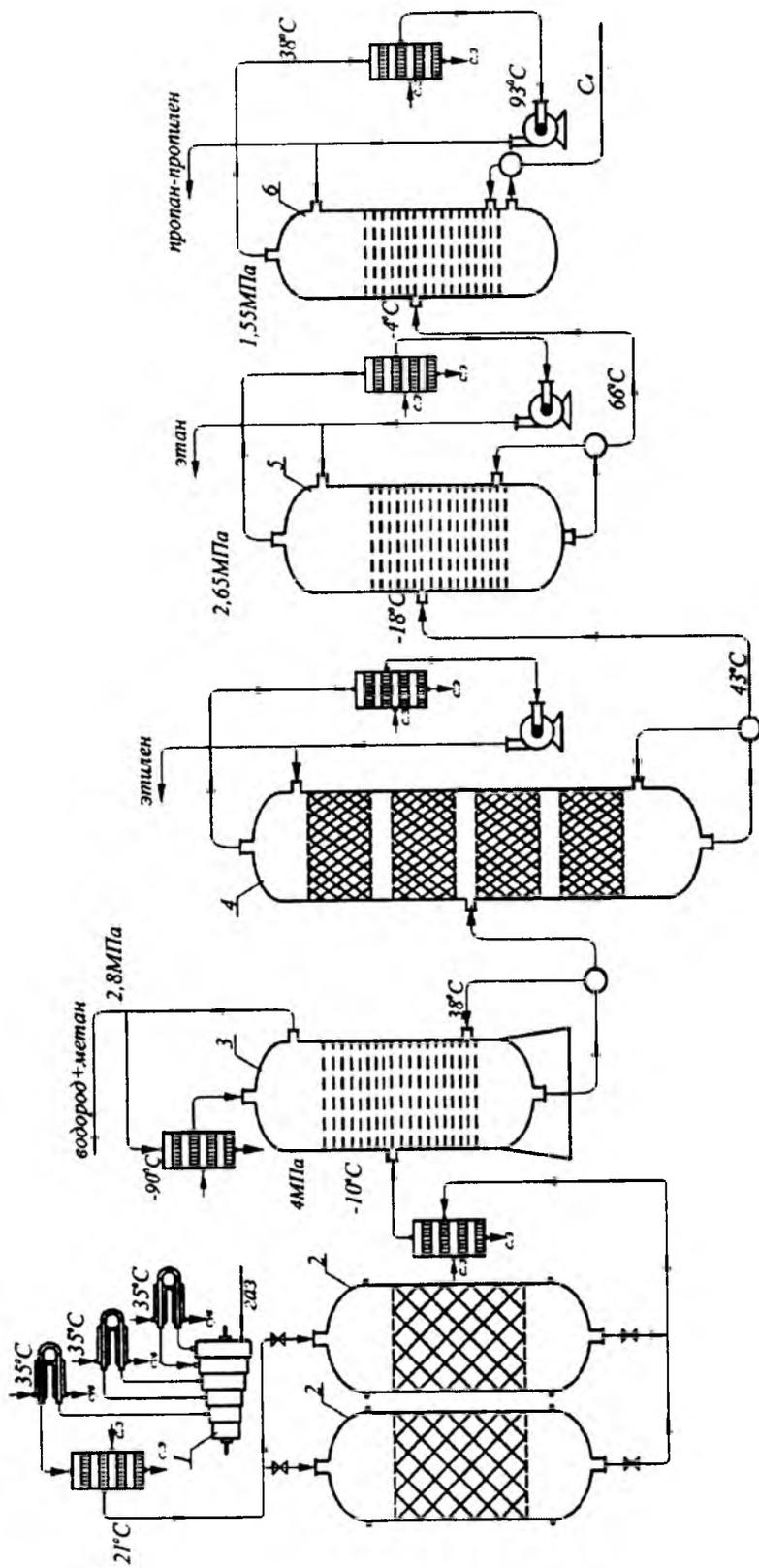
Тоза этилен куйидаги физик-кимёвий хоссаларга эга (3.1-жадвал):

3.1-жадвал

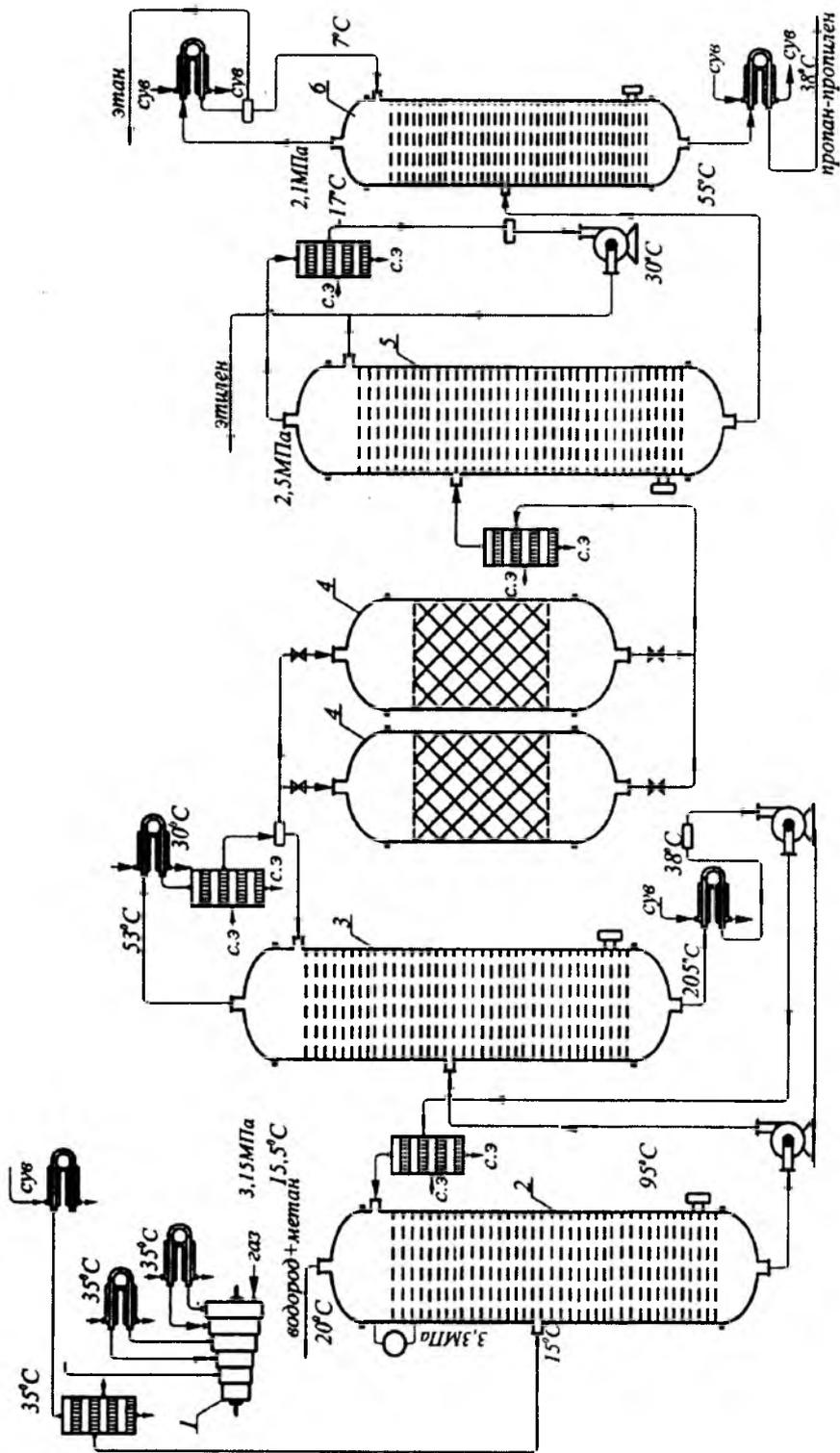
№	Курсаткич	Сон қиймати	Улчов бирлиги
1	Қайнаш температураси	–103,4	°C
2	Эриш температураси	–169,2	°C
3	Зичлик, қайнаш температурасида	570	кг/м ³
4	Синиш константаси n_D	1,363	–
5	Критик температура	9,7	°C
6	Критик босим	5,09	МПа
7	Хид	Кучсиз эфир	
8	Ҳажмий масса (газсимион), 0°C да	1,260	кг/м ³
	25°C	1,200	кг/м ³
	10 МПа да	3,319	кг/м ³
	140 МПа да	5,575	кг/м ³
9	Иссиклик сизгим, 0,1 МПа да	1,63	кЖ/кг·К
	30 МПа да	2,50	кЖ/кг·К
10	Ҳаво билан портлаш концентрациялар		
	оралик чегаралари		
	пастки	3..3,5	%
	юкори	16..19	%

Шуни алоҳида қайд этиш керакки, унинг наркотик таъсири ҳам бор.

Полиэтилен $[-C_2H_2- C_2H_2-]_n$ – бу олефинли катордаги алифатик тўйинмаган углеводороди бўлган этиленнинг карбозанжирли полимеридир. Полиэтилен макромолекулалари ён томонга оз микдорда тармоқланган чизикли тузилишга эга. Полимерлаш усулига қараб унинг молекуляр массаси ўн мингдан бир неча миллион оралиғида бўлиши мумкин.

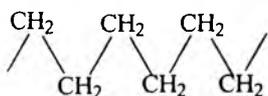


3.1-расм. Ректификацион усулда этилен одлиннинг технологик схемаси:
 1- компрессор, 2- абсорбцион колонна, 3- регенерацион колонна, 4 – қисман
 қуритиш колонналари, 5- этилен колоннаси, 6-пропан-пропилен колонна



3.2-расм. Абсорбицион-ректификацион усулда этилен олишининг технологик схемаси:
 1- компрессор, 2- кисман куритиш колонналари, 3- метан колоннаси,
 4 - этилен колоннаси, 5- этан колоннаси, 6- пропан-пропилен колонна

Полиэтилен – бу кристаллик полимер. Атроф-муҳит температурасида полимернинг кристаллик даражаси 50...90% (олиш усулига қараб) ни ташкил этади. Кристаллик соҳаларда полиэтилен макромолекулалари ясси илонсимон кўринишидаги конформацияга эга бўлиб, ўхшашлик даври $2,53 \cdot 10^{-4}$ мкм.



(3.2)

Полиэтилен ўзининг жуда қимматли хоссалари билан бошқа термопластлардан ажралиб туради. Ундан тайёрланган буюм ва маҳсулотлар жуда юқори мустақамликка эга, радиация ва коррозия фаол моддалар таъсирини бардошли, захарлимас, диэлектрик хоссалари яхши. Полиэтиленни қайта ишлаш термопластларни қайта ишлашга оид ҳамма маълум усулларида амалга ошириш мумкин.

Хом-ашёнинг етарли ва кўплиги, қимматли хоссалари ва ишлаб чиқаришга кетадиган сарф-харажатларнинг кам бўлганлиги сабабли пластмассалар ичида биринчи ўринда туради.

Юқори босимда этиленни радикал полимерлаш йўли билан, паст ва ўрта босимларда эса ионли полимерлаш йўли билан полиэтилен ишлаб чиқарилади.

Полимерлаш усулига қараб полиэтиленнинг хоссалари турлича бўлади. Юқори босим (радикал полимерлаш)да олинган полимернинг зичлиги ва эриш температураси ионли

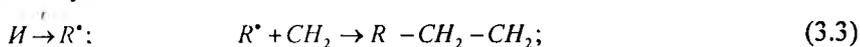
полимерлаш усулини кичик нисбатан паст. Радикал механизмли полимерлашда занжирдаги тармоқланган звенолар сони кўп бўлган маҳсулот ва ион механизмли полимерлашда эса, чизикли тузилишга эга ва юқори кристаллик даражали полимер ҳосил бўлади. Олинаётган полимерлар хоссалари бўйича фарқланади. Бу эса, ўз навбатида, қайта ишлаш режимларининг ўзгаришига сабабчи бўлади ва албатта, маҳсулот ва буюмларнинг сифатига ҳам таъсир кўрсатади. Бундай ҳолат полимер занжирининг тузилишига, полимерлаш жараёнининг кечиш шароитларига бевосита боғлиқ бўлади.

3.2. Юқори босимда полиэтилен олиш механизми

Юқори босимда радикал инициаторлар ёрдамида олинган полиэтилен *юқори босимли полиэтилен* деб аталади.

Этиленни юқори босимда полимерлаш занжирли жараён кўринишида бўлиб, эркин радикалли механизм бўйича кечади. Фаолланиш энергиясини камайтириш учун инициаторлар, яъни кислород, водород пероксидларлар, айрим нитрил бирикмалар ва ҳоказолар ишлатилади. Полимерлаш жараёни уч босқич: иницирлаш, занжир ўсиши ва занжир узилишида боради.

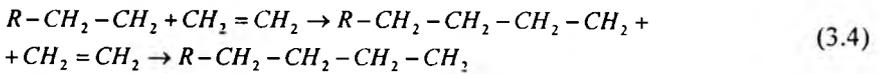
Иницирлаш жараёни – бу инициаторни киздириш даврида парчаланиши ҳисобига эркин радикаллар ҳосил бўлишидир. Ҳосил бўлган радикал этиленнинг молекуласи билан ўзаро таъсир этади. Температура таъсири ва бириккан эркин радикал ҳисобига этилен молекуласи зарур фаолланиш энергиясини олади. Натижада, у ўзига янги этилен молекулаларини бириктириб олади ва уларга ўз фаолланиш энергиясини узатади. Шундай қилиб, полимер занжирининг ўсиши бошланади. Ушбу реакцияни схематик равишда қуйидагича ифодалаш мумкин:



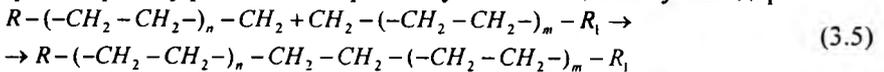
бу ерда I – инициатор, R^* – эркин радикал

Кислород инициаторининг самарадорлиги шундаки, у тезда этиленни гидропероксидгача оксидлайди. Температура таъсирида гидропероксиднинг парчаланиши автоматик равишда бошланғич углеводородларнинг кейинги оксидланишига олиб келади ва занжирли реакциянинг эркин радикаллари ҳосил бўлади.

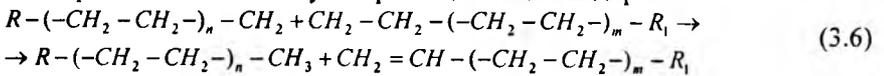
Занжирнинг ўсиши – шундан иборатки, мономернинг фаол молекуласига кетма-кет этиленнинг янги молекулалари бирикади ва тўйинмаган четки фаол гуруҳли ўсувчи занжир ҳосил қилади:



Занжирнинг узилиши – рекомбинация ёки диспропорционаллаш туфайли четки фаол гуруҳларни йўқ қилишдан иборат. Рекомбинациялаш бу тўйинмаган четки гуруҳли икки занжирни бирлаштириш туфайли полимер молекуласининг ҳосил бўлишидир:

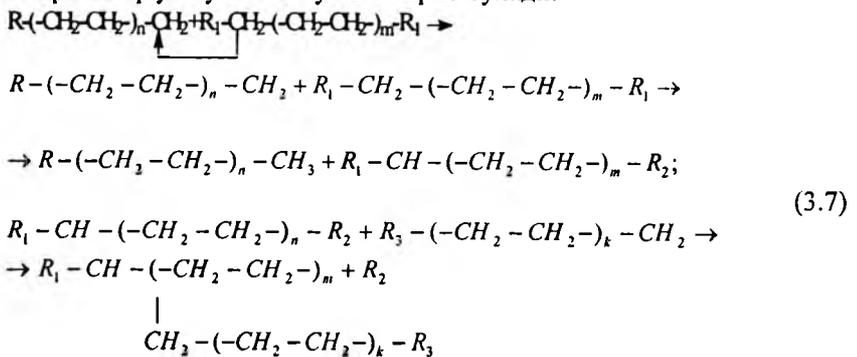


Диспропорционаллаш бу водород атомини бериб, тўйинган ва тўйинмаган четки гуруҳлар билан полимернинг иккита молекулаларини ҳосил қилишдир:



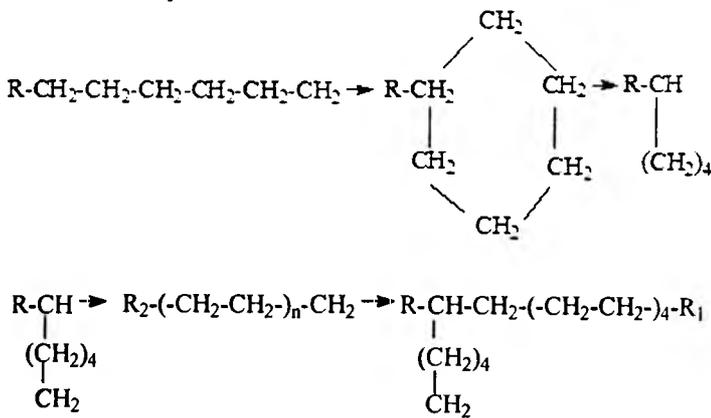
Занжирни бериш ҳисобига ён томонга тармокланган полимер молекулаларини ҳосил қилиб узун ва қалта занжирли бўлиши мумкин.

Узун занжирли тармоқлар ушбу схема бўйича барпо бўлади:



Ушбу схема бўйича молекула ўртаси тармокланган полимер занжирлари ҳосил бўлади. Ён томондаги занжир узунлиги асосий занжир узунлигидек бўлиши мумкин.

Молекулалар ичида занжир узатиш ҳисобига олтита ҳалқа кўринишидаги қалта занжирли тармоқланиш ҳосил бўлади.



3.2.1. Юқори босимли полиэтиленни трубади реакторда ишлаб чиқариш

Саноат микёсида юқори босимли полиэтиленни олиш асосан икки турдаги қурилмадан фойдаланилади, яъни этиленни полимерлаш реактор конструкциялари билан фаркланади. Конструкциясига қараб реакторлар идеал сиқиб чиқариш принципида ишлайдиган трубади ёки идеал аралаштириш принципида ишлайдиган ичида аралаштирувчи мосламаси бўлган вертикал цилиндрик қурилма-автоклав бўлиши мумкин.

Зичлиги ва молекуляр массаси катта полиэтилен олиш учун полимерлаш жараёни юқори босимда ўтказилиши керак. Бу эса, ўз навбатида калин деворли труба ва обечайкалар қўллашни тақозо этади. Ундан ташқари, этиленнинг полимерланиш иссиқлиги энг катта бўлиб, тахминан 100 кЖ/моль микдордаги иссиқликни ажратиб олишни талаб қилади.

Жараён юқори тезлиги (яъни реакторнинг юқори унумдорлиги) ни таъминлаш учун полимерлаш руҳат этилган температура (200...300°C) нинг максимал қийматларида ўтказилади. Температуранинг тепа чегараси реакторда босимга, зарур молекуляр масса, молекуляр-массавий тарқалиш ва портлаш хавфсизлиги (критик температураларда этиленнинг парчаланиши) шартлари билан белгиланади. Трубади реактор ва автоклавдаги полимерлаш жараёнлари температура режимлари ва реакцион массанинг қурилмада бўлиш вақти билан фаркланади. Турли қурилмаларда олинадиган юқори босимли полиэтилен хоссалари билан ажралиб туради.

Трубади реакторда юқори босимли полиэтилен ишлаб чиқариш. Саноат микёсидаги реактор-полимеризаторлар кетма-кет уланган «труба ичида труба» иссиқлик алмашилини қурилмаси қуринишида бўлади. Реактор трубалари ўзгарувчан диаметр (50...75 мм) ли бўлади. Трубаларнинг айрим звенолари оғир, ичи бўш плита-ретурбентлар ёки қалачлар билан бирлаштирилади. Труба ва қалачлар ғилофли бўлиб, ўзаро кетма-кет уланган. Ушбу қурилмада этиленни иситиш учун иссиқлик элткич сифатида температураси 190...230°C ли ўта қиздирилган сув ишлатилади. Иссиқлик элткич этилен ва реакцион массалар оқимида қарама-қарши йўналишда трубади реактор ғилофига узатилади. Юқори температураларни қўллашдан мақсад, труба деворларида полимер парда ҳосил бўлмаслигини таъминлашдир. Реакторда ўзгармас ва бир хил температурани ушлаб туриш ва самарали равишда реакция иссиқлигини четга ажратиб олиш учун қурилманинг узунлиги бўйича турли зоналарига янги этилен ва инициатор киритилади. Бир зонади реакторга қараганда кўп зонади қурилма унумдорлиги анча юқори. Бир зонади реактор реакциянинг максимал температураси 300°C да бир ўтишда этиленга айланиш 15...17% ни ташкил этади. Икки зонади реакторда ўша температурада айланиш 21...24% гача қўпаяди. Уч зонади реакторда иккита ён томонидан газ узатилганда айланиш 26...30% гача ортади. Тўрт зонади қурилманинг унумдорлиги уч зонадига қараганда сезиларли даражада ортмайди.

Ишлаб чиқарилаётган полимер хоссаларининг ўзгармас бўлиши учун реакторнинг ҳамма зоналарида температурани бир хиллигини таъминлаш даркор.

Маълумки, реакторнинг унумдорлиги унинг ўлчамларига боғлиқ. Шунинг учун трубасининг узунлиги ва диаметри турли хил бўлган трубади реакторлар ишлатилади. Қуввати катта реакторлар трубасининг узунлиги 1000 м ва ундан ортик бўлади. Юқори босимли полиэтиленни трубади реакторда олишнинг технологик жараёнлари қуйидаги босқичлардан иборат: қайтарилган газ ва кислород билан янги этиленни аралаштириш, газни икки босқичли сиқиб, конденсатланган фаза (этиленнинг зичлиги 400...500 кг/м³) да этиленни полимерлаш, юқори босимли полиэтилен ва рециклга узатилаётган реакцияга киришмаган этиленларни ажратиш ва маҳсулотни грануллаш. Юқори босимли полиэтиленга ранг бериш, мўътадиллаш ва тўлдириш учун тегишли қўшимчалар киритилади, сўнг эса эритилади ва грануллаш жараёни амалга оширилади.

3.3-расмда узлуксиз усулда трубади реакторда юкори босимли полиэтилен олиш технологик схемаси келтирилган.

Газни ажратиш цехидан янги полиэтилен 0,8...1,1 МПа босимда коллектор 1 га узатилади ва ундан аралаштиргич 2 юборилади. Бу курилмада янги ва жараёндан кайтган паст босимли этиленлар аралаштирилади. Ундан сўнг, ушбу аралашмага кислород кўшилади ва уч боскичли биринчи каскад компрессори 3 га хайдалади ва у ерда 25 МПа гача сиқилади. Ҳар бир боскичдан сўнг этилен совуткичларда температураси пасайтирилади ва сепараторда мойлардан ажратилади.

Сўнг, ажратгич 7 дан кайтган юкори босимли этилен билан аралаштиргич 4 да аралашади. Ҳосил бўлган аралашма икки боскичли иккинчи каскад компрессори 5 га узатилади ва 245 МПа гача сиқилади. Биринчи боскичдан сўнг этилен совутилади ва мойлардан сепараторда тозаланади. Иккинчи боскичдан 70°C да чиққан этилен полимерлаш учун трубади реактор 6 га узатилади.

Реактор-полимеризатор учта зонадан таркиб топган бўлиб, ҳар бир зонадан аввал газ ёки реакцион аралашмани киздириш учун иситкичлар ўрнатилган. Қўлланилаётган инициатор турига қараб газ ёки аралашма температураси 120...190°C гача кўтарилади. Учинчи зона охирида совуткич ўрнатилган бўлиб, унда реакцион масса температураси 200...250°C гача пасайтирилади.

Трубади реакторда этиленни полимерлаш куйидаги режимларда олиб борилади (3.2-жадвал):

3.2-жадвал

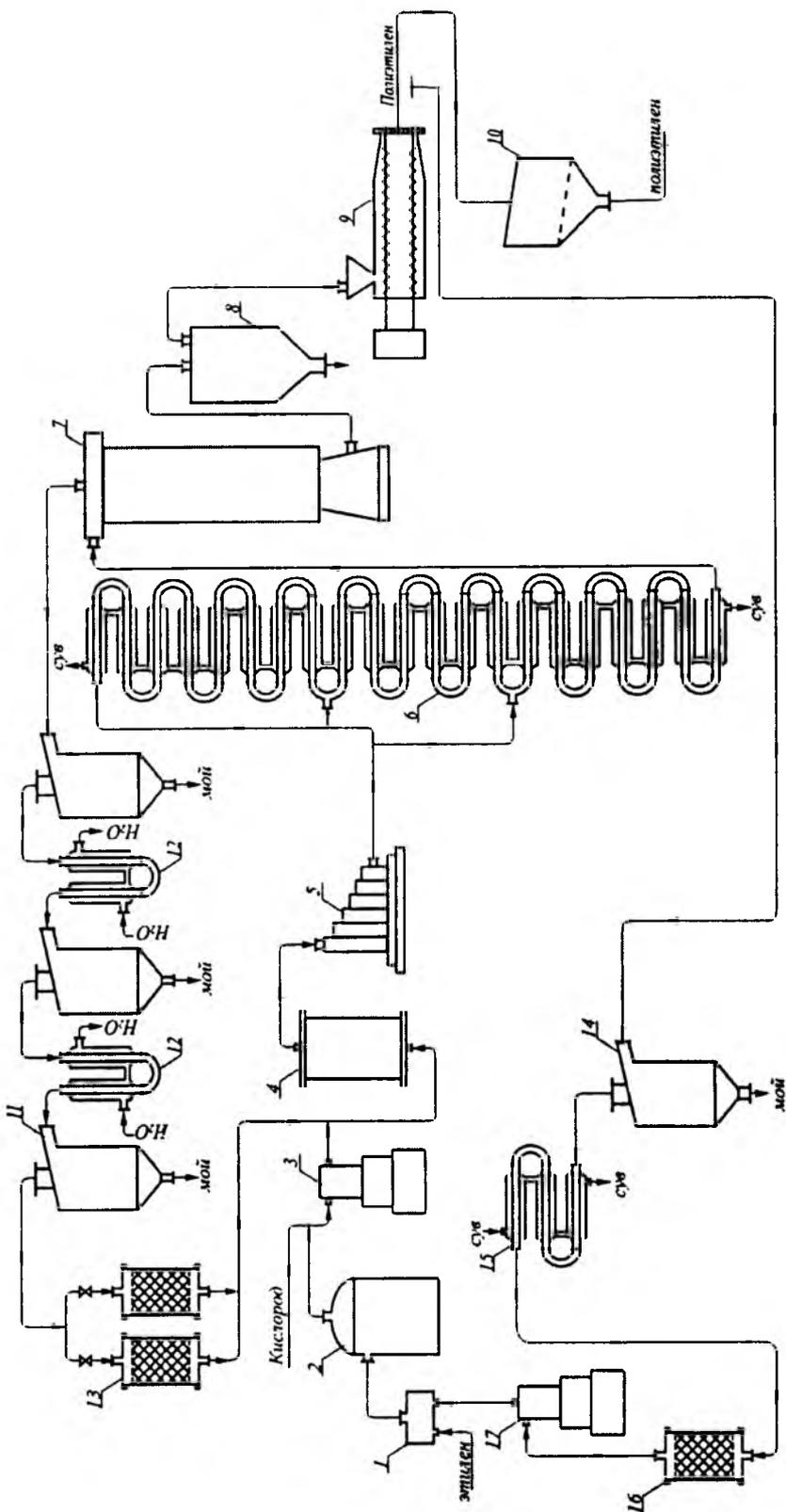
№	Кўрсаткич	Сон қиймати
1	Температура, °С	190 250
2.	Босим, МПа	245
3.	Кислород концентрацияси, %	0,002...0,008
4.	Бир циклда этиленнинг конверсия бўлиш даражаси, %	26...30
5.	Этиленнинг жами конверсия бўлиш даражаси, %	95 98

Трубади реактор 6 да полимернинг реакцияга киришмаган мономер аралашмаси 24,5...26,3 МПа босимда редукцион клапан орқали юкори босимли ажратгичга юборилади ва у ерда этилен ва полиэтиленларнинг зичлари фарқи туфайли фракцияларга ажралади. Реакцияга киришмаган этилен юкори босимли ажраткич 7 нинг тепа қисмидан циклонли сепаратор 11 ва совуткич 12 ларга узатилади ва у ерда этилен билан илакишиб кетган полиэтилен ажратиб олинади. Ундан кейин этилен совутилади ва аралаштиргич 4 га юборилиб янги газ билан аралаштирилади ва яна циклга қайтарилади.

Эриган полиэтилен ажраткич 7 нинг пастки қисмидан дросселловчи вентил орқали паст босимли ажраткич 8 узатилади. Бу курилмада ҳар доим бир хил 0,15...0,59 МПа босим ушлаб турилади. Эриган этилен колдикларидан тозаланган 180...190°C ли полиэтиленнинг қуюклашган эритмаси юкловчи штуцер орқали гранулятор 9 га йўналтирилади.

Паст босимли ажраткич 8 дан чиққан этилен циклонли сепаратор 14 да тозаланади ва совуткич 15 температураси пасайтирилади. Сўнг, филтър 16 дан ўтиб дастлабки босим (0,9...1,7 МПа) гача сиқиш учун компрессор 17 га узатилади. Ундан кейин янги этилен коллектори 1 дан ўтказилади ва циклга қайтарилади.

Гранулятор 9 га узлуксиз равишда мўътадилловчи аралашма (дифенил-*n*-фенилендиаминли фенил- α -нафтамин) ва бошқа қўшимчалар узатилади. Мўътадиллагич билан аралашган полиэтилен грануляцияга йўналтирилади.



3.3-рasm. Газ фазада юкори босимли полиэтилен олишнинг технологик схемаси:

1 - коллектор, 2 - паст босимли этилен аралаштиргичи, 3 - биринчи каскад компрессори, 4 - юкори босимли этилен аралаштиргичи, 5 - иккинчи каскад компрессори, 6 - трубулли реактор, 7 - юкори босимли ажраткич, 8 - паст босимли ажраткич, 9 - гранулятор, 10-тебрана элак, 11,14-циклонли сепараторлар, 12,15 - совуткичлар, 13,16 - фильтрлар, 17 - дастлабки сикиш компрессори

Гранулаларни тезда совитиш учун гранулловчи каллакка тузсизлантирилган сув юборилади. Температураси 60...70°C гача пасайган полиэтилен гранулалари сув билан тебранма элак 10 га олиб чиқилади.

Тебранма элак 10 да каттик полиэтилендан асосий сув сиркиб тушгандан кейин илик хаво ёрдамида тўлик қуритиб олинади. Тайёр полиэтилен маҳсулоти копларга юкланади ва *конфекционировани*яга жўнатилади.

Юқори босимли полиэтилен табиий кўринишда ёки турли ранглар бериб чиқарилиши мумкин.

Трубади реакторда юқори босимли полиэтилен олишда инициатор сифатида кислородни қўллаш реакцион аралашманинг температураси 180...200°C бўлганда, жараён реакциясининг зарур тезлигини таъминлайди.

Жараённинг экзотермик эканлиги реактор узунлиги бўйича массанинг температураси ортиб боради ва реакция якунида 240...250°C чиқади. Максимал температура ва конверсия инициатор концентрацияси ва босимга боғлиқ.

Девор орқали ажратиб олинаётган иссиқлик микдори умумий иссиқлик микдорининг 30% ни ташкил этади. Бундай ҳолат иссиқлик ўтказиш коэффициентининг кичиклиги ва иссиқлик алмашилиш юзасининг камлиги билан белгиланади. Шу сабабли, трубади реакторларда конверсия 26...30% ни ташкил этади.

Трубади реакторда этиленнинг конверсиясини ошириш учун инициатори бўлган янги этиленни қўшимча равишда қурилмага юбориш керак. Оқимларнинг маълум бир нисбатида реакцион аралашма температурасини 200°C гача камайтириш мумкин ва янги инициатор ҳисобига реакция яна бошланиб кетади. Жараён кўрсаткичларини ўзгартириш орқали зичлиги 916...935 кг/м³ ва қуюқ эритма оқувчанлик кўрсаткичи 0,2 дан 200 г/10 мин. бўлган маҳсулотларни олиш мумкин.

3.2.2. Юқори босимли полиэтиленни аралаштиргичли автоклавда ишлаб чиқариш

Саноатда ишлатиладиган узлуксиз ишлайдиган автоклавлар винтсимон аралаштиргичли қалин деворли вертикал қурилмалар бўлиб, ташки томони совутувчи ғилоф билан копланган. Одатда, бу турдаги реакторлар баландлиги 6 м, диаметри 0,3 м, ҳажми 0,5 м³ ва юқори сифатли пўлатлардан ясалади. Полиэтилен бўйича реактор унумдорлиги 15000 т/йил.

Автоклав-реакторда юқори босимли полиэтилен олишда полимерлаш инициатори сифатида *ди-трет*-бутил пероксиди, лаурил пероксиди ва *трет*-бутилпербензоатлар қўлланилади. Одатда, улар 4...25% ли эритма кўринишида киритилади.

Полимерлаш куйидаги режимларда олиб борилади (3.3-жадвал):

3.3-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон қиймати
1.	Температура, °C	250...270
2.	Босим, МПа	196...245
3.	Инициатор концентрацияси, %	0,2...0,4
4.	Этиленнинг конверсия бўлиш даражаси, %	15...19

Автоклавда полимерлаш жараёнида этиленнинг реакторда бўлиш вақти тахминан 2 мин. Девор орқали иссиқликни ажратиб олинмайди. Умуман олганда, реактор адиабатик режимда ишлайди. Реакциядан ажралиб чиқаётган иссиқлик дастлаб 35...40°C гача совутилган янги этиленни иситиш учун сарфланади. Адиабатик жараёнда мономернинг конверсияси реакторга кириш ва чиқишдаги температуралар фарқи билан белгиланади. Ишчи босим 196 МПа бўлганда жараённинг максимал температураси 250°C га чиқиши

мумкин. Бунда, максимал конверсия 19% ни ташкил этади. Юкори молекулали маҳсулот олишда жараённинг температурасини пасайтириш керак, бунинг учун эса реакторга узатилаётган инициатор микдорини камайтириш керак. Автоклав аралаштиригичининг айланишлар сонини 1000 дан 1500 айл/мин. кўтариш этиленни узатиш тезлигини 20...30% га ва реактор унумдорлигини оширади. Бунда, мономер таркибида инициаторнинг тақсимланиши бир текисда бўлади.

Аралашиш реакторида температура майдони бир хил бўлганлиги сабабли олинаётган маҳсулотнинг молекуляр-массавий тарқалиши нисбатан тор ораликда бўлади.

Автоклавга караганда трубали реактор бир катор афзалликларга эга:

– биринчидан, автоклавга караганда трубали реакторда девор оркали кўп микдорда иссиқлик ажратиб олинади. Шунинг учун полимерлаш ўзгача режимларда кечади. Автоклавда этиленни полиэтиленга айланиши (конверсияси) нисбатан пастроқ, чунки трубали реакторда маҳсулот чиқишининг адиабатик қўшилувчисининг улуши нисбатан кам (температуралар фарқи 70°C, автоклавда эса 200...220°C). Трубали реакторда узунлиги бўйича температура майдони бир хил бўлганлиги сабабли олинаётган маҳсулотнинг молекуляр-массавий тарқалиши жуда кенг ораликда бўлади, бу эса пардалар, кабелларнинг уст копламаларини ишлаб чиқаришда аҳамиятга эга;

– иккинчидан, трубали реакторда полимерлаш жараёнида инициатор сифатида арзон кислородни қўллаш мумкин. Бу эса, пероксид инициаторли парафин мойларини жараёнда қўллашдан озод қилади.

Реакторнинг турли зоналарига хилма-хил инициатор бериш мумкинлиги олинаётган полиэтилен хоссаларини ўзгартириш имконини беради.

3.3. Паст босимда полиэтилен олиш механизми

Полиэтилен молекуляр массаси қўлланаётган катализатор ва олиш усулига қараб 60000 дан 80000 гача бўлади. Циглер-Натт катализаторларида молекуляр масса 2...3 миллионгача етиши мумкин.

Саноат микёсида ишлаб чиқариладиган полиэтиленнинг молекуляр массаси 80000...500000 бўлади.

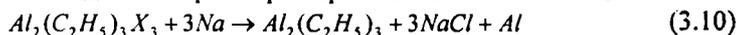
Паст босимда полиэтилен олиш учун хом-ашё сифатида тозаланган этилен ва аралаш металлорганик катализатор (триэтилалюминий ва тўртхлорли титан) лар хизмат қилади. Триэтилалюминий ўрнига диэтилалюминийхлорид, этилалюминийдихлорид ёки триизобутилалюминий каби катализаторлар ҳам қўлланиши мумкин.

Триэтилалюминий икки босқичда олинади: алюминийнинг хлорли ёки бромли этил билан таъсирида оралик маҳсулот-сесквигалонд ҳосил бўлади:



бу ерда X – галонд (Cl ёки Br).

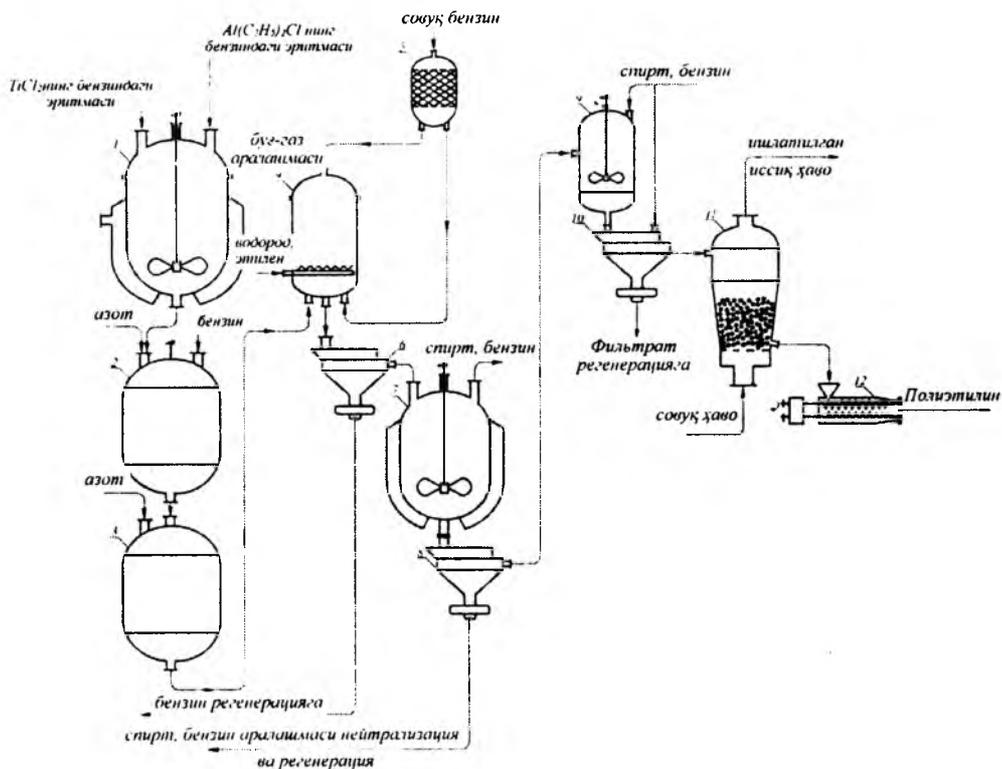
Металл натрийни сесквигалоидга таъсир эттириб триэтилалюминий олинади:



Триэтилалюминий – бу рангсиз суюқлик. Қайнаш температураси $t_k=194^\circ\text{C}$; Зичлиги $\rho=840 \text{ кг/м}^3$; Ҳаво иштирокида ўз-ўзидан ёниб кетиши мумкин. Сув, спирт ва бошқа моддалар билан ўзаро таъсири натижасида портлайди. Заҳарли модда бўлиб, терига томса куйдириши ва заҳарлаши мумкин.

Саноат микёсида паст босимли полиэтилен ионли ва ион-координацион полимерлаш усулида газ ва суюқлик муҳитларида олинади. Жараён 0,3...2,5 МПа босим, 70...105°C температурада, Циглер-Натт катализатори, юкори фаол хроморганик ва хром оксидли

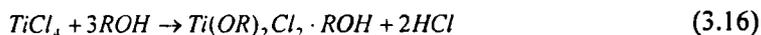
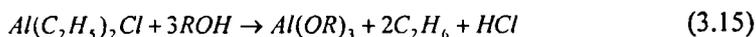
оралик идиш 3 оркали насос ёрдамида реактор-полимеризатор 4 га узатилади. Бир вақтнинг ўзида у ерга этиленнинг водород билан аралашмаси (полимер молекуляр массасининг ростловчиси) ҳайдалади. Полимерлаш жараёни 70...80°C температура ва 0,15...0,2 МПа босим остида 6 соат давомида кечади. Этиленнинг конверсияси 98% ни ташкил этади. Полимерлаш реакциясининг иссиқлиги бензиннинг интенсив равишда буғланиши ва бир қисм этиленнинг учиб кетиши ҳисобига ажратиб олинади. Буғ-газ аралашмаси совук бензин пуркалаётган скруббер 5 да совутилади. Олинган полиэтиленнинг суспензияси реактордан центрифуга 6 га ўтади ва ундан бензин регенерацияга юборилади, намсизлантирилган полимер эса, парчалаш қурилмаси 7 га узатилади.



3.4-расм. Паст босимда этиленни полимерлаб полиэтилен олишнинг технологик схемаси:

- 1 - аралаштиргич, 2 – сифимли идиш; 3-оралик идиш; 4-полимеризатор,
- 5-скруббер, 6,8,10-центрифугалар, 7-парчалаш қурилмаси, 9-ювиш қурилмаси,
- 11-мавҳум кайнаш катламли қуриткич; 12-экструдер-гранулятор.

Унда, метил ёки изопропил спирти (кам учувчан ва регенерация қилиш осон) ёрдамида катализатор мажмуасининг қолдиқлари парчланади. Спирт ёрдамида катализатор мажмуасига ишлов берилганда қуйидаги реакциялар кечади:



Ҳосил бўлган парчаланиш маҳсулотлари спирт ва спирт-бензин аралашмаларида яхши эрийди. Полиэтилен суспензияси қурилма 7 дан центрифуга 8 га тушади. Спирт-бензин аралашмаси эса, натрий метилат билан нейтраллашга ва сўнг эса регенерацияга

узатилади. Пастасимон полиэтилен массаси курилма 9 да спирт-бензин аралашмаси билан ювилади. Полимерни яқунловчи ювиш центрифуга 10 да регенерация килинган эритувчи ёки сув билан амалга оширилади. Намсизлантирилган полиэтилен мавҳум қайнаш қатламли курилмада иссиқ азот билан куригилади, кейин эса грануляцияга узатилади.

Паст босимда полиэтилен ишлаб чиқариш азот муҳитида олиб борилади, чунки ҳаводаги кислород ва намлик таъсирида катализатор мажмуаси осон парчаланиб кетади. Технологиянинг асосий курилмаси – полимеризатор вертикал ҳолатдаги цилиндрик идиш бўлиб кислотага бардош пўлатдан ясалган. Одатда, унинг ҳажми 40 м³ гача, унинг пастки қисмида барботёр ёки эрлифт ўрнатилган бўлади. Курилма унумдорлиги 55...60 кг/(м³·соат).

3.4. Ўртача босимда полиэтилен олиш механизми

Этиленни ўртача босимда полимерлаш 130...170^oC температура ва 3,5...4,0 МПа босимда катализатор иштирокида эритмада амалга оширилади. Катализатор сифатида ўзгарувчан валентли (Cr, Mo, V) металл оксидлари бўлиб, инерт тўлдирувчи алюмосиликат юзасига шимдирилган. Одатда, алюмосиликат таркиби 75...90% кремний икки оксиддан иборат. Хром оксидли (CrO₃) катализатор инерт тўлдирувчи алюмосиликат юзасига хром уч оксидининг сувли эритмасини шимдириш йўли билан тайёрланади. Хром оксиди шимдирилган инерт тўлдирувчи 100...200^oC температурада куригилади. Хром оксидининг оптимал миқдори 5...6% ни ташкил этади.

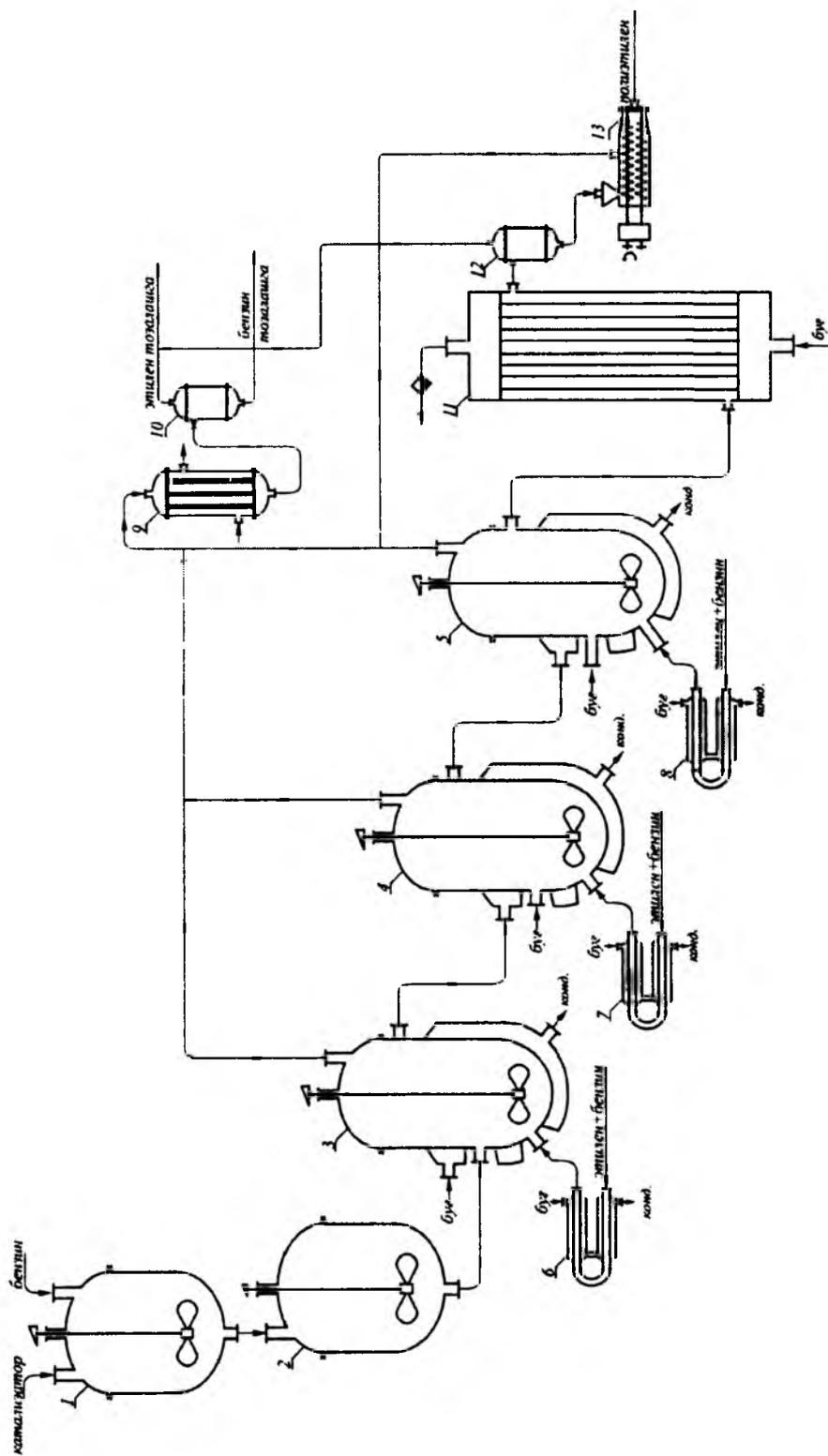
Жараённинг самарадорлиги катализатор сифати ва унинг фаоллигига боғлиқдир. Хром ангидридиди сувли эритмасини алюмосиликат юзасига шимдириш орқали олинган тайёр катализаторда хром ангидрид 3...6% ташкил қилади, ундан сўнг катализатор киздирилади ва куригилади (475...550^o). Бунда қолган сув буғланиши билан бир қаторда олти валентли хром уч валентлигига ўтади. Фаолланган катализатор курук ҳаво билан совутилади ва герметик идишда сакланади.



Ўртача босимда полиэтилен ишлаб чиқариш технологияси 3.5-расмда тасвирланган. Технология куйидаги жараёнлардан таркиб топган: хом-ашё (этилен, катализатор ва эритувчи) ни тайёрлаш, этиленни полимерлаш, полиэтилен эритмасини концентрлаш, полимерни ажратиш ва грануллаш, катализатор ва эритувчини регенерация қилиш.

Бензинда аралаштириб курилма 1 да тайёрланган катализатор суспензияси йигиш 2 га юборилади ва ундан кадоклагич орқали полимеризатор 3,4,5 лар каскадининг биринчи полимеризаторига узатилади (3.5-расм). Бир вақтнинг ўзида полимеризаторга иситкич 6 да 120^oC гача киздирилган этилен ва бензинлар юборилади. Сўнг, 140...145^oC температурада ва 4 МПа босимда бензинда 8% концентрацияли полиэтилен ҳосил бўлгунча катализатор иштирокида полимерлаш жараёни кетади. Полиэтилен эритмаси (этилен-бензин-полиэтилен) иситиладиган труба қувури орқали ҳамда иситкич 7 да киздирилган бензин ва этилен аралашмаси иккинчи полимеризаторга узатилади. Бу курилмада ҳам биринчи полимеризатордаги режимларга ўхшаш шароитда 14% концентрацияли полиэтилен ҳосил бўлгунча катализатор иштирокида полимерлаш жараёни боради. Ундан кейин, реакция аралашма учинчи полимеризаторга ҳайдалади ва у ерда эритмадаги полиэтилен концентрацияси 18...20% бўлгунга қадар жараён давом этади. Реакция иссиқлиги иситкич 8 дан чиққан этилен ҳисобига амалга оширилади. Уччала полимеризаторлар ҳам бир хил конструкцияга эга, ҳажми 16 м³ ли автоклав кўринишида бўлиб, унга турбинали аралаштиргич ва зарур температура ушлаб туриш учун ташки қилоф ўрнатилган.

Полимеризатордан чиқаётган буғ-газ аралашмаси конденсатор 9 да паст температурали совуқлик элткич ёрдамида совутилади. 60^oC гача совутилган аралашма



3.5-расм. Сууёқ фазада ўртача босимда полиэтилен ишлаб чиқариш технологик схемаси:

- 1 - катализатор суспензиясини тайёрлаш қурилмаси, 2-суспензия йиғгич, 3,4,5-полимеризаторлар, 6,7,8-иштгкичлар, 9-суутткич, 10,12-сепараторлар, 11-полиэтилен эритмасини концентратори, 13- полиэтиленни ажратуви ва гранулловчи экструдер

сепаратор 10 га юборилади. Ажратилган бензин ва этилен тозаланади ва қайтадан циклга узатилади. Полиэтилен аралашмаси катализатордан филтёрлаш усулида тозаланади ва концентратор 11 га юборилади.

Бу ерда, аралашманинг 4,0 дан 1,0 МПа гача дросселланиши туфайли бензин ва эриган этилен буғланиши ҳисобига полиэтилен концентрацияси 35% гача чиқади. Ундан кейин аралашма сепаратор-дегазатор 12 га ўтади ва концентрланган полиэтилен эритмаси этилен ва бензин буғларидан ажратилади. Бундан сўнг полиэтилен экструдер 13 га юборилади ва эритманинг атмосфера босими гача яна дросселланиши ҳисобига бензин қайнаб буғланади ва ажралиб чиқади, полиэтилен эса грануллашга узатилади. Ўртача босим остида олинган полиэтиленнинг афзалликлари: металл оксидли катализаторда захарлилик камроқ; металлорганик катализаторларга караганда хавфсизлиги жуда юкори; катализаторни кўп маротаба регенерация қилиш мумкин.

3.4.1. Полиэтилентерефталат

Полиэтилентерефталат – икки босқичли технология асосида олинади. Биринчи босқичда 150°C температурада терефталли кислота ва 1,4-этандиолларнинг реакцияси кечади. Реакция окибатида иккита гидрооксидли четки гуруҳли димер ва тример маҳсулотлари ҳосил бўлади. Ушбу реакция давомида сув чиқарилади. Иккинчи босқич – бу аралашмани 260°C гача иситилади, юкори даражада полимерлашли поликонденсация реакцияси окибатида полиэтилентерефталат ҳосил бўлади. Ундан, паст молекуляр массали ($M_n \approx 20000$) материаллар толалар олиш учун ишлатилади.

Полимер занжири тузилишининг тартиблилиги кристалланиш қобилятини оширади. Ўз навбатида кристалланишга мойиллик материалнинг механик хоссаларини салмоқли даражада яхшилади. Асосий занжирдаги феноленли гуруҳ скелетга қаттиқлик беради, шишаланиш ва эриш температураларини оширади. Полиэтилентерефталат ҳам аморф, ҳам кристаллик ҳолатларда бўлиши мумкин.

Полиэтилентерефталатдан юпка пардалар ва толалар олиш нормал шаронгда экструзия усулида ишлаб чиқарилади. Полимернинг кристаллик даражаси температура ёрдамида ишлов берилиб ростланиши мумкин. Ушбу температура ишлови шишаланиш t_m ва эриш t_p температуралари оралиғида бўлади ва 170°C да максимал кристалланиш тезлигига эришилади.

290...310°C температуралар оралиғида полиэтилентерефталат термодеструкцияга дуч келади. Ушбу жараён полимер занжири бўйлаб кечади; асосий учувчан моддалар терефталли кислота, чумоли алдегид ва углерод монооксидидир. Температура 900°C бўлганда турли углеводородлар ҳосил бўлади; учувчан моддалар асосан углерод диоксиди, углерод монооксиди ва метанлардан иборат. Полиэтилентерефталатни қайта ишлаш жараёнида оксидланиш ҳимоялаш учун турли антиоксидантлар қўлланади. Полиэтилентерефталатнинг айрим физик-кимёвий хоссалари қуйидаги 3.4-жадвалда келтирилган.

Полиэтилентерефталатнинг хоссалари яхшилиги учун турли соҳаларда кенг қўламда қўлланилади. Бунга, асосий сабаблардан бири, унинг кристаллик даражасини жуда катта ораликда ростлаш имкони борлигидир.

Ушбу полимернинг асосий камчилиги шундаки, вақт ўтиши билан унинг ўз-ўзидан кристалланишга, яъни «эскириш» га мойиллигидир. Бу ҳодиса полимер хоссаларининг, окибатда эса ўлчамларининг ўзгариши (ғижимланиш, ҳажмининг камайиши) га олиб келади.

Полиэтилентерефталат ҳамма асосий усуллар билан яхши қайта ишланади. Аммо бу ерда озгина муаммолар мавжуд. Масалан, этикеткаларни ёпиштириб турадиган моддалар қайта ишлаш жараёнида рангсизланиш ва тиникликни йўқотишга, қолдик намлик эса –

полимерни деструкциялашга олиб келиши мумкин. Ўз навбатида, парчаланиш махсулотлари материалнинг сарғайишига ва механик хоссаларининг ўзгаришига сабабчи бўлади. Яна шуни кайд этиш керакки, полиэтилентерефталатни пиролиз қилиб фаолланган кўмир олиш мумкин.

Полиэтилентерефталатнинг физик-кимёвий хоссалари

3.4-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон қиймати
1	Зичлик, кг/м ³	
	аморфли	1335
	кристаллик	1420
2	Эриш температураси, °С	250..265
3.	Шишаланиш температураси, °С	
	аморфли	67
	кристаллик	81
4	Сикилувчанлик, МПа	6,99·10 ⁶
5.	Узилишда нисбий чўзилиш, %	12..55
6	Чўзилишда мустақамлик чегараси, МПа	172
7.	Чўзилишда эластиклик модули, МПа	1,41·10 ⁴
8	Синиш кўрсаткичи (На чизиги)	
	аморфли	1,576
	кристаллик	1,640
9.	Диэлектрик доимийси (23°С, 1 кГц)	3,25
10	Иссикликдан кенгайиш коэффициенти. 1/К	6,55·10 ⁻⁴

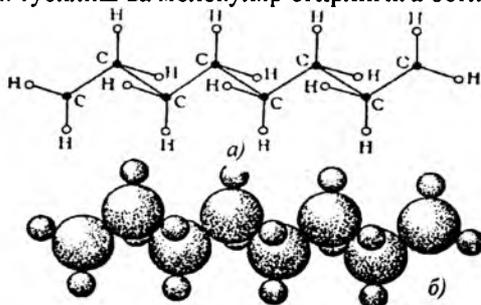
Полиэтилентерефталатга ўхшаш полимерлардан бири полибутилентерефталатдир. Унда, этиленгликолли гуруҳ бутиленгликолли гуруҳга алмаштирилган. Бундай алмашиниш полимер хоссаларини ўзгартиради, хусусан, шишаланиш ва эриш температуралари пасаяди, кутблилик ва эластиклик камаяди.

3.5. Полиэтилен хоссалари

Полиэтилен молекулалари оддий парафинли занжирнинг ясси, зигзагсимон тузилишга эга бўлиб, занжирнинг чеккаларида кўшалок боғли ва оз микдорда ён томонга тармокланган бўлади (3.6-расм). Унинг формуласи: $[-CH_2-CH_2-]_n$.

Полиэтилен зичлиги $\rho=910...970$ кг/м³ бўлган термопластик полимердир.

Полиэтилен олиш учун хом-ашё бу энг оддий олефин-этилен газидир. Полиэтиленни полимерлаш турли усуллар: радикалларни полимерлаш, анион ва катионли кўшимчалар ёрдамида, ионли координация ёрдамида амалга оширилади. Натижада турли хоссаларга эга бўлган полимерлар ҳосил бўлади. Уларнинг хоссалари молекула тармокланиш усули ва узунлиги, кристаллик тузилиш ва молекуляр оғирлигига боғлиқ.



3.6-расм. Полиэтилен молекулаларининг тузилиши:

а – тузилиш схемаси; б – полиэтилен молекуласининг модели
(катта шарлар-углерод атомлари; кичиклари-водородники).

Паст босимли полиэтиленларнинг каторига зичлиги $\rho=941$ кг/м³ дан юкори бўлган полимерлар киради. Бундай полимерларнинг молекулалар тармокланиш даражаси паст, молекулалараро тортишиш кучи катта ва узилиш мустаҳкамлиги юкори. Ундан ташқари, совукликка бардошлиги (шишаланиш температура -50°C) юкори ва молекулалараро таъсир эса суст. Совук ҳолатда ҳам оқувчанликка эга, яъни ўзгармас юклама таъсири остида ўлчамларининг ўзгариши рўй беради.

Юкори босимли полиэтиленга караганда паст босимли полиэтилен мўртлиги ва юмшаш температураси юқорирок. Бу турдаги полимерлар намлик ўтказмайди, мой ва ёғларга бардошли, атроф-муҳитга захарли моддалар чикармайди, инсон саломатлиги учун хавфсиз. Паст босимда олинган полиэтиленнинг физик-кимёвий хоссалари 3.5-жадвал берилган.

Паст босимли полиэтиленнинг физик-кимёвий хоссалари

3.5-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон қиймати
1.	Зичлик, кг/м ³	931...970
2.	Эриш температураси, °C	125...132
3.	Ҳавода юмшаш температураси (Вик бўйича), °C	120...125
4.	Гранула тўкма зичлиги, кг/м ³	500...600
5.	Кукун тўкма зичлиги, кг/м ³	200...250
6.	Эгилишдаги бузулиш кучланиши, МПа	19,0...35,0
7.	Кесишдаги мустаҳкамлик чегараси, МПа	19,0...35,0
8.	Шарикни белгиланган юкламада эзиб босиш каттиклиги, МПа	48,0...54,0
9.	Юзавий солиштирма электр қаршилиқ, Ом	10 ¹⁴
10.	Ҳажмий солиштирма электр қаршилиқ, Ом·см	10 ¹⁴ ...10 ¹⁵
11.	Сув ютиши (30 суткада), %	0,03...0,04
12.	Диэлектрик йўқотишлар тангенс бурчаги (1010 Гц да)	0,0002...0,0005
13.	Диэлектрик ўтказувчанлик (частота 1010 Гц да)	2,32...2,36
14.	Солиштирма иссиқлик сиғим (20...25°C да), Ж/кг·К	1680...1880
15.	Иссиқлик ўтказувчанлик, Вт/м·К	0,418...0,440
16.	Молекуляр масса	80000...800000
17.	Кристаллик даражаси, %	75...90
18.	Парданинг букланишлар сони (180° га)	1500...2000
19.	Нисбий солиштирма чўзилиш, %	300...800
20.	Чўзилишда эластиклик модули, МПа	540...981
21.	Эгилишда эластиклик модули, МПа	636...735
22.	Совукликка бардошлиги, °C	-70
23.	Зарбали мустаҳкамлик, МПа	5,5...96
24.	Синиш кўрсаткичи	1,51
25.	Диэлектрик доимийси (1 кГц)	2,28
26.	Иссиқликдан кенгайиш коэффициенти, 1/К	10·10 ⁻⁵

Паст босимли полиэтиленлар каттик маҳсулот бўлиб, уни қуйидаги усулларда: суспензион, эритмада ва газ муҳитида олиш мумкин. Бу полиэтилен юкори температура, турли мой ва кимёвий моддаларга бардошлиги юкори, лекин сув ва буғларга бардошлиги сустрок.

Юкори босимли ёки паст зичликка эга полиэтиленлар – бу эластик, юмшоқ материал бўлиб, уни автоклав ёки трубади реакторда этиленни полимерлаб олинади. Ушбу полимер тузилишига узун ва қиска тармоқлар сони кўплиги хос бўлиб, молекуляр массаси юкори бўлган молекулаларга кристаллик тузилиш ҳосил қилишга йўл қўймайди. Унинг пластиклиги юкори ва узилишга бардошлиги суст. Паст босимли полимерга караганда юмшоқроқ ва эгилувчанлиги юқорирок.

Юкори босимли полимерлар экструзия усулида қайта ишланади. Чўзиш, сиқиш, зарба ва паст температураларга бардошлиги юкори. Энг асосий хоссаларидан бири

шундаки, тахминан 100°C да юмшайди. Бу турдаги полимерлар атроф муҳитга захарли моддалар чиқармайди, инсон саломатлиги учун хавфсиз. Юкори босимда олинган полиэтиленнинг физик-кимёвий хоссалари 3.6-жадвал берилган.

Юкори босимли полиэтиленнинг физик-кимёвий хоссалари

3.6-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон қиймати
1	Зичлик, кг/м ³	900..939
2	Эриш температураси, °С	103..110
3	Қолиплагга қуйганда ҳажмининг камайиши, %	1,0..3,5
4	Эгилишдаги бузулиш кучланиши, МПа	11,7..19,6
5	Кесишдаги мустаҳкамлик чегараси, МПа	13,7..16,6
6	Шарикни белгиланган юкламада эзиб босиш қаттиқлиги, МПа	16,6..22,5
7	Юзавий солиштирма электр қаршилиқ, Ом	10 ¹⁵
8	Ҳажмий солиштирма электр қаршилиқ, Ом·см	10 ¹⁴ ..10 ¹⁵
9	Сув ютиши (30 суткада), %	0,02
10	Диэлектрик йўқотишлар тангенс бурчаги (1010 Гц да)	0,0002..0,0005
11	Диэлектрик ўтказувчанлик (частота 1010 Гц да)	2,25..2,31
12	Солиштирма иссиқлик сигим (20..25°C да), Ж/кг·К	1900..2500
13	Иссиқлик ўтказувчанлик, Вт/м·К	0,29
14	Молекуляр масса	80000..500000
15	Кристаллик даражаси, %	50..65
16	Парданинг буқланишлар сони (180° га)	3000
17	Нисбий солиштирма чўзилиш, %	500..600
18	Чўзилишда эластиклик модули, МПа	147..245
19	Эгилишда эластиклик модули, МПа	118..255
20	Мўртлик температураси, °С	-100..-120
21	Совуқликка бардошлиги, °С	-70
22	Зарбали мустаҳкамлик, МПа	>110
23	Синиш кўрсаткичи	1,54
24	Диэлектрик доимийси (1 кГц)	2,32
25	Иссиқликдан кенгайиш коэффициентини, 1/К	13·10 ⁻⁵

Ўртача босимли полиэтиленлар – зичлиги $\rho=926\text{...}940$ кг/м³. Ушбу полимернинг хоссалари паст босимли полимерниқига ўхшаш. Лекин бу полимер зарба ва буқишларга бардошлиги юкори, тирналиш ва дарз кетишга юкори босимли полиэтиленга қараганда чидамлироқ.

Бу турдаги полимерлар атроф-муҳитга захарли моддалар чиқармайди, инсон саломатлиги учун хавфсиз. Ўртача босимда олинган полиэтиленнинг физик-кимёвий хоссалари 3.7-жадвал берилган.

Ўртача босимли полиэтиленнинг физик-кимёвий хоссалари

3.7-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон қиймати
1	Зичлик, кг/м ³	960..970
2	Эриш температураси, °С	130..135
3	Чўзилишдаги бузулиш кучланиши, МПа	25..38
4	Эгилишдаги бузулиш кучланиши, МПа	25..40
5	Зарбали ковшкоқлик, кЖ/м ²	бузулмади
6	Бринелл бўйича қаттиқлиги, МПа	55..60
7	Чизикли кенгайиш коэффициентини, 1/град.	2·10 ⁻⁴
8	Солиштирма иссиқлик сигим (20..25°C да), Ж/кг·К	2300..2700
9	Иссиқлик ўтказувчанлик, Вт/м·К	0,27
10	Молекуляр масса	40000..70000
11	Нисбий солиштирма чўзилиш, %	200..800
12	Эгилишда эластиклик модули, МПа	1070..1100

13.	Юмшаш температураси, °С	80...100
14.	Кристаллик даражаси, %	80...90
15.	Совукликка бардошлиги, °С	-70
16.	Диэлектрик йукотишлар тангенс бурчаги (1010 Гц да)	0,0002...0,0004
17.	Юзавий солиштирма электр каршилиқ, Ом	$4 \cdot 10^{14}$
18.	Ҳажмий солиштирма электр каршилиқ, Ом·см	10^{15}
19.	Куюк эритма оқувчанлик кўрсаткичи, г/10 мин.	0,2...10

Чизикли полиэтилен юқори физик-кимёвий кўрсаткичларга эгадир (3.8-жадвал).

Юқори босимли чизикли полиэтиленнинг физик-кимёвий хоссалари

3.8-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон қиймати
1.	Зичлик, кг/м ³	910...930
2.	Эриш температураси, °С	120...130
3.	Чўзилишдаги оқувчанлик чегараси (50 мм/мин), МПа	10...19
4.	Кристаллик	ўртача
5.	Чўзилишдаги нисбий узайиши (50 мм/мин), %	50
6.	Эрувчанлик, °С	120
7.	Чўзилишда эластиклик модули (1 мм/мин), МПа	200...550

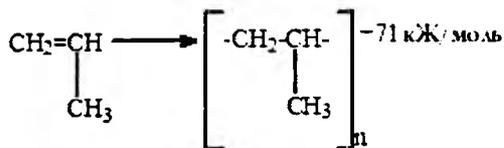
Полиэтилен нормал температурада органик суюқликларда эримайди. Температура 70°С дан ошганда ҳажми ортиб шишади ва хлорли ҳамда ароматик углеводородларда эрийди.

Концентрланган кислота, ишқор ва тузларнинг сувли эритмаларига бардошлиги юқори. Концентрланган сульфат ва хлорид кислоталар полиэтиленга сезиларли равишда таъсир этмайди. Азот кислота ва бошқа оксидловчи суюқликлар полиэтиленни емиради.

Иссиқлик оксидлаш жараёнлари ва атмосфера таъсирига бардошлигини ошириш учун полимерларга турли хилдаги мўътадилловчи моддалар кўшилади.

3.6. Полипропилен

Полипропилен пропиленни полимерлаш йўли билан олинади.



(3.18)

Полипропилен ташқи кўриниши ва айрим хоссалари билан полиэтиленга ўхшаш, лекин температурага турғунлиги полиэтилендан юқори ва бу кўрсаткич 160...170°С ни ташкил этади. Полипропилен оқ кукун ёки гранула агрегат ҳолатида ишлаб чиқарилади.

Саноат миқёсида полипропиленни Циглер-Натт $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl/TiCl}_3$ каталитик системаси иштирокида экстракцион бензин муҳитида ва пропан-пропиленли фракция ёки мономер массаси муҳитида ҳамда юқори фаол $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}$, TiCl_3 ва *n*-гептан муҳитидаги Льюис асосли (AlCl_3) каталитик системада олинади.

Пропиленни металкомплекс катализатор иштирокида полимерлаш суспензияда ва эритмада, массада ва газ фазада ўтказилиши мумкин. Эритмада кечадиган жараён суспензиядагига нисбатан юқорироқ босим ва температураларда ўтказилади. Газ фазасидаги жараён тезлиги ва полимернинг изотактиклик даражаси суюқ фазадагига қараганда пастроқ. Суюқ фазада атактик полипропилен микдори 10% дан ошмайди, ваҳоланки, газли фазада 25% ни ташкил этади.

Олинган полипропилен асосан стереотартибли тузилишга эга кристаллик полимер кўринишида бўлади.

Полипропиленнинг муҳим физик-механик хоссалари кристаллик фаза микдорининг кўплиги билан белгиланади. Шунинг учун, полипропилен олишда ишлатиладиган каталитик системалар юкори стереоспецифик хоссага эга бўлиши керак.

3.6.1. Полипропилен ишлаб чиқариш учун хом-ашё

Полипропилен ишлаб чиқариш учун хом-ашё сифатида пропилен хизмат қилади. Пропилен эса, нефть углеводородларини пиролиз ва крекинг қилингандаги пропан-пропиленли фракциядан ажратиб олинади. Ажратиб олинган пропиленли фракция таркибида тахминан 80% пропилен бўлади. Полипропилен синтез қилиш учун ишлатиладиган пропилен 98-99% бўлиши керак. Шунинг учун, ушбу фракция кўшимча ректификация қилинади ва керакли микдордаги концентрациягача эришилади.

Полимеризация учун ишлатиладиган мономер-пропилен намликдан, олтингугуртдан, тозаланган бўлиши шарт, акс ҳолда бу моддалар катализаторни захарлайди. Шу сабабли, юкори даражада тоза пропилен олиш учун уни кўшимча тозалади.

Пропилен таркибида этан ва пропаннинг тўйинган углеводородларининг борлиги полимер ҳосил бўлиш жараёнига салбий таъсир қилмайди. Пропан-пропилен фракциясининг таркиби 30% га пропилен ва 70% га пропандан ташкил топган. Бу ерда пропан эритувчи вазифасини бажаради ва реакция иссиқлигини ажратиб олиш учун ишлатилади.

3.6.2. Полипропиленни полимерлаш

Пропиленни полимерлаш Циглер-Натт катализатори иштирокида ионли-координацион механизм бўйича кечади. Пропиленни полимерлашда ҳосил бўлаётган полипропиленнинг молекулалари мунтазам равишда алмашиб қайтариладиган иккиламчи ва учламчи углерод атомларининг элементар звеноларидан иборат. Углерод атомининг ҳар бир учламчиси асимметрик ва иккита стерик конфигурация (D- ва L-) дан биттасига эга бўлиши мумкин. Катализатор ва полимерлаш шароитларини танлаб, асосан битта белгиланган тузилишли полипропиленни олиш мумкин. Бундай полимерлар **изотактик** деб номланади. Изотактик полипропилен ўзининг хоссалари билан атактик полипропилендан фаркланади. Масалан, зичлиги $\rho=910 \text{ кг/м}^3$, эриш температураси 165...170°C ва кимёвий моддалар таъсирига чидамлилиги юкори.

D- ва L- конфигурацияли асимметрик углерод атомлари кетма-кет алмашадиган занжирли полимерлар **синдиотактик** деб номланади.

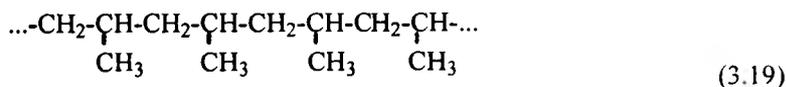
Атактик полипропиленда D- ва L- конфигурацияли асимметрик атомлар тартибсиз жойлашган бўлади. Изотактик ва синдиотактик полимерлар умумий ном **стереотартибли полимер** деб аталади. Молекуляр масса ва изотактик қисмининг микдорига қараб полипропиленнинг хоссалари кенг кўламда ўзгаради. Амалий жиҳатдан молекуляр массаси 80000...200000 ва изотактик қисми микдори 80...95% ли полипропилен жуда муҳим аҳамиятга эга. Атактик полипропиленнинг оқувчанлиги юкори, эриш температураси ~80°C, зичлиги $\rho=850 \text{ кг/м}^3$, каучуксимон материал бўлиб, диэтил эфирда эрувчанлиги яхши.

Полимер таркибидаги изотактик қисмининг микдори полимерлашда қўлланиладиган катализаторга боғлиқ.

Полимернинг асосий занжири металл гуруҳларининг фазода нисбатан жойлашишига қараб полипропиленларнинг тузилиши фаркланади.

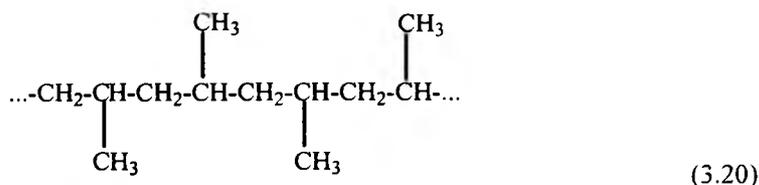
Молекуляр тузилишига қараб, полипропилен куйидаги асосий учта турга: изотактик, синдиотактик ва атактик гуруҳларга бўлинади.

1. **Изотактик** гуруҳ – ҳамма CH_3 гуруҳлари ясси занжирнинг бир томонида жойлашган:

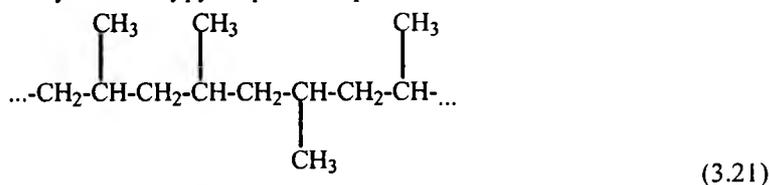


Ҳақиқатда эса, изотактик полипропиленнинг макромолекулалари учламчи симметрияга эга, чунки асосий углерод занжирида CH_3 гуруҳлари спирал бўйлаб жойлашган.

2. **Синдиотактик** тузилиш – CH_3 гуруҳлари аник кетма-кетликда ясси занжирнинг иккала томонида жойлашган.



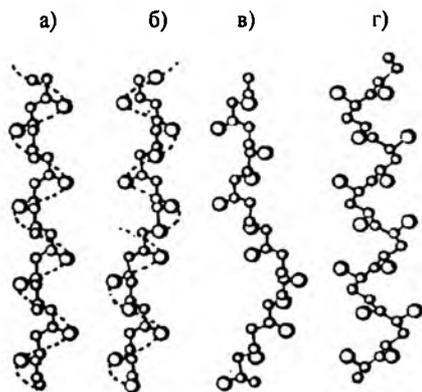
3. **Атактик** тузилиш – бу метил гуруҳларнинг тартибсиз жойлашиши.



4. Атактик ва изотактик тузилишлар орасида **стереоблокли полимерлари** мавжуд. Бундай тузилишда узунликлари ҳар хил бўлган изотактик ва атактик участкалар бир хил кетма-кетликда алмашиб туради.

3.7-расмда чизикли пропилен занжирларининг фазовий тузилишларининг турлари тасвирланган.

Пропиленни полимерлаш каталитик мажмуа $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}/\text{TiCl}_3$ ва бошқа катализаторлар иштирокида кечади



3.7-расм. Изотактик (а), стереоблокли (б), атактик (в) ва синдиотактик (г) тузилишли полипропилен занжирлари.

Каталитик системадаги компонентларнинг нисбати полимерлаш тезлиги ва **стереоспецификлигига** таъсир этади. $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}:\text{TiCl}_3=2:1$ моль нисбатда

катализаторнинг фаоллиги максимал бўлса, нисбат қиймати 3:1 дан ортса максимал *стереоспецифлиги* намоён бўлади.

3.6.3. Полипропиленни ишлаб чиқариш

Саноат микёсида изотактик полипропилен Циглер-Натта катализатор мажмуасида пропиленни *стереоспецифик* полимерлаш йўли билан олинади. Полипропиленни полимерлашнинг иссиқлик эффекти 1385 кЖ/кг ни (этиленни полимерлашга караганда 2,4 маротаба кам) ташкил этади. Бундай ҳолат полимерлаш иссиқлигини сув ёрдамида қурилма ғилофи орқали ажратиб олиш мумкин, яъни иссиқликни ажратиб олиш учун махсус усул (эритувчиларнинг қайнаши, газнинг циркуляцияси ва бошқа) лардан фойдаланишга ҳожат қолмайди. Полимерлаш жараёни эритувчи муҳитида, одатда суюқ углеводород (бензин, н-гептан, уайт-спирит) ларда ўтказилади.

Полипропиленни олишнинг технологик схемаси 3.8-расмда келтирилган ва қуйидаги жараёнлардан иборат: катализатор мажмуасини тайёрлаш; пропиленни полимерлаш, реакцияга киришмаган мономерни ажратиб олиш, катализатор мажмуасини парчалаш, полимерни ювиш, эритувчини сиқиб олиш, полимерни қуриштириш, полипропиленни якуний қайта ишлаш, эритувчини регенерация қилиш.

Катализатор мажмуасини тайёрлаш учун аралаштиргич 1 да диэтилалюминийхлориднинг бензиндаги 5% ли эритмасини титаннинг учхлоридига қўшилади. Катализатор суспензияси оралик идиш 2 га юборилади ва ундан кадокланиб полимеризатор 3 га узатилади. Полимеризатор ҳажми 25 м³ бўлиб, лангарли аралаштириш мосламаси ва иситиш учун ғилофи ҳамда совуткич 4 бор. Полимеризаторда аралаштириш жараёнида унга узлуксиз равишда суюқ пропилен, катализатор мажмуаси, бензин ва водородлар юборилади.

Температура 70°C ва босим 1,0 МПа даги реакциянинг давомийлиги тахминан 6 соатни ташкил қилади. Конверсия даражаси 98%.

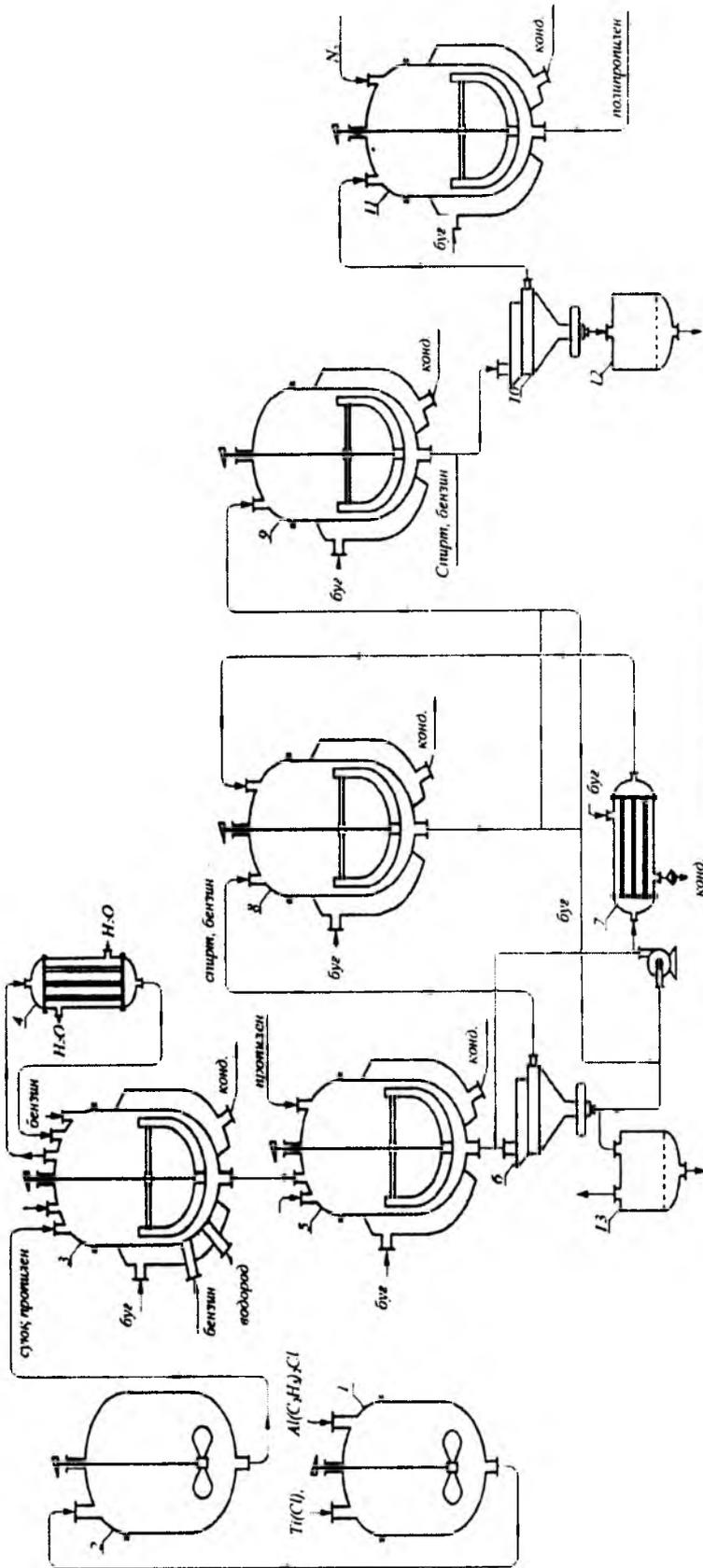
Полимеризатордан чиққан суюқлик кўринишидаги полимер йиғич 5 га ҳайдалади ва у ерда босим пасайиши ҳисобига бензиндаги реакцияга киришмаган пропилен пуфлаб ажратилади ва бензин билан «полимер:бензин=1:10 (масс. қисм)» нисбатигача суспензия суюлтирилади.

Суюлтирилган суспензия центрифуга 6 да изопропил спиртнинг бензиндаги эритмаси (массавий 25% ли концентрациягача) билан қайта ишланади. Катализатор қолдиклари қурилма 8 да 60°C ли изопропил спиртнинг бензиндаги эритмаси (фугат) билан интенсив аралаштириб парчаланadi. Полимер суспензияси йиғич 9 орқали ювиш ва сиқиб олиш учун центрифуга 10, сўнг эса идиш 11 га юборилади ва ундан кейин қуриштиришга, грануляцияга ва коплашга узатилади.

Реакцияга киришмаган пропилен, эритувчи, ювувчи эритмалар ва азот регенерация қилингандан сўнг циклга қайтадан ҳайдалади.

Пропан-пропиленли фракция (30% пропилен+70% пропан) полимерлаб полипропилен олиш жараёнида эритувчи сифатида пропан ишлатилади. Полимерлаш ортиқча пропилен ва бензин қўшган ҳолда мономер массасида ўтказилади. Қурилмадаги босим пропан-пропилен эритувчининг фракцияси, пропан, бензин, қолдик ва мономер бўғлари ҳисобига ҳосил бўлади.

Жараёнда барпо бўлган полипропилен оқ кукун кўринишида чўкмага тушади. Полипропиленни қайта ишлашнинг кейинги жараёнлари, яъни каталитик мажмуа парчаланishi, полимерни ювиш, қуриштириш ва грануллаш юқорида қайд этилгандек олиб борилади. Гептандаги диэтилалюминий хлорид $[Al(C_2H_5)_2Cl]$, гептандаги титан хлориди $(TiCl_3)$, гептандаги алюминий хлорид $(AlCl_3)$ ёки гептандаги магний хлорид $(MgCl_2)$



3.8-расм. Полипропилен олишининг технологик схемаси:

1 - катализатор мажмуасининг аралаштиргичи, 2, 11-оралик идиш, 3- полимеризатор.
 4-совуткич, 5,9-суспензия йиғич, 6, 10 – центрифугалар, 7-ниткич, 8-катализаторни
 парчалаш курилмаси, 12, 13-ушлағичлар

лардан таркиб топган юқори фаол катализатор мажмуасида полипропилен ишлаб чиқариш технологияси ҳам мавжуд. Пропиленни полимерлаш босим 0,9...1,2 МПа ва температура 65...75°C да гептан муҳитида амалга оширилади.

Юқори фаол катализаторда полипропилен ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси 3.9-расмда келтирилган ва қуйидаги жараёнлардан иборат: катализатор мажмуасини тайёрлаш, суюлтирилган пропиленни полимерлаш, пропиленни этилен билан сополимерлаш, полимер суспензиясини ювиш, полимерни центрифугалаб эритувчини ажратиб олиш, полимерни қуритиш, грануллаш, кадоклаш ва коплаш.

Катализатор мажмуасини тайёрлаш гептан муҳитида даврий усулда аралаштиргич-диспергатор 1 да амалга оширилади. Бунинг учун қурилма 1 га гептан, каттик $TiCl_3$ ва $AlCl_3$ юкланади. Қурилма 1 га эса гептандаги $Al(C_2H_5)_2Cl$ нинг 10% ли эритмаси ва гептан солинади. Аралаштирилгандан кейин гептандаги диспергацияланган маҳсулотлар оралик идиш-ўлчачиг 2,3 ларга узатилади ва у ердан полимерлаш учун форполимеризатор 5, сўнг аралаштиргичли қурилма 6 га юборилади.

Реакторга узлуксиз равишда пропилен, гептан, каталитик мажмуа ва водород ҳайдалади. Реакция иссиқлиги қурилма ғилофида циркуляция қилаётган минералсизлантирилган сув ёрдамида ажратиб олинади.

Полимернинг зичлиги ва бошқа хоссаларини ростлаш учун системага этилен киритилади. Сополимерлаш жараёни 2 босқичда:

- биринчиси, узлуксиз равишда реактор 5 да босим 0,3 МПа ва температура 65°C да атактик полимер ҳосил бўлишини камайтириш учун;
- иккинчиси, даврий равишда учта реактор 5,6,7 ларда бевосита сополимерлаш боради.

Ҳосил бўлган гептандаги полимер реактордан чиқарилади ва таркибида $Al(C_2H_5)_2Cl$ бўлган гептан билан суюлтирилади ва ундан сўнг, сополимерлашга узатилади. Реактор тўлгандан кейин пропилен, сўнг этилен ва водород берилади.

Ундан кейин суспензия қурилма 8 да дегазация қилинади ва каталитик мажмуани парчалаш учун унга бир вақтда ҳам иссиқ гептан ҳамда бутанол юборилади. Гептан ва бутанол бугларига тўйинган пропилен конденсациялангандан сўнг нейтраллаш учун узатилади. Полимер суспензиясини ювиш 65...70°C ли минералсизлантирилган сув билан олиб борилади.

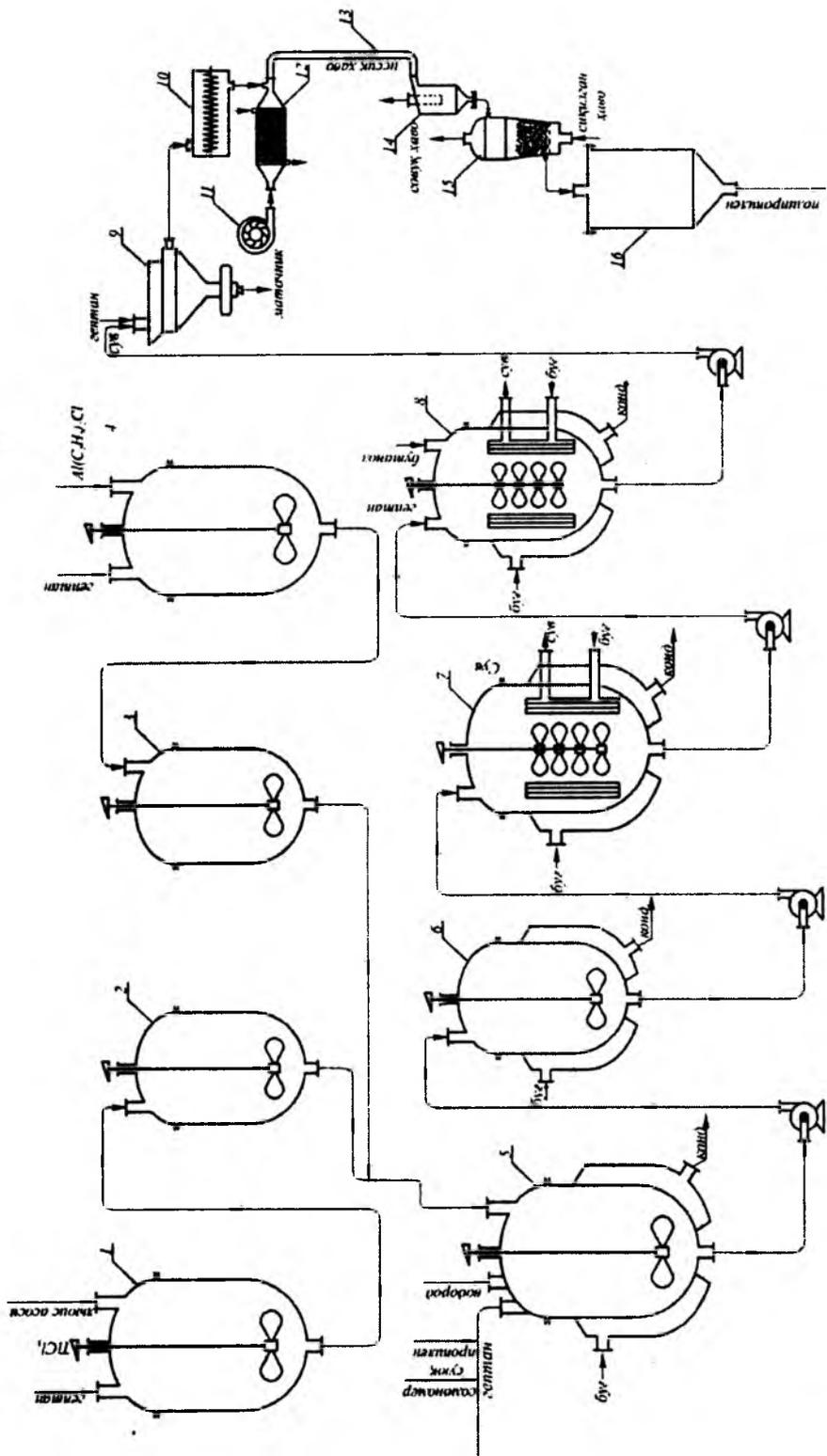
Полимернинг гептан-сувли суспензияси тиндиргичга юборилади ва у ерда таркибида бутанол ва катализатор мажмуасининг қолдиқлари бўлган сувли фаза ажратиб олинади. Полимерли гептан фазаси кайтадан ювилади.

Ундан кейин суспензия центрифуга 9 га йўналтирилади. Унда, атактик полипропиленни ажратиш учун иссиқ сув билан катализатор парчаланиш маҳсулотларини йўқотиш учун сув-бутанолли аралашма ва сув билан ювилади. Нам полимер труба-қуриткич 13 ва мавҳум қайнаш қатламли қуриткич 15 ларга қуритиш учун берилади. Пневмотранспорт усулида пропилен кукуни оралик идиш 16 ва ундан грануллаш, кадоклаш ва коплашга юборилади.

Мўътадиллаш воситалари сифатида амин (дифениламин) ҳамда (полимерга 1...2% миқдорда солинадиган) техник углерод қўлланилади.

Гептан ва сувли бутанол аралашмаси регенерация қилинган гептан ҳамда бутанол циклга қайтарилади.

Пропилен ишлаб чиқариш технологиясини мукаммаллаштиришнинг асосий йўналишларидан бири фаол каталитик мажмуалар яратишдир. Агар бундай катализатор бўлса, уни жуда оз миқдорда жараёнга киритиш имкони бўлади ва полимер хоссаларига оз миқдордаги парчаланиш маҳсулотларининг таъсири сезилмайди. Оқибатда, полимерни ювиш ва унинг суюқлигини регенерация қилиш босқичларини технологиядан қисқартириш мумкин.



3-9-расм. Юкори фаол катализаторда полипропилен ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси:
 1,4 – аралаштиригич-диспергатор, 2,3 - ўлчайичлар, 5 - форполимеризатор, 6,7-полимеризаторлар,
 8-дегазатор, 9 – центрифуга, 10-гаъминлагич, 11-вентилятор, 12 – калорифер, 13-труба-куриткич,
 14 – цилион, 15 – мавҳум кайнаш қатламли куриткич, 16 – оралик қиди.

3.6.4. Полипропилен хоссалари ва уни қўллаш соҳалари

Изотактик полимер каттик агрегат ҳолатидаги термопластик полимердир. Полипропиленнинг баъзи бир физик-кимёвий хоссалари 3.9-жадвал берилган.

Полипропиленнинг иссиқлик - физик хоссалари

3.9-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон қиймати
1.	Зичлик, кг/м ³	
	– изотактик аморф	850...854
	– изотактик кристаллик	932...943
	– синдиотактик аморф	856
	– синдиотактик кристаллик	889...910
	– атактик	850...900
	тўкма	470
2.	Эриш температураси, °С	165...175
3.	Диэлектрик доимийси (1 кГц)	2,2...2,3
4.	Узилишда нисбий чўзилиш, %	100...600
5.	Зарбали мустаҳкамлик, МПа	2,8...2,9
6.	Чўзилишдаги бузилиш кучланиши, МПа	245...400
7.	Синиш кўрсаткичи	1,49
8.	Бринелл бўйича каттиклик, МПа	59...64
9.	Ҳажмий солиштирма электр қаршилиқ, Ом·см	10 ¹⁶ ...10 ¹⁷
10.	Сув ютиши (24 суткада), %	0,01...0,03
11.	Диэлектрик йўқотишлар тангенс бурчаги (10 ⁶ Гц да)	0,0002...0,0005
12.	Диэлектрик ўтказувчанлик (10 ⁶ Гц да)	2,1...2,3
13.	Молекулляр масса	80000...200000
14.	Нисбий солиштирма чўзилиш, %	200...800
15.	Чўзилишда мустаҳкамлик чегараси, МПа	29,30...38,6
16.	Чўзилишда эластиклик модули, МПа	1032...1720
17.	Мўртлик температураси, °С	-5...-15
18.	Зарбали қовушқоқлик, кЖ/м ²	78,5
19.	Эксплуатация давридаги максимал температура, °С	150
20.	Шишаланиш температураси, °С	
	– изотактик	-7
	– синдиотактик	-9
	– атактик	-10
	– изотактик	186
	– синдиотактик	138
22.	Иссиқликка бардошлиги, °С (НИИПП бўйича)	160
23.	Солиштирма иссиқлик сизгим, Ж/кг·К (20...60°С)	1927
24.	Чизикли кенгайишнинг термик коэффициенти, 1/К	1,1·10 ⁻⁴
25.	Электр мустаҳкамлиги, кВ/мм (намуна қалинлиги 1 мм)	30...40

Паст ва юкори босимли полиэтиленларга қараганда полипропиленнинг иссиқликка бардошлиги юкорирок. Полипропиленни эксплуатация қилиш температураси 120...140°С. Полипропилендан тайёрланган ҳамма буюмлар қайнаш ва буғ ёрдамида стерилизация қилинганда ҳам шакли ёки механик хоссалари ўзгармайди. Полиэтилендан иссиқликка бардошлиги бўйича яхшироқ бўлган полипропилен, совуқликка бардошлиги нисбатан пастроқ, яъни -5...-15°С температурада мўрт бўла бошлайди.

Унинг диэлектрик кўрсаткичлари яхши ва улар катта температуралар оралиғида сақланиб қолади. Жуда кам миқдорда сув ютиш қобилияти туфайли нам муҳитда узок муддатда турганда ҳам диэлектрик хоссалари ўзгармайди.

Полипропилен кимёвий бардош материал. Нормал шароитда полипропилен органик суюқликларда эримайди. Факат, кучли оксидловчилар – хлорсулфонли кислота, тутайдиган азот кислота, олеум, галогенлар сезиларли даражада таъсир этади. Нормал шароитда 58% ли сульфат кислота ва 30% ли водород пероксидлари полипропиленга таъсири жуда кичик. Ушбу кимёвий моддалар билан 60°C температурада узок муддат давомида ўзаро таъсирда бўлиш полипропиленни деструкцияга учратади. Температура 80...100°C ва ундан ортик бўлганда ароматик (бензол, толуол) ва хлорли углеводородларда эрийди. Юкори температураларда кислота, тузларнинг сувли эритмаларига ҳамда минерал ва ўсимлик мойлари таъсирига бардошли. Полипропилен сувга бардош материалдир. Нормал шароитда 6 ой мобайнида сувга бўктирилганда унинг сув ютиш қобилияти 0,5% дан, 60°C температурада эса – 2% дан кам.

Полипропиленнинг кимёвий бардошлиги

3.10-жадвал

№	Мухит	Температура, °C	Масса ўзгариши, %	Эслатма	
Намунани 7 сутка давомида кимёвий моддада ушлаб туриш					
1.	Азот кислота (50%)	70	-0,1	Намуна дарз кетмайди	
2.	Натрий ишкори (40%)	70	оз микдорда	-	
		90			
3.	Водород хлорид (конц)	70	+0,3	-	
		90	+0,5		
Намунани 30 сутка давомида кимёвий моддада ушлаб туриш					
4.	Азот кислота (94%)	20	-0,2	Намуна мўрт	
5.	Ацетон	20	+2,0	-	
6.	Бензин	20	+13,2		
7.	Бензол	20	+12,5		
8.	Натрий ишкори (40%)	20	оз микдорда		
9.	Минерал мой	20	+0,3		
10.	Оливка мойи	20	+0,1		
11.	Сульфат кислота (80%-ли)	20	оз микдорда		Озгина бўялган
12.	Сульфат кислота (98%-ли)	20	>>		-
13.	Водород хлорид (конц)	20	+0,2	-	
14.	Трансформатор мойи	20	+0,2	-	

Фаол мухитлар таъсирдан полипропиленнинг полиэтиленга нисбатан дарз кетиши камрок.

Полипропиленнинг энг асосий камчилиги шундаки, совуқликка (-30°C) бардошлиги нисбатан паст ва бу кўрсаткич бўйича полиэтилендан орқада. Полипропилен термопластларга оид ҳамма усуллар билан қайта ишланади.

Полипропиленнинг полиизобутилен (5...10%) билан модификацияси қайта ишлаш хоссаларини яхшилайти, эластиклик ва дарз кетишга бардошлигини оширади ҳамда паст температураларда мўртлигини пасайтиради.

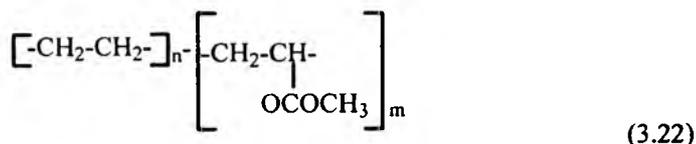
Полипропилен пардаларининг тиниклиги юкори: иссиқликка бардош, механик мустаҳкам, газ ва буг ўтказувчанлиги паст. Полипропилен толалари жуда мустаҳкам: у ҳар хил техник мато ва турли қалинликдаги арқонлар яшаш учун энг қулай материал.

Ундан ташқари, полипропилен ғовакли материаллар – пенопластлар ишлаб чиқаришда қўлланилади.

Полипропиленни қайта ишлашнинг асосий усуллари: экструзия, вакуум ва пневмо-шаклантириш, инъекцион ва экструзион пуфлаб, инъекцион, компрессион шаклантириш ҳамда босим остида қуйиш.

3.7. Этиленнинг бошқа мономерлар билан сополимерлари

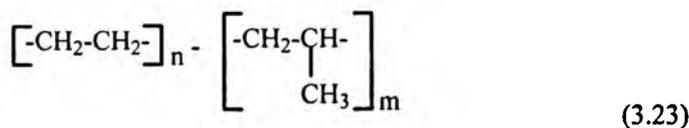
Этиленнинг винилацетат билан сополимери (севилен) инициатор иштирокида бошлангич мономерларни биргаликда радикалли полимерлаш усулида трубаги реакторда юкори босим остида олинади.



Сополимер таркибида 5...50% гача винилацетат бўлади. Ушбу сополимер паст температураларда тиниклиги ва эластиклиги бўйича полиэтилендан яхши.

Этилен сополимери лок, елим, пардалар олишда ишлатилади. Ундан ташкари полиграфия, оёк кийим, мебел саноатларида кўп ишлатилади.

Этиленнинг пропилен билан сополимерини металл органик катализаторлар иштирокида, худди суюк фазада паст босимли полиэтиленни ишлаб чиқариш каби олинади.



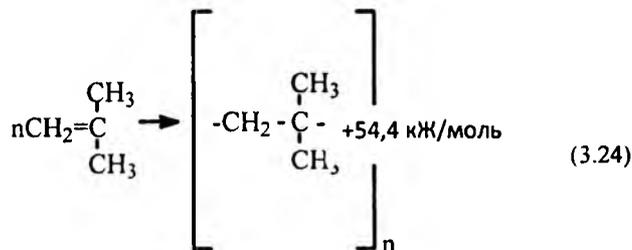
Каттик сополимерлар олиш учун пропилен миқдори кам (одатда 3...10% ҳажм.) бўлган аралашмалар ишлатилади. Бундай полимерлар кристаллик тузилиши ва муҳим техник хоссали бўлади. Агар сополимер таркибида пропилен миқдори кўп (> 20%) бўлса, олинаётган материалнинг механик мустаҳкамлиги кескин равишда пасайиб кетади.

Этилен ва пропиленнинг стереоблок-сополимери *полиалломер* деб номланади ва унинг кристаллик даражаси жуда юкори бўлади.

Этилен ва пропиленнинг стереоблок-сополимери муҳим техник хоссаларга эга, чунки полиэтилен ва изотактик полипропиленларнинг яхши хоссаларини ўзига мужассам қилган.

3.8. Полиизобутилен

Полиизобутилен изобутиленни полимерлаш йўли билан олинади.



Полиизобутиленни полимерлаш илк бор рус олими А.М.Бутлеров томонидан 1873 йили амалга оширилган.

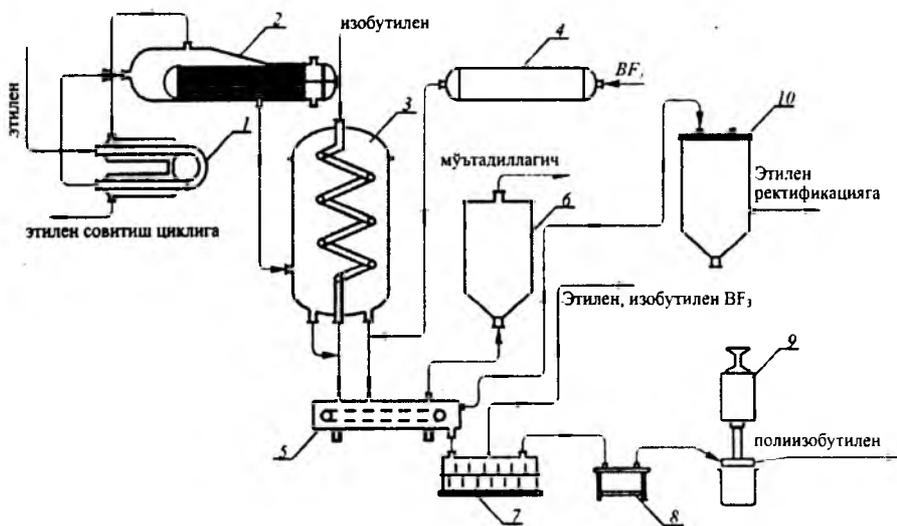
Изобутилен $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2$ – рангсиз газ. Қайнаш температураси $t_{\text{қай}} = -6,9^\circ\text{C}$. Эриш температураси $t_{\text{эр.}} = -140,4^\circ\text{C}$. Саноат миқёсида изобутилен изобутанни каталитик дегидрогенлаб ва бирламчи изобутил спиртни дегидратлаб олинади.

Юкори молекулали полиизобутилен паст температурада борнинг учфториди (BF_3) иштирокида катионли полимерлаш механизми бўйича олинади. Жараён озгина микдордаги таркибида протонли водород бўлган фаоллагич (сокатализатор) керак. Бундай фаоллагич вазифасини техник изобутилен таркибидаги изобутил спирт бажаради. Изобутиленни полимерлашнинг ингибитори сифатида олтингурут ва хлорли водородларни ҳам ишлатиш мумкин. BF_3 нинг қайнаш температураси $t_{қай} = -100,4^\circ C$, эриш температураси $t_{эр} = -128,7^\circ C$. Зичлиги $\rho = 910 \dots 930 \text{ кг/м}^3$. Шишаланиш температураси $t_{ш} = -75^\circ C$.

Саноат микёсида полиизобутилен $-100^\circ C$ температурада суюқ этилен эритмаси муҳитида полимерлаб олинади. Катализатор билан аралаштирилса бир зумда изобутилен полимерланади. Ҳосил бўлган полимернинг молекуляр массаси $120000 \dots 200000$. Полиизобутиленнинг чиқиши тахминан 100% (бошланғич изобутиленга нисбатан) ни ташкил этади.

Молекуляр массаси тахминан 50000 бўлган полимерлар мойларни қуюклаштириш учун қўшимча сифатида қўлланилади.

Изобутиленни полимерлаш узлуксиз ишлайдиган лентали полимеризатор 5 да амалга оширилади (3.10-расм). Полимеризатор тўғри тўртбурчак шаклли бўлиб пўлат листдан ва унинг ичида чексиз узунликдаги транспортер лентаси ўрнатилган. Суюқ этилен босим остида иситкич 1 га ҳайдалади ва буғланиш қурилмаси 2 дан чиқаётган газсимон этилен билан совутилади. Сўнг, 0,1 МПа босимли суюқ этилен буғланиш қурилмаси 2 га узатилади, у ерда қўшимча совийди ва змеевикли изобутиленни совитиш қурилмаси 3 нинг трубалараро бўшлиғига оқиб тушади. Суюқ изобутилен змеевик ичига юборилади ва этилен билан $-85^\circ C$ гача совутилади.



3.10-расм. Узлуксиз полиизобутиленни ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси:

- 1 - иситкич, 2 - буғланиш қурилмаси, 3 - изобутилен кадоклагич;
- 4 - BF_3 кадоклагич, 5 - полимеризатор; 6 - муфтадиллагич кадоклагичи;
- 7 - аралаштиргич, 8 - полимерни совитиш токчалари; 9 - копловчи пресс,
- 10 - этиленни BF_3 дан тозалаш минораси.

Ундан кейин полимеризатор 5 га узатилади ва кадоклагичнинг трубалараро бўшлиғидан тушаётган суюқ этилен билан аралашади. Полимеризатор лентасига BF_3 ва кадоклагич 6 дан муфтадиллагич (*трет*-нонилфенилсульфид) лар келиб тушади.

Лентада изобутиленни полимерлаш бир неча секундда бўлади ва этиленнинг буғланиши билан кечади. Полимеризатор 5 дан чиққан этилен буғлари тозалаш учун минора 10 га, ректификация учун юборилади ва ундан кейин полимеризаторга қайтарилади. Лентадан чиққан полиизобутилен буғ билан иситиладиган икки червякли аралаштиргич 7 га узатилади.

Ушбу курилмада этилен ҳамда реакцияга полимерлашмаган изобутилен ва учфторли борларнинг тўлик буғланишига эришилади. Аралаштиргичдан чиққан нотўғри шаклли буёлақлар кўринишидаги полиизобутилен совитиш температурасини тушириш учун совитиш токчалари 8 га келиб тушади. Ундан кейин пресс 9 да ихчамланади, устига тальк сепилади ва копланди. Изобутилен конверсияси ~ 90%, катализатор сарфи эса - ~ 0,03%.

3.8.1. Полиизобутиленнинг хоссалари ва уни қўллаш соҳалари

Юқори молекулали полиизобутилен каучуксимон полимердир. Оддий ҳолатда аморф тузилишга эга, лекин чўзилганда кристалланади.

Кислород ва ёруғлик, айниқса, ультрабинафша нурнинг бир вақтдаги таъсири остида полиизобутилен қисман деструкцияга учрайди. Ёруғлик ва кислородга бардошлигини ошириш учун каучук, полиэтилен ва айрим бошқа полимерлар ҳамда тўлдиргич (коракую, графит) лар билан бириктириш мақсадга мувофиқ. Минерал тўлдиргичларни полиизобутиленга полимер миқдорининг 90% гача қўшиш мумкин.

Полиизобутиленнинг полиэтилен билан аралашмаси сув ости ва ультра юқори частотали сим ва кабелларнинг электр копласи сифатида қўлланилади. Асбест ва тальк каби тўлдиргичлар қўшилган полиизобутилен композицияларидан тайёрланган листлар кимё ва нефть-газ саноатлари курилмаларнинг ташки ва ички томонларини, труба кувурларини, цистерналарни ва кислота саклаш идиш ва резервуарларини коррозиядан ҳимоялаш учун коплама сифатида ишлатилади. Полиизобутиленнинг фланецли бирикмалари орасига қўйиладиган кистирма материали сифатида ҳам қўллаш мумкин. Полиизобутилендан ясалган шланглар кислота кувурлари вазифасини ҳам ўташи мумкин. Қурилишда полиизобутилендан ясалган плиталар намликка бардош кистирма килиб ҳам ишлатилади.

Изобутилен кўпчилик тўйинмаган бирикмалар билан осон сополимерланади. Изобутиленнинг изопрен ва бутадиен билан сополимери резина саноатида кенг қўламда қўлланилади.

Юқори молекулали полиизобутилен юқори кимёвий ва сувга бардошлик хоссаларга эга. Кислота (шу жумладан, концентранган азот кислота) ва ишқорлар таъсирига бардош бера олади. Кимёвий бардошлиги ва диэлектрик хоссалари факат полиэтилен ҳамда политетрафторэтиленларнинг ушбу хоссаларидан ёмонрок.

Полиизобутиленнинг газ ўтказувчанлиги кичик, диэлектрик кўрсаткичлари юқори, тиниқлиги ва окувчанлиги паст.

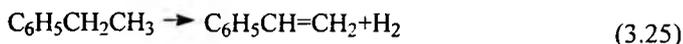
ТЎЙИНМАГАН АРОМАТИК УГЛЕВОДОРОДЛАР ПОЛИМЕРЛАРИ

3.9. Полистирол

3.9.1. Полистирол ишлаб чиқариш учун хом-ашё

Стирол $CH_2=CH(C_6H_5)$ – ўзига хос ҳидли суюклик. Қайнаш температураси $t_k=145,2$ °С, эриш температураси $t_p=-30,6$ °С, зичлиги $\rho=906$ кг/м³. Сувда эримайди, бензол, диэтил эфири ва бошқа органик эритувчилар билан исталган нисбатларда

қўшилади. Ушбу полимер ёнувчан ва заҳарли. Саноат микёсида этилбензолни каталитик дегидрирлаш усулида олинади:



Стирол нормал шароитда ҳам осон полимерланади. Шунинг учун, уни сақлаш ва транспортировка қилишда унга ингибиторлар, кўпинча, гидрохинон қўшилади. Стиролни полимерлаш радикал ва ионли механизм бўйича кечиши мумкин.

Полистирол



Саноат микёсида радикал механизм бўйича стиролни полимерлашнинг қуйидаги:

- тўлиқ конверсияли блокли;
- тўлиқмас конверсияли блокли;
- суспензияли;
- блок-суспензияли;
- эмульсияли усуллари кенг қўламда қўлланилмоқда.

3.9.2. Полистирол ишлаб чиқариш усуллари

Блокли усулда полистирол ишлаб чиқариш. *Тўлиқ конверсияли блокли усулда* полистирол олиш технологияси 3.11-расмда келтирилган.

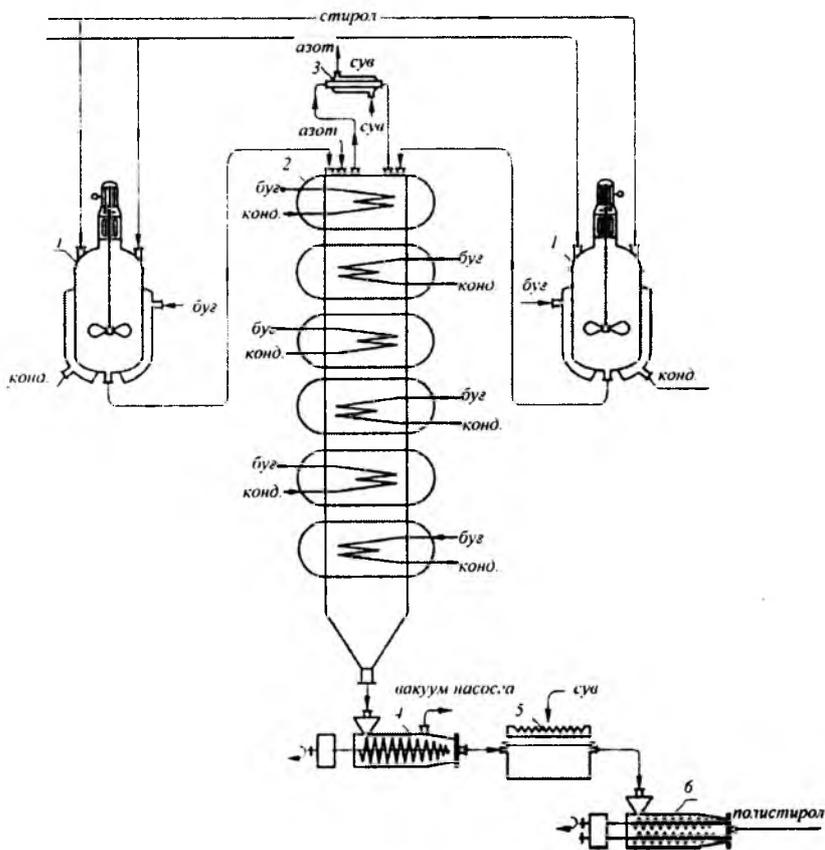
Янги тайёрланган стирол дастлабки полимерлаш учун иккита алюминийдан ясалган форполимеризатор (реактор) га узатилади. Форполимеризатор ташки ғилофли ва ичига аралаштиргич ўрнатилган реактор типдаги қурилмадир. Форполимерлаш жараёни азот муҳитида 80°C температурада 30 соат давомида полимернинг миқдори 30% га етгунга қадар ўтказилади. Стиролдаги полистирол эритмаси якуний полимерлаш учун олтита ёки тўққизта царгадан йиғилган колонна 2 га юборилади.

Колоннанинг тепа царгаси ғилоф, қолганлари эса – ғилоф ва змеевиклар орқали иситилади. Ғилоф ичида иссиқлик элткич сифатида дифенил аралашмаси ёки дитолилметанлар ишлатилиши мумкин. Охириги, тепадаги царгада полимерлаш температураси 100 дан 230...250°C гача кўтарилади. Бугланаётган стирол совуткич 3 да конденсацияланади ва қайтадан колоннага ҳайдалади. Колоннанинг конуссимон днишесидан эритма агрегат ҳолатидаги полистирол экструдери 4 га узатилади. Полимерланмаган стирол вакуум системаси ёрдамида экструдердан сўриб олинади. Экструдердан полистирол чивик кўринишида чиқади, совитиш идиши 5 да совутилади ва қурилма 6 да грануллаанади ва кесилади. Товар ҳолатидаги полистиролдаги қолдиқ мономер миқдори 0,3% (озик-овқат саноати учун) ва 1,5% (қолганлари учун) дан ошмаслиги керак.

Ушбу усулнинг энг катта камчилиги шундаки, реакция иссиқлиги ажратиб олиш анча мураккаб, чунки реакцион масса ковшоклиги юқори ва жараён узок муддатда кечади. Бунга сабаб, стиролни полимерлаш даражасини 97...98% етказишдир.

Тўлиқмас конверсия блокли усул блокли усулга қараганда унумдорлиги анча юқори. Бу усулда, реакторлар батареясида полимерлар йўли билан конверсия 80...95% гача етказиш мумкин ва эркин стирол ҳайдалади ва циклга қайтарилади. Агар блокли

полимерлаш 5...10% ли эритувчи иштирокида ташкил этилса, жараён кескин равишда яхшиланади. Бунга бир катор сабаблар бор: реакцион масса ковшоклиги пасаяди; ғилоф орқали иссиклик алмашилиш интенсивлашади; эритувчи буғланиши ҳисобига бир қисм реакция иссиклик ажратиб олинади; реакцияга киришмаган стиролни чиқариб олиш осон.

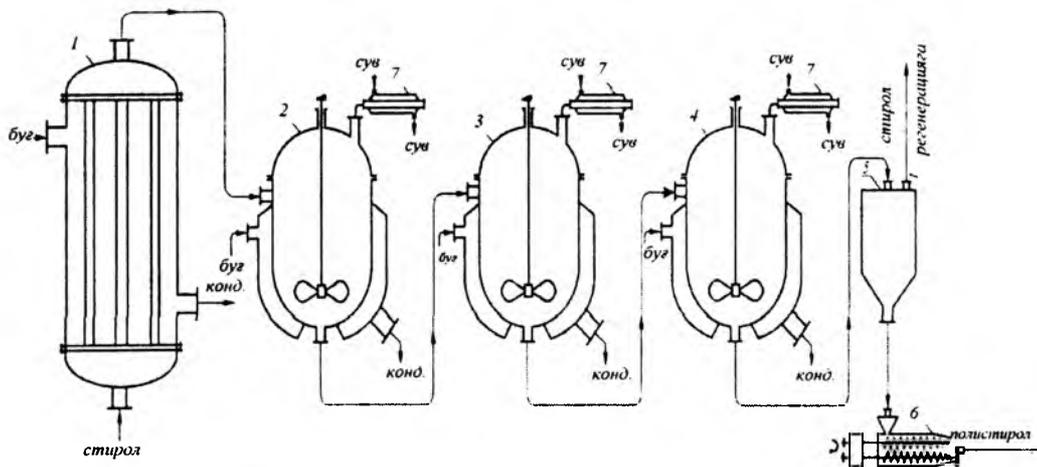


3.11-расм. Стиролни тўлиқ конверсияли блокни полимерлашнинг технологик схемаси:
1-форполимеризатор, 2-колонна, 3-совуткич, 4-экструдер, 5-совитиш идиши, 6-гранулятор.

Тўлиқмас конверсия усулида стирол ёки каучукнинг стиролдаги эритмасидан полистирол олиш технологияси 3.12-расмда келтирилган. Стирол ёки каучукнинг стиролдаги эритмаси узлуксиз равишда насос ёрдамида иситкич 1 га, у ерда 80...100°C гача температураси кўтарилганда реактор-полимеризатор 2 га, сўнг шестерняли насос орқали реактор 3 га, ундан кейин реактор 4 га ҳайдалади. Реактор-полимеризаторлар ҳажми 15...200 м³, кислота бардош пўлатдан ясалган бўлиб, ташқариси ғилоф билан ўралган ва ичига аралаштиргич ўрнатилган. Реактордан чиққан маҳсулотнинг температураси совуткич 7 да пасайтирилади. Полимерлаш жараёни қуйидаги режимларда кечади (3.11-жадвал):

3.11-жадвал

№	Кўрсаткич	1-реактор	2-реактор	3-реактор
1.	Температура, °C	120...140	160	180
2.	Конверсия, %	40...50	80	90
3.	Жараён давомийлиги, соат	2	2	2



3.12-расм. Стиролни тўлиқмас конверсиялаш блокли полимерлашнинг технологик схемаси:

1-иситкич; 2,3,4-реактор-полимеризаторлар, 5- вакуум камера, 6-экструдер-гранулятор. 7-совуткич.

Реакция иссиқлиги ғилоф орқали ва стиролнинг буғланиши ҳисобига ажратиб олинади. Охириги реактордан полистиролнинг қуюқ эритмаси ва реакцияга киришмаган стироллар вакуум камера 5 га узатилади. У ерда қолдиқ босим 0,7...5 кПа ва температура 190...200°C да эритмадан стирол ҳайдалади ҳамда циклга қайтарилади. Полистиролнинг қуюқлашган эритмаси эса вакуум камера 5 дан экструдер 6 га грануллаш учун юборилади.

Ушбу усул бир қатор афзалликларга эга:

- ушбу усул унумдорлиги тўлиқ конверсия усулига қараганда 3...5 маротаба кўп;
- молекуляр массаси юқори ва полимер полидисперслиги кичик, чунки жараён нисбатан паст температураларда кечади.

Суспензияли усулда полистирол ишлаб чиқариш. Ушбу усул сувли муҳитда кечиши реактор ғилофи орқали реакция иссиқлигини ажратиб олиш осон бўлгани учун кенг қўламда қўлланилади. Ундан ташқари, 10...50 м³ ҳажмли қурилмаларни ясаш ва ишлатиш мумкин. Реактордаги жараён осон ростланади, шунинг учун битта қурилмада бир неча хил полистирол олиш имконияти бор. Жараённи узлуксиз ташкил қилиш кийин, чунки суспензия нотурғун, полимер аралаштиргич ва қурилма деворларига ёпишиб қолиши мумкин.

Суспензияли усулда полистирол олиш технологияси 3.13-расмда келтирилган ва ушбу жараёнлардан иборат: хом-ашёни тайёрлаш; компонентларни аралаштириш; полимерлаш; ювиб филтрлаш; қуритиш.

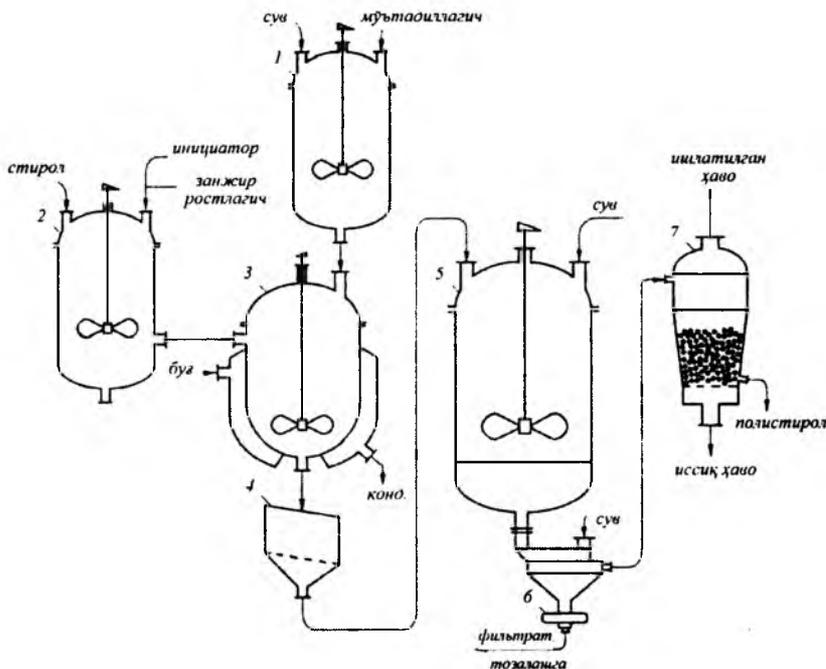
Хом-ашёни тайёрлаш учун мўътадиллагичнинг сувли эритмасининг суспензияси ҳамда инициатор ва стиролда эрувчи бошқа қўшимчалар эритмалари қўлланилади.

Суспензияни тайёрлашда органик ва ноорганик мўътадиллагичлар: поливинил спирт, магний ва алюминий гидроксидлари ва бошқалар қўлланилади. Полимерлашнинг инициаторлари бўлиб пероксидлар (бензоил, лаурил ва б.) хизмат қилади.

Аралаштиригич 1 ва 2 ларда тайёрланган мўътадиллагич ва мономер фазанинг сувли эритмаси реактор 3 га юкланади. Реактор кислотага бардош пўлатдан ясалган бўлиб, ташқи ғилофи ва ичида аралаштиргичи бор. Кўпчилик реакторларнинг ҳажми 10...30 м³. Стиролни полимерлаш 50...130°C да 9...12 соат давомида олиб борилади. Жараён режими олинаётган полистирол турига боғлиқ.

Тайёрланган суспензия элак 4 орқали оралиқ идиш 5 га тўкилади. Элакда йирик, қумоқ ҳолатидаги бўлақлар ушланиб қолинади. Суспензия оқувчанлигини ошириш мақсадида у сув билан суюлтирилади ва центрифуга 6 га юборилади. Центрифугада

аралашма сувсизлантирилади ва полимер ювилади. Нам полистирол қуритиш учун куриткич 7 га узатилади.



3.13-расм. Суспензияли усулда полистирол олишнинг технологик схемаси:

1,2-аралаштиригичлар; 3-реактор; 4-элак; 5-оралик идиш; 6-центрифуга; 7-куриткич.

Суспензияли полимерлашнинг асосий камчилиги шундаки, полистирол олиш кўп босқичли ва жуда кўп микдорда оқова сувлар ҳосил бўлади.

Блок-суспензияли усулда полистирол ишлаб чиқариш. Ушбу усул асосан кўпирувчи полистирол олиш учун ишлатилади (3.14-расм).

Реактор 1 да стиролнинг дастлабки блокли полимерланиши бўлади. Бунда жараён температура 80...85°C да бензоил пероксид иштирокида 30...40% гача конверсия бўлгунга қадар боради. Сўнг, форполимер автоклав 3 га тўкилади ва аввал юкланган мўтадиллагичнинг сувли эритмаси билан аралаштирилади. Шу билан бирга автоклавга инициаторнинг стиролдаги эритмаси ва изопентаннинг янги қисми солинади.

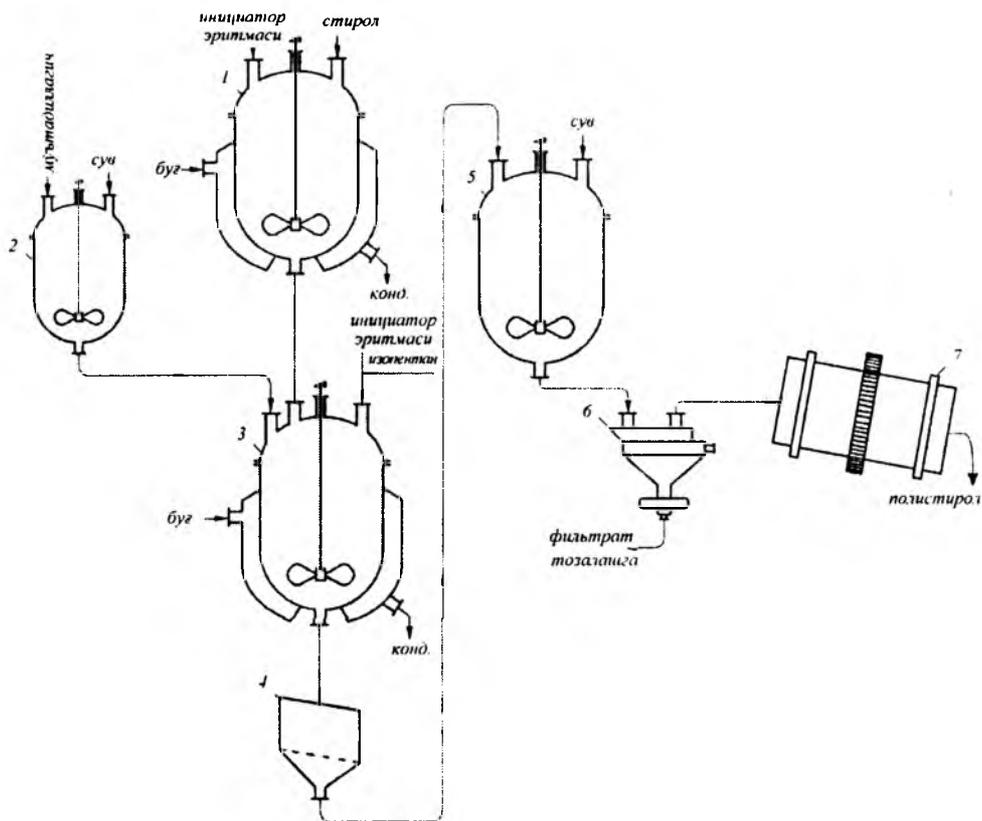
Бу ерда изопентан полистиролни кўпиришида газ ҳосил қилувчи модда сифатида хизмат қилади. Ҳосил бўлган суспензия 90°C температурагача қиздирилади ва 7...9 соат давомида аралаштириб турилади. Тайёрланган суспензия элак 4 орқали оралик идиш 5 га тўкилади. Суспензия оқувчанлигини ошириш мақсадида у сув билан суюлтирилади ва центрифуга 6 га юборилади. Центрифугада аралашма сувсизлантирилади ва полимер ювилади. Нам полистирол 40°C температурада куриткич 7 да қолдиқ намлик 1% гача қуритилади.

Эмульсион усулда полистирол ишлаб чиқариш. Ушбу усулда эмульгатор сифатида совунлар (масалан, натрий олеинати) ва некал (дибутилнафталинсулфокислоталар натрийли тузлари) ва бошқа айрим органик сулфобирикмалар ишлатилади. Инициатор сифатида сувда эрувчан пероксидлар, масалан, водород пероксиди, калий ва аммоний персульфатлари қўлланилади.

Ҳажми 10...15 м³ бўлган ғилофли ва аралаштиргичли эмалланган чўян полимеризаторга олеин кислота, сув ва натрий ишқори солинади. 30 дақиқа давомида аралаштирилгандан кейин стирол берилади ва яна 15 дақиқа аралаштирилади, сўнг эса инициатор қўшилади ҳамда реакцион аралашма иситилади.

Полимерланиш температураси 70°C, жараён якунига бориб 90°C га чиқади. Жараён мономернинг миқдори 0,5% қолгунга қадар олиб борилади.

Олинган латекс сульфат кислота билан коагуляция қилинади. Икки соатли коагуляциядан кейин полистиролнинг қуқунлари чўкмага тушади. Ундан кейин иссиқ сув билан ювилади ва центрифугада сувсизлантирилади. Олинган нам қуқун мавҳум қайнаш қатламли қуриткичда қуритилади ва эланади.



3.14-расм. Блок-суспензияли усулда қўпирувчи полистирол олишнинг технологик схемаси:
1- реактор, 2 - аралаштиргич, 3 - автоклав, 4 - элак, 5 - оралик идиш, 6 - центрифуга, 7 - қуриткич.

Диэлектрик хоссалари паст ва полимернинг тиниклиги ёмон бўлгани учун ушбу усул саноат миқёсида кенг тарқалмади. Асосан АВС-пластиклар ва қўпирувчи полистироллар олиш учун қўлланилади.

3.9.3. Полистирол хоссалари ва уни қўллаш соҳалари

Саноатда ишлаб чиқариладиган полистирол – аморф полимер. Ушбу полимернинг сувга бардошлиги ва диэлектрик хоссалари жуда юқори. Полистиролни юқори частотали

диэлектрик сифатида ҳам ишлатиш мумкин. Ундан радио ва электр жиҳозлари, ҳисоблаш машиналари, конденсаторлар пардалари ва ҳоказо деталлар ишлаб чиқариш мумкин. Тиниклиги ва синиш кўрсаткичи юқорилиги учун ундан оптик шишалар, шаффоф моделлар ҳашда ишлатилади. Зарбага бардош полистиролдан радио ва электр жиҳозлар, совуткич қиммераси ва эшиклари ҳамда санитария-гигиена асбоблари тайёрланади.

Азот кислотадан ташқари, ҳамма кислота ва ишқорларга нисбатан полистирол бардошлиги юқори. У ўсимлик мойлари, тўйинган углеводородлар ва спиртларда эримади. Аксинча, ароматик углеводород, мураккаб эфирлар, хлорланган углеводородлар ва кўпчилик кетонларда яхши эрийди. Полистиролли локлар электр ва коррозияга қарши қопламалар олишда ишлатилади. Қуёш нурунинг узок муддатдаги таъсири полистиролнинг сарғайишига сабабчи бўлади. Полистирол камчиликлари: эскиришга мойил; иссиқликка бардошлиги юқори эмас; зарбага мустаҳкамлиги паст.

Полистиролни маҳсулотга қайта ишлашнинг асосий усули – бу босим остида қуйиш. Аморф тузилишли бўлишига қарамай, жуда кенг температуралар оралиғида юмшайди ва керакли оқувчанликни сақлаб туради. Бу эса, уни қайта ишлаш жараёнини осонлаштиради.

Полистиролнинг физик-кимёвий хоссалари 3.12-жадвалда берилган.

Полистиролнинг физик-кимёвий хоссалари

3.12-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон қиймати
1	Зичлик, кг/м ³	
	каттик	902
	кўпиксимон	600
	зарбага бардош	1040
2.	Эриш температураси, °С	240
3.	Шишланиш температураси, °С	100
4.	Зарба мустаҳкамлиги, МПа	
	каттик	1,7...2,8
	зарбага бардош	3,4...76
5.	Чўзилишда мустаҳкамлик чегараси, МПа	
	каттик	33
	кўпиксимон	14
6	Зарбага бардош	24
	Иссиқликдан кенгайиш коэффициенти, 1/К	
	чизикли	(6...8)·10 ⁻⁵
7	ҳажмий	(1,7...2,1)·10 ⁻⁵
	Узилишда нисбий чўзилиш, %	
	каттик	1...2
8.	зарбага бардош	13...50
	Чўзилишда эластиклик модули, МПа	3200
	9.	Сикилвчанлик, МПа
10.	Синиш кўрсаткичи	1,59...1,60
11.	Диэлектрик доимийси (10 ⁶ Гц да)	2,49...2,55
12.	Молекуляр масса	50000...320000
13.	Сув ютиш (24 суткада), %	0,01...0,07
14.	Қолган мономер миқдори, %	0,1...0,8
15.	Диэлектрик йўқотишлар тангенс бурчаги (10 ⁶ Гц да)	0,0002...0,0004
16.	Бринелл бўйича каттиклиги, МПа	137...157
17.	Зарбали қовушқоқлик, кЖ/м ²	19,6...27,4

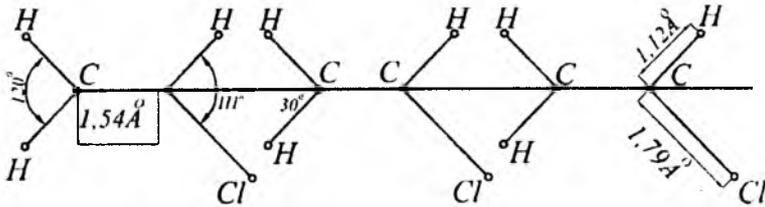
3.10. Поливинилхлорид

Поливинилхлорид $[-CH_2 - CHCl-]_n$.

Поливинилхлорид ёнмайдиган, ҳидсиз, ок рангли (айрим ҳолларда сарғишрок) термопластик кукун кўринишида бўлади.

Поливинилхлорид молекуласи тузилишининг схематик тасвири 3.15-расмда келтирилган.

Чўзилган полимерни оптик ва рентгенографик текшириш шуни кўрсатдики, макромолекуласининг углеродли скелети ясси зигзагсимон тузилишли эканлиги аниқланди. Бунда, хлор атомлари углеродли занжир текислигининг ҳар хил томонида жойлашган. Шундай қилиб, қайтарилувчи звенолар иккита зигзагдан иборат. Макромолекула бир қисмининг фазовий схемаси 3.16-расмда кўрсатилган.

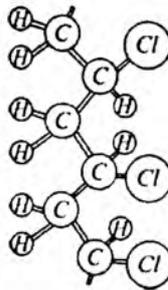


3.15-расм. Поливинилхлорид молекуласининг тузилиши.

Полиэтилен ва полистирол билан бирга муҳим саноат микёсида ишлаб чиқариладиган полимердир.

Поливинилхлорид олиш учун мономер бўлиб винилхлорид хизмат қилади. Поливинилхлорид – рангсиз, эфирга хос ҳидли газ.

Қайнаш температураси $t_k = 159,7^\circ\text{C}$, эриш температураси $t_{эр} = -13,9^\circ\text{C}$, температура -15°C даги зичлиги $\rho = 973 \text{ кг/м}^3$. -20°C температурадаги динамик ковшоклиги $\mu = 2,81 \text{ мПа}$. Босим $0,1 \dots 0,2 \text{ МПа}$ ва нормал температурада суюқ агрегат ҳолатини сақлаб қолади.



3.16-расм. Поливинилхлорид молекуласининг фазовий схемаси.

Ҳаво билан портловчи аралашма ҳосил қилиш концентрацияси $C = 4 \dots 21,6\%$. Спирт, ацетон ва бошқа органик эритувчиларда яхши эрийди. Саноат микёсида поливинилхлорид турли усулларда олинади.

Ацетиленни гидрохлорлаш:



Дихлорэтан пиролизи:



Этиленни юкори температурали хлорлаш:



Этиленни оксихлорлаш:

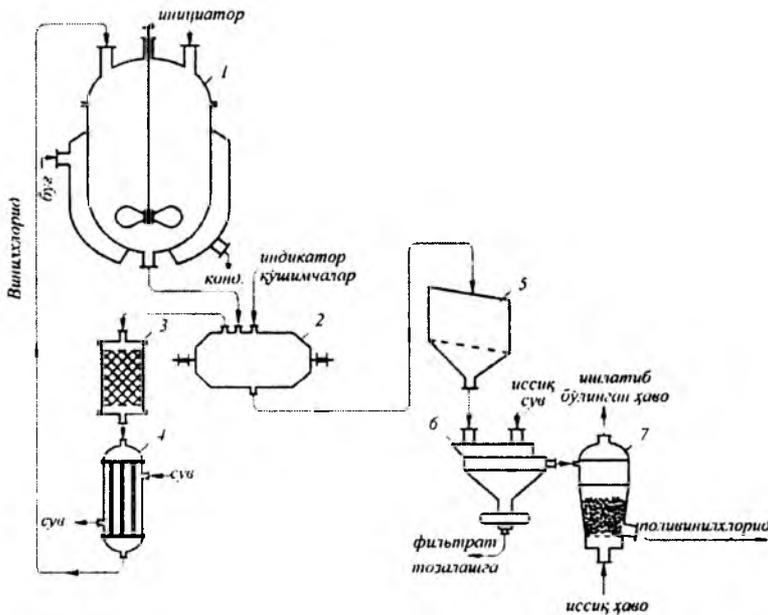


Саноат миқёсида винилхлоридни полимерлашнинг учта асосий тури мавжуд: блокли, суспензияли ва эмульсияли усуллар.

3.10.1. Поливинилхлорид ишлаб чиқариш усуллари

Блокли усулда поливинилхлорид олиш. Ушбу усулнинг ўзига хослиги шундаки, ҳосил бўлаётган полимер мономерда эримади. Бу ҳол реакция иссиқлигини ажратиб олишни кийинлаштиради. Одатда, поливинилхлоридни ишлаб чиқариш учун икки босқичли, даврий ишлайдиган технологиядан фойдаланилади (3.17-расм).

Суюқ мономер ва инициатор (перекис ва бошқалар) автоклав 1 га юкланади, температура 50...70°C да ва босим 1 МПа да 10% ли конверсиягача дастлабки полимерлаш ўтказилади. Олинган суспензия горизонтал, айланувчи автоклав 2 га тўкилади. Ушбу автоклавнинг лентали аралаштиргичда ёки ичига солинган металл шарлар ёрдамида қурилма деворига ёпишиб қолаётган полимерлар сидириб туширилади. Деворга ёпишаётган полимер қатлами термик қаршилик бўлиб, реакция иссиқлигини ажратиб олишга халакит беради. Автоклав 2 га паст температурали инициатор қўшилади. Бу турдаги инициатор полимернинг молекуляр массасини ростловчи ва термомўътадиллагич вазифасини бажаради. Жараён -10 дан -20°C температурада 65...70% ли конверсияга эришгунга қадар олиб борилади.



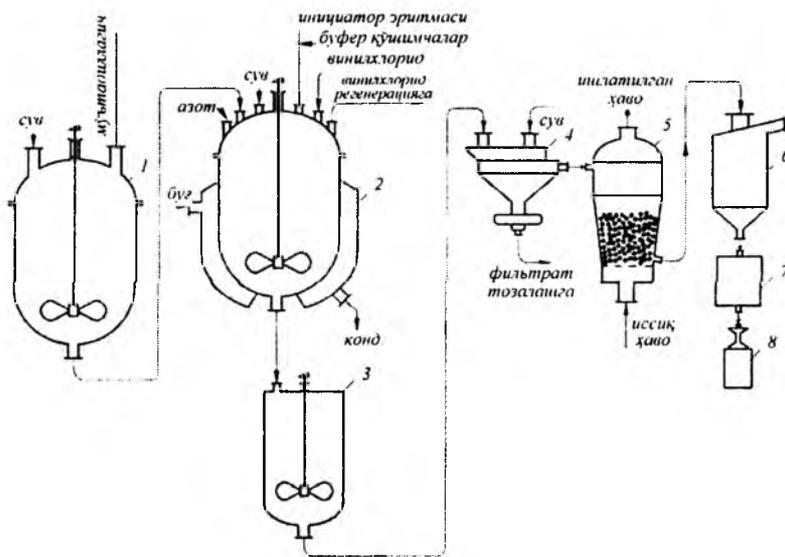
3.17-расм. Блокли усулда поливинилхлорид олишнинг технологик схемаси:

- 1 - автоклав; 2 - айланувчи автоклав, 3 - фильтр, 4 - конденсатор,
5 - тебранма элак, 6 - центрифуга, 7 - куриткич.

Реакцияга киришмаган винилхлорид фильтр 3 ва конденсатор 4 ларда ажратилади, яъни суюлтирилган винилхлорид яна циклга қайтарилади. Кукуримон агрегат ҳолатидаги полимер автоклав 2 дан тебранма элак 5 ва ундан сўнг иссик сув билан ювиш ҳамда центрифугалаш учун қурилма 6 га ҳайдалади. Намсизлантирилган полимер қуритиш учун қуриткич 7 га узатилади.

Поливинилхлорид олиш учун узлуксиз жараён ҳам яратилган ва унда мономер ҳамда эритилган инициатор узлуксиз равишда айланаётган автоклавга ҳайдалади. Ҳосил бўлган полимер, винилхлорид ажратилганда даврий равишда тўкиб олинади.

Суспензияли усулда поливинилхлорид олиш. Винилхлоридни суспензияли полимерлаш энг кенг тарқалган усуллардан биридир, чунки олинаётган полимер тозалиги юкори ва жараёни ростлаш осон. Даврий усулда суспензияли полимерлаб поливинилхлорид ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси 3.18-расмда тасвирланган.



3.18-расм. Суспензияли усулда поливинилхлорид олишнинг технологик схемаси:

- 1 - аралаштиргич; 2 - полимеризатор; 3 - йигич; 4 - центрифуга; 5 - қуриткич;
6 - бункер-циклон; 7 - майдалаш бўлими; 8 - қоплаш машиниси.

Аралаштиргич 1 дан полимеризатор 2 га минералсизлантирилган сув, мўтадиллағичнинг сувли эритмаси, мономердаги инициаторнинг эритмаси, *pH* ни ростлагичлар солинади ва азот билан пуфланади.

Суспензияни мўтадилловчи модда сифатида метилцеллюлоза ёки винил спирт полимерлари, *pH* ни ростловчилари қилиб натрий фосфат ва карбонатларни, инициатор сифатида эса – перекисларнинг мономердаги эритмаларини олиш мумкин.

Реактор-полимеризатор 2 нинг ҳажми 15...40 м³, кислота бардош пўлатдан ясалган бўлиб, ташқариси ғилоф билан ўралган. Ундан ташқари, реакция массани қоритириш учун ичига аралаштиргич ўрнатилган. Полимерлаш жараёни босим 0,5...1,4 МПа ва температура 30...70°C да 8...14 соат давомида ўтказилади. Мономер конверсияси 80...90%. Полимерлаш жараёнининг яқунлангани автоклавдаги босим $P=0,3...0,35$ МПа га тушганидан маълум бўлади. Реакцияга киришмаган винилхлорид вакуум остида чиқариб олинади ва тозалангандан сўнг циклга қайтарилади. Ҳосил бўлган суспензия йигич 3 га тўкилади ва аввал олинган бошқа суспензиялар билан қўшиб аралаштирилади. Бундан мақсад – полимер бир жинслилигини оширишдир. Сўнг, суспензия намсизлантириш ва

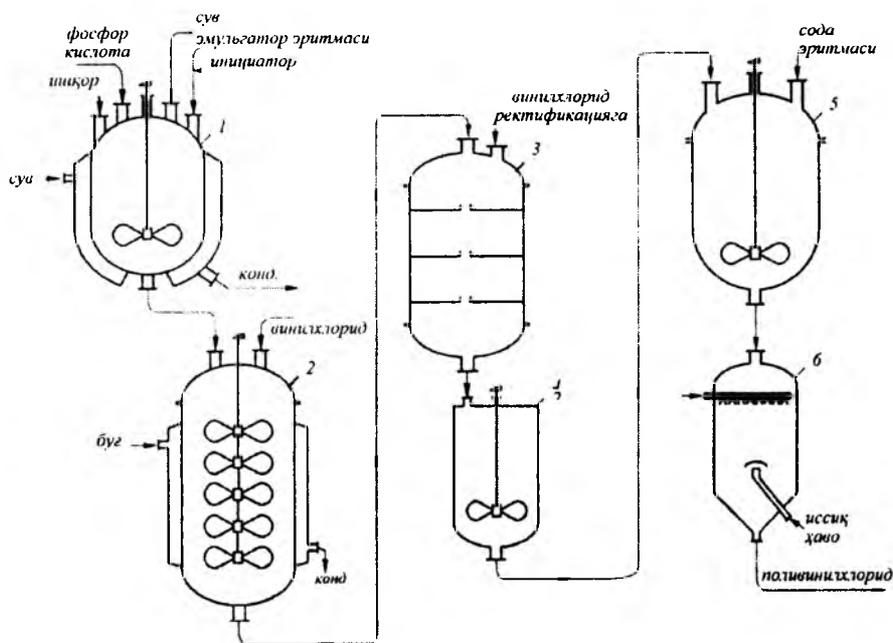
сув билан ювиш учун центрифугага узатилади ҳамда ундан кейин 100...120°C ли иссик ҳавода қуритиш учун қуриткич 5 га юборилади. Қолдик намлик 0,5% ва ундан кичик намликкача қуритилган поливинилхлорид бункер-циклон 6 га узатилади ҳамда ундан чиққан маҳсулот майдаланади ва сараланади. Тайёр маҳсулот қурилма 8 да копланди.

Эмульсияли усулда поливинилхлорид олиш. Ушбу усулда поливинилхлорид даврий ва узлуксиз усулларда ишлаб чиқарилади. Албатта, бу нисбатан илғор узлуксиз усул бўлиб, қуйидаги: сувли фазани тайёрлаш, полимерлаш, дегазация, мўтадиллаш ва қуритиш каби босқичлардан иборат.

Эмульсияли усулда поливинилхлорид олишда пероксидли сувда эрувчан инициатор (водород пероксиди ёки калий персульфати ва ионогенли эмульгатор, масалан, некал) лар ишлатилади. Жараён давомида *pH* ни ростлаш учун фосфор кислота ва ишқор солинади.

Аралаштиргич 1 га минералсизлантирилган сув, эмульгаторнинг сувли эритмаси, фосфор кислота, ишқор ва инициатор юкланади (3.19-расм).

Аралашган суюқ фаза ва винилхлорид полимеризатор 2 га ҳайдалади. Реактор-полимеризатор 2 нинг ҳажми 15...30 м³, цилиндр шаклли, кислота бардош пўлатдан ясалган, ташқариси ғилоф билан ўралган ва ичига аралаштиргич ўрнатилган.



3.19-расм. Эмульсияли усулда поливинилхлорид олишнинг технологик схемаси:

- 1 - аралаштиргич, 2 - полимеризатор, 3- дегазатор, 4 - йигич;
5 - мўтадилловчи қурилма; 6 - пурковчи қуриткич.

Полимерлаш жараёни босим 0,5...0,8 МПа ва температура 40...60°C да ўтказилади. Мономер конверсияси ~90%. Таркибида 40% полимер бўлган латекс дегазатор 3 га узатилади, унда вакуум остида реакцияга киришмаган винилхлориддан ажратилади ва ректификациядан сўнг циклга қайтарилади. Дегазатор 3 дан латекс йигич 4 га оқиб тушади ва ундан соданинг сувли эритмасида мўтадиллаш қурилма 5 га ўтказилади. Сўнг, латекс пурковчи қуриткич 6 га юборилади ва 160°C ли иссик ҳаво ёрдамида қуритилади. Қолдик намлик 0,4% гача қуритилган кукунсимон полимер элашга ва коплашга узатилади.

Эмульсияли усул камчиликлари: полимер эмульгатор колдиклари билан ифлосланган; диэлектрик хоссалари паст.

3.10.2. Поливинилхлорид хоссалари

Винилли полимерлар ичида энг кўп ишлатиладиган полимер – бу поливинилхлориддир.

Поливинилхлорид – каттик полимер. Уни пластификациялаш учун фталли кислота эфирлари, диоктилсебацинат ва бошқалар кенг кўламда қўлланади. Поливинилхлорид асосида пластмассалар икки хил усулда олинади:

1. Пластификация усули – бу поливинилхлоридни пластификатор билан бириктириш;

2. Термик пластикациялаш усули – бу поливинилхлоридни пластификатор билан қўшиб, аралштириш ва қисман эритиб бириктириш жараёни орқали полимерга пластик хоссалар бериш.

Биринчи усулда юмшоқ, эгиловчан материаллар-пластикатлар, иккинчи усулда эса каттик материал - винипластлар олинади.

Поливинилхлорид молекуляр массаси одатда, Фикентчер константаси K_{ϕ} билан ифодаланади ва ушбу формуладан топилади:

$$K_{\phi} = 1000k \quad (3.31)$$

бу ерда k – коэффициенти куйидаги тенгламадан аникланади:

$$\lg \frac{\mu_{\text{отн}}}{C} = \frac{75k^2}{1+1,5kC} + k \quad (3.32)$$

бу ерда $\mu_{\text{отн}}$ – 25°C да поливинилхлориддаги циклогексанон эритмасининг нисбий ковшоқлиги, C – эритма концентрацияси

Келтирилган ковшоқлик, Фикентчер константаси K_{ϕ} ва молекуляр масса M_n лар ўзаро куйидагича боғлиқликка эга.

1.	$\mu_{\text{пр}}$	1,80	1,98	2,20	2,44	2,70
2.	K_{ϕ}	55	60	65	70	75
3.	M_n	50000	65000	80000	90000	100000

Поливинилхлориднинг кристаллик даражаси 10% дан ошмайди, шу сабабли уни аморф полимер деб ҳисобланади. Таркибида хлор кўп бўлгани учун алангадан чиқарилган поливинилхлорид тезда ўчади, лекин 140°C температурада хлорли водород ва занжирда қўшалок боғлар ҳосил килиб парчланади.

Поливинилхлориднинг физик-кимёвий хоссалари 3.13-жадвалда берилган.

Поливинилхлориднинг физик-кимёвий хоссалари

3.13-жадвал

№	Кўрсаткич	Сон қиймати
1.	Зичлик, кг/м ³	
	каттик	1300...1580
	пластификацияланган	1160...1350

2.	Парчланиш температураси, °С	140...170
3.	Шишланиш температураси (каттик), °С	85
4.	Зарба мустаҳкамлиги (каттик), МПа	2,8...13,820
5.	Чўзилишда мустаҳкамлик чегараси, МПа	
	каттик	6...7,5
	пластификацияланган	1,5...3,5
6.	Иссиқликдан кенгайиш коэффициентини, 1/К	(6,6...7,3)·10 ⁻⁵
7.	Узилишда нисбий чўзилиш, %	
	каттик	2...80
	пластификацияланган	200...450
8.	Чўзилишда эластиклик модули (каттик), МПа	2412...6893
9.	Солиштирма иссиқлик сизим, Ж/кг·К	1340...2140
10.	Синиш кўрсаткичи (Na чизиғи)	1,54
11.	Диэлектрик доимийси (25°С ва 1 кГц да)	
	каттик	3,3
	пластификацияланган	2...8
12.	Молекуляр масса	30000...150000
13.	Сув ютиш (24 суткада), %	0,4...0,6
14.	Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти. Вт/м·К	0,162
15.	Мустаҳкамлик чегараси, МПа	
	сиқишда	78...80
	чўзишда	50...60
	эгилишда	80...120
16.	Бринелл бўйича каттиклиги, МПа	150...160
17.	Зарбали ковшоқлик, кЖ/м ²	100...175

3.11. Полимерларнинг турли хоссалари

Полимерларнинг асосий турлари:

- паст босимли полиэтилен (ПЭНД) ёки юқори зичликли полиэтилен;
- юқори босимли полиэтилен (ПЭВД) ёки паст зичликли полиэтилен;
- ўртача босимли полиэтилен (ПЭСД) ёки ўртача зичликли полиэтилен;
- тикилган полиэтилен (РЕХ);
- кўпиртирилган полиэтилен;
- хлорсулфирланган полиэтилен (ХСП);
- ўта юқори молекулали полиэтилен (СВМП).

Паст босимли полиэтилен юқори босимли полимерга қараганда юмшаш температураси ва мўртлиги юқори. Паст босимли полиэтилен намликни ўтказмайди, ёғ ва мойларга бардошли, атроф-муҳитга захарли моддалар чиқармайди, инсон организми учун хавфсиз. У билан ишлаганда алоҳида эҳтиёркорлик чораларини кўриш талаб этилмайди. **Паст босимли полиэтилен** юқори температураларга, турли мойларга ва кимёвий моддалар таъсирига юқори босимли полиэтиленга нисбатан бардошли, лекин буғ ва сувга чидамлилиги пастрок.

Полиэтиленнинг физик ва кимёвий хоссалари

3.14-жадвал

№	Физик хоссалар	Кимёвий хоссалар
1.	Диэлектрик	Ишкорларда эримайди
2.	Зарбага бардош	Кислоталарга нисбатан нейтрал
3.	Газ-буғ ўтказувчанлиги паст	Кислоталарда эримайди
4.	Енгил эрувчан	Азот кислотада, газсимон ва суюқ фтор ҳамда хлорларда парчаланadi
5.	Вакуумда киздиришга бардошли	Спиртлар таъсирига чидамли

6.	Совукка чидамли (-70°C)	Хлорлаш. фторлаш. бромлаш полиэтиленга каучуксимон хоссалар беради, кимёвий ва иссиқлик бардошлигини оширади
7.	Ультратинафша нурлар таъсирида кизиганда деструкцияга мойил	Органик суоқликларда бўкади
8.	Ҳидсиз	Бошқа полиолефинлар ёки кутбланган мономерлар билан сополимерлаш унинг тиниклигини, эластиклигини, адгезион характеристикаларни ва дарз кетишга бардошлигини оширади
9.	Адгезияга мойиллиги юкори бўлгани учун композит материаллар ҳосил қилишда қўлланилади	
10.	Тезда эскиради, лекин махсус қўшимча (амин, фенол, газли қорақуя) лар ёрдамида муддатни кўпайтириш мумкин	

Юкори босимли полиэтилен тузилишининг ўзига хослиги шундаки, унинг зичлиги паст, калта ва узун тармоқлар сони жуда кўп бўлиб, улар макромолекулаларга кристаллик тузилиш ҳосил қилишга йўл қўймайди. Мономерлар орасидаги боғлар суст. Бундай полимерларнинг узилишга қаршилиги кичик ва пластиклиги ҳамда эритмада оқувчанлик юкори. Нисбатан юмшоқ ва эгилувчан полимер.

Юкори босимли полиэтилен экструзия усулида қайта ишланади. Бу усулда олинган пардалар паст температураларда, сиқишда ва чўзишда ҳам етарли даражада мустаҳкам. Ундан ташқари, зарба ва торткилашга чидамли. Юкори босимли полиэтиленнинг юмшаш температураси ~ 100°C. Бу турдаги полимерлар атроф-муҳитга захарли моддалар таркатмайди ва инсон организми учун хавфсиз.

Ўртача босимли полиэтиленнинг зарба ва синдиришларга чидамлилиги яхши, кам тирналади. ва дарз кетмайди. Бу турдаги полимер хоссалари паст босимли полиэтиленникига ўхшайди.

Айрим полимерларнинг хоссалари

3.15-жадвал

№	Кўрсаткич	Полиэтилен	ПВХ (юмшоқ)	ПВХ (каттик)	Полипропилен	Полистирол	Полиуретан	Полиамид-6	АВС
1	Узилишдаги мустаҳкамлик чегараси, МН/м ²	24	16	60	32	55	55	55	50
2	Эгилишдаги мустаҳкамлик чегараси, МН/м ²	37	-	-	44	35	-	27	-
3	Узилишда нисбий чўзилиш, %	350	400	40	350	30	30	250	3
4	Эластиклик коэффиценти, МН/м ²	1000	20	3000	1300	2500	2500	950	2500
5	Зарбали қовушқоқлик, кЖ/м ²	3	-	30	6,5	6,5	6,5	35	12
6	Максимал ишчи температура, °С	80	80	80	110	81	81	120	80
7	Солиштирма қаршилиқ, Ом·см	10 ¹⁵	10 ¹⁰	10 ¹⁷	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ¹⁵	10 ¹⁴
8	Диэлектрик йўқотишлар тангенс бурчаги, Гц	0,001	0,1	0,1	0,0005	0,0004	0,0004	0,2	0,015
9	Электр мустаҳкамлик, В·м	53	30	32	80	>40	>40	35	85
10.	Пўлат бўйича ишқаланиш коэффиценти	0,25 - 0,3	-	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5
11.	Чизикли кенгайиш коэффиценти, 10 ⁻⁶ /°С	200	70	-	160	90	-	85	-

Тикилган полиэтиленнинг молекуляр массаси катта, паст босимли полиэтилендан унинг чизикли молекуласини ионлаштирувчи нурланиш ёки органосилоксан ёки

пероксидлар ёрдамида тикиб макромолекулалар кўндаланг боғлари ҳосил қилинади. Юкори босимда тикилганда, кўшимча кўндаланг боғлар ҳосил қилади. Тикилган полиэтилен мустаҳкам ва иссиқликка чидамли бўлиб, қиздирилганда оқмайди. Ушбу полимер сув таъминоти, труба қувурлари ва иссиқ сув системаларида қўлланилади.

Кўпиртирилган полиэтилен ишлаб чиқариш учун реакцион масса (бутан+пропан) га юкори босимда ишлов берилганда, кўпириш ҳодисаси юзага келади. Бу материалнинг энг асосий хоссаси – унинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентининг кичиклигидир. Шунинг учун, кўпиртирилган полиэтилен иншоот, бино, қурилма ва труба қувурларига иссиқлик копламаси сифатида ишлатилади. Унга турли кўшимчалар киритиб, унинг хоссаларини ўзгартириш мумкин. Ҳар доим суюқлик билан таъсирда бўлган юзаларни ҳимоялаш, юкори товушларни ютиш, материалларнинг ёнувчанлигини пасайтириш учун ушбу полимер қўллаш мақсадга мувофиқ. Ундан ташқари, кўпиртирилган полиэтилен эластик, едиришга чидамли ва узок муддат давомида хизмат қилади. Ҳар хил ҳашарот ва кемирувчилар, замбуруғлар унга зарар етказа олмайди. Маҳсулотнинг айрим турлари -60 дан +180°C температура оралиғида бенуксон эксплуатация қилиниши мумкин. Исталган материал (полимер пардалар, лавсан, қоғоз) лар билан ламинация қилинади. Ушбу полимер 0,5 дан 20 мм қалинликда ишлаб чиқарилади. Асосан, турли конструкцияларда иссиқлик йўқотилишларни камайтиришда кенг қўламда қўлланилади. Масалан, бир томонлама фольга билан ўралган кўпиртирилган полиэтилен радиатор орқасидаги деворга ўрнатилганда, радиатор самарадорлиги 33% га ортади.

Хлорсулфирланган полиэтилен хлорнинг олтингугурт ангидриди билан ўзаро таъсирида ҳосил бўлган каучуксимон полиэтилендир. Ушбу полимер хлорли углеводород ва ароматик эритувчи (кислор, толуол) ларда яхши, ацетонда ёмон, алифатик углеводородларда умуман эримайди. Чумоли кислота, ароматик ва хлорли углеводородлар таъсиридан парчаланadi. Хлорсулфирланган полиэтилен едирилишга ва коррозияга чидамли материаллар, елим ва герметиклар олишда қўлланилади. Ундан ташқари, атмосфера таъсирига ва коррозияга чидамли лок ҳамда бўёқлар ишлаб чиқаришда қўлланилади.

Ўта юкори молекулали полиэтилен – бу мустаҳкамлиги юкори экстремал шароитлар учун мос келадиган полимер. Одатда, у паст босим остида олинади ва полимерланиш даражаси жуда катта. Ушбу полимернинг афзалликлари: совуқлик, зарба ва коррозияга чидамли, абразив таъсирга бардошли, ишқаланиш коэффициенти кичик, физиологик жиҳатдан инерт. Ўта юкори молекулали полиэтилен мустаҳкамлиги юкори иплар ҳосил қилади ва улар ўта мустаҳкам толалар, зарба, мой ва бензинга чидамли резинотехник композицион материаллар, ҳимояловчи полимер копламалар ишлаб чиқаришда ишлатилади. Бу материаллардан ясалган буюм ва маҳсулотларнинг хизмат қилиш муддати аввалгиларига караганда 2 маротаба кўп. Ўта юкори молекулали полиэтилендан зарба юкласида ишлайдиган конструкциялар элемент ва деталлари, кимё ва озик-овқат саноати учун филтр, мато ва ип ҳамда спорт анжомлари ясалади.

Полипропилен – бу ишлаб чиқарилиш ҳажми бўйича иккинчи ўринда турадиган полиолефинлар гуруҳидаги чизикли термопластдир. Бу полимернинг энг муҳим шакли – изотактик полипропилендир. Бу полимернинг тузилишида мономер бирликлар «боши-думига» шаклида қайтарилади, метил гуруҳларнинг ҳаммаси полимер занжирининг бир томонида жойлашади. Шишаланиш температураси 0°C бўлгани учун, бундан паст температураларда полимер мўртдир. Мавжуд полимерлар ичида полипропилен энг енгилдир. Унинг органик эритувчаларга нисбатан чидамлилиги жуда юкори, иссиқликка бардош ва окувчанлиги паст. Полипропилен экструзия усулида олинади, ундан ип ва толалар ишлаб чиқарилади. Ундан гилам, девор копламалари, автомобиль интерьерининг айрим деталлари, кабелларга коплама, труба ва ҳимояловчи копламалар ишлаб чиқаришда ишлатилади.

Полистирол – бу нисбатан арзон каттик полимер. Ушбу полимер аморф бўлиб, занжирлари юкори даражада тармоқланган.

Полистиролнинг физик-кимёвий хоссалари 3.16-жадвалда берилган.

Полистиролнинг физик-механик ва диэлектрик хоссалари

3.16-жадвал

№	Кўрсаткич	Полистирол блокли	Полистирол эмульсияли	Полистирол суспензияли	Полистирол зарбага чидамли
1.	Зичлик, кг/м ³	1050..1080	1080..1100	1050..1080	1060
2.	Хавода юмшаш температураси (Вик бўйича), °С	82	90..95	82	85..95
3.	Чўзилишдаги узилиш кучланиши, МПа	37..42	40..45	45	1825
4.	Сув ютиши (30 суткада), %	0,02	0,03	0,02	0,05
5.	Диэлектрик йўқотишлар тангенс бурчаги (10 ⁶ Гц да)	(3...4)·10 ⁻⁴	(2...3)·10 ⁻⁴	(4...9)·10 ⁻⁴	(3...8)·10 ⁻⁴
6.	Зарбали ковшоқлик, кЖ/м ²	20..22	22	20..30	40..50
7.	Бринелл бўйича мустаҳкамлик, МПа	140...150	140..150	140...160	120..150
8.	Узилишда нисбий чўзилиш, %	1,5..3,0	1,5..3,0	1,5..3,0	12..35
9.	Солиштирама электр каршилиқ, Ом·см				
	юзавий	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ¹⁵
	хажмий	10 ¹⁵	10 ¹⁵	10 ¹⁵	10 ¹⁴

Энг асосий камчиликлари: мўрт, ультрабинафша нурлар таъсирида нотурғун ва ёнувчан. Полистиролни қайта ишлашнинг асосий усулларида бири босим остида куйиш ва иккинчиси экструзия. Полистирол лист ва блоклар кўринишида электр кимё саноатида ҳамда оптик линзалар тайёрлашда ишлатилади. Кўпиртирилган полистирол асосан курилиш саноатида изоляция коплама ҳамда тез тайёрланадиган маҳсулотларни ўраш учун қўлланилади.

Поливинилхлорид – ҳамма винил полимерлар орасида энг кенг кўп ишлатиладиган материал. Ушбу полимер икки хил бўлади: 1) сферик заррачалардан иборат, қисман кристалланадиган материал; 2) аморф заррачалардан иборат материал.

Кимёвий ва иссиқлик турғунлиги ҳамда ёруғлик нурига бардошлиги бошқа полимерларга нисбатан паст. Температура ўсиши билан деструкция жадаллашади ва паст температураларда мўрт бўлиб қолади. 200...300°С температурада деструкция пайтида HCl ажралиб чиқади. Ушбу полимердан трубалар, фитинглар, ойна ва эшик ромлари, кийим, изоляция копламалар, автомобиль деталлари ҳамда турли копламалар тайёрланади. Поливинилхлоридни қайта ишлаш кимёвий ёки механик ишлов бериб амалга оширилиши мумкин. Лекин турли хилдаги поливинилхлорид таркибида хилма-хил кимёвий моддалар борлиги қайта ишлашда маълум кийинчиликлар туғдиради.

Политетрафторэтилен (фторопласт-4, фторлон-4) тетрафторэтиленни полимерлаб олинадиган полимер. Кристаллик фаза ~ 90%, 327°С гача киздирилганда эрийди ва полимер аморф ҳолатга ўтади. Агар совутилса, яна кристалл агрегат ҳолатига келади.

Политетрафторэтиленнинг физик-механик хоссалари 3.17-жадвалда берилган.

Политетрафторэтиленнинг физик-механик хоссалари

3.17-жадвал

№	Кўрсаткич	Фторопласт - 4	Фторопласт - 3
1.	Зичлик, кг/м ³	2150...2240	2090...2160
2.	Кристаллларнинг эриш температураси, °С	327	210
3.	Тобланмаган намуна бузулиш кучланиши, МПа		
	сикишда	10...12	55...60

	эгилишда	14...18	60...80
4.	Узилишдаги нисбий чўзилиш, %	250...500	20...40
5.	Зарбали ковшоклик, кЖ/м ²	100	20...160
6.	Бринелл буйича каттиклик, МПа	30...40	100...130
7.	Эксплуатация температураси, °С	-269...+260	-195...+130
8.	Диэлектрик йўқотишлар тангенс бурчаги (10 ⁶ Гц)	0,0002	0,01
8.	Юзавий солиштирма электр каршилик, Ом	10 ¹⁷	10 ¹⁶
9.	Ҳажмий солиштирма электр каршилик, Ом·см	10 ¹⁵ ...10 ¹⁸	10 ¹⁴⁵ ...10 ¹⁵
10.	Электр мустаҳкамлик (намуна 4 мм), МВ/м	25...27	15
11.	Молекуляр масса	140000...500000	

Политетрафторэтиленнинг молекуляр массаси <10000000 ва унинг кимёвий бардошлиги ҳамма синтетик материаллар, махсус қотишмалар, керамика, олтин ҳамда платиналарниқидан жуда юқори. Барча суюлтирилган ва концентрланган кислоталар, шу жумладан, «царская водка», эритилган ишқорлар ҳамда оксидлар, ҳаттоки юқори температураларда ҳам политетрафторэтиленга таъсир этмайди. Фақат ишқорий металллар, учфторли хлор ва фтор баъзи бир таъсирни жуда юқори температураларда ўткази олади.

Ушбу полимер ҳеч қайси эритувчи ёки пластификаторларда эрмайди, бундан фақат фторланган керосин истисно.

Политетрафторэтиленнинг камчиликлари: қайта ишлаш қийин; совуқ оқувчан; каттиклиги кичик.

Диэлектрик хоссалари яхши бўлгани учун юқори ва ультра юқори частотали қурилма ва кабелларни ҳамда электрон асбобларга босма платоларни ясашда кенг қўламда ишлатилади. Фторопласт копламали сим ва кабеллар электр мотор, трансформатор, радар қурилмалари ҳамда назорат-ўлчов асбобларда ишлатилади.

Кимё саноатида фторопласт-4 трубалар, кистирмалар, салник зичлагичлар, манжет ва бошка зичлаш мосламалари, силфонлар, насос ҳамда фильтр тўсиқлар деталларини ясашда қўлланилади. Ишқаланиш коэффициентини микдорининг кичиклиги фторопласт-4 ни антифрикцион материал сифатида ишлатиш мумкинлигидан далолат беради.

3-боб. Тўйинмаган алифатик углеводородлар полимерлари ва уларнинг ҳосилалари бўйича Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Этилен ва полиэтилен умумий тушунчалари.
2. Полиэтиленни олиш учун хом-ашё ва кимёвий реакциясини келтиринг.
3. Абсорбцион – ректификацион усулда этилен олишнинг технологик схемасини чизинг.
4. Юқори босимда полиэтилен олиш технологияларини келтиринг.
5. Иницирлаш жараёни нима?
6. Занжирнинг ўсиши ва узилишига оид кимёвий реакцияларини ёзинг.
7. Паст босимда полиэтилен олиш технологияларни келтиринг.
8. Ўртача босимда полиэтилен олиш технологияларни келтиринг.
9. Полиэтилентерефталат олиш технологиясини таърифлаб беринг.
10. Полиэтилен молекулаларининг тузилиши ва хоссаларини келтиринг.
11. Полипропилен нима? Уни олиш учун хом-ашё ва кимёвий реакция.
12. Полипропиленни олиш технологик схемаларини чизинг.

13. Полиизобутилен молекулаларининг тузилиши ва хоссаларини келтиринг.
14. Полиизобутилен молекулаларининг тузилиши ва хоссаларини келтиринг.
15. Полистирол ва уни ишлаб чиқариш учун хом-ашё ҳамда технологик схемаларини келтиринг.
16. Поливинилхлорид кимёвий ва структура формуласини ёзинг.
17. Поливинилхлорид олиш технологик схемаларини келтиринг.

2-қисм. ГАЗЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ЖАРАЁН ВА ҚУРИЛМАЛАРИ

4-боб. СУЮҚЛИКЛАР ҲАРАКАТИ, УЛАРНИ УЗАТИШ ВА СИҚИШ

Суюқликларнинг труба қувурлари ва каналларда оқиши, ҳаракатга келтирувчи қуч, яъни босимлар фарқи таъсирида рўй беради. Ушбу қуч насос, компрессорлар, айрим ҳолларда суюқликлар зичлиги ёки сатҳининг фарқи ёрдамида ҳосил қилинади.

Маълум миқдордаги суюқликни зарур тезликда узатиш учун босимлар фарқини аниқлаш керак. Ундан ташқари, узатиш учун керакли энергия миқдори ёки босимлар фарқи маълум бўлса, суюқлик сарфи ва тезлиги топилади. Юқорида кўрсатилганларни амалга ошириш учун гидродинамика қонуниятларини билиш даркор.

Гидродинамикада ташқи ва ички масалалар бўлади. Труба ва каналлар ичидаги суюқликнинг ҳаракати – бу гидродинамиканинг ички масаласидир. Турли жисмлар юзасида суюқликнинг ҳаракати – бу гидродинамиканинг ташқи масаласидир.

4.1. Суюқлик ҳаракатининг асосий характеристикалари

Суюқлик сарфи ва тезлиги. Ўзгармас кўндаланг кесимли трубада суюқлик ҳаракатини кўриб чиқамиз.

Вақт бирлигида кўндаланг кесим орқали оқиб ўтаётган суюқлик миқдорига *суюқлик сарфи* дейилади. Агар суюқлик сарфи m^3/c , $m^3/соат$ ўлчов бирликларида ўлчанса - ҳажмий сарф, кг/с, кг/соат ларда ўлчанса – *массавий сарф* деб ҳисобланади.

Оқим кўндаланг кесимининг турли нуқталарида суюқлик заррачаларининг тезлиги бир хил бўлмайди.

Маълумки, труба ўқи атрофида суюқлик тезлиги максимал, унинг деворига яқинлашган сари минимал қийматга тенг бўлади. Лекин кўпчилик ҳолларда труба кўндаланг кесими орқали оқиб ўтаётган суюқлик тезликларининг тақсимланиш қонуниятлари номаълум ёки уни аниқлаш жуда қийин. Суюқликларнинг ҳақиқий тезлигини ўлчаш жуда мураккаб бўлгани учун, муҳандислик ҳисоблашларда заррачалар ўртача тезлиги ишлатилади. Суюқлик ҳажмий сарфи V (m^3/c) нинг труба кўндаланг кесим юзаси F (m^2) нисбатига *ўртача тезлик* w (m/c) деб номланади:

$$w = \frac{V}{F} \quad (4.1)$$

Бундан ҳажмий сарф,

$$V = w \cdot F \quad (4.2)$$

Массавий сарф G (кг/с) эса, қуйидаги формуладан аниқланади:

$$G = \rho \cdot w \cdot F \quad (4.3)$$

бу ерда ρ – суюқлик зичлиги, $кг/м^3$

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, юқорида келтирилган формулалар исталган шаклдаги кўндаланг кесимли каналлар учун ҳам тўғри келади.

Гидравлик радиус ва эквивалент диаметр. Думалок бўлмаган, исталган шаклдаги кўндаланг кесимли трубалардан суюқлик оқиб ўтганда, асосий чизикли ўлчам сифатида гидравлик радиус ёки эквивалент диаметри қабул қилинади.

Труба ёки канал ичида ҳаракат қилаётган оқим кўндаланг кесим юзасининг пери-

метрига нисбати *гидравлик радиус* r_c (м) деб номланади:

$$r_c = \frac{F}{\Pi} \quad (4.4)$$

бу ерда F – суюклик окими кўндаланг кесим юзаси, m^2 , Π – хўлланган периметр, м

Ички диаметри d , кўндаланг кесим юзаси $F = \pi d^2/4$ ва хўлланган периметри $\Pi = \pi d$ бўлган думалок труба учун гидравлик радиус ушбу формуладан топилади:

$$r_c = \frac{F}{\Pi} = \frac{\pi \cdot d^2/4}{\pi d} = \frac{d}{4} \quad (4.5)$$

Гидравлик радиус орқали ифодаланган *эквивалент диаметр* куйидаги кўринишга эга.

$$d = d_s = 4r_c$$

Агар (4.4) тенгламани инобатга олсак,

$$d_s = \frac{4 \cdot F}{\Pi} \quad (4.6)$$

Томонлари a ва b бўлган тўртбурчак кўндаланг кесимли суюклик билан тўлдирилган каналлар учун гидравлик радиус ушбу тенгламадан аникланади:

$$r_c = \frac{F}{\Pi} = \frac{a \cdot b}{2a + 2b} = \frac{a \cdot b}{2 \cdot (a + b)} \quad (4.7)$$

эквивалент диаметр эса

$$d_s = 4r_c = \frac{4 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (a + b)} = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b} \quad (4.8)$$

Ички диаметри d_u ва ташки диаметри d_T бўлган иккита трубалар ҳосил қилган ҳалқасимон трубалараро бўшлиқнинг кўндаланг кесим юзаси учун эквивалент диаметр куйидаги тенгламадан аниқлаш мумкин:

$$d_s = \frac{4 \cdot F}{\Pi} = \frac{4 \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_T^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_u^2}{4} \right)}{\pi \cdot d_T + \pi \cdot d_u} = \frac{d_T^2 - d_u^2}{d_T + d_u} = d_T - d_u \quad (4.9)$$

Думалок труба учун $d_s = d$.

Турғун ва турғунмас (нотурғун) окимлар. Суюклик ҳаракат конуниятларига қараб турғун ва нотурғун окимлар бўлади.

Суюклик окимининг турғун ҳаракати даврида вақт ўтиши билан суюклик заррачаларининг тезлиги ва бошқа омиллар (босим, зичлик, температура ва ҳоказолар) ўзгармайди ($dw/d\tau=0$, $dp/d\tau=0$ ва ҳоказо), лекин окимда кузатилаётган нуқта ҳолатига боғлиқ:

$$w = f_1(x, y, z); \quad p = f_2(x, y, z); \quad h = f_3(x, y, z) \quad (4.10)$$

бу ерда w – суюклик тезлиги, p – босим, h – оким чуқурлиги

Турғунмас ҳаракат даврида тезлик, босим ва оким чуқурлиги координата ва вақтга боғлиқ бўлади:

$$w = f_1(x, y, z, \tau); \quad p = f_2(x, y, z, \tau); \quad h = f_3(x, y, z, \tau)$$

Оқимларнинг турғун ҳаракати узлуксиз, нотурғун эса даврий жараёнлар учун характерлидир.

Турғун ҳаракат икки хил бўлади: текис ва нотекис.

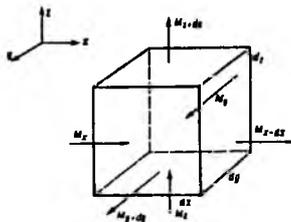
Оқим узунлиги бўйича унинг тезлиги, босими, чуқурлиги ва шакли ўзгармаса, суюкликнинг ҳаракати текис, лекин буларнинг акси бўлса – нотекис ҳаракати содир бўлади.

Оқим ўртасида (ўқида) суюклик ҳаракатининг тезлиги максимал, девор атрофидаги оқимчаларда эса минимал бўлади. Оқимда тезликлар тақсимланиши суюклик ҳаракат режими-ларига боғлиқ.

4.2. Оқимнинг узлуксизлик тенгламаси

Узлуксиз ҳаракат қилаётган шароитда суюклик оқимидаги тезликлар орасидаги боғлиқликни кўриб чиқамиз.

Бунинг учун оқимдан ҳажми $dV = dx, dy, dz$ бўлган элементар параллелепипедни ажратиб оламиз (4.1-расм).



4.1-расм. Суюклик оқимининг узлуксизлик тенгламасини келтириб чиқаришга оид.

x ўқи бўйлаб ҳаракат тезлигининг ташкил қилган w_x деб белгилаймиз. Унда, параллелепипеднинг $dy \cdot dz$ чап томонидан чексиз киска вақт ичида унга қуйидаги миқдорда суюклик киради:

$$M_x = \rho w_x \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau \quad (4.11)$$

бу ерда, ρ – суюклик зичлиги.

Суюклик умуман сиқилмайди деган тахминни қабул қиламиз. Унда, суюклик зичлиги ρ ўзгармас бўлади.

Параллелепипеднинг қарама-қарши томонида

суюкликнинг тезлиги $\frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx$ қийматга фарқ қилади ва қуйидагига тенг бўлади:

$$w_x + \frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx$$

Ўнг томондан $d\tau$ вақт ичида оқиб чиққан суюклик миқдори қуйидагига тенг:

$$M_{x+dx} = \rho \left(w_x + \frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx \right) \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau$$

Параллелепипедда ортиб бораётган масса миқдори

$$dM_x = M_x - M_{x+dx} = -\rho \frac{\partial w_x}{\partial x} \cdot dx \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau$$

га тенг бўлади.

y ва z ўқлари бўйлаб, суюклик массасининг ўзгариши қуйидагига тенг бўлади:

$$dM_y = -\rho \frac{\partial w_y}{\partial y} \cdot dy \cdot dx \cdot dz \cdot d\tau$$

(4.12)

$$dM_z = -\rho \frac{\partial w_z}{\partial z} \cdot dz \cdot dx \cdot dy \cdot d\tau$$

Параллелепипедда $d\tau$ вақт бирлиги ичида суюқлик массаси умумий микдорининг ўзгариши координата ўқлари бўйлаб, унинг ўзгаришлари йиғиндисига тенг:

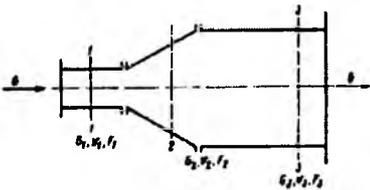
$$dM = dM_x + dM_y + dM_z = -\rho \cdot \left(\frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{\partial w_z}{\partial z} \right) \cdot dx \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau$$

Агар $\rho = \text{const}$ бўлганда, параллелепипед ичидаги суюқлик массаси ўзгармас бўлиши керак. Демак, массанинг умумий ўзгариши $dM=0$ ёки

$$\frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{\partial w_z}{\partial z} = 0 \quad (4.13)$$

ёки $\text{div} \mathbf{w} = 0$, бу ерда $\frac{\partial w_x}{\partial x}, \frac{\partial w_y}{\partial y}, \frac{\partial w_z}{\partial z}$ — x, y, z ўқлари йўналишида тезликларнинг ўзгариши. Ушбу тенглама сикилмайдиган суюқлик оқими узлуксизлигининг дифференциал тенгламаси.

(4.13) тенгламани интеграллагандан кейин, суюқликнинг тургун ҳаракати пайтида труба қувурининг ҳар бир қўндаланг кесимидан вақт бирлигида бир хил микдорда суюқлик оқиб ўтади (4.2-расм).



4.2-расм. Суюқлик оқимининг узлуксизлик тенгламасини келтириб чиқаришга оид.

$$G_1 = G_2 = G_3 = \dots = \text{const} \quad (4.14)$$

бу ерда, G — массавий сарф, кг/с, $G = \rho w F$.

Томчили, сикилмайдиган суюқликлар учун $\rho = \text{const}$ бўлгани учун (4.14) тенглама ушбу кўринишни олади:

$$w_1 F_1 = w_2 F_2 = w_3 F_3 = \text{const} \quad (4.15)$$

(4.15) тенгламадан кўришиб турибдики, томчили суюқлик ҳаракатининг тезлиги труба-нинг қўндаланг кесим юзасига тескари пропорционалдир:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{F_2}{F_1}$$

Шундай қилиб, (4.15) тенглама **масса сақланиш қонунининг** хусусий ҳоли бўлиб, **суюқлик оқимининг моддий балансини** ифодалайди.

Агар суюқлик таркибида ҳаво ёки сув буғи, ёки ҳаво бўшлиқлари пайдо бўлса, оқим узлуксизлиги бузилади.

4.3. Суюқлик ҳаракатининг Эйлер дифференциал тенгламаси

Оқимнинг исталган нуктасида суюқлик ҳаракатининг тезлиги ва босим орасидаги боғлиқликни Л. Эйлернинг ҳаракат тенгламаси ёрдамида ифодалаш мумкин.

Ушбу тенгламани келтириб чиқариш учун тургун ҳаракат қилаётган идеал суюқлик оқимидан $dV = dx dy dz$ ҳажмли элементар параллелепипед ажратиб оламиз (4.1-расм).

Параллелепипедга таъсир этувчи оғирлик ва босим кучларининг координат ўқларидаги проекциялари куйидагича бўлади:

$$x \text{ ўкига} \quad -\frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz$$

$$y \text{ ўкига} \quad -\frac{\partial p}{\partial y} dx dy dz$$

$$z \text{ ўкига} \quad -\frac{\partial p}{\partial z} dx dy dz$$

Динамиканинг асосий принципига биноан, ҳаракатдаги элементар суюклик ҳажмига таъсир этувчи ҳамма кучлар проекцияларининг йиғиндиси суюклик массасини унинг тезланиши кўпайтмасига тенг.

Параллелепипед ҳажмидаги суюклик массаси:

$$dm = \rho dx dy dz$$

Агар элементар заррача тезлиги w , унинг тезланиши $dw/d\tau$ бўлса, тезланишнинг координатлар ўқидаги проекциялари куйидагича бўлади:

$$\frac{dw_x}{d\tau}; \quad \frac{dw_y}{d\tau}; \quad \frac{dw_z}{d\tau}.$$

бу ерда, w_x, w_y, w_z — x, y, z ўқлардаги тезликлар.

Координата ўқларига нисбатан тезланишнинг проекциялари $\partial w_x/d\tau, \partial w_y/d\tau$ ва $\partial w_z/d\tau$ бўлади.

Суюклик оқими турғун ҳаракат қилаётгани сабабли $\partial w_x/d\tau = 0; \partial w_y/d\tau = 0; \partial w_z/d\tau = 0$.

Бунда тезликнинг вақт ўтиши билан ўзгариши, фазода олинган нукта тезлигининг ўзгаришини эмас, балки суюклик элементар заррачасининг фазода бир нуктадан иккинчисига ўтганда x, y ва z ўқларга мос келадиган тезлик микдори w_x, w_y ва w_z ларнинг ўзгаришини кўрсатади. Динамиканинг асосий принципига биноан:

$$\rho dx dy dz \frac{dw_x}{d\tau} = -\frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz$$

$$\rho dx dy dz \frac{dw_y}{d\tau} = -\frac{\partial p}{\partial y} dx dy dz$$

$$\rho dx dy dz \frac{dw_z}{d\tau} = -\left(\rho g + \frac{\partial p}{\partial z}\right) dx dy dz$$

Қискартиришлардан сўнг эса, ушбу тенгламалар системасини оламир:

$$\left. \begin{aligned} \rho \frac{dw_x}{d\tau} &= -\frac{\partial p}{\partial x} \\ \rho \frac{dw_y}{d\tau} &= -\frac{\partial p}{\partial y} \\ \rho \frac{dw_z}{d\tau} &= -\rho g - \frac{\partial p}{\partial z} \end{aligned} \right\} \quad (4.16)$$

Бу тенгламалар системаси тургун окимлар учун идеал суюкликлар ҳаракатини ифодаловчи Эйлернинг дифференциал тенгламаси.

4.4. Ҳақиқий суюклик окими учун Бернулли тенгламаси

Тургун окимлар учун Эйлернинг дифференциал тенгламалар системасини ечиш гидродинамикада катта аҳамиятга эга ва жуда кўп ишлатиладиган Бернулли тенгламасини олиш имконини беради.

Агар (4.16) тенгламалар системасининг чап ва ўнг томонларини dx , dy , dz ларга кўпайтириб ва суюклик зичлиги ρ га бўлсак, ушбу ифодаларни оламиз:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{d\tau} \cdot dw_x &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} dx \\ \frac{dy}{d\tau} \cdot dw_y &= -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} dy \\ \frac{dz}{d\tau} \cdot dw_z &= -gdz - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} dz \end{aligned} \quad (4.17)$$

(4.17) тенгламалар системасидаги $dx/d\tau$, $dy/d\tau$ ва $dz/d\tau$ нисбатлар тегишли координата ўқларидаги w_x , w_y ва w_z тезликларнинг ўзгаришини ифодалайди. Ушбу нисбатларни тезлик орқали ифодалаб, ўз ўрнига кўйсак:

$$w_x dw_x + w_y dw_y + w_z dw_z = -gdz - \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz \right)$$

Тенгламанинг чап томонидаги кўшилувчилар қуйидаги кўринишда ифодаланиши мумкин:

$$w_x dw_x = d\left(\frac{w_x^2}{2}\right); \quad w_y dw_y = d\left(\frac{w_y^2}{2}\right); \quad w_z dw_z = d\left(\frac{w_z^2}{2}\right).$$

Уларнинг йиғиндиси эса,

$$d\left(\frac{w_x^2}{2}\right) + d\left(\frac{w_y^2}{2}\right) + d\left(\frac{w_z^2}{2}\right) = d \cdot \left(\frac{w_x^2 + w_y^2 + w_z^2}{2} \right) = d\left(\frac{w^2}{2}\right)$$

бу ерда, $w = |w|$ – тезлик векторининг катталиги бўлиб, w_x , w_y ва w_z ўқлари учун ўз қийматиغا эга.

Тенгламанинг ўнг томонидаги ифода босимнинг тўла дифференциали dp га тенг. Тургун окимлар учун босим фазодаги нукта ҳолатига боғлиқ бўлиб, исталган нукта учун вақт бирлигида ўзгармайди.

Демак,

$$d\left(\frac{w^2}{2}\right) = -\frac{dp}{\rho} - g dz$$

Ушбу тенгламанинг иккала томонини эркин тушиш тезланиши g га бўлсак ва ҳамма ифодаларни чап томонга ўтказсак, куйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$d\left(\frac{w^2}{2g}\right) + \frac{dp}{\rho g} + dz = 0 \quad (4.18)$$

Бир жинсли, сикилмайдиган суюкликлар учун $\rho = \text{const}$.

Тенгламадаги дифференциаллар йиғиндисини йиғиндилар дифференциали билан алмаштирилиши мумкин, яъни:

$$d\left(z + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g}\right) = 0$$

бу ерда

$$z + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{w^2}{2g} = \text{const} \quad (4.19)$$

Ушбу кўринишдаги ифода идеал суюкликлар учун *Бернулли тенгламаси* дейилади. $\left(z + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g}\right)$ катталиқка *тўлиқ гидродинамик напор* ёки *гидродинамик напор* деб номланади.

Бернулли тенгламасига биноан, идеал суюкликларнинг турғун ҳаракатида геометрик, статик ва динамик напорлар йиғиндиси умумий гидродинамик напорга тенг бўлиб, оқим бир трубадан иккинчисига ўтганда ҳам ўзгармайди.

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} \quad (4.20)$$

Бернулли тенгламаси *энергия сақланиш қонунининг* хусусий ҳоли бўлиб, *оқимнинг энергетик балансини характерлайди*. z – нивелир баландлик ёки геометрик напор (h_z, m) деб аталади ва нукта ҳолатининг солиштирма потенциал энергиясини ифодалайди. $\frac{p}{\rho g}$ – босим напори ёки пьезометрик напор (h_c, m) деб номланади ва босимнинг солиштирма потенциал энергиясини ифодалайди.

$\left(z + \frac{p}{\rho g}\right)$ йиғинди тўлиқ гидростатик ёки статик напор (h_{cm}, m) дейилади ва ушбу

нуктадаги тўлиқ солиштирма потенциал энергияни ифодалайди. $\frac{w^2}{2g}$ – тезлик ёки динамик напор (h_d, m) деб номланади ва ушбу нуктадаги солиштирма кинетик энергияни характерлайди. Демак, турғун характердаги суюклик учун потенциал $\left(z + \frac{p}{\rho g}\right)$ ва кинетик

$\left(\frac{w^2}{2g}\right)$ энергиялар йиғиндиси оқимнинг исталган кўндаланг кесимида ўзгармас қийматга эга.

Маълумки, ҳақиқий (реал) суюкликларда ички ишқаланиш кучлари мавжуд бўлиб, улар труба ёки каналларда ҳаракат қилганда, бир қисм напор бу кучни енгшига сарф эти-

лади.

Ҳақиқий суюкликлар учун Бернулли тенгламаси ушбу кўринишда ёзилади:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_u \quad (4.21)$$

ёки

$$h_z + h_c + h_x + h_u = H$$

бу ерда, h_u – ишқаланиш кучини энгиш учун сарфланган напор

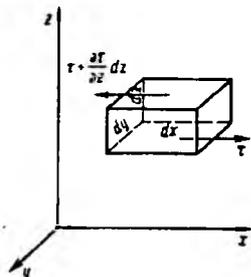
Агар суюклик горизонтал трубада ҳаракат қилаётган бўлса, унда геометрик напор нолга тенг бўлади, яъни $h_z=0$. Унда

$$h_u + h_c + h_x = H \quad (4.22)$$

Шундай қилиб, Бернулли тенгламаси энергия сакланиш конунининг хусусий ҳоли бўлиб, окимнинг энергетик балансини ифодалайди.

4.5. Суюклик ҳаракатининг Навье-Стокс дифференциал тенгламаси

Суюклик окими ҳаракатининг Навье-Стокс дифференциал тенгламаси 1845 йили келтириб чиқарилган.



4.3-расм. Навье-Стокс тенгламасига оид.

Бу тенгламани келтириб чиқариш учун қуйидаги тахминлар қабул қилинади: суюклик сикилмайди ва кенгаймайди.

Қовушок, ҳақиқий (реал) суюкликлар ҳаракатида оким заррачаларига оғирлик ва гидростатик кучлардан ташқари, ишқаланиш кучлар таъсирини топиш учун ҳаракатдаги ҳақиқий суюклик окимида чексиз кичик параллелепипед шаклидаги элементар заррача ажратиб оламиз (4.3-расм). Ишқаланиш кучлари параллелепипеднинг устки ва пастки томонлари $dF = dx \cdot dy$ юзаларига уринма бўйлаб, таъсир этмоқда.

Агар параллелепипед пастки томонида уринма бўйлаб кучланиш τ бўлса, устки томонида эса:

$$\tau + \frac{\partial \tau}{\partial z} dz$$

бу ерда $\frac{\partial \tau}{\partial z} dz$ – параллелепипед z ўқидаги пастки томон уринма кучланишининг ўзгаришини ифодалайди.

x ўқига таъсир этувчи ишқаланиш кучларининг проекцияси қуйидагига тенг бўлади:

$$\tau dx dy - \left(\tau + \frac{\partial \tau}{\partial z} dz \right) dx dy = - \frac{\partial \tau}{\partial z} dx dy dz$$

Ушбу тенгламага уринма кучланиши $\tau = \mu \frac{\partial w_x}{\partial z}$ ни қўйсак, қуйидагича кўринишга

эга бўламиз:

$$\mu \frac{\partial \left(\frac{\partial w_x}{\partial z} \right)}{\partial z} dx dy dz = \mu \frac{\partial^2 w_x}{\partial z^2} dx dy dz$$

Умумий ҳолатда, агар уч ўлчовли оким w_x тезлигининг ташкил этувчиси факат z ўқи йўналишида эмас, балки координатанинг ҳамма уч ўқи йўналишида ўзгаради. Унда x ўқига бир хил таъсир этувчи ишқаланиш кучларининг проекцияси ушбу кўринишда бўлади:

$$\mu \left(\frac{\partial^2 w_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w_x}{\partial z^2} \right) dx dy dz$$

Координата ўқлари бўйлаб иккинчи ҳосилалар йиғиндиси *Лаплас оператори* деб номланади:

$$\frac{\partial^2 w_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w_x}{\partial z^2} = \nabla^2 w_x \quad (4.23)$$

Чексиз кичик элементар параллелепипед шаклидаги заррачага таъсир этувчи оғирлик, гидростатик ва ишқаланиш кучлари проекцияларининг йиғиндиси динамиканинг асосий принцинга биноан куйидагига тенг:

$$\left. \begin{aligned} \rho \frac{dw_x}{d\tau} &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \nabla^2 w_x \\ \rho \frac{dw_y}{d\tau} &= -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \nabla^2 w_y \\ \rho \frac{dw_z}{d\tau} &= -\rho g - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \nabla^2 w_z \end{aligned} \right\} \quad (4.24)$$

(4.24) тенгламалар системасида ρg – оғирлик кучи, $\partial p / \partial x$, $\partial p / \partial y$, $\partial p / \partial z$ – гидростатик босим ўзгариши Лаплас операторини μ га кўпайтмаси – ишқаланиш кучларининг суюклик окимига таъсирини характерлайди. Тенгламалар системасининг чап томонлари инерция кучларининг таъсирини ифодалайди.

Келтириб чиқарилган (4.24) тенгламалар системаси трубада оқётган ҳақиқий суюклик окимининг турғун ҳаракатини ифодаловчи Эйлер дифференциал тенгламаси дейилади.

(4.24) даги $\mu = 0$ бўлганда, идеал суюклик окимларининг турғун ҳаракатини ифодаловчи Эйлернинг дифференциал тенгламасини олиш мумкин.

Ҳақиқий суюклик ҳаракатини тўла ифодалаш учун тенгламалар системасини келтириб чиқаришда суюкликнинг сикилувчанлиги ва температура таъсирида кенгайишини ҳамда окимнинг узлуксизлигини ҳисобга олиш зарур.

Лекин математик ифода мураккаблиги учун умумий кўринишдаги Навье-Стокс дифференциал тенгламалар системасини ечиш кийин. Шунинг учун ушбу тенгламалар системаси айрим хусусий ҳоллар учунгина ечилган. Бунинг учун, бу дифференциал тенгламалардан ўхшашлик назарияси асосида бир қатор ўхшашлик критерийлари келтириб чиқарилади. Олинган критерийлар жараёнларни ҳисоблашда ишлатилади.

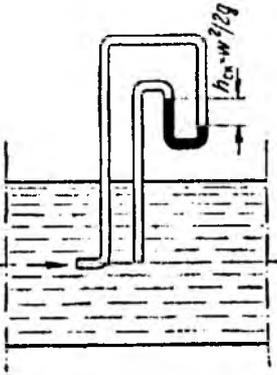
4.6. Бернулли тенгламасининг амалий қўлланилиши

Кимё ва нефть-газни қайта ишлаш саноатларида суюкликлар тезлиги, сарфи ва тешиклардан оқиб чиқишини аниқлашда Бернулли тенгламасидан кенг қўламда фойдаланилади.

Суюклик тезлиги ва сарфини ўлчаш принциплари. Саноатда ва илмий тадқиқотларда суюклик тезлиги ва сарфини ўлчаш учун дроссел асбоблар ва пневмометрик труба-лар ишлатилади.

Пито-Прандтл пневмометрик трубкасининг тузилиши 4.4-расмда кўрсатилган.

Трубкаларнинг ҳар бир қўндаланг кесимида суюклик сатҳларининг фарқи, унинг ўқидаги нуктанинг тезлик напори h_t ни ифодалайди. Трубкалардаги ишчи суюклик сатҳларини U -симон дифференциал манометр ёрдамида ўлчаш қулай. U -симон дифманометр ичидаги суюклик ишчи суюклик билан аралашмайди ва унинг зичлиги ишчи суюкликниқидан анча катта бўлади.



4.4-расм. Пито-Прандтл пневмометрик трубка ёрдамида суюклик тезлигини ўлчаш.

Агар трубадаги суюклик бирор тезликка эга бўлса, U -симон дифманометрда суюклик h баландликка кўтарилиши динамик напорни кўрсатади, яъни

$$h_0 = \frac{w^2}{2g}$$

Динамик напор қийматидан тезликни топиш мумкин:

$$w = \sqrt{2gh} \quad (4.25)$$

Пито-Прандтл трубкасининг окими йўналишида бўлиши, суюклик тезлигининг умумий тақсимланишига таъсир этади. Шунинг учун формулага тегишли тузатиш коэффициенти киритилади:

$$w = \alpha \sqrt{2gh} \quad (4.26)$$

Формуладаги α сарф коэффициентининг қиймати ҳар бир ўлчов асбоби ва пневмометрик трубкалар учун тажриба йўли билан аниқланади. Унинг қиймати Рейнольдс критериси ва дроссель асбоби диаметри d_0 нинг труба диаметри d_1 нисбатига боғлиқдир:

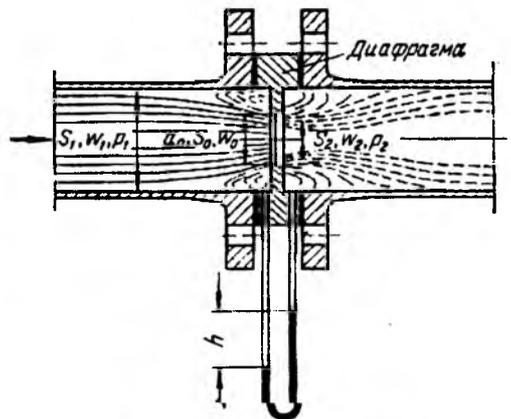
$$\alpha = f\left(\text{Re}, \frac{d_0}{d_1}\right)$$

Суюклик сарфи эса секундли сарф тенгламасидан топилади:

$$V = wF$$

Бу усулда суюклик тезлиги ва сарфини аниқлаш осон, лекин пневмометрик трубкани труба қувурининг ўқида ўрнатиш қийинлиги учун юқори аниқликка эришиб бўлмайди.

Шунинг учун мамлакат иқтисодиётининг турли соҳаларида суюклик ва тезликни ўлчаш учун дроссель асбоблар қўлланилади.



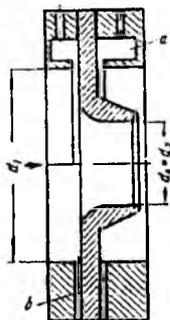
4.5-расм. Ўлчов диафрагмаси.

Бу асбобларнинг ишлаш принципи труба кўндаланг кесимининг ўзгариши билан динамик босимлар фарқи ўзгаришига асосланган. Дроссель асбоблар сифатида ўлчов диафрагмаси, соплоси ва Вентури трубалари ишлатилиши мумкин.

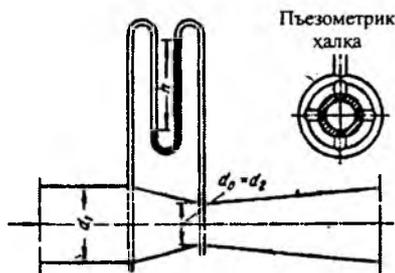
Ўлчов диафрагмаси юпка дискдан ясалди ва ўртасида думалок кўндаланг кесимли тешик бўлади (4.5-расм).

Ўлчов соплоси насадка бўлиб, кириш қисми аста-секин торайиб ва чиқиш қисми цилиндрик шаклга эга. *U*-симон дифференциал манометр ҳалқасимон *a* ёки *b* каналларга уланади (4.6-расм).

Вентури трубасида ўлчовчи диафрагма ва соплоларга нисбатан напор ва босимнинг йўқотилиши кам бўлади (4.7-расм). Бунга сабаб, Вентури трубасида диаметр *d* аста-секин торайиб, кейин эса аста-секин кенгайиб, дастлабки ҳолати *d* ўлчамига қайтишдир. Лекин бу асбобнинг камчилиги шундаки, унинг узунлиги жуда катта. Бу эса, унинг саноатда кенг қўлланилишини маълум миқдорда чеклайди.



4.6-расм. Ўлчов соплоси.



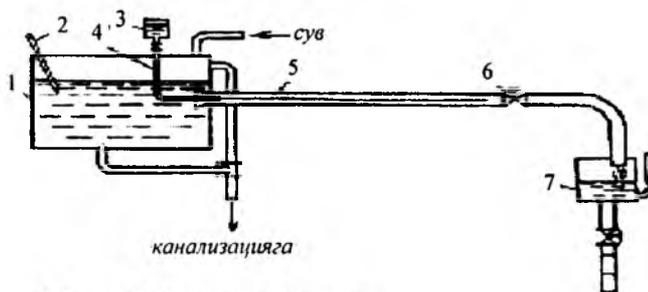
4.7-расм. Вентури трубаси.

4.7. Суюқлик ҳаракати режимлари

Суюқлик ҳаракати режимлари биринчи бор тажриба қурилмасида 1883 йили инглиз олими Рейнольдс томонидан ўрганилган (4.8-расм).

Суюқликнинг бак 1 дан оқиб чиқиши ўзгармас напорда содир бўлади. Суюқлик сарфи эса, кран 6 ёрдамида ростланади ва ўлчов идиши 7 да унинг миқдори аниқланади. Труба 5 нинг ўқи бўйлаб капилляр трубка 4 ўрнатилади ва у орқали рангли суюқлик узатилади.

Тажриба пайтида труба 5 га асосий суюқлик билан бирга рангли суюқлик юборилади. Труба 5 ичида тезликлар кичик бўлганда, рангли суюқлик оқимчаси оқим ўқи бўйлаб ингичка чизиқ бўлиб чўзилади ва бир текис ҳаракат қилаётганини кўрамиз. Агар, труба кўндаланг кесимининг турли жойларига ўрнатилган капилляр найчалардан асосий оқимга



4.8-расм. Рейнольдс қурилмаси.

1-бак; 2-термометр; 3-рангли модда учун идиш;
4-капилляр труба; 5-труба; 6-кран; 7-йиғич.

рангли суюклик юборсак, бир-бири билан йўналишлари кесишмайдиган окимчаларни кузатамиз. Труба ичида суюклик окимчаларининг параллел йўналиш бўйлаб, яъни техникада *ламинар режим* деб номланувчи, суюкликнинг окимчали ҳаракати содир бўлади.

Окимда тезликлар тақсимланиши парабола шаклидаги эгри чизик билан ифодаланади. Бунда, максимал тезлик окимнинг ўқида бўлади, минимал тезлик эса труба девори яқинидаги қатламларга тўғри келади. Труба деворига ёпишиб турган юпка суюклик қатлами – *чегаравий қатлам* деб номланади.

Агар суюклик тезлигини янада оширсак, рангли суюклик тўлқинсимон ҳаракатланиб бутун суюклик окимига аралашиб, кўринмай кетади. Бунга сабаб, окимнинг айрим заррачалари нафақат труба ўқи бўйлаб горизонтал, чизикли ҳаракат қилади, балки суюклик заррачалари бир-бири билан аралашиб, кўндаланг йўналишда тартибсиз ҳаракатланади. Натижада бутун суюклик массаси индикатор рангига бўялади. Суюкликнинг бундай тўлқинсимон, тартибсиз ҳаракати *турбулент режим* деб аталади. Окимда тезликлар тақсимланиш чўққиси кенг, параболасимон чизик билан ифодаланади.

Инглиз физик-олими Рейнольдс тажрибаларда суюклик тезлиги, ковшоклиги, зичлиги ва труба диаметрини ўзгартирди. Тажрибалар таҳлили асосида олим куйидагича хулосага келди: суюклик окимининг ламинар режимдан турбулент режимга ўтиши суюклик массавий тезлиги ρw , труба диаметрига тўғри ва суюклик ковшоклиги μ га тесқари пропорционалдир. Олим томонидан тақлиф этилган ўлчамсиз комплекс Рейнольдс критерийси деб юритилади.

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{wd}{\nu} \quad (4.27)$$

бу ерда, $\nu = \mu/\rho$ – кинематик ковшоклик, м²/с.

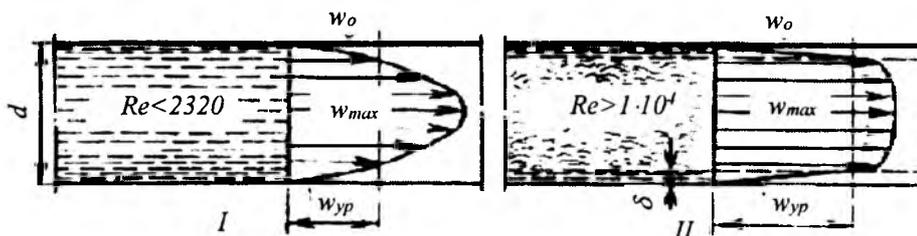
Рейнольдс критерийсининг сон қийматларига қараб, суюклик ҳаракат режими аниқланади. Ундан ташқари, ушбу критерий ковшоклик ва инерция кучларининг ўзаро нисбатини характерлайди. Бир хил труба диаметри ва суюклик тезлигида, юқори зичлик ва кичик ковшокликка эга суюкликлар турбулент режимга тезроқ чиқади. Ламинар режимдан турбулент режимга ўтиш Рейнольдс критерийсининг критик қийматларида содир бўлади.

Текис трубаларда суюклик окими ҳаракати учун $Re_{кр} = 2320$. Агар $Re < 2320$ бўлса, тургун ламинар режим бўлади. Агар $2320 < Re < 10000$ бўлса, суюклик ҳаракати ўтиш режимида тўғри келади.

Суюклик окимининг нотургун ҳаракатини ўтиш режими характерлайди. Бу режимда икки ҳаракат тури бир вақтнинг ўзида содир бўлиши ёки биридан иккинчисига осон ўтиши мумкин.

$Re > 10000$ бўлса, тургун турбулент режими бўлади.

Ламинар ва турбулент режимларда труба кесимида тезликларнинг тақсимланиши 4.9-расмда кўрсатилган.



4.9-расм. Ламинар (I) ва турбулент (II) ҳаракат режимларида труба кесимида тезликларнинг тақсимланиши.

Ньютоннинг ички ишқаланиш қонунига бўйсунмайдиган суюкликлар ҳаракатини

модификациялашган Рейнольдс критерийси характерлайди:

$$Re^* = \frac{d^n \cdot w^{2-n} \cdot \rho}{8^{n-1} k} \quad (4.28)$$

бу ерда, n -- оқим индекси, k -- консистентлик кўрсаткичи

4.8. Ламинар ҳаракат конунлари

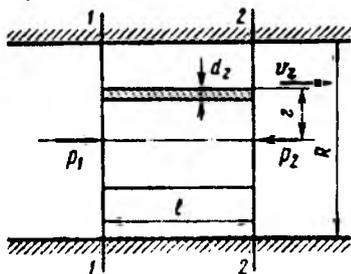
Оқимчали ҳаракат гипотезасидан келиб чиққан ҳолда, шуни таъкидлаш мумкинки, қатламлар орасидаги ишқаланиш кучлари таъсирида ҳар бир қатламдаги суюқлик заррачасининг тезлиги аввалгидан фарк қилади.

Суюқлик қатламлари орасида уринма кучланишлар бўлгани учун ишқаланиш кучлари ҳосил бўлади. Ньютон қонунига биноан:

$$\tau = \pm \mu \frac{dw_r}{dr} \quad (4.28a)$$

Труба деворида уринма кучланиш максимал ва оқим ўқида минимал қийматга эга. Демак, труба деворидан суюқлик оқимчаси қанчалик узоқда бўлса, унинг тезлиги шунча қатта бўлади ва максимал қиймати оқим ўқида тўғри келади (4.9-расм).

Суюқлик оқимида тезликлар тақсимланиш қонунини аниқлаш учун оқим ўқидан r масофада жойлашган, узунлиги l ва қалинлиги dr бўлган элементлар цилиндр шаклидаги суюқлик бўлакчасини ажратиб оламиз (4.10-расм).



4.10-расм. Тезликлар тақсимланиш қонунига келтириб чиқаришга оид.

Суюқлик турғун ҳаракатида жараёни ҳаракатга келтирувчи кучи $\Delta P = P_1 - P_2$ бутунлай ички ишқаланиш қаршилиги T ни енгишга сарфланади:

$$P_1 - P_2 = T$$

лекин

$$P_1 - P_2 = (p_1 - p_2) \pi r^2$$

бу ерда p_1 ва p_2 — 1-1 ва 2-2 қесимлардаги гидростатик босим.

Юқорида келтирилган тенгламага биноан ишқаланиш кучи қуйидагига тенг:

$$T = -\mu F \frac{dw_r}{dr}$$

бу ерда, F — элементар цилиндр шаклидаги суюқликнинг ташқи юзаси $F = 2\pi r l$.

Унда

$$(p_1 - p_2) \pi r^2 = -\mu 2\pi r l \frac{dw_r}{dr}$$

Ўзгарувчиларни бўлиш ва тегишли қисқартиришлардан сўнг ушбу қўринишга эга бўламиз:

$$\frac{p_1 - p_2}{2\mu l} r dr = -dw_r$$

Бу тенгламани интегралласак

$$\int_r^R \frac{p_1 - p_2}{2\mu l} r dr = - \int_{w_r}^0 dw_r$$

Труба девори атрофида тезлик $w = 0$ эканлигини инобатга олсак, $r = R$ бўлади. Интеграллашдан сўнг куйидаги тенгламани оламиз

$$\frac{p_1 - p_2}{2\mu l} \left(\frac{R^2}{2} - \frac{r^2}{2} \right) = w_r$$

бу ерда, R – труба радиуси.

Охириги олинган тенгламадан тезликни аниқласа бўлади:

$$w_r = \frac{p_1 - p_2}{4\mu l} (R^2 - r^2) \quad (4.29)$$

Труба ўқидаги ($r = 0$) максимал тезлик ушбу тенгламадан топилади:

$$w_{\max} = \frac{p_1 - p_2}{4\mu l} \cdot R^2 \quad (4.30)$$

(4.29) тенгламани (4.30) га бўлиб, куйидаги кўринишга эришамиз:

$$w_r = w_{\max} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right) \quad (4.31)$$

Ушбу тенглама Стокс қонуни бўлиб, трубада ламинар режимда ҳаракатланаётган суюқлик қатламларида тезликларнинг параболик тақсимланишини ифодалайди.

(4.29) тенглама ёрдамида Стокс ламинар режимидаги суюқлик сарфини аниқлаш мумкин. Бунинг учун оқим ўқидан r масофа жойлашган, dr кенгликдаги элементар ҳалқасимон кесимдан суюқликнинг оқиб ўтишини кўриб чиқамиз.

Ҳалқасимон кесим юзаси $df = 2\pi r dr$ га тенг.

Ушбу кўндаланг кесимдан оқим ўтаётган суюқликнинг тезлиги w_r бўлса, унинг сарфи куйидагига тенг бўлади:

$$dV_{\text{сек}} = w_r df = 2\pi w_r \cdot r dr \quad (4.32)$$

Тезлик w_r ни (4.29) тенглама орқали ифодалаб (4.32) кўйсак,

$$dV_{\text{сек}} = \frac{p_1 - p_2}{4\mu l} (R^2 - r^2) 2\pi r dr \quad (4.33)$$

Интеграллашдан сўнг ушбу кўринишга эга бўламиз:

$$V_{\text{сек}} = \frac{p_1 - p_2}{8\mu l} \cdot \pi \cdot R^4 \quad (4.34)$$

ёки

$$V_{\text{сек}} = \frac{\pi d^4 \cdot \Delta p}{128\mu l} \quad (4.35)$$

бу ерда, d – труба диаметри.

(4.35) тенглама цилиндрик трубадаги суюқлик сарф учун *Пуазейль тенгламаси* деб номланади.

Маълумки, суюқлик сарфини трубадаги суюқликнинг ўртача тезлиги орқали аниқлаш мумкин:

$$V_{\text{сек}} = \pi R^2 \cdot w_{\text{орт}} \quad (4.36)$$

(4.34) ва (4.36) тенгламаларни солиштириб, ушбу тенгламани оламиз:

$$w_{\text{ур}} = \frac{P_1 - P_2}{8\mu l} \cdot R^2 \quad (4.37)$$

Агар (4.30) тенгламани ҳам ҳисобга олсак:

$$w_{\text{ур}} = \frac{w_{\text{max}}}{2} \quad (4.38)$$

4.9. Турбулент ҳаракат режими

Саноат суюқликларида суюқликлар турбулент ҳаракати жуда кенг тарқалган. Турбулент режимда заррачаларнинг хаотик, тартибсиз ҳаракати туфайли оқимнинг асосий қисмида тезликлар анча текисланади (4.9-расм).

Тажрибалар шуни кўрсатдики, турбулент режимда суюқликнинг ўртача тезлиги $w_{\text{ур}}$ ламинар режимдаги каби максимал тезликнинг ярмига тенг бўлмай, ундан анча катта бўлади, яъни Рейнольдс сонининг функцияси $w/w_{\text{max}}=f(Re)$. Масалан, $Re=10^4$ бўлса $w_{\text{ур}} \approx 0,8 \cdot w_{\text{max}}$, $Re=10^5$ да $w_{\text{ур}} \approx 0,9 \cdot w_{\text{max}}$.

Лекин шуни алоҳида таъкидлаш керакки, турбулент режим ўта мураккаб характерли бўлгани учун, назарий усул билан суюқлик тезликларининг тақсимланиш қўламини аниқлаш қийин. Бунга сабаб суюқлик заррачаларининг тартибсиз ҳаракати ва уларнинг интенсив араштиришидир. Оқибатда, суюқлик айрим заррачалари тезлигининг йўналиши ва катталикларининг локал ўзгаришлари жуда тез содир бўлади. Бундай флуктуациялар хаотик характерга эга.

Оқимнинг исталган нуқтаси учун ҳақиқий оний тезлик w_x вақт τ га боғлиқлигини ҳам 4.9-расмда кўриш мумкин. Турбулент режимда тезлик қандайдир ўртача тезлик атрофида пульсация қилиб туради. Ушбу нуқта учун ўртача тезлик \bar{w}_x қуйидаги ифодадан топилди:

$$\bar{w}_x = \frac{\int_0^{\tau} w_x d\tau}{\tau} \quad (4.39)$$

бу ерда, w_x – x ўқи бўйлаб суюқлик заррачасининг оний тезлиги.

Турбулент режим ҳар доим ламинар режим билан баробар юз беради.

Назарий ва тажрибавий изланишлар шуни кўрсатдики, турбулент режимдаги ҳаракатни оқим ядроси ва гидродинамик чегаравий қатламдан таркиб топган деб ҳисоблаш мумкин. Бу қатлам ичида юпка, миллиметрнинг бир неча улушига тенг қалинликдаги ламинар чегаравий қатлам бор. Гидродинамика чегаравий қатлам қалинлиги δ Рейнольдс сонига боғлиқдир ва унинг тахминий қийматини Левич тенгламасидан аниқлаш мумкин:

$$\delta = \frac{30d}{Re\sqrt{\lambda}} \quad (4.40)$$

бу ерда, d – труба диаметри.

Турбулент режимда труба деворининг ғадир-будурлиги суюқлик ҳаракати қаршиликка салмоқли таъсир этади. Трубаларнинг ғадир-будурлиги абсолют геометрик ва нисбий ғадир-будурлиги билан характерланади. Труба деворларидаги ғадир-будурликлар ўртача баландликларининг труба узунлиги бўйича ўлчаниши *абсолют ғадир-будурлик* деб аталади.

Труба деворларидаги ғадир-будурликлар баландлиги Δ нинг эквивалент диаметри d

га нисбати (Δ/d), *нисбий ғадир-будурлик* дейилади ва ушбу формуладан аниқланади:

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{d},$$

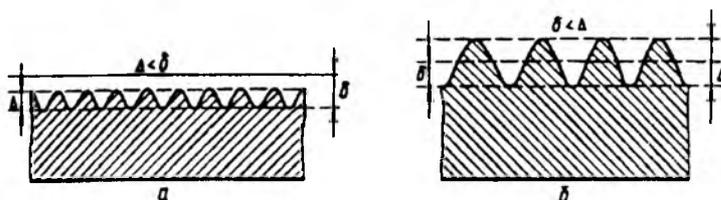
Труба девори ғадир-будурликларининг ўртача баландлиги труба материали, унинг ясалиш усули ва ишлатилиш давомийлигига боғлиқ:

Труба	Δ , мм
Янги шиша ва пўлат трубалар	0,06...0,1
Ишлатилган пўлат трубалар	0,10...0,2
Чўян ва керамик трубалар	0,35...1,0
Коррозияга учраган пўлат ва чўян трубалар	0,50...2,0

Рейнольдс критерийси қийматига қараб чегаравий қатлам қалинлиги δ ўзгаради. Труба ғадир-будурликлари чегаравий қатламдан чиқиб қолиш ҳолати жуда кўп напор йўқотилишига олиб келади.

δ ва Δ нисбатларининг қийматларига қараб трубалар гидравлик силлиқ ва ғадир-будур бўлади.

Агар $\Delta < \delta$ бўлса, трубалар *гидравлик силлиқ* деб аталади (4.11-расм). Бунда, суюқлик ламинар юпка қатлам бўйлаб сирпанади, яъни суюқликнинг суюқликка ишқаланиши юз беради.



4.11-расм. Гидравлик силлиқ (а) ва ғадир-будур (б) трубалар.

Агар $\Delta > \delta$ бўлса, трубалар *гидравлик ғадир-будур* деб номланади. Бунда напорнинг йўқотилиши труба деворининг ғадир-будурлиги билан белгиланади, чунки суюқлик ғадир-будур труба деворига ишқаланиб, ҳаракат қилади.

Ламинар режимда напорнинг йўқотилиши суюқлик тезлигининг биринчи даражасига, турғун турбулент режимда эса-тезлик квадратига пропорционалдир.

Ламинар чегаравий юпка қатламли турбулент ва ўтиш режимларида, напорнинг йўқотилиши тезликнинг квадратидан кичикроқ даражага пропорционал бўлади. Ҳар бир аниқ ҳолат учун ушбу кўрсаткич тажрибавий усул билан топилади.

4.10. Қовушқоқ суюқлик ҳаракатининг критериял тенгламалари

Трубада қовушқоқ суюқлик ҳаракатини ифодаловчи критериял тенгламани келтириб чиқариш учун Навье-Стокс дифференциал тенгламасидан фойдаланиш мумкин.

Агар сиқиш ва чўзиш кучлари ҳисобга олинмаса, абсцисса ўқи бўйлаб ҳаракат қиладиган суюқлик учун дифференциал тенглама ушбу кўринишга эга бўлади.

$$-\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 w_x}{\partial x^2} + \rho g_x = \rho w_x \frac{\partial w_x}{\partial x} + \rho \frac{\partial w_x}{\partial t}$$

бу ерда, p – босим, μ – динамик қовушқоқлик, w – тезлик, ρ – зичлик, t – вақт.

Ушбу тенгламадаги биринчи қўшилувчи абсцисса ўқи йўналишида оқим босими-

нинг ўзгаришини, иккинчиси – ишқаланиш кучини, учинчиси - оғирлик кучини; тўртинчи ва бешинчилари эса инерция кучларини характерлайди. Тенглама қўшилувчиларининг физик маъносини инобатга олиб, қуйидагича ёзиш мумкин:

$$-P + T + G = I_1 + I_2$$

бу ерда, P – босим кучи, T – ишқаланиш кучи, G – оғирлик кучи; I_1 ва I_2 – инерция кучлари.

Труба қувурларини ҳисоблашда қуйидаги кучларнинг нисбатлари алоҳида аҳамиятга эга: босим ва инерция P/I_1 , инерция ва ишқаланиш I_2/T , оғирлик ҳамда инерция G/I_1 ва инерция кучлари нисбати I_1/I_2 .

Инерция ва ишқаланиш кучларининг нисбатидан ўлчамсиз $w_x \rho / \mu$ комплексини олиш мумкин, яъни Рейнольдс критерийсини $Re = wd\rho / \mu$.

Босим ва инерция кучлари нисбатидан эса, Эйлер критерийсини, яъни $Eu = \Delta p / \rho w^2$ олиш мумкин.

Оғирлик кучи ва инерция кучлари нисбатидан эса Фруд критерийсини, яъни $Fr = gd / w^2$ олиш мумкин.

Инерция кучларининг нисбатидан гомохронлик критерийсини, яъни $Ho = w\tau / d$ ни олиш мумкин.

Ўхшашлик назариясининг иккинчи теоремасига биноан, Навье-Стокс тенгламаси ечимини юкорида олинган критерийлар орасидаги функционал боғлиқликни ушбу кўри-нишда ёзиш мумкин

$$\varphi = (Ho, Fr, Eu, Re) = 0 \quad (4.41)$$

Баъзи ҳолларда (4.41) геометрик ўхшашлик симплекс билан тўлдирилиши мумкин. Трубалар орқали суюқлик ҳаракат қилганда, бундай симплекс сифатида труба узунлиги l нинг унинг диаметр d ёки эквивалент диаметр d_s га нисбати бўлади.

Унда

$$\varphi = \left(Ho, Fr, Eu, Re, \frac{l}{d_s} \right) = 0 \quad (4.41a)$$

ёки

$$Eu = f \left(Ho, Fr, Re, \frac{l}{d_s} \right) \quad (4.41b)$$

(4.41), (4.41a) ва (4.41b) боғлиқликлар гидродинамиканинг критериял ёки умум-лаштирилган тенгламалари деб номланади. (2.41b) кўпчилик ҳолларда қуйидагича функ-ция кўринишига келтирилади:

$$Eu = A \cdot Re^m \cdot Fr^n \cdot Ho^p \left(\frac{l}{d_s} \right)^q \quad (4.42)$$

Моделларда олинган тажриба маълумотларини қайта ишлаш натижасида коэффици-ент A ва даража кўрсаткичлари m , n , p , q лар аниқланади.

Тургун жараёнлар учун (4.41b) дан гомохронлик критерийси Ho ни чиқариб ташлаш мумкин:

$$Eu = f \left(Fr, Re, \frac{l}{d_s} \right) \quad (4.43)$$

ёки

$$Eu = f_1(Fr, Re, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \dots)$$

бу ерда – $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \dots$ – геометрик ўхшашлик симплекслари.

Турғун турбулент режимда суюклик ҳаракатига оғирлик кучлари таъсир кўрсатмайди. Унда (4.43) тенглама ушбу кўринишни олади:

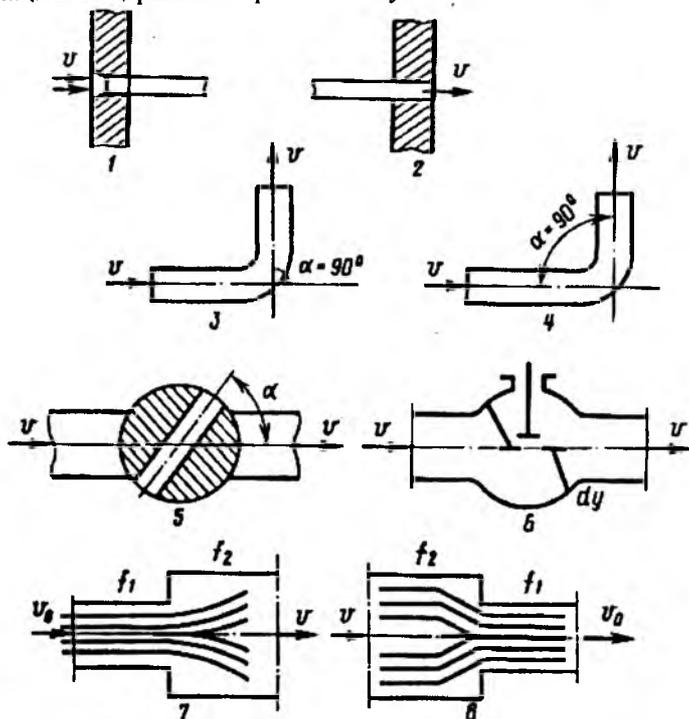
$$Eu = f_2(Re, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \dots) \quad (4.44)$$

4.11. Труба қувурларидаги гидравлик қаршилик

Амалий гидродинамиканинг асосий масалаларидан бири бўлиб, ҳақиқий суюклик ҳаракатидаги гидравлик қаршиликни аниқлаш ҳисобланади.

Чунки, йўқотилган напор $h_{\text{ўқ}}$ (ёки $\Delta p_{\text{ўқ}}$)ни билмасдан туриб насос, вентилятор, газодувка ва компрессорлар ёрдамида суюкликларни узатиш учун зарур бўлган энергия сарфини аниқ ҳисоблаб бўлмайди. Ундан ташқари $h_{\text{ўқ}}$ (ёки $\Delta p_{\text{ўқ}}$) билмасдан туриб, ҳақиқий суюкликлар учун Бернулли тенгласини қўлаб бўлмайди.

Труба қувурларида напор (ёки босим)нинг йўқотилишига ишқаланиш қаршилиги ва маҳаллий қаршиликлар сабабчи бўлади.



4.12-расм. Маҳаллий қаршиликлар.

Айрим маҳаллий қаршиликлар учун ξ нинг ўртача қийматлари 4.1-жадвалда келтирилган.

Трубадан ҳақиқий суюклик ҳаракат қилганда, напорнинг йўқотилиши қуйидагига тенг бўлади:

$$h_{\text{ўқ}} = h_{\text{иқ}} + h_{\text{мқ}} \quad (4.45)$$

бу ерда, $h_{\text{иқ}}$ ва $h_{\text{мқ}}$ – ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликларни энгши учун йўқотилган напор.

Тўғри трубада ламинар режимда ҳаракат қилаётган суюклик учун ишқаланиш қаршилигини энгшида йўқотилган напор Пуазейль тенгласидан (4.35) топилиши мумкин.

Бернулли тенгламасига биноан горизонтал ($z_1=z_2$) ва ўзгармас кесимли ($w_1 = w_2$) труба қувурларида ишқаланиш қаршилигини енгилда йўқотилган напор:

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \frac{\Delta p}{\rho g} = h_{\text{ук}}$$

Маҳаллий қаршилиқлар коэффициентлари

4.1-жадвал

Маҳаллий қаршилиқ тартиби	Маҳаллий қаршилиқ тури	Маҳаллий қаршилиқ коэффициенти, $\xi_{\text{ук}}$
1.	Трубага кириш	0.2...0.5
2.	Трубадан чиқиш	1.0
3.	90° га бурилиш	0.15
4.	$\alpha=90^\circ$ ли тирсак	1,1...1,3
5.	Тиқинли кран: Бутунлай очик $\alpha=20...50^\circ$	0.05 2...95
6.	Стандарт вентиль $d_w=20$ мм $d_w=40$ мм ва ундан ортик	8 4...6
7.	Ўсатдан кенгайиш ($Re>3500$): $f/f_2=0,1$ 0,3 0,4 0,5	0,50 0,35 0,30 0,25
8.	Ўсатдан торайиш ($Re>10^4$): $f/f_2=0,1$ 0,3 0,4 0,5	0,45 0,35 0,30 0,25

Агар $\Delta p = \rho g h$ ни (4.35) тенгламага қўйсақ ва ҳажмий сарф V ни тезлик w кўндаланг кесим юзасига қўпайтмаси билан алмаштирақ, қуйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$w \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi d^4 \rho g h_{\text{ук}}}{128 \mu l}$$

бу ерда, l ва d – труба узунлиги ва диаметри, μ ва ρ – суюқлик қовушқоқлиги ва зичлиги.

Қискартиришдан сўнг йўқотилган напорни аниқлаш формуласи ушбу кўринишда бўлади:

$$h_{\text{ук}} = \frac{32 w \mu l}{\rho g d^2}$$

Тенглама ўнг томонининг сурати ва маҳражини $2w$ қўпайтирақ:

$$h_{\text{ук}} = \frac{64 \mu}{w d \rho} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} = \frac{64}{Re} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g}$$

Шундай қилиб, думалок кўндаланг кесимли трубада суюқлик ламинар режимда ҳаракат қилганда йўқотилган напор:

$$h_{\text{ук}} = \frac{64}{\text{Re}} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (4.46)$$

яъни ишқаланиш қаршилигини енгишда йўқотилган напор тезлик напори $h_{\tau} = w^2/2g$ оркали ифодаланади.

Ишқаланиш қаршилигини енгишда йўқотилган напор тезлик напоридан канчалик фарқ қилиш катталиги *ишқаланиш қаршилиги коэффициенти* деб аталади ва $\xi_{\text{ук}}$ харф билан белгиланади.

$$\xi_{\text{ук}} = \frac{64}{\text{Re}} \cdot \frac{l}{d}$$

бу ерда, $\frac{64}{\text{Re}}$ – гидравлик ишқаланиш еки ишқаланиш коэффициенти ва у λ деб белгиланади.

Ламинар ($\text{Re} < 2320$) режимда гидравлик ишқаланиш коэффициенти факат Рейнольдс критерийсининг сон қийматига боғлиқ. Юқорида келтирилганларни ҳисобга олсак, (4.46) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзса бўлади:

$$h_{\text{ук}} = \xi_{\text{ук}} \frac{w^2}{2g} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad (4.47)$$

Агар $\Delta p_{\text{ук}} = \rho g h_{\text{ук}}$ лигини ҳисобга олсак, ишқаланиш қаршилигини енгишда йўқотилган босим $\Delta p_{\text{ук}}$ қуйидаги тенгламадан ҳисобланиши мумкин:

$$\Delta p_{\text{ук}} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho w^2}{2} \quad (4.48)$$

бу ерда, ρ – суюклик зичлиги.

Агар трубаининг кўндаланг кесими думалок бўлмаса, Рейнольдс критерийсида d ўрнига эквивалент диаметр d , қўйилади. Унда

$$\lambda = \frac{B}{\text{Re}}$$

бу ерда, B – кўндаланг кесим шаклига боғлиқ коэффициент, квадрат кесим учун $B=57$, думалок кесим учун $B=64$ ва хоказо.

Гидравлик силлик трубалар учун ($2320 < \text{Re} < 10^5$) гидравлик қаршилиқ коэффициентини Блазиуснинг эмпирик формуласидан:

$$\lambda = 0,316 \cdot \text{Re}^{-0,25} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{\text{Re}}} \quad (4.49)$$

ёки Конаков формуласидан аниқланиши мумкин:

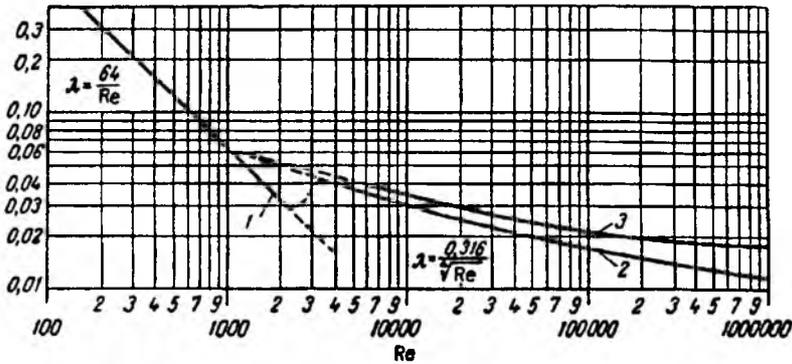
$$\lambda = \frac{1}{(1,8 \lg \text{Re} - 1,5)^2} \quad (4.50)$$

гадир-будур трубалар учун гидравлик қаршилиқ коэффициентини ушбу функция кўри-нишида ифодаланади:

$$\lambda = f(\text{Re}, \Delta / d)$$

бу ерда, $\epsilon = \Delta / d$ – нисбий гадир-будурлик.

Гидравлик қаршилик коэффициенти λ ни аниқлаш учун куйида келтирилган график тавсия этилади (4.13-расм). Ундан кўриниб турибдики, текис трубалар λ коэффициентидан ғадир-будур трубаларники анча юқори.



4.13-расм. Гидравлик қаршилик коэффициенти λ нинг Рейнольдс критерийсига боғлиқлиги. 1-текис ва ғадир-будур трубалар(ламинар режим); 2-пўлат, мис, шиша ва латун текис трубалар; 3-пўлат ва чўян ғадир-будур трубалар.

Графикдан кўриниб турибдики, Re сони ортиши билан $\lambda=f(Re)$ боғлиқлик аввал аралаш ишқаланиш соҳасига, бу ерда $\lambda=f(Re, \Delta/d)$, сўнг эса автотомодель соҳаси $\lambda=f(\Delta/d)$ га ўтади. Турбулент ҳаракат режимларининг ҳамма соҳалари учун гидравлик қаршилик коэффициентини ҳисоблашнинг умумлаштирилган тенгламаси куйидаги кўринишга эга:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left[\frac{\Delta/d}{3,7} + \left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right] = -2 \lg \left[\frac{e}{3,7} + \left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right] \quad (4.51)$$

Агар (4.51) формуладаги биринчи қўшилувчини инобатга олмасак, ушбу формулани оламиз:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} = 1,8 \lg Re - 1,5 \quad (4.52)$$

Гидравлик қаршилик Re га боғлиқ бўлмаган автотомодель соҳа учун иккинчи қўшилувчини инобатга олмасак ҳам бўлади. Унда:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \frac{3,7}{\Delta/d} = 2 \lg \frac{3,7}{e} \quad (4.53)$$

Ньютон қонунига бўйсунмайдиган сувоқликлар учун $Re^* = 3000 \dots 100000$ да гидравлик қаршилик коэффициентини топишда куйидаги формуладан фойдаланилади:

$$\lambda = a / (Re^*)^b \quad (4.54)$$

бу ерда, Re^* – (4.40) формуладан топилади; a ва b коэффициентлар оқиш индекси n функциясида $n=1$ да $a=0,316$ ва $b=0,25$ га тенг.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, маҳаллий қаршиликларда напорнинг йўқотилиши ишқаланиш қаршиликлардаги каби тезлик напори орқали ифодаланилади.

Маҳаллий қаршиликлар туфайли йўқотилган напор h_{mk} нинг тезлик напори $h_\tau = w^2/2g$

нисбатига маҳаллий каршилик коэффициентлари деб аталади ва у ξ_{mk} харфи билан белгилади.

Унда турли маҳаллий каршиликлар учун

$$h_{mk1} = \xi_{mk1} \frac{w^2}{2g}$$

$$h_{mk2} = \xi_{mk2} \frac{w^2}{2g}$$

.....

$$h_{mki} = \xi_{mki} \frac{w^2}{2g}$$

Ҳамма маҳаллий каршиликлар учун:

$$h_{mk} = \sum \xi_{mk} \frac{w^2}{2g} \quad (4.55)$$

(4.47) ва (4.55) тенгламаларни инobatга олсак, (4.45) тенглама, яъни умумий напорнинг йўқотилиши, куйидаги кўринишда ёзилиши мумкин:

$$h_{йук} = \xi_{mk} \frac{w^2}{2g} + \sum \xi_{mk} \frac{w^2}{2g} = \sum \xi \frac{w^2}{2g} \quad (4.56)$$

бу ерда, $\sum \xi$ – каршилик коэффициентларининг йигиндиси.

Шундай қилиб, напорнинг йўқотилиши ушбу формуладан топилади:

$$h_{йук} = \left(\lambda \frac{l}{d_s} + \sum \xi_{mk} \right) \frac{w^2}{2g} \quad (4.57)$$

Агар $\Delta p = \rho g h_{йук}$ ҳисобга олсак, умумий босимнинг йўқотилиши эса, куйидаги тенгламадан аниқланиши лозим:

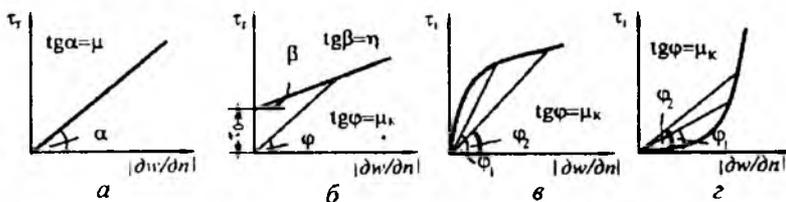
$$\Delta p_{йук} = \left(\lambda \frac{l}{d_s} + \sum \xi_{mk} \right) \frac{\rho w^2}{2} \quad (4.58)$$

4.11.1. Ньютон суюқликлар ҳаракати

Ньютон суюқликлар классификацияси ва умумий хоссалари. Аввалги суюқликлар ҳаракатининг таҳлили у ёки бу даражада силжиш тенгламаси (4.28а) га таянган.

$$\tau = -\mu \cdot \left| \frac{\partial w}{\partial n} \right| \quad (4.59)$$

Ламинар режимда (ковушқоклик кучларининг салмоғи катта) пропорционаллик коэффициентлари μ суюқликнинг ҳоссаи бўлиб, узатилаётган кучланиш ёки тезлик градиенти $\partial w / \partial n$ га боғлиқ эмас. Бундай ҳолларда τ_t нинг $\partial w / \partial n$ га боғлиқлиги тўғри чизик орқали ифодаланadi ва Ньютон формуласи деб номланади. Пропорционаллик коэффициентлари μ эса динамик ковушқоклик коэффициентлари ва (4.28а) формула билан ифодаланганидан суюқликлар **ньютон суюқликлари** деб номланади. Бу турдаги суюқликлар учун силжиш диаграммаси 4.14а-расмда тасвирланган бўлиб, ушбу температура учун $\mu = \tau g \alpha = const.$



4.14-расм. Силжиш диаграммаси.

а-ньютон суюкликлари; б-бингам суюкликлари;
в-мавхум пластик суюкликлар; г-дилатант суюкликлари.

Суюкликнинг турбулент ҳаракатида τ_r нинг $\partial w / \partial n$ га чизикли боғликлиги бузулади, чунки пропорционаллик коэффициенти суюклик окимининг характеристикаларига боғлиқ бўлади. Яна шуни таъкидлаш керакки, чизикли бўлмаган ҳаракат бошқа ҳолларда, яъни ковушқоқлик кучлари инерция кучларидан жуда катта шароитларда содир бўлади. Бундай ҳодисалар қандайдир ички тузилишга эга бўлган суюкликларга тааллуқли. Бу турдаги суюкликлар сохта (формал) равишда (4.28а) формуласи билан ифодаланади. Ушбу ҳолатларда ўзгарувчан пропорционаллик коэффициенти фақат τ_r ва $\partial w / \partial n$ га боғлиқ бўлиб, мавхум ковушқоқлик μ_m ни англатади:

$$\tau = -\mu_m \cdot \frac{\partial w}{\partial n} = \mu_m \cdot \left| \frac{\partial w}{\partial n} \right| \quad (4.60)$$

бу ерда, $\mu_m = \text{var}$.

Бундай, яъни ноньютон суюкликлар ҳаракатини ўргатадиган гидравликанинг ажралмас қисми *реология* (газ+ньютон суюкликлари+ каттиқ жимслар каби Гук конунига бўйсунадиган ва бўйсунмайдиган турли ишчи жисмларнинг механик хоссаларини ўрганишни ўз ичига камраб олган) деб номланади.

Ковушқоқлик кучлари асосий куч бўлган ҳоллардаги ноньютон суюкликларининг ҳаракати *пластик* деб номланади. Бу турдаги окимлар кўндаланг кесими бўйича μ_m ўзгариб туради.

Ноньютон суюкликлар 2 гуруҳга бўлинади:

–реологик *тургун*: бирор куч таъсирдан бўшатишда, бу турдаги суюкликлар тўлиқ қайта тикланади; суюкликнинг μ_m кўрсаткичи таъсир этаётган кучлар давомийлигига боғлиқ эмас;

–реологик *нотургун*: бирор куч таъсир этганда суюкликнинг тузилиши ўзгаради, яъни куч канчалик узок муддат таъсир этса, шунчалик чуқур туб ўзгаришлар рўй беради ва μ_m кўрсаткичи таъсир этаётган кучлар давомийлигига боғлиқ; таъсир этаётган куч олинганда, бу турдаги суюкликлар тўлиқ қайта тикланиши мумкин ёки қисман тикланиши ёки умуман тикланмаслиги мумкин.

Реологик *тургун* суюкликлар орасида кичик куч таъсир этганда ҳаракатланмайдиган бир гуруҳ суюкликлар мавжуд. Суюклик ҳаракати кучланиш фақат қандайдир чегаравий қиймат бўлган τ_0 *оқувчанлик чегарасидан* ортганда содир бўлади. $\tau < \tau_0$ бўлганда суюклик қатламларининг нисбий силжиши рўй бермайди: dw/dn . Ушбу гуруҳ ичида шундай суюкликлар борки, $\tau > \tau_0$ бўлганда ортиқча кучланиш ($\tau - \tau_0$) таъсирида ньютон суюкликлари каби ҳаракатланади. Улар учун силжиш тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$\tau - \tau_0 = -\eta \cdot \frac{\partial w}{\partial n} \quad \text{ёки} \quad \tau = \tau_0 + \eta \left(-\frac{\partial w}{\partial n} \right) = \tau_0 + \eta \left| \frac{\partial w}{\partial n} \right| \quad (4.61)$$

Бу турдаги суюкликлар *бингам суюкликлари* деб аталади ва улар каторига майда дисперсли суспензиялар, пасталар, айрим шламлар, лок-бўёқлар ва бошқалар киради.

Бингам суюкликлари учун силжиш диаграммаси 4.14б-расмда келтирилган. Бу ерда η коэффициенти ($\eta = tg\beta$) тўғри чизикни абсциссага қиялигини ифодалайди ва **пластик қовушқоқлик коэффициентини** деб номланади.

Реологик стационар суюкликлар орасида шундай гуруҳ суюкликлари мавжудки, пластик оқиш соҳасида уларнинг силжиш тенгламаси даражали боғлиқлик кўринишида ифода танади:

$$\tau = k \cdot \left(-\frac{\partial w}{\partial n} \right)^m \quad (4.62)$$

бу ерда, k ва m – шу суюликка хос бўлган, эмпирик усулда танланган константалар

Константа $m < 1$ бўлган суюкликлар **мавҳум пластик** деб номланади (4.14в-расм). Бу суюкликларга, масалан, олигомерлар, паст молекулали полимерлар, юқори молекулали эритмалар, асимметрик заррачали айрим суспензиялар. Графикдан кўриниб турибдики, τ ва $|\partial w / \partial n|$ ортиши билан мавҳум пластик суюкликлар сохта қовушқоқлиги камаяди.

Константа $m > 1$ бўлган суюкликлар **дилатант** деб номланади (4.14г-расм). Бу суюкликларга мисол бўлиб айрим қовушқоқ бўлмаган суюкликларда аралаштирилган қуюқ суспензиялар, елимлар ва ҳоказоларни келтириш мумкин. Графикдан кўриниб турибдики, τ ва $|\partial w / \partial n|$ ортиши билан дилатант суюкликлар сохта қовушқоқлиги ўсади.

$m > 1$ бўлганда (4.60) ва (4.62) формулаларни солиштириб қуйидаги кўринишни оламиз:

$$m > 1 \text{ бўлганда} \quad \mu_* = k \cdot \left(\frac{dw}{dn} \right)^{m-1} \quad (4.63)$$

Амалиётда дилатант суюкликлар, мавҳум пластик ва бингам суюкликларга караганда камрок учрайди.

Реологик ностационар суюкликлар орасидан амалиётда тез-тез учрайдиган суюкликлар қуйидагилар:

– тиксотроп суюклик, узлуксиз кучланишлар таъсиридаги суюкликнинг μ_* нинг вақт ўтиши билан қисман камайиши содир бўлади (масалан, кўпчилик лок-бўёқлар, озик-овқат маҳсулотлардан катик); таъсир этаётган кучланиш олинганда суюкликнинг тузилиши аста-секин қайта тикланади ва уларнинг ҳаракатланиши, яъни оқиши тўхташи мумкин;

– реопектик (реопектант) суюкликлар, узлуксиз кучланишлар таъсиридаги суюклик μ_* нинг вақт ўтиши билан ўсиши кузатилади (масалан, компонентларнинг ўзаро кимёвий таъсири ҳисобига, бунга турткини механик куч ёки кучланиш беради), кўпинча қайтмас жараён; (мисол бўлиб ушбу аралашма хизмат қилади, яъни сув ва гипс аралашмаси, бир неча бор чайқатилгандан сўнг тезда қотиб қолади);

– қовушқоқ эластик суюкликлар, уринма кучланиш таъсиридан бўшатирилганда кўпинча каттик жисмлар каби биринчи ҳолатига қисман қайтади (уларга қуйидагилар қиради: смолалар, юқори қовушқоқли эмульсия ва суспензиялар, хамирга ўхшаш моддалар).

Бингам, мавҳум пластик ва дилатант суюкликларнинг пластик оқиши. Бингам суюкликларининг оқиш характерини сифат нуқтаи назаридан кўриб чиқамиз (4.15-расм). Қовушқоқ оқиш режими учун кучлар таҳлили радиал координата r бўйича τ нинг ўзгариши тўғри чизик эканлигини кўрсатди. Кучланишларнинг тўғри чизикли эпюраси расмнинг чап томонида келтирилган.

Оқувчанлик чегараси τ_0 бўлган суюкликлар учун 2 хил ҳолат бўлиши мумкин:

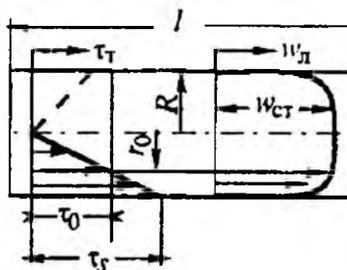
– энг катта кучланиш $\tau_0 < \tau$. Бу шуни билдирадики, исталган жорий радиус $r \leq R$ да $\tau < \tau_0$. Бунда суюкликнинг оқиши йўқ, шунинг учун технологик жиҳатдан бу ҳолат кизикарли эмас.

–энг катта кучланиш $\tau_s > \tau_0$. Бу шуни билдирадики, труба кўндаланг кесимининг маълум бир қисмига $\tau > \tau_0$ бўлган тенгсизлик хосдир ва бу ерда суюқлик қатламининг нисбий силжиши рўй беради; $|\partial w / \partial r| > 0$.

Расм (ўнг томонда, трубаданг штрихланган қисми) дан кўришиб турибдики, труба ўкига яқин жойларда $\tau \leq \tau_0$ ва бу ерда суюқлик қатламининг нисбий силжиши рўй бермайди; ушбу соҳада $|\partial w / \partial r| = 0$ бутун кўндаланг кесим бўйича суюқлик бир тезликда «стержень» кўринишда ҳаракат қилади.

4.15-расмда типик тезликлар эпюраси келтирилган. Бингам суюқлигининг пластик оқиши бир вақтнинг ўзида ҳалқасимон зонада ламинар ва ўқ атрофида – «стержень»ли ҳаракатларнинг мажмуасидир.

Мавҳум пластик ва дилатант суюқликларнинг пластик оқиши τ ва $|\partial w / \partial r|$ ларнинг кичик қийматлари учун кўриб чиқилади, чунки бу ораликда оқиш-пластик бўлади. Бу турдаги суюқликлар учун оқувчанлик чегараси мавжуд эмас, шунинг учун ҳаракат бутун кўндаланг кесимга нисбатан таҳлил қилинади.



4.15-расм. Думалок трубада бингам суюқлигининг пластик оқиш қонуниятларига оид.

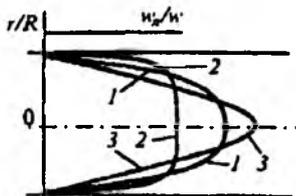
Маълумки, $r=0$ да тезлик максимал қийматга эга бўлади:

$$w_{\max} = \left(\frac{\Delta p}{2kl} \right)^{\frac{1}{m}} \cdot \frac{m}{m+1} \cdot R^{\frac{m+1}{m}} = \left(\frac{\Delta p \cdot R}{2kl} \right)^{\frac{1}{m}} \cdot \frac{m}{m+1} \cdot R \quad (4.64)$$

Ўзгарувчилар умумлаштирилганда

$$\frac{w}{w_{\max}} = 1 - \left(\frac{r}{R} \right)^{\frac{m+1}{m}} \quad (4.65)$$

4.16-расмнинг таҳлили кўрсатмоқдаки, труба кўндаланг кесими бўйича тезлик ўзгариши параболик кўринишга эга, аммо $m \neq 1$ да парабола квадратик эмас.



4.16-расм. Трубада умумлаштирилган тезлик ўзгаришларини таққослаш. 1-ньютон суюқликларининг ламинар ҳаракати; 2-мавҳум пластик суюқликларнинг пластик оқиши; 3-дилатант суюқликларнинг пластик оқиши.

Расмдан кўриниб турибдики, мавҳум пластик суюклик ($m > 1$, чизик №2) лар учун тезликлар ўзгариш кўлами текисрок, дилатант суюклик ($m > 1$, чизик №3) учун нисбатан кам текисланган, ньютон суюкликлари учун эса тезликлар қийматлари №1 ва №3 чизиклар орасида ўрин олган.

Суюклик сарфи V топилгандан сўнг, аниклаш маълум усулда амалга оширилади.

$$V = \left(\frac{\Delta p}{2kl} \right)^{\frac{1}{m}} \cdot \frac{m}{3m+1} \cdot \pi R^{\frac{3m+1}{m}} = \left(\frac{\Delta p \cdot R}{2kl} \right)^{\frac{1}{m}} \cdot \frac{m}{3m+1} \cdot \pi R^3 \quad (4.66)$$

Суюкликнинг ўртача тезлиги $V = w\rho$ эканлигини инобатга олсак, қуйидаги кўринишга келади:

$$w = \frac{V}{\pi R^2} = \left(\frac{\Delta p}{2kl} \right)^{\frac{1}{m}} \cdot \frac{m}{3m+1} \cdot R \quad (4.67)$$

Ўртача (4.67) ва максимал (4.64) тезликлар нисбати ушбу кўринишга эга:

$$\frac{w}{w_{\max}} = \frac{m+1}{3m+1} \quad (4.68)$$

Формула таҳлили шуни кўрсатадики, агар $m=1$ бўлса, (4.66)...(4.68) тенгламалар ньютон суюкликларининг ламинар режими учун формула кўринишини олади. Тайёр қувурларда суюклик сарфини аниклаш учун (4.66) формулани суюклик хоссалари ва ҳаракат режими аниқ бўлса тўғридан-тўғри ҳисоблаш учун қўлланса юқори кўрсаткич беради.

Ундан ташқари, бу формула ёрдамида гидравлик қаршилик Δp ёки диаметр $d=2R$ ларни аниклаш мумкин.

Юқорида айтиб ўтилган, фақат τ ва $|\partial w / \partial \eta|$ ларнинг кичик қийматлар соҳасидагина ноньютон суюкликларнинг пластик ҳаракати мавжуд бўлади. Пластик ҳаракатнинг юқори чегараси келтирилган. Рейнольдс сони Re_{np} характерлайди ва қуйидагича аниқланади:

бингам суюқлиги учун
$$Re_{np} = \frac{w d \rho}{\eta \cdot (1 + 6w\eta)}$$

мавҳум пластик ва дилатант суюкликлар учун

$$Re_{np} = \frac{w^{2-m} \cdot d^m \cdot \rho}{k \cdot \left(3 + \frac{1}{m} \right)^m}$$

кўриниб турибдики, агар τ_0 (унда $\eta \rightarrow \mu$) ва $m=1$ (унда $k \rightarrow \mu$) бўлса, ушбу тенгламалар Рейнольдс сонининг оддий ҳолати $Re = w d \rho / \mu$ га келади.

Тажрибалар шуни кўрсатдики, агар $Re_{np} < \sim 2000$ да юқорида кўриб чиқилган ноньютон суюкликларининг ҳаракати пластик деб ҳисобланиши мумкин. Агар суюклик ҳаракатининг Рейнольдс сони Re_{np} нинг қийматларидан анча ортиб кетса, унда пластик ҳаракат йўқолиб боради ва оқибатда ноньютон суюкликлар ҳаракати ньютон суюкликларининг ҳаракат қонуниятларига яқинлашиб келади.

4.12. Труба қувурлари диаметрини ҳисоблаш

Труба қувурларининг нархи кимё, нефть ва газни қайта ишлаш саноатлари корхона қурилмалари умумий нархининг салмоқли қисмини ташкил этади. Ундан ташқари, труба қувурларини эксплуатация қилиш катта маблағларни сарф қилишни тақозо этади. Шунинг учун, труба диаметрини тўғри танлаш катта техник-иқтисодий аҳамиятга эга.

Маълум иш унумдорликка эга труба қувурларининг диаметрини (4.2) формула ёрдамида ҳисоблаб топиш мумкин:

$$V = wF \quad (4.69)$$

бундан

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi w}} \quad (4.70)$$

бу ерда, d – труба ички диаметри, м, w – суюкликнинг ўртача тезлиги, м/с, V – ҳажмий сарф, м³/с.

Техник-иқтисодий ҳисоблар асосида тавсия этиладиган труба қувурларидаги суюкликларнинг тезликлари 4.2-жадвалда келтирилган.

Суюкликларнинг тавсия этиладиган тезликлари

4.2-жадвал

т/р	Суюклик номи	Тезлиги, w, м/с
1.	Қовушқоклиги паст томчили суюклик	<3 м/с
2.	Қовушқок суюклик	<1 м/с
3.	Томчили суюклик (ўз - ўзидан оқиши)	0,2...1 м/с
4.	Томчили суюклик (ҳайдаш трубасида)	1...3 м/с
5.	Газ (вентилятор ҳайдаш трубасида)	8...15 м/с
6.	Газ (босим остида)	15...25 м/с
7.	Тўйинган сув буги	20...30 м/с
8.	Ўта киздирилган сув буги	30...50 м/с

Шундай қилиб, труба қувурининг диаметри, унда ҳаракат қилаётган суюклик тезлиги орқали аниқланади.

Агар суюклик тезлиги канча катта бўлса, (4.69) тенгламага биноан, зарур диаметр шунча кичик ва уни тайёрлаш учун шунча кам материал сарфланади. Демак, унинг нархи паст, монтаж ва таъмирланишига бўладиган харажатлар кам бўлади. Шу билан бирга, (4.56) тенгламага биноан, суюклик тезлиги ортиши билан уни узатиш учун зарур босимлар фарқи ортади. Бу эса, ўз навбатида, энергия сарфининг ўсишига олиб келади.

Шунинг учун, труба қувурининг оптимал диаметрини топиш учун техник-иқтисодий услубдан фойдаланиш зарур.

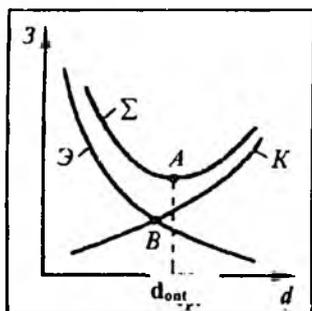
Ушбу муаммони ечиш йўли кўпгина гидродинамик, иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнлари учун умумий бўлиб, капитал ва эксплуатацион сарфларни таққослашга асосланган.

Труба қувурларининг таҳлили учун асос қилиб сарф (4.69, 4.70) ва Дарси-Вейсбах (4.48) тенгламаларини оламиз.

Труба қувурининг диаметри ортиши билан капитал сарфлар жадал суръатда кўпаяди, чунки диаметр d га пропорционал равишда нафақат периметр, балки труба деворининг калинлиги ҳам ошади.

4.17-расмдан кўриниб турибдики, труба диаметри ортиши билан капитал сарфлар кескин равишда кўпаяди ва K эгри чизиқ орқали намоён бўлади.

Эксплуатацион сарфлар диаметр ўсиши билан кескин камаювчи E эгри чизиғи билан ифодаланади. Лойиҳачи ва технологларни жами сарфлар (Σ эгри чизиғи) минимал бўлган труба диаметри кизиқтиради. Расмда Σ эгри чизиғининг минимумига A нуқта тўғри келади. Демак, труба қувурининг оптимал киймати $d_{opt} = d_4$.



4.17-расм. Труба қувурининг энг самарадор диаметрини аниқлашга оид.
3-сарфлар, Э-эксплуатацион сарфлар
K-капитал сарфлар, Σ-сарфлар йиғиндиси

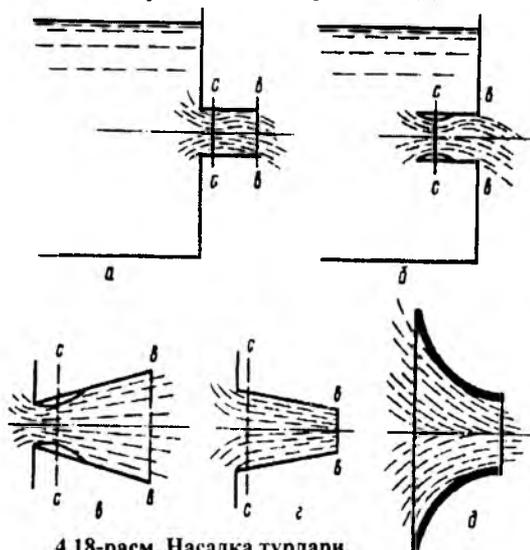
Оптимал труба қувурида эксплуатацион сарфлар минимал бўлади.

Кўпинча қурилмаларни лойиҳалашда суюқлик ва газларнинг тезлигини труба қувурларникига караганда 3...5 мартаба пастроқ қилиб олиш мақсадга мувофиқ.

4.13. Насадка ва тешиқлар орқали суюқлик оқиб чиқиши

Технологик қурилма, цистерна ва бошқа идишлар бўшаши пайтида тешиқ ва насадкалар орқали суюқликлар оқиб тушиш жараёни юз беради.

Насадка деб юпка девордаги тешиқка маҳкамланган турли шаклдаги калта патрубкларга айтилади. Одатда насадка узунлиги тахминан 3...4 диаметрга тенг бўлади. Конструкциясига караб насадкалар ички (а), ташки (б), кенгаювчи (в) ва тораювчи конуссимон (г) ҳамда коноидал (д) шакли бўлади (4.18-расм).



4.18-расм. Насадка турлари.

Суюқлик оқиб чиқиш пайтида насадка ичида вакуум ҳосил бўлади ва натижада тешиқнинг ўзидан суюқлик ўтказиш қобилияти ортади. Кенгаювчи конуссимон насадкаларда цилиндрсимон насадкаларникидан кўпроқ миқдорда вакуум ҳосил бўлади.

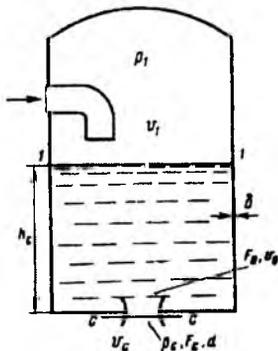
Агар насадкалардан чиқишда юқори тезликка эришиш зарур бўлса, тораювчи конуссимон насадкаларда қўлланилади. Коноидал насадкалар оқимча шаклида тайёрланади. Шунинг учун бундай насадкаларда оқимча сикилмайди ва энергия йўқотилиши минимал бўлади.

Идишдаги суюқлик баландлиги ўзгармас бўлганда, идиш тубидаги думалок тешиқдан суюқлик оқиб чиқиши.

Юпка девордаги ($\delta \leq 2d$) тешиқ орқали суюқлик оқиб чиқмоқда, яъни тешиқ чети ўткир кирралаи ва унинг қалинлиги оқимча шаклига таъсир этмайди (4.19-расм).

Бу шароитда оқиб чиқишда фақат энергиянинг маҳаллий йўқотилиши содир бўлмоқда. Идиш тубидан маълум бир баландликда оқимча сикилади ва ушбу кўндаланг кесимда параллел – оқимчали оқиб тушиш рўй бермоқда деб тасаввур қиламиз.

1-1 ва с-с кўндаланг кесимлар учун Бернулли тенгламасини ёзамиз. Кўриниб турибдики, $w_1 \ll w_c$;



4.19-расм. Идишда суюқлик баландлиги ўзгармас бўлганда, унинг тубидаги думалоқ тешикдан оқиб чиқиши.

ёки

бу ерда

Ҳажмий сарф эса

бу ерда, φ – тезлик коэффициенти, думалоқ тешик учун $\varphi=0,97$, F_c – оқимча кўндаланг кесими юзаси:

$$F_c = \epsilon_0 F_0$$

бу ерда, ϵ_0 – оқимчанинг сиқилиш коэффициенти, $\epsilon_0=0,64$, F_0 – тешик кўндаланг кесими юзаси.

Унда:

$$V = \varphi \epsilon F_0 \sqrt{2gH} = \mu F_0 \sqrt{2gH} \quad (4.72)$$

бу ерда, $\mu = \epsilon \varphi$ – сарф коэффициенти

Сарф коэффициенти μ тешик шакли, девор калинлиги ва суюқлик қовушқоқлигига боғлиқ. Сув учун $\mu = 0,62 \dots 0,63$ бўлиб, бошқа суюқликлар учун $\mu = f(Re)$.

Агар суюқлик атмосфера босимли идишга оқиб тушса $p_1 = p_c = p_a$;

$$V = \mu F_0 \sqrt{2gh_c}$$

Идишдаги суюқлик баландлиги ўзгармас бўлганда, юпка ён девордаги думалоқ тешикдан суюқлик оқиб чиқиши. d_0 диаметрли тешик оғирлик марказидан 0-0 таққослаш текислигини ўтказамиз. Идиш сатҳ юзаси 1-1 ва сиқилган кўндаланг кесим c-c лар учун Бернулли тенгламасини ёзамиз (4.20-расм).

$$h_c + \frac{p_1}{\rho g} = \frac{p_a}{\rho g} + \frac{\alpha_c w_c^2}{2g} + \xi \frac{w_c^2}{2g}$$

$$h_c + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{p_c}{\rho g} + \frac{\alpha \cdot w_c^2}{2g} + h_{\text{нўк}}$$

бу ерда, p_c , w_c – сиқилган кесимдаги суюқлик босими ва тезлиги, α – оқимчанинг нотекислик коэффициенти к

$$h_{\text{нўк}} = \xi \frac{w_c^2}{2g}$$

бу ерда, ξ – маҳаллий қаршилик коэффициенти, $\xi=0,06$.

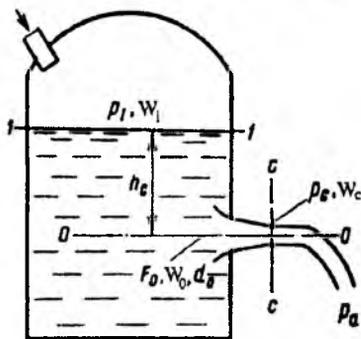
Бернулли тенгламасидан куйидаги формулани оламиз:

$$w_c = \sqrt{\frac{2g}{2 + \xi} \left(h_c + \frac{p_0 - p_c}{\rho g} \right)}$$

$$w_c = \varphi \sqrt{2gH} \quad (4.71)$$

$$\varphi = \sqrt{1 / (\alpha + \xi)}$$

$$V = \varphi F_c \sqrt{2gH}$$

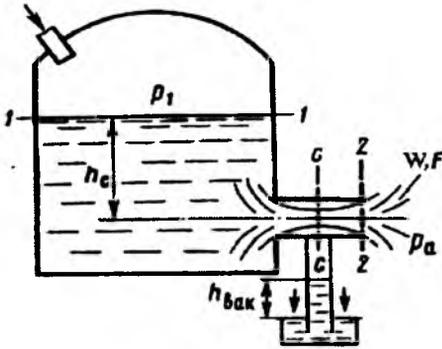


4.20-расм. Идишдаги суюқлик баландлиги ўзгармас бўлганда юпка ён девордаги думалоқ тешикдан суюқлик оқиб чиқиши.

бунда $p_c = p_a$ эканлигини инобатга оламиз.

Тенгламани w_c га нисбатан

$$w_c = \sqrt{\frac{2g}{\alpha + \beta} \left(h_c + \frac{p_1 - p_a}{\rho g} \right)} = \varphi \sqrt{2gH} \quad (4.73)$$



4.21-расм. Идишдаги суюқлик ўзгармас бўлганда цилиндрик насадкадан суюқлик оқиб чиқиши.

Суюқлик сарфи эса, $p_0 = p_c = p_a$ куйидагича топилади:

$$V = \mu F_0 \sqrt{2gh}$$

бу ерда $\mu = 0,6 \dots 0,62$.

Идишдаги суюқлик баландлиги ўзгармас бўлганда, цилиндрик насадкадан суюқлик оқиб чиқиши.

Бернулли тенгламасига биноан сиқилган кўндаланг кесимда вакуум ҳосил бўлади (4.21-расм).

Цилиндрик насадкадан суюқлик оқиб чиқиш тезлиги:

$$w = \sqrt{\frac{2gH}{\alpha + \xi_T/\varepsilon^2 + (1/\varepsilon - 1)^2 + \lambda l/d}} \quad (4.74)$$

бу ерда, ξ_T – торайган кўндаланг кесимдаги маҳаллий қаршилик, λ – гидравлик қаршилик коэффиценти, насадка учун $\varepsilon = 1$ ва $\mu = \varphi$.

Насадка орқали оқиб ўтаётган суюқлик сарфи;

$$V = \mu F_0 \sqrt{2gH}$$

Ҳосил бўлаётган вакуум эса:

$$h_{\text{вак}} = 2\varphi^2 H (1 - \varepsilon) / \varepsilon \quad (4.75)$$

Ташки цилиндрик насадка учун $\varphi = 0,82$, $\varepsilon = 0,64$. Ушбу φ ва ε қийматларида куйидагича кўринишга эга бўламиз:

$$h_{\text{вак}} \approx 0,75H \text{ ва } H \leq 1,35h_{\text{вак}}$$

Тажрибалар шуни кўрсатадики, агар вакуум 8 м.сув.уст.дан ортик бўлса, ҳаво чиқиш кўндаланг кесимидан сўрилиб бошланади. Бу эса вакуумнинг «узилишига» олиб келади. Бундай ҳолатларда насадка оддий тешикка ўхшаб ишлайди. Шунинг учун, напорнинг қиймати куйидаги формуладан аниқланадиган энг катта қийматдан ошмаслиги керак:

$$H_{\text{э.к}} = h_{\text{вак.эк}} \frac{1}{2\varphi^2} \cdot \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon} \quad (4.76)$$

бу ерда, $h_{\text{вак.эк}} = 8$ м.сув.уст.

$$H_{\text{эк}} = 8 \frac{1}{2 \cdot 0,82^2} \cdot \frac{0,64}{1 - 0,64} \approx 10 \text{ м. сув. уст.}$$

Ўзгарувчан напорда суюкликнинг оқиб чиқиши.

Ўзгарувчан напорга эга бўлган суюкликнинг юпка деворли идиш тешигидан оқиб, бутунлай чиқиб кетишини кўрамиз (4.22-расм).

Суюкликнинг оқиб чиқиши турғунмас режимда рўй бермоқда. Идиш тубида жойлашган тешикнинг кўндаланг кесим юзаси F_0 .

Элементар $d\tau$ вақт бирлигида суюкликнинг баландлиги h_{c1} дан h_{c2} га ўзгарганда идиш тубидаги тешикдан оқиб чиқаётган суюклик ҳажми куйидаги формуладан топилади:

$$dV = \mu F_0 \sqrt{2gh} \cdot d\tau$$

бу ерда, $h - d\tau$ вақтда тешик оғирлик маркази тепасидаги напор.

Вақт бирлигида идишдаги суюклик баландлиги $dh = dV/F$ га ўзгаради. Бу ерда F – идиш кўндаланг кесим юзаси.

Оқимнинг узлуксизлик тенгламасига биноан:

$$-dhF = \mu F_0 \sqrt{2gh} d\tau$$

бундан

$$d\tau = - \frac{F dh}{\mu F_0 \sqrt{2gh}} \quad (4.77)$$

Суюкликнинг оқиб тушиш вақтини топиш учун (4.77) ифодани h_{c1} ва h_{c2} оралиқда интеграллаймиз

$$\tau = - \int_{h_{c1}}^{h_{c2}} \frac{F dz}{\mu F_0 \sqrt{2gz}} = \frac{F}{\mu F_0 \sqrt{2g}} \int_{h_{c1}}^{h_{c2}} \frac{dh}{\sqrt{h}} = \frac{F}{\mu F_0 \sqrt{2g}} \left| 2\sqrt{h} \right|_{h_{c1}}$$

Демак,

$$\tau = + \frac{2F(\sqrt{h_{c1}} - \sqrt{h_{c2}})}{\mu F_0 \sqrt{2g}} \quad (4.78)$$

Ушбу тенглама ёрдамида суюклик баландлиги маълум микдорга камайганда, яъни h_{c1} дан h_{c2} га пасайганда, суюкликнинг оқиб тушиш вақти топилади.

Агар $h_{c2}=0$ бўлса, идишдаги суюклик бутунлай, тўлик оқиб чиққан бўлади:

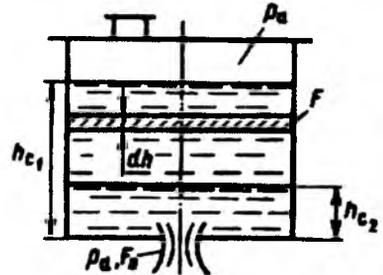
$$\tau = \frac{2F\sqrt{h_{c1}}}{\mu F_0 \sqrt{2g}}$$

ёки

$$\tau = \frac{2Fh_{c1}}{\mu F_0 \sqrt{2gh_{c1}}} = \frac{2V_p}{V} \quad (4.79)$$

бу ерда, V_p – резервуар ҳажми; $V - h_{c1}$ бўлгандаги суюклик сарфи.

Демак, напор ўзгарувчан бўлганда резервуарнинг бутунлай, тўлик бўшаш вақти



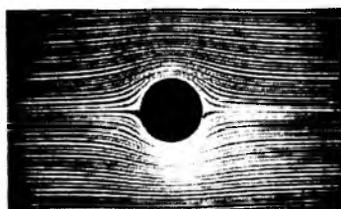
4.22-расм. Ўзгарувчан напорда суюкликнинг оқиб чиқиши.

Ўзгармас напорлига караганда 2 марта кўп бўлади.

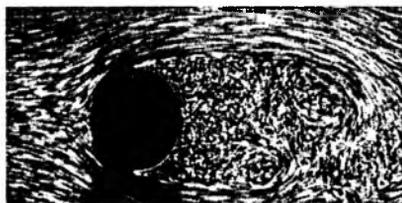
4.14. Қаттиқ жисмларнинг суюқликда ҳаракати

Суюқликда жисм ҳаракатига қаршилиқ. Кимё, нефть ва газни қайта ишлаш технологияларида бир қатор жараёнлар қаттиқ жисмларнинг суюқлик ёки газларда ҳаракати билан боғлиқ. Бундай жараёнларга қаттиқ заррачаларни суспензия ва чанглардан оғирлик, инерцион кучлар таъсирида чўктириш ва суюқлик муҳитларида механик аралаштиришлар қиради. Ушбу жараёнлар қонуниятларини ўрганиш гидродинамиканинг ташқи масаласидир.

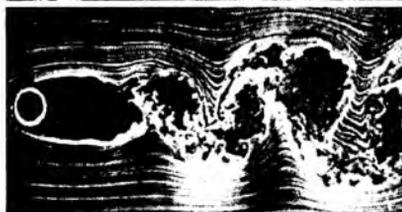
Жисмлар суюқликда ҳаракат қилган пайтида қаршилиқлар ҳосил бўлади. Бу қаршилиқларни енгиш ва жисмнинг текис ҳаракатини таъминлаш учун маълум миқдорда энергия сарфланиши керак. Ҳосил бўлаётган қаршилиқлар асосан ҳаракат режими ва жисм шаклига боғлиқдир.



а



б



в

4.23. Қаттиқ жисмнинг суюқликдаги ҳаракати.

а - ламинар оқим,
б, в - турбулент оқим.

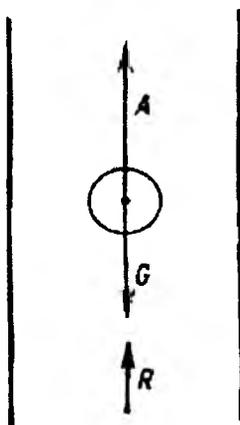
Ламинар режимда, яъни суюқлик қовушқоқлиги юқори ёки унинг тезлиги паст ва жисм ўлчамлари кичик бўлганда, жисм атрофида чегаравий қатлам ҳосил бўлади ва суюқлик текис, раван оқиб ўтади (4.23а-расм).

Жисм ҳаракат тезлиги ортиши билан (турбулент режимда) инерция кучларининг аҳамияти ва роли ортиб боради. Бу кучлар таъсирида жисмни ўраб турган чегаравий қатлам узила бошлайди ва натижада ҳаракат қилаётган жисм орқа томонида босим пасаяди ва ушбу жойда тартибсиз, уюрмалли оқимчалар ҳосил бўлади (4.23б-расм).

Жисмнинг суюқликда ҳаракати пайтида унинг олд ва орқа томонларидаги босимлар фарқи ўсиб боради ва ламинар режимдагидан анча катта бўлади. Рейнольдс критерийсининг маълум бир қийматидан бошлаб олд томонидаги қаршилиқни ҳисобга олмаслик ҳам мумкин. Трубаларда суюқлик ҳаракати пайтидек, бундай ҳолларда автотомель режим бошланади.

4.24-расмда суюқликда чўкаётган шарсимон заррачага таъсир этувчи кучлар кўрсатилган.

Диаметри d ва зичлиги ρ_3 бўлган заррачанин оғирлик кучи G ва у пастга қараб йўналган бўлади:



4.24-расм. Чўкаётган заррачага таъсир этувчи кучлар.

$$G = \left(\frac{\pi d^3}{6} \right) \rho_3 g \quad (4.80)$$

Архимед қонунига биноан кўтарувчи куч A ушбу тенгламадан топилади:

$$A = \left(\frac{\pi d^3}{6} \right) \rho g \quad (4.81)$$

бу ерда, ρ – суюклик зичлиги, кг/м³

Заррача чўкишига сабабчи куч эса, қуйидагига тенг:

$$G - A = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_s - \rho) g \quad (4.82)$$

Чўкиш жараёнида каттик жисмга суюклик қаршилик кўрсатади. Ушбу қаршилик R қиймати муҳит қовушқоклиги μ , зичлиги ρ , заррача қўндаланг кесим юзаси F ва шақлига боғлиқ.

Муҳит қаршилик кучи R Ньютон қонунига биноан ушбу тенгламадан топилади:

$$R = \xi F \frac{\rho w_{\text{чүк}}^2}{2} \quad (4.83)$$

бу ерда, ξ – муҳит қаршилик коэффициенти, $w_{\text{чүк}}$ – жисм ҳаракат тезлиги, м/с.

Чўкиш жараёнини ўрганиш натижасида кўпчилик олимлар томонидан қуйидаги режимлар аниқланган ва уларни ифодаловчи формулалар тавсия этилган:

4.3-жадвал

Суюклик ҳаракат режими	Рейнольдс сони	Архимед сони	Формула	Муҳитнинг қаршилик коэффициенти
Л: минар	$Re < 2$	$Ar < 36$	$Re = 0,056 \cdot Ar$	$\xi = \frac{24}{Re} \quad (4.84)$
Ўтиш	$Re = 2 \dots 500$	$Ar = (36 \dots 83) \cdot 10^3$	$Re = 0,15 \cdot Ar^{0,715}$	$\xi = \frac{18,5}{Re^{0,6}} \quad (4.85)$
Турбулент	$Re > 500$	$Ar > 83 \cdot 10^3$	$Re = 1,74 \cdot Ar^{0,5}$	$\xi = 0,44 = const \quad (4.86)$

Шар шаклида бўлмаган жисмларнинг суюкликда ҳаракати пайтида муҳитнинг қаршилиги шарсимон шаклли жисмга нисбатан катта бўлиб, Рейнольдс сони ва шақлига боғлиқ бўлади, яъни:

$$\xi = f(Re, \Phi)$$

$$\Phi = \frac{F_{\text{ш}}}{F} \quad (4.87)$$

бу ерда, F – жисм юзаси, $F_{\text{ш}}$ – жисм ҳажмига тенг шарнинг юзаси

Шарли шаклдаги жисмларнинг Φ коэффициенти қийматлари.

Заррача шакли	Шар	Куб	Цилиндр ($h=10r$)	Диск ($h=0,1r$)
Коэффициент Φ	1	0.806	0,69	0.32

Рейнольдс критерийсини ҳисоблашда шар шаклида бўлмаган жисмлар учун асосий чизикли ўлчам сифатида шу жисм ҳажмига тенг эквивалент шарнинг диаметри қўлланилади.

Агар жисмнинг ҳажми V , унинг массаси m ва зичлиги ρ маълум бўлса, унда эквивалент диаметри d нинг қиймати ушбу тенгламадан топилиши мумкин:

$$V = \frac{m}{\rho_3} = \frac{\pi d^3}{6} \quad (4.88)$$

4-боб. Суюқликларнинг ҳаракати бўйича Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Гидродинамика нимани ўргатади?
2. Суюқлик сарфини аниқловчи формула ва ўлчов бирлигини ёзинг.
3. Гидравлик радиус ва эквивалент диаметрлар маъноси ва формуласини ёзинг.
4. Турғун ва нотурғун оқимлар тўғрисидаги тушунчалар ва формуласини ёзинг.
5. Оқимнинг узлуксизлик тенгламасининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
6. Суюқлик ҳаракатининг Эйлер дифференциал тенгламасини келтириб чиқаринг.
7. Бернулли тенгламасининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
8. Потенциал ва кинетик энергиялар таърифини беринг.
9. Геометрик, статик ва тезлик напорларининг маъноси ва формулаларини ёзинг.
10. Навье-Стокс дифференциал тенгламасини ёзинг ва таърифини беринг.
11. Суюқлик сарфи ва тезлигини ўлчаш усуллари.
12. Пито-Прандтл пневмометрик трубкасининг конструкцияси, тезликни ўлчаш усули ва ҳисоблаш формуласи.
13. Диафрагма конструкцияси, тезликни ўлчаш усули ва ҳисоблаш формуласи.
14. Ўлчов сопо конструкцияси, тезликни ўлчаш усули ва ҳисоблаш формуласи.
15. Вентури труба конструкцияси, тезликни ўлчаш усули ва ҳисоблаш формуласи.
16. Суюқликларнинг қандай ҳаракат режимлари бор?
17. Рейнольдс критерийси, унинг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
18. Ламинар режимда ўртача тезлик қайси формуладан аниқланади?
19. Турбулент режимда ўртача тезлик қайси формуладан аниқланади?
20. Нисбий ғадир-будурлик, гидравлик силлик ва ғадир-будур трубалар таърифи.
23. Ишқаланиш қаршилигини таърифланг ва ҳисоблаш формуласини ёзинг.
24. Маҳаллий қаршиликни таърифланг ва ҳисоблаш формуласини ёзинг.
25. Маҳаллий қаршиликлар турлари ва конструкциялари.
26. Ноньютон суюқликлар турлари. Реология нима?
28. Бингам, мавҳум пластик ва дилатант суюқликларни таърифлаб беринг.
29. Труба диаметрини аниқлаш формуласини ёзинг.
30. Суюқлик, газ ва буғлар учун қандай тезлик тавсия этилган?
31. Насадка ва тешиқлар конструкцияларини чизинг.
32. Суюқликда чўқаётган жисмга қандай кучлар таъсир этади?
33. Оғирлик, кўтарувчи ва қаршиқлик кучларини ифодаловчи формулаларни ёзинг.
34. Шакл омили нима ва қандай параметрларга боғлиқ?
35. Қаттик жисмнинг чўқиш режимлари ва уларни ҳисоблаш формулалари.

НАСОСЛАР

4.15. Умумий тушунчалар

Курилмаларда ва қувур ичида суюклик унинг боши ва охиридаги босимлар фарқи туфайли ҳаракат килади. Суюкликнинг қуйи сатҳдан юқори сатҳга узатиш учун эса, насослардан фойдаланилади. Бунда суюкликка босимнинг потенциал энергияси таъсир эттирилади.

Насос – шундай гидравлик машинаки, унда электр юриткичнинг механик энергияси суюкликнинг ҳаракат (узатиш) энергиясига айлантириб берилади.

4.16. Насослар классификацияси

Ҳаракатланиш турига қараб ҳажмий, куракли (марказдан қочма), уюрмавий ва ўқли насосларга бўлинади.

Ҳажмий насосларнинг ишлаш принципи ёпиқ ҳажм ичида сиқиб чиқариш усулига асосланган бўлиб, илгарилама-қайтма ва айланма ҳаракатлар туфайли суюклик сиқиб чиқарилади. Ҳажмий насосларга поршенли, ротацион, винтли, шестерняли ва пластинали гидравлик машиналар киради. Марказдан қочма насосларда босим марказдан қочма куч таъсирида, яъни насос қобиғи (асоси)га жойлашган куракли гилдиракнинг айланиши туфайли содир бўлади.

Уюрмавий насосларда уюрма энергияси ҳисобига узатилади. Бу ишчи гилдиракнинг айланишида уюрманинг тезда ҳосил бўлиши ва сўниши билан амалга ошади.

Айтиб ўтилган насослардан ташқари, яна оқимчали насослар ҳамда газлифтлар ва монтежю деб номланадиган машиналардан ҳам фойдаланилади. Бу насосларда газ, сув ва буғларнинг босимларидан фойдаланилади. Турли соҳаларда ишлатиладиган механик насосларнинг турлари кўп бўлиб, уларнинг иш унумдорлиги ва бир меъёрда узатишига, тузилишига, ишчи органларининг характери ҳамда ҳаракатланиш тезлигига қараб синфларга ажратилган (4.5-жадвал).

Насослар классификацияси

4.5-жадвал

№	Тип	Тури	Алоҳида белгилари
1.	Механик	Ҳажмий:	
		поршенли	Ҳаракатланувчи ишчи орган-поршен ёки плунжер
		Ротацион:	
		пластинали	Ишчи орган – пластинали ротор
		шестерняли	Ишчи орган –шестерня
		винтсимон	Ишчи орган –винтлар
		шлангсимон	Ишчи орган –силжувчи сикилмалар
		Парракли:	
		марказдан қочма	Ишчи гилдирак айланиши даврида суюкликни четга улоқтиради
2.	Механик эмас	Пропеллерли (ўқли)	Ўқга маҳкамланган паррақлар суюкликни ўқ чизиги бўйича узатади
		Уюрмали	Суюкликни кўп маротаба четга улоқтириш
		Газлифт	Суюклик зичлигига нисбатан зичлиги кам газ-суюклик аралашма ҳосил қилиш
		Оқимчали	Оқимнинг катта кинетик энергияси
		Монтежю	Босим остидаги кўзгалмас газ

4. 17. Насосларнинг асосий параметрлари

Насосларнинг асосий параметрлари бўлиб унумдорлик, напор ва қувватлари ҳисобланади.

Унумдорлик V (m^3/c) – бу суюкликнинг ҳажмий сарфи бўлиб, ҳайдаш қузури орқали насос ёрдамида узатилган суюклик микдорини билдиради.

Насос напори H (m) – бу насоснинг масса бирлигига эга бўлган суюкликка берган солиштирма энергиясидир.

Фойдали қувват N_ϕ (Bm) –напор H ва суюклик массавий сарфи $\rho g V$ кўпайтмасига тенг микдордаги суюклик потенциал энергиясига айтилади:

$$N_\phi = \rho g V H \quad (4.89)$$

Насос ўқидаги қувват N_e ни аниқлаш учун фойдали қувватни насос фойдали иш коэффициентига бўлиш керак ва у насоснинг йўқотган энергиясини характерлайди:

$$N_e = \frac{N_\phi}{\eta_n} = \frac{\rho g V H}{\eta_n} \quad (4.90)$$

Насос йўқотган энергияси конструкциянинг мукамаллиги, ишлатиш самарадорлиги ва насоснинг едирилиши ҳисобга олинади:

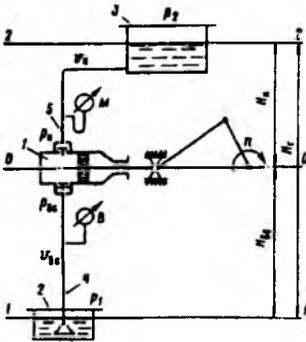
$$\eta_n = \eta_v \cdot \eta_r \cdot \eta_{мех} \quad (4.91)$$

бу ерда, η_v – узатиш ф.и.к.; суюкликнинг клапан, сальник, хар хил тиркишлардан оқиб чиқиб кетишини ҳисобга олади, яъни $\eta_v = V/V_{мех}$ ҳақиқий унумдорликнинг назарий унумдорликка нисбатини характерлайди, η_r – гидравлик ф.и.к.; $\eta_r = H/H_{мех}$ – ҳажмий напорни назарий напорга нисбатини билдиради, $\eta_{мех}$ – механик ф.и.к.; подшипник, сальник ва бошқа элементларда ишқаланишга йўқотилган қувват.

Насоснинг фойдали иш коэффициенти η_n поршенли насослар учун 0,8...0,9, марказдан қочма насос учун 0,7...0,95 ни ташкил этади.

Электр юриткич истеъмол қилаётган қувват ёки номинал қуввати $N_{эю}$ ўқдаги қувватга қараганда кўпроқ, чунки электр юриткичдан насос ўқигача энергияни узатиш муфтасида ва электр юриткич ўқида йўқотилишлар содир бўлади. Ушбу йўқотилишлар N_e тенгламасига узатма $\eta_{юз}$ ва электр юриткич ф.и.к. $\eta_{эю}$ ларини киритиш орқали инobatга олинади:

$$N_{эю} = \frac{N_e}{\eta_n \cdot \eta_{юз} \cdot \eta_{эю}} = \frac{\rho g V H}{\eta_v \cdot \eta_r \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_{юз} \cdot \eta_{эю}} \quad (4.92)$$



4.25-расм. Насос қурилмасининг схемаси.

Насос қурилмасининг тўлиқ фойдали иш коэффициенти:

$$\eta = \frac{N_\phi}{N_{эю}} = \eta_n \cdot \eta_{юз} \cdot \eta_{эю} \quad (4.93)$$

бу ерда, $N_{эю}$ – юриткич истеъмол қуввати, η_v – узатиш ф.и.к.; $\eta_{эю}$ – юриткич ф.и.к.

Юриткичнинг ўрнатиш қуввати, насосни ишга тушириш оннда (вақтида)ги $N_{эю}$ ортиқча юкланишини инobatга олган ҳолда аниқланади.

$$N_{эю} = \beta \cdot N_{эю} \quad (4.94)$$

бу ерда β – қувватнинг захира коэффициенти, бу электр юриткичнинг қувватига қараб 2,0 дан 1,1 гача олинади.

Электр юриткичнинг қуввати қанча юқори бўлса, коэффициент β нинг киймати шунча кичиклашади.

Сўриш баландлиги. Насос қурилмаси насос 1, пастки 2 ва босим ҳосил қилувчи 3 идишлардан, манометр М, вакуумметр В, сўриш 4 ва ҳайдаш 5 қувурларидан ташкил топган.

Насоснинг напорини аниқлаш учун 1-1 ва 0-0 кесимлари учун Бернулли тенгламасини сўриш режими учун ёзамиз (4.25-расм). Таккослаш текислиги деб пастки идишдаги суюқлик сатҳини оламиз:

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = H_{ср} + \frac{w_{ср}^2}{2g} + \frac{p_{ср}}{\rho g} + h_{ср\dot{y}у\kappa} \quad (4.95)$$

бу ерда, p_1 – пастки идишдаги босим, w_1 – 1-1 кесимдаги пастки хажмдаги суюқлик тезлиги, $H_{ср}$ – сўриш баландлиги, $w_{ср}$ – сўриш қувуридаги суюқлик тезлиги, $p_{ср}$ – насоснинг сўриш босими, $h_{ср\dot{y}у\kappa}$ – сўриш қувуридаги йўқотилишлар.

Ҳайдаш режими учун 0-0 ва 2-2 кесимлари учун тузилган Бернулли тенгламаси (таккослаш текислиги деб насос ўқидан ўтган 0-0 текислиги олинади) қуйидагича ёзилади:

$$\frac{p_{y2}}{\rho g} + \frac{w_{y2}^2}{2g} = H_{y2} + \frac{w_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + h_{y2\dot{y}у\kappa} \quad (4.96)$$

бу ерда, p_{y2} – узатиш (ҳайдаш) босими, w_{y2} – ҳайдаш қувуридаги тезлик, H_{y2} – узатиш баландлиги, w_2 – 2-2 – кесимдаги юкори идишдаги суюқлик тезлиги, p_2 – ҳайдаш идишдаги босим, $h_{y2\dot{y}у\kappa}$ – ҳайдаш қувуридаги йўқотилиш.

Сўриш ва ҳайдаш қувурларидаги тезликка нисбатан пастки ва юкоридаги идишлардаги суюқлик тезлигининг ўзгариши жуда кичик бўлгани учун, улар нолга тенг ($w_1=0$; $w_2=0$).

(4.95) ва (4.96) тенгламаларни ҳисобга олиб, насоснинг напорини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$H = \frac{p_{y2} - p_{ср}}{\rho g} = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{w_{ср}^2 + w_{y2}^2}{2g} + H_{ср} + H_{y2} + h_{ср\dot{y}у\kappa} + h_{y2\dot{y}у\kappa} \quad (4.97)$$

Сўриш билан ҳайдаш қувури ўзаро тенг бўлганда, ушбу тенгликни соддалаштириш мумкин бўлади, яъни $w_{ср} = w_{y2}$. Суюқликни геометрик узатиш баландлиги эса, $H_z = H_{ср} + H_{y2}$, бундан қуйидаги тенглама келиб чиқади:

$$H = \frac{p_1 - p_2}{\rho g} + H_{ср} + h_{y2\dot{y}у\kappa} \quad (4.98)$$

бу ерда, $h_{y2\dot{y}у\kappa} = h_{ср\dot{y}у\kappa} + h_{y2\dot{y}у\kappa}$ – босимнинг умумий йўқотилиши.

Агарда юкоридаги ва пастки идишдаги босимлар тенг бўлса, яъни $p_2 = p_1$, у ҳолда:

$$H = H_z + h_{y2\dot{y}у\kappa} \quad (4.99)$$

(4.98) тенгламага биноан, насоснинг босими, суюқликни геометрик баландлик H_z кўтаришга, идишлардаги босимлар фарқини, сўриш ва ҳайдаш идишлардаги гидравлик қаршиликларни энгишга сарф бўлади.

Горизонтал жойлашган қувур орқали сув узатилганда ($H_z=0$), насос босими фақат қаршиликларни энгиш учун сарфланади:

$$H = h_{y2\dot{y}у\kappa} \quad (4.100)$$

Ишлаётган насоснинг босимини (напорини) вакуумметр H_v ва манометр H_m ларнинг кўрсаткичлари асосида аниқлаш мумкин:

$$H = H_v + H_m + h$$

бу ерда, h – манометр ва вакуумметрлар орасидаги масофа.

(4.95) тенгламадан сўриш баландлигини кўриб чиксак:

$$H_{\text{суп}} = \frac{P_1 - P_{\text{суп}}}{\rho g} - \frac{w_{\text{суп}}^2}{2g} - h_{\text{суп} \rightarrow \text{дук}} \quad (4.101)$$

w_1 тезлик киймати $w_{\text{суп}}$ га нисбатан анча кичик бўлгани учун, $w_1=0$ деб қабул қилсак бўлади.

(4.101) тенгламадан шу нарса кўриниб турибдики, $P_{\text{суп}}$ камайиши билан сўриш баландлиги ортади. Суюқлик насос ичида қайнаб кетмаслиги учун, $P_{\text{суп}}$ киймати суюқлик узатилаётган температурадаги сув буғи тўйиниш босими P_* дан катта бўлиши керак, яъни $P_{\text{суп}} > P_*$.

Шундай қилиб, сўриш баландлигининг чегаравий кийматини қуйидагича аниқлаймиз:

$$H_{\text{суп}} \leq \frac{P_{\text{атм}} - P_1}{\rho g} - \frac{w_{\text{суп}}^2}{2g} - h_{\text{суп} \rightarrow \text{дук}} \quad (4.102)$$

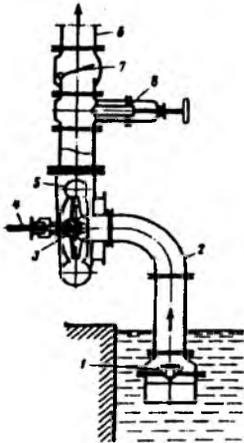
бу ерда, $P_{\text{атм}}$ – атмосфера босими; $P_{\text{атм}}=P_1$.

Акс ҳолда, суюқлик насос ичида қайнаб кетади ва интенсив буғ ҳосил бўлишга олиб келади. Буғ пуфакчалари суюқлик билан юқори босимли соҳага кириб қолса, томчига айланиб, бўшлиқлар ҳосил қилади, гидравлик зарба шовкин бўлишига олиб келади, яъни кавитация ҳодисаси содир бўлади.

Маълумки, суюқликларнинг қайнаши – бу унинг тўйинган буғлари босимининг ташқи босим, яъни суюқлик устунни ёки ташқи босимга тенг ёки катта ($p > p_{\text{суп}}$) бўлгандаги шароитда содир бўлади. Қайнаш жараёнида ҳосил бўлган буғ босим ортиши билан конденсацияланади. Лекин бир килограмм суюқлик эгаллаган ҳажм, буғ эгаллаб турган ҳажмга нисбатан бир неча юз ва минг баробар кам бўлади. Шунинг учун, конденсация рўй бераётган бўшлиқда вакуум ҳосил бўлади. Конденсацияда бўшаган бўшлиқни бир зумда суюқлик тўлдиради. Бунда гидравлик зарба ҳосил бўлади ва насос деталларининг емирилиши рўй беради ва натижада насоснинг ишчи органларида ўйилган чуқурчалар пайдо бўлади. Насос бундай режимда ишлаши унинг бузилишига олиб келади.

Юқорида қайд этилган ҳодиса, яъни паст босимли соҳаларда суюқликнинг қайнаш даврида газ пуфакча (ғовак) ларининг ҳосил бўлиши *кавитация* (инглизча – cavity, «бўшлиқ», «ғоваклик») деб номланади. Кавитация мавжуд режимларда насосларни эксплуатация қилиш унинг гидравлик ф.и.к. ва унумдорлигининг пасайишига олиб келади. Кавитация ҳодисаси эриган газлар десорбцияси ёки бирикмалар зичланиши йўқолган ҳолларда қурилмага ҳавонинг сўрилиши ($p_{\text{суп}}$ атмосфера босимидан паст бўлганда) оқибатида ҳам рўй бериши мумкин. Шунинг учун ҳам, насос унумдорлигини сўриш йўлидаги задвижка орқали амалга ошириш қатъиян ман этилади.

Кавитация бўлиши насос унумдорлигини пасайтиради, гидравлик зарба билан ишлаган насос, тез едирилади, коррозияга учрайди ва унинг тез бузилишига олиб келади.



4.26-расм. Марказдан қочма насос схемаси:

1,7 - клапан; 2 - сўриш қувири; 3 - ишчи гилдирак; 4 - ўк; 5 - кобик; 6 - хайдаш қувири; 8 - задвижка.

4.18. Марказдан қочма насослар

Ишлаш принципи. Марказдан қочма насослар оқим кинетик энергиясини босимнинг

потенциал энергияга айлантириб беришига асосланиб ишлайди (4.26-расм). Бу турдаги насосларда суюкликни сўриш ва узатиш марказдан қочма куч таъсирида бўлиб, бу куч насос ишчи гилдирагига жойлашган спиралсимон куракчаларни айланишидан ҳосил бўлади. Куракчалар суюклик оқиб ўтадиган канални ҳосил қилади.

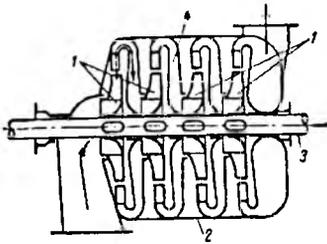
Суюклик, сўриш трубаши орқали, ишчи гилдирак ўқи бўйлаб, насосга киради.

Ишчи гилдирак суюкликка айланма ҳаракат беради. Марказдан қочма куч таъсирида суюклик насос қобиғи билан ишчи гилдирак орасидаги ўзгарувчан кўндаланг кесимли каналга кириб боради. Каналда суюклик тезлиги узатиш қувуридаги тезлик қийматиғача қамаяди.

Натижада ишчи гилдирагига киришдаги босим пасайиб, суюклик бетўхтов насосга сўриб борилади. Марказдан қочма турдаги насосни ишга туширишдан олдин насос ичида сийракланиш ҳосил қилиш учун унинг ичига суюклик қуйилади. Насосдан суюклик орқага оқиб кетмаслиги учун, қайтариш клапани сўриш трубашига ўрнатилган бўлади. Гидравлик машиналар бир ва кўп боскичли насосларга бўлинади.

Бир боскичли насоснинг босими 50 м сув устунидан ошмайди. Шунинг учун юкори босим ҳосил қилиш учун бир ўкнинг ўзига кетма-кет бир нечта ишчи гилдираги ўрнатилади.

Кўп боскичли насоснинг босими гилдирак сонига пропорционал. Кўпинча гилдираклар сони бештадан ортмайди (4.27- расм).



4.27-расм. Кўп боскичли, марказдан қочма насос схемаси.
1-ишчи гилдирак; 2-қобик; 3 - ўк;
4- айланма канал.

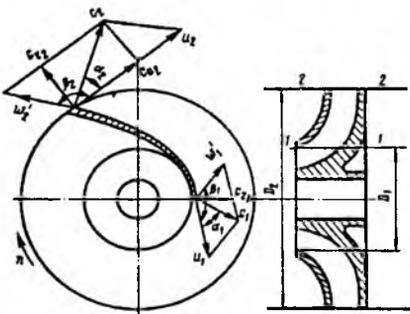
Марказдан қочма насоснинг асосий тенгламаси (Эйлер тенгламаси). Маълумки, айланиш ўқиға нисбатан вақт бирлиги ичида маълум бир суюклик массаси ҳаракат миқдорининг ўзгариши, ҳамма ташки кучлар моментларининг йиғиндисига тенг, яъни айланиш моментига тенг. Суюкликни гилдиракка киришдаги абсолют ҳаракат тезлиги C_1 тезликли мос равишда нисбий тезликлар w_1 ва w_2 ва айланма тезликлар u_1 ва u_2 нинг геометрик йиғиндисига тенг бўлади (4.28-расм). Гилдирак кураги бўйлаб ҳаракатланаётган элементар оқимча учун, гилдиракка киришда:

$$\Delta m \cdot C_1 = \rho \cdot \Delta V C_1 \cdot \Delta \tau$$

гилдиракдан чиқишда эса:

$$\Delta m \cdot C_2 = \rho \Delta V \cdot C_2 \cdot \Delta \tau$$

бу ерда, ρ – суюклик зичлиги; ΔV – суюклик оқимчаси ҳажми.



4.28-расм. Марказдан қочма насоснинг асосий тенгламасига оид.

2-2 ва 1-1 кесимлар учун мос равишдаги ҳаракат миқдори моментлари:

$$M_2 = \rho \cdot \Delta V \cdot C_2 \Delta \tau \cdot r_2 \cdot \cos \alpha_2;$$

$$M_1 = \rho \cdot \Delta V \cdot C_1 \Delta \tau \cdot r_1 \cdot \cos \alpha_1,$$

бу ерда, r_1 ва r_2 – ишчи гилдиракнинг ташки ва ички радиуслари, α_1 ва α_2 – суюкликни гилдиракка кириш ва чиқишдаги абсолют ва айланма тезликлари орасидаги бурчак.

Ҳаракат миқдори momenti электр юриткичдан бериладиган энергия ҳисобига ошириш мумкин.

$\Delta \tau = 1$ вақт ичида ҳаракат миқдори momenti

ортиши:

суюклик окимчаси учун:

$$\Delta M = M_2 - M_1 = \rho \Delta V (C_2 r_2 \cos \alpha_2 - C_1 r_1 \cos \alpha_1)$$

суюкликнинг бутун массаси учун:

$$\sum \Delta M = \sum \rho \Delta V (C_2 r_2 \cos \alpha_2 - C_1 r_1 \cos \alpha_1) \quad (4.103)$$

Идеал оким учун ҳамма ҳаракат энергияси ҳаракат миқдори моментининг ортишига сарфланади. Ташқи айлангириш (буриш) momenti:

$$M = \frac{N}{\omega} = \frac{\rho g V H}{\omega} \quad (4.104)$$

Ташқи четки тезликлар $u_1 = r_1 \cdot \omega$ ва $u_2 = r_2 \cdot \omega$ ни ҳисобга олиб, (4.103) ва (4.104) ни тенглаштириб ва (4.104) тенглани H_m га нисбатан ечганда, марказдан қочма насос учун Эйлер тенгласига эга бўламиз:

$$H_{\text{нас}} = \frac{1}{g} (C_2 \cdot u_2 \cdot \cos \alpha_2 - C_1 \cdot u_1 \cos \alpha_1) \quad (4.105)$$

Суюкликни ғилдиракка урилмасдан кириши ва ундан чиқиши шартини ҳисобга олиб, $\alpha_1 = 90^\circ$ ва $\alpha_2 = 10 \dots 15^\circ$ қабул қилинса, (4.105) тенглама куйидаги кўринишга эга бўлади:

$$H_{\text{нас}} = \frac{1}{g} \cdot u_2 \cdot C_2 \cdot \cos \alpha_2 \quad (4.106)$$

4.25-расмга қараб, тезликлар параллелограммасидан $C_2 \cdot \cos \alpha_2 = C_{u_2} \cdot \alpha_1 = 90^\circ$ бўлганда:

$$H_{\text{нас}} = \frac{1}{g} \cdot u_2 \cdot C_{u_2} \quad (4.107)$$

(2.88) тенгласи ишчи ғилдирагининг чексиз сонли куракчалари учун олинди. Шунинг учун куракчалар сонини ҳисобга олувчи ε коэффициент (4.107) тенгламага киритилади, унинг қиймати $\varepsilon = 0,6 \dots 0,8$ га тенг.

Ҳақиқий ҳажмий босим назарий босимдан доимо кам бўлади, чунки энергия насосдаги гидравлик қаршиликларни енгиш учун сарфланади:

$$H = \frac{1}{g} \varepsilon \cdot \eta_2 \cdot u_2 \cdot C_{u_2} \quad (4.108)$$

бу ерда, η_2 – гидравлик фойдали иш коэффициенти $0,8 \dots 0,95$ га тенг бўлади.

Насос босими маълум даражада куракларнинг шаклига ҳам боғлиқ бўлиб, айланма ва нисбий тезликлар вектори орасидаги β_2 бурчак ёрдамида аниқланади (4.25-расм).

Тезлик параллелограммасидан:

$$C_{u_2} = u_2 - C_{r_2} \cdot \text{ctg}(180 - \beta_2) = u_2 + C_{r_2} \cdot \text{ctg} \beta_2$$

Унда:

$$H = \frac{1}{g} \cdot E \cdot \eta_2 (u_2^2 + u_2 \cdot C_{r2} \cdot \text{ctg} \beta_2) \quad (4.109)$$

$\beta_2 < 90^\circ$ бўлганда (куракчалар ишчи ғилдиракнинг айланиш йўналиши бўйича эгилган бўлса): $C_r \cdot \text{ctg} \beta_2 > 0$ ва $H > \frac{1}{g} \cdot E \cdot \eta_2 \cdot u_2^2$. $\beta_2 > 90^\circ$ да эса (куракчалар ишчи ғилдиракнинг айланиш йўналишига карама-қарши букланган): $C_r \cdot \text{ctg} \beta_2 < 0$ ва $H < \frac{1}{g} \cdot E \cdot \eta_2 \cdot u_2^2$ куракчалар радиал бўлганда $\beta_2 = 90^\circ$, $C_r \cdot \text{ctg} \beta_2 = 0$ ва $H = \frac{1}{g} \cdot E \cdot \eta_2 \cdot u_2^2$.

Демак, энг катта босим куракчалар ишчи ғилдирагининг айланиш йўналиши бўйича букланган ҳолатга тўғри келади (4.26-расм). Ғилдиракдаги гидравлик йўқотилишлар кам бўлиши учун, куракчалар қуйидагича букланади $\beta_2 = 140 \dots 164^\circ$ ва $\beta_1 = 153 \dots 166^\circ$ бўлади (4.29-расм).

Марказдан қочма насосларда унумдорлик маълум миқдорда ишчи ғилдирак каналларининг эркин кесим юзалари ёрдамида аниқланади (4.25-расмга қаранг).

Назарий унумдорлик ушбу тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$V_n = F_2 \cdot C_{r_2} = (\pi \cdot D_2 - z \cdot \delta) \cdot v \cdot C_2 \cdot \sin \alpha_2 \quad (4.110)$$

бу ерда, F_2 – ишчи ғилдиракнинг ташки айлана бўйича эркин кесим каналнинг юзаси; C_{r2} – суюқликнинг ишчи ғилдиракдан чиқишдаги абсолют тезлигининг радиал ташкил этувчиси; D_2 – ғилдиракнинг ташки диаметри; z – куракчалар сони; δ – куракчалар қаршилиги; b – ғилдирак эни.

Насоснинг ҳақиқий унумдорлиги:

$$V = \eta_v \cdot V_T$$

бу ерда, η_v – насоснинг ҳажмий фойдали иш коэффициенти.

Марказдан қочма насослар характеристикалари. Насослар ишини таҳлил қилиш учун уларни хусусий ва универсал характеристикаларидан фойдаланилади.

Насоснинг хусусий характеристикаси босим H , талаб этилаётган қувват N , насоснинг фойдали иш коэффициенти η_n ларнинг $n = \text{const}$ бўлгандаги унумдорлик V га нисбатан ўзаро боғлиқлигидир.

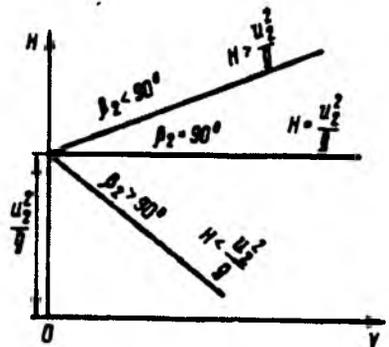
Насоснинг босимини унумдорликка боғлиқлигини аниқлаш учун, тезликнинг радиал ташкил этувчиси C_{r2} ни унумдорлик орқали (4.110) тенгламага биноан қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$C_{r_2} = \frac{V}{\eta_v \cdot F_2}$$

ва (4.109) га қўйиб, ушбу тенгламани оламит:

$$H = \eta_r \cdot \left(\frac{u_2^2}{g} + \frac{u_2 \cdot \text{ctg} \beta_2}{g \eta_v \cdot F_2} \cdot V \right) \quad (4.111)$$

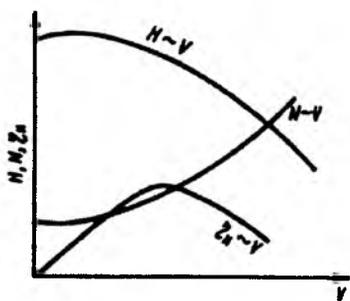
Ушбу насос учун u_2 , β_2 , η_v , F_2 лар ўзгармас катталик бўлиб, H нинг V дан боғлиқлиги (4.111) тенгламага биноан тўғри чизик билан ифодаланади:



4.29-расм. Марказдан қочма насос напорига β_2 таъсири.

$$H = \eta_r (A + BV)$$

бу ерда, A ва B – ўзгармас коэффициентлар.



4.30-расм. Марказдан қочма насоснинг характеристикаси.

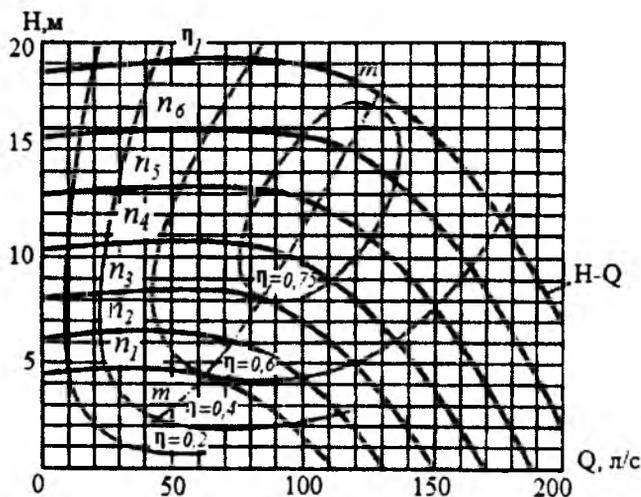
Ҳақиқатда эса тажриба бўйича $n = \text{const}$ бўлганда, H нинг V га боғлиқлиги эгри чизикни беради (4.30-расм), яъни унумдорлик ошган сари насос босими пасаяди, истеъмол қуввати эса ортади. Фойдали иш коэффициентининг қиймати эса аста-секин ортиб максимумдан ўтиб пасаяди. Маълумки, насоснинг фойдали иш коэффициенти фойдали қувват ($N_\phi = \rho g V H$) нинг насос ўқидаги қуввати нисбатига тенг. Фойдали қувват суюқликка энергиясини беришга сарф бўлади. $V=0$ ва $V=V_{\text{макс}}$ бўлганда, фойдали қувват нолга тенг, яъни $H=0$ бўлади. Сўриш қувуридаги задвижка берк бўлганда, яъни $V=0$ да, насос энг кам қувват истеъмол қилади.

Насосни эксплуатация қилганда энг самарали иши $\eta_n - V$ координатларидаги, маълум айланиш частотасидаги эгри чизикнинг максимумига тўғри келадиган оралик H ва V зонасига тўғри келади.

Насоснинг универсал характеристикаси насос ишининг чегаравий қийматлари хақида маълумотлар ва бунда фойдали иш коэффициентининг максимал қийматини, унинг оптимал иш режимини танлашга имконият беради.

Насос универсал характеристикаси ишчи ғилдирагининг турли айланиш частоталари учун олинади. Бунда $H - V$ боғлиқлик бир неча марта олинади. Ҳар бир $H - V$ эгри чизикда ўзгармас фойдали иш коэффициентининг ($\eta'_n, \eta''_n, \eta'''_n, \dots$) қийматларига тегишли нукталар ажратилади. $m - m$ чизиғи фойдали иш коэффициентларининг максимум қийматларига тенг бўлади (4.31-расм).

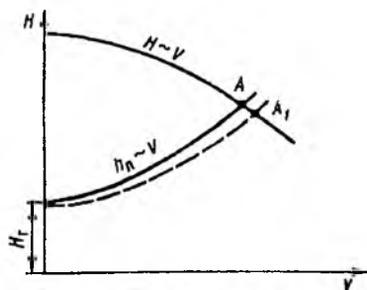
Насоснинг тармоқдаги иши. Тармоқ характеристикаси узатилаётган суюқлик унумдорлиги билан босим орасидаги боғлиқликни кўрсатади. Босим эса, геометрик узатиш баландлиги билан босимнинг йўқотилиш йиғиндиси орқали аниқланади.



4.31-расм. Айланиш частотаси n бўлганда марказдан қочма насоснинг универсал характеристикаси.

Дарси-Вейсбах тенгламасидан $h_h = k \cdot V^2$ эканлигини аниқлаш мумкин. Бундан

характеристиканинг парабола тенгламасини $H = H_r + k \cdot V^2$ кўринишида ёзиш мумкин.



4.32-расм. Насоснинг тармоқ характеристикаси.

сурилади. Агар юқорида қайд этилган, уччала усулда ҳам унумдорлик ошмаса, у ҳолда насос қуввати юқориси билан алмаштирилади.

Насосларни биргаликда ишлаши.

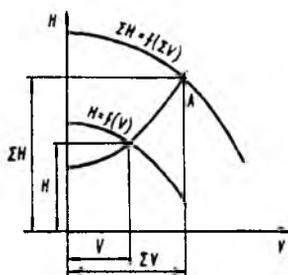
Насосларнинг суюқликни узатиш миқдорини оширишга, уларни параллел улаш йўли билан эришилади.

Насосларнинг йиғма характеристикасини ҳар бир насос характеристикаси абсциссалари йиғиндиси орқали олинади.

4.33-расмда 1 ва 2 насосларнинг йиғма характеристикалари кўрсатилган. Ҳар бир насос алоҳида V_1 ва V_2 унумдорликка эга. Параллел уланганда йиғма унумдорлик V_3 га тенг бўлади (А иш нуктаси), лекин у насосларни алоҳида унумдорликларидан кам бўлади. Бунда унумдорликдан ютиш тармоқ характеристикасининг шаклига боғлиқ бўлади. Агар тармоқ характеристикаси қия бўлса (эгри чизик), йиғма унумдорлик ўсади. Босимнинг ўсиши бундай ҳолларда сезиларсиз бўлади.

Босимнинг ортиши учун насослар кетма-кет уланиши керак. Бу ҳолда йиғма характеристика алоҳида насосларнинг характеристика ординаталарини қўшиш йўли билан олинади. Бу характеристика билан тармоқ характеристикаси кесишган нуктаси йиғма босим ва унумдорликни аниқлаб беради (4.34-расм). Тармоқнинг характеристикаси тик (қия) бўлса сезиларли ўсишга эришилади.

Марказдан қочма насосларни рoстлаш. Ростлаш, масалан, насос узатишини ўзгартиришдан иборат бўлади. Бунга эришиш учун ёки тармоқ характеристикаси ёки насос характеристикаси ўзгартирилади.

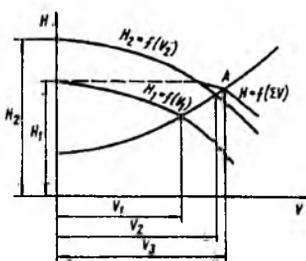


4.34-расм. Кетма-кет уланган икки насосларни биргаликда ишлаши.

4.32-расмда насос ва тармоқнинг характеристикаси кўрсатилган.

Бу характеристикаларнинг кесишган жойи А иш нуктаси дейилади. Ушбу тармоқда насос ишлаганда бу нукта энг юқори унумдорлик эканлигини билдиради. Агар каттарок миқдорда унумдорлик керак бўлса, электр юриткичнинг айланишлар частотасини ошириш зарур ёки тармоқда босим йўқотилишини ҳамда геометрик узатиш баландлигини камайтириш керак.

Тармоқда босим йўқотилиши камайтирилганда, ишчи нуктаси (A_1) ўннга



4.33-расм. Параллел уланган икки насоснинг биргаликда ишлаши.

Тармоқ характеристикасини эса узатиш қувуридаги лўқидонни очиш ёки ёпиш билан ўзгартириш мумкин. Сўриш қувуридаги узатишни рoстлаш, одатда насос ишининг узилишига олиб келади.

Насос характеристикасини ўзгартириш учун ишчи гилдирак сонини ошириш ёки куракчалар бурилиш бурчаклари β_1 ва β_2 ларни ўзгартириш билан амалга ошириш мумкин. Бурчакни ўзгартириб насос унумдорлигини катта қийматга ошириш мумкин.

Прoпорционаллик қонунн. Марказдан қочма насосларнинг напори ва унумдорлиги насос ишчи гилдирагининг айланиш частотаси (сони)га боғлиқ

бўлади. (4.108) тенгламага мувофиқ насос напори айланма тезлик квадратига боғлиқ, яъни $H \sim c^2 u^2$.

Агар айланишлар сони n_1 да напор H_1 бўлса, $n_2 \sim H_2$ бўлади деб хулоса килсак, унда:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{u_1'}{u_2'}\right)^2 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2, \quad \text{яъни} \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad (4.112)$$

(4.110) тенгламадан эса, насос унумдорлиги суюклик ғилдирагидан чиқишдаги абсолют тезлигини радиал ташкил этувчисига пропорционал, яъни $V \sim C_{r2}$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C'_{2r}}{C''_{2r}} = \frac{u_1'}{u_2''} = \frac{\pi D_2 n_1}{\pi D_2 n_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (4.113)$$

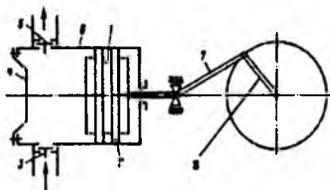
Насос талаб этадиган кувват эса, унумдорлик ва напорнинг кўпайтмасига пропорционал (4.108) ва (4.110) тенгламаларга биноан куйидаги кўринишни ҳосил қиламиз:

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \quad (4.114)$$

(4.113) - (4.114) тенгламалар пропорционаллик қонуни тенгламалари дейилади. Бирок бу тенгламаларни тахминий ҳисоблар учун ишлатиш мумкин. Аниқ ҳисоблар учун эса, насос ишчи ғилдирагини айланишлар частотаси билан фойдали иш коэффиценти инобатга олиниши керак. Шунини қайд этиб ўтиш керакки, пропорционаллик қонунини, насос ғилдирагининг айланишлар сони бир-биридан 2 баробаргача фарқ қилгандагина қўллаш мумкин.

4.19. Поршенли насослар

Поршенли насослар плунжер ёки поршенни цилиндрда илгарилама-қайтма ҳаракати ёрдамида суюкликни сиқиб чиқариш принципига асосланган (4.35-расм). Поршенни ўнг томонга қилган ҳаракатидан кейин, цилиндрининг чап қисмида ҳавони сийракланиши содир бўлиб, сўриш клапани очилади ва сўриш қувури орқали суюклик цилиндрга тортиб олинади. Поршень чапга сурилганда сўриш клапани беркилиб, узатиш клапани очилади ва суюклик ҳайдаш қувури орқали узатила бошлайди.



4.35-расм. Бир томонлама ҳаракатланувчи, горизонтал поршенли насос схемаси.
1-поршень; 2-зичловчи халқалар;
3- сўриш клапани; 4-цилиндр
қопқоғи; 5-ҳайдаш (узатиш) клапани;
6-цилиндр; 7-кривошип. 8-шатуни.

Поршень кривошип-шатулни механизм ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Поршень цилиндрида зичловчи халқалар ёрдамида сиқиб турилади. Поршенли насослар узатмаси турига қараб, бевосита уланувчи ва узатмали бўлади.

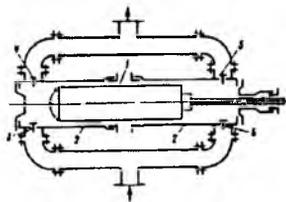
Бевосита уланган насослар буг насослар ёрдамида ҳаракатланади, бунда насос поршень билан битта штокда жойлашган бўлади. Узатмали насослар электр юриткич ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Насослар кривошип айланиш частотасига қараб, секин

айланадиган ($n=45...60 \text{ мин}^{-1}$), ўртача ($n=60...120 \text{ мин}^{-1}$) ва тез айланадиган ($n=120...180 \text{ мин}^{-1}$)ларга бўлинади.

Поршенли насослар вертикал ва горизонтал бўлиши мумкин.

Юқори босимли насослар 100 МПа гача бўлган босимни таъминлаб берса, юқори унумдорликка эга насос эса, соатига 60 м³ суюклик хайдаб беради.

Поршенли насослар учун сўриш ва узатиш жараёни даврий бўлиб, суюкликни узатиш бир текис амалга ошмайди.



4.36-расм. Икки томонлама ҳаракатланувчи насос схемаси.

1- плунжер; 2- цилиндрлар; 3,6- сўриш клапанлари; 4,5- хайдаш клапанлари.

Плунжер орқага кайтганда эса, ўнг томоннинг сўриш клапани очилиб, чап томоннинг узатиш клапани очилади.

Насос камчиликлари: цилиндр ҳажми самарали ишлатилмайди. Плунжерда сиқиш ҳалқалари бўлмайди ва узунлигининг диаметрига нисбати катта бўлади, яъни $S/D=5-8$.

Суюкликни бир текисда узатишни таъминлаш учун уч томонлама ҳаракатланадиган насослар ёрдамида амалга ошириш мумкин. Оддий ҳаракатли (бир томонлама) насосларни кетма-кет жойлашган бўлиб, бундай кривошиплар ўзаро 120° бурчак остида кетма-кет жойлашган бўлади (4.37-расм).

Кривошипнинг тўлиқ битта айланишида, 3 марта сўриш ва 3 марта узатиш жараёни содир бўлади.

Поршенли насос поршеннинг битта ҳаракатидаги назарий унумдорлиги, поршеннинг вақт бирлигида ҳосил қилган ҳажми билан аниқланади.

Агар поршень сиқиб чиқараётган суюклик ҳажми (м³) $V = f \cdot S$ бўлса, унда бир йўлли насоснинг ўртача назарий унумдорлиги (м³/соат):

$$V_H = 60 \cdot f \cdot S \cdot n$$

бу ерда, f – цилиндрнинг кўндаланг кесими; S – поршень йўли узунлиги, яъни бошланғич ва охириги ҳаракат нукталари орасидаги масофа; n – айланишлар частотаси.

Икки томонлама ҳаракатланадиган насосдаги кривошипнинг 1 та тўлиқ айланганида 2 маротаба сўриш ва 2 маротаба узатиш содир бўлади. Поршеннинг ўртача қилган ҳаракатида цилиндр ичига $f \cdot S$ га тенг бўлган миқдорда суюклик сўрилади, ўнг томондан эса $(f - f_{\text{ук}}) \cdot S$ миқдорида суюклик сиқиб чиқарилади ($f_{\text{ук}}$ – штокнинг кўндаланг кесими).

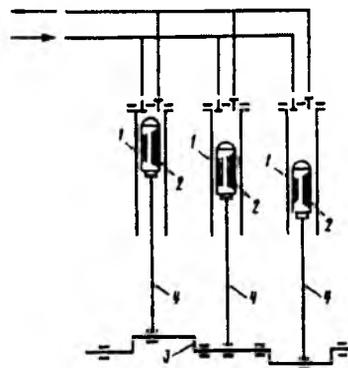
Насоснинг назарий унумдорлиги:

$$V_H = f \cdot S \cdot n + (f - f_{\text{ук}}) \cdot S \cdot n = 2 \cdot f \cdot S \cdot n - f_{\text{ук}} \cdot S \cdot n$$

Нотекис узатишни бартараф этиш учун кўп томонлама таъсир этувчи насослар қўлланилади.

Икки томонлама таъсир этувчи насосда 2 та сўриш ва 2 та узатиш клапани бор (4.36-расм). Кривошип тўлиқ айланиб чиқканда цилиндрнинг ҳам чап, ҳам ўнг томонидан навбатма-навбат узатиш ва сўриш жараёнлари содир бўлади.

Плунжернинг ўнг томонга кўзғалишида, чап томонидаги сўриш клапани очилади ва суюклик цилиндрнинг бўшлиғига сўрилади. Шу вақтда эса, ўнг томондаги узатиш клапани очилиб, суюклик цилиндрнинг ўнг қисмидан кувурга узатилади.



4.37-расм. Уч томонлама ишлайдиган насос схемаси (триплекс-насос).

1-цилиндрлар; 2- плунжерлар; 3- тирсақли ўқ; 4- шатунлар.

Ўқнинг кўндаланг кесим юзасини кичик деб олинса $f_{jk} \ll f$, бир соатлик назарий узатиш миқдори:

$$V_H = 2 \cdot f \cdot S \cdot n \cdot 60 \quad (4.115)$$

Насоснинг хақиқий унумдорлиги қуйидагига тенг бўлади:

$$V_x = \eta_v \cdot V_H :$$

бу ерда, η_v – клапан, сальник ва кувур тиркишларидан оқиб чиқиш пайтида, йўқотиладиган суюқликни ҳисобга оладиган **фойдали иш коэффициенти** - $\eta_v = 0,85 \dots 0,99$

Кўп босқичли насосларнинг хақиқий унумдорлиги ($m^3/соат$) да:

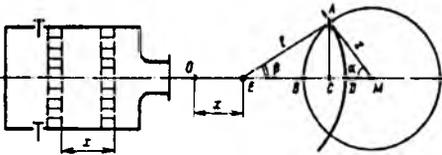
$$V_x = i \cdot 60 \cdot \eta_v \cdot f \cdot S \cdot n \quad (4.116)$$

бу ерда, i – ҳаракат қарралиги

Бу формула насоснинг ўртача унумдорлигини ифодалайди, лекин поршенни 1 маротаба бориб келишида суюқликнинг узатилиши нотекис амалга ошади.

Ихтиёрий вақтда поршенли насос узатган суюқлик миқдорини аниқлаш учун, поршень ҳаракати қонуниятини билиш керак.

Поршенни x миқдорда газ сўриши кривошипнинг бурилиш бурчаги α га нисбатан қуйидагича ифодалаш мумкин (4.38-расм).



4.38-расм. Поршень ҳаракат қонунини келтириб чиқаришга оид.

Поршенни чап томонини охириги ҳолатида ползун O нуктада жойлашади. Поршеннинг ўнгга қилган ҳаракатида эса, ползун қандайдир E нуктага сурилади. Кривошипнинг босиб ўтган йўли эса, кривошип буриладиган α бурчак ёрдамида аниқланиб, у A (нукта) га жойлашади.

Қуйидаги ҳисоблаш ишини кўриб чиқамиз: E нуктадан l радиусли шатун узунлигида AD ёйини чизиб, A нуктадан горизонтал чизиққа AC перпендикуляр туширамыз.

Поршень босиб ўтган x масофа эса: $x = BD = BC + CD$ бўлади. Лекин $BC = MB - MC = r - r \cdot \cos \alpha = r(1 - \cos \alpha)$, $CD = ED - EC = l - l \cos \beta = l(1 - \cos \beta)$. Бу ерда r кривошип узунлиги. Демак:

$$x = r(1 - \cos \alpha) + l(1 - \cos \beta).$$

Лекин $\cos \beta$ ни бирга яқин десак, чунки $l \gg r$ ва бурчак $\beta \rightarrow 0$, шундай қилиб $x = r(1 - \cos \alpha)$. Бунда поршеннинг ҳаракат тезлиги:

$$C_n = \frac{dx}{dt} = r \cdot \sin \alpha \frac{d\alpha}{dt} = \omega \cdot r \cdot \sin \alpha$$

бу ерда, ω – кривошипнинг айланма бурчак тезлиги.

Шундай қилиб, оний узатиш синусоидал қонун бўйича ўзгаради:

$$V = f \cdot C_n = f \cdot r \cdot \omega \cdot \sin \alpha \quad \text{ва} \quad dV = f \cdot r \cdot \sin \alpha \cdot d\tau$$

лекин $\omega = \frac{d\alpha}{d\tau}$; унда $dV = f \cdot r \cdot \sin \alpha \, d\alpha$

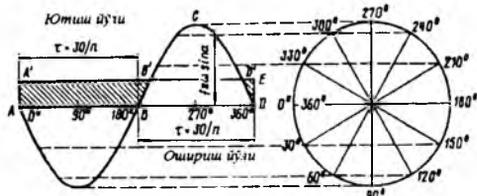
Кривошипнинг бурилиш бурчаги α ни абсцисса ўқига қўйсақ, оний кўзғалишни эса.

ордината ўкига жойлаштирамиз (4.39-расм). Синусоида билан чегараланган майдон, поршеннинг 1 та босиб ўтган йўлида, яъни кривошипнинг ҳаракати йўли эса π дан 2π гача бўлади, насос узатган суюклик ҳажмига пропорционал бўлади (4.39-расмга қаранг).

$$V = \int_{\pi}^{2\pi} dV = fr \int_{\pi}^{2\pi} \sin \alpha \cdot d\alpha = 2fr = f \cdot S \quad (4.117)$$

4.39-расм кривошип бурилиш бурчаги π дан 2π гача кўрсатилган бўлиб, бу абсцисса ўкида ажратилган оралик вақтига пропорционал.

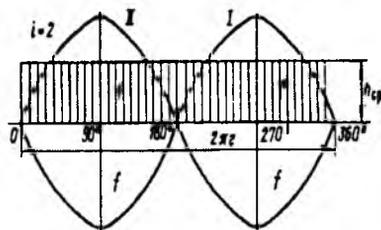
Оддий насос сўриш йўлига мос бўлган ўкнинг биринчи ярим айланишида суюкликни узатмайди ва бу абсцисса ўкида 0 дан π гача узатиш чизиғи абсцисса билан мос келади (AB чизиғи). Оддий насос кривошипнинг тўлиқ айланиши ёки поршеннинг 2 маротаба бориб-келиш ABCD чизиғи билан ифодаланади.



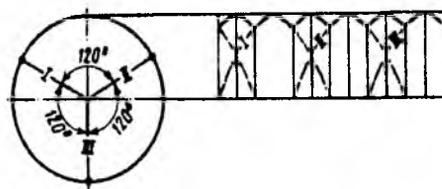
4.39-расм. Оддий насоснинг узатиш диаграммаси.

Кривошипнинг бурилиш бурчаги $\alpha=90^\circ$ бўлганда, максимал узатиш бўлади. Насоснинг нотекис узатиши қуйидаги нисбат билан аниқланади: $\psi = V_{\max}/V_{\text{ур}}$. Оддий ҳаракатли насос учун нотекислик коэффиценти $\psi_I = \pi$ бўлса, икки томонлама ҳаракатли насос учун $\psi_{II} = \pi/2 = 1,57$, учталиқ учун эса - $\psi_{III} = 1,047$.

Икки томонлама ҳаракатли насоснинг узатиш диаграммаси бир-бирига нисбатан ўгирилган синусоидаларни ташкил этади (4.40-расм), 3 боскичли насос учун эса 3 та синусоиданинг 120° га сурилган бўлади (4.41-расм).



4.40-расм. Икки томонлама ҳаракатланувчи насоснинг узатиш диаграммаси.



4.41-расм. Уч боскичли насоснинг узатиш диаграммаси.

Узатиш эгри чизиғи I, II ва III ордината эгри чизикларининг йиғиндиси бўлиб, хизмат қилади, чунки улар оддий насосларнинг узатиш даврига тўғри келади. Графикдан кўришиб турибдики, 3 боскичли насосларнинг суюклик узатиши текисланиб боради.

Оддий насосларнинг узатиш ва сўриш қувурларидаги нотекисликни камайтириш учун уларга бевосита ҳаво калпоқчалари ўрнатилади. Ҳаво калпоқчалари буфер ҳажм ҳисобланиб, унинг 50% ҳажмини ҳаво эгаллайди. Сўриш пайтида, калпоқчага суюклик кирганда ундаги ҳаво сиқилади. Агар узатиш ўртача қийматдан камайса, суюклик ичидан чиқариб юборилади. Қалпоқчадаги ҳаво босимининг ўзгариш фарқи кам бўлса, суюкликнинг сўриш ва ҳайдаш қувурларидаги ҳаракати бир текисда бўлади.

Поршенли насоснинг унумдорлиги узатиш босимига боғлиқ бўлмасдан доимий, катталиқ бўлиб қолади.

Насос қувватини ҳисоблашда ва иш жараёнидаги носозликларни аниқлашда индикатор диаграммасидан фойдаланилади.

Насос цилиндри абсолют босимини поршень босиб ўтган йўли ёки ҳажмига боғлиқлигини кўрсатиб беради. Насос цилиндрига, ўрнатилган индикатор ёрдамида

индикатор диаграмма чизилади. 4.42-расмда *ав* чизиги сўриш жараёнига мос келади. Насосдаги босим атмосфера босимдан паст бўлади ва p_a га тенг бўлади. Поршеннинг v нуктаси энг четки ўнг ҳолатига мос келади. Бу ҳолатда сўриш клапани ёпик бўлади. Поршень ўнгга қараб ҳаракати бошланганда, цилиндрдаги босим бирданига p_n қийматгача кўтарилади (*bc* чизик). $p_n - p_a$ босимлар фарқи остида ҳайдаш қувуридаги клапан очилади ва суюклик узатила бошлайди (*ca* чизиги). *a* ва *c* нукталардаги босимнинг тебраниши клапанларни очилиш пайтидаги инерцияси туфайли ҳосил бўлади.

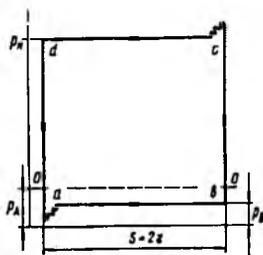
Индикатор диаграммаси ёрдамида насоснинг индикатор қувватини аниқлаш мумкин. Унинг қиймати диаграмма юзасига тенг деб олинади. Индикатор қуввати маълум бўлса, фойдали қувватни ушбу формуладан аниқлаш мумкин бўлади:

$$N_{\phi} = \eta_{инд} \cdot N_{инд}$$

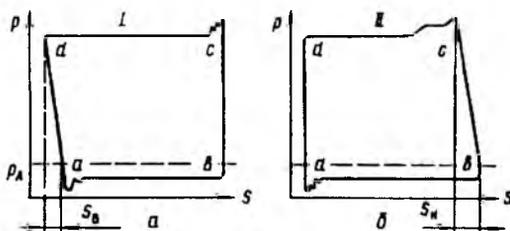
бу ерда, $\eta_{инд}$ – индикатор ф.и.к

4.43-расм индикатор диаграмма ёрдамида насоснинг баъзи бир носозликларини аниқлаш мумкин.

4.43а-расмдаги диаграммада узатиш пайтида насос клапанининг кеч ёпилиши кузатилаётган бўлса, 4.43б-расмда эса, сўриш клапани ёпилишининг кечга қолиши тасвирланган.



4.42-расм. Индикатор диаграммаси.



4.43-расм. Насос ишидаги баъзи носозликлар:

- а – клапанининг ёпишиб қолиши.
- б – сўриш клапани ёпилишининг кечикиши

Индикатор диаграммасидаги ўзгаришлар насос ичидаги бошқа носозликлар мавжудлигидан далолат беради.

Цилиндрга ҳавони кириб қолиши диаграммадаги сўриш горизонтал чизигидан четланишига, чизигининг тебраниши кўрсатади.

Поршенли насослар асосан, суюкликни кам миқдорда узатишда босими 5 дан 100 МПа гача бўлган юкори қовушқоқ, тез алангаланувчи суюкликларни узатишда, ҳамда суюкликларни тақсимлаш учун ишлатилади.

Поршенли насосларнинг камчиликлари: унумдорлиги кичик, суюклик нотекис узатилади, кривошип-шатунли механизм мавжудлиги, суюклик таркибида каттик зарралар бўлса, клапанлари тез ишдан чиқиши киради. Ундан ташқари, уни ўрнатиш учун мустаҳкам пойдеворлар талаб этилади.

Поршенли насосларнинг классификацияси 4.6-жадвалда келтирилган .

Насослар классификацияси

4.6-жадвал

№	Тип	Тури	Алоҳида белгилари
I.	Юритиш усули	Электр юриткич (кривошип-шатун механизми ёки бошқа)	Редуктор орқали электр юриткич айланма ҳаракати
		Тўғри ҳаракатланувчи	Штокнинг илгариллама-кайтма ҳаракатли машинадан
		Қўл ёрдамида ҳаракатланувчи	-

2.	Ҳосил қилган босими	Паст босимли	$p < 1$ МПа
		Ўртача босимли	$1 < p < 2$ МПа
		Юқори босимли	$p > 2$ МПа
3.	Поршень конструкцияси	Поршеньли	$S/D = 0,5 - 1,5$
		Плунжерли	$S/D = 2 \dots 8$
4.	Айланиш частотаси	Тез юрар	120...300 айл/мин
		Ўрта тезликли	60...120 айл/мин
		Секин юрар	40...60 айл/мин
5.	Поршень ҳаракатининг йўналиши	Горизонтал	Пойдеворга тангенциал юклама тушади
		Вертикал	Пойдеворга нормал юклама тушади
6.	Ҳаракат қарралиги	Бир қарра (оддий) ҳаракатли	Суюкликни бир меъёрда узатиш беради
		Қўшалок ҳаракатли	
		Тўрт қарра ҳаракатли	
		Уч қарра ҳаракатли	
7.	Унумдорлиги	Кичик	$V < 1$ м ³ /с
		Ўрта	$1 < V < 2$ м ³ /с
		Юқори	$V > 2$ м ³ /с

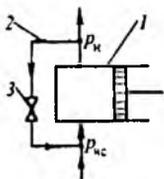
4.19.1. Поршеньли насослар унумдорлигини ростлаш

(2.97) формулага биноан поршеньли насослар иш унумдорлигини куйидаги усуллар ёрдамида ростлаш мумкин:

– турли узатиш сонига эга бўлган редуктор ўрнатиб кривошип айланиш тезлигини ўзгартириш йўли билан; одатда жуда катта насос қурилмаларида қўлланилади;

– кривошип втулкаси ҳолатига таъсир этиб поршень юриш масофасини ўзгартириб, яъни радиус r га таъсир этиб; шундай қилиб унумдорликни ҳам босқичма-босқич ҳамда аста-секин ўзгартириш мумкин;

– ҳайдаш йўлидаги бир қисм суюкликни байпас шахобчасидаги вентил орқали сўриш йўлига узатиш (4.44-расм); ушбу усулда энергия сарфи бекорга йўқолади, чунки бир қисм суюклик сўриш йўлига қайтарилмоқда; бу ростлаш усули энергетик жиҳатдан зарарли ва ундан иш унумдорлиги фақат кичик микдорда (10...20% дан кам) ўзгартирилганда қўлланилади.



4.44-расм. Поршеньли насослар унумдорлигини байпас шахобчасида вентил ёрдамида ростлаш:
1-насос; 2-байпас шахобчаси;
3-вентил (задвижка).

Поршеньли насоснинг унумдорлигини сўриш ва ҳайдаш йўлларида задвижка ўрнатиб ростлаш ман этилади. Биринчидан бу усул билан иш унумдорлигини ростлаб бўлмайди: чунки кривошип-шатун механизмнинг бир айланишида бир микдордаги ($V_0 = FS$) суюклик сўрилади ва ҳайдалади. Иккинчидан, иш унумдорлигини задвижкалар

ёрдамида ростлаш салбий ҳодисаларга олиб келиши мумкин.

4.20. Насосларнинг махсус турлари

Қуюлтирилган суюкликларни узатиш учун ковшоқлиги 1000 Па·с кийматга тенг бўлган суюкликлар учун ротацион турдаги ҳажмий насослар (мононасослар) ишлатилади.



4.45-расм. Мононасос схемаси:
1-статор, 2-ротор,
3-эпик бўшлик.

Мононасоснинг асосий қисмлари статор 1 ва ротор 2 бўлади (4.45-расм).

Одатда, статор ичи икки йўлли,

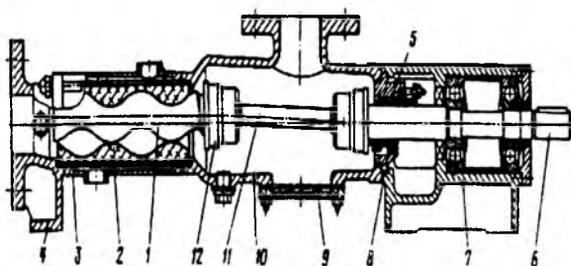
юзали, винтли, профилли, юкори резьбали цилиндрдан ташкил топган.

Статорга бир йўлли ротор ўрнатилган бўлиб, у ўзининг асосий ўқи ва статорнинг кўндаланг кесим ўқи атрофида ҳам айланади.

Статор ва ротор орасида ҳосил бўладиган ёпик бўшлиқлар 3, насос ишлаши пайтида суюклик билан тўлиб туради ва ротор айланганда, аксиал кўзғалиб боради. Ротор айланганда бу бўшлиқ ҳажми 0 дан максимумгача ўзгаради, бўшлиқ ортиб борганда суюклик сўриб борилади.

Мононасоснинг конструкцияси 4.46-расмда келтирилган. Насос қобиғи чўяндан ёки зангламайдиган пўлатдан тайёрланади. Статор табиий каучук, синтетик, махсус резина, полиуретан, пластик массадан, юмшоқ поливинилхлорид, тефлон, полиамиддан, ротор эса зангламайдиган металл ва пластмассадан тайёрланади.

Бу насосларнинг босими 2,4 МПа ва унумдорлиги 200 м³/соат гача бўлиши мумкин.

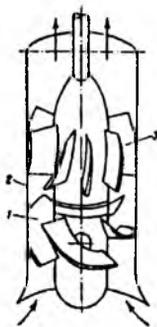


4.46-расм. Мононасос конструкцияси:

1- ротор; 2-статор; 3-иситиш ғилофи. 4-хайдаш штуцери; 5-сальник; 6-ўқ; 7-подшипник қобиғи; 8-зичловчи халка; 9-қопқок; 10-қобик; 11-бирлаштирувчи ўқ; 12-шарнир.

Насосларда совитиш ёки иситиш учун ғилофлар бўлиши мумкин. Статорнинг ишчи температуралар оралиғи -30 дан $+300^{\circ}\text{C}$ гача.

Кичик босим билан катта миқдордаги суюкликларни узатишда ўқли насослардан фойдаланиш юкори самара беради (4.47-расм).

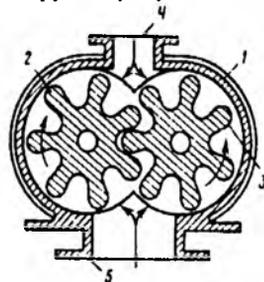


4.47-расм. Ўқли насос схемаси:

1-статор; 2-ротор; 3-ёпик бўшлиқ.

Бу турдаги насосларнинг ишчи ғилдираги эшакли винт шаклида тайёрланган бўлади. Суюклик куракча ёрдамида илиб олинади ва қобикда айланиб, ўқнинг йўналиши бўйлаб узатилади. Насосдан кейин суюкликни айланма ҳаракатини тўғрилаб берувчи усқуна жойлашган бўлади.

Қуёқ, юкори қовушқок суюкликларни узатишда шестерняли насослардан фойдаланилади (4.48-расм).



4.48-расм. Шестерняли насос:

1-қобик; 2,3-шестернялар; 4-хайдаш штуцери; 5-сўриш штуцери.

Насос чўян қобикдан ясалган бўлиб, унга 2 та бир-бири билан илашадиган шестернялар ўрнатилган бўлади. Шестернялардан бири электр юриткичга уланган – етакловчи бўлса, иккинчиси – етакланувчи ҳисобланади.

Шестернялар ўзаро илашишдан чикканида сийракланиш ҳосил бўлади ва суюклик насосга сўрилади. Шестерня тишлари суюкликни сўриб кетади ва айланиш йўналиши томон ҳаракатланади. Шестерня тишлари қайтадан илашганда, суюклик узатилади. Шестерняли

насосларни таксимлагич сифатида қўллаш ҳам мумкин. Ундан ташқари, кичик унумдорликда, юқори босимни таъминлаб беради.

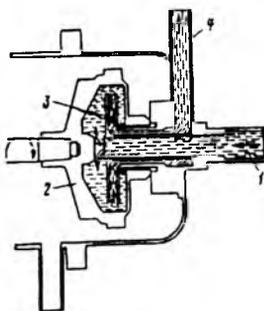
Суюкликларни аралаштириш учун марказдан кочма аралаштиргичлардан фойдаланилади (4.49-расм).

Суюклик маълум нисбатда айланаётган барабанга киради ва интенсив аралашади. Суюклик аралашмаси грейферга кириб, босим остида аралаштиргичдан штуцер орқали чикиб кетади.

Марказдан кочма насос турлари. Ишчи ғилдирагининг чархига караб марказдан кочма насослар 5 гуруҳга бўлинади.

4.7-жадвал

Гуруҳ	D_1/D_2	n_s
Секин юрар	2,5	40...80
Ўртача тезликли	2	80...150
Тез юрар	1,4	150...300
Ярим ўкли	1,1	300...600
Ўкли	0,8	600...1200



4.49-расм. Марказдан кочма турдаги суюклик аралаштиргич:

- 1-суюклик узатиш штуцери,
- 2-аралаштирувчи барабан;
- 3-грейфер; 4-аралашмани чиқариш штуцери.

Бир хил α_2 , β_2 , бурчаклар ва ε , η коэффициентларга эга насосларнинг асосий характеристикасини тез юрарлик критерийси n_s ифодалайди.

Тез юрарлик критерийси эталон насоснинг айланиш частотаси бўлиб, ф.и.к. ўзаро тенг бўлиб, 0,736 кВт қувват билан 1 м. сув уст. тенг босим ҳосил қилади.

Ишчи ғилдираги D ва D_s диаметрли 2 та ўзаро мос бўлган ҳамда айланишлар частотаси мос равишда n ва n_s бўлган насосларни текшириб кўрамиз. Уларнинг босимлари H ва H_s , унумдорлиги V ва V_s бўлса, қувватлар N ва $N_s = 0,736$ кВт бўлади.

(4.108) тенгламадан напорни аниқлаш учун (4.112) тенгламага мурожаат этсак:

$$\frac{H}{H_s} = \frac{nD}{n_s D_s}$$

(4.110) тенгламадан унумдорликни аниқлаш учун (4.113) дан фойдаланамиз:

$$\frac{V}{V_s} = \frac{F \cdot C_{2r}}{F_s C_{2rs}} = \frac{n \cdot D^3}{n_s D_s^3}$$

Қувват нисбатини аниқлаш учун (4.114) га мурожаат қилсак:

$$\frac{N}{N_s} = \frac{\rho g V H}{\rho g V_s H_s} = \frac{n^3 D^5}{n_s^3 D_s^5}$$

Бу тенгламалардан $H_s = 1$ м ва $N_s = 0,736$ кВтларни ҳисобга олиб:

$$n_s = \frac{3,65 \cdot n \sqrt{V}}{H^{0,75}} \quad (4.118)$$

(4.118) тенглама таҳлилидан аниқ айланишлар частотасида тез юрарлик коэффициенти унумдорлик ортишига тўғри пропорционал, напорга тесқари пропорционал. Шу сабаб, секин юрар насослар унумдорлиги паст бўлиб, босимни юқори қийматга кўтаришга хизмат қилса, тез юрарлар эса, кичик босим билан катта унумдорликни таъминлаб беради.

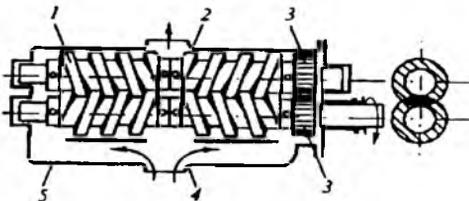
Марказдан кочма насосларнинг афзаллиги шундан иборатки, суюклик бир текис узатилади, кичик ўлчамли, тез юрар, клапанлари йўклиги, ростлаш осонлиги, пластмассадан тайёрлаш ва енгил пойдевор асосга ўрнатиш мумкин.

Камчиликларига эса қуйидагилар киради: босим, унумдорлик ва фойдали иш коэффициентлари, насоснинг иш режимига боғлиқ, суюклик ковшоқлиги ва напор ортиши билан фойдали иш коэффициентлари камайди; паст унумдорлида насосларнинг фойдали иш коэффициентлари кичик бўлади.

Бу турдаги насослар катта унумдорлик ва кичик босим керак бўлганда ишлатилади.

Винтсимон насос. Ишлаш принципи шестерняли насосникига ўхшаш.

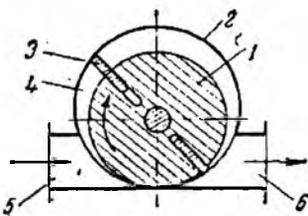
Бу турдаги насослар шестерня 3 лар ёрдамида карама-қарши томонга айланган иккита винт 1 дан таркиб топган. Винт 1 лар зич ёпишиб турадиган қобик 5 ичига ўрнатилган (4.50-расм). Ўқ бўйича юклама ортиб кетмаслиги учун суюклик насосга ён томонидан киритилади ва ўртасида жойлашган штуцердан чиқарилади. Насосга кирган суюклик винт ариқчалари ва қобик орасидаги ҳажми тўлдиради. Винтлар айланганда суюклик сурилиб марказга боради ва ҳайдаш патрубкисига йўналтирилади.



4.50-расм. Винтсимон насос:

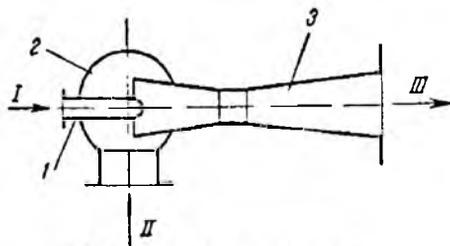
1-винтлар; 2,4-ҳайдаш ва сўриш патрубклар, 3-шестернялар, 5-қобик

Пластинали насос. Бундай насослар оғир цилиндр (ротор) 1 ва қобик 2 лардан таркиб топган (4.51-расм). Цилиндрда пластиналар учун бир хил кенгликда ариқчалар ўйилган ва у қобик ичида эксцентрик ўрнатилган бўлади. Ротор 1 ўқи копкакнинг ён томонидан сальник орқали қобикдан чиқарилади ва электр юриткич ўқи билан бирлаштирилади. Ротордаги ариқчаларга тўртбурчак шаклидаги пластина 3 лар маҳкамланади.



4.51-расм. Пластинали ротацион насос:

1-ротор, 2-қобик, 3-пластиналар, 4-ишчи бўшлиқ, 5-сўриш патрубкиси, 6-ҳайдаш патрубкиси



4.52-расм. Оқимчали насос:

1-сопло, 2-насос қобиғи, 3-диффузор, I-ишчи суюклик, II-узатилаётган суюклик, III-аралашма

Ротор айланганда, ушбу пластиналар қобик зич жойлашиб сирпанади ва ўроксимон шаклдаги бўшлиқни иккига бўлади: сўриш ва ҳайдаш камераларига. Сўриш камерасида пластина айланиш йўналишида ҳаракатланганда ушбу камерада вакуум ҳосил бўлади ва суюклик 5 патрубк орқали сўрилади. Вертикал ўқдан пластина ўтганда ҳайдаш камерасининг ҳажми камайиб боради ва суюклик ҳайдаш патрубк 6 орқали труба қувурига узатилади.

Оқимчали насос. Бу турдаги насосларда суюкликларни узатиш ва напор ҳосил қилиш учун бошқа бир суюкликнинг кинетик энергиясидан фойдаланилади (4.52-расм). Одатда, бу суюклик ишчи суюклик (буғ ёки сув) деб номланади. Оқимчали насослар

иккига гуруҳга бўлинади: инжектор (атмосфера босимидан юкори босим ҳосил қилади) ва эжектор (курулмада вакуум ҳосил қилади).

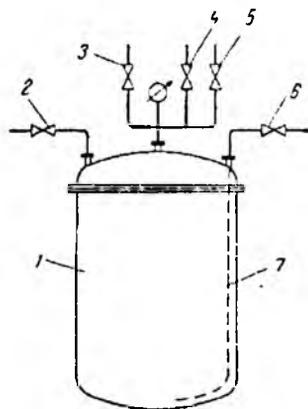
Ишчи суюклик катта тезликда соплó 1 дан аралашуш камераси 2 орқали диффузор 3 га узатилади. Бу даврда ишчи суюклик юзавий ишқаланиш ҳисобига узатилаётган суюкликни тортиб кетади. Диффузорнинг энг тор жойида ишчи ва узатилаётган суюкликлар тезлиги максимумга чиқади ва Бернулли тенгламасига биноан статик босим эса минимал қийматга эга бўлади. Аралашуш камераси ва диффузордаги босимлар фарқи узатилаётган суюкликни сўриш йўлидан камера 2 тортилишини таъминлайди. Диффузор 3 да оким тезлиги пасаяди, лекин унинг потенциал энергияси ортади ва напор остида суюклик ҳайдаш трубасига узатилади. Окимчали насослар унумдорлигини инжекция коэффициенти орқали ифодалаш қулайдир, яъни

$$\psi_v = \frac{G_k}{G_v} \quad (4.119)$$

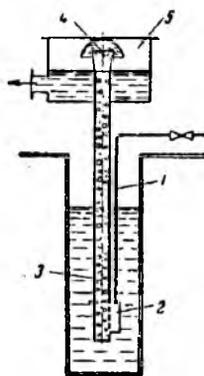
бу ерда, G_k – ишчи суюклик сарфи, кг/с, G_v – узатилаётган суюклик сарфи, кг/с

Окимчали насосларни ишчи ва узатилаётган суюкликлар, яъни ишчи суюклик буги конденсацияланганда сувга айланса, аралашуши мумкин бўлган ҳолларда қўллаш руҳсат этилади. Кўпинча, бу турдаги насослар буг қозонларига сувни узатишда ишлатилади.

Монтежю. Бу турдаги насос горизонтал ёки вертикал резервуар 1 кўринишида бўлиб, суюкликни узатиш учун сиқилган ҳаво ёки инерт газ энергиясидан фойдаланилади (4.53-расм). Қурилмага суюклик очик кран 2 орқали юборилади. Бунинг учун ҳаво крани 3 ёки монтежюни вакуум йўли билан боғлайдиган кран 4 очилади. Суюклик узатилиб бошладан аввал 2,3 ва 4 кранлар ёпилади ва ҳайдаш йўлидаги кран 6 ва сиқилган ҳаво узатиш йўлидаги кран 5 очилади. Сиқилган ҳаво босими манометр орқали назорат қилинади.



4.53-расм. Монтежю:
1-қобик, 2-6-кранлар;
7-сиқиб чиқариш трубаси.



4.54-расм. Ҳаволи қўтаргич:
1-сиқилган ҳаво узатиш трубаси,
2-аралаштиргич, 3-қўтариш трубаси,
4-қайтаргич, 5-йиғгич

Монтежюнинг афзалликлари: ишқаланувчи ва айланувчи деталь ва қисмлар йўқ; кимёвий фаол, ифлосланган ва радиоактив суюкликларни узатиш учун қўллаш мумкин.

Камчиликлари: насос фойдали иш коэффициенти жуда паст, яъни 10...20%.

Ҳаволи қўтаргич (эрлифт). Бундай насослар сиқилган ҳаво узатадиган труба 1 ва газ-суюклик аралашмаси ҳосил бўладиган камераси 2 лардан таркиб топган (4.54-расм). Маълумки, газ-суюклик аралашмасининг зичлиги суюклик зичлигидан кам бўлганлиги учун труба 3 орқали юкорига қўтарилади. Труба 3 дан чиқишда қайтаргич 4 га урилиб пастга оқиб тушади. Шундай қилиб, газ-суюклик аралашмасидан ҳаво ажралиб чиқади ва суюклик йиғгич 5 га тушади.

Ишчи суюклик сифатида «газ-ҳаво» ишлатилгани учун ушбу қурилманинг иккинчи номи ҳам бор, яъни газлифт. Бундай қурилмаларни ҳисоблаш учун 4.55-расмда

келтирилган схемадан фойдаланамиз.

Газ-суюклик аралашмасининг зичлиги ушбу формуладан аникланади:

$$\rho = \rho_g \varphi + \rho_{ж} (1 - \varphi) \quad (4.120)$$

$$\rho_g \ll \rho_{ж} \text{ бўлгани учун } \rho = \rho_{ж} (1 - \varphi)$$

Агар $H_{ж}$ маълум бўлса, суюкликнинг максимал кўтарилиш баландлиги H куйидаги формуладан топилади:

$$H = H_{ж} \cdot \frac{\rho_{ж} - \rho_{гж}}{\rho_{гж}} \quad (4.121)$$

Зарур напор H ни таъминловчи трубаинг суюкликка чўкиб турган кисми $H_{ж}$ куйидаги формуладан аникланади:

$$H_{ж} = H \cdot \frac{\rho_{гж}}{\rho_{ж} - \rho_{гж}} \quad (4.122)$$

(4.121) ва (4.122) формулаларга кирувчи $(\rho_{ж} - \rho_{гж})/\rho_{гж}$ ни газ саклаш φ оркали фойдаласак,

$$\frac{\rho_{ж} - \rho_{гж}}{\rho_{гж}} = \frac{\varphi}{1 - \varphi} \quad (4.123)$$

Унда (4.121) ва (4.122) формулалар ушбу кўринишга келади:

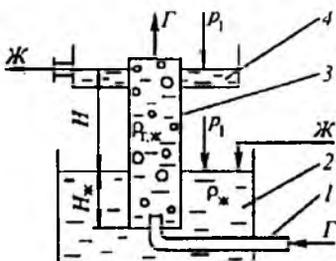
$$H = H_{ж} \cdot \frac{\varphi}{1 - \varphi}, \quad H_{ж} = H \cdot \frac{1 - \varphi}{\varphi} \quad (4.124)$$

Формуладан кўришиб турибдики, кўтариш баландлигини ошириш учун газ-суюклик аралашма таркибидаги газ миқдорини кўпайтириш керак.

Агар H ва $H_{ж}$ маълум бўлса, минимал газ саклаш φ ушбу формуладан ҳисобланади:

$$\varphi = \frac{H}{H - H_{ж}} \quad (4.125)$$

Газлифт параметрларини янада аниқроқ ҳисоблаш учун икки фазали оқим ҳаракати давридаги гидравлик йўқотилишларни инобатга олиш керак. Ушбу йўқотилишлар суюк ва газ фазалар сарфи, кўтариш трубаининг диаметри, деворларининг ҳолати ва бошқаларга боғлиқ.



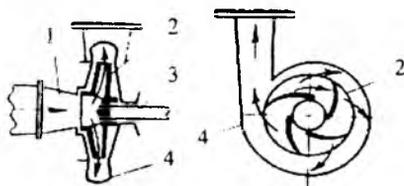
4.55-расм. Газлифт схемаси:

1-газ узатиш труба; 2-суюклик идиши; 3-кўтариш труба; 4-кабул қилиш идиши. Г-газ, Ж-суюклик

Ҳаволи кўтаргичнинг афзалликлари: ишқаланувчи ва ҳаракатланувчи кисм ва деталлар йўқлиги. Камчилиги: нисбатан кичик ф.и.к. (25...35%).

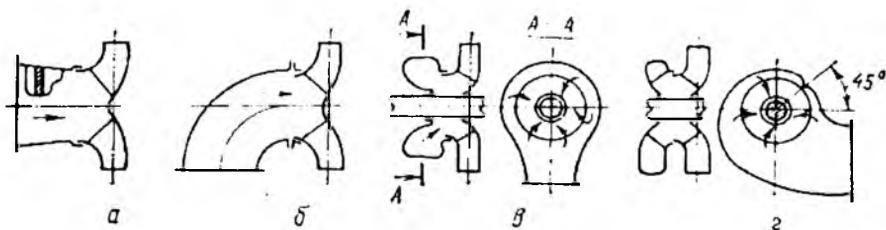
4.21. Насослар ҳаракатланувчи кисм ва зичлагичларининг турлари

Конструкциялари турли-туман бўлишига карамай, динамик (марказдан қочма) насослар бир катор ўхшаш элемент: узатиш патрубкиси 1, ишчи гилдирак 2, ҳайдаш патрубкиси 3 ва ротор 4 лардан таркиб топган (4.56-расм).



4.56-рasm. Марказдан қочма насоснинг принципнал схемаси:
1- узатиш патрубкиси, 2- ишчи ғилдирак, 3- хайдаш патрубкиси, 4- ротор

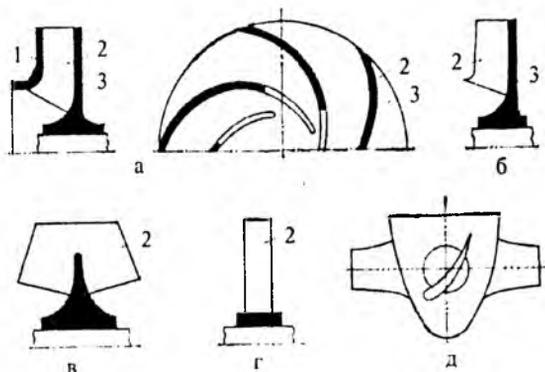
Узатиш патрубкиси суюкликларни ишчи ғилдиракка минимал йўқотишлар билан ва талаб этилган тезликлар тақсимланишини таъминлаш учун хизмат қилади. 4.57-рasmда марказдан қочма насослар узатиш патрубкларининг конструкциялари келтирилган.



4.57-рasm. Марказдан қочма насослар узатиш патрубкка конструкциялари:
а-конфузорли патрубкка, б-букилга тирсак,
в-халқасмон камера, г-ярим спиралсимон узатиш патрубкиси.

Ишчи ғилдирак механик энергияси узатилаётган суюклик гидравлик энергиясига айлантиради. Ишчи ғилдирак радиал, диагонал ва ўкли русумли бўлиши мумкин. Ёпик турдаги ишчи ғилдирак етакчи 3 ва етакланувчи 1 дисклар орасидаги жойлашган паррак 2 лар дан иборат (4.58а-рasm). Ярим очик русумли ишчи ғилдиракда етакланувчи диск бўлмайди ва парраклар асосий (етакчи) диск билан яхлит қилиб ясалган(4.58б-рasm).

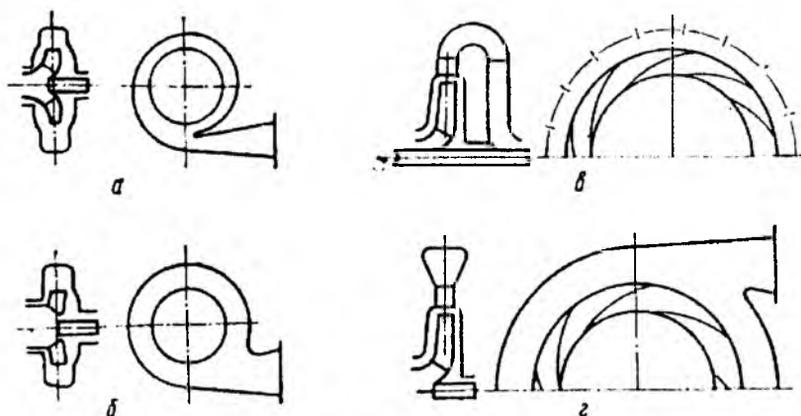
Уюрмали насос ишчи ғилдираги радиал парракли втулка кўринишида қилинган. Ушбу насос ишчи ғилдираги ёпик русумли бўлиб, калта парраклар дискнинг учиға ўрнатилган.



4.58-рasm. Динамик насослар ишчи ғилдиракларининг конструкциялари:
а-марказдан қочма, ёпик типдаги, б- марказдан қочма, ярим очик типдаги,
в- марказдан қочма, очик типдаги, г-уюрмали насос, д-ўкли насос
1-етақланувчи диск, 2-паррак, 3-етакчи диск

Ҳайдаш патрубкиси ишчи ғилдиракдан чиқаётган суюкликни йиғиш, тезлик моментини сўндириш ва суюклик кинетик энергиясини унинг босим энергиясига айлантириш, суюкликни ҳайдаш патрубкиси ёки насоснинг кейинги босқичига узатиш учун хизмат қилади. Марказдан қочма насосларнинг ҳайдаш патрубкалари спиралсимон

(4.59а-расм), ҳалқасимон (4.59б-расм), йўналтирувчи қурилма кўринишида (4.59в-расм) ва комбинацияланган (4.59г-расм) қилиб ясаллади.

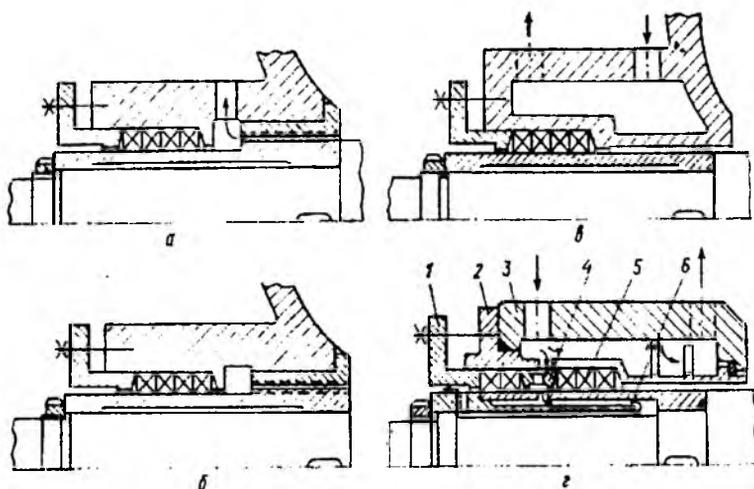


4.59-расм. Марказдан қочма насослар ҳайдаш патрубкalarининг конструкциялари:

а – марказдан қочма, эпик типдаги, б – марказдан қочма, ярим очик типдаги,
в – марказдан қочма, очик типдаги, г-уюрмали насос, д – ўқли насос
1-етақланувчи диск, 2-паррак, 3-етақчи диск

Насос ўқларининг зичлагичлари контактли бўлиб, асосан икки хилдаги, яъни юмшоқ тикинли салниклар ва ён томон зичлагичлар конструкциялар кенг қўламда қўлланилади.

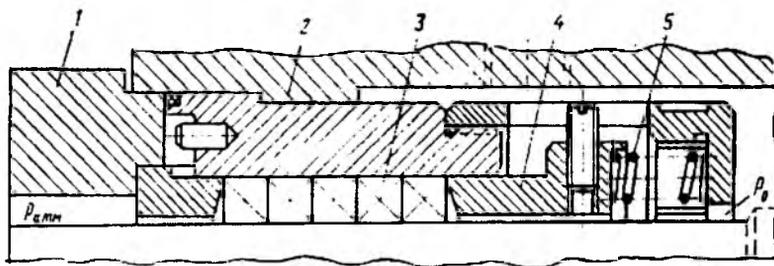
Салникли зичлагичлар контактли мосламалар турига киради ва насос ёрдамида узатилаётган суюқликнинг ташқарига интенсив оқиб кетмаслигини таъминлаш учун ишлатилади (4.60-расм). Ушбу мосламалар босим 1 МПа гача ва ҳимояловчи втулканинг айлана тезлиги 20 м/с гача бўлган шароитларда ишончли ишлайди. Салник қобиғи 2 насос қобиғи 3 да аниқ маҳкамланади. Унда, салникли тикин ҳалқаси 5 ўрнатилади ва улар орасида гидрозатворнинг ҳалқаси 5 жойланади. Ўқ бўйлаб тикинлар сиқувчи втулка 1 ёрдамида ҳимояловчи втулка 6 тақаб зичланади. Қўзғалмас бирикмалар резанали қистирмалар билан зичланади. 4.60-расмда салникли зичлагичларнинг турли хилдаги конструкциялари келтирилган.



4.60-расм. Юмшоқ тикинли салникли зичлагичлар:

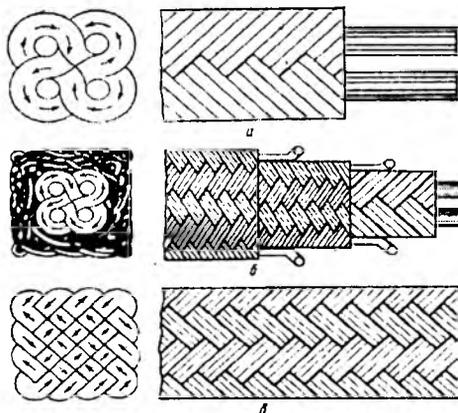
а-гидравлик ҳалқасиз, б – ўқли импеллерли юкламаси пасайтирилган;
в- ташқи совитиш воситали, г-комбинацияланган совитишли.
1-сиқувчи втулка, 2-салник қобиғи, 3-насос қобиғи,
4-гидрозатвор ҳалқаси, 5-салникли тикин ҳалқаси, 6-ҳимояловчи втулка.

Ўзи силжувчи салникли зичлагичлар копкак 1, втулка 2 дан иборат бўлиб, уларнинг ичида салникли тикин 3 жойлашади (4.61-расм). Ўк бўйлаб тикинни сиқиш втулка 4 ёрдамида зичловчи босим p_0 хисобига амалга ошади. Агар насос ишламаётган бўлса, тикинни сиқиш пружина 5 ёрдамида бажарилади.



4.61-расм. Ўзи силжувчи салникли зичлагичлар:
1-копкак, 2-втулка, 3-салникли тикин, 4-босиб турувчи втулка, 5-пружина

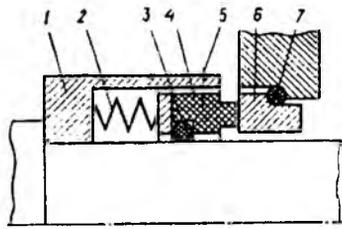
Тикиннинг физик-механик едирилишга бардошлиги ва антифрикцион хоссаларига тикин матосининг тўкилиш структураси катта аҳамиятга эга. Бу тикинларнинг афзаллиги шундаки, насос бўламини монтаж ва демонтаж қилиш бутун насосни ажратмасдан амалга оширса бўлади. Салникли тикинлар ташки тўкимали, бўйлама тешикли ва диаплексли турлари ишлаб чиқарилади (4.62-расм). Диаплексли тўкилган тикин ўк едирилиш жадаллигини 30...50% га камайтиради. Нефть маҳсулотларини 80°C температурада узатувчи насосларнинг тикинлари мой ва графит шимдирилган асбестдан қилинган бўлади. Узатилаётган муҳит температураси ~200°C да асбест-кўрғошинли, 200°C дан юқорида температурада – асбест-алюминийли тикинлар ишлатилади.



4.62-расм. Салникли тикинларни тўкишнинг турлари:
а-бўйлама тешикли; б-ташки тўкимали, в-диаплексли (диагоналли)

Ён томон зичлагичлар конструкцияларининг кўплигига қарамадан, бир қатор ўхшаш ва ўзгармас элемент: бир-бирига яси томонлари билан тегиб турган ишқаланиш жуфтлигининг иккита зичловчи ҳалқа 4 ва 6 лардан таркиб топган (4.63-расм). Ҳалқа 6 қобикқа ёки ўкга маҳкамланади ва элемент 7 ёрдамида зичланади. Бурчак ва ўк бўйлаб эркин ҳаракатланувчи ҳалқа 4 сиқувчи элемент 1 да ўрнатилади. Ушбу элементга пружиналар 2 ва иккиламчи зичловчи элемент 3 ҳамда етакловчи система 5 лар қиради.

У ёки бу конструктив схемани танлаш эксплуатациянинг аниқ шароитлари билан белгиланади.

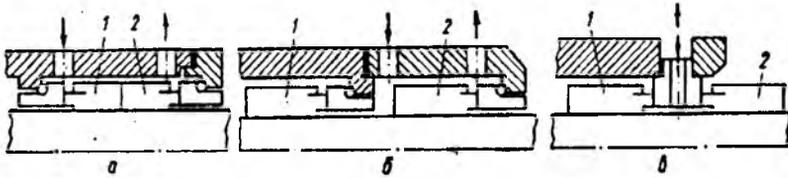


4.63-расм. Ён томон зичлагичи:

1-сикувчи элемент; 2-пружина; 3,7-зичловчи элементлар;
4-зичловчи ҳалка; 5-етақловчи система; 6-ҳалка

Қўшалок ён томонли зичлагичлар қуйидаги шароитларда қўлланилади (4.64-расм): мойлаш қобилиятлари ёмон бўлган газсимон ва суюқлик муҳитларни узатишда; таркибида каттиқ фаза бўлган босими ва температураси юқори бўлган суюқликларни узатишда; бугланган суюқликларни ишқаланиш зонасида кристалланишга мойил суюқликларни узатишда; захарли, енгил ёнувчан суюқликларни узатишда.

Қўшалок ён томонли зичлагичлар техника хавфсизлиги талабларига жавоб беради ва насос ўқи ва деталларига қуйқаларнинг ўтириб қолишини бартараф қилади.

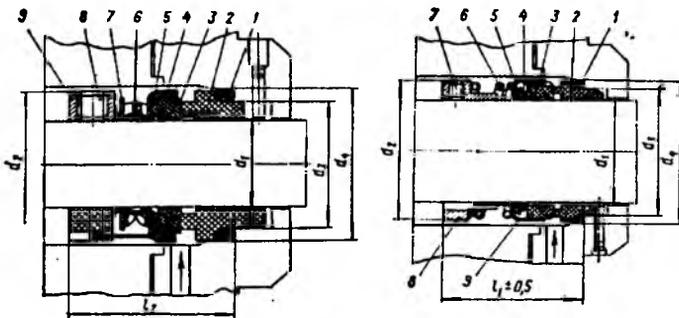


4.64-расм. Қўшалок ён томонли зичлагичлар конструкциялари:

а-ички зичлагични ташки учма-уч ўрнатиш; б- ички зичлагични ички учма-уч ўрнатиш; в-ички зичлагични ички учма-уч ва ташки зичлагични оддий ўрнатиш. 1-ички зичлагич; 2-ташки зичлагич.

Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, ички зичлагич очилиб кетмаслиги ва икки суюқлик аралашмаслиги учун затвордаги суюқлик босими узатилаётган суюқлик босимидан 0,1...0,15 МПа га ортик бўлиши шарт.

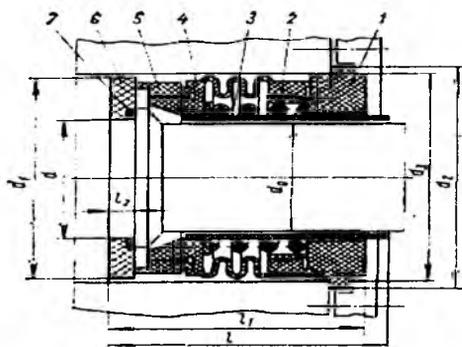
4.65-расмда 132 типдаги ён томонли зичлагич узатилаётган суюқлик босими 1 МПа, температура -40 дан +105°C, каттиқ фаза концентрацияси 4% гача бўлган суюқликларни узатишда қўлланилади. Конструкцияда резина силфон ва тўлқинсимон типдаги пружина ишлатилади.



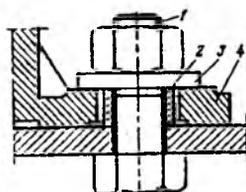
4.65-расм. Ён томонли зичлагич (132 тип) конструкцияси:

1- зичловчи ҳалка; 2-қўзғалмас ҳалка; 3-айланувчи ҳалка;
4-обойма; 5-силфон; 6-тўлқинсимон пружина; 7-ҳалка;
8-қотирувчи винт; 9-таянч втулка

4.66-расмда 422 типдаги ён томонли зичлагич узатилаётган суюклик босими 0,3 МПа, температура -40 дан +80°С, каттик фаза концентрацияси 0,1% гача бўлган суюкликларни узатишда қўлланилади.



4.66-расм. Ён томонли зичлагич конструкцияси:
1-фланец, 2-пружина; 3-втулка;
4-силфон, 5-қўзғалмас халка,
6-айланувчи халка, 7-кистирма.

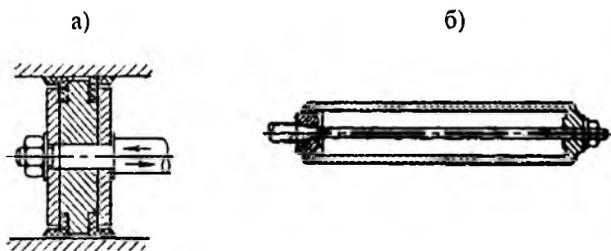


4.67-расм. Иссик суюкликлар учун насос таянчини компенсациялаб маҳкамлаш:
1-болт, 2-втулка, 3-шайба,
4-таянч.

Иш жараёнида насос кизиб олгандан кейин насос ва электр юриткичларнинг геометрик ўқлари тўғри келмай қолади. Натижада, насос агрегатининг тебраниши бошланади. Бунда, насос қобигининг иссиқлик деформацияси симметрик равишда тарқалади ва кизиш жараёнида марказлаштиришнинг ишдан чиқиши кузатиб бормайди.

Қобикнинг вертикал ҳолатдаги маҳкамлиги болтли бирикма билан белгиланади (4.67-расм). Бу ерда маҳкамловчи болт 1 ни втулка 2 да тортиш шундай амалга ошириладики, массив шайба 3 ва таянч 4 ларнинг юзалари бир-бирига зич ёпишиб туради.

Насос поршенлари диски (4.68а-расм) ва плунжерли (4.68б-расм) қилиб ясалади.

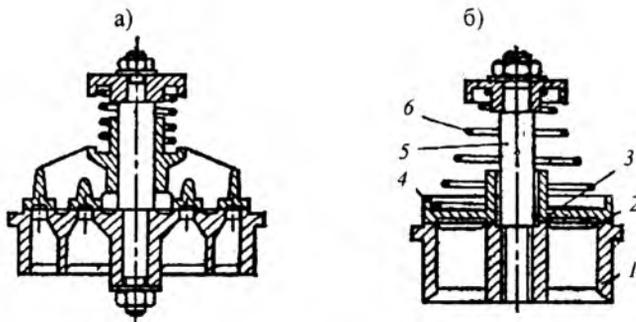


4.68-расм. Дискли (а) ва плунжерли (б) поршенлар конструкциялари.

Дискли поршенларни цилиндрда зичланиши металл ҳалқалар ёки чарм манжетлар ёрдамида амалга оширилади. Плунжерли поршень эса, юмшоқ тиқинли ташки салник ёрдамида зичланади.

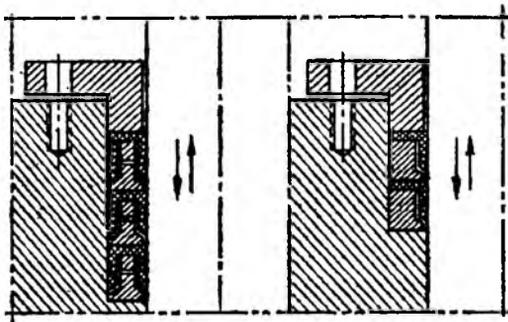
Кўпинча насос клапанлари тарелкали қилиб ясалади. Унумдорлиги катта насослар учун тарелкали клапанлар икки (4.69а-расм) ва уч ҳалқали бўлади.

Кичик сарфли насосларда энг кўп қўлланиладиган клапан конструкцияси – бу оддий клапандир (4.69б-расм). Клапан эгари 1 цилиндр клапанли тўсиғига қўзғалмас қилиб пресслаб ўтказилган. Эгар иккита сайқалланган ҳалқасимон юза 2 ва 3 ларга эга. Клапаннын усти ва остидаги босимлар фарқи туфайли клапан 4 йўналтирувчи чивик 5 бўйлаб сирланади. Конуссимон пружина 6 таъсирида клапан 4 эгарга зич ўтиради ва сикилиб туради.



4.69-расм. Икки ҳалқали ва оддий тарелкали клапанлар конструкциялари:
1-эгар, 2,3-эгар юзалари, 4-клапан, 5-чивик, 6-конуссимон пружина.

Айрим ҳолларда, тарелкали клапанлар қалин резинадан тайёрланади. Бундай материалдан клапаннинг ясалиши юқори даражадаги зичликни таъминлайди.



4.70-расм. Чарм манжетли салник конструкциялари.

Поршенли насослар салниклари юмшоқ тикинли ёки чарм манжетли бўлади (4.70-расм). Насос томонидан ҳосил қилинаётган босим Г- ёки П-симон манжетларнинг ички юзасига таъсир этади ва штокка маълум куч билан сиқиб қўяди. Насос қанчалик катта босим ҳосил қилса, манжетга шунчалик катта куч таъсир этади.

4.21.1. Насослар эксплуатациясида юзага келадиган носозликлар

Насосларда юз берадиган бузулиш ва турли-туман носозликларни аниқлаш бўйича тавсиялар бериш жуда қийин. Камдан-кам ҳолларда насоснинг бузулиш сабаби насоснинг ўзида бўлади. Шунинг учун, бошқа сабаблар ижобий натижа бермаган ҳоллардагина насосни қисм ва деталларга ажратиб таъмирлаш керак.

Паррақли насослардаги нуқсонлар ва уларни бартараф этиш усуллари

4.8-жадвал

№	Носозликлар	Сабаблар	Бартараф қилиш усуллари
1.	Ишга туширилганда насос суюқлик узатмайди	Нотўғри суюқлик тўлдирилган	Суюқлик қайтадан қуйилсин ва ҳавони чиқариб ташлашга эътибор берилсин.
		Айланишлар сони кичик	Айланишлар сонини ошириш керак
		Ҳавони чиқариш вентили очик бўлгани у-н ҳаво насос кириши м-н	Вентилни ёпиш керак

		Қабул қилувчи клапан зичлиги бузулган ёки тикилиб қолган	Клапан текширилади, зарурат бўлса тозаланади
		Салник герметиклиги йўқолган	Салникни сикиб тортиш ёки алмаштириш керак
2.	Насос, талаб этилаётган сарфни таъминламаяпти	Айланиш сони кичик	Айланишлар сонини ошириш керак
		Ишчи гилдирак тескари айланмоқда	Ишчи гилдирак айланиш йўналишини текшириш керак; электр юриткич кутбларини алмаштириш зарур
		Система қаршилиги ошган	Айланишлар сонини ошириш керак; агар электр юриткич ёрдамида амалга ошириб бўлмаса, катта диаметрли ишчи гилдирак ўрнатиш даркор ёки яна битта босқич қўшиш керак
		Сўриш трубаси тикилиб қолган	Сўриш трубаси, қабул қилувчи клапанни текшириш ва тозалаш, зарур бўлса насосни қисм ва деталларга ажратиш ва ишчи гилдракни тозалаш керак
		Суюқлик сатҳи паст ёки насос ва труба қувурида ҳаво бор	Насос ва труба қувури суюқлик б-н тўлдирилади ва ҳаво чиқарилади
		Салник орқали ҳаво сўрилади	Салник тортилади ёки тикин алмаштирилади:
		Суюқлик ўтиш жойи едилган	Насосни қисм ва деталга ажратиш ва едилган деталлар алмаштириш к-к
3.	Истеъмол қилинаётган қувват микдори ошиб кетган	Системанинг қаршилиги техник шартларда белгилангандан кам	Ҳайдаш йўлидаги задвижка техник шартларда белгиланган босимга эришгунга қадар беркитилади.
		Суюқлик зичлиги юқори	Агар зичликни камайтириш имкони бўлмаса, ишчи гилдирак озгина кесилади ёки босқичлар сони камайтирилади
4.	Насос узатишни тўхтатди	Сўриш труба қувурида ёки салник орқали ҳаво сўриб олинмоқда ва оқимнинг узлуксизлиги бузулган	Бирикмалардаги зичликни таъминлаш ёки салникларни тортиш керак
		Қабул қилиш резервуардаги сув сатҳининг пасайиши	Насос тўхтатилсин ва сатҳ кўтарилишига эришиш керак
		Сўриш труба қувури ва қабул қилиш клапани тикилган	Сўриш труба қувури ва қабул қилиш клапани текширилсин, қисмларга ажратиб тозалаш керак
5.	Насос герметиклиги бузулган	Тортувчи шпилкалар нотўғри маҳкамланган	Насос тўхтатилсин, совуқ ҳолатда бир меъёрда шпилкаларни тортиш таъминлансин
		Зичлагичлар шикастланган	Янги кистирма ва тикинлар қўйиб алмаштириш керак
6.	Салникда герметиклиги бузулган	Салник тикини едилган ёки нотўғри маҳкамланган	Тикинни алмаштириш керак; ён томон зичлагичнинг тикинли юзларини текшириш ва зарурат туғилса алмаштириш керак
		Ҳимояловчи втулка каттик тортилгани ёки табиий равишда едилган.	Втулкани сайқаллаш ёки алмаштириш, салникка янги тикин қўйиш керак.
		Салник остидаги ўқнинг уриши	Подшипниклар текширилсин, керак бўлса алмаштирилсин; ўқ

			уришини ишчи гилдирак маҳкамланган ҳолатда кузатиш лозим
7.	Подшипник керагидан ортик кизийди	Агрегат сифатсиз марказлаштирилган	Марказлаштириш текширилсин
		Труба қувурининг тебраниши насосга таъсир этмокда	Труба қувурининг маҳкамланишини ўзгартирилсин; агрегат марказлаштирилиши текширилсин
		Пойдевор билан зарур боғланиш йўқ	Пойдеворга маҳкамланиш текширилсин
		Сифатсиз мой	Мой сифати текширилсин, тўлдирилсин ёки янгисига алмаштирилсин; мой узатиш системасидаги босим ва узатиш текширилсин
		Мойнинг ковшоклиги пасайган	Мойга қўшимча қилиш ёки алмаштириш керак
8.	Насос шовкун таркатади	Насосда ҳаво бор	Насосни тўхтатиш ва қайтадан ишга тушириш керак
		Сарф жуда катта ёки напор жуда кичик	Задвижка ёрдамида шовкин йўқолгунча насос ишлашини ростлаш лозим

Илгарилама-қайтма насослар сиқиб чиқариш принципида ишлайди ва улар ортикча юкларга жуда сезгир. Бузулишлар олдини олиш учун эксплуатация қоидаларига қатъиян риоя қилиш даркор. Агар бузулишни аниқлаш қийин бўлса, уни тайёрлаган завод ёки корхонага мурожаат қилиш керак. Поршенли насосларнинг айрим носозликлари ва уларни бартараф этиш усуллари 4.9-жадвалда келтирилган.

Ҳайдаш трубасидаги задвижка ва клапанларга алоҳида эътибор бериш керак, чунки насосни ишга туширишдан аввал уларнинг ҳаммаси очиқ ҳолатда бўлиши керак. Агар ушбу задвижклар ёпик бўлса, насосдаги босим ошиб кетади, электр юриткичга ортикча юклама тушади ва бутун насос агрегатининг бузулишига олиб келиши мумкин. Шунинг учун, бу турдаги насосларда ҳайдаш патрубкисидан кейин тесқари клапан ёки байпас линияси ўрнатилиши даркор.

Поршенли насослардаги бузулишлар ва уларни бартараф қилиш усуллари

4.9-жадвал

№	Носозликлар	Сабаблар	Бартараф қилиш усуллари
1.	Насос унумдорлигининг камайиши	Клапан осилиб қолган	Вентилни очиш ва ростлаш керак
		Клапанга қаттиқ жисмларнинг қирган	Зичловчи юзани текшириш, зарур ҳолларда сайқаллаш ёки алмаштириш керак
		Клапан тўлик ёпилмайди	Клапан пружинасини текшириш ёки алмаштириш керак
		Цилиндр гилзаси ва поршень халқалари едилрилган ёки тирналган	Гилза ва халқани сайқаллаш ёки йўниб танлаш керак
2.	Насос нотургун ишлаши	Сўриш баландлиги руҳсат этилгандан кўп	Қабул резервуардаги суюклик сатҳини ўрнатиш, сўриш патрубкиси ва клапанни текшириш, зарур бўлса уларни тозалаш
		Насосда буг ҳосил бўлади	Сўриш баландлигини камайитириш керак
		Сўриш линияси орқали насосга ҳаво қирмокда	Сўриш линиясини герметиклигини текшириш ва

			салник назорат қилиш
3.	Босимнинг жуда катта миқдорда кўтарилиши	Ҳайдаш йўлидаги задвижкалар тўлиқ очилмаган	Задвижка ва вентилларни тўлиқ очиш зарур
		Ҳайдаш йўли тикилган ёки жуда узун	Труба қувурини назорат қилиш ва нормал ҳолатга келтириш
4.	Клапан шовкин билан ишлайди	Ётарли маҳкамланмаган	Клапан маҳкамланиши текшириш ва керакли бўлса зичловчи халқаларни янгилаш
		Клапан пружинаси синган	Пружина алмаштирилсин
5.	Крейцкопф подшипникида тақиллаш	Тиркиш жуда катта	Крейцкопф подшипники алмаштирилсин; тиркиш ўлчами ростлансин
6.	Подшипник керагидан ортикча қизиши	Сифатсиз мой	Мой алмаштирилсин
		Мой босими ётарли эмас	Мой насоси ёрдамида босимни ростлансин
7.	Мой босимининг пасайиши	Подшипниклардаги тиркишлар жуда катта	Қистирма олиб подшипникни ростлансин
8.	Насос суюклик тортмапти	Сўриш линияси орқали насосга ҳаво кирмоқда	Сўриш линиясидаги ҳамма бириктиш жойлари текширилсин
		Сўриш баландлиги рухсат этилгандан кўп	Қабул резервуардаги суюклик сатҳини ўрнатиш, сўриш патрубкани ва клапани текшириш, зарур бўлса уларни тозалаш
		Насос тўлмаган	Қайтадан насос суюклик билан тўлдирилсин

Роторли насослар илгарилама-кайтма насос каби сиқиб чиқариш принципида ишлайди. Агар юклама ошиб кетса, насоснинг бузулиши мумкин, чунки деталларнинг мустаҳкамлиги маълум максимал босимларга ҳисобланган. Шунга эътибор бериш керакки, насослар маълум бир суюкликларни узатиш учун мўлжалланган. Демак, насосларни эксплуатация қилишда корхона кўрсатмаларига катъий риоя қилиш керак.

Ҳайдаш қувурида босим рухсат этилмаган босимдан ортиб кетиш олдини олиш учун кўпчилик роторли насосларга сакловчи клапанлар ўрнатилади. Агарда насосда бундай клапан бўлмаса, сакловчи клапанларни труба қувурига ўрнатиш мақсадга мувофиқ.

Сакловчи клапан орқали узатилаётган суюкликни қабул қилиш резервуарига йўналтириш тавсия этилади. Ушбу жараёни амалга ошириш даврида рухсат этилгандан ортик температурагача суюкликнинг қизишига йўл қўйиб бўлмайди, чунки бундай шароитда насос ишдан чиқиши мумкин.

Кўп винтли ва шестерняли насосларнинг айрим носозликлари ва уларни бартараф қилиш усуллари 4.10-жадвалда келтирилган.

Кўп винтли насослардаги бузулишлар ва уларни бартараф қилиш усуллари

4.10-жадвал

№	Носозликлар	Сабаблар	Бартараф қилиш усуллари
1.	Насос унумдорлиги ва напори жуда кам	Ишчи босимда сакловчи клапан очилади, клапан эгари зичланиш ёмон	Клапан эгарининг ифлосланиши текширилсин ва тозалансин, клапан алмаштирилсин
		Ишчи орган ва қобик орасидаги тиркиш қатталашган	Ишчи орган ва қобик едирилиши текширилсин ва едирилиш катта бўлса деталлар алмаштирилсин
		Ҳаво сўрилиши ва ҳайдаш йўлида герметиклининг бузилиши	Сўриш қувури герметиклиги текширилсин, зарур бўлса зичлаш керак
		Айланиш частотаси паст	Айланиш частотаси ўлчансин ва электр юриткичга келаётган қучланиш аниқлансин
		Узатилаётган суюкликнинг қовушқоқлиги паст	Узатилаётган суюкликдан иссиқликни ажратиб олишни

			яхшилаш керак.
		Насосдан чиқишдаги босим манометр кўрсаткичидан юқори	Ҳайдаш линияси текширилсин, манометр тарировка қилинсин ёки алмаштирилсин
		Узатилаётган суюқлик ковушқоқлиги юқори	Суюқлик температурасини ошириш керак
2.	Насос қуввати номиналдан кўп	Электр юриткич тайёрланишидаги нуқсонлар.	Электр юриткич ва унинг қуввати текширилсин
		Насосдан чиқишдаги босим манометрик босимдан кўп	Босимни камайтириш, манометрни артиш ва тарировка қилиш керак
		Узатилаётган суюқлик ковушқоқлиги номиналдан анча юқори	Узатилаётган суюқлик температурасини кўтариш, қуввати катта электр юриткич ўрнатиш зарур
		Кобикда роторнинг тебраниши мавжуд	Насосни деталларга ажратиш ва текшириш, нуқсонли деталлар алмаштирилсин
3.	Қаттиқ тебраниш	Пойдевор ясашдаги нуқсонлар	Пойдеворни ўзгартириш, зарур бўлса насос пойдеворга пўкакли ёки фетрли кистрмага ўрнатилсин
		Труба қувурининг тебраниши	Труба қувури яхшилаб маҳкамлансин
		Ҳавонинг насосга кириб қолиши	Труба қувури бирикмаларини текширилсин
		Насос пойдеворга яхши ўрнатилмаган	Пойдевор болтлари тортилсин
4.	Насос нотургун ишлаши	Подшипник ва айланувчан деталларнинг қаттиқ едирилгани	Насос деталларга ажратилсин, зарур бўлса алмаштирилсин

4.21.2. Насосларни қўллаш соҳалари, афзаллик ва камчиликлари

Ҳар бир насосни қўллаш соҳалари бўлиб, у ерда ўз афзалликларини максимал тўлик ва тегишли камчиликларини энг кам миқдорда намоён қилади (2.59-расм).

Ҳажмий насослар. Поршенли насослар юқори ковушқоқ, ёнувчан ва портловчан суюқликларни нисбатан катта бўлмаган унумдорлик ва юқори босим (50...1000 атм.) да узатиш учун мўлжалланган.

Кичик напор (<10...15 м) ва юқори унумдорлик (<1500 м³/мин) талаб этилган соҳаларда пропеллерли насослар қўлланилади. Бу турдаги насослар ифлосланган ва кристалланишга мойил бўлган суюқликларни узатиш учун ишлатилади. Ушбу насослар гидравлик ф.и.к. катта, ихчам ва тез юрар.

Поршенли ва плунжерли насосларнинг асосий афзаллиги: фойдали иш коэффицентининг катта ($\eta=0,9$); кам миқдордаги, юқори ковушқоқ суюқликларни ҳар қандай босимда узатиб бериш хоссасига эга. Лекин уларда суюқлик узатилиши нотеқислиги, клапанларни тез ишдан чиқиши ва катта ўлчамга эга бўлиши, поршенли ва плунжерли насосларнинг қўлланишини озгина чегаралайди. Плунжерли насосларни ишлатиш осонроқ бўлиб, бузилиши камроқ бўлади.

Марказдан қочма ва ўқли насослар. Жуда катта бўлмаган напор, ўрта ва юқори иш унумдорлиги талаб этилган ҳолларда ишлатилади. Бу насослар фойдали иш коэффиценти ($\eta=0,8...0,95$) юқори ва суюқликни бир меъёрга узлуксиз узатиб беради. Нисбатан содда тузилганлиги уларни узоқ хизмат қилишини ва ишончлилигини таъминлайди. Клапанларнинг йўқлиги, ишқаланиш юзалари бўлмаслиги ифлосланган суюқликларни ҳам узатиш имконини беради. Электр юриткич билан бевосита уланиши насос қурилмасининг ихчамлигини таъминлайди ва унинг фойдали иш коэффицентини оширади. Қуракчали насосларни ушбу афзалликлари, уларнинг турли саноатларда кенг

қўламда қўлланишига олиб келди. Марказдан қочма насослар учун асосий 2 та чегара мавжуддир: 10 МПа дан ортиқ босим олиш мумкин эмас; жуда кичик иш унумдорликка эга насосларни лойиҳалаш мақсадга мувофиқ эмас.

Маълумки, суюқлик босимини ошириш учун ишчи ғилдирак айланишлар сонини кўпайтириш керак. Марказдан қочма куч айланишлар сонининг квадратига пропорционал бўлиб, нафакат суюқликка, балки ишчи ғилдиракка ҳам таъсир этади. Жуда юқори айланишлар сонидан ишчи ғилдирак диски ва куракчалари механик бузилиши мумкин. Шунинг учун ишчи ғилдирак айланишлар сонини чегараланиши конструкция материалларнинг механик мустаҳкамлиги билан белгиланади. Техник юксалиш туфайли янги, юқори мустаҳкамликка эга конструкция материаллар яратилиши насос ҳосил қилаётган напор бўйича юқори чегарасининг аста-секин кўтарилишига олиб келади.

Бу насосларнинг камчилиги: унумдорлиги ва босими пастлигидир. Тармок қаршилигининг ортиши билан иш унумдорлиги камаяди ва бу ҳол ўз навбатида ф.и.к. пасайтиради.

Винтсимон асос. Бу турдаги насослар нефть маҳсулотлари, ёнилғи, юқори қовушқок суюқликларни узатиш учун қўлланилади. Бу насослар ўқининг айланиш тезлиги 3000 айл/мин. гача бўлиб, унумдорлиги $300 \text{ м}^3/\text{соат}$ гача ва ҳосил қиладиган босими 175 атм.

Винтсимон насослар қуйидаги афзалликларга эга: тез юрар, ихчам ва шовкунсиз ишлайди. Босим ўзгариши билан унумдорликка салбий таъсир этмайди ва ф.и.к. нисбатан юқори $\eta=0,75\dots 0,80$. Ҳажмий насослар тузилиши оддий (шестерняли ва винтли) бўлиб, суюқликни бир меъёра узатиб беради.

Пластинали насос. Кичик босим ва унумдорлик ҳамда суюқлик таркибида каттик фазаси бўлмаган суюқликларни узатиш учун пластинали насослар қўлланилади.

Шестерняли насос. Юқори босим (100...150 атм.) ва кичик иш унумдорлиги ($<5\dots 6 \text{ м}^3/\text{мин.}$) ҳамда суюқлик таркибида каттик фазаси бўлмаган суюқликларни узатиш учун шестерняли насослар қўлланилади.

Оқимчали насослар. Бу насослар кичик (ўртача) напор ва иш унумдорлик талаб этилган ҳолларда қўлланилади. Ушбу насосларнинг афзаллиги шундан иборатки, уларнинг тузилиши анча содда, ифлосланган суюқликларни ҳам узата олади. Сув оқимчали насослар техникада қудуқлардан сувларни кўтариш учун хизмат қиладди. Буг - оқимчали насослар эса, буғ қозонларга сув узатиш учун ёки вакуум ҳосил қилишда хизмат қиладди. Оқимчали насосларнинг камчилиги: фойдали иш коэффициентлари жуда кичик ва юқори босим ҳосил қила олмайди.

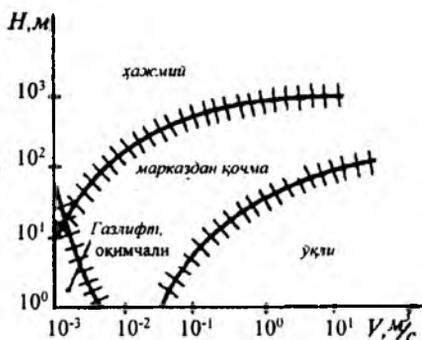
Уюрмали насослар. Кичик унумдорлик ($<40 \text{ м}^3/\text{мин.}$) ва катта напорлар ($<250 \text{ м}$) да тоза, қовушқоклиги паст бўлган суюқликларни узатиш учун уюрмали насослар ишлатилади. Бу турдаги насослар афзалликлари: тузилиши содда, ихчам ва юқори напорлар олиш мумкинлиги.

Камчиликлари: ф.и.к. кичик $\eta=0,20\dots 0,50$, энергиянинг йўқотилиши салмоқли ҳамда таркибида каттик фаза бўлган ва қовушқок суюқликларни узатишга яроқсизлиги.

Ҳаволи (газли) кўтаргич ва оқимчали насослар ҳаракатланувчи ва ишқаланувчи қисм ва деталли насосларни қўллаш ман этилган технологияларда ишлатилади. Ушбу насослар кичик (ўртача) напор ва иш унумдорлик талаб этилган ҳолларда қўлланилади. Бу насослар тузилиши содда ва уларга кўрсатиладиган хизмат ҳам оддийлигидир. Мисол учун, чуқур қудуқлардан сув чиқариш, агрессив суюқликларни узатишда қўлланилади. Ҳаволи кўтаргич, монтежю ва оқимчали насослар ф.и.к. паст (25...35%). Лекин насос таркибида ҳаракатчан қисм ва деталлар йўқлиги, унинг энг асосий афзаллигидир.

Монтежю. Бу насосни қўллаш соҳаси кичик напор ва унумдорлик талаб этиладиган технологик жараёнлардир.

4.71-расмда турли хилдаги насосларни қўллаш соҳаларининг чегаралари келтирилган.



4.71-расм. Турли насосларни қўллаш соҳалари.

Ушбу бобнинг якунида шуни таъкидлаш керакки, ҳар бир аниқ ҳолат учун насосни танлаш техник-иқтисодий ҳисоблашлар асосида ҳамда эксплуатацион, насос ва бошқа жиҳозларнинг конструктив характеристикалари инobatга олган ҳолда амалга оширилади.

4-боб. Насослар бўйича

Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Насос қандай машина?
2. Насослар қандай турларга бўлинади?
3. Насосларнинг асосий параметрларини ифодаловчи формулаларни ёзинг ва ўлчов бирликларини аниқланг.
4. Насос қурилмасининг ф.и.к.
5. Насоснинг сўриш баландлиги қандай аниқланади?
6. Марказдан қочма насос конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
7. Поршенли насос конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
8. Марказдан қочма насос конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
9. Пропорционалик қонунини ифодаловчи формулаларни ёзинг.
10. Ўқли насос конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
11. Шестерняли насос конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
12. Винтсимон насос конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
13. Пластинали насос конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
14. Оқимчали насос конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
15. Монтежю конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
16. Ҳаволи кўтаргич конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
17. Насосларни қўллаш соҳалари.

КОМПРЕССОРЛАР

4.22. Асосий тушунчалар

Кимё ва нефть-газни кайта ишлаш саноатлари корхоналарида кўп миқдорда газ ва газ аралашмаларини кайта ишлашга тўғри келади. Кўпгина кимёвий жараёнларнинг атмосфера босимдан фаркли босимлар остида олиб борилиши, жараён тезлигини оширади, курилма ўлчамларини кичик бўлишига ва ҳоказоларга олиб келади.

Газларни сиқиш ёрдамида уларнинг қувурларда ва курилмаларда ҳаракати таъминланади ва вакуум ҳосил қилинади. Бундан ташқари, ҳаво ва газларни сиқиш, уларни аралаштириш, суюкликларни пуркаш учун ишлатилади. Кимё ва нефть-газ саноатларида қўлланиладиган босим миқдорлари 10^{-3} дан 10^8 Н/м^2 ($10^{-8} \dots 10^3$ атм) гача бўлади.

Газларни узатиш ва сиқиш учун мўлжалланган машиналар компрессор машиналари дейилади.

Компрессор машинаси ҳосил қиладиган охириги босим P_2 нинг, газни сўрилиш пайтидаги босим P_1 га нисбати *сиқиш даражаси* деб номланади.

Сиқиш кўрсаткичининг киймати бўйича компрессор машиналари қуйидаги турларга бўлинади:

- 1) вентиляторлар ($P_2/P_1 < 1,1$ – катта миқдордаги газларни узатиш учун;
- 2) газодувкалар $1,1 < (P_2/P_1) < 3$ – нисбатан катта гидравлик қаршиликка эга қувурлардан газларни узатиш учун;
- 3) компрессорлар ($P_2/P_1 > 3$ юқори босим ҳосил қилиш учун ишлатилади;
- 4) вакуум-насос атмосфера босимидан кичик бўлган босимларда газларни сўриб олиш учун.

Компрессор машиналари ишлаш усули (принципи) бўйича поршенли, роторли, марказдан қочма, ўкли ва бошқа машиналарга бўлинади.

Поршенли машиналарда газларни сиқиш ҳажмининг камайиши ҳисобига амалга ошади. Бунда поршеннинг илгарилама-қайтма ҳаракати туфайли газнинг босими оширилади.

Роторли машиналарда газларни сиқиш эксцентрик жойлашган роторнинг айланиши туфайли ҳажмининг камайиши оқибатида ҳосил бўлади.

Марказдан қочма машиналарда ишчи гилдиракнинг айланишида ҳосил бўладиган инерция кучлари ёрдамида газ сиқилади.

Ўкли машиналарда ишчи гилдирак ва йўналтирувчи курилма узунлиги бўйлаб, газ ҳаракатланганда унинг сиқилиши содир бўлади.

Вакуум-насос сифатида ҳар қандай компрессордан фойдаланиш мумкин. Фақат вакуум-насос билан компрессор орасида фарқ шундаки, вакуум-насосда сўриш босимнинг атмосфера босимидан сезиларли кам бўлса, узатиш эса атмосфера босимидан кўпроқ бўлади. Поршенли компрессорлар кам миқдордаги газларни катта босимларгача (0,5 ... 20 МПа ва ундан юқори) сиқишда ишлатилади. Турбокомпрессорлар эса, катта миқдордаги газларни нисбатан паст босимларда (0,15...1,5 МПа) узатиб беришга мўлжалланган.

4.23. Газларни сиқиш жараёнининг термодинамик асослари

Реал газларни сиқиш жараёнида унинг ҳажми, босими ва температураси ўзгаради. Газларни сиқиш жараёни назарияси идеал газ термодинамикасига асосланади ва ушбу тенглама билан ифодаланади:

$$p = \rho R T \quad (4.126)$$

Компрессордан чиқишдаги 10 МПа ва ундан юқори бўлган газ учун реал газнинг ҳолат тенгласидан фойдаланса бўлади:

бу ерда, z – сикилиш коэффициентини, унинг сон кийматлари махсус адабиетларда келтирилган

Лекин амалий ҳисоблашлар учун температура-энтропия ёки T - S термодинамик диаграммадан фойдаланиш қулай ва ишончли. Одатда, T - S диаграмма тажриба маълумотлари асосида қурилади.

4.72-расмда AKB чегаравий эгри чизик тасвирланган бўлиб, унинг максимуми критик нукта K га тўғри келади. Ушбу эгри чизик ва абсцисса ўқи оралигидаги соҳада, бир вақтнинг ўзида ҳам суюқ, ҳам буғ фазалар мавжуддир. KA кесманинг чап қисмидаги соҳа буғнинг тўлиқ конденсацияланишига тўғри келади. Графикнинг бу қисмида қуруқлик даражаси $x=1$. KA кесмани ўнг қисми эса, суюқликнинг тўлиқ буғланишини ифодалайди ва унда қуруқлик даражаси $x=0$. Чегаравий эгри чизикнинг чап томонида суюқ, ўнг томонида эса фақат буғ (газсимон) фазалар бўлади. Критик нукта K нинг координаталари газнинг критик параметрларини характерлайди.

Нам буғ соҳасида ўзгармас намлик чизиклари ($x=\text{const}$) ўтказилади. Ўзгармас температура чизиклари (изотермалар) абсцисса, энтропия

чизиклари ($T=\text{const}$ ва $S=\text{const}$) эса ордината ўқларига параллелдир. Ўта қизиган буғ соҳасидаги изобара чизиклари ($p=\text{const}$) тепага йўналган бўлса, нам буғ соҳасида эса, изотерма чизиклари билан устма-уст тушади, чунки бу ерда температура иссиқлик ўзгармаган ҳолда суюқликни буғланишига сарфланади. Суюқ фаза соҳасидаги изобара чизиклари чегаравий эгри чизик билан бирлашиб кетади. Бунга сабаб суюқликнинг сикилмаслиги ва босимнинг физик хоссаларга суғ таъсиридир.

Ундан ташқари, T - S диаграммада ўзгармас энтальпия чизиклари ($i=\text{const}$) ҳам ўтказилган. T - S диаграммадаги газнинг ҳамма параметрлари 1 кг газга нисбатан олинган.

Термодинамиканинг қонунига биноан, қайтар жараёнлар учун энтропиянинг ортиши қуйидагига тенг

$$dS = \frac{dQ}{T} \quad (4.128)$$

Ушбу тенглама ёрдамида газ ҳолатининг ўзгариш иссиқлигини ҳисоблаб топиш мумкин:

$$Q = \int T dS \quad (4.129)$$

Газларни сикиш жараёни. Газни сикиш жараёнидаги охириги босими атроф-муҳит билан иссиқлик алмашилишига боғлиқ. Назарий жиҳатдан фақат иккита ҳолат бўлиши мумкин:

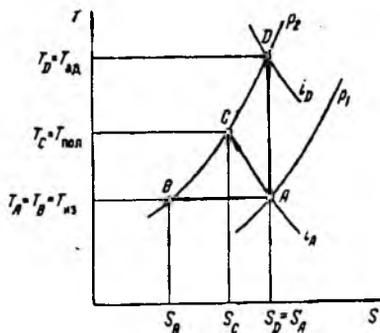
1) Изотермик жараён – газни сикиш жараёнида ҳосил бўлаётган иссиқликнинг ҳаммаси атроф-муҳитга ажратиб олинади ва газнинг температураси ўзгармас бўлиб туради;

2) Адиабатик жараён – бунда атроф-муҳит билан иссиқлик алмашилиш умуман йўқ ва сикиш жараёнида иссиқлик газнинг ички энергиясини оширишга сарфланади ва натижада унинг температураси кўтарилади.

Одатда, газни сикиш жараёнида ҳам жам ва босим ўзгариши билан унинг температура-сининг ўзгаришига олиб келади ва ҳосил бўлаётган иссиқликнинг бир қисми атроф-муҳитга ўтади.

Сикиш жараёнидаги иш ва истеъмол қилинаётган қувват. Газни p_1 босимдан p_2 гача изотермик сикиш жараёни T - S диаграммада $T_A=\text{const}$ чизиги бўйлаб ўтказилган AB

тўғри кесма билан ифодаланеди (4.73-расм).



4.73-расм. T-S диаграммада газни сикиш жараёнини тасвирлаш.

Адиабатик сикиш жараёни газ ва атроф-муҳит ўртасида умуман иссиқлик алмашмаслиги билан характерланади. Газни адиабатик сикишда $dQ=0$ ва $dS=0$. Шундай қилиб, адиабатик жараёнда энтропия ўзгармас ва у T-S диаграммада $S_A = \text{const}$ чизиғи бўйлаб ўтказилган AD тўғри чизик билан тасвирланади.

Газни p_1 босимдан p_2 гача сикиш даврида политропик жараён юз беради ва у AC кия чизиғи билан характерланади.

Агар бошланғич босим p_1 ва охириги p_2 маълум бўлса, газни сикиш учун сарфланган солиштирма иш l аналитик усулда ҳам аниқла-ниши мумкин:

изотермик жараён учун

$$l_{из} = p_1 v_1 \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (4.130)$$

адиабатик жараён учун

$$l_{ад} = \frac{k}{k-1} p_1 v_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (4.131)$$

политропик жараён учун

$$l_{пол} = \frac{m}{m-1} p_1 \cdot v_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right] \quad (4.132)$$

бу ерда, v_1 – сўриш давридаги газнинг солиштирма ҳажми, $\text{м}^3/\text{кг}$, $k=c_p/c_v$ – адиабата кўрсаткичи (газнинг ўзгармас ҳажм-даги иссиқлик сигимига нисбати); m – политропа кўрсаткичи.

Политропа кўрсаткичи m нинг қиймати газнинг табиати, хоссалари ва атроф-муҳит билан иссиқлик алмашиниш шароитларига боғлиқ. Масалан, газни сув ёрдамида совути-ладиган компрессорда ҳаво сикилганда $m=1,35$ деб тахмин қилса бўлади.

Изотермик сикишда энг кам иш сарфланади. Шунинг учун ҳам газларни сикиш изо-термик жараёнга яқин шароитда ташкил этишга ҳаракат қилинади. Демак, сикиш жараё-нида ҳосил бўлаётган иссиқликни газни совитиш йўли билан ажратиб олинади.

Сикиш жараёнидан сўнг газнинг температураси T_2 қуйидагича аниқланади:
изотермик жараён учун

$$T_2 = T_1 \quad (4.133)$$

адиабатик жараён учун

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (4.134)$$

политропик жараён учун

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} \quad (4.135)$$

Газни сикиш учун компрессор сарфлаётган назарий қувват N_n (Вт) ушбу формула

ёрдамида топилади:

$$N_n = V\rho l \quad (4.136)$$

бу ерда, V – компрессорнинг ҳажмий сарфи, м³/с; ρ – газ зичлиги, кг/м³.

Агар компрессорнинг ҳажмий иш унумдорлиги ва газнинг зичлиги сўриш шароити, (яъни $V=V_1$ ва $\rho=\rho_1=l/v_1$) ҳамда (2.104)...(2.108) тенгламаларни ҳисобга олсак, газни компрессорда сиқиш жараёнида сарфланаётган қувватни аниқлаш мумкин:

изотермик жараён учун

$$N_{n,из} = p_1 V_1 \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (4.137)$$

адиабатик жараён учун

$$N_{n,ад} = \frac{k}{k-1} p_1 V_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (4.138)$$

политропик жараён учун

$$N_{n,пол} = \frac{m}{m-1} p_1 V_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right] \quad (4.139)$$

Компрессор ўқидаги қувват N_e ни қуйидаги тенглама орқали ҳисоблаб топилади:

$$N_e = \frac{\rho V L}{\eta_v \eta_{мех}} \quad (4.140)$$

бу ерда, η_v – ҳажмий коэффициент, суюқликни клапан, турли тирқишлардан оқиб чиқиб кетишини ҳисобга олади, $\eta_{мех}$ – компрессорнинг механик фойдали иш коэффициенти, механик ишқаланишни энгши учун сарфланадиган энергияни ҳисобга олади.

Электр юриткич қуввати $N_{эю}$ компрессор ўқидаги қувват N_e дан катта, чунки юриткичнинг ўзида ва узатмада маълум миқдорда қувват йўқотилади:

$$N_{эю} = \frac{N_e}{\eta_{эю} \eta_{уз}} \quad (4.141)$$

бу ерда, $\eta_{эю}$ ва $\eta_{уз}$ – электр юриткич ва узатманинг фойдали иш коэффициентлари

Юриткич керакли қуввати $N_{кю}$ одатда 10...15% захира билан қабул қилинади, яъни

$$N_{кю} = (1,1 \dots 1,15) \cdot N_{эю} \quad (4.142)$$

Адиабатик фойдали иш коэффициентнинг $\eta_{ад}$ қиймати бирга яқин бўлиб, 0,93...0,97 га тенгдир. Изотермик фойдали иш коэффициенти $\eta_{из}$ сиқилиш даражасига қараб, 0,64...0,78 қиймат оралиғида бўлади. Механик фойдали иш коэффициенти $\eta_{мех}$ кўпинча 0,85...0,95 ораликдаги қийматга тенг.

Вентилятор ўқидаги N_e қувватни:

$$N_e = \rho Q H g / \eta_e \quad (4.143)$$

тенгламадан аниқланади.

бу ерда, η_e – вентилятор фойдали иш коэффициенти бўлиб, узатиш коэффициенти η_e ва механик фойдали иш коэффициенти $\eta_{мех}$ ларнинг кўпайтмаси орқали аниқланади

4.24. Поршенли компрессорлар

Поршенли компрессорлар сикиш боскичи сонига караб бир, икки ва кўп боскичли, ишлаш принципи бўйича эса, оддий (бир томонлама) ва икки томонлама ҳаракатли компрессорларга бўлинади. Компрессор машинасининг тузилиши худди поршенли насоснинг тузилишига ўхшаш. Компрессор машинасининг газни бирор орalik ёки охириги босимгача кўтарувчи қисмига *сиқини боскичи* дейилади.

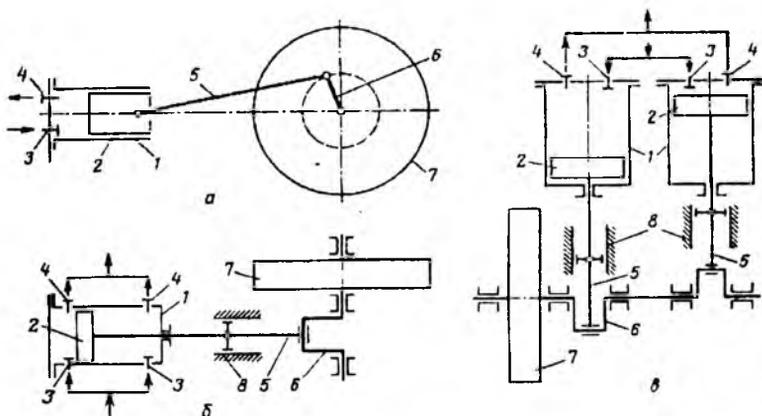
Поршень цилиндрда ўнгга ва чапга кривошип-шатун механизми ёрдамида илгариланма - кайтма ҳаракат қилади. Компрессорларда поршень цилиндр деворига зич қилиб ўрнатилади ва уни икки қисмга бўлиб туради. Поршень чапдан ўнгга илгариланма ҳаракат қилганда, сўриш клапани очилади ва цилиндр газга тўлади. Поршень орқага кайтганда эса, цилиндрдаги газнинг сикилиши натижасида босим ортади ва ҳайдаш қувурига узатилади. Маълумки, газ сиқилганда унинг температураси ортади.

Оддий поршенли компрессорларда поршеннинг бир маротба тўлик, бориб-келишида бир маротаба сўриш ва узатиш бўлади. Икки томонлама поршенли компрессорларда иккита сўриш ва иккита узатиш бўлади (4.74-расм).

Бир боскичли компрессорлар горизонтал ва вертикал ҳолда тайёрланади. Горизонтал компрессорлар икки томонлама, вертикаллари эса бир томонлама бўлади.

Бир боскичли, бир томонлама горизонтал компрессорда (4.74а-расм) поршень 2 цилиндр 1 да ҳаракатланади. Цилиндр бир томонидан сўриш 3 ва узатиш 4 клапанлари ўрнатилган копкак билан ёпилган. Поршень шатун 5 ва кривошип 6 билан бевосита уланган.

Ўқда эса, кривошипдан ташқари маховик 8 ўрнатилган. Поршень чапдан ўнгга ҳаракатланганда, цилиндр ичида, яъни копкак билан поршень орасида, сийраклиниш ҳосил бўлади. Сўриш қувурида босимлар фарқи ҳосил бўлгандан сўнг, цилиндрда клапан 3 очилади ва цилиндрга газ киради. Поршень ўнгга караб ҳаракат қилганда эса, сўриш



4.74-расм. Оддий поршенли компрессор:

а-бир цилиндрли, бир томонлама ҳаракатланувчи; б-бир цилиндрли, икки томонлама ҳаракатланувчи; в-икки цилиндрли, бир томонлама ҳаракатланувчи 1-цилиндр; 2-поршень; 3-сўриш клапани; 4-ҳайдаш клапани; 5-шатун; 6-кривошип; 7-маховик; 8-крейцкопф

клапани ёпилади, цилиндр ичидаги газ поршень ёрдамида, маълум босим p_2 гача сиқилади ва клапан 4 очилгандан сўнг газ узатиш қувурига берилади. Бундан сўнг цикл яна қайтарилади.

Бир боскичли икки томонламали компрессорда (4.74б-расм) иккита сўриш ва иккита узатиш клапанлари бор. Бу компрессорларнинг тузилиши мураккаб, лекин унумдорлиги оддий компрессорга нисбатан икки марта кўп.

Сиқилган газни совитиш учун цилиндр, баъзида эса копкакда ҳам сув учун ғилоф

килинади.

Юқорида кўриб чиқилган компрессорларнинг унумдорлигини ошириш учун улар кўп цилиндрли қилиб тайёрланади. 4.74в-расмда икки цилиндрли компрессор кўрсатилган. Бир томонлама, икки цилиндрли компрессор бир-бирига нисбатан 90° ёки 180° да жойлашган иккита цилиндр, битта тирсакли ўк ва қривошип узатқичдан иборат.

Бир босқичли вертикал компрессорлар, горизонтал машиналарга нисбатан тез юрар

ва унумдорлиги кўпроқ бўлади. Ундан ташқари, улар кам жой эгаллайди, поршень ва цилиндрлари эса кам едирилади (горизонтал компрессорларда оғирлик кучи таъсирида поршень ва цилиндрнинг бир томони кўпроқ едирилади).

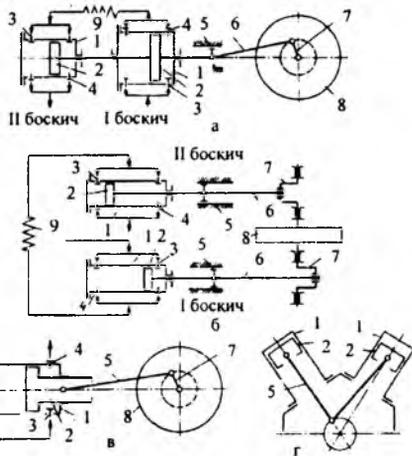
Икки босқичли горизонтал компрессорлар одатда бир цилиндрли дифференциал поршенли қилиб тайёрланади (4.74в-расм). Аввал газ поршень 2 нинг чап томонида цилиндр 1 да сиқилади, сўнг совутқич 9 орқали цилиндрнинг бошка томонидан қиради ва керакли p_2 босимгача сиқилади.

Кўп босқичли компрессорлар «тандем» системаси (цилиндрлар кетма-кет жойлашган, 4.75а-расм) ёки «компаунд» системаси (цилиндрлар параллел жойлашган 4.75б-расм) бўйича тайёрланади. Сўнгги пайтда «оппо-

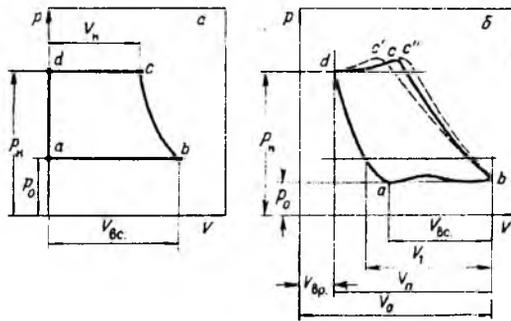
зит» компрессорлар кенг тарқалган бўлиб, бунда поршень ҳаракат йўналиши ўзаро кесишган бўлади. Бу компрессорларда цилиндрлар тирсакли ўкнинг иккала томонида жойлашган бўлиб, оппозит компрессорларда вал айланиш тезлигини 2...2,5 мартагача орттириш мумкин. Бу машина унумдорлигини оширади. Поршенли компрессорларда газни узлуксиз узатиш учун, уни мой ва намликдан тозалаш зарур, сўнг эса истеъмолчига узатиш ресивер орқали амалга оширилади.

Индикатор диаграмма. Поршенли насосларни текшириш учун индикатор диаграммаси олинади. Бунда компрессорнинг тирсакли ўки бир марта айланганда, босим ва узатилган газ ҳажми орасидаги боғлиқлик қурилади. 4.76-расмда бир томонлама, бир босқичли компрессорнинг назарий $p-V$ диаграммаси кўрсатилган. Назарий компрессорда диаграммадаги b ва d нукталарга мос келадиган ҳолатларда цилиндр копкағига яқин келади ва газни сўриш жараёни узатиш тамом бўлиши билан бошланади. Диаграммада сўриш жараёни ab , сиқиш bc ва узатиш cd чизиклар билан тасвирланади.

Ҳақиқий компрессорда сиқиш жараёни (4.76-расм) назарий сиқишдан анча фарқ қилади. Цилиндр копкағи ва поршеннинг орасида доимо бўш ҳажм ҳосил бўлади ва у «зарарли бўшлиқ» деб номланади. Бу бўшлиқда узатиш ва сиқиш жараёнидан сўнг поршень орқага қайтганда, газ кенгайди ва сўриш клапани очилади, яъни поршень маълум бир ораликда a нуктагача бекор ҳаракатланади. Бунинг оқибатида компрессор унумдорлиги пасаяди, «зарарли бўшлиқ» цилиндрнинг иш ҳажмига нисбатан улушларда олинади: $\epsilon-V$ (бу ерда, ϵ — зарарли бўшлиқ ҳажмининг поршень ҳаракати туфайли ҳосил бўлган фойдали ҳажмга нисбати тенг) одатда, «зарарли ёки фойдасиз бўшлиқ» цилиндр ҳажмининг 3...5% ни ташкил этади.



4.75-расм. Икки босқичли поршенли компрессор:
 а-«тандем», б-«компаунд», в-дифференциал поршенли; г-V-симон цилиндрли.
 1-цилиндр; 2-поршень; 3-сўриш клапани,
 4-хайдаш клапани, 5-крейцкопф; 6-шатун,
 7-кривошип, 8-маховик, 9-совутқич.



4.76-расм. Индикатор диаграммалари:
а-назарий; б-ишчи

4.76-расмда bc' ва bc'' сиқиш чизиклари мос равишда изотермик ва адиабатик жараёнларни характерлайди. Ушбу диаграммадаги юзалар сиқиш жараёнида бажарилган ишни англатади, яъни изотермик сиқишда бажарилган иш энг кичик бўлса, адиабатикда энг катта қийматга эга бўлади.

Реал шароитда сиқиш жараёни (bc чизик) политроп жараёнда амалга ошади. Бунда, ажраб чиқаётган иссиқликнинг бир қисмигина атроф-муҳитга таркалади.

Компрессор унумдорлиги. Поршечнинг бир маротаба босиб ўтган йўлида сўрилган газ ҳажми $V_{ср}$ «зарарли бўшлиқ» таъсири туфайли V_{ϕ} ҳажмга нисбатан кичик бўлади ва компрессорнинг унумдорлигини пасайтиради. Бу унумдорликнинг пасайиши компрессорнинг ҳажмий фойдали иш коэффициентини λ_0 билан ҳисобга олинади ва қуйидагича аниқланади:

$$\lambda_0 = \frac{V_{ср}}{V_{\phi}} = \frac{V_{ср}}{Q_H} \quad (4.144)$$

бу ерда, Q_H – компрессорнинг назарий унумдорлиги, вақт бирлиги ичидаги поршень харакати туфайли ҳосил бўлган V_{ϕ} ҳажмга тенг.

Цилиндрнинг тўлиқ ҳажми $V_0 = V_{\phi} + \varepsilon V_{\phi}$ дан, сўриб олинган газ ҳажми $V_{ср} = \lambda V_{\phi}$ айирмасини фойдали ҳажмга нисбатини x билан белгиласак:

$$x = \frac{(V_0 - V_{ср})}{V_{\phi}} = \frac{(V_{\phi} + \varepsilon V_{\phi} - \lambda V_{\phi})}{V_{\phi}} = 1 - \varepsilon - \lambda \quad (4.145)$$

унда:

$$\lambda_0 = 1 + \varepsilon - x \quad (4.146)$$

«Зарарли бўшлиқ»да газнинг кенгайиши политропик деб ҳисобласак, тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$p_2 (\varepsilon \cdot V_{\phi})^n = p_1 (V_0 - V_{ср})^n = p_1 (x \cdot V_{\phi})^n \quad (4.147)$$

бу ерда $x \cdot V_{\phi} = V_0 - V_{ср} = p_2$ дан ва p_1 га ўзгарганда газнинг зарарли ёки фойдасиз бўшлиқда эгаллаган ҳажми

Бундан

$$x = \varepsilon \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (4.148)$$

Ушбу ифодани (4.146) га қўйиб, қуйидаги ифодани оламиз:

$$\lambda_0 = 1 - \varepsilon \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \quad (4.149)$$

(4.149) ифодадан кўриниб турибдики, λ_0 нинг киймати ε га, сиқиш даражаси p_2/p_1 га ва политропа кўрсаткичи n га, газ хоссаси ва компрессор конструкциясига боғлиқ экан.

Сиқиш кўрсаткичи ортиши билан ҳажмий коэффициент λ_0 нинг киймати камаяди ва нолга тенг бўлиб қолиши ҳам мумкин. Сиқиш кўрсаткичи $\lambda_0 = 0$ бўлганда, сиқиш даражаси одатда *сиқиш чегараси* дейилади. Бу ҳолда газ, зарарли бўшлиқда кенгайди ва бутун цилиндрни тўлдириб, сўриш жараёнини тўхтатади ва компрессор унумдорлиги ноль бўлиб қолади.

Компрессорнинг унумдорлиги нафақат (4.149) тенгламадан аникланадиган λ_0 га кирадиган параметр кийматларига боғлиқ, балки клапан яхши жойлашмаса, газнинг чиқиб кетиши оқибатида унумдорлик пасаяди ҳамда сўрилаётган газ цилиндр деворига урилиб кизиши оқибатида ҳажми ортса, сўриладиган газ миқдори камаяди. Шунинг учун, компрессор унумдорлигини ҳисоблашда узатиш коэффициенти киритилади. Узатиш коэффициенти λ_v компрессордаги барча йўқотилишларни ҳисобга олади.

Узатиш коэффициенти λ_v ҳажмий коэффициент λ_0 билан, турли тиркишлардан газни чиқиб кетиши билан бирга исиб кетишини ҳисобга олувчи коэффициент λ_1 нинг кўпайтмасидан ташкил топган, яъни $\lambda_v = \lambda_0 \cdot \lambda_1$. Узатиш коэффициенти λ_v ни қуйидаги формуладан ҳам ҳисоблаб топиш мумкин:

$$\lambda_v = \lambda_0 \left(1,01 - 1,02 \frac{p_2}{p_1} \right) \quad (4.150)$$

Бунда ҳақиқий унумдорлик Q штокнинг қўндаланг кесим юзасини ҳисобга олмаганда қуйидагича аникланади:

$$Q = \lambda_v \cdot z F S \cdot n \quad (4.151)$$

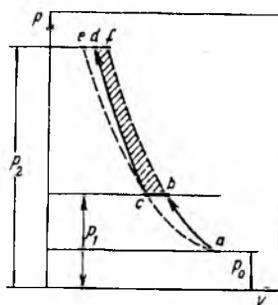
бу ерда, z – поршеньнинг бир мартаба ҳаракатидаги сўриб олиш сони (бир томонлама компрессорларда $z = 1$); F – поршень қўндаланг кесим юзаси, S – поршень йўли, n – бир секундда компрессор ўқининг айланишлар сони.

Агар газ босимини 0,5...0,7 МПа дан юқори кийматгача сиқиш зарур бўлса, кўп боскичли компрессорлар қўлланилади.

Бундай компрессорлар газ температурасини жуда кўп кўтарилишига йўл қўймайди ва компрессорнинг иш самарадорлигини оширади. Мисол учун, икки боскичли компрессорда бир хил кийматга эришиш учун кам миқдорда энергия сарфланади.

Бу ҳолатни (4.77-расмда) қурилган p - V назарий диаграммада кўриб чиқамиз.

Икки боскичли компрессорнинг биринчи боскичида p_0 босимдан p_1 гача AB оралиқда адиабатик сиқилади, BC чизик оралиғида эса, газнинг дастлабки температурасигача иссиқлик алмашиниш қурилмасида совутилади (ACE изотерма чизиғи). Иккинчи боскичда газ CD адиабатик чизиғи бўйича охириги p_2 босимгача сиқилади. Шунинг учун



4.77-расм. Компрессорда газни кўп боскичли сиқиш жараёнининг p - V назарий диаграммаси.

оралик совуткичли, икки боскичли газни сиқиш бир боскичли компрессорда сиқиш жараёни ифодаловчи ABF адиабатага нисбатан изотермага якин бўлади ($ABCD$ силлик чизик бўйлаб боради). Штрихланган $BCDF$ юза икки боскичли сиқишни бир боскичлигига нисбатан бажарилган ишдаги ютуғини кўрсатади. Юкорида айтилган маълумотлар тахлили шуни кўрсатадики, боскичлар сони ортиши билан сиқиш жараёни изотермик жараёнга якинлашади. Лекин компрессорда боскичлар сони ортса, конструкцияси мураккаблашади. Шунинг учун компрессорда боскичлар сони 6...7 тадан ортмайди.

Компрессорнинг ҳамма боскичларда сиқиш кўрсаткичи бир хил бўлиши, мақсадга мувофиқ. Агар машина m сиқиш боскичли бўлганда

$$c = \left(\frac{p_k}{p_1} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (4.152)$$

Кўп боскичли компрессорларнинг унумдорлиги биринчи боскичдаги сўрилган газ бўйича (4.151) ифодадан аниқланади.

Боскичлар орасида босимларнинг йўқотилиши ҳар боскич назарий сиқиш кўрсаткичидан бир оз каттарок бўлиши керак ва уни қуйидагича ҳисоблаш мумкин:

$$c = \psi \left(\frac{p_k}{p_1} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (4.153)$$

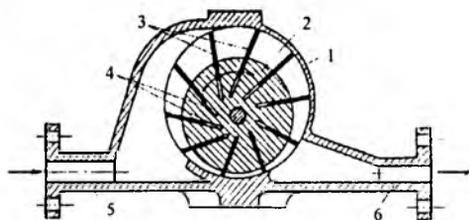
бу ерда, $\psi = 1,1 \dots 1,5$ боскичлар орасида босим йўқотилишини ҳисобга олувчи коэффициент, p_k — охириги босим.

Поршенли компрессорларнинг баъзи камчиликлари: катта жой эгаллайди, секин ҳаракат қилади, оғир, кўп металл сарфлайди ва ҳоказо.

Маълумки кичик унумдорлик ва юкори босимли марказдан кочма компрессорлар тайёрлаш маълум қийинчиликлар билан боғлиқ. Шунинг учун 0,5 МПа босимдан юкори ва 3000...6000 м³/соат унумдорликка эришиш учун вертикал поршенли машиналардан фойдаланилади. Улар ихчам, тез юрар ва фойдали иш коэффициенти юкори бўлади.

4.25. Роторли компрессорлар

4.78-расмда пластина-шибер типдаги роторли компрессорлар кўрсатилган. Оғир ротор 2 нинг айланишида, кўндаланг ариқларда жойлашган пластина 3 лар эркин ҳаракат қилишади. Ротор 2 нинг ариқчаларида радиал йўналишда осон сирпанадиган пластиналар бўлиб, улар ротор билан қобик орасидаги ўроксимон бўшлиқни бир неча қисмга, яъни ячейкага бўлиб туради. Пластиналар айланиши натижасида улар орасидаги бўшлиққа газ



4.78-расм. Пластина типдаги роторли компрессор:

- 1-қобик (статор), 2-ротор, 3-пластиналар,
- 4-арикчалар, 5-сўриш патрубкиси,
- 6-хайдаш патрубкиси.

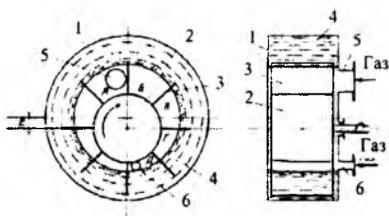
патрубка 5 дан сўриб олинади. Пластиналар орасидаги ҳажм камайиши билан газнинг босими ортади ва узатиш трубаси 6 орқали ҳайдаш қувурига узатилади. Роторли компрессор вали бевосита электр юриткич билан уланиши мумкин. Бундай ҳолларда компрессор ихчам ва энгил бўлади.

Сув ҳалқали роторли компрессорлар (4.79-расм). Статор 1 га эксцентрик ҳолатда узунлиги бир хил ротор 2 жойлаштирилган. Ишга туширишдан авал компрессорнинг ярми сув билан тўлдирилади.

Ротор айланганда сув четга сочилиб, бир хил калинликдаги сувдан иборат бўлган ҳалқа 4 ҳосил бўлади. Ротор парраклари ва сув ҳалқалари орасида ячейкалар ҳосил бўлади. Ротор айланишининг биринчи ярмида ячейка катталашса, иккинчи ярмида камаяди.

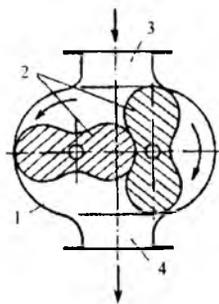
Бунда патрубок 5 оркали газ сўрилса, сикилган газ патрубок 6 оркали узатилади. Шундай қилиб, сув ҳалқалари компрессорда поршень вазифасини бажаради. Чунки ушбу ҳалқа ёрдамида *А,Б,В,Г,Д* ишчи камераларнинг ҳажми ўзгартирилади. Демак, сув ҳалқали компрессорда ҳосил қилинадиган босим катта бўлмагани учун, ундан газодувка ёки вакуум - насос сифатида фойдаланиш мумкин.

Икки парракли ротор компрессорлар (газодувкалар). Кобик 1 да иккита параллел ўқларда иккита ротор 2 айланади (4.80-расм). Уларнинг бири электр юриткич ёрдамида айлантирилса, иккинчиси тишли узатма ёрдамида айланади. Ротор 2 лар ўзаро ҳамда кобик девори билан зич жойлашган бўлиб, камерани икки қисмга ажратиб туради. Биринчи камерага патрубок 3 оркали газ сўриб олинса, бошқасида эса патрубк 4 оркали сикилган газ ҳайдаш қувурига узатилади.



4.79-расм. Сув ҳалқали, роторли компрессор:

1-статор; 2-ротор; 3-парраклар; 4-сувли халқа; 5,6- сўриш ва ҳайдаш патрубкларини



4.80-расм. Ротацион компрессор (газодувка):

1-кобик; 2-роторлар; 3,4-сўриш ва ҳайдаш патрубкларини.

Роторли компрессорлар босими 1,0 МПа ва унумдорлиги 5000...6000 м³/соатгача бўлганда қўлланади. Роторли компрессор камчиликлари: тайёрлаш мураккаб, тез ишдан чиқади, ротор пластиналари жуда тез едирилади, ишлаганда кўп шовкин таркатади ва эксплуатацияси қиммат.

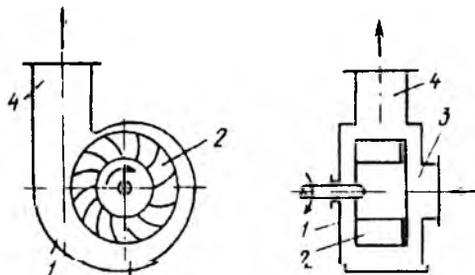
4.26. Марказдан қочма типдаги компрессорлар

Динамик компрессорлар. Бу турдаги машиналарга асосан марказдан қочма, ўқли ва оқимчали компрессорлар мисол бўлади.

Марказдан қочма компрессорлар шу турдаги насослар каби ишлаш принципи бир хил. Уларга вентилятор, турбогазодувка ва турбокомпрессорлар қиради.

Марказдан қочма вентиляторлар шартли равишда кичик ($p < 10^3$ Па), ўрта босимли ($p = 10^3 \dots 3 \cdot 10^3$ Па) ва юқори босимли ($p = 3 \cdot 10^3 \dots 10^4$ Па) вентиляторга бўлинади.

Кичик босимли вентиляторнинг спирал кўринишидаги кобиғи 1 да бир нечта қурак-



4.81- расм. Марказдан қочма вентилятор:

1-кобик; 2-ишчи гилдирак; 3-сўриш патрубкиси; 4-ҳайдаш патрубкиси.

чали ишчи ғилдирак 2 айланади (4.81-расм).

Газ ғилдирак ўқи оркали патрубкка 3 ёрдамида сўриб олинади ва узатиш патрубкиси 4 оркали хайдаш қувурига чиқариб беради. Ўрта ва юқори босимли вентиляторлар ишчи ғилдиракларининг эни нисбатан кенг бўлиб, куракчалари олдинга эгилган бўлади.

Марказдан қочма вентиляторлар характеристикаси насосларники билан бир хил бўлиб, Q , H , ва N каби параметрлар айланишлар сони n га боғлиқ ва (4.154)...(4.156) тенгламалардан ҳисоблаб аниқланади. Вентиляторда ҳосил бўладиган босим H (4.157) ёки (4.98) тенгламалар ёрдамида аниқланади:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{c'_2}{c''_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (4.154)$$

$$\frac{H_1}{H_2} \approx \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad (4.155)$$

$$\frac{N_1}{N_2} \approx \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \quad (4.156)$$

$$H = H_s + \frac{(p_2 - p_1)}{\rho \cdot g} + \frac{(w_{\text{св}}^2 - w_{\text{у3}}^2)}{2 \cdot g} + h_{\text{у3}} \quad (4.157)$$

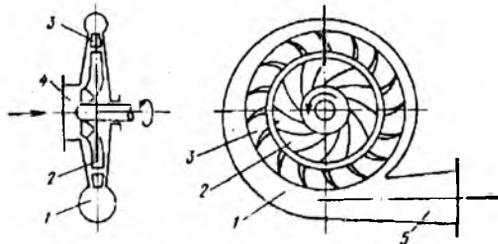
$$H = H_s + \frac{(p_2 - p_1)}{(\rho \cdot g)} + h_{\text{у3}}$$

Вентилятор ўқидаги N_e қувватни ушбу тенгламадан аниқланади.

$$N_e = \frac{\rho Q H g}{\eta_d} \quad (4.158)$$

бу ерда, η_d – вентилятор ф. и. к. бўлиб, у узатиш ф. и. к. η_r , гидравлик ф. и. к. η_v ва механик ф. и. к. $\eta_{\text{мех}}$ ларнинг қўпайтмаси оркали топилади.

Турбогазодувкалар. Бир босқичли турбогазодувкалар юқори босимли вентиляторга ўхшаш бўлиб, газларни $3 \cdot 10^4$ Па босимгача сикади (4.82-расм). Спирал кўринишидаги қобик 1 да ғилдирак 2 айланади, ғилдиракнинг куракчаларида ичкарига йўналтирувчи мосламаси 3 жойлашган ва унда газнинг кинетик энергияси босимнинг потенциал энергияга айлантирилади. Сикилган газ турбогазодувкалар патрубкиси 5 оркали чиқади.



4.82-расм. Турбогазодувка схемаси:

1 - қобик; 2 - ишчи ғилдирак; 3 - йўналтирувчи мослама; 4 - сўриш патрубкиси; 5 - хайдаш патрубкиси.

Кўп босқичли турбогазодувкаларда битта ўқка бир нечта куракчали ғилдираклар

(3...4 та) ўрнатилади. Бунда газ боскичлар орасида совутилмайди. Кўп боскичли турбогазодувкаларда ғилдираклар диаметри ўзгармайди энига эса, биринчисидан охирига қараб, камайиб боради. Бу билан ҳар бир боскичда сикиш даражаси ортиб боради. Ўкнинг айланишлар сони ва куракчалар тузилиши ўзгартирилмайди. Турбогазодувкаларда сикиш даражаси 3...3,5 дан ортмайди.

Турбокомпрессорлар тузилиши бўйича худди турбогазодувка конструкцияси каби. Ҳафт улар юқори сикиш даражасини таъминлайди. Ундан ташқари, уларда ғилдираклар сони анча кўп бўлади. Ғилдираклар диаметри ва эни биринчи ғилдиракка нисбатан аста-секин камайиб боради. Кўп ҳолларда турбокомпрессор ғилдираклари секцияланиб, 2 ёки 3 қобикка жойлаштирилади. Ҳар бир қобикда ғилдираклар диаметри турлича бўлса, лекин қобик ичидаги ғилдираклар диаметри бир хил, эни эса ҳар хилдир. Одатда, бир қобикдан иккинчисига ўтаётган сиқилган газ махсус совуткичларда температураси пасайтирилади. Турбокомпрессорларда максимал эришиш мумкин бўлган босим 2,5...3,0 МПа.

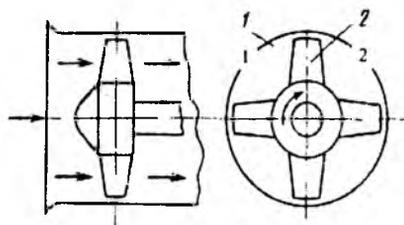
4.27. Ўкли ва винтли компрессорлар

Ўкли компрессорларнинг қобиғи қиска цилиндрик патрубкка 1 кўринишида тайёрланади (4.83-расм) ва унинг ичида ишчи ғилдирак (куракчали пропеллер кўринишида) 2 айланади.

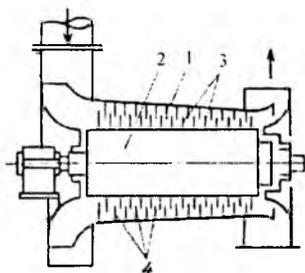
Вентилятор ўқи бўйлаб тўғридан-тўғри ҳаво ҳаракат қилади.

Шу сабабли ўкли вентиляторлар фойдали иш коэффициентини марказдан қочма вентиляторникидан анча юқори бўлади. Лекин ўкли вентилятор ҳосил қилаётган напор марказдан қочма вентилятор напоридан 3...4 марта паст.

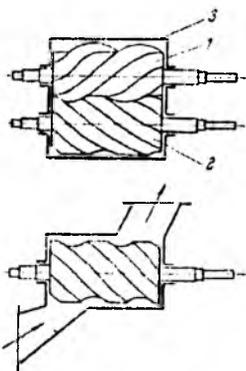
Ўкли компрессор тузилиши бўйича кўп поғонали ўкли вентиляторларга ўхшайди (4.84-расм). Одатда поғоналар сони 10...20 та бўлиши мумкин, лекин сиқилаётган газнинг температураси пасайтирилмайди.



4.83-расм. Ўкли вентилятор:
1-қобик; 2-ишчи ғилдирак.



4.84-расм. Ўкли компрессор:
1-қобик; 2-ротор; 3-ишчи куракча;
4-қўзғалмас куракчалар.



4.85-расм. Винтли компрессор.
1.2-роторлар; 3-қобик.

Ишчи куракчали 3 цилиндрик ротор 2 қурилма қобиғи 1 да айланади. Ишчи куракчалар қобиғида маҳкамланган қўзғалмас куракчалар 4 орасида айланиб ҳаракатланади. Ундан ташқари, қўзғалмас куракчалар сиқилаётган газни бир поғонадан иккинчисига йўналтирувчи мослама вазифасини ҳам бажаради. Куракчалар ва қобик орасидаги тирқиш жуда кичик (0,5 мм гача) бўлади.

Ўкли компрессорлар ихчам, юқори фойдали иш коэффициентига эга ва катта иш унумдорликни (50000...80000 м³/соат) таъминлаб бера олади. Лекин ҳосил қиладиган босими 0,5...0,6 МПа дан ошмайди. Тур-

богазодувка ва турбокомпрессорлар жуда катта ҳажмда газлар узатилиши талаб этилганда қўллаш мақсадга мувофиқ. Иш унумдорлиги 3000...6000 м³/соат. босими 1...1.2 МПа (лекин 3,0 МПа дан ортмайди).

Винтли компрессорлар параллел ўқли иккита 1 ва 2 роторлардан таркиб топган бўлиб, қобик 3 ичида айланади (4.85-расм).

Ротор 1 бир нечта тишли (одатда 3...4 та) цилиндр кўринишида бўлиб, улар винтсимон чизик бўйлаб жойлашган. Ротор 2 да эса, винтсимон чизик бўйлаб ботиклик (чуқурлик) ясалган ва шакли ротор 1 нинг тишларига мос келади. Ротор 1 айланганда, винтсимон тишлар ротор 2 ботиклигига илинганда икки ротор бўшлиғидаги газ сиқиб чиқарилади.

Икки поғонали компрессорлар 0,8 МПа гача босим ҳосил қилади; роторнинг айла ниш тезлиги 10000 айл/мин. 0,2 МПа босим берувчи винтли компрессорлар фойдали иш коэффициентни бошқа турдаги машиналарникидан катта бўлади.

Винтли компрессорлар ихчамлиги, тез юрарлиги ва узатилаётган газлар тозалиги билан ажралиб туради.

Камчиликлари: винтли роторларни тайёрлаш мураккаб ва компрессор ишлаш пайтида ортикча шовкин чиқаради.

4.28. Вакуум-насослар

Вакуум-насосларни компрессорлардан конструктив фарқини белгиловчи кўрсаткич, бу улардаги сиқиш даражасининг юқорилигидир.

Масалан, вакуум-насос газ (ҳаво)ни 0,05 атмосфера босимида сўриб олса (сийракла ниш 95%) ва уни насосдан чиқишида 1,1 атм гача сиқади (ортикча босим 0,1 атм га тенг бўлиб, турли қаршиликларни енгиш учун сарфланади). Бу ҳолда насоснинг сиқиш даражаси:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1,1}{0,05} = 22$$

га тенг бўлади. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, бир босқичли поршенли компрессорларда сиқиш даражаси 8 дан ошмайди.

Бундай юқори сиқиш даражасида вакуум-насоснинг ҳажмий коэффициентни ва унумдорлиги кескин пасайиб кетади. Шунинг учун насоснинг ишчи ҳажмидан тўлиқ фойдаланиш учун «зарарли бўшлиқ» улушини минимумга туширишга ҳаракат қилинади. Шу мақсадда вакуум-насоснинг кўп турларида, мисол учун, поршенли ва ротор- пластинали насосларда, босимни текислаш усули қўлланади ва бунда вакуум-насосларнинг узатиш коэффициентини $\lambda_v = 0,8...0,9$ гача оширсан бўлади.

Поршенли вакуум-насослар. Ушбу қурилма ҳўл ва қурук машиналарга бўлинади. Қурук вакуум-насос газни узатиш учун, ҳўл вакуум насослар эса, газ ва суюқликларни бир вақтнинг ўзида узатиш учун ишлатилади.

Қурук вакуум-насослар поршенли компрессорлардан конструктив тузилиш бўйича фарқ қилмайди. Ушбу машиналарни ҳажмий коэффициентини ошириш учун махсус таксимлаш механизми (золотник) билан таъминланган. Ушбу механизм ёрдамида зарарли бўшлиқ сиқиш жараёни охирида сўриш камераси билан уланади, бу вақтда босим сўриш босими p_1 га тенг бўлади. p_2 босимгача сиқилган газ «зарарли бўшлиқ»дан p_1 босимли камерага ўтади. Шунинг учун зарарли бўшлиқда газ босими пасаяди ва вакуум-насос поршени кўзғалиши олдидан газ сўрилади. Табиийки, бу ҳол унумдорликнинг ошишига олиб келади.

Суюқлик вакуум-насосда махсус таксимлаш механизми бўлмайди. Ортикча микдордаги суюқликни чиқариб ташлаш мақсадида узатиш ва сўриш клапанлари бироз катталаштирилган бўлади (клапандан чиқаётган суюқлик тезлиги, газнинг ҳаракат тезлигидан кичик бўлиши учун). Шунинг учун суюқлик вакуум-насосларда «зарарли бўшлиғи»

кўпрок бўлиб, курук вакуум-насосларга нисбатан сийракланиш қиймати анча кичик бўлади.

Курук поршенли вакуум-насослар учун электр юриткичлар сиқиш даражасининг максимал қийматига қараб танланади, яъни колдик босим қиймати $p_1=0.33$ атм. (узатиш босими $p_2=1$ атм бўлиш шарти бажарилса).

Суюклик вакуум-насосларда газ ҳолатининг ўзгариш жараёни изотермик бўлади, чунки сўриш суюклик билан газ орасида интенсив иссиқлик алмашинади. Бунга сабаб, суюклик иссиқлик сиғими, газниқига нисбатан жуда катталигидир.

Роторли пластинали ва сув ҳалқали вакуум-насослар. Бу турдаги насослар мос равишда компрессорларнинг айнаи ўзи. Роторли ва сув ҳалқали насосларда босимни ростлаш учун «зарарли бўшлик» билан энг кичик босимли камерани боғлаб турувчи махсус канал орқали газ ўтказилади. Шу йўл билан вакуум-наоснинг ҳажмий коэффицентини оширишга эришилади. Ишчи суюклик парциал босими ва температураси қанча катта бўлса, сув ҳалқали вакуум-наос ҳосил қиладиган сийракланиши шунча кичик қийматга эга бўлади. Шунинг учун, одатда сув ҳалқали вакуум-наосга имкони борича паст температурали суюклик куйиш керак.

Окимчали вакуум-насослар. Бу вакуум-насослар ишлаш принципи бўйича суюклик насосларига ўхшашдир. Одатда, окимчали вакуум-насосларда ишчи элткич сифатида сув бугидан фойдаланилади. Буг окимчали насослар, агрессив муҳитларга бардош, легирланган ва махсус материаллардан тайёрланиб, кислота ва бошқа суюкликлар буғларини сўриб олиш учун ишлатилади.

Бир боскичли буг окимчали насосларда ҳосил қилинадиган сийракланиш абсолют босимнинг 90% дан ортмайди. Чуқурроқ вакуум ҳосил қилиш учун кўп боскичли буг окимчали, кетма-кет уланган вакуум-насослар қўлланилади. Боскичлар орасида ишлатилган буғларни конденсациялаш фойдаланилган буғларни: сиқиш керакмаслигини таъминлайди ва умумий энергия сарфини камайтиради.

4.28.1. Газ ва буғ турбиналари

Соплоли қурилма ва роторнинг ишчи ғилдираклари орқали буғ, газ ёки сув окимларининг энергиясини механик энергияга айлантирувчи куракчали двигател *турбина* деб номланади.

Ишчи жисм характерига қараб *буғли*, *газли* ва *гидравлик турбиналар* бўлади. Ҳозирги кунда буғли ва газли турбиналар кимё ва нефть-газни қайта ишлаш саноатларида кенг қўламда ишлатилади.

Одатда, ТЭЦ лардан ёки қозон-утилизаторларда олинадиган энергетик буғда ишлайдиган буғ турбиналари турбокомпрессор ва турбонасосларнинг юриткичи сифатида қўлланилади.

Кимё саноатининг ортиқча босимли технологик ва чиқинди газларида ишлайдиган газ турбиналари турбокомпрессор ва турбонасосларнинг юриткичи сифатида қўлланилади.

Турбиналар бир ва кўп поғонали бўлади. Бир поғонали турбина статор (соплоли қурилма) ва ротор (ишчи ғилдирак) таркиб топган. Ротор-ишчи ғилдиракнинг четига куракчалар ўрнатилган ва улар ишчи жисм ҳаракати учун каналлар ҳосил қилади.

Кўп поғонали турбиналар бир нечта кетма-кет бирлаштирилган бир поғонали турбиналардан иборат.

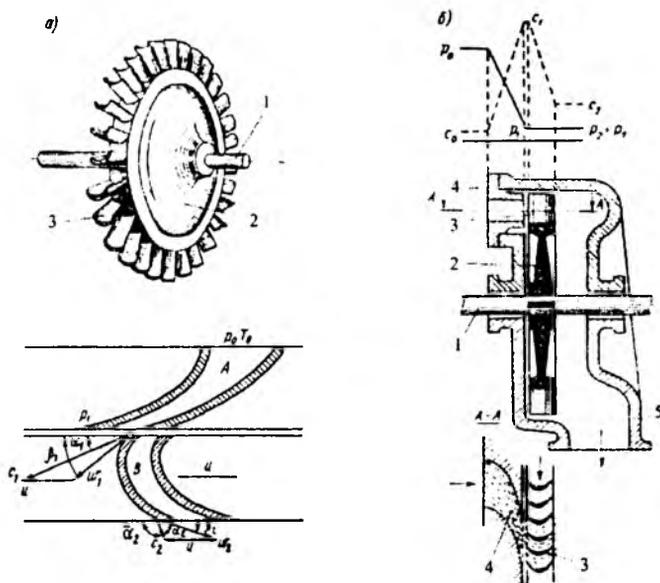
4.86-расмда энг оддий турбина схемаси тасвирланган.

Турбина ўқи 1 га ишчи куракча 3 ли диск 2 маҳкамланган. Турбина қобиғи 5 да сопло 4 жойлашган. Ишчи жисм соплота қиради, у ерда адиабатик кенгайди ва унинг босими p_0 дан p_1 гача камаёди, тезлиги эса c_0 дан c_1 гача ортади. Катта тезликли ишчи жисм соплодан ишчи куракчалар каналига йўналтирилади ва у ерда кинетик энергиянинг бир қисми куракчалар айланиш энергиясига айланади. Натижада, тезлик c_1 дан c_2 гача

пасаяди. Ишчи куракчалардаги босим ўзгармайди. Тезлиги c_2 гача камайган ишчи жисм турбинадан чикиб кетади ва конденсатор узатилади. Турбиналарда кенгаювчи соплолар ўрнатилган бўлиб, ундан ўта юкори тезликда окиб чикиш пайтида турбина ўқининг айланиш частотаси 30000 айл/мин. ни ташкил этади.

Турбина ўқи айланиш частотасини $u/c=0,4...0,5$ оптимал нисбатни саклаб колган ҳолда пасайтириш учун пропорционал равишда c_1 ни ва p_1 ларни камайтириш лозим.

Тезлик ва босимнинг ўзгариши 4.86б-расмда да келтирилган. Ушбу турбина ф.и.к. ва қуввати кичик, тузилиши содда, арзон ва эксплуатацияда қулай.



4.86-расм. Оддий турбина:

а-турбинали диск; б-турбина схемаси.

1-ўқ, 2-диск, 3-куракчалар, 4-сопло, 5-қобик.

Ишчи жисм оқимининг куракчага киришдаги абсолют тезлиги ушбу формуладан аниқланади (4.86б-расм):

$$c_1 = 1,41 \cdot \varphi \cdot \sqrt{h_0} \quad (4.159)$$

бу ерда, $\varphi=0,94 \dots 0,98$ – тезлик коэффициенти, h_0 – бошланғич параметр p_0 ва T_0 дан p_1 гача изоэнтропияли иссиқликлар фарқи, Ж/кг

Ишчи куракчалар айланма тезлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$u = \frac{2\pi n r}{60} \quad (4.160)$$

бу ерда, r – турбина ўқи бўйлаб куракчаларнинг жойлашиш ўртача радиуси, м, n – турбина ўқининг айланиш частотаси, айл/мин.

Ишчи жисм оқимининг куракча четида ҳосил қилаётган қуввати ушбу тенгламадан ҳисобланади:

$$N_u = P_u \cdot u = m_c \cdot u (c_1 \cos \alpha_1 + c_2 \cos \alpha_2) \quad (4.161)$$

Агар ишчи жисм статор соплоларида кенгайса, роторнинг ишчи куракчалари каналларида ўзгармас босимда фақат оқимнинг йўналиши ўзгарадиган турбиналар **актив турбина** деб номланади.

Агар ишчи жисм ротор сопласида ҳамда ротор куракчаларининг каналларида ҳам кенгайса, бундай турбиналар *реактив турбина* деб номланади.

Буг турбиналари. Турли саноатларда жуда кўп актив турбиналар ишлатилади. Актив турбиналар босимига қараб учга бўлинади:

– паст босимли $P=0,12\dots0,25$ МПа;

– ўртача босимли $P=4$ МПа;

– юкори босимли $P=6\dots13$ МПа.

Янги бугнинг температураси 530°C гача бўлади.

Бир поғонали актив турбиналарнинг нисбий ф.и.к. $\eta=0,70\dots0,78$, икки поғонали учун $\eta=0,50\dots0,56$, уч поғоналида эса $\eta=0,40\dots0,50$. Фойдали иш коэффициентининг поғоналар сони ортиши билан камайишига сабаб, турбинанинг йўналтирувчи куракчаларидаги йўқотишлар билан боғлиқ.

Турбинадаги умумий босимлар фарқи ҳар бир поғона бўйича бир текисда таксимланган. Поғоналар сони канчалик кўп бўлса, битта поғонада иссиқлик ажралиб чиқиши шунчалик кам бўлади. Демак, роторнинг кичик айланишлар сонидан энг юкори нисбий ф.и.к. эришиш мумкин. Иккинчи томондан поғоналар сонини кўпайтириш турбина конструкциясини мураккаблаштиради ва қимматлаштиради, лекин ф.и.к. юкори бўлгани учун бу турдаги турбиналар кенг қўламда қўлланилмоқда.

Буг конденсацион турбинанинг самарали қуввати (кВт) ушбу тенгламадан ҳисобланади:

$$N_c = m \cdot h_o \cdot \eta_{oc} \quad (4.162)$$

бу ерда, h_o – турбинада иссиқлик пасайиши, кЖ/кг, m – нормал қувватда бугнинг массавий сарфи, кг/с, $\eta_{oc} = \eta_{oi} \cdot \eta_m$ – турбинанинг самарали нисбий ф.и.к., $\eta_{oi} = h_o' / h_o$ – турбинанинг ички нисбий ф.и.к., h_o ва h_o' – турбинадаги назарий ва ҳақиқий иссиқлик пасайишлари, $\eta_m = 0,99 \dots 0,995$ – турбина механик ф.и.к.

Турбинанинг ички нисбий ф.и.к. унинг 1 кг буг учун тузилган иссиқлик балансидан топилади:

$$h_o = h_o' \cdot \eta_{oi} + \sum_{i=1}^{i=n} h_i \quad (4.163)$$

Бундан

$$\eta_{oi} = \frac{h_o - \sum_{i=1}^{i=n} h_i}{h_o} \quad (4.164)$$

Кўпчилик замонавий турбиналар ф.и.к. $\eta_{oi}=0,7\dots0,88$.

Нисбий фойдали иш коэффициенти турбина мукамаллигини, абсолют эса – самарадорлигини билдиради.

Конденсацион кўп поғонали буг турбиналар самарадорлигини баҳолаш учун ф.и.к. дан ташқари яна иккита кўрсаткичдан фойдаланилади:

– 1 кВт электр энергия ишлаб чиқариш учун бугнинг солиштира сарфи (кг/кВт);

$$d_e = \frac{m}{N_e} \quad (4.165)$$

– иссиқликнинг солиштира сарфи (кЖ/кВт);

$$q_e = \frac{Q}{N_e} \quad (4.166)$$

бу ерда, $N_e = N_o / \eta$ – электр генератор ф.и.к.

Газли турбиналар. Ишлаш принципига қараб газли турбиналар бугли турбиналардан сезиларли даражада фарқланмайди. Иккала турбинада кечадиган жараёнлар ўхшаш ва бир хилдир.

Газ турбиналарининг ўзига хос белгилари қуйидагилардан иборат:

– газ турбиналари юкори температура ва паст босимларда ишлагани учун иссиқликка бардош пўлатдан ясалган погоналар сони кам бўлади; турбина материаллари коррозияга чидамли ҳам бўлиши керак;

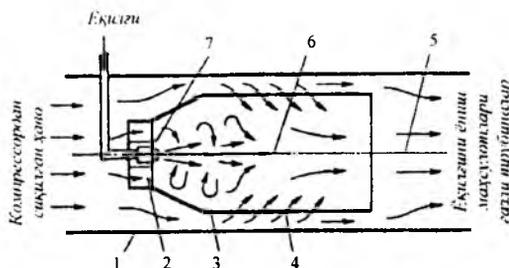
– газ окимларининг температураси юкори бўлгани учун турбина деталларини ҳаво ёки сув ёрдамида совитиш талаб этилади; турбина конструкцияси мураккаблашади ва совутувчи элткич билан маълум миқдорда иссиқлик йўқотилади;

– ҳамма турбиналарда ишчи жисм таркибида заҳарли моддалар бўлгани учун ушбу газларнинг машина залига кирмаслиги учун турбинанинг лабиринт зичланишларига компрессордан ҳаво ҳайдалади; бир вақтнинг ўзида турбина ўқи ва бошка деталлар ҳам совутилади;

– газ турбиналарида ёниш камерасининг мавжудлиги.

4.87-расмда суюқлик ёқилғисининг ёниш камерасининг энг оддий схемаси тасвирланган.

Ушбу камера кам легирланган пўлатдан ясалган цилиндрик қобик 1дан иборат бўлиб, ичига легирланган пўлатдан тайёрланган иссиқлик трубаси 3 ўрнатилган. Иссиқлик трубаси ичига пуркагич 7 жойлаштирилган. Ортиқчилик коэффиенти $\alpha=1,5...2,0$ бўлган дастлабки ҳаво йўналтирувчи куракча 2 лар орқали иссиқлик трубаси 3 га ҳайдалади. Бу ерда пуркагичдан майда дисперс ҳолатда пуркалаётган суюқ ёқилғи ва ҳаво жуда интенсив аралашади. Камера 6 да ёниш маҳсулотларининг температурасини пасайтириш мақсадида у ерга иккиламчи ҳаво оқими узатилади.



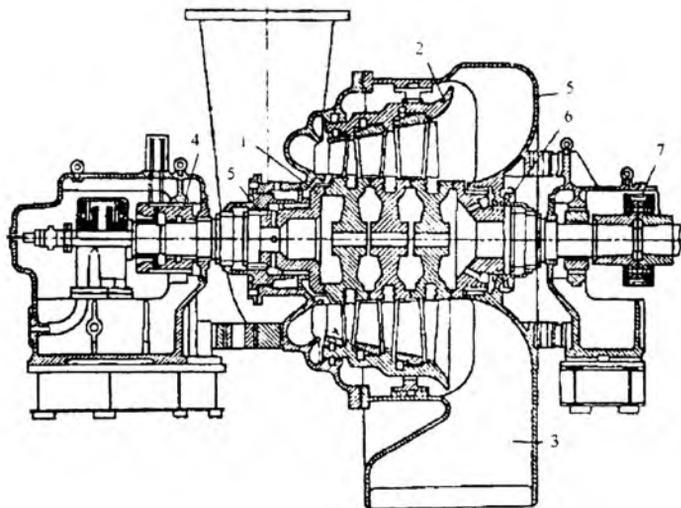
4.87-расм. Газ турбинанинг суюқ ёқилғи ёниш камераси:

1-қобик; 2-йўналтирувчи куракча; 3-иссиқлик трубаси; 4-тешик; 5-аралашуш зонаси; 6-ёниш зонаси; 7-пуркагич.

Иккиламчи ҳаво камера қобиғи ва иссиқлик трубаси орасидаги каналлар орқали ўтиб уни совутади. Бир қисм ҳаво тешик 4 лардан ўтиб ёниш маҳсулотлари билан аралашиб унинг температурасини пасайтиради, яна бир қисми эса – ҳалқасимон канал бўйлаб ҳаракатланади, унинг деворларини совутади ва аралашуш зонаси 5 да асосий оқим билан қўшилади. Натижада, газ аралашмаси белгиланган 1023 К температурага тенглашади. Ёниш камерасидан чиқаётган газ аралашмасидаги ҳавонинг ортиқчилик коэффиенти α нинг қиймати 5...6 баробар юкори бўлади. Газ турбинасидан чиқаётган ёниш маҳсулотларининг температураси анча баланд бўлгани учун ҳаволи регенератив иситкичларда иссиқлиги утилизация қилинади. Одатда, регенераторлар – бу трубади ёки пластинади иссиқлик алмашишу қурилмалари бўлиб, трубалар ичида ҳаво, трубалараро бўшлиқда ёниш маҳсулотлари ҳаракатланади.

4.88-расмда ЛМЗ русумли газ турбинасининг конструкцияси келтирилган. Утилизация қиладиган газ турбиналари технологик газ ёки саноатларнинг газ чикиндиларида ишлайди.

Биринчи ҳолатда турбиналар экзотермик реактордан кейин, иккинчи ҳолатда – технологик занжирнинг охирида. Асосан, ушбу турбиналар компрессор ва насосларнинг юриткичи сифатида қўлланилади ҳамда технологик жараёнларни сиқилган ҳаво билан таъминлайди.



4.88-расм. ЛМЗ русумли газ турбинасининг бўйлама қирқими:
 1-ротор; 2-обойма; 3-чиқариш патрубкиси; 4-таянч подшипник;
 5-олдинги лабиринт зичлагич; 6- орқа лабиринт зичлагич;
 7-эгилювчан муфта

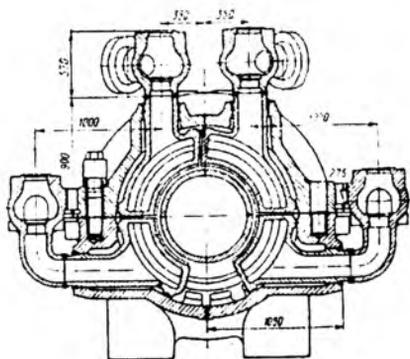
4.28.2. Турбиналарнинг асосий қисм ва деталлари

Одатда, турбиналар темир-бетон пойдеворга маҳкамланган пойдевор рамасига ўрнатилади. Пойдевор рамаси чўян ёки пўлатдан пайвандланиб ясалди. Электр генератор турбина билан умумий рамага ёки алоҳида рамага ўрнатилиши мумкин.

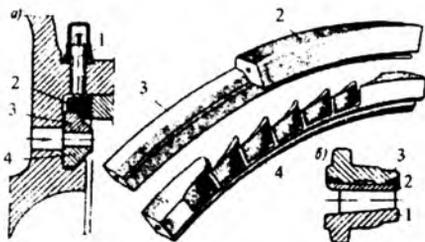
Турбина қобиги жуда мураккаб шаклли бўлади. Турбинани монтаж қилиш ва таъмирлаш ишларини осонлаштириш учун горизонтал текислик бўйича ажралувчан қилинади. Тепа ва паст қисмларнинг фланецлари болт ёки шпилкалар ёрдамида бирлаштирилади. Қобикни қайта ишлаш осон бўлиши учун уни вертикал текислик бўйича ҳам ажралувчан қилинади. Агар босим жуда юқори бўлса, қобик ажралмас, яхлит қилиб тайёрланади.

Газларнинг турбинадаги босими ўртача бўлса, қобикни углеродли пўлатдан яшаш мумкин; юқори ва ўта юқори босимли турбиналарнинг қобиклари таркибида хром, никель, молибден, вольфрам, ванадий ва бошқа қамқаб элементлар бўлган легирланган пўлатлардан тайёрланади. Бу қурималарнинг болт, шпилка ва гайкалари ҳам легирланган пўлатдан ясалди. Бошланғич температуралари юқори бўлганда турбина қобиклари икки қатламли, говак қилиб тайёрланади ва бўшлиғига иссиқликка чидамли материал қўйилади. Бунда, юқори температура билан таъсирда бўлган қобик иссиқликка бардош пўлатдан, ташки қобик эса паст температуралар таъсирида бўлгани учун перлитли пўлатдан ясалди. Ишчи жисм турбина қобигига турлича киритилади. 4.89-расмда юқори босимли буг турбинасига ишчи жисмини киритиш конструкцияси кўрсатилган.

Сопло ва диафрагмалар. Ичида сопо жойлашган сопо қутилари қобикка киритилган ва пайвандланган. Соплоли қутиларга клапанли қутилар маҳкамланган ва пайванд қилиб қўйилган.



4.89-расм. Юқори босимли турбина қобиғига бугни узатиш.



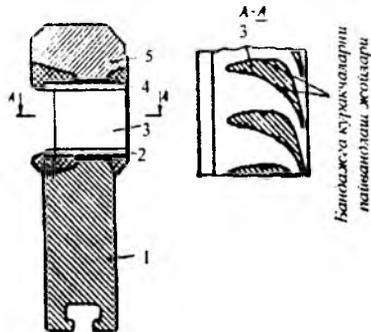
4.90-расм. Турбина биринчи поғонасининг соплоси:

1-болт; 2-конус пона,
3-устки белбоғ, 4-сегмент

Турбина биринчи поғонасининг соплоси фрезерланган куракли сегмент 4 кўринишида бўлади (4.90а-расм). Сегментлар қобик девори ёки сопо кутиларига конус пона 2 орқали болт 1 ёрдамида маҳкамланади.

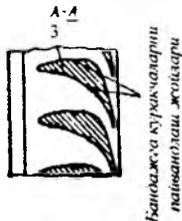
Юқори босимли турбиналарда фрезерланган алоҳида куракчалардан йиғилган соплоси сегментлар, охириги конструкцияларда – пайвандланган соплоси сегментлар қўлланилади (4.90б-расм).

Турбиналарда пайвандланган пўлатдан ясалган диафрагмалар қўлланилади (4.91-расм). Сопо деворини ташкил этувчи куракча 3 лар шакли пўлат лентадан тайёрланади ва ташки 4 ҳамда ички 2 бандажларга пайвандланади. Шу усулда ясалган сопо панжараси ҳалқа (обод) 5 ва диафрагма жисми 1 га пайвандланади.

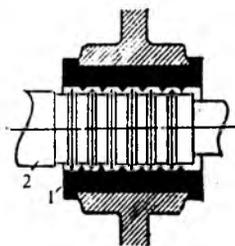


4.91-расм. Пайвандланган диафрагма:

1-диафрагма, 2,4-ички ва ташки бандажлар, 3-куракча; 5-ҳалқа



Куракчага куракчаларни пайвандлаш жойлари



4.92-расм. Лабиринтли зичлагич схемаси:

1-обойма; 2-турбина ўқи.

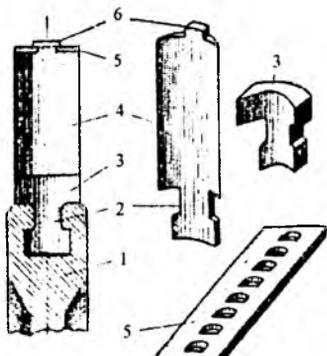
Турбина зичлагичлари. Турбина қобиғига ўқнинг кириш жойида ён томон зичлагичлари ўрнатилади. Газли турбиналарда бу зичлагичларнинг вазифаси газнинг атроф-муҳитга чиқиб кетмаслигини таъминлаш. Зичлагичларнинг энг кенг тарқалган конструкцияси – бу лабиринтли зичлагичлар (4.92-расм). Турбина қобиғида обойма 1 ўрнатиш ва унда ҳалқасимон бўртикликлар мавжуд. Турбина ўқида ҳам тегишли бўртикликлар бор. Буг ёки газ ўқидаги бўртикликлар обойма ёки обойма бўртикликлари ҳамда ўқ орасидаги тиркишдан ўтиб кенгайди, босимни пасайтиради ва тезликни оширади.

Юқори температурада ишлайдиган зичлагичлар никель, никелли пўлат ёки зангласиз пўлатлардан тайёрланади. Нисбатан пастроқ температураларда латун ёки никелли латун (нейзилбер) ишлатилади.

Ўк ва дисклар. Ўқлар текис ва бутун узунлиги бўйича бир хил диаметрли ва зинапояли қилиб ясалади. Дисклар ўкга ўтказиладиган ёки ўк билан бир бутун, яъни яхлит ротор кўринишида ясалади. Дискни ўк билан маҳкамлашнинг бир қатор усуллари мавжуд. Усуллардан энг кенг тарқалгани, бу дискни ўкга иссиқ ўтказишдир. Бунда, киздирилган диск иссиқ ҳолатида ўкга кийгизилади. Совиши билан ўкни зич камраб олади ва мустаҳкам бирикма ҳосил бўлади. Катта кучланишлар остида дискнинг ўкда айланиб кетмаслиги учун ўкга шпонка қоқилади.

Яхлит роторлар юқори босимли ва тезюар, лекин қуввати нисбатан кичик турбиналарда қўлланилади.

Ишчи кураклар. Кураклар оғир шароитларда ишлатилгани учун уларни тайёрлаш ва дискларга маҳкамлаш ишларига алоҳида эътибор берилади. Куракча уч қисмга бўлинади (4.93-расм): куракча думи; куракчанинг ишчи қисми; куракча чўккиси.



4.93-расм. Турбинанинг штампланган кураги:

1-диск ҳалқаси; 2-куракча думи; 3-оралиқ жисм.
4-куракчанинг ишчи қисми, 5-лентали бандаж,
6-куракча чўккиси



4.94-расм. Бурама куракча.

Кичик юқламалар остида ишлайдиган куракчалар пўлат лентадан тайёрланади. Куракчалар орасидаги масофалар оралиқ жисм 3 ларни қўйиб таъминланади. Куракчалар диск 1 нинг ҳалқасида маҳкамланади. Куракчалар усти лентали бандаж 5 ёрдамида ёпилади. Бунда, бандаж 5 куракчалар чўккиси 6 ўтказилади ва чўккилари пачоклаб қўйилади. Температура таъсирида кенгайишини инобатга олган ҳолда бандаж бир неча қисмдан ясалади ва улар орасида тирқиш қолдирилади. Айрим ҳолларда бандаж симдан тайёрланиши мумкин.

Турбина охириги поғоналаридаги узун куракчалар билан ҳосил қилинган каналларда оқимнинг параметрлари куракча баландлиги бўйлаб ўзгаради. Шунинг учун, юқори ф.и.к. олиш учун куракчанинг баландлиги бўйича унинг қўндаланг кесими, яъни шакли ва ўрнатиш бурчаги β ўзгариши керак. Бурама куракчалар шакл беришда мустаҳкамлик ва ишончлилиқ талаблари ҳисобга олиниши зарур (4.94-расм).

Конденсацион турбиналарнинг охириги куракчалари нам буғ соҳасида ишлайди. Буғ таркибида намликнинг мавжудлиги куракчалар юзасининг бузулишига – эрозияга дучор қилади. Куракча кириш жойининг тепа қисми энг кўп эрозияга учрайди. Куракчаларни эрозиядан ҳимоялаш учун турли усуллар қўлланилади: куракчалар қаттиқ материаллардан ясалади; куракчалар юзаси емирилишга чидамли материал билан қопланади; куракча юзаси тобланади; куракчаларнинг тепа учи махсус қаттиқ қотишмалар билан ҳимояланади.

Бирлаштириш муфталари. Турбина роторлари ва генераторларини бирлаштириш учун муфталар ишлатилади. Бирлаштирувчи муфталар турлари: каттик, ярим каттик (қисман эгилувчан), эгилувчан ва ҳаракатчан бўлади.

Қаттик муфталар ўкга ўтказилган иккита фланецдан иборат бўлиб, нисбатан юмшоқ кистирма орқали болтлар билан бирлаштириб тортилган. Эгилувчан муфта роторни салмокли равишда ўк бўйлаб силжиш имконини беради ва ўқларнинг бир-бирига оз миқдорда тўғри келмаслигини компенсация қила олади.

Ўк буриш мосламалари. Турбина тўхтатилгандан кейин роторнинг совиши бир текисда кечмайди. Роторнинг пастки қисми тез, тепа қисми эса – секин совийди. Натижада, ўк деформацияга учрайди. Катта турбиналарда ўқнинг қийшайиши жуда катта бўлиб, юқори амплитудали тебранишлар турбинани ишга тушириб бўлмаслигига олиб келади. Шунинг учун, роторни бир текисда совитиш мақсадида буғ турбиналари ўк буриш мосламалари билан таъминланган. Унинг асосий вазифаси, турбинани ишга тушириш ва тўхташиш жараёнларида роторни аста-секин айлантиришдир.

4.29. Компрессорларни такқослаш ва танлаш

Мамлакат иктисодиётининг ҳамма саноатларида поршенли ва марказдан қочма компрессор машиналарининг қўлланилиши жуда кенг тарқалган.

Турбокомпрессор ва турбогазодувкалар тузилишининг соддалиги, ихчамлиги ва газни бир метрда узатиши билан ажралиб туради. Уларнинг асосий афзалликлари: газ тоза, мой ва чангларсиз узатилади. Инерция кучларининг йўқлиги ва катта тезликда айланиши, турбокомпрессорларни кичик пойдеворларга маҳкамлаш имконини беради.

Турбокомпрессорлар ф.и.к. киймати поршенли машиналарникига караганда камроқ бўлади. Иш унумдорлиги $6000 \text{ м}^3/\text{соат}$ ва ундан юқори бўлган турбокомпрессорлар иктисодий жиҳатдан фойдали, чунки капитал ва хизмат кўрсатиш харажатлари жуда кам. Шунинг учун турбокомпрессорларни катта миқдордаги унумдорлик ($10000 \dots 200000 \text{ м}^3/\text{соат}$) ва 30 атм гача босим талаб этилганда (ўртача 10...12 атм.) қўллаш мақсадга мувофиқ. Ҳозирги пайтда кўп босқичли турбокомпрессорлар газ босимини 300 атм.гача кўтариб бера олади. Ундан ташқари, узатиладиган газ тозалигига юқори талаблар қўйилганда, бу турдаги компрессорлар жуда қўл келади.

Газ сарфи $10000 \text{ м}^3/\text{соат}$ гача, яъни кичик миқдордаги сарфларда ва 1000 атм босим бўлганда поршенли компрессорлар қўлланилади.

Роторли ва винтли компрессорлар марказдан қочма насослар каби афзалликларга эга бўлиб, турбокомпрессорларга нисбатан ф.и.к. юқори, унумдорлиги $6000 \text{ м}^3/\text{соат}$ дан паст бўлган сарфларда ва босими 15 атм дан юқори бўлмаганда ишлатилади. Роторли компрессорларнинг камчиликлари: кўрсатиладиган хизмат ва тайёрлаш мураккаб, ротор пластиналари тез едирилади ва ишчи камераларини зичлаш қийин.

Турбокомпрессорлар унумдорлигини турли усулларда ростилаш мумкин:

– иктисодий жиҳатдан энг самаралиси – бу ишчи ғилдирак айланишлар сони n га таъсир этиш. Лекин, ушбу усул конструктив томондан жуда мураккаб ва уни фақат катта унумдорликка эга турбокомпрессорларда қўллаш мақсадга мувофиқ;

– ҳайдаш йўлидаги бир қисм газни сўриш йўлига ўтказиш. Ушбу усул иктисодий жиҳатдан самарасиз, чунки рецикл қилинаётган газга сарфланган сиқиш энергияси йўқотилади;

– сўриш ёки ҳайдаш йўлида задвижка ўрнатиш. Ушбу усулнинг афзаллиги унинг соддалигида. Лекин задвижка маълум гидравлик қаршилик эга ва уни енгилга энергия сарфланади. Аммо ушбу йўқотилиш тўлиқ босимлар фарқи $p_2 - p_1$ дан анча кичик. Сўриш йўлига ўрнатилган задвижка босимнинг атмосфера босимидан пасайишига олиб келади. Бу ҳол ўз навбатида яхши зичланмаган жойлардан ҳаво сўрилишига ва технологик газлар билан аралашушига, айрим ҳолларда эса портловчи газ аралашмалари ҳосил бўлишига

олиб келади.

Ўкли компрессорлар ихчам ва фойдали иш коэффициенти юкори. Юкори микдордаги унумдорлик ($80000 \text{ м}^3/\text{соат}$) ва кичик босимлар (6 атм. гача) талаб этилганда ишлатилади. Вакуум-насослар ҳосил киладиган сийракланиш қийматига караб қўлланилади.

Поршенли суюклик вакуум-насосларнинг абсолют сийракланиши 80...85%ни ҳосил килади. Бу машиналарнинг такомиллаштирилган конструкциялари 93...97% гача сийракланиш беради. Курук поршенли вакуум-насосларда босим ростлагичи билан бўлса, сийракланиш қийматини 99,9% га етказиш мумкин. Ротор пластинали, босим ростлагичли вакуум-насослар 98...99% ли сийракланишни таъминлаб берса, ростлагичсизлиги эса – 95...96% ни ташкил этади.

Ўртача сийракланишни (90...95%) ҳосил қилиш, агрессив ва портловчи газларни аралаштириш учун саноат корхоналарида сув ҳалқали вакуум-насослар кенг қўлланилади. Марказдан қочма машиналар поршенлиларга нисбатан анча қулай ва кўп афзалликларга эга, лекин фойдали иш коэффициенти жуда кичик. Сув ҳалқали вакуум-насос ҳосил киладиган сийракланиш қиймати, ишчи элткич бўлган сув буғининг температурасига боғлиқ бўлган парциал босим билан чегараланади. $0,05...0,1 \text{ мм.сим.уст.дан}$ катта бўлмаган қолдик босим олиш учун махсус конструкцияли ротор вакуум-насослардан фойдаланилади. Бундай икки боскичли машиналарнинг қолдик босими $0,005 \text{ мм.сим.уст.ни}$ ташкил этади. Уч боскичли машиналарда эса – $0,001 \text{ мм.сим.уст.}$

95...99,8% ли сийракланишни кўп боскичли, буғ оқимчали, вакуум-насосларда олиш мумкин. Бундай қурилмалар оддийлиги ва айланувчан қисмлардан иборат бўлгани билан ажралиб туради ва улар кимёвий агрессив газларни сўриб олишда кўп қўлланилади. Буғ оқимчали насос қурилмаларини узатмасиз, пойдеворсиз, исталган жойга ўрнатиш мумкин. Буғ оқимчали вакуум-насосларнинг камчиликлари: сув буғининг сарфи катта, сўрилаётган газнинг буғ билан аралашма ҳосил қилишидир.

4-боб. Компрессорлар бўйича

Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Компрессор қандай машина?
2. Қайси кўрсаткич бўйича компрессорлар ажратилади?
3. Компрессорлар неча гуруҳга бўлинади?
4. Изотермик жараёнда $T_{из}$, $I_{из}$ ва $N_{из}$ ларни аниқлаш формуласини ёзинг.
5. Адиабатик жараёнда $T_{ад}$, $I_{ад}$ ва $N_{ад}$ ларни аниқлаш формуласини ёзинг.
6. Политропик жараёнда $T_{пол}$, $I_{пол}$ ва $N_{пол}$ ларни аниқлаш формуласини ёзинг.
7. Поршенли компрессор конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
8. Пластинали компрессор конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
9. Ротацион компрессор конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
10. Марказдан қочма вентилатор конструкцияси, ишлаши ва афзалликлари.
11. Ўкли компрессор конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
12. Винтсимон компрессор конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
13. Вакуум-насослар конструкцияси, ишлаш принципи ва афзалликлари.
14. Оддий турбина ва поғонасининг конструкцияси.
15. Газли турбина конструкцияси.
16. Турбиналар асосий қисм ва деталлари.
17. Компрессорларни қўллаш соҳалари.

5 - боб. ГИДРОМЕХАНИК ЖАРАЁНЛАР

Гидромеханик жараёнларга куйидагилар киради: суюк ва газсимон турли жинсли системаларни гравитацион (чўктириш), марказдан кочма (центрифугалаш) ёки электр майдони кучлари таъсирида каттик заррачалардан тозалаш; босимлар фарқи остида суюклик ва газларни ғовак тўсиклар орқали ўтказиб филтрлаш; суюклик мухитларида аралаштириш; мавҳум кайнаш ва бошқалар.

5.1. Турли жинсли системалар классификацияси

Камида иккита ҳар хил фазалардан (суюклик – каттик жисм, суюклик – газ ва х.) таркиб топган аралашмалар *турли жинсли системалар* деб номланади. Заррачалари ўта майин янчилган ҳолатдаги фаза *дисперс* ёки *ички фаза* деб аталади. Дисперс фаза заррачаларини ўраб олган мухит эса *дисперсион* ёки *ташқи фаза* деб аталади.

Фазаларнинг физик ҳолатига қараб турли жинсли системалар куйидаги гуруҳларга бўлинади: суспензия, эмульсия, кўпик, чанг, тутун ва туманлар (5.1-расм).



5.1-расм. Турли жинсли системалар классификацияси.

Суюклик ва каттик заррачалардан ташкил топган турли жинсли система *суспензия* деб аталади. Каттик заррачалар ўлчамига қараб суспензиялар шартли равишда куйидаги турларга бўлинади: дағал (>100 мкм); майин ($0,5...100$ мкм); лойка ($0,1...0,5$ мкм) суспензиялар ва коллоид эритмалар ($\leq 0,1$ мкм).

Бири иккинчисиди эримайдиган, дисперс ва дисперсион фазалардан ташкил топган аралашма системаси *эмульсия* деб номланади. Дисперс фаза заррачаларининг ўлчами кенг ораликда ўзгариши мумкин. Одатда, эмульсия оғирлик кучи таъсирида қатламларга ажралади. Лекин дисперс фаза томчилари $0,4...0,5$ мкм дан кичик бўлса, стабилизаторлар қўшилган ҳолларда эмульсиялар тургун бўлади ва узок муддат давомида қатламларга ажралмайди. Дисперс фаза концентрацияси ортиши билан дисперс фаза дисперсион фазага ўтиши ва тескариси бўлиши мумкин. Бундай ўзаро алмашиниш ҳодисаси фазалар *инверсияси* дейилади.

Суюклик ва унда тақсимланган газ пуфакчаларидан ташкил топган системалар *кўпиклар* деб аталади. Кўпиклар ўз хоссалари бўйича эмульсияларга яқин.

Газ ва унда тақсимланган $0,3...5$ мкм ўлчамли каттик заррачалардан ташкил топган системалар *тутунлар* деб номланади. Тутунлар буг (ёки газ) ларнинг суюк ёки каттик ҳолатга конденсацияланиш жараёни орқали ўтишда ҳосил бўлади. Ундан ташқари, каттик ёқилгилар ёниши натижасида ҳам пайдо бўлади.

Газ ва унда тақсимланган $3...70$ мкм ўлчамли каттик заррачалардан ташкил топган си-

стемалар **чанглар** деб аталади.

Кўпинча чанглар каттик материални майдалаш, аралаштириш ва маълум масофага уза-тиш пайтида ҳосил бўлади.

Дисперсион газ ва ўлчами 0,3...5 мкм бўлган дисперс суюклик фазалардан ташкил топган системаларга **туманлар** дейилади. Туманлар сув буғини совитиш жараёнида, буғнинг конденсацияланиши натижасида ҳосил бўлади.

Тутун, чанг ва туманлар – **аэрозоллар** деб юритилади.

5.2. Ажратиш усуллари

Кимё, нефть-газни кайта ишлаш ва бошқа саноатларда турли жинсли системаларни ташкил этувчи фазаларга ажратишга тўғри келади. Ажратиш усуллари танлашда дисперс фаза ўлчамига, фазалар зичликлари фарқи ва дисперсион фаза ковшоклигига аҳамият бериш зарур. Турли жинсли системаларни ажратиш учун қуйидаги усуллар қўлланилади: а) чўктириш; б) филтрлаш; в) центрифугалаш; г) суюклик ёрдамида ажратиш.

Оғирлик кучи, инерция (жумладан, марказдан кочма) ёки электростатик кучлар ёрдамида турли жинсли системалар таркибидаги каттик ёки суюклик заррачаларини ажратиш жараёни **чўктириш** деб номланади. Агар жараён фақат оғирлик кучи таъсирида олиб борилса, **гиндириш** деб юритилади. Гиндириш одатда турли жинсли системаларни дастлабки ажратиш учун ишлатилади.

Филтрлаш – турли жинсли системаларни ғоваксимон тўсик - филтр ёрдамида ажратиш жараёнидир. Бунда, ғоваксимон тўсик суюклик ёки газни ўтказиб юборади, аммо муҳитдаги каттик заррачаларни ушлаб қолади. Суспензия, эмульсия ва чангларни ажратиш учун чўктириш жараёнига қараганда филтрлаш анча самарали.

Центрифугалаш – суспензия ва эмульсияларни марказдан кочма куч таъсирида ажратиш жараёнидир. Бу жараёнда яхлит ёки ғоваксимон тўсиклар ҳам ишлатилади. Центрифугалаш жараёнида чўкма ва суюқ фаза (фугат) ҳосил бўлади.

Суюклик ёрдамида ажратиш усули деб, газ таркибидаги каттик заррачаларни бирорта суюклик иштирокида ушлаб қолиш жараёнига айтилади. Бу жараён оғирлик ёки инерция кучлари таъсирида олиб борилади ва газларни тозалаш учун ишлатилади. Баъзан, бу усулдан суспензияларни ажратишда ҳам фойдаланиш мумкин.

5.3. Ажратиш жараёнининг моддий баланси

Дисперс фаза *a* ва дисперсион фаза *b* лардан ташкил топган турли жинсли система ажратилиши керак. Қуйидаги белгилашларни киритамиз:

G_{ap} , $G_{чyx}$, G_{mc} – бошланғич аралашма, чўкма ва тозаланган суюклик массалари, кг;

x_{ap} , $x_{чyx}$, x_{mc} – бошланғич аралашма, чўкма ва тозаланган суюкликлар таркибида *b* модда концентрацияси, %.

Агар ажратиш жараёнида масса йўқотилиши бўлмаса, моддий баланс тенгламасини ушбу кўринишда ёзиш мумкин:

моддаларнинг умумий миқдори бўйича

$$G_{ap} = G_{mc} + G_{чyx} \quad (5.1)$$

дисперс фаза (*b* модда) бўйича

$$G_{ap} x_{ap} = G_{mc} x_{mc} + G_{чyx} x_{чyx} \quad (5.2)$$

(5.1) ва (5.2) тенгламаларни биргаликда ечсак, тозаланган суюклик миқдорини топамиз:

$$G_{mc} = G_{ap} \frac{x_{чyx} - x_{ap}}{x_{чyx} - x_{mc}} \quad (5.3)$$

ва чўкма миқдорини:

$$G_{\text{чyx}} = G_{\text{ap}} \frac{x_{\text{ap}} - x_{\text{mc}}}{x_{\text{чyx}} - x_{\text{mc}}} \quad (5.4)$$

Ажратиш жараёнининг самарадорлиги ажратиш жадаллиги билан характерланади:

$$\mathcal{E}_{\text{ажр}} = \frac{G_{\text{ap}} \cdot x_{\text{ap}} - G_{\text{mc}} \cdot x_{\text{mc}}}{G_{\text{ap}} \cdot x_{\text{ap}}} \quad (5.5)$$

(5.3) ва (5.4) тенгламалар ёрдамида аралаштириш жараёнини ҳам ифодаласа бўлади. Ундан ташқари, (5.3) тенгламадан аралашма таркибидаги дисперс фаза концентрациясини ҳам топиш мумкин:

$$x_{\text{ap}} = \frac{G_{\text{mc}} x_{\text{mc}} + G_{\text{чyx}} \cdot x_{\text{чyx}}}{G_{\text{ap}}} \quad (5.6)$$

ТИНДИРИШ ВА ЧЎКТИРИШ

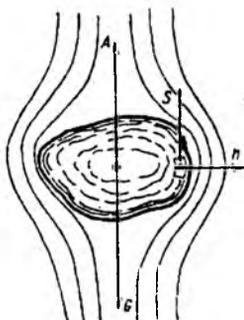
5.4. Оғирлик кучи таъсирида чўктириш

Чўкиш жараёнида қаттиқ жисм турли кучлар таъсирида суюкликда ҳаракат қилади. Оғирлик кучи таъсирида унинг суюкликдаги ҳаракатини кўриб чиқамиз. Бунда, қаттиқ заррачага оғирлик кучи G , кўтарувчи (Архимед) куч A ва ишқаланиш кучлари T таъсир этади (5.2-расм).

Ихтиёрий шаклдаги заррачани кўриб чиқамиз. Унинг ҳажми чизикли ўлчамининг учинчи даражасига тўғри пропорционалдир.

$$V = \varphi_1 l^3 \quad (5.7)$$

бу ерда, l – заррача габарит ўлчами, диаметри; φ_1 – шаклга боғлиқ коэффициент.



Агар, заррача зичлиги ρ_3 , суюкликники ρ_c бўлса, унда заррачага оғирлик кучи G ва кўтарувчи куч A лар таъсир этмокда. Бу иккала куч карама-қарши йўналган бўлади.

$$G = \varphi_1 l^3 \rho_3 g, \quad A = \varphi_1 l^3 \rho_c g \quad (5.8)$$

Ушбу кучларнинг фарқи таъсири остида заррача суюкликда ҳаракат қилади ва унинг ташқи юза бирлигига ишқаланиш кучи T таъсир этади.

Ишқаланиш кучи T Ньютон-Петров конунига биноан аникланади:

$$T = \mu \frac{\partial w}{\partial n}$$

бу ерда, μ – динамик ковшоқлик коэффициенти; $\partial w / \partial n$ – тезлик градиенти.

Бутун заррачага таъсир этувчи муҳитнинг қаршилиқ кучи унинг юзасига боғлиқ. Демак, муҳитнинг қаршилиқ

кучи куйидагига тенг:

$$R = \varphi_2 l^3 \mu \frac{\partial w}{\partial n} \quad (5.9)$$

Механиканинг иккинчи конунига биноан, оғирлик, кўтарувчи ва ишқаланиш кучларининг тенг таъсир этувчиси, заррача массасининг эркин тушиш тезланиш кўпайтмасига тенг. Демак:

$$\varphi_1 l^3 (\rho_3 - \rho_c) g - \varphi_2 l^3 \mu \frac{\partial w}{\partial n} = \varphi_1 l^3 \rho_3 \frac{dw}{dt} \quad (5.10)$$

(5.10) тенглик оғирлик кучи таъсирида чўкаётган заррачанинг дифференциал тенгламаси деб номланади.

Ўхшашлик назарияси услубларини қўллаб, (5.10) дан оғирлик кучи таъсирида заррачанинг чўкиш жараёнини ифодаловчи ўхшашлик тенгнамаларини олиш мумкин.

Бунинг учун (3.10) тенгнамани $\varphi_1 l^3 \rho_\kappa \frac{dw}{d\tau}$ бўлиб:

$$g \frac{d\tau}{dw} \frac{\rho_3 - \rho_c}{\rho_3} \cdot \frac{\rho_3}{\rho_\kappa} - \frac{c_2 \mu \omega d\tau}{c_1 \rho_3 l \partial n dw} \cdot \frac{\rho_3}{\rho_c} - \frac{\rho_3}{\rho_c} = 0 \quad (5.11)$$

Олинган натижани ρ/ρ_c кўпайтириб ва тегишли кискартиришларни амалга оширсак, куйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_1} \cdot \frac{\mu\tau}{l\rho} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \cdot \frac{\mu}{\rho\omega l} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \cdot \frac{1}{Re} \quad (5.12)$$

φ_2/φ_1 – нисбат заррача шаклига боғлиқ ва *шакл коэффициентини* деб номланади:

$$f = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \quad (5.13)$$

Ўлчамсиз комплекс эса:

$$\frac{\mu}{\rho\omega l} = \frac{1}{Re} \quad \text{ёки} \quad Re = \frac{\omega l \rho}{\mu} = \frac{\omega l}{\nu}$$

Рейнольдс сони дейилади. Бу сон суюқлик окимлари ҳаракатининг гидродинамик ўхшашлигини характерлайди, заррачанинг чўкиш жараёнида эса – суюқликнинг заррача атрофидан оқиб ўтиш гидродинамик ўхшашлигини ифодалайди.

Худди шу йўл билан (5.11) нинг биринчи айрилувчисидан куйидаги кўринишга келамиз:

$$\frac{g\tau}{w} \cdot \frac{\rho_3 - \rho_c}{\rho_c} = \frac{gl}{w^2} \cdot \frac{\rho_3 - \rho_c}{\rho_c} \quad (5.14)$$

(5.14) тенгнамани Re^2 га кўпайтирсак, *Архимед* критерийсини оламиз:

$$Ar = \frac{w^2 l^2}{\nu^2} \cdot \frac{gl}{w^2} \cdot \frac{\rho_3 - \rho_c}{\rho_c} = \frac{gl^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_3 - \rho_c}{\rho_c} \quad (5.15)$$

Ушбу критерий оғирлик ва кўтарувчи кучлар фарқининг кўтарувчи кучга нисбатини характерлайди.

Шундай қилиб, ўхшашлик назарияси услубларини қўллаб, (5.10) тенгламадан заррачаларнинг чўкиш жараёнини ифодаловчи ўхшашлик тенгнамасини келтириб чиқариш мумкин:

$$Re = a(fAr)^n \quad (5.16)$$

Чўкиш жараёнини тажрибавий ўрганиш натижасида куйидаги режимлар аниқланган: ламинар ($Re \leq 0,2$), ўтиш ($0,2 < Re < 50$) ва турбулент ($Re > 500$). Амалий ҳисоблар учун куйидаги формулалардан фойдаланиш мумкин:

$Re < 1,85$ ёки $fAr < 33$ бўлганда

$$Re = \frac{f \cdot Ar}{18} = 0,056 f \cdot Ar \quad (5.17)$$

$1,85 < Re < 500$ ёки $33 < fAr < 83 \cdot 10^3$ бўлганда

$$Re = 0,152 \cdot (fAr)^{0,725} \quad (5.18)$$

$Re > 500$ ёки $fAr > 83 \cdot 10^3$ бўлганда

$$Re = 1,74 \cdot (fAr)^{0,5} \quad (5.19)$$

(5.17)...(5.19) формулалар ёрдамида аниқланган Рейнольдс сони орқали оғирлик кучи таъсирида суюқликда чўкаётган заррача тезлигини топиш мумкин:

$$w_{\text{чүк}} = \frac{Re \cdot \mu}{l \cdot \rho} \quad (5.20)$$

Ламинар ҳаракат режимда чўкиш тезлигини куйида келтирилган усулда топилади. d диаметри сферик шаклга эга заррачалар учун $w_{\text{чүк}}$ (3.17) формуладан аниқлаш мумкин:

$$\frac{w_{\text{чүк}} d \rho}{\mu} = \frac{1}{18} \frac{gd^3(\rho_3 - \rho)}{v^2 \rho}$$

Агар $v = \mu/\rho$ эканлигини ҳисобга олсак, чўкиш тезлиги ушбу кўринишда ёзилади:

$$w_{\text{чүк}} = \frac{gd^2(\rho_3 - \rho)}{18\mu} \quad (5.21)$$

(5.21) формула Стокс қонунини, яъни шарсимон заррачаларнинг ламинар режимдаги чўкиш тезлиги, улар диаметрининг квадратига, муҳит ва заррача зичликлари фаркига тўғри пропорционал ва муҳит ковшоқлигига тесқари пропорционаллигини ифодалайди.

Нотўғри шаклдаги заррачалар учун чўкиш тезлиги шарсимонникидан кам бўлади. Заррачалар шакл коэффициентининг кийматлари махсус адабиётларда келтирилган.

Суюқликда томчининг чўкиш жараёнида унинг шакли узлуксиз равишда ўзгариб туради. Бундай ҳолларда суюқлик томчисининг чўкиш тезлиги проф. Н.И.Смирнов формуласи ёрдамида ҳисобланади:

$$w_{\text{чүк}} = \frac{gd^{2.5}}{\sigma} \left(\frac{\rho - \rho_T}{\rho_T} \right)^{1.5} \cdot \left(\frac{\mu}{\rho g} \right)^{0.5} \quad (5.22)$$

бу ерда, d – томчининг ўртача диаметри, σ – фазалар chegarасидаги сиртий таранглик, ρ – томчи ҳосил қилувчи суюқлик зичлиги; ρ_T – муҳит зичлиги; μ – муҳит ковшоқлиги

Стокс қонунига биноан, чўкаётган каттик заррачанинг максимал ўлчами ушбу формуладан топилади:

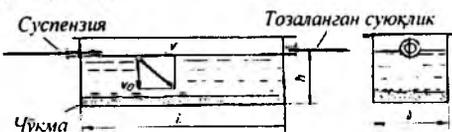
$$d_{\text{max}} \approx 1,56 \sqrt{\frac{\mu^2}{\rho(\rho_3 - \rho)}}$$

Чўкиш жараёнининг кинетик қонуниятларини ўрганиш натижасида куйидаги умумий қоида келиб чиқади: заррача ўлчами ва фаза зичликларининг фарқи ортиши билан чўкиш тезлиги кўпаяди, лекин муҳитнинг ковшоқлиги кўпайиши билан чўкиш тезлиги камаяди.

5.5. Сиқик чўкиш тезлиги

5.4 параграфда каттик жисмнинг суюқликдаги ҳаракат қонунлари кўриб чиқилган ва заррачанинг оғирлик кучи таъсирида эркин чўкиш тезлиги аниқланган. Ушбу қонунларни фақат дисперс фаза концентрацияси паст системаларга қўллаш мумкин.

Лекин саноатда дисперс фаза концентрацияси юқори бўлган ҳолларда ҳам чўктириш жараёнлари, яъни чўкаётган заррачалар бир-бири билан тўқнашганда ҳам, амалга оширилади (5.3-расм).



5.3-расм. Чўкиш жараёни схемаси.

ҳаракатини секинлаштиради. Шу пайтнинг ўзида йирик заррачаларни ўзи билан бирга майда, кичик ўлчамли заррачаларни илаштириб олиб кетади ва уларнинг ҳаракатини тезлаштиради. Қурилма тубига яқинлашган сари заррача тезлиги пасаяди ва чўкма аста-секин зичланиб боради. Заррача тезлигининг пасайиши суюқликнинг тўхтатиш ҳаракати, яъни заррача сиқиб

чиқараётган суюклик ҳаракатининг тескари йўналиши билан белгиланади.

Заррачанинг сикик чўкиши ҳар доим эркин чўкиш тезлигидан кам бўлади. Бунга сабаб муҳитнинг қаршилиги ва қўшимча қаршилик мавжудлиги, яъни ишқаланиш қаршилиги ва заррачаларнинг ўзаро тўқнашувидир. Ушбу ҳолатда муҳит қаршилигининг ортиши, чўқаётган заррачалар массасининг суюкликка динамик таъсири билан характерланади. Бу ҳол, ўз навбатида, муҳитда кўтарилувчи окимлар ҳосил бўлишига олиб келади.

Гидродинамик нуктаи назаридан, заррачаларнинг сикик чўкиши, каттик заррачалар қатламининг мавҳум қайнаш жараёнига ўхшашлигидир.

Шунинг учун, кўзгалмас муҳитда заррачаларнинг бир текисда чўкиши, уларнинг кўтарилувчи окимда учиб юришига айнан ўхшашдир. Демак, сикик чўкиш қонуниятларини, мавҳум қайнаш қатламидаги кўтарилувчи оким ҳаракати орқали ўрганиш қулайдир. Бунда, сикик чўкиш тезлиги каттик заррачалар қатламининг мавҳум қайнаш ҳолатидаги оким тезлигига тенг. Заррачалар концентрацияси нолга қараб интилганда, сикик чўкиш тезлиги максимум кийматида, яъни эркин чўкиш тезлигига яқинлашиши шубҳасиздир.

Шундай қилиб, ҳисоблаш формуласининг умумий кўриниши мавҳум қайнаш қатламида окимнинг тезлигини аниқлаш каби бўлиши керак, яъни қуйидаги функция орқали ифодаланади:

$$Re_{счк} = f(Ar, \varepsilon)$$

Ҳамма режимлар учун сикик ҳолатдаги чўкиш тезлигини аниқлаш учун қуйидаги умумий тенгламадан фойдаланилади:

$$Re_{счк} = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}{18 + 0,6\sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}} \quad (5.23)$$

бу ерда:

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu} \quad \text{ва} \quad Ar = \frac{gd^3}{\nu^2} \frac{\rho_3 - \rho}{\rho} \quad (5.24)$$

$$\varepsilon = \frac{V_0 - V}{V_0} \quad (5.25)$$

бу ерда, V_0 – суспензиядаги суюклик ҳажми, m^3 , V – суспензиядаги каттик заррачалар ҳажми, m^3

Шарсимон каттик заррачаларнинг сикик ҳолатдаги чўкиш тезлигини қуйидаги тенгламалар ёрдамида топиш мумкин:

$$\text{агар } \varepsilon > 0,7 \text{ дан бўлса:} \quad w_{счк} = w_{чк} \cdot \varepsilon^2 \cdot 10^{-1,82(1-\varepsilon)} \quad (5.26)$$

$$\text{агар } \varepsilon \leq 0,7 \text{ дан бўлса:} \quad w_{счк} = w_{чк} \frac{0,123 \cdot \varepsilon^2}{1 - \varepsilon} \quad (5.27)$$

5.6. Суспензия концентрацияси ва заррачалар шаклининг чўкиш тезлигига таъсири

Юқорида қайд этилгандек, суюк муҳитда каттик жисм ҳаракати пайтида унинг шакли чўкиш тезлигига салмоқли таъсир этади. Огирлик кучи таъсиридаги чўкиш жараёнида ушбу таъсир шакл коэффиценти f орқали ҳисобга олинади. Шар шаклидаги жисмлар учун $f = 1$. Одатда, шар шаклида бўлмаган жисмлар учун $f < 1$.

5.1-жадвал

Т/р	Заррача шакли	Коэффицент f
1	Шар	1,00
2	Думалок	0,77
3	Серкирра	0,66
4	Чўзинчок	0,58
5	Пластинасимон	0,43

Агар, заррача шакли шарсимон бўлмаса, унинг назарий чўкиш тезлиги суюклик окими режимига қараб танланади. Формуладаги аниқловчи ўлчам сифатида заррачанинг эквивалент диаметри қўлланилади. Сўнг эса, заррачанинг хақиқий шаклига қараб, аниқланган чўкиш тезлиги $w_{чж}$ тегишли шакл коэффициентини f га кўпайтирилади:

$$w'_{чж} = w_{чж} \cdot f \quad (5.28)$$

Келтириб чиқарилган формулаларда чексиз бўшлиқда заррачалар эркин чўкмокда деб фараз қилинган. Бундай тахмин суспензия концентрацияси жуда паст бўлганда тўғри. Лекин суспензия концентрацияси ўрта ва юқори бўлса, чўкиш жараёнида заррачалар бир-бири билан тўқнашади ва катта заррачалар майдаларини илтириб, ўзи билан олиб кетади. Заррачаларнинг бундай тўқнашуви натижасида, уларнинг ҳаракат энергияси пасаяди, яъни муҳитнинг қаршилиги ортади ва оқибатда чўкиш тезлиги камаёди.

Агар суспензия концентрацияси канчалик юқори бўлса, чўкиш тезлигига сиқиклик ходисаси шунчалик катта таъсир қилади. Шунинг учун, хақиқий ёки назарий чўкиш тезлиги, ҳажмий концентрацияни ҳисобга олувчи тузатиш коэффициентига кўпайтирилади.

5.7. Марказдан қочма куч таъсирида чўктириш

Эмульсиядаги суюклик томчиларини ва суспензиядаги каттик заррачаларни марказдан қочма кучлар майдонида ажратиш жараёнига *центрифугалаш* дейилади. Центрифугалаш жараёнини амалга оширадиган қурилма *центрифуга* деб номланади.

Марказдан қочма куч таъсирида суспензия *чўкма* ва *фугат* деб номланувчи суюклик фазаларга ажралади. Одатда чўкма қурилма ротори ичида қолади, фугат эса ташқарига чиқарилади.

Центрифуга ишлаш пайтида ҳосил бўладиган марказдан қочма куч чўктириш жараёнидаги оғирлик ва филтрлашдаги гидростатик кучларга нисбатан анча катта бўлади. Шунинг учун турли жинсли системаларни ажратиш учун қўлланиладиган чўктириш ва филтрлаш жараёнларига қараганда центрифугалаш жуда самарали ҳисобланади.

Центрифуганинг асосий қисми горизонтал ёки вертикал ўқга ўрнатилган ва катта тезликда айланувчи цилиндрик ротор бўлиб, у электр юриткич ёрдамида айланма ҳаракатга келтирилади. Марказдан қочма куч таъсирида турли жинсли системадаги каттик заррачалар чўкмага тушиб, суюликдан ажралади.

Ажратиш принципага қараб, центрифугалар 2 хил бўлади: филтрловчи ва чўктирувчи центрифугалар.

Чўктирувчи центрифуганинг цилиндрик ротори яхлит деворли бўлиб, эмульсия ва суспензияларни чўктириш принципи асосида ажратади. Бу қурилмада ажратиш жараёнида оғирлик кучи ўрнига марказдан қочма куч ишлатилади. Цилиндрик ротор айланиши натижасида ҳосил бўладиган марказдан қочма куч таъсирида суспензия ёки эмульсия ротор деворига қараб ҳаракат қилади. Зичлиги юқори бўлган каттик заррачалар ротор деворида, зичлиги камроғи эса ўқ атрофида йиғилади.

Филтрловчи центрифуга ротори тешикли бўлиб, эмульсия ва суспензияларни филтрлаш принципи асосида ажратади. Бу қурилмаларда, ажратиш жараёнида босимлар фарқи ўрнига, марказдан қочма куч ишлатилади.

Бу турдаги центрифугаларда суспензия ёки эмульсия ротор деворига қараб ҳаракат қилади ва фазаларга ажралади. Фазаларга ажратиш жараёни куйидагича рўй беради: суюк фаза роторнинг тўсиғидан ўтиб, қурилма қобиғига йиғилади ва штуцер орқали чиқарилади. Каттик фаза эса, филтрловчи тўсиқда ушланиб қолади ва ундан сўнг ротордан туширилади.

Ишлаш принципага кўра центрифугалар даврий ва узлуксиз бўлади. Ротор ўқининг ўрнатилишига қараб, горизонтал ва вертикал центрифугалар бўлади. Даврий ишлайдиган центрифугаларда чўкма қўл, оғирлик кучи ёки пичок ёрдамида туширилади. Узлуксиз центрифугаларда чўкма шнек ёрдамида инерцион ва пульсацион кучлар ёрдамида туширилади.

Филтрловчи ва чўктирувчи центрифугаларда ажратиш жараёнларининг таҳлили шуни кўрсатадики, чўктириш ва филтрлаш жараёнлар билан центрифугалаш орасида ўх-

шашлик кўп ва ҳамма жараёнларнинг умумий қонуниятлари ҳам ўхшашдир.

Центрифугаларда ҳосил бўладиган марказдан қочма куч ушбу тенглик билан ифодаланади:

$$c = \frac{mw^2}{r} = \frac{Gw^2}{gr} \quad (5.29)$$

бу ерда, m – айланувчи жисм массаси, кг, G – айланувчи жисм оғирлиги, Н, w – роторнинг айланиш тезлиги, м/с; g – эркин тушиш тезланиши, м²/с; r – ротор айланиш радиуси, м.

Роторнинг айланиш тезлиги ушбу тенгликдан топилади:

$$w = \omega \cdot r = \frac{2\pi n}{60} r \quad (5.30)$$

бу ерда, ω – бурчак тезлиги, рад/с; n – айланиш сони, айл/мин.

(5.29) ва (5.30) тенгликлардан марказдан қочма кучни аниқлаймиз:

$$c = \frac{G}{rg} \left(\frac{2\pi n}{60} r \right)^2 \quad (5.31)$$

ёки

$$c \approx \frac{Grn^2}{900} \quad (5.32)$$

Шундай қилиб, ротор диаметрини кўпайтиришга қараганда, унинг айланиш сонини ошириш, марказдан қочма кучнинг ўсишига олиб келади.

Центрифугаларнинг иш унумдорлиги ажратиш коэффициентига боғлиқ. Центрифугаларда ажратиш коэффициенти марказдан қочма кучлар майдонида ҳосил бўлган кучланиш билан характерланади. Центрифугада ҳосил бўлаётган марказдан қочма кучлар микдорининг оғирлик кучи тезланишидан неча маротаба кўплигини кўрсатувчи катталиқ *ажратиш коэффициенти* деб номланади:

$$K_a = \frac{w^2}{rg} \quad (5.33)$$

Центрифуга ротори айланиш частотасининг ортиши ва диаметрининг камайиши билан марказдан қочма куч майдонида ажратиш самарадорлиги ортади. Агар айланиш тезлигини айланиш частотаси орқали ифодаласак, ажратиш коэффициентини аниқлаш учун ушбу кўринишдаги формулани оламиз:

$$K_a \approx \frac{n^2 r}{900} \quad (5.34)$$

Ажратиш коэффициенти центрифугаларнинг муҳим характеристикаси бўлиб, унинг ажратиш қобилиятини аниқловчи кўрсаткичдир.

5.8. Тиндириш ва чўктириш қурилмалари

Чўктириш жараёни турли конструкцияли қурилмаларда, яъни чўктиргичларда амалга оширилади.

Чўктиргичда суспензия ҳаракати туфайли чўктириш жараёни содир бўлади: каттик заррачалар қурилма тубига чўқади ва чўқма қатламини ҳосил қилади.

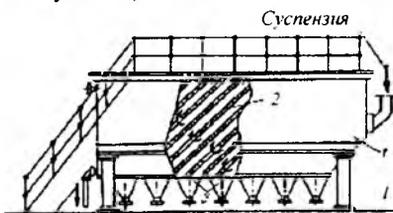
Одатда, чўктиргичларни ҳисоби ўз ичига энг майда заррачаларни чўктиришни кўзда тутади.

Чўктиргичнинг солиштирма иш унумдорлигини қуйидаги формуладан топиш мумкин:

Ундан кейин, чўкма катламидан юкорида жойлашган штуцердан тозаланган суюклик чиқариб олинади. Қурилма тубидаги каттик заррачалардан бўлган чўкма кўл ёрдамида олиб ташланади.

Чўктиргич ўлчамлари ва шакли турли жинсли система заррачалари диаметри ва суспензия концентрациясига боғлиқ. Суспензия зичлиги ва заррачаларининг диаметри ортиши, тиндиргич ўлчамларини камайтириш имконини беради.

Тиндириш жараёнининг давомийлиги дисперсион фаза ковшоклигига боғлиқ. Маълумки, температура ўсиши билан суюкликлар ковшоклиги пасаяди. Шунинг учун, чўктириш жараёнини интенсивлаш максимида суспензиялар киздирилади (агар технологияга зид бўлмаса).



5.5-расм. Қия тўсикли ярим узлуксиз тиндиргич:
1-кобик, 2-кия тўсиклар, 3-бункер.

Қия тўсикли, ярим узлуксиз тиндиргич. Суспензия штуцер орқали қурилмага киритилади ва қия ўрнатилган тўсик 2 лар ёрдамида галма-гал юкоридан пастга ва пастдан юкорига қараб йўналтирилади (5.5-расм).

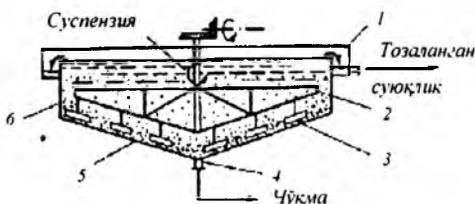
Қия тўсиклар қурилмада суспензиянинг ҳаракат давомийлиги ва тиндириш юзасини оширади. Ҳосил бўладиган шлам эса, бункер 3 ларда йиғилади ва тўлиб чиқкандан сўнг жўмрақлар ёрдамида чиқазиб юборилади.

Тозаланган суюклик тиндиргичнинг тепа қисмида ўрнатилган штуцер орқали чиқарилади.

Кимё, нефть-газ ва бошқа саноатларда узлуксиз

ишлайдиган тиндиргичлар кенг кўламда қўлланилмоқда.

Эшкак аралаштиргичли, узлуксиз ишлайдиган тиндиргич. Бундай турдаги тиндиргич



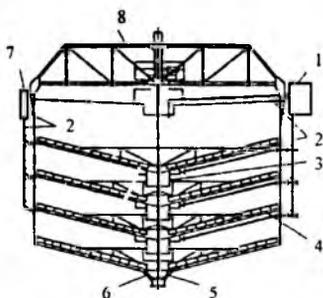
5.6-расм. Эшкак аралаштиргичли узлуксиз ишлайдиган тиндиргич:
1-ҳалқасимон тарнов, 2-аралаштиргич, 3-эшкак, 4-люк; 5-конуссимон туб, 6-цилиндрик кобик

конуссимон туб 5 ва цилиндрик кобик 6 дан ҳамда қурилманинг тепа қисмидаги ҳалқасимон тарнов 1 дан таркиб топган бўлади (5.6-расм). Чиқариш люки 4 га чўкмани узатиш учун қия парракли аралаштиргич 2 да бир неча эшкак ўрнатилган бўлади. Аралаштиргич $0,02...0,5 \text{ мин}^{-1}$ частота билан айланади. Труба ёрдамида суспензия цилиндрик кобик ўртасига узлуксиз равишда узатилади. Тозаланган суюклик ҳалқасимон тарновга куйилади ва сўнг тиндиргичдан чиқарилади. Ҳосил бўлган шлам диафрагмали насос ёрдамида қурилманинг пастки қисмидан сўриб олинади. Агар шлам таркибидаги дисперс фаза кимматли ёки келгуси технологик жараёнлар учун яроқли бўлса, у қайта ишланишга юборилади.

Бу турдаги тиндиргичларда зичлиги бир текисда бўлган чўкмаларга ва уни самарали сувсизлантиришга эришса бўлади. Эшкакли тиндиргичлар камчилиги, бу уларнинг кўполлигидир.

Кўп қаватли тиндиргич. Бундай қурилмалар узлуксиз ишлайди ва бир-бири устига ўрнатилган бир неча эшкакли тиндиргичлардан иборат (5.7-расм). Ҳар бир қаватлар орасида конуссимон тўсиклар жойлаштирилган. Бу тўсиклар туфайли тиндиргич юзаси анчага кўпаяди ва натижада қурилма ихчамроқ бўлади.

Тиндиргич умумий ўкга эга бўлиб, унга



5.7-расм. Кўп қаватли тиндиргич:
1—таксимловчи мослама, 2-трубалар, 3-стакан, 4-эшкакли аралаштиргич, 5—тўқиш конуси, 6-киргич, 7-коллектор, 8-ром.

аралаштирувчи эшаклар жойлаштирилади. Суспензия эса таксимловчи мосламадан трубалар оркали хар бир кават стаканига узатилади. Тозаланган суюклик халкасмон тарновлардан ўтиб, коллекторда йигилади. Ҳар бир ярус шламни чиқариб қўйиш штаканлари билан уланган. Юқорида жойлашган хар бир кават стаканининг пастки учи куйи кават шламни ичига кириб туради. Шундай қилиб, тиндиргичнинг каватлари шлам бўйича кетма-кет уланган. Ҳосил бўлаётган шлам факат энг пастки каватнинг ичида кирғич ўрнатилган тўкиш конусидан чиқарилади.

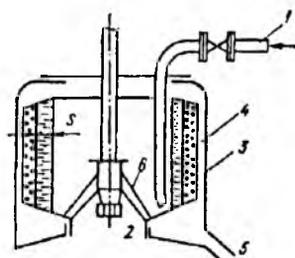
Эмульсияларни узлуксиз ажратиш тиндиргичи бир неча қисмдан иборат (5.8-расм). Эмульсия қурилманинг чап қисмига берилди ва у ердан ўрта сепарацион камерага узатилади.

Чап тўсик 2 аралашма сатҳи баландлигини ростлаш имконини беради. Сепарацион қисмда бошлангич аралашма оғирлик куч таъсирида фазаларга ажрайди. Енгил фаза тепага кўтарилади ва тиндиргичнинг юқорисида жойлашган штуцердан оқиб чиқади. Оғир фаза эса, ўнг тўсик 3 остидан ўтиб пастга тушади ва қурилма тубидаги штуцердан оқиб чиқади.

Чўқтирувчи центрифуга. Бу турдаги қурилмалар ротори яхлит металлдан тайёрланади (5.9-расм). Уларнинг ишлаш принципи худди тиндиргичникига ўхшашдир. Бошлангич аралашма қурилма ротори 4га труба 1 оркали узатилади. Ротор 4 нинг айланиши натижасида марказдан қочма куч таъсирида зичлиги юқори бўлган заррачалар роторнинг ички юзасига тўпланади, зичлиги камроғи эса, айланиш ўқиға яқинроқ жойда йигилади. Тозаланган суюклик, яъни фугат, қобик 3 даги штуцер 5 оркали ташқарига чиқарилади. Ротор деворида ҳосил бўлган чўкма эса, жараён тугагандан сўнг тўкилади.



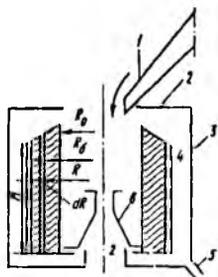
5.8-расм. Эмульсияларни узлуксиз ажратиш учун тиндиргич:
1 - қобик, 2 - чап тўсик, 3 - ўнг тўсик



5.9-расм. Чўқтирувчи центрифуга:
1 - суспензия юклаш штуцери, 2 - чўкма туширадиган штуцер, 3 - қобик, 4 - ротор, 5 - фугат чиқариш штуцери, 6 - конус

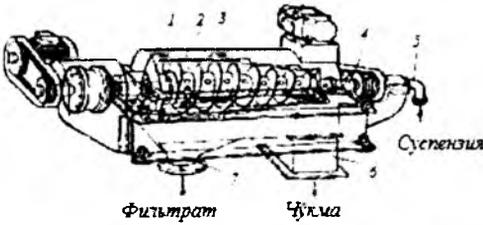
Филтрловчи центрифуга. Ушбу центрифуга қобик 3 ичида ўрнатилган айланувчи ротор 4 дан ташкил топган. Ротор девори тешик, тўрсимон бўлиб, унинг ички юзаси филтрловчи материал билан қопланган (5.10-расм).

Ротор электр юриткич ёрдамида айлантиради. Айланма ҳаракат туфайли ротор 4 ичидаги суюкликка марказдан қочма куч таъсир қила бошлайди. Натижада гидростатик босим ҳосил бўлади ва у жараёни ҳаракатга келтирувчи қучи деб аталади. Ушбу қуч таъсирида аралашма филтрловчи материал ва ротор деворида ҳосил бўлган чўкма қатламидан ўтиб тозаланadi. Бундай центрифугаларда жараён уч босқичда ўтади: а) чўкма ҳосил қилиш ва филтрлаш; б) чўкма қатламининг зичланиши; в) чўкмадан суюқ фазани ажратиш. Жараёнда ҳосил бўлган фугат штуцер 5 дан ташқарига чиқарилади. Жараён тамомлангандан сўнг, чўкма сув билан ювилади. Ҳамма босқичлар тугагандан кейин центрифуга тўхтатилади, сўнг эса конус 6 тепага кўтарилади ва чўкма тўкилади.



5.10-расм. Филтрловчи центрифуга: 1 - суспензия бериш трубази; 2 - чўкма чиқариш штуцер; 3 - қобик, 4 - ротор, 5 - фугат чиқариш штуцери, 6 - конус

Узлуксиз ишлайдиган, чўкманни шнекда



5.11-расм. Узлуксиз ишлайдиган, чўкмани шнекда тўқувчи горизонтал чўктирувчи центрифуга:

- 1 - кобик, 2 - ротор, 3 - шнекли мослама;
4 - говак ўк; 5 - марказий труба; 6 - чўкма камераси, 7 - фугат чиқариш патрубкиси

тўқувчи горизонтал чўктирувчи центрифуга (НОГШ). Ушбу қурилма ротор 2 ва кобик 1 да ўрнатилган шнекли мослама 3 лардан таркиб топган (5.11-расм). Суспензия марказий труба 5 орқали говак ўк 4 га узатилади. Ушбу трубадан чиқишда суспензия марказдан кочма куч таъсирида ротор бўшлиғида таксимланади. Қобикдаги говак цапфаларда ротор 2 айланиб туради. Шнек эса, ротор ичидаги цапфаларда айланади. Марказдан кочма куч таъсирида каттик заррачалар ротор деворига қараб ҳаракат қилади, суюклик эса ички халқа ҳосил қилади. Бу суюклик халқасининг калинлиги ротор ён томонидаги тўкиш тешиklarининг жойлашиши билан аниқланади. Ротор бўйлаб чўкма ҳаракат

қилганда йўл - йўлакай зичланиб боради. Технологик зарурият бўлса, чўкма ювилиши ҳам мумкин.

Фугат эса, тўкиш тешиklar орқали фугат камерасига йиғилади ва патрубк 7 дан ташқарига чиқарилади.

НОГШ типдаги центрифуга катта иш унумдорликка эга ва юқори концентрацияли майин, дисперс суспензияларни ажратиш учун қўлланилади. Бундай центрифугаларнинг суспензия бўйича иш унумдорлиги ушбу формуладан топилади:

$$V = \frac{3,5D_r^2 \cdot L_r (\rho_s - \rho) d^2 n^2}{\mu} \quad (5.37)$$

бу ерда, D_r, L_r - тўкиш цилиндрининг диаметри ва узунлиги, м, ρ_s, ρ - заррача ва мухит зичликлари, кг/м³, d - заррачанинг энг кичик диаметри, м, n - роторнинг айланиш частотаси, мин⁻¹, μ - динамик ковшоқлик коэффиценти, Па·с

Чўктирувчи центрифугалар иш унумдорлиги эса ушбу формуладан ҳисобланади:

$$V = \eta F w_k \quad (5.38)$$

бу ерда, η - пропорционалик коэффиценти, $F = 2\pi R_0 L$ - ротордаги суспензия кўзгуси майдонининг юзаси (бу ерда R_0 - суспензия халқасимон қатламнинг ички радиуси, м, L - ротор узунлиги, м) м²; $w_k = w_{чк} K$ - марказдан кочма куч таъсиридаги чўкиш тезлиги, м/с (бу ерда, $w_{чк}$ - оғирлик кучи таъсирида чўкиш тезлиги, м/с, K - ажратиш коэффиценти).



5.12-расм. Тарелкали сепаратор:

- а - умумий кўриниш; б - тарелкалар ишлаш схемаси. 1-кобик, 2-ички сопло, 3-узатма; 4-ром; 5-ишчи ўқнинг алмашининг втулкаси; 6-ростловчи труба; 7-ювиш системаси клапани, 8-тарелкалар дастаси

(5.38) тенглама ёрдамида чўкмани пичок билан кесиб оладиган чўктирувчи центрифуга иш унумдорлигини ҳисоблаш формуласини келтириб чиқариш мумкин:

$$V = 25,3 \cdot \eta L n^2 R_0^2 w_{\text{чжк}} \cdot k \quad (5.39)$$

бу ерда k – суспензия ўзатиш вақтининг центрифуга умумий ишлаш вақтига нисбати

Тарелкали сепаратор. Бу турдаги қурилмалар қобик 1 ичида жойлашган ротор ва тарелкалар дастаси 8 лардан таркиб топган (5.12-расм).

Сепараторга суспензия берилиши ташки халқасимон труба орқали амалга оширилади (5.12б-расм).

Суспензия кўп тешикли тарелка остига узатилади ва марказдан қочма қуч таъсирида қисман ажратилади. Ундан сўнг, суспензия 2 юкорида жойлашган тарелкалар орасига

кўтарилади. Тарелкалар дастаси заррачалар эркин чўкиш масофасини қамайтириш ҳисобига сепарация жараёнининг самарадорлигини оширади. Агар ажратиб олинган заррачалар тарелканинг пастки юзасига етиб келган бўлса, унда улар бутун аралашмадан ажратиб олинган деб ҳисобласа бўлади. Чўккан заррачалар ички соплолардан халқасимон трубага ўтади ва сепаратордан чиқарилади. Тозаланган суяқлик четдаги трубадан чиқарилади.

5.8.1. Чўктириш қурилмасини ҳисоблаш

Фильтрловчи центрифугани ҳисоблаш. Соатига 70 м^3 суспензияни узлукли ишлайдиган фильтрловчи центрифуга ҳисоблансин. Солиштирма оғирлиги $\gamma_1=2700 \text{ кг/м}^3$ ва таркибида каттик фаза миқдори $C_c=30 \%$. Суспензия солиштирма оғирлиги $\gamma_2=1000 \text{ кг/м}^3$, ковшоклик коэффициенти $\mu=1 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{с/м}^2$. Ушланаётган каттик кристалларнинг минимал ўлчами $d=10 \text{ мкм}$. Чўкманинг охириги намлиги $W=10\%$, фугатдаги каттик фаза миқдори $C_\phi=5\%$. Каталогдан чўкмани пичок билан кесиб оладиган АГ-1800 русумли горизонтал автоматик центрифугани танлаймиз.

АГ-1800 русумли центрифуганинг техник характеристикалари

Ротор ички диаметри	$D=1800 \text{ мм}$
Ротор ташки диаметри	$D_1=1848 \text{ мм}$
Халқасимон днишче ички диаметри.....	$d_0=1300 \text{ мм}$
Роторнинг ички узунлиги.....	$L=700 \text{ мм}$
Роторнинг ташки узунлиги	$L_1=780 \text{ мм}$
Роторнинг ишчи ҳажми.....	$V_n=1050 \text{ м}^3$
Ротор ҳажмини чўкма б-н тўлдирилиш коэффициенти... ..	$\psi_1=0,8$
Ротор айланашлар сони.....	$n=720 \text{ об/мин}$
Юклаш давомийлиги	$\tau_n=2 \text{ мин}$
Кесиш давомийлиги	$\tau_n=2 \text{ мин}$
Пичокнинг кесиш учининг узунлиги.....	$b=680 \text{ мм}$

Лаборатория центрифугасида олинган тажриба маълумотлари :

Ротор диаметри	$D_n=200 \text{ мм}$
Ротор узунлиги.....	$l=75 \text{ мм}$
Роторнинг фойдали ҳажми	$V_n=1,2 \text{ л}$
Ажратиш омили	$\Phi_p=425$

шуни кўрсатдики, 9% ли чўкма ҳосил қилиш учун уни 5 дақиқа давомида сикиш керак. Шу билан бирга, чўкма қатламининг қалинлиги сезиларли равишда центрифугалаш жараёнига таъсир этмади.

Чўкмани тўкиш давомийлиги $\tau_b=1$ мин. бўлгани учун саноат қурилмасининг центрифугалаш жараёнининг тўлик цикли ушбу тенгламадан ҳисоблаб топилади:

$$\tau_1 = \tau + \tau_o = 5 + 1 = 6 \text{ мин.}$$

$\tau_{cp} = \tau_1=6$ мин. бўлганда центрифугалаш циклининг тўлик давомийлиги қуйидагича аниқланади:

$$\tau_o = \tau_1 + \tau_{cp} = 6 + 6 = 12 \text{ мин.}$$

Филтрлаш босими ўзгармас килиб ушлаб турилганда ва $\tau_1 = 10$ мин. бўлганда 8 л фугат олинган.

Роторнинг бурчак тезлиги:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 720}{30} = 75,4 \text{ с}^{-1}$$

Ажратиш омили эса,

$$\Phi_p = \frac{\omega^2 \cdot D}{2g} = \frac{75,4 \cdot 1,8}{2 \cdot 9,81} = 522$$

Унда, роторнинг фойдали ҳажми $V_n = 1050$ л ва ажратиш омили $\Phi_p = 700$ бўлган АГ-1800 русумли центрифуганинг ўртача унумдорлиги қуйидагига тенг бўлади:

$$V_{cp} = V_n \cdot \sqrt{\frac{D \cdot L \cdot \Phi_p \cdot V_n \cdot \tau_1}{D_n \cdot l \cdot \Phi_n \cdot V_n \cdot \tau_1}} = \frac{8 \cdot 60}{10 \cdot 10^3} \cdot \sqrt{\frac{1,8 \cdot 0,7 \cdot 700 \cdot 1050 \cdot 6}{0,2 \cdot 0,075 \cdot 425 \cdot 1,2 \cdot 10}} = 12,9 \text{ м}^3 / \text{соат}$$

Шундай килиб, соатига 70 м³ суспензияни ажратиш учун АГ-1800 русумли 7 та центрифуга ўрнатилиши зарур.

Суспензиянинг ҳажмий оғирлиги

$$\gamma_c = \frac{100\gamma_1 \cdot \gamma_2}{100\gamma_1 - (\gamma_1 - \gamma_2) \cdot C_c} = \frac{100 \cdot 2700 \cdot 1000}{100 \cdot 1000 - (2700 - 1000) \cdot 30} = 1230 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Чўкманинг ҳажмий оғирлиги

$$\gamma_\alpha = \frac{100\gamma_1 \cdot \gamma_2}{100\gamma_2 + (\gamma_1 - \gamma_2) \cdot W} = \frac{100 \cdot 2700 \cdot 1000}{100 \cdot 1000 + (2700 - 1000) \cdot 10} = 2308 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Суспензиядаги суюқ фазанинг ҳажмий улуши:

$$\alpha = \frac{\gamma_1 - \gamma_c}{\gamma_1 - \gamma_2} = \frac{2700 - 1230}{2700 - 1000} = 0,865$$

Нам чўкмадаги суюқ фаза улуши:

$$\beta = \frac{\gamma_1 - \gamma_\alpha}{\gamma_1 - \gamma_2} = \frac{2700 - 2308}{2700 - 1000} = 0,230$$

Ишчи ҳажмнинг тўлик ҳажмга нисбати:

$$\psi = 1 - \frac{d_o^2}{D^2} = 1 - \frac{1,3^2}{1,8^2} = 0,48$$

Ажратиладиган суспензияга кинетик энергия бериш учун сарфланадиган қувват:

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{\psi_1 \cdot \Phi_p \cdot V_n \cdot D}{300 \cdot \tau} \cdot \left[\left(1 - \frac{\psi_1 \cdot \psi}{2} \right) \cdot \gamma_\alpha + (\alpha - \beta) \cdot \gamma_2 \right] = \\ &= \frac{0,8 \cdot 700 \cdot 1050 \cdot 1,8}{300 \cdot 2 \cdot 60} \cdot \left[\left(1 - \frac{0,8 \cdot 0,48}{2} \right) \cdot 2308 + (0,865 - 0,230) \cdot 1000 \right] = \\ &= 75,33 \text{ о.к.} = 55405,1 \text{ Вт} \end{aligned}$$

бу ерда $\tau = \tau_n \cdot 60$, секунд

Юкланмаган ротор оғирлиги $G_p = 3200$ кг,
Чўкма оғирлиги

$$G_{\alpha} = V_n \cdot \psi_1 \cdot \gamma_{\alpha} = 1,05 \cdot 0,8 \cdot 2300 = 1932 \text{ кг}$$

Юкланаётган хом-ашё ва ротор оғирлиги :

$$G = G_p + G_{\alpha} = 3200 + 1932 = 5132 \text{ кг}$$

Подшипникка таъсир этаётган динамик юклама ушбу усулда ҳисобланади:

$$P = Q \cdot (1 + 0,002 \cdot \Phi_p) = 12317 \text{ кг}$$

Подшипникдаги ишқаланишни энгиш учун сарфланадиган қувват ушбу тенгламадан топилади:

$$N_2 = \frac{Pd\omega}{150} = \frac{0,01 \cdot 9750 \cdot 0,16 \cdot 75,4}{150} = 7,8 \text{ о.к.} = 5736,9 \text{ Вт}$$

бу ерда $d = d_1 = d_2 = 0,16$ м

Ротор ва суспензиядаги ишқаланишни энгиш учун сарфланадиган қувват куйидаги тенгликдан аниқланади:

$$N_3 = 15,4 \cdot 10^{-6} \cdot \gamma \cdot L^1 \cdot \omega^3 \cdot (r^4 + R^4) = 15,4 \cdot 10^{-6} \cdot 1,3 \cdot 0,78 \cdot 75,4^3 (0,65^4 + 0,924^4) = 6,15 \text{ о.к.} = 4743,9 \text{ Вт}$$

Агар чўкма калинлиги куйидагига тенг бўлса,

$$\Delta = R - r_v = R - \sqrt{R^2 - \frac{V_v}{\pi L}} = 0,9 - \sqrt{0,9^2 - \frac{0,84}{3,14 \cdot 0,7}} = 0,244 \text{ м}$$

$$V_v = V_n \cdot \psi_1 \cdot 10^{-3} = 1,05 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 0,84 \text{ м}^3$$

Уни қирқиш учун сарфланадиган қувват ушбу формуладан топилади:

$$N_4 = \frac{\pi \cdot b \cdot \Delta \cdot \left(R - \frac{\Delta}{2}\right) \cdot k \cdot 10^5}{225 \tau_{cp}} = \frac{3,14 \cdot 0,68 \cdot 0,244 \cdot \left(0,9 - \frac{0,244}{2}\right) \cdot 0,4 \cdot 10^5}{225 \cdot 2}$$

$$36 \text{ о.к.} = 26477,9 \text{ Вт}$$

Шундай қилиб, центрифугани нормал ишлаши учун зарур бўлган қувват куйидагига тенг:

а) хом-ашёни юклаш даврида

$$N_{\text{юклаши}} = N_1 + N_2 + N_3 = 75,33 + 9,9 + 6,15 = 91,4 \text{ о.к.} = 67316 \text{ Вт}$$

б) маҳсулотни қирқиш вақтида

$$N_{\text{қирқиши}} = N_2 + N_3 + N_4 = 9,9 + 6,15 + 36 = 52,05 \text{ о.к.} = 38282,7 \text{ Вт}$$

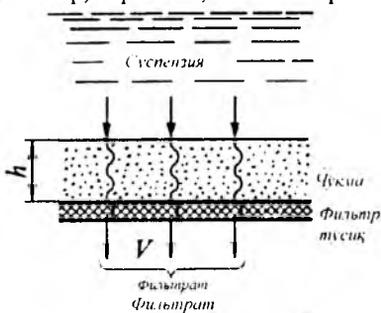
**5-боб. Гидромеханик жараёнлар бўйича
Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар**

1. Турли жинсли система нима?
2. Дисперс ва дисперсион фазалар нима?
3. Турли жинсли система қандай гуруҳларга бўлинади?
4. Суспензия нима?
5. Эмульсия нима?
6. Кўпик нима?
7. Чангнинг таърифини беринг.
8. Тутун газ таърифини беринг.
9. Туман таърифини беринг.
10. Турли жинсли системаларни қандай ажратиш усуллари мавжуд?
11. Каттик жисми суюқликда чўкиш механизми ва чўкиш тезлиги формуласини ёзинг.
12. Каттик жисми газда чўкиш механизми ва чўкиш тезлиги формуласини ёзинг.
13. Архимед критерийсининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
14. Марказдан қочма куч таъсирида чўктиришнинг механизми.
15. Марказдан қочма куч ва унинг формуласини ёзинг.
16. Ажратиш коэффициентининг маъноси ва нимани аниқлаш имконини беради?
17. Қия тўсикли тиндиргич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
18. Эшак аралаштиргичли тиидиргич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
19. Эмульсияларни ажратувчи тиндиргич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
20. Чўктирувчи центрифуга конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
21. Филтрловчи центрифуга конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.

ФИЛЬТРАШ

5.9. Умумий тушунчалар

Турли жинсли системаларни ғовак фильтр тўсиклар ёрдамида фазаларга ажратиш жараёнига **фильтрлаш** дейилади. Фильтр тўсиклар аралашманинг каттик (дисперс) фазасини ушлаб қолади. суюк (дисперсион) фазасини ўтказиб юбориш қобилиятига эга. Фильтр тўсиклар ёки бундан буён фильтрлар сифатида ғовакли материаллар қўлланилади (масалан, тўр пардалар, картон, газламалар, сочилувчан материаллар, шағал, кум, ғовак полимер материаллар, керамика, металлокерамика ва бошқалар).



5.13-расм. Фильтр тўсик ва чўкма қатлами орқали суюқликнинг ўтиш схемаси.

Фильтрлаш жараёни босимдар фарқи ёки марказдан қочма кучлар майдони таъсирида амалга оширилади.

Фильтрлаш интенсивлиги суспензия сифати, яъни дисперс фаза чўкмаси қаршилигининг микдорига, картон, шилимшиқ ва коллоид моддалар бор-йўқлигига боғлиқдир.

Турли жинсли системаларни ажратиш пайтида фильтр конструкцияси ёки фильтрловчи центрифуга, фильтр тўсик ва фильтрлаш режимларини танлаш зарурати туғилади.

Кимё ва бошқа саноатларда чўкма ҳосил қилиш йўли билан фильтрлаш кенг тарқалган.

Суюқлик ва газсимон турли жинсли системаларни фильтрлаш уларни тозалаш, яъни каттик фазани ажратиш учун қўлланилади.

Кимё, нефть-газни қайта ишлаш ва бошқа саноатларда газларни тозалаш учун фильтрлаш жараёни кенг қўламда ишлатилади.

Фильтрлаш жараёнида сикилувчи ва сикилмайдиган чўкмалар ҳосил бўлади. Сикилувчи чўкма заррачалари босим ортиши билан катлам деформацияга учрайди ва унинг ўлчами камаяди. Сикилмайдиган чўкмада босим кўпайиши билан катлам шакли ва ўлчами ўзгармайди.

Амалда фильтрлашдан кейин қуйидаги қўшимча жараёнлар қўлланилади:

- а) чўкмани ювиш;
- б) чўкмани ҳаво ёки инерт газлар оқими билан тозалаш;
- в) чўкмани қуритиш.

Фильтрлаш жараёнининг унумдорлиги ва олинган фильтратнинг тозаллиги фильтр тўсиклар хусусиятларига боғлиқ. Фильтр тўсиклар ғовак, тешиклари катта ва гидравлик қаршилиги кичик бўлиши керак. Фильтр тўсиклар тузилишига қараб эгилувчан ва эгилмас бўлади.

Фильтр тўсиклар тепа ва остки қисмидаги босимларнинг *фарқи фильтрлаш жараёнининг ҳаракатлантирувчи кучи* деб ҳисобланади.

Ҳаракатлантирувчи кучлар турига қараб фильтрлаш жараёни икки гуруҳга бўлинади:

- а) босимлар фарқи таъсирида ажратиш (фильтрлаш);
- б) марказдан қочма куч таъсирида ажратиш (центрифугалаш).

5.10. Фильтрлаш турлари

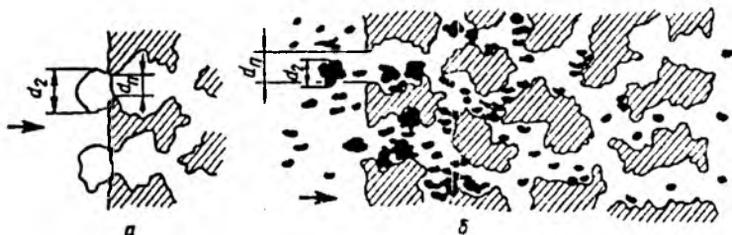
Турли жинсли системаларни ажратиш пайтида фильтр тўсик тури ва суспензия хоссаларига қараб, фильтр тўсик юзасида чўкма ҳосил қилиш, фильтр қовақларини тўлдириш ва

хам биринчи, ҳам иккинчи ҳодисалар биргаликда келган (оралик) ҳолатларда филтрлаш жараёнини ташкил этиш мумкин.

Филтр тўсик юзасида чўкма ҳосил қилиб филтрлаш жараёни қаттиқ жисм заррачаларининг диаметри d_2 , ковак диаметри d дан катта бўлганда рўй беради (5.14а-расм).

Бу усул суспензия таркибидаги қаттиқ фаза концентрацияси 1% (масс) дан ортик бўлганда қўлланилади, чунки бунда филтр тўсик ковагига кириш жойида гумбазчалар ҳосил бўлиши учун қулай шароитлар яратилади. Гумбазчалар ҳосил бўлиши, чўкиш тезлиги ва суспензия концентрациясининг ортишига имконият туғдиради.

Ковакларни тўлдириш усулида филтрлаш (5.14б-расм) филтр тўсик ковакларига қаттиқ заррачалар кириб тўлдирганда рўй беради. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, филтрлаш жараёнининг бошланғич давридаёқ, қаттиқ заррачалар тўсик ковакларини тўлдириб бошлайди. Бу ҳодиса, албатта филтр қурилмалар иш унумдорлигини пасайтиради. Жараёни керакли даражада ушлаб туриш учун филтр тўсикни биринчи ҳолатини тиклаш, яъни филтрлашга ярокли қилиш керак. Бунинг учун тўсиклар суюқлик оқими билан ювилади ёки тўсик металлдан ясалган бўлса, қиздириб қуйдирилади.



5.14-расм. Филтрлаш схемаси:

- 1 - чўкма ҳосил қилиб филтрлаш,
- 2 - тўсик ковакларини тўлдириб филтрлаш.

Оралик филтрлаш усули бир вақтнинг ўзида ҳам филтр тўсик юзасида чўкма ҳосил қилиш, ҳам ковакларни тўлдириб, филтрлаш усуллари рўй берганда амалга ошади.

Ушбу усулда кичик концентрацияли суспензияларни филтрлаш жараёни тезлигини ошириш учун қўшимча моддалар иштирокида олиб борилади. Жараёндан аввал филтр тўсик юзаси қўшимча модда билан қопланади. Қўшимча моддалардан қилинган қоплама тўсик ковакларини тўлиб қолишдан сақлайди. Қўшимча моддалар сифатида ўта майин кўмир, перлит, асбест, кизельгур, фиброфло, асканит ва бошқа материаллар қўлланилиши мумкин.

Хулоса қилиб айтганда, филтрлаш жараёни интенсивлиги ва филтр қурилманинг иш унумдорлиги филтрлаш тезлигига боғлиқдир.

5.11. Филтрлаш жараёнининг назарий асослари

Филтр тўсикнинг пастки ва тепа қисмларидаги босимлар фаркига ёки марказдан қочма кучга филтрлаш жараёнини ҳаракатга келтирувчи кучи деб айтилади.

Босимлар фаркини турли усуллар: филтр тўсикнинг тепа бўшлиғида ортикча босим барпо этиш ёки пастки қисмини вакуум трубага улаш йўли билан ҳосил қилиш мумкин. Бундай ҳолатларда филтрлаш ўзгармас босимлар фаркида боради ва жараён тезлиги босимлар фаркига тўғри ҳамда чўкма қатлами қаршилигига тесқари пропорционалдир.

Филтрлаш жараёни эса қуйидаги кинетик тенглама билан ифодаланади:

$$\frac{dV}{Fd\tau} = \frac{\Delta p}{\mu(R_v + R_{\phi m})} \quad (5.40)$$

бу ерда, V – филтрат ҳажми, m^3 ; F – филтрлаш юзаси, m^2 ; τ – филтрлаш вақти, s ; Δp – босимлар фарқи, N/m^2 ; μ – динамик ковошқоқлик, $Pa \cdot s$; R_v , $R_{\phi m}$ – чўкма ва филтр тўсиклар қаршилиги, m^{-1} .

1 m^3 филтрат олинганда x_v (m^3) миқдорда чўкма ҳосил бўлади деб қабул қиламиз. Унда,

$$x_v \cdot V = h_v F \quad (5.41)$$

бу ерда, h_v – чўкма катлами баландлиги, м

Бу формуладан:

$$h_v = \frac{x_v \cdot V}{F}$$

Чўкма катламининг қаршилиги унинг баландлигига пропорционал деб фараз қиламиз.

$$R_v = r_v h_v = \frac{r_v x_v V}{F} \quad (5.42)$$

бу ерда, r_v – чўкманинг солиштирма қаршилиги, м²

Агар (5.42) ни (5.40) га қўйсақ, ушбу кўринишга эга бўламиз:

$$\frac{dV}{Fd\tau} = \frac{\Delta p}{\mu \cdot \left(\frac{r_v x_v V}{F} + R_{\phi m} \right)} \quad (5.43)$$

(5.43) тенглик *филтрлаш жараёнининг асосий тенгламаси* деб аталади.

Филтр тўсик қаршилиги ҳисобга олинмаса, қуйидаги тенглама ҳолатига келамиз:

$$r_v = \frac{\Delta p}{\mu h_v \cdot w} \quad (5.44)$$

бу ерда, w – филтрлаш тезлиги

Филтрлаш жараёнининг бошланғич фурсати учун, яъни $V = 0$ да, $R_{\phi m} = \Delta p / (\mu w)$.

$\Delta p = const$ бўлган ҳолат учун (5.43) тенгламани интегралласак ($0 - V$ ва $0 - \tau$ ораликда), ушбу тенглама келиб чиқади:

$$V^2 + 2 \frac{R_{\phi m} \cdot F}{r_v x_v} \cdot V = 2 \frac{\Delta p F^2}{\mu r_v x_v} \cdot \tau \quad (5.45)$$

Олинган ушбу тенглама сикиллаган ва сикилмайдиган чўкмалар учун қўлласа бўлади ва у филтрат ҳажми ортиши билан филтрлаш тезлиги камайишини кўрсатади.

(5.45) тенгламани филтрлаш вақти τ га нисбатан ечсак, ушбу ифодага эришилади:

$$\tau = \frac{\mu x_v r_v}{2\Delta p} \left(\frac{V}{F} \right)^2 + \frac{R_{\phi m} \cdot V}{\Delta p \cdot F} \quad (5.46)$$

ёки (5.41) ни ҳисобга олсак

$$\tau = \frac{\mu r_v}{2\Delta p x_v} h_v^2 + \frac{R_{\phi m}}{\Delta p x_v} h_v \quad (5.47)$$

Шундай қилиб, филтрлаш вақти олинган филтрат ҳажми квадратига тўғри пропорционалдир.

Охириги тенгламани филтрнинг солиштирма иш унумдорлиги ($V_f = V/F$) га нисбатан ечсак, қуйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$V_f = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\mu x_v r_v} \tau + \left(\frac{R_{\phi m}}{\mu x_v r_v} \right)^2} - \frac{R_{\phi m}}{\mu x_v r_v} \quad (5.48)$$

Ўзгармас тезлик $w = const$ ҳолат учун (5.43) дан ушбу тенгламани оламиз:

$$V^2 \mu x_v r_v + R_{\phi m} V F \mu = \Delta F^2 \tau \quad (5.49)$$

ёки

$$V^2 + \frac{R_{\phi m} \cdot F}{r_v \cdot x_v} V = \frac{\Delta p F^2}{\mu r_v x_v} \tau$$

бу тенгламадан:

$$\Delta p = \mu x_v r_v \left(\frac{V}{F} \right)^2 \frac{1}{\tau} + \mu R_{\phi m} \left(\frac{V}{F} \right) \frac{1}{\tau} \quad (5.50)$$

ёки

$$\Delta p = \mu x_v r_v w^2 + \mu R_{\phi m} w$$

Шундай қилиб, фильтрлаш вақти ортиши билан босимлар фарқи кўпаяди:

$$\tau = \frac{\mu x_v r_v}{\Delta p} \left(\frac{V}{F} \right)^2 + \frac{R_{\phi m}}{\Delta p} \frac{V}{F} \quad (5.51)$$

яъни олинган фильтрат ҳажми квадратига тўғри пропорционал.

Фильтрнинг солиштирма иш унумдорлиги (m^3/m^2):

$$V_f = \sqrt{\frac{\Delta p}{\mu x_v r_v} \tau + \left(\frac{R_{\phi m}}{2 \mu x_v r_v} \right)^2} - \frac{R_{\phi m}}{2 \mu x_v r_v} \quad (5.52)$$

Амалда чўкма ҳажмининг фильтрат ҳажмига нисбати x_v , чўкма қатламининг солиштирма ҳажмий қаршилиги r_v ва фильтр тўсик қаршиликлари тажриба йўли билан аниқланади.

Агар, $F = 1 m^2$ бўлган ҳол учун (5.45) тенгламани ушбу кўринишда ёзиш мумкин:

$$V^2 + 2CFV = 2KF^2\tau \quad (5.53)$$

бу ерда C – фильтр тўсик гидравлик қаршилигини характерловчи фильтрлаш константаси, m^3/m^2 . K – фильтрлаш режими ва суюқликдаги чўкманинг физик-химёвий хоссаларини ҳисобга олувчи фильтрлаш константаси, m^2/c

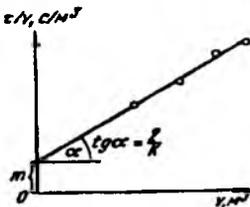
$$C = \frac{R_{\phi m}}{r_v \cdot x_v} \quad (5.54)$$

$$K = \frac{2\Delta p}{\mu r_v x_v} \quad (5.55)$$

Агар (5.53) тенгламага ўзгартириш киритсак, ушбу кўринишга эга бўламиз:

$$\frac{\tau}{V} = \frac{2V}{K} + \frac{2C}{K} \quad (5.56)$$

Кўрииб турибдики, (5.56) тенглик абсциссага α қия бурчак остида жойлашган тўғри чизик тенгламаси. Ушбу бурчак тангенси $tg \alpha = 2/K$ тенг ва у ордината ўқида $m = 2C/K$ кесмани ажратади (5.15-расм).



5.15-расм. Фильтрлаш константасини аниқлашга допр.

Ушбу тўғри чизикни қуриш учун абсцисса ўқида ўлчанган V_1, V_2, \dots, V_n қийматлари, ордината ўқида эса $\tau_1/V_1, \tau_2/V_2, \dots, \tau_n/V_n$ ларнинг тегишли қийматлари қўйилади.

Сўнг, аниқланган K ва C қийматлар ёрдамида (5.54) ва (5.55) тенгламалардан r_v ва $R_{\phi m}$ лар топилади. Чўкма ва фильтрат ҳажмларини ўлчаш натижасида эса x_v қиймати топилади.

5.12. Фильтрлар

Ишлаш принципага қараб, фильтрлар қуйидагиларга бўлинади: ўзгармас босимлар фарқи ёки ўзгармас фильтрлаш тезлигида ишлайдиган фильтрлар; фильтр тўсикда ҳосил

стаҳкамлик, термик ва кимёвий чидамлилика эга. Синтетик толалардан, зичлиги аста - секин ўзгарадиган, филтър тўсиклар тайёрлаш мумкин.

Бундай филтър каттик фаза микдори кам бўлган суспензияларни филтърлашда жуда қўл келади, чунки заррачалар унинг бутун баландлиги бўйлаб чўкади. Филтърнинг ташки катламида йирик, ички катламларида эса майда заррачалар ушланиб қолади. Бундай селектив филтърлаш жараён тезлиги юқори бўлиши, ковакчалар юзасини тўлиб қолиш олдини олади ва филтърнинг хизмат муддатини узайтиради.

Ромли филтър - пресс. Бундай филтърлар суспензияларни тозалаш учун қўлланилади (5.18-расм).

Филтърловчи блок орасида филтър тўкима ёки картон жойлашган алмашувчи ром ва плиталардан ташкил топган. Ром ва плиталар йўналтирувчи 6 да сиқувчи винт 7 ёрдамида қисиб қўйилади. Одатда филтър металл станина 8 да ўрнатилади.

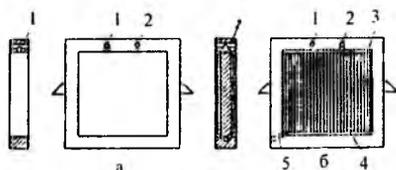
Ҳар бир ром ва плитада суспензияни киритиш ва ювиш суюқлигини чиқариш каналлари бор (5.19-расм).

Плиталарнинг иккала томонида йиғувчи каналлар 4 бўлиб, юқори қисм дренаж ва пастки қисми эса, айланма каналлар билан уланган.

Суспензия босим остида канал орқали ромнинг ичига филтър материалдан ўтади (5.20а-расм), кейин эса юзасидаги каналчалар орқали пастга тушади.

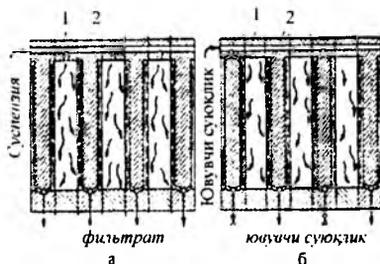
Филтрат плитанинг пастки қисмида жойлашган каналча орқали чиқиб, умумий тарновга тушади. Ромнинг иккала томони чўкма билан тўлганда, филтърлаш жараёни тўхтатилади ва тескари йўналишда юқори босимли суюқлик юборилиб, чўкма ювилади ва айланма каналлар орқали чиқарилади. Шундан кейин ювиш учун сув юборилади ва жараён тугагач плитка чапга сурилиб, чўкма тўкилади (5.20б-расм).

Филтър - пресснинг иш цикли ушбу жараёнлардан иборат: ишга тайёрлаш; филтърлаш; ювиш; чўкмани тўкиш. Даврий ишлайдиган филтър қурилмаларда ёрдамчи жараёнларни бажариш учун иш циклининг 30% га яқин вақти сарфланади ва чўкмани тўкиш кўп меҳнат талаб қилади. Бу турдаги филтърларда филтър тўкималар сарфи катта ва уларни алмашти-



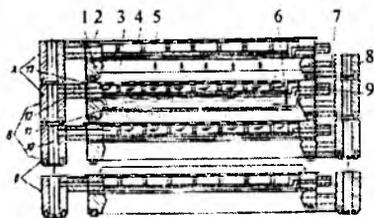
5.19-расм. Филтър-пресс ромни (а) ва плитаси (б).

1, 2 - суспензия ва ювиш суюқлиги кириш каналлари, 3 - дренаж канали, 4 - йиғиш каналли, 5 - айланма канал.



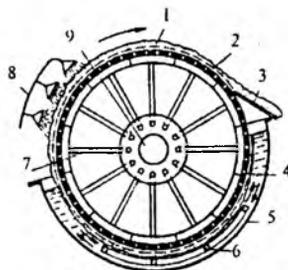
5.20-расм. Ромли филтър-пресс ишлаш схемаси:

а - филтърлаш; б - чўкма ювиш; 1 - ром, 2-плита.



5.21-расм. Горизонтал камерали филтър - пресс (ФПКАМ).

1-пастки плита; 2-тепа плита; 3-суспензия ва чўкма учун бўшлик; 4-тешикли диск; 5-филтрат учун бўшлик; 6-эгилювчан диафрагма; 7, 9, 12-каналлар, 8-суспензия учун коллектор; 10-филтратни чиқариш коллектори, 11-сув учун бўшлик, 13-филтър тўкима.



5.22-расм. Барабанли вакуум-филтър:

1-тешикли барабан; 2-филтър тўкима; 3-чўкмани кесиб турувчи пичок; 4-секция, 5-тоғора; 6-аралаштиргич; 7-труба; 8-суюқлик пуркагич; 9-бош таксимлагич.

риш кийин. Узлуксиз ишлайдиган курилмаларда ушбу камчиликлар бартараф этилган, чунки бу фильтрларда филтрлаш, чўкмани куритиш, ювиш, ажратиш жараёнлари бир вақтда содир бўлади.

Фильтр - пресс (ФПАКМ). Бундай филтрада чўкмани тўкиш механизациялашган. Ушбу курилма камерали, автоматлаштирилган филтр бўлиб, температураси 80°C , концентрацияси $10\text{...}500\text{ кг/м}^3$ ли майин дисперс суспензияларни ажратиш учун қўлланилади. Бу турдаги филтр даврий ишлайдиган бўлади.

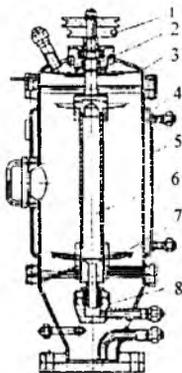
Кўпинча бу филтр - прессларда бир - бирига зич жойлашган бир қатор тўртбурчак шаклдаги филтрлардан иборат (5.21-расм).

Тўртбурчак филтрларнинг бундай жойлашиши солиштирма филтрлаш юзасининг кўпайишига олиб келади.

Агар филтр *A* ҳолатда бўлса, коллектор 8 дан камерага ажратиш учун суспензия, ювиш учун суюклик ва чўкмани қисман куритиш учун сиқилган ҳаволар кетма - кет келади. Сўнг филтрат, ювиш суюклиги ва ҳаво каналлар 12 орқали коллектор 10 га чиқарилади.

Филтрнинг *B* ҳолатида каналлар 9 орқали бўшлик 11 га босим остида сув узатилади. Натижада эгилювчан эластик диафрагма *G* ёрдамида чўкма сиқилади. Ундан кейин, *B* ҳолатда плиталар сурилади ва ҳосил бўлган тиркишлардан чўкма тўкилади.

Барабанли вакуум - филтр. Бу турдаги филтрлар концентрацияси $50 \dots 500\text{ кг/м}^3$ бўлган суспензияларни узлуксиз равишда ажратиш учун ишлатилади (5.22-расм). Қаттиқ заррачалар кристалл, толали аморф ва коллоид тузилишга эга бўлиши мумкин. Филтр иш умумдорлиги қаттиқ заррачалар тузилишига боғлиқ ва юқорида келтирилган кетма - кетликда пасайиб боради.



5.23-расм. Дискни филтр:

- 1 - шкив, 2 - сальникли кистирма,
- 3 - копкаклар, 4 - филтр кобик,
- 5 - гилоф, 6 - говак ўк, 7 - филтрловчи элемент, 8 - подпятник.

Филтрнинг асосий қисми горизонтал барабан бўлиб, у электр юриткич ёрдамида аста - секин айлантирилади. Одатда унинг $0,3\text{...}0,4$ қисми суспензияли тоғорага тушиб туради. Тоғора ичида силкиниб турувчи аралаштиргич суспензия таркибини бир хил бўлишини таъминлайди, яъни унинг таркибидаги заррачаларни чўкмага тушишига тўсқинлик қилади. Барабан иккита цилиндрдан тузилган бўлади. Ташқи цилиндр элаксимон бўлиб, унинг устига сим тўр тортилган.

Сим тўрнинг усти эса, филтр тўкима билан копланган. Барабаннинг филтрловчи тўсикларидан филтрат вакуум остида сўриб олинади. Филтрнинг устида суспензиядаги қаттиқ заррачалар чўкма катламини ҳосил қилади. Бу чўкма пичок ёрдамида барабаннинг устки қисмидан узлуксиз равишда кесиб олинади. Барабаннинг ички қисми тўсиклар ёрдамида алоҳида секторларга бўлинган. Каналлар эса филь-

трлаш жараёнининг ҳамма цикларини бевосита филтр ишлашини бошқарувчи бош таксимлагич билан бириктирилган. Бош таксимлагичда иккита диск бўлиб, бири айланма ҳаракат қилса, иккинчиси - кўзгалмасдир. Кўзгалмас дискдаги тешиклар трубалар орқали вакуум - насос ҳамда филтратни ажратиб олувчи ва юувчи суюклик билан чўкмани ажратиш ва филтр тўкимани тозалаш учун сиқилган ҳаво берувчи компрессор билан уланган бўлади.

Айланувчи дискнинг ҳар бир тешиги бирин-кетин кўзгалмас дискнинг тешиклари билан уланади. Шунинг учун барабан бир марта айланганида, филтрлаш жараёнининг ҳамма босқичлари бажарилади. Биринчи босқичда барабан секциялари вакуум - насос билан уланади ва филтрат идишга тушади. Кейинги босқичда барабан секциялари юувчи суюклик билан уланади ва чўкма ювилади. Охириги босқичда барабан секциялари сиқилган ҳаво трубалари билан уланиб, чўкма курилади ва филтрлаш юзаси тозаланади.

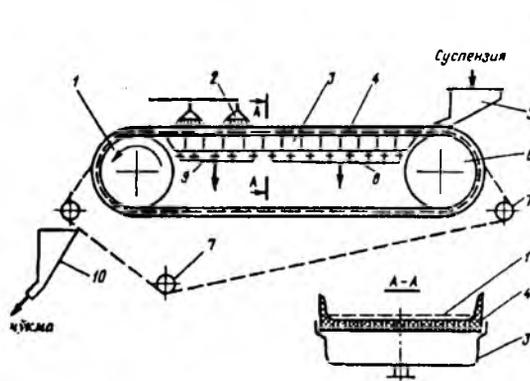
Бу турдаги филтрларнинг ишчи юзаси 5...150 м² бўлади. Камчиликлари: филтрлаш юзаси катта бўлгани учун кўп жой эгаллайди; филтрнинг нархи киммат бўлади.

Дискли филтр. Бу филтрлар майин дисперс суспензияларни ажратиш учун мўлжалланган бўлиб, кўшимча моддалар ўтиринди катлами билан босим остида ишлайди. Иситадиган ғилофли вертикал идиш кўринишига эга бўлган дискли филтрларда ишчи босим – 0,5 МПа, ғилоф ичидаги босим эса – 0,3 МПа. Филтр ичида ғовак ўк 6 бўлиб унга металлдан ясалган тешикли диск филтр элемент 7 лар ўрнатилган (5.23-расм). Дисклар, ўз навбатида, полипропилен ёки бошқа филтр тўқима билан копланиб, ҳалқасимон кискичлар ёрдамида маҳкамланади. Дискли филтрларда қисман қуритилган чўкмени марказдан қочма куч ёрдамида тўқиш имконияти бор. Филтрловчи дисклар ўрнатилган ичи бўш ўк электр ёки гидравлик юриткич ёрдамида айлантирилади. Ўқнинг айланиш частотаси 250 мин⁻¹ бўлиб, тефлон сальник ёрдамида зичланади.

Филтрлашдан аввал суспензиторда кўшимча моддалардан суспензия тайёрланади ва филтрловчи элементларга ўтиринди чўкма хосил қилинади. Бунинг учун, филтрловчи элементларда 15...30 мм калинликда чўкма пайдо бўлмагунча, насос ёрдамида тайёр суспензия узатилади.

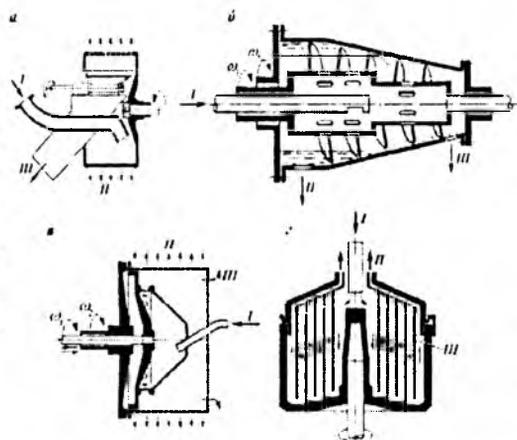
Филтрат филтрловчи дискдан ўтиб, ғовак ўқдаги тешиқлар орқали ичи бўш ўқга тушади ва филтрдан суспензиторга чиқарилади. Худди шу йўсинда суспензия филтрланади. Жараён тугагандан сўнг, чўкма ювилади ва ҳаво ёрдамида қисман қуритилади.

Лентали филтр. Бу филтр ром, узатувчи I ва тарангловчи 6 барабанлардан ҳамда икки барабан орасига тортилган тешикли, чексиз узунликдаги резина лента 4 дан таркиб топган (5.24-расм).



5.24-расм. Лентали вакуум - филтр:

- 1 - узатувчи барабан, 2 - пуркагич, 3 - вакуум-камера; 4 - резина лента; 5 - нов, 6 - тарангловчи барабан, 7 - тарангловчи гилдиракчалар.
- 8 - филтрат чиқариш коллектори, 9 - ювувчи сувни чиқариш коллектори, 10 - чўкма йиғгич, 11 - филтр тўқима.



5.25-расм. Центрифуга роторларининг конструкциялари:

- а-пичок билан тўқиш, б-шнекли тўқиш, в-поршенли тўқиш, г-концентрик цилиндрик тўқиклар билан ω₁, ω₂-тўқиш мосламаси ва роторнинг бурчак тезликлари.
- I-суспензия, II-фугат, III-чўкма.

Узатувчи барабанда филтр тўқима резина лентадан ажрайди ва йўналтирувчи гилдиракчани айланиб ўтади. Шунда, чўкма филтр тўқимадан сирпаниб тушади ва чўкма йиғгичга тўқилади. Филтр тўқима иккита гилдиракча 7 лар орасидан ўтгунча ювилади, қуритилади ва тозаланади.

Тешикли резина лента остида вакуум - камера 3 бўлиб, у пастки қисми билан филтрат 8 ва ювувчи суюклик чиқариш коллектор 9 лари билан уланган. Ҳосил қилинаётган вакуум ҳисобига лента вакуум - камеранинг тепа қисмига ёпишиб туради.

Филтр тўқима эса, тарангловчи гилдиракчалар 7 ёрдамида чексиз резина лентага сикиб қўйилади.

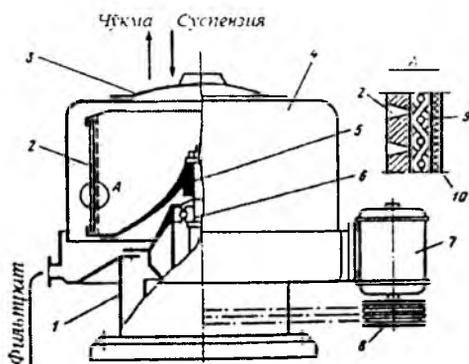
Фильтр тўкимага нов 5 дан суспензия узатилади. Фильтрат вакуум остида камераларга ва коллектор оркали йиғичга юборилади. Ҳосил бўлган чўкмага пуркагич 2 дан ювувчи сув берилади ва камераларга сўриб олиниб, сўнг коллектор 9 оркали йиғич 10 га чиқарилади.

Узатувчи барабанда фильтр тўкима резина лентадан ажрайди ва йўналтирувчи ғилдиракчани айланиб ўтади. Шунда, чўкма фильтр тўкимадан сирпаниб тушади ва чўкма йиғичга тўкилади. Фильтр тўкима иккита ғилдиракча 7 лар орасидан ўтгунча ювилади, қуритилади ва тозаланади.

Фильтрловчи центрифугалар даврий ва узлуксиз ишлайдиган бўлиб, ўқининг жойлашига қараб вертикал ва горизонтал бўлади. Жараён мобайнида ҳосил бўладиган чўкмани тўкишига қараб - кўлда тўкадиган, гравитацион, марказдан қочма ва узлукли тўкадиган центрифугаларга бўлинади (5.25-расм).

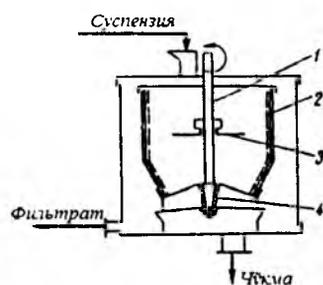
Даврий ишлайдиган фильтрловчи центрифугада суспензия барабан тепасидан юкланади (5.26-расм). Суспензия юклангандан сўнг барабан ҳаракатга келтирилади, яъни айлантириб бошланади. Марказдан қочма куч таъсирида суспензия барабан деворига улоқтирилади. Суюқ дисперсион фаза фильтр тўсик оркали ўтади, чўкма эса унда ушланиб қолади. Фильтрлаш цикли тугаганда сўнг, чўкма қопқок 3 оркали кўл ёрдамида олиб ташланади.

Чўкмани ўзи тўкадиган центрифугада чўкма гравитацион куч таъсирида қурилмадан чиқариб юборилади (5.27-расм).



5.26-расм. Даврий ишлайдиган фильтрловчи центрифуга:

- 1 - станина, 2 - тешикли барабан, 3 - қопқок,
- 4 - қобик, 5 - гулчак, 6 - подшипник, 7 - электр юриткич, 8 - камар узатмалы шкив, 9 - дренаж, 10 - фильтр тўкима.

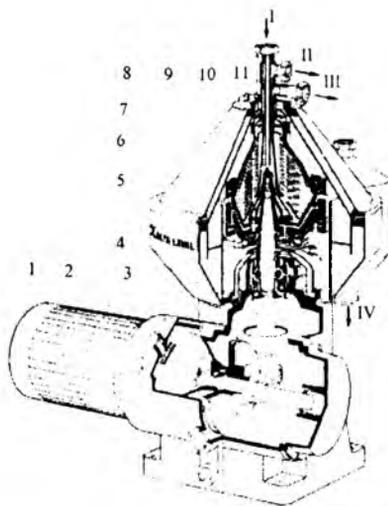


5.27-расм. Чўкмани гравитацион куч таъсирида тўкадиган центрифуга:

- 1 - ўқ, 2 - барабан, 3 - таксимловчи диск, 4 - таянч втулка

Одатда, бундай центрифугалар тешикли барабан ўрнатилган вертикал ўқли қилиб ясалади. Барабан кичик частота билан айланганда суспензия юқловчи дисска берилади. Барабаннынг пастки қисми конуссимон шаклда бўлиб, конуслик бурчаги чўкманинг табиий қиялик бурчагидан ортик қилинади. Фильтрлаш цикли тамом бўлганда ва барабан тўлик тўхтаганидан сўнг оғирлик кучи таъсирида чўкма барабан деворидан сирпаниб тушади ва қурилма тубидаги штуцер оркали чиқарилади.

Узлуксиз ишлайдиган, марказдан қочма куч таъсирида чўкмани тўкадиган центрифуга конуссимон тешикли барабан ва унинг ичида айланувчи шнеклардан таркиб топган. Шнекнинг айланиш тезлиги барабаникидан озгина кам бўлади. Шнек айланиши даврида унинг ўрамлари барабанда ўтириб қолган чўкмани пастга олиб тушади. Чўкмани тўкиш марказдан қочма куч таъсирида амалга оширилади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, марказдан қочма куч таъсирида тўкиш пайтида чўкма майдаланмайди ва яхлитлиги бузилмайди.



5.28-расм. «Alfa-Laval» фирмасининг чўкмаи ўзи тўкадиган тарелкали центрифугасининг конструкцияси:

1-электр юриткич, 2-тормоз, 3-червякли редуктор, 4-ўк, 5-қўзгалувчан днишче, 6-тўкиш тиркишлари, 7-тарелкалар пакети, 8-ротор, 9-қобик, 10-енгил суюкликнинг напорли диски, 11-оғир суюкликнинг напорли диски. I-бошлагич суюклик; II-енгил суюклик; III-суюклик, IV-чўкма

Узлуксиз ишлайдиган центрифугалар ичида «Alfa-Laval» фирмасининг чўкмаи ўзи тўкадиган тарелкали центрифугасининг конструкцияси суспензияларни тўлик ажратадиган энг самарадор центрифугалардан биридир (5.28-расм).

5.13. Фильтрлаш жараёнини интенсивлаш

Халқ хўжалигида турли саноатлар тайёр маҳсулотнинг салмоғи ортиб бориши ва юкори гидравлик каршиликка эга чўкмаларнинг тури, микдорининг кўпайиши, фильтрлар иш унумдорлигини оширишни тақозо этади. Бу муаммони ҳал этиш учун фильтрларнинг фильтрлаш юзаси ва жараён тезлигини ошириш йўллари билан эришиш мақсадга мувофиқдир.

Ҳозирги кунда барабанли вакуум - фильтрларнинг юзаси 140 м², дисклиларники 300 м², лентали фильтрларники 25 м² гача етказилган.

Суспензиялар ажратишда оптимал шароитларни яратиш учун конструктив, технологик ва физик - кимёвий усуллардан фойдаланилади.

Конструктив гуруҳ усулларига қуйидагилар киради: фильтрлаш жараёнини автоматлаштириш; реверсив (чўкма калинлиги кам бўлганда), динамик (чўкма узлуксиз ювилиб туриладиган ҳолларда), турли таркибли (цилиндрик юзаларда эгрилик радиуси кичик чўкма катламлари ҳосил бўлганда) ва тебранма фильтрлаш.

Технологик гуруҳ усулларига қуйидагилар киради: чўкма катлами, босимлар фарқи, суспензия концентрацияларининг оптимал кийматларини ҳамда унинг таркибидаги каттик заррачаларни олдиндан майин ва дағал дисперс фракцияларга дастлабки классификациялаш.

Физик - кимёвий гуруҳ усулларига эга қуйидагилар киради: чўкма солиштирма каршилигини камайтириш мақсадида суспензияга физик - кимёвий таъсир этиш. Ушбу тадбирларни суспензия олиш жараёнида ёки ундан кейин ҳам ўтказиш мумкин.

Биринчи ҳолатда суспензия ҳосил қилишда тегишли шароитларни (температура, концентрация ва бошқалар) амалга ошириш мақсадида каттик заррачалар ўлчамини катталаштириш, кристаллик заррачалар (аморф заррачалар ўрнига) олиш имконияти ва коллоид, ёпишқоқ аралашма ҳосил бўлиш олдини олиш мумкин. Натижада айрим суспензия чўкмаларининг солиштирма каршилиги 10 ва ундан ортик марта пасайтирилиши мумкин.

Иккинчи ҳолатда, яъни суспензияга агрегирловчи ёки қўшимча моддалар қўшиш, суспензия солиштирма каршилигини кескин камайишга олиб келади.

5.14. Фильтрларни ҳисоблаш

Суспензияларни филтрлаш жараёнига кўпгина омиллар таъсир этганлиги сабабли филтрларни ҳисоблаш жуда мураккаб масаладир. Шунинг учун, қуйида келтирилган ҳисоблаш схемалари бир катор тахминлар ва суспензияларни ажратиш қонуниятларини соддалаштиришлар асосида ишлаб чиқилган. Шундай тахминлардан бири, оғирлик кучи таъсирида каттик заррачалар чўкмайди деб фараз қилинади. Амалиётда заррачалар чўкмаслиги учун суспензия аралаштирилиб турилади.

Ҳисоблашларда эса тажриба йўли билан топилган филтр тўсик ва чўкма гидравлик каршиликларининг ўртача қиймати ишлатилади.

Узлуксиз ишлайдиган филтрлар ҳисоби. Бошланғич маълумотларда филтр иш унумдорлиги берилган бўлади. Ундан ташқари, филтрлаш юзаси берилиши мумкин ёки қабул қилинади. Демак, юкорида кўрсатилган параметрлар маълум бўлса, яъни филтрнинг берилган юзаси бўйича филтрлар сони, филтрат микдори ва филтрлаш жараёни давомийлиги аниқланади.

Барабанли вакуум - филтрни (филтр тўсиқ гидравлик каршилигини ҳисобга олмаимиз) ҳисоблашнинг умумий кетма - кетлигини кўриб чиқамиз.

Филтр қурилмага энг юкори иш унумдорлик таъминлаш учун чўкма катлам қалинлигининг рухсат этилган энг кичик қиймати қабул қилинади. Масалан, барабанли вакуум - филтр учун тахминан 5 мм (чўкма хоссаларига қараб) деб, қабул қилинса бўлади.

$x_0 = h_0 \cdot F/V$ тенгламадан V ни топамиз:

$$V = \frac{h_0 \cdot F}{x_0} \quad (5.57)$$

$R_{\phi m} = 0$ деб қабул қилиб, V нинг қийматини (3.45) формулага қўйиб ва уни τ га нисбатан ечиб, зарур қалинликдаги чўкма ҳосил қилиш вақтини аниқлаймиз:

$$\tau = \frac{\mu \cdot r_0 \cdot h_0^2}{2\Delta\rho x_0} \quad (5.58)$$

Ҳисоблаш тенгламаларидан фойдаланиб ёки тажриба йўли билан ювиш босқичининг давомийлиги τ_0 ни топамиз.

Барабан секциялари умумий сони n дан: а - сувсизлантириш зонасида n_c^1 та секция; б - сувсизлантириш зонасида n_c^2 та секция, чўкмани тўкиш ва филтр тўқимани тиклаш зонасида $n_{\tau\tau}$ та секция банд деб қабул қиламиз.

Ҳар бир босқичнинг давомийлиги ушбу тенгламалардан аниқланади:

а - сувсизлантириш:

$$\tau_c^1 = (\tau + \tau_0) \frac{n_c^1}{n_{\phi\omega}} \quad (5.59)$$

бу ерда, $n_{\phi\omega} = n - (n_c^1 + n_c^2 + n_{\tau\tau})$ - филтрлаш ва ювиш зоналаридаги барабан секцияларининг сони:

б - сувсизлантириш:

$$\tau_c^2 = (\tau + \tau_0) \frac{n_c^2}{n_{\phi\omega}} \quad (5.60)$$

чўкмани тўкиш ва филтр тўқимани тиклаш:

$$\tau_{\tau\tau} = (\tau + \tau_0) \frac{n_{\tau\tau}}{n_{\phi\omega}} \quad (5.61)$$

Ушбу тенгликдан циклнинг умумий давомийлиги τ_n (с) ҳисобланади:

$$\tau_u = \tau + \tau_c^1 + \tau_c^2 + \tau_o + \tau_{TT} \quad (5.62)$$

Барабаннинг айланиш тезлиги w (айл/мин) эса, куйидаги нисбатдан топилади:

$$w = \frac{60}{\tau_u} \quad (5.63)$$

Филтрлаш зонасининг марказий бурчаги ушбу формуладан аникланади:

$$\theta = \frac{360 \cdot \tau}{\tau_u} \quad (5.64)$$

Филтрнинг иш унумдорлиги Q ($m^3/сутка$):

$$Q = \frac{3600 \cdot 24 \cdot V}{\tau_u} \quad (5.65)$$

Агар филтрат бўйича умумий иш унумдорлик Q_{Σ} маълум бўлса, зарур барабанли вакуум - филтрлар сони ушбу нисбатдан аникланади:

$$N_{\phi} = \frac{Q_{\Sigma}}{Q} \quad (5.66)$$

5.14.1. Енгли филтрни ҳисоблаш

Диаммонитрофоска ишлаб чиқариш корхоналари учун чанг тутиб қолишга енгли филтр ҳисоблансин ва танлансин. Ҳисоблаш учун куйидаги бошланғич маълумотлар берилган:

- газ сарфи $V_{o,z} = 3,33 \text{ м}^3/\text{с}$;
- газ температураси $t_z = 260^\circ\text{C}$;
- газдаги диаммонитрофоска концентрацияси $x_n = 70 \text{ г}/\text{м}^3$.
- заррачалар дисперс таркиби

δ_v , мкм	0-5	5-15	15-50
$R(\delta)$, %	40	25	35

- тозалаш даражаси $\eta = 0,99$;
- системадаги вакуум $p = 500 \text{ Па}$;
- чангли газ курук ва коррозия фаол эмас.

Ечиш: Заррачалар дисперслиги юкори, газдаги концентрацияси ва тозалаш даражаси катталигини инобатга олиб кўп босқичли енгли филтрни қўллаш мақсадга мувофиқ (5.2-жавдал).

5.2-жавдал

Чанг ушлагич	Газдаги чангнинг максимал микдори x_n , $\text{кг}/\text{м}^3$	Ушланаётган заррачалар ўлчамлари δ_v , мкм	Тозалаш даражаси η , %	Гидравлик қаршилик Δp , Па	Газнинг қурилмага қиришдаги максимал температураси t_s , $^\circ\text{C}$
Чанг чўктириш камераси	-	100	30-40	-	чегараланмаган
Жалюзли чанг ушлагич	0,02	25	60	500	400-500
Циклонлар	0,40	10	70-95	400-700	400
Батарейли циклон	0,10	10	85-90	500-800	400
Матоли филтрлар	0,02	1	98-99	500-2500	100* 130** 250***
Марказдан кочма скрубберлар	0,05	2	85-95	400-800	чегараланмаган
Кўпикли скрубберлар	0,30	0,5	95-99	300-900	чегараланмаган
Электрофилтр	0,01-0,05	0,005	>99	100-200	425

* - шерст; ** - лавсан; *** - шишали мато

Газларни дастлабки, дагал тозалаш учун юкори самарадор НИИОГаз циклонидан фойдаланиш мумкин. Ўтказилган ҳисоблашлар шуни кўрсатдики, юкоридаги жадвалда кайд этилган ўлчамли заррачалар учун диаметри 3,4 м ли СК-ЦН-34 русумли циклонни танлаш мумкин. Ушбу циклонда газни тозалаш даражаси $\eta_1=0,8$.

Тозаланаётган газ коррозия фаол бўлмагани учун $t_0=130^\circ\text{C}$ температурага чидамли фильтр мато (лавсан) ни 5.3-жавалдан танлаб оламиз.

Фильтр матоларнинг эксплуатацион хоссалари

5.3-жавал

Мато	Турли мухитларда кимёвий чидамлилиги					Рухсат этилган температура $t_s, ^\circ\text{C}$
	кис-лота	ишкор	Оксид-ловчи моддалар	эритувчи		
Сукно №2, саржа 2x2, шерст+пахта	ОП	ХХ	У		ОХ	80
Байка ЧШ, саржа 2x2	У	ОП	У		Х	95
Нитрон, саржа 2x2	У	У	Х	Х	Х	120
Нитрон НЦМ, саржа 2x2	У	У	Х	Х	Х	120
ЦМ мато (шерст+30% капрон), саржа 2x2	ОП	ОХ	У	Х	Х	85
Лавсан	Х	У-П	Х	Х	Х	130
Лавсан №5386а	Х	У-П	Х	Х	Х	130
Хлорин №5231	ОХ	ОХ	ОХ	Х	У-Х	70
Шишали мато ТССНФ (О) (аппрет 1,5%-ли ГКЖ-94 эритмаси)	Х	У-П	ОХ	Х	ОХ	240

Эслатма: Жадвалда куйидаги шартли белгилар қабул қилинган: ОХ - жуда яхши; Х - яхши; У - коникарли; П - ёмон; ОП - жуда ёмон.

Фильтрга қираётган газнинг температураси (ҳаво билан аралаштирилган) ни $t_{cm}=120^\circ\text{C}$ деб қабул қиламиз.

Фильтрга қираётган газнинг сарфи (қурилмадаги вакуум $p=500$ Па):

$$V_2 = V_{o.z} \cdot \frac{T \cdot p_o}{T_o \cdot p} = 3,33 \cdot \frac{(273 + 260) \cdot 10^5}{273 \cdot (10^5 - 500)} = 6,53 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Агар чангли газ фильтрга юкори температура t_2 да узатилаётган бўлса, уни совук ҳаво билан аралаштирилиб рухсат этилган температура t_0 дан пастроқ аралашма температураси t_{cm} гача пасайтириш керак. Бунинг учун талаб этилган совук ҳаво миқдори ушбу формуладан аниқланади:

$$V_{n.o} = V_2 \cdot \frac{\rho_2 \cdot (t_2 - t_{cm})}{\rho_o \cdot (t_{cm} - t_o)} = 6,53 \cdot 0,55 \cdot \frac{260 - 120}{120 - 20} = 5,12 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Бу ерда иссиқ ва совук газлар зичликларининг нисбати:

$$\frac{\rho_2}{\rho_o} = \frac{\rho_o T_o}{\rho_o T_2} = \frac{273 + 20}{273 + 260} = \frac{293}{533} = 0,55$$

Пуфлаш учун узатилаётган ҳаво сарфи куйидагига тенг:

$$V_{np} = (0,1 - 0,2) \cdot V_z = 0,2 \cdot 6,53 = 1,306 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Фильтрлаш юзаси ушбу формуладан топилади:

$$F_\phi = \frac{V_z + V_{np} + V_{n.u.}}{w_z} = \frac{6,53 + 1,12 + 1,306}{0,009} = 1439,55 \text{ м}^2$$

бу ерда, w_z – газ бўйича матоли филтрга рухсат этилган солиштирма юклама $w_z = 0,008 - 0,01 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$

Энгли филтрларнинг асосий кўрсаткичлари

5.4-жаваоб

Фильтр маркаси	Фильтрнинг умумий юзаси F , м ²	Секциялар сони n , дона	Энглр сони z , дона	Энг диаметри d , м	Энг узунлиги L , м	Кўлланиш соҳаси	
ФРО-1250-1	1266	6	252	200	8	Рангли ва кораметаллургия, курилиш материалларини ишлаб чиқариш корхоналарининг курук газларини каттик фазасини ажратиш учун	
ФРО-1650-1	1688	8	336				
ФРО-2500-1	2530	12	504				
ФРО-4100-2	4104	8	432	300	10		
ФРО-5100-2	5130	10	540				
ФРО-6000-2	6156	12	648				
ФРО-7000-2	7182	14	756				
ФРО-8000-2	8208	16	864				
ФРО-20000-3	20520	10	2160				
ФРО-24000-3	24624	12	2592				
ФРКДИ-550	550	1	216	135	6	Температураси <130°C ва каттик заррачалари <3 мкм портламас, захарли эмас чанглари ажратиш учун	
ФРКДИ-720	720		288				
ФРКДИ-1100	1100		432				
ФРКИ-30	30	1	36	135	2		Кимё ва бошқа саноатларнинг захарли эмас, портлавчан ёки ёнувчан газларини тозалаш учун
ФРКИ-60	60	2	72				
ФРКИ-90	90	3	108				
ФРКИ-180	180	4	114		3		
ФРКИ-360	360	8	228				
ФРУ 11-15	15	2	28	130	1,5		
ФРУ 11-20	20				2		
ФРУ 11-25	25				2,5		
ФРУ III-37,5	37,5				3	42	
ФРУ IV-50	50	4	56				

5.4-жадвалдан куйидаги кўрсаткичларга эга ФРО-1650-1 русумли филтр танлаймиз:

- филтрнинг умумий юзаси - $F=1688 \text{ м}^2$;
- филтрлар сони - $n=8$ дона.;
- энглрнинг умумий сони - $z=336$ дона.;

- энг диаметри - $d=200$ мм;
- энг узунлиги - $L=8$ м.

Бир вақтда пуфлаб тозалашда иштирок этаётган энглар:

$$z_{np} = \frac{z}{n} = \frac{336}{8} = 42 \text{ дона}$$

Битта секцияли фильтр учун $z_{np}=(0,15\dots 0,20) \cdot z$ деб кабул қилиш мумкин.

Фильтрнинг умумий тозалаш юзаси:

$$F = \frac{F_{\phi} \cdot z}{z - z_{np}} = \frac{1439,55 \cdot 336}{336 - 42} = 1645,2 \text{ м}^2$$

Демак, танланган фильтрнинг умумий юзаси етарли. 1-поғонада чангнинг сарфи куйидагича ҳисобланади:

$$G_{n1} = x_n \cdot V_{o,z} = 70 \cdot 3,33 = 233,1 \text{ г/с}$$

1-поғонада чангни тозалаш даражаси $\eta_1=0,8$ бўлганда газ билан узатилаётган каттик фазанинг сарфи ушбу формуладан аниқланади:

$$G_{n2} = G_{n1} \cdot (1 - \eta_1) = 233,1 \cdot (1 - 0,8) = 46,62 \text{ г/с}$$

Матонинг рухсат этилган солиштирама филтрлаш юзаси ушбу тенгламадан топилади:

$$F_{\phi} = \frac{G_{n2}}{G_o} = \frac{46,62}{0,2} = 233,1 \text{ м}^2$$

бу ерда, G_o – матонинг рухсат этилган солиштирама чангланганлиги, $G_o=(0,2-0,3)$ г/(м² с)

Филтрлаш юзаси F_{ϕ} бўйича ҳисоблаб топилган маълумотлар танланган қурилма юзасидан кичик. Шунинг учун, ФРО-1650-1 русумли филтр берилган чангли газни тозалаш учун тўғри келади.

5-боб. Филтрлаш бўйича

Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Филтрлаш жараёнининг турлари ва моҳияти нимада?
2. Қандай куч филтрлаш жараёнини ҳаракатга келтиради?
3. Филтрлаш жараёнининг тезлигини ифодаловчи формулани ёзинг ва изоҳланг.
4. Тешикли панжара ва чўкма гидравлик каршилигини ҳисоблаш формуласи.
5. Филтрлаш константаси нима?
6. Қумли филтр конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
7. Ромли филтр-пресс конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
8. Дискли вакуум-филтр конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
9. Барабанли вакуум-филтр конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
10. Лентали вакуум-филтр конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.

ГАЗЛАРНИ ТОЗАЛАШ

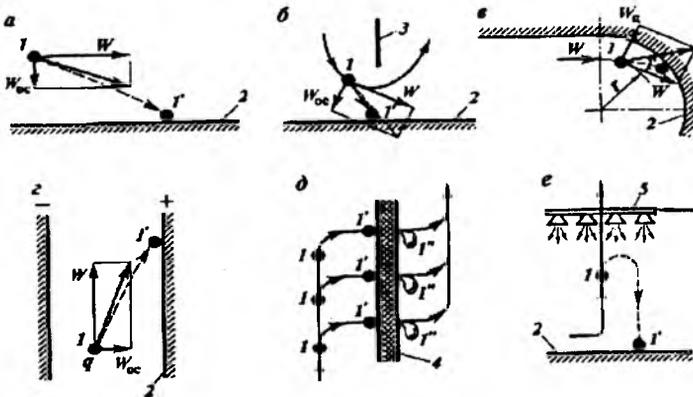
5.15. Умумий тушунчалар

Газ аралашмалар таркибидаги каттик ёки суюк заррачаларни саноат микёсида ажратишдан мақсад ҳаво ифлослигини камайтириш, кимматбаҳо маҳсулотларни ажратиб олиш ёки технологияга салбий таъсир эгувчи зарарли ҳамда қурилмаларни бузилишга олиб келувчи моддаларни чиқариб ташлашдир.

Кимё, энгил, нефть-газ, тоғ-кон ва озик-овқат саноатларнинг асосий технологик жараёнларидан бири ифлосланган газларни тозалашдир. Шунинг учун, турли жинсли газ системаларни ажратиш кимёвий технологиянинг долзарб ва энг кенг тарқалган асосий жараёнларидан биридир.

Саноат микёсида чанг ҳосил бўлишининг манбалари: каттик жисмларни механик майдалаш (чакиш, эзиш, аралаш, едирилиш ва уларни узатиш), ёқилгилар ёнишида (кул ҳосил бўлиш), буғлар конденсацияланишида ҳамда газларнинг ўзаро кимёвий таъсири натижасида каттик маҳсулотлар ҳосил бўлиш жараёнида.

Одатда, чанглар таркибида ўлчами 3...100 мкм бўлган каттик заррачалар мавжуд бўлади. Буғлар конденсацияланиши натижасида 0,001...1 мкм ўлчамли майда суюклик



5.29-расм. Газ оқимидаги заррачаларни ажратиб олишнинг асосий усуллари:

а- оғирлик кучи таъсирида чўктириш; б- инерцион кучлар таъсирида чўктириш; в- марказдан қочма куч таъсирида чўктириш; г- электр майдони таъсирида чўктириш; д- филтрлаш; е- ювиб тозалаш; 1- газ таркибидаги заррача; 1'(1'')- газдан ажратиб олинган заррача; 2- чўктириш юзаси; 3- тўсиқ; 4- филтр-тўсиқ; 5-суюкликни пуркаш мосламаси

томчилари ҳосил бўлади.

Газларни қуйидаги тозалаш усуллари маълум (5.29-расм):

1. оғирлик кучи таъсирида чўктириш (гравитацион тозалаш);
2. инерция кучлари таъсирида чўктириш, яъни марказдан қочма кучлар;
3. филтрлаш;
4. суюклик билан ювиб тозалаш;
5. электростатик кучлар таъсирида чўктириш (электр майдон таъсирида).

Биринчи иккита усулда, яъни оғирлик ва марказдан қочма кучлар таъсирида, тозалаш натижасида йирик заррачаларни, қолган усулларда эса - 20 мкм ва ундан ўлчами кичик бўлган заррачаларни ажратиб олиш мумкин.

Ҳар доим ҳам битта газ тозалаш қурилмасида газларни керакли юкори даражада тозалаб бўлмайди. Шунинг учун, амалиётда икки ва кўп босқичли тозалаш қурилмалари қўлланилади.

Газни тозалаш даражаси η қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$\eta = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100\% = \frac{V_1 x_1 - V_2 x_2}{V_1 x_1} \cdot 100\% \quad (5.67)$$

бу ерда, G_1 ва G_2 – бошланғич ва тозаланган газдаги каттик заррачалар массаси, кг/соат, V_1 ва V_2 – бошланғич ва тозаланган газларнинг ҳажмий сарфлари, м³/соат. x_1 ва x_2 – бошланғич ва тозаланган газда каттик заррачалар концентрацияси, кг/м³.

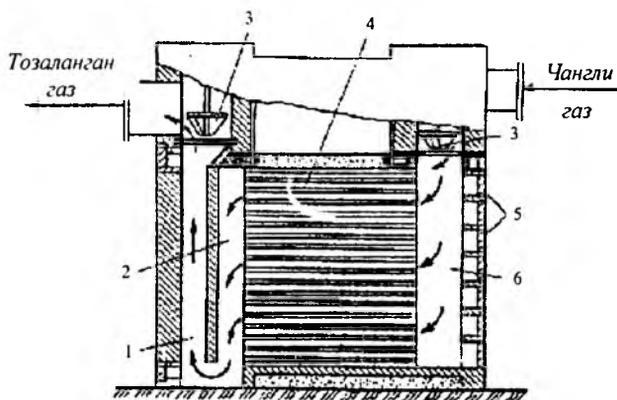
Газсимон турли жинсли системаларни тозалаш жараёнининг назарий асослари 5.1... 5.13 параграфларда баён этилган.

5.16. Оғирлик қучи таъсирида газларни тозалаш

Чўктириш жараёнини ҳисоблашда 5.4 параграфда келтириб чиқарилган, яъни каттик заррачаларни суюкликларда чўкишини ифодаловчи тенглама ва конуниятлар қўлланилади.

Чангларни (дағал тозалаш учун) тозалаш учун даврий ва узлуксиз ишлайдиган қурилмалардан фойдаланилади. Чанг чўктириш камераси бу турдаги асосий қурилмалардан биридир.

Чанг чўктириш камераси ичида горизонтал токчалар жойлаштирилган бўлиб, тўғри



5.30-расм. Чанг чўктириш камераси:

- 1 - чиқиш канали, 2 - йиғувчи канал, 3 - клапанлар,
4 - горизонтал токча; 5 - эшикчалар; 6 - сўриш канали.

тўртбурчак шаклдаги асосий қисмдан иборат (5.30-расм).

Чанг, ростловчи клапан 3 орқали сўриш канали 6 га кириб ва горизонтал токчалар 4 орасига тақсимланади. Токчалар орасидаги масофа 100...400 мм бўлади.

Токчаларнинг асосий вазифаси чанг заррачаларининг чўкиш масофасини қисқартиришидир. Ундан ташқари, токчалар борлиги чўкиш юзасини кўпайишига олиб келади. Токчалар орасида чанг ҳаракат қилганда, чанг окимининг йўналиши ўзгаради, бу эса унинг тезлигини камайишига олиб келади. Натижада каттик заррачалар уларнинг юзасида чўкиб қолади. Тозаланган газ эса, чиқиш канали орқали ташқарига йўналади. Қурилма камерасида чанг газ окимининг тезлиги чўкиш вақти билан чегараланади.

Чўктириш камерасида чанг газ окимининг ҳаракати вақтида каттик заррачалар токчалар юзасига чўкиб улгуриши керак.

Токчаларга йиғилиб қолган чанглар вақти-вақти билан куракчаларда олиб ташланади ёки сув билан ювилади. Чанг чўктириш камераси навбатма-навбат ишлайдиган икки бўлимдан иборат. Биринчи бўлим чанг (каттик заррачалар)дан тозаланса, иккинчисида эса, шу вақтда газни тозалаш жараёни боради ва натижада қурилманинг узлуксиз ишлашига эришилади.

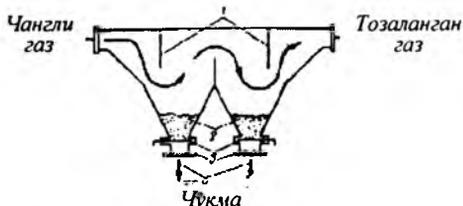
Чанг чўктириш камерасининг ишчи юзаси (3.41) тенглама ёрдамида ҳисобланади. Бунда $x_v = 1$ деб қабул қилиш мумкин.

Чанг чўктириш камерасида фақат газлардан йирик заррачаларни ажратиш мумкин, яъни дағал тозалаш учун қўллаш мақсадга мувофиқдир. Шунинг учун, бу турдаги қурилмалар дастлабки тозалаш учун, яъни каттик заррачалар ўлчами 100 мкм дан катта бўлган газсимон турли жинсли системаларни ажратиш учун мўлжалланган. Қурилманинг тозалаш даражаси - 30...40%.

Ҳозирги кунда ушбу турдаги қурилмалар қўполлиги ва самадорлиги паст бўлгани учун замонавий ва мукамал тозалаш қурилмалари билан алмаштирилмоқда.

5.17. Инерцион ва марказдан қочма кучлар таъсирида газларни тозалаш

Инерция кучлари остида газларни тозалаш қайтарувчи тўсикли тиндиргич ва марказдан қочма кучлар таъсирида ишлайдиган циклонлар конструкцияси асосида ётибди.



5.31-расм. Қайтарувчи тўсикли тиндиргич:
1 - қайтарувчи тўсиклар, 2 - чанг йиғич,
3 - шиберлар.

Қайтарувчи тўсикли тиндиргич йирик дисперсли чангларни ажратиш учун мўлжалланган (5.31-расм).

Қайтарувчи тўсиклар газ оқимини уюрмаланиши учун хизмат қилади. Тўсиклардан ўтиш пайтида ҳосил бўладиган инерция кучлари каттик заррачаларни интенсив чўкишига сабабчи бўлади. Йиғич 2 га тўпланган каттик заррачалар шибер 3 ёрдамида чиқариб юборилади. Бундай қурилмалар газ ўтказиш системаларида

ўрнатилади. Инерция кучлари асосида ишлайдиган чанг тозалаш қурилмаларининг тузилиши содда ва ихчам. Тозалаш даражаси 60%, чўктирилаётган заррачалар ўлчами 25 мкм ва ундан юқори.

Циклонлар марказдан қочма кучлар майдонида чангларни тозалаш имконини беради. Машинасозлик корхоналарида қобигининг диаметри 100...1000 мм ли циклонлар тайёрланади. Уларнинг ишлаш самарадорлиги ажратиш коэффиценти билан характерланади. Чанглари тозалаш даражаси циклон конструкцияси, заррача ўлчами ва зичлигига боғлиқ.

Масалан, 25 мкм ли заррачалар чўктирилаётган бўлса, циклоннинг ф.и.к. 95% ни ташкил этади, лекин заррача диаметри 10 мкм бўлса, ф.и.к. 70% гача камаяди.

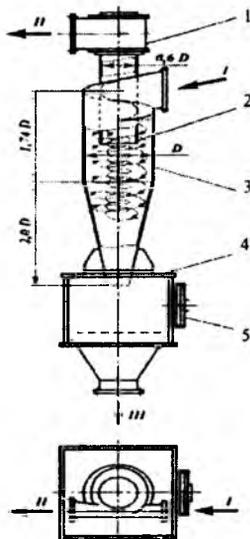
Циклон кичик гидравлик қаршилик ва нисбатан юқори тозалаш даражасига эга бўлган цилиндрик ва конуссимон қисмлардан иборат қурилмадир (5.32-расм).

Чангли газ тангенциал йўналишда 10...40 м/с тезликда циклоннинг кириш патрубкиси орқали киритилади. Тангенциал кириш ва қурилманинг ичида марказий чиқариш трубаси борлиги учун газ оқими пастга спиралсимон айланма ҳаракат қилади. Бу эса ўз навбатида марказдан қочма куч ҳосил бўлишига олиб келади. Ушбу куч таъсирида газ оқимидаги каттик заррачалар циклоннинг ички деворига улоктириб ташланади, деворга урилиб кинетик энергиясини йўқотади ва оғирлик кучи таъсирида қурилма тубига қараб тўкилади. Циклоннинг пастки конуссимон қисмида газ оқими инерция кучи таъсирида спиралсимон ҳаракат йўналишини давом эттиради ва конус диаметри камайиб бориши сабабли юқорига қараб йўналган оқим пайдо бўлади. Бу оқим тозаланган газ бўлиб, марказий труба орқали циклондан ташқарига чиқиб кетади.

Циклонларнинг аниқ ҳисоби жуда мураккаб бўлгани учун гидравлик қаршилик Δp параметри бўйича содалаштирилган ҳисоблар қилинади.

Циклоннинг цилиндрик қисмидаги газнинг сохта тезлиги w_ϕ (м/с) қуйидаги формула ёрдамида аниқланиши мумкин:

$$w_\phi = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_c \cdot \xi}} \quad (5.68)$$



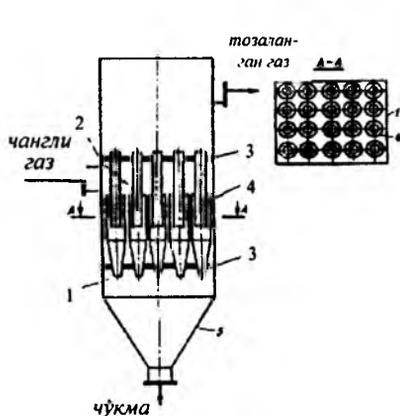
5.32-расм. НИИОГаз циклони:

1-тозаланган газнинг «сулиткасимон» камераси;
2-чикиш патрубкиси, 3-кобик, 4-бункер, 5-люк.
Оқимлар: I-чанг, II-тозаланган газ,
III-ажратиб олинган заррачалар.

Марказдан кочма типдаги чанг ушламчлар майда дисперс заррачалар (~5 мкм) ни ажратиш самарадорлигини ошириш мақсадида газ окимининг ҳаракати ўрганилган ва ф.и.к. ни аниқлаш учун куйидаги формула олинган [45]:

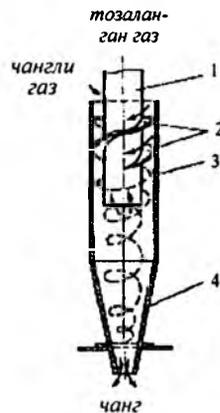
$$\bar{\eta} = \sum_{i=1}^N \varepsilon_i \cdot \eta(\delta_i) \quad (5.69a)$$

бу ерда, N – фракциялар сони.



5.33-расм. Батарейли циклон:

1 - кобик, 2 - газ таксимлаш камераси.
3 - панжара; 4 - циклон элементи; 5 - бункер.



5.34-расм. Батарейли циклон элементи:

1 - марказий чикиш трубаси, 2 - винтли паррақлар, 3 - кобик, 4 - конуссимон туб.

Агар заррачалар ўлчами 5 мкм дан кўп бўлса, ажратиш 100%, 5 мкм дан кичик заррачалар учун эса $\eta(\delta) = 20 \delta$ тенгликдан топиш мумкин.

Батарейли циклон бир канча параллел уланган кичик диаметрли (150...250мм) циклонлардан ташкил топган (5.33-расм). Циклон элементлари диаметрининг кичиклиги,

бу ерда, $\Delta p/\rho$ – ажратиш фактори, ξ – гидравлик қаршилик коэффициентлари.

5.32-расмда келтирилган циклонлар учун $\Delta p/\xi = 500 \dots 700 \text{ м}^2/\text{с}^2$.

Циклон диаметри D (м) ушбу формуладан топилади:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot w_\phi}} \quad (5.69)$$

Циклоннинг цилиндрлик қисми диаметри D аниқлангандан сўнг, қолган ўлчамлари ҳисобланади, чунки ҳамма ўлчамлар циклон диаметри D нинг функциясиدير.

Газларни тозалаш даражасини ошириш учун циклон диаметрини камайтириш ёки газ оқими тезлигини ошириш зарур.

НИИОГаз циклонида газсимон турли жинсли системаларни тозалаш даражаси 30...85% га тенг. Лекин газ таркибидаги заррачалар ўлчами ортиши билан газларнинг тозаланиш даражаси 90...95% гача ўсиши мумкин.

марказдан қочма куч ва чўкиш тезлигини ошириш имконини беради. Кичик ўлчамли циклонлар қурилмадаги иккита тўсикга маҳкамланади.

Қурилмага кириш патрубкиси орқали юборилган чанг газ таксимлаш камерасига киради ва у ердан барча циклон элементларга бир хилда тарқалади. Сўнг, элементларга газ тангенциал йўналишда эмас, балки уларнинг тепасидан циклон қобиғи ва марказий чиқиш трубадаси орасидаги ҳалқасимон бўшлиққа юборилади. Ушбу ҳалқасимон бўшлиқда оқимга спиралсимон айланма ҳаракат йўналишини таъминлаш учун у ерга винтли парралар ўрнатилади (5.34-расм).

Циклон элементларидан ўтиб тозаланган газлар марказий труба I орқали умумий камерага йиғилади ва чиқиш штуцеридан ташқарига узатилади.

Ҳамма циклон элементларида ушланиб қолинган каттик заррачалар батареяли циклоннинг пастки қисми 5 да тўпланади ва ундан сўнг ташқарига тўкилади.

Агар бир нечта катта циклонларни иктисодий жиҳатдан қўллаш мақсадга мувофиқ бўлмаса, газлар сарфи катта жараёнларда батареяли циклонлар ишлатилади. Циклонлар ўлчами 10 мкм ва ундан кам бўлган каттик заррачаларни чўктириш тавсия этилади. Батареяли циклонларнинг тозалаш даражаси 65...85% ($d = 5$ мкм ли заррачалар учун), 85...90% ($d = 10$ мкм ли заррачалар учун) ва 90...95% ($d = 20$ мкм заррачалар учун).

5.17.1. Газ сепараторлари

Газ сепараторлари газни суюклик (нефть, углеводород конденсати, томчили намлик) ва механик аралашмалардан тозалаш учун хизмат қилади. Газ ва нефтни қайта ишлаш технологик тизимларида сепараторлар жуда кўп ишлатилади. Бу турдаги қурилмалар қуйидаги: газ-суюклик аралашмаларини юклаш секциясининг асосий вазифаси узатилаётган аралашмани бир меъёردа таксимлаш ва йирик томчиларни максимал даражада ажратиш; тиндириш секциясида, майда томчиларни коагуляция қилиш ва уларни ажратиш; томчи ушлаш секциясида, газни якуний тозалаш ва белгиланган сепарация самардорлигини таъминлаш; сепарацияда йиғилган суюкликни йиғиш секцияларидан иборат.

Жараёни характерловчи асосий омил – бу газни суюкликдан ажратиш даражаси, яъни самардорлик коэффициентини η дир. Ушбу коэффициент ажратиб олинган суюклик фазаси микдорининг газдаги умумий суюклик микдорига нисбатини ифодалайди ва ушбу формуладан топилади:

$$\eta = \frac{Q_{\text{сув}}}{Q_{\text{г.ч}}} \quad (5.696)$$

Ишлаш принципига қараб сепараторлар қуйидаги турларга бўлинади:

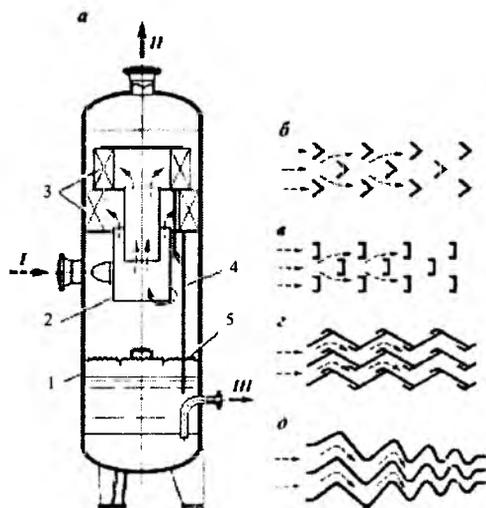
- гравитацион;
- инерцион;
- элаксимон;
- марказдан қочма;
- аралаш.

Геометрик шаклига ва фазодаги ҳолатига қараб – цилиндр (вертикал, горизонтал ва қия) ва сферик газ сепараторлари бўлади. Газ сепараторлари алоҳида қурилма сифатида ҳамда кўп функцияли колонна қурилмаларнинг бир секцияси сифатида тайёрланиши мумкин.

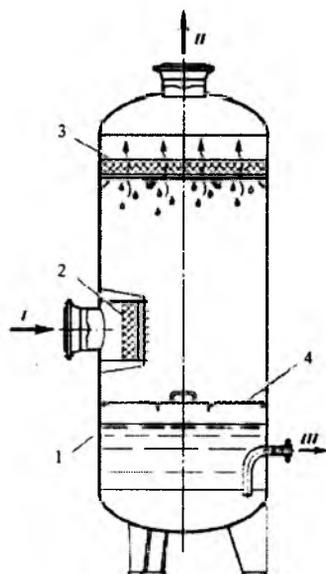
Гравитацион сепараторлар конструкциялари содда, лекин металл сарфи кўп ва қўполдир. Суюқ фаза асосан оғирлик кучи таъсирида рўй беради. Газ оқимидаги суюклик заррачаларининг ўлчами қанчалик катта ва тезлиги қанчалик кичик ($w=0,05...0,2$ м/с) бўлса, газ-суюклик оқимини ажратиш самардорлиги ($\eta=75...90\%$) шунчалик юқоридир.

Инерцион сепараторлар газ оқимининг кириш ва чиқиш патрубккалари, компоновкаси ва пластиналар пакетининг конструкцияси билан ажралиб туради (5.35-расм).

Сепараторлар самардорлигини ошириш учун пластиналар пакети икки секцияли бўлиши юқори натижа беради.



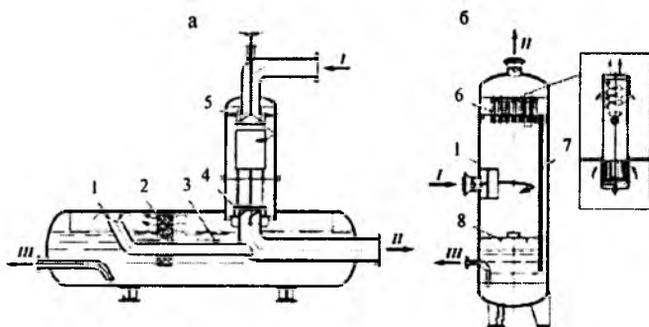
5.35-расм. Инерцион газ сепаратори:
 а-умумий кўриниш, б-д – томчи ушлаш насадка турлари,
 б-бурчаксимон, в-тарновсимон, г-жалюзли, д-жалюзли,
 ўзгарувчан шаклли ва каналли. 1-кобиқ, 2-таксимлаш
 мосламаси; 3-томчи ушлаш насадка пакетлари;
 4-суюқлик чиқариш трубаси, 5-турғунлаш панжараси;
 I-бошланғич аралашма; II-тозаланган газ, III-суюқлик.



5.36-расм. Элаксимон газ сепаратори:
 1-кобиқ, 2-элаксимон коагулятор,
 3-элаксимон кайтаргич; 4- турғунлаш
 панжараси, I-бошланғич аралашма;
 II-тозаланган газ, III-суюқлик.

Элаксимон газ сепараторлар самарадорлик коэффициенти асосан элаксимон пакет конструкцияси билан белгиланади (5.36-расм). Ушбу сепараторларнинг ф.и.к $\eta=99,5...99,8\%$. Газ фаза окимининг тезлиги гравитацион усулдагига караганда 3...5 баробар кўп. Бу сепараторларнинг юкори самарадорлиги, контакт элементлари ва газ-суюқлик окимининг тўкнашиш юзаси катталигидадир.

Марказдан қочма сепараторларда илгарилама ҳаракатни айланмага ўтказиш учун уюрмалагичлар ишлатилади (5.37-расм).



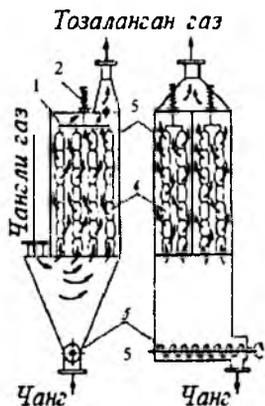
5.37-расм. Марказдан қочма газ сепаратори:
 а-ростланувчи уюрмалагичли, б- марказдан қочма, тўғри йўл элементли,
 1-кобиқ, 2- элаксимон кайтаргич, 3-тозаланган газ чиқариш трубаси;
 4- диафрагма, 5-ростланувчи уюрмалагич, 6- марказдан қочма элементлар,
 7- суюқлик чиқариш трубаси, 8- турғунлаш панжараси;
 I-бошланғич аралашма, II-тозаланган газ, III-суюқлик.

Бу турдаги қурилмаларнинг асосий афзаллиги шундаки, марказдан қочма элемент б ларда газ окимининг тезлиги жуда катта. Марказдан қочма куч таъсири остида ўлчами 10...20 мкм бўлган суюқлик томчиларини ҳам ажратиб олиш мумкин. Сепараторнинг

самарадорлик коэффициенти $\eta=80...99\%$. Сепараторларнинг айрим конструкцияларида босим ва сарф ўзгарганда оптимал тезликни таъминлаш учун ростланувчи уюрмалагичлар, айримларида марказдан кочма тўғри йўлли элементлар ўрнатилган. Марказдан кочма элементларда рециркуляция каналлари мавжуд бўлиб, қурилма вертикал ёки горизонтал ҳолатларда бўлишидан катъи назар самарали тозалашни таъминлайди.

5.18. Газларни ғовакли тўсиқларда тозалаш

Фильтрловчи тўсиқ турига қараб эгилувчан, ярим каттик, каттик ғовак тўсиқли ва донадор қатламли фильтрлар бўлади.



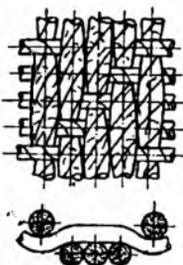
5.38-расм. Ингли фильтр:
1 - ром, 2 - силкитувчи механизм;
3 - кобик, 4 - энг, 5 - шнек

Юмшок фильтрловчи тўсиқли фильтрларга энгли ёки копли фильтрлар қиради ва улар газларни тозалаш учун кенг микёсда қўлланилади. Фильтрловчи тўсиқ сифатида табиий, синтетик ва минерал толалар (тўкима материаллар), ғовак листли материаллар (ғовакли резина, пенополиуретан) ва металл тўкималар ишлатилади.

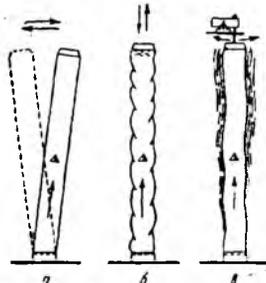
Батарейли энгли фильтр. Бу турдаги қурилмаларнинг фильтрловчи элементи тўкима материалдан ясалади (5.38-расм). Фильтрловчи энг 4 ва коплар тўртбурчак шаклидаги кобик 3 нинг умумий роми 1 га осилиб қўйилади. Пастдан юқорига қараб ҳаракат қилаётган чангли газ фильтрловчи энглarning учидаги очик тешиқдан ичига қиради. Сўнг, цилиндр энглarning ён томон юзасидан ўтаётганида газ тозаланиб чиқиб кетади, каттик заррачалар эса энгнинг ички деворида ушланиб қолади.

Фойдаланиш жараёнида чанг қатлами ортиб боради ва фильтрнинг қаршилиги катталашади. Фильтр энглarning кайта тиклаш учун вақти-вақти билан механизм 2 ёрдамида силкитиб туриш зарур. Шунда, энглар юзасида ўтириб қолган чанглар тўкилади ва шнек 5 ёрдамида ташқарига чиқарилади. Баъзи бир ҳолларда энглarning кайта тиклаш учун фильтр элементлар сиқилган ҳаво ёки газ ёрдамида қарама - қарши йўналишда пуфлаб тозаланади. Баъзи ҳолларда секцияли фильтрлар ҳам ишлатилади. Бунда ҳар секция ўзининг силкитувчи механизмига эга бўлади. Бу эса, фильтр секцияларни кетма-кет тозалаш имконини беради, яъни фильтр қурилмани тўхтатмасдан фильтр элементларини кайта тиклаш жараёнини амалга оширсан бўлади.

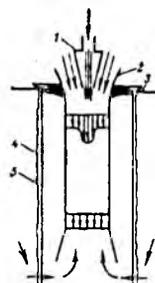
Узлуксиз ишлайдиган энгли фильтрларнинг филтёрлаш тезлиги $0,007...0,017\text{м}^3/(\text{м}^2\text{с})$ га тенг. Лекин фильтрловчи тўкималар узлуксиз равишда кайта тикланиши туфайли филтёрлаш тезлиги $0,05...0,08\text{ м}^3/(\text{м}^2\text{с})$ гача ортади.



5.39-расм. Фильтр тўкима тузилиши.



5.40-расм. Фильтр энгин қоқиш:
а-горизонтал йўналишда қоқиш,
б - вертикал йўналишда бўшатиш ва таранглаш.



5.41-расм. Фильтр энгин пуфлаб тозалаш эжектори.

Энг кенг таркалган энгли фильтрларнинг гидравлик каршилиги $1,5...2,5 \text{ кН/м}^2$ (150...250 мм. сув уст.).

Фильтр элементларининг баландлиги 600..1200 мм, чуқурлиги 300...500 мм ва қалинлиги 25...50 мм бўлиши мумкин.

Фильтр тўқималарда асос (диаметри 300...700 мкм) ва иглар орасида тешиklar 100...200 мкм ни ташкил этади. 5.39-расмдан кўриниб турибдики, матонинг тузилиши бир хил эмас. Ундан ташқари, ипнинг туқлари тешиklar устини беркитиб турибди.

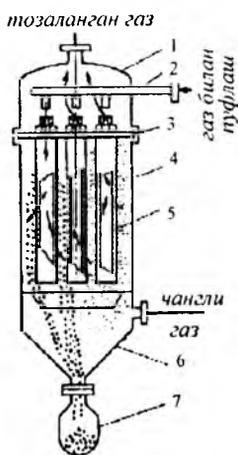
Агар энгли фильтрлардан тўғри фойдаланилса, газларни майин, дисперс чанглардан тозалаш даражаси 98...99% ни ташкил этади.

Энглр табний, синтетик ва минерал материаллардан тайёрланади. Масалан, 80°C дан паст температураларда пахта, бўздан, 110°C дан паст температураларда жундан, $130...140^\circ\text{C}$ да полиамид, полиэтилен, полиакрилнитрил толаларидан, 275°C гача политетрафторэтилен ва фторопластан, 400°C гача шиша толаларидан ясалган фильтрловчи энглр ишлатилади.

Камчиликлар: энглр тез ишдан чиқади ва каналлари тўлиб қолади; юқори температурали ва нам газларни тозалаш мумкин эмас.

Фильтр тўқималарни регенерация қилишнинг асосан 2 та усули мавжуд:

1) Фильтр элементларни қоқиш - механик, аэродинамик, яъни тебратиш ёки оқимлар ҳаракат йўналишларини кескин ўзгартириш, товуш тебранишларини таъсир эттириш йўли билан ва ҳ.



5.42-расм. Патронли фильтр:
1 - копкак, 2 - коллектор. 3 - труба панжараси; 4 - қобик, 5 - фильтрловчи элемент, 6 - туб, 7 - чанг йиғич

2) Фильтрли элементларни тесқари ҳаво ёки тозаланган газ ёрдамида пуфлаш - ҳар бир энгни алоҳида пуфлаш, атмосфера ҳавосини сўриб олиш, қатта ҳажмдаги газларни секцияга юбориш йўли билан ва ҳ.

Кўпчилик энглрни қоқишда иккала усул бир пайтнинг ўзида аэродинамик таъсирдан фойдаланиб қўлланилади (5.40-расм). Бунда Вентури труба сиклидаги эжектор орқали фильтрловчи элемент ичига сиқилган ҳаво импульси юборилади (5.41-расм).

Ярим қаттиқ, фильтрловчи тўсиқли фильтрлар кассеталардан таркиб топган бўлади. Газ таркибдаги қаттиқ заррачаларни ушлаб қолиш учун кассетада иккита тўр орасида шиша толалар, металл қиринди ёки бошқа материаллар қатлами жойлаштирилган бўлади.

Секцияларга бириктирилган кассеталар паст концентрацияли $0,001...0,005 \text{ г/м}^3$ чангларни тозалаш учун мўлжалланган.

Қаттиқ фильтрловчи тўсиқли фильтрлар одатда чангли газларни майин тозалаш учун ишлатилади. Фильтрловчи тўсиқлар ғовақли керамика, прессланган ёки

қиздириб бириктирилган қуқунлар ҳамда пластмассалардан ясалиши мумкин.

Цилиндрик фильтрловчи элементли, патронли фильтрлар. Температураси юқори бўлган чангли газларни тозалаш учун қўлланилади. Бу қурилмаларнинг фильтрловчи элементи ғовақли қилиб металлокерамикадан ясалади ва улар патронлар деб номланади (5.42-расм). Фильтрловчи элементлар цилиндрик ҳалқасимон ёки текис шаклда бўлиши мумкин.

Чанг фильтрловчи элементдан ўтиб, тозаланган газ қурилманинг юқори қисмидаги штуцердан чиқиб кетади. Чанглр эса фильтрловчи патроннинг ташқи юзаси ва ғовақларида ушланиб қолади. Патронлар ташқи юзаси ва ғовақлари чанг билан тўлиб қолса, жараён тезлиги кескин равишда пасаяди.

Шунинг учун улар сиқилган газ ёки ҳаво ёрдамида пуфлаб қайта тикланади. Ундан кейин, яна қайтадан газни тозалаш жараёни давом эттирилади.

Қайта тиклаш пайтида патрондан пуфлаб чиқарилган чанглр конуссимон туб 6 дан чанг йиғич 7 га тўқилади.

Металлокерамик филтър элементли филтърларда заррачаларнинг ўлчами 5 мкм дан юқори бўлган чангли газларни тозалаш мумкин.

Патронли филтърловчи элементлар каттиклиги, юқори механик муштаҳкамлиги, кимёвий ва температуранинг кескин тебранишларига чидамлилиги билан ажралиб туради. Шунинг учун ҳам, ушбу филтърловчи элементлар кимёвий агрессив ва иссик чанглارни тозалаш учун ишлатилади.

Газларни тозалаш филтърларнинг ҳисобини ўтказишдан мақсад. унинг умумий филтърлаш юзасини аниқлашдир, яъни

$$F = \frac{V}{V_{\text{сф}}}$$
 (5.70)

бу ерда, V – чангли газнинг ҳажми сарфи, $\text{м}^3/\text{с}$, $V_{\text{сф}}$ – филтърларнинг солиштирма тезлиги, $\text{м}^3/(\text{м}^2\text{с})$,

Филтърловчи элементлар сони эса, ушбу тенгликдан топилади:

$$n = F(\pi d l)$$
 (5.71)

бу ерда, d ва l – енгининг диаметри ва узунлиги, м

Донадор катламли филтърлар. Бундай филтърларда даврий, қўзғалмас ёки узлуксиз ҳаракатдаги филтърловчи катлам сифатида майдаланган кокс, кварц кум, шлак, шағал ва бошқа материаллар қўлланиши мумкин.

Филтърловчи катлам панжара ёки тўр орасидаги секцияда, горизонтал ёки вертикал ҳолатда ўрнатилиши мумкин.

5.16-расмда узлуксиз ишлайдиган кумли филтър конструкцияси келтирилган. Бу турдаги филтърлар газларни майин тозалаш учун қўлланилади. Масалан, сиқилган газларни мойлардан, қорақудан ва синтез газларини чангдан тозалаш учун ишлатилиши мумкин.

5.19. Газларни суюқлик билан ювиб тозалаш

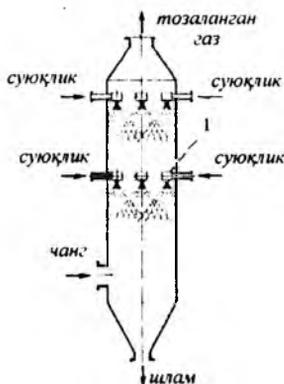
Чангли газларни тозалаш учун уларни сув ёки бошқа суюқликлар ёрдамида ювиб, каттик заррачалардан тозаланади. Бу усул газларни совитиш ва намлаш руҳсат этилган ҳамда каттик заррачалар киммати бўлмаган ҳолларда қўлланилади. Маълумки, газлар совутилганда сув буғлари конденсацияланиб, заррачалар намланади ва уларнинг зичлиги ортади. Натижада каттик заррачалар газдан осон ажралади. Бунда, заррачалар конденсацияланиш марказлари вазифасини бажаради. Агар заррачалар суюқлик билан ҳўлланмаса, унда бу турдаги қурилмаларда газларни тозалаш самарасиздир. Бундай ҳолларда газларни тозалаш даражасини ошириш учун суюқлик таркибига спирт – сиртий фаол моддалар қўшилади, яъни суюқликнинг ҳўллаш қобилияти оширилади.

Суюқлик билан ювиб тозаловчи қурилмаларда, уларнинг конструкциясига қараб, газларни тозалаш даражаси 60 дан 85% гача бўлади. Бу турдаги қурилмаларнинг асосий камчилиги шундаки, тозалаш жараёни ўтказилиши натижасида оқова сувлар ҳосил бўлишидир. Маълумки, оқова сувлар ҳам ўз навбатида тозаланиши керак.

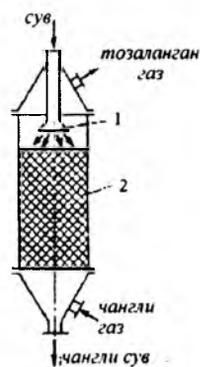
Скрубберлар ичи бўш (5.43-расм) ёки насадкали, кўндаланг кесим юзасига қараб эса, цилиндрсимон ёки тўғри тўртбурчак шаклдаги колонналар кўринишида бўлади.

Ичи бўш скрубберларга чангли газ қурилманинг пастки қисмидан 0,8...1,0 м/с тезликда киритилади. Газ ўз йўналишини ўзгартириб, юқорига қараб ҳаракат қилади. Скруббернинг тепа қисмидаги пуркагичдан сув ёки бошқа суюқлик сочилиб, оғирлик кучи таъсирида майда томчилар пастга қараб йўналади. Натижада газ ва сув томчилари қарама - қарши йўлли ҳаракатида бир - бирига кўп маротаба урилади. Бу ўзаро таъсир туфайли газ таркибидаги каттик заррачалар суюқлик билан ювилади, оғирлашади ва оқова сув ҳосил қилиб, пастга тушади. Тозаланган газ скруббернинг тепа қисмидаги штуцердан чиқиб кетади. Оқова сув қурилманинг тубидаги штуцер орқали тозалашга чиқариб юборилади.

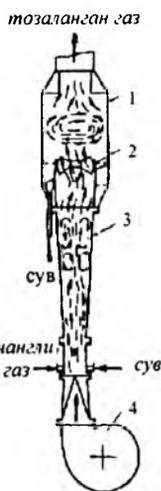
Ичи бўш скрубберда газларнинг тозаланиш даражаси 60...75% ни ташкил этади. Насадкали скрубберларда кобикнинг ичига насадкалар маълум бир тартибда ёки тартибсиз ўрнатилади (5.44-расм).



5.43-расм. Ичи бўш пурковчи скруббер:
I-чанг, II-тозаланган газ, III-суюқлик, IV-шлам.



5.44-расм. Насадкали скруббер:
1 - пуркагич, 2 - насадка



5.45-расм. Вентури скруббери:
1 - ажраткич, 2 - окими уюрмалан-
тирувчи мослама, 3 - вентури
трубаси, 4-вентилатор.

Тозалаш жараёни интенсивлиги ва тезлигини ошириш учун скрубберларга албатта насадкалар жойлаштирилади. Насадкалар қўлланилиши натижасида газ ва суюқ фазалар ўртасида уринишлар ортади, яъни тўкнашув юзаси ошади. Одатда скрубберларга ҳалқасимон ёки хордали насадкалар ўрнатилади. Айрим ҳолларда эса, кокс ёки кварц бўлақларидан ҳосил қилинган қатлам, насадка сифатида ишлатилиши мумкин. Насадкали скрубберларда газларнинг тозаланиш даражаси 75...85%.

Вентури скрубберлари. Бу турдаги скруббер икки қисмдан (5.45-расм): Вентури трубаси 3 ва ажраткич 1 дан таркиб топган бўлади. Вентури трубаси 3 да газ тозаланса, ажраткич 1 да эса сув томчилари газ оқимидан ажратилади.

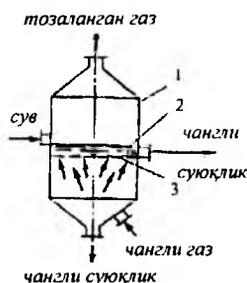
Тозаланиши зарур бўлган газ, қурилманинг паски қисмидан патрубкага узатилади. Маълумки, вентури трубасининг диффузор қисмида конуслик ортиб боради. Бу эса, диффузорда босим камайишига, яъни вакуум ҳосил бўлишига олиб келади. Ушбу вакуум ҳисобига идишдан коллектор орқали вентури трубасига сув сўриб

олинади. Суюқ фаза газ билан тўкнашиши натижасида майда томчиларга (~10 мкм) ажралиб кетади. Газ ва майда томчиларнинг ўзаро урилиши пайтида суюқлик томчилари қаттиқ заррачаларни ўзига тортиб олади ва йириклашади. Сўнг эса, ушбу томчилар газ оқими билан бирга диффузор орқали ўтади ва натижада тезлиги пасаяди. Газ оқимини суюқлик заррачаларидан ажратиш учун уюрмалантирувчи мослама хизмат қилади. Ажраткичда ажратиб олинган суюқлик йиғингча оқиб тушади. Тозаланган газ эса, скруббернинг тепа қисмидаги патрубкadan атмосферага чиқариб юборилади.

Вентури скруббериди газларнинг тозаланиш даражаси 98...99%, тузилиши содда ва механик ҳаракатланувчи қисмлари йўқ.

Камчиликлари: гидравлик қаршиликлари катта (1500...7500 Па) ва қурилма қўшимча томчи ушлагич билан жиҳозланиши лозим.

Кўпikli (барботажли) чанг ушлагичлар таркибида, каттик заррачалар кўп ва жуда катта ҳажмдаги чангли газларни тозалаш учун мўлжалланган (5.46-расм).



5.46-расм. Кўпikli скруббер.
1 - кобик, 2 – ростловчи остона,
3 - тешикли тарелка.

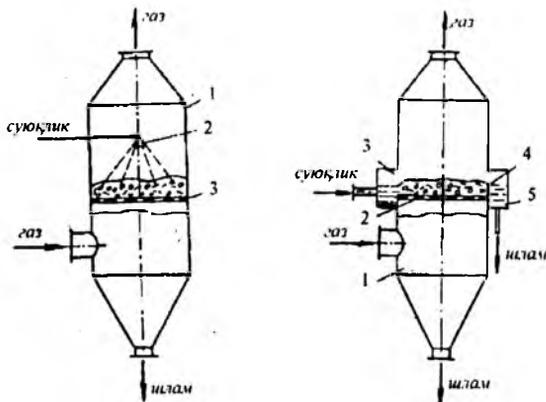
Кўпikli (барботажли) чанг ушлагичлар тарелкали скруббер кўринишида бўлади.

Газ окимининг тезлиги ортиши билан суюқлик ва газ окимларининг ўзаро таъсири интенсивлашади ва натижада юкори турбулентли кўпик катлами ҳосил бўлади. Ушбу катламда узлуксиз равишда янги кўпиклар ҳосил бўлади, бир-бирига қўшилади ва бузилади. Шунинг учун ҳам бу турдаги қурилмалар кўпikli деб номланади (5.46-расм, 5.47-расм).

Чангли газ қурилманинг пастки қисмидаги штуцер орқали юборилади ва у тепага қараб ҳаракат қилади. Қурилма цилиндрик кобик 1 нинг ўртасида жойлашган штуцер орқали ювувчи сув (ёки суюқлик) тешикли тарелка устига юборилади. Пастдан келаётган чангли газ окими суюқликни барботаж қилади ва натижада ҳаракатчан кўпikli катлам

ҳосил бўлади. «Газ – суюқлик» аралашмасидан иборат кўпикларда тўқнашув ёки урилиш юзаси катта ва заррачани илтириш имконияти юкори. Шунинг учун ҳам, кўпikli чанг ушлагичларда чангли газларнинг тозаланиш даражаси юкори. Газнинг тозаланиш даражасига қараб қурилмадаги тешикли тарелкалар сони аниқланади.

Кўпikli катламда чангнинг асосий микдори (~80%) суюқлик билан ушланади ва кўпик билан бирга ростловчи остона 2 орқали чиқарилади (5.46-расм).



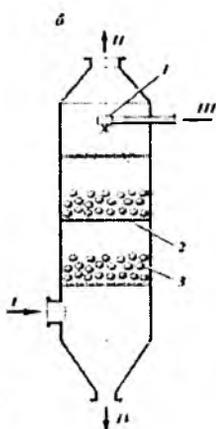
5.47-расм. Элаксимон (а) ва қўйилиш (б) тарелкали кўпikli скруббер.
а) 1-кобик, 2-пуркаш мосламаси, 3-тарелка б) 1-кобик, 2-тарелка,
3-кириш патрубкиси, 4-остона, 5-чиқиш патрубкиси

Суюқликнинг қолган қисми (~20%) тарелка тешиқлари орқали пастга оқиб тушади ва унинг остидаги бўшлиқда чангли газ таркибидаги йирик заррачаларни ушлаб, пастга олиб кетади. Ҳосил бўлган оқова сув конуссимон тубдаги штуцер орқали чиқарилади. Ҳаракатчан шар қатламли скрубберларда газдаги каттик заррачаларнинг суёқ фаза билан тўқнашиш эҳтимоли ва жараён самарадорлиги ортади (5.48-расм). Кўпikli қурилмаларда газларнинг тозаланиш даражаси 95...99% ва ундан юкори бўлади. Қурилманинг тузилиши содда ва ихчам ҳамда кам капитал ва эксплуатацион сарфлар талаб этади.

Ювилиб турувчи чанг ушлаш қурилмаларида кўпинча марказдан қочма ва окимчали механик пуркагичлар қўлланилади (5.49-расм). Айрим ҳолларда пневматик пуркагичлар ҳам ишлатилади.

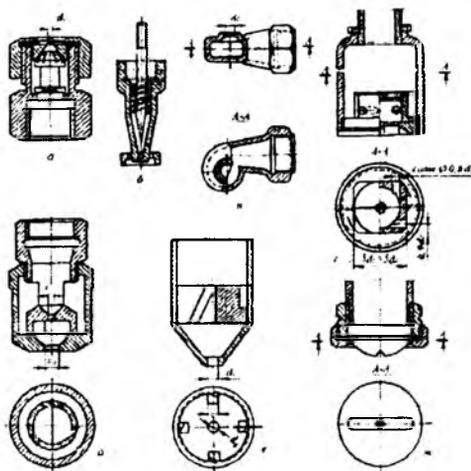
5.50-расмда табиий газни тозалаш ва қисман қуриштириш учун учта секциядан иборат кўп функцияли қурилманинг конструкцияси келтирилган.

Бошланғич газ тангенциал равишда биринчи секцияга сепарация қилиш учун узатилади. Ушбу газ элаксимон тўсик 1 ва марказдан қочма элементли тарелка 2 лардан ўтганда суюклик томчиларидан ажратилади. Иккинчи секция газни қисман қуритиш учун мўлжалланган бўлиб, тўртта марказдан қочма контакт элементли тарелка 4 ларни ўз ичига олади



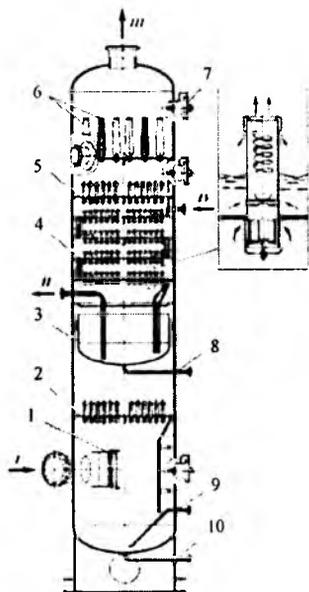
5.48-расм. Ҳаракатчан шар насадкали скруббер:

1-пуркағич, 2-тарелка, 3- шарсимон насадка, I-чанг, II-тозаланган газ, III-суюклик, IV-шлам



5.49-расм. Механик пуркағичлар.:

а-в - марказдан қочма пуркағичлар, в - эвольвент пуркағич, г-е - окимчали-марказдан қочма, (г -ВТИ, д- цилиндрик вкладиш ва горизонтал каналли; е - цилиндрик яси вкладишли ва четиди винтсимон каналли), ж -ясси фавворали, окимчали пуркағич.



5.50-расм. Табиий газни тозалаш ва қисман қуритиш учун кўп функцияли қурилма конструкцияси:

1-элаксимон тўсик, 2,5-сепарация тарелкалари, 3-тўйинган гликол ички идиши, 4-контакт элементли тарелка, 6-фильтр-патронлар, 7-люклар, 8,10-дренаж штуцерлари, 9- суюклик чиқариш штуцерлари, I-тўйинмаган адсорбент, II-қуруқ газ, III-бошланғич газ, IV- тўйинган адсорбент

Тўйинган гликол ички идиш 3 га йиғилади ва у ердан регенерацияга олинади. Учинчи секция гликолни ушлаб қолиш учун хизмат қилади ва сепарацион тарелка 5 ва фильтр-патрон ўрнатилган тарелка 6 таркиб топган. Фильтр-патрон элаксимон цилиндрик каркас бўлиб, ташқи томонидан 10...15 катламли шиша толалари билан ўралган. Фильтрловчи материал катлами ички ва ташқи томонидан 2...3 каватли энгли тўр билан маҳкамланган.

5.20. Электр майдон таъсирида газларни тозалаш

Жараённинг физик асослари. Электр майдон таъсирида газларни тозалаш электр разряди ёрдамида газ молекулаларининг ионизация қилинишига асосланган.

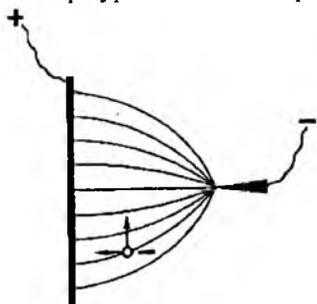
Агар юқори кучланишли ўзгармас токка уланган икки электрод орасида ҳосил бўлган электр майдонига газ юборилса, унинг молекулалари ионизацияга учрайди, яъни мусбат ва манфий зарядланган заррачаларга ажрайди. Натижада улар куч чизиклар йўналишида ҳаракат қила бошлайди. Зарядланган заррача тезлигининг вектор йўналиши, унинг мусбат

ёки манфийлигига боғлиқ бўлса, ҳаракат тезлиги эса электр майдони кучланганлиги билан белгиланади.

Агар электр майдон кучланганлигини 10000В дан оширсак, ион ва электронлар кинетик энергияси шунчалик катталашадики, ҳаракат йўлида учраган газнинг барча нейтрал молекулаларини **мусбат ион** ва эркин **электронларга** парчалайди. Янгидан ҳосил бўлган зарядлар ҳам ўз ҳаракат йўналишида газларни ионизацияга дучор қилади. Натижада тўхтовсиз равишда ион ҳосил бўлади ва ҳамма газ ионизацияланади. Бундай жараён **зарбали ионизация** деб номланади.

Газ тўлиқ ионизацияга учраганда, электродлар орасида электр разряди пайдо бўлиши учун шароитлар яратилади. Агар электр майдон кучланганлиги янада оширилса, учкун сакраб ўтиши, кейин эса электр ўтиши ва электродлар қисқа туташуви бўлиши мумкин. Бундай ходисалар олдини олиш учун турли жинсли электр майдони ҳосил қилинади.

Бунинг учун, труба ўқидан ёки икки параллел пластиналар орасида тортилган ингичка симлар кўринишида электрод ясалади.



5.51-расм. Электр майдон куч чизиқлари.

Сим олдида электр майдон кучланганлиги жуда юқори бўлиб, труба ёки пластина томонга яқинлашган сари камайиб боради. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, труба ёки пластина олдидаги майдон кучланганлиги шундайки, учкун ва электр ўтиш ходисалари рўй бермайди.

Тўлиқ ионизацияга оид майдон кучланганлигида электродлар орасида «тожли» разряд ҳосил бўлади. Бунда бутунлай ионизацияга учраган газ катлами чўғланиб, нур ва чарсиланган овоз чиқаради. «Тож» ҳосил қиладиган электрод **«тожли» электрод** деб номланади. Труба ёки пластина кўринишидаги карама - қарши зарядланган электрод – **чўктирувчи электрод** деб аталади.

«Тожли» электрод манфий, чўктирувчи эса мусбат кутбга уланади. Бундай ҳолатларда электродларга жуда юқори кучланиш бериш мумкин. «Тож» ҳосил бўлиши билан иккала ишорали ион ва эркин электронлар пайдо бўлади. Электр майдон кучланганлиги таъсирида ионлар «тожли» электрод томон ҳаракат қилади ва нейтралланади.

Манфий ион ва эркин электронлар чўктирувчи электрод томон йўналади. Йўл-йўлакай чанг ва томчилар билан тўкнашиб, уларга ўз зарядини ўтказиши ва чўктирувчи электрод томон олиб кетади. Натижада чанг ёки туман заррачалари шу электродда чўқади. **Газдаги чанг заррачаларининг асосий қисми манфий зарядланади**, чунки мусбат ионларга қараганда ҳаракатчан манфий электрон ва ионлар чўктирувчи электродга етгунча катта масофани босиб ўтади. Шунинг учун ҳам, газдаги заррачалар билан уларнинг тўкнашиш эҳтимоли катта. Фақат «тожли» электрод атрофидаги мусбат зарядланган ионлар билан тўкнашганда, чанг ёки туман заррачаларининг кичик бир қисми «тожли» электродда чўқади. Манфий зарядланган ионлар, чанг ёки туман заррачалари чўктирувчи электродга етганда, унга ўз зарядини беради ва оғирлик кучи таъсирида чўқади. Бундай чўқтириш жараёни электрофилтлда олиб борилади.

Электродларга ўтириб қолган чанг заррачаларининг зарарли таъсирини камайтириш мақсадида, вақти-вақти билан электродларга ўтириб қолган заррачалар силкитиб туширилади ёки электрофилтрга киритилишдан аввал чангли газ намланади (ўтказувчанлигини ошириш учун). Лекин газнинг температураси шудринг нуктасидан пасайиб кетиши мумкин эмас.

Чангли газлар таркибидаги каттик заррачаларни электр майдони таъсирида тозалаш, бошка усулларга қараганда кўпгина афзалликларга эга. Чўқтириш қурилмаларида, яъни циклон, энгли филтър, скрубберларда оғирлик ва марказдан қочма куч таъсирида майда заррачаларни ажратиш бўлмайди.

Турли жинсли газ аралашмаларини электр майдон таъсирида ажратиш электродларда амалга оширилади. Чанг ва тутунларни тозалаш учун курук, туманларни тозалаш учун эса - хўл электрофилтърлар қўлланилади.

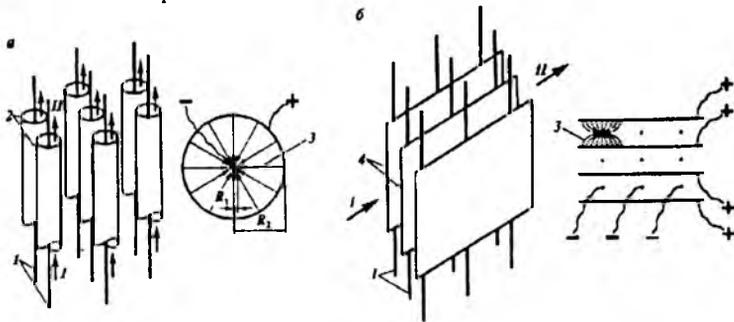
Оддий электрофильтр – иккита электроддан иборат бўлиб, биттаси – анод- труба ёки пластина, иккинчиси эса – катод-сим кўринишида тайёрланади (5.52-расм). Катод-сим труба ичига ёки пластина анодлар орасига тортилади. Анодлар ҳар доим ерга уланади.

Электродлар ўзгармас ток манбасига уланганда 4...6 кВ/см га тенг потенциаллар фарқи ҳосил бўлади. Бу киймат катоднинг 1 м узунлигида 0,05...0,5 мА ток зичлигини таъминлайди.

Газли аралашма труба-электрод ичига ёки пластиналар орасига узатилади. Электродлардаги юкори потенциаллар фарқи ва электр майдонининг турли жинслилиги туфайли манфий электрод-катод атрофидаги газ қатламида анодга қараб йўналган электронлар оқими ҳосил бўлади. Натижада газ нейтрал молекулаларининг электронлар билан тўқнашуви туфайли газ ионизацияга учрайди. Ионизация ўз навбатида газни мусбат ва манфий ионлар ажралишига олиб келади. Мусбат ионлар катод, манфийлари эса катта тезликда анод томон ҳаракат қилади. Одатда, чанг ва туман заррачалари анодга чўқади ва уни чўкма қатлами билан қоплайди. Электр майдони таъсирида чўқтириш тезлиги секундига бир неча сантиметрдан бир неча ўнлаб сантиметргача ораликда бўлади. Чўқтириш тезлиги заррача ўлчами ва газнинг гидравлик қаршилигига боғлиқ.

Электр майдонида заррачаларнинг чўқиш тезлигини аниқлаш учун жараён ламинар режимда амалга ошади деб қабул қиламиз.

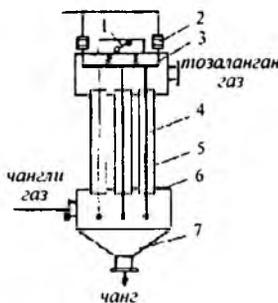
Электр майдони зарядланган заррачага $F = ne_0 \cdot E_x$ (бу ерда, n – заррача олган заряд; e_0 – элементар заряд қатталиги; E_x – катод ўқидан x масофадаги электр майдон потенциали градиенти) куч билан таъсир этади.



5.52-расм. Труба (а) ва пластина (б) электродлар:

1-«тожли» электрод; 2-чўқтирувчи труба-электрод; 3-куч йўналишлари, 4-чўқтирувчи, пластина электрод
I - чангли газ, II - тозаланган газ

Электр майдон таъсирида заррачанинг чўқиш тезлиги ушбу тенгламадан аниқланади:



5.53-расм. Труба-электродфильтр:

1 - силкитувчи мослама, 2 - изолятор; 3 - ром, 4 - «тож» ҳосил қилувчи электрод, 5 - труба-электрод - анод, 6 - тешикли панжара; 7 - чанг йиғич

$$w_v = \frac{ne_0 E_x}{3\pi d \mu} \quad (5.72)$$

Ундан ташқари, заррача чўқиш тезлиги (3.72а) тенгламадан аниқланиши мумкин:

$$w_v = \frac{dx}{d\tau} \quad (5.72a)$$

Заррачанинг чўқиш давомийлиги:

$$\tau_v = \int_r^R \frac{dx}{w_v} \quad (5.73)$$

бу ерда, R – катод ўқидан анод ўқигача бўлган масофа; r – катод радиуси.

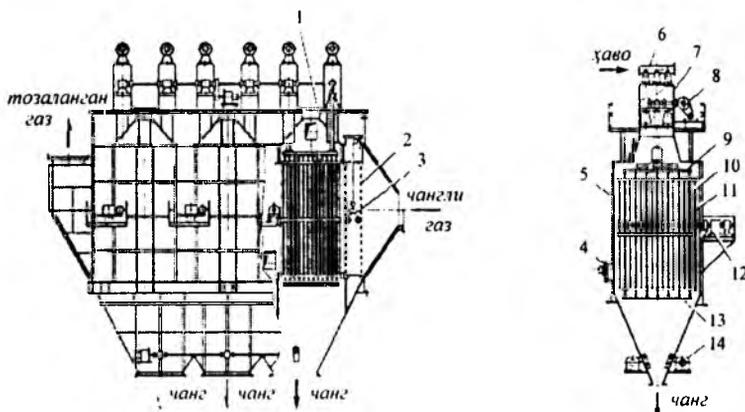
Электр майдон потенциали градиенти E_x катодгача бўлган масофа x га боғлиқ. Шунинг учун, заррачаларнинг чўқиш вақти (5.73) тенгламани график интеграллаш усули билан аниқланади.

Трубали электрофилтрлар. Чанг ва тутун газлари курилманинг пастки кисми бўлмиш электродлар маҳкамланган тешикли панжара (6) тагига узатилади ва трубали электрод (анод)лар ичига тақсимланади (5.53-расм).

Трубали электродлар ичига «тож» ҳосил килувчи электродлар-катодлар ўрнатилган. Электродлар изоляторга таяниб турувчи умумий ромда маҳкамланади. Электр майдони таъсирида газ таркибидаги заррачалар чўкади. Анодга чўкиб, катлам ҳосил килган заррачалар вақти-вақти билан силкитиб турилади ва курилманинг пастки кисмидаги конуссимон тубда йиғилади. Йиғилган чанг заррачалардан иборат чўкма пастки штуцердан тўкилади, тозаланган газ эса филтрнинг тепа кисмидаги штуцердан атроф-муҳитга чиқариб юборилади.

Ушбу горизонтал электр филтр температураси 100...250°C бўлган газ аралашмасидан техник углеродни ажратиш учун хизмат килади (5.54-расм). Электр филтрнинг фаол юзаси 15 м² ни ташкил этади ва унинг газларни тозалаш даражаси 98% ни ташкил этади. Ажратиб олинган каттик заррачаларни курилмадан чиқаришни тожли ва чўктирувчи электродларнинг силкитиш механизм 8.12 лари таъминлайди. Чўктирилган заррачаларни кўзгатиш механизми 14 билан жиҳозланган бункерли электр филтр техник углеродни, кўзгатиш механизми йўқ курилмалар эса – катализаторлар кукунини ушлаб қолиш учун қўлланилади. Заррачаларни кўзгатиш ва тўкиш узлуксиздир.

Ушбу курилманинг яна бир афзаллиги шундаки, ҳар бир майдон тепасига сакловчи клапан 1 лар ўрнатилган ҳамда изоляторларни ҳаво билан пуфлаб изолятор қутиларига чанг ўтирмаслигидир. Ҳозирги кунда, бир нечга кетма - кет уланган секциялардан газ ўтадиган секцияли электрофилтрлар яратилган.



5.54-расм. Газни қорақудан тозалаш электр филтри (ЭСГ-15-3).

1-сакловчи клапан; 2-газ тақсимлаш панжараси; 3-панжарани силкитиш механизми; 4-люк; 5-қобик; 6-коллектор; 7-изоляторли қутича; 8-тожли электродни силкитиш механизми; 9-тожли электродни оснш рамаси; 10-тожли электрод; 11-чўктирувчи электрод; 12-чўктирувчи электродларни силкитиш механизми; 13-юкли тожли электродларнинг пастки рамаси; 14-чўктирилган заррачаларни кўзгатиш механизми.

Одатда, трубалар диаметри 150...300 мм ва узунлиги 3...4 м килиб ясалади. Трубалар ичида тортилган симлар диаметри 1,5...2,0 мм.

Газларнинг тозаланиш даражаси 99%, айрим ҳолларда 99,9% ни ташкил этади.

Пластинали электрофилтрларда анод вазифасини пластиналар, катодни эса пластиналар орасига тортилган симлар бажаради. Электрофилтрларда газларни тозаланиш даражаси, чангларнинг электр ўтказувчанлигига боғлиқ.

Агар заррачалар электр токини яхши ўтказса, унда заррачалар зарядини бир зумда беради ва электрон зарядини эгаллайди. Бунда, бир - биридан қочиш Кулон кучи ҳосил бўлиб, филтрдан газ билан заррачалар учиб кетишга олиб келади ва тозаланиш даражаси камаяди. Агар заррачалар электр токини ёмон ўтказса, унда электродда манфий зарядланган заррачалардан иборат зич катлам ҳосил бўлиб, асосий электр майдонга қарши таъсир қилади.

Газ таркибидаги заррачалар концентрацияси юкори бўлганда ҳам, газнинг тозаланиш даражаси паст бўлади. Чунки, ионларнинг заррачаларда чуқиши, олиб ўтилган зарядлар сонини камайишига сабабчи бўлади. Демак, ток кучи ҳам пасаяди.

Газ таркибидаги заррачалар концентрациясини пасайтириш учун электрофилтрдан олдин кўшимча газ филтрлар ўрнатилади.

Пластинали электрофилтр электродларига чуқган чанглар трубафи филтрниқидан осонрок тозаланади ва сим узунлиги бирлигига камроқ энергия ишлагади. Ундан ташқари, бу филтрлар ихчам, кам металл сарфлайди ва йиғилиши осон.

Агар электродлар сони ва қурилманинг кўндаланг кесими маълум бўлса, электрофилтрларни ҳисоблаш унинг «тожли» электродининг узунлигини аниқлашдан иборат бўлади.

Электрфилтрдаги ток микдори $I = iL$ га тенг бўлиб, бу ерда i – ток зичлиги; L – электрод узунлиги.

Қуйида келтирилган тенгламадан потенциалнинг критик градиенти топилади:

$$E_{кр} = 31 + 9,54 \sqrt{\frac{\sigma}{r}} \quad (5.74)$$

бу ерда, σ – босим 0,1 МПа да ушбу шароитдаги ҳаво зичлигининг 25°C температура ва босими 10^5 Па даги зичлигига нисбат.

Агар электродлар орасидаги масофани билсак, электродлардаги потенциаллар фарқини топиш мумкин. Газларни тозаланиш даражаси ушбу умумий формула ёрдамида аниқланиши мумкин:

$$\eta_s = 1 - \frac{x_2}{x_1} = 1 - e^{-\omega_s f} \quad (5.75)$$

бу ерда, x_1 ва x_2 – электрофилтрларга кираётган ва ундан чиқаётган газларда каттик заррачалар концентрацияси, кг/м³; ω_s – электрод юзасига қараб ҳаракат қилаётган зарядланган заррача тезлиги, м/с; f – солиштирма чуқиш юзаси, м²/(м³/с).

Трубафи электрофилтрлар учун:

$$f = \frac{2l}{rw} \quad (5.76)$$

Пластинали электрофилтрлар учун:

$$f = \frac{l}{hw} \quad (5.77)$$

бу ерда, l – труба ёки пластина узунлиги, м; r – чуқтириш электроди трубафининг радиуси, м; h – чуқтирувчи ва «тожли» электродлар орасидаги масофа, м; w – электрофилтрларда газнинг тезлиги, м/с.

Электрофилтрларда ток билан таъминловчи кўтариб-тўғриловчи агрегат қуввати N (кВт) ушбу формуладан топилади:

$$N = \frac{0,707 \cdot 10^{-5} V \cdot I \cdot m + 0,5}{\eta} \quad (5.78)$$

бу ерда, V – электродларда ишчи потенциаллар фарқи, кВ; $m=1.5...2.2$ – тўғриланган ток эгри чизигининг шакл коэффициентини; $\eta=0,7...0,8$ – агрегат ф.и.к.

5.21. Газ тозалаш жараёнини интенсивлаш

Турли хил қурилмаларда газларни тозалаш даражасини ошириш мумкин. Бунинг учун тозалаш жараёнидан аввал газ таркибидаги каттик заррачалар ўлчамини катталаш керак.

Бу максадга эришиш учун акустик коагуляция* қўлланиши мумкин, яъни газ аралашмасига акустик тебранма товуш ва ультратовуш частоталарини таъсир эттириш керак. Товуш ва ультра товушларнинг кескин ўзгариши ўта майда заррачаларни интенсив тебранишига сабабчи бўлади. Натижада, заррачаларнинг ўзаро тўқнашуви ва ўлчами кескин ортади. Газларга товуш баландлиги 145...150 дБ ва тебраниш частотаси 2...50 кГц бўлган акустик таъсир берилади.

Заррачалар ўлчами катталашнинг бошка усуллари ҳам бор. Масалан, каттик заррачаларда сув бўғларини конденсациялаш. Бунинг учун, иссик газ оқимига ўта майда совук сув томчиларини пуркаш, совук газ оқимига совук сув пуркаш каби йўллар билан эришиш мумкин.

Газ тозалаш қурилмаларини танлашда уларнинг техник-иктисодий кўрсаткичларини инobatга олиш зарур. Асосий кўрсаткичлар қаторига қуйидагилар киради: газнинг тозаланиш даражаси: қурилманинг гидравлик қаршилиги; тозалаш учун электр энергия, буғ ва сув сарфлари; қурилма ва газнинг тозалаш нархлари. Булардан ташқари, тозалаш самарадорлигига таъсир этувчи омилларни ҳам инobatга олиш керак, яъни газнинг намлиги ва концентрацияси, температураси ва кимёвий агрессивлиги, чангнинг хоссалари (гигроскопиклиги, толалиги, ёпишқоклиги, қуруклиги), заррача ўлчамлари, унинг фракция таркиби ва ҳоказо.

Қуйидаги 5.5-жадвалда газ тозалаш қурилмаларининг айрим ўртача характеристикалари келтирилган. Жадвалдаги маълумотлардан кўриниб турибдики, циклон ва инерцион чанг ушлагичлар газларни фақат ўлчамлари катта заррачалардан дағал ажратиш учун қўлланиши мумкин. Албатта, бу газлар қурук ва таркибидаги заррачалар ёпишқок ва толали бўлмаслиги зарур. Шу билан бирга, бу қурилмалар катта капитал ва эксплуатацион сарфлар талаб этмайди.

Шунинг учун, бу турдаги қурилмалар газсимон турли жинсли системаларни дағал, дастлабки тозалаш учун, сўнг эса электр ва энгли фильтрларда тўлиқ тозалаш мақсадида ишлатилади. Ундан ташқари, бундай дағал тозалаш вентилятор паррақларини емирилишдан сақлайди.

Циклон ва батареяли циклонларни юкори концентрацияли газларни тозалаш учун, батареяли циклонларни газсимон турли жинсли системаларнинг сарфи катта бўлганда қўллаш тавсия этилади.

Заррача ўлчамлари 1 мкм дан ортиқ, қурук ва кийин хўлланадиган чангларни майин тозалаш учун энгли фильтрлардан фойдаланилади. Лекин бу турдаги фильтрларни ёпишқок ва нам чангларни тозалаш учун ишлатиб бўлмайди.

Майда дисперс чангли газларни тўлиқ тозалаш учун скруббер, кўпикли чанг ушлагич ва электрфильтрлар қўлланилади. Тозаланаётган газ совитилиши ва намланиши рухсат этилган ҳамда ажратилаётган заррачалар кимматбаҳо маҳсулот бўлган ҳолларда, скруббер ва кўпикли чанг ушлагичлар қўлланиши мақсадга мувофиқдир. Бу қурилмалар содда, нархи ва эксплуатацион сарфлари электрфильтрникидан анча кам.

5.5 -жадвал

Қурилма	Газдаги чангнинг максимал микдори, кг/м ³	Айрим заррача ўлчами, мкм	Тозаланиш даражаси, %	Гидравлик қаршилик, Н/м ²
Чанг чўктириш камераси	чегараланмаган	> 100	30...40	-
Циклон	0,4	> 10	70...95	400...700
Батареяли циклон	0,1	> 10	85...90	500...800
Марказдан кочма скруббер	0,05	> 2	90...95	400...800
Энгли фильтр	0,02	> 1	98...99	500...2500
Кўпикли чанг ушлагич	0,3	> 0,5	95...99	300...900
Вентури скруббери	0,05	> 1	95...99	1500...7000
Электрфильтр	0,01...0,05	> 0,005	99...99,9	100...200

Лекин ушбу усулда чангли газларни ажратиш жараёнида жуда кўп сув сарф бўлади. Шу сабабли, қурилма коррозиясининг тезлиги юқоридир. Агар дисперс заррачалар атроф-муҳитни ифлослантириш хавфи бўлган ҳолларда, уларни суюқ фазадан ажратиб олиш учун кўшимча қурилма талаб этилади.

Электр майдон таъсирида чангли газларни тозалаш юқори кўрсаткичларга эришиш имконини беради. Электрфилтрларнинг гидравлик қаршилиги кичик ва энергия сарфи кам бўлади. Соатига 1000 м^3 газни тозалаш учун $0,2...0,3 \text{ кВт}$ -соат электр энергия сарфланади. Қурук газларни тозалаш учун кўпинча пластиналар, туман ва қийин ушланадиган чангли газларни тозалаш учун эса - трубага электрфилтрлар ишлатилади. Бу турдаги қурилмалар қиммат туради ва эксплуатация қилиш анча мураккабдир. Ундан ташқари, газ таркибидаги заррачалар солиштирма электр қаршилиги кичик бўлса, электрфилтрларни қўллаш етарли самара бермайди.

Газсимон турли жинсли системаларни тозалаш қурилмаларининг таҳлили шуни кўрсатадики, улар самарадорлигининг ортиши, одатда энергетик сарф ва қурилма ўлчамларининг ўсиши билан боғлиқ. Масалан, англи ва электр филтрлар чангли газларнинг тезликлари кичик бўлганда юқори самара беради, яъни катта ўлчамли қурилмаларда жараён ташкил этилганда.

Циклонлар ва Вентури скрубберларининг гидравлик қаршиликлари қанчалик юқори бўлса, улар чангли газларни шунчалик самарали фазаларга ажратади, лекин чангли газни узатиш учун энергия сарфи ҳам шунчалик кўп бўлади. Шунинг учун, ҳар бир аниқ ҳолатда қурилмани танлаш кўпгина кўрсаткичларни ҳисобга олишни тақозо этади.

5.21.1. Скрубберларни ҳисоблаш

Пиролиз газини қорақуядан тозалаш учун кўпикли скруббер ҳисоблансин. Ҳажмий сарф $V=15000 \text{ м}^3/\text{соат}$, температура 360°C , концентрацияси $c=0,07 \text{ кг/м}^3$, фойдали иш коэффициентини $\eta=0,975$

Фойдали иш коэффициентини формуласидан c_1 ни топамиз:

$$\eta = \frac{c_1 - c_2}{c_2} = \frac{c_1 - 70}{70} = 0,975$$

$$c_1 = 0,975 \cdot 70 + 70 = 138,25 \text{ кг/м}^3$$

Кўчиришлар сони қуйидаги формуладан аниқланади:

$$N_v = \ln \cdot \frac{1}{1 - \eta}$$

$$N_v = \ln \cdot \frac{1}{1 - 0,975} = 3,69$$

Қуйидаги формула орқали солиштирма энергия K_T қийматини топамиз.

$$K_T \cdot N_v = AK_T^B$$

бу ерда, A ва B – чангли ушлаб олишнинг тажрибавий қийматлари

$$A = 6,61 \cdot 10^{-3}, \quad B = 0,891$$

$$3,69 = 6,61 \cdot 10^{-3} \cdot K_T^{0,891}$$

бундан $K_T = 5558 \text{ кЖ/м}^3$.

Ишчи ҳолатида трубадан ҳаракатланаётган газ ҳажмини ҳисоблаймиз:

$$V_1 = V_{\text{св}} \cdot \left[\frac{101325 \cdot (273 + t)}{273 \cdot (p_{\text{св}} - p)} \cdot \left(1 + \frac{f}{0,804} \right) \right]$$

$$V_1 = \frac{15000}{3600} \cdot \left[\frac{101325 \cdot (273 + 250)}{273 \cdot (101325 - 3000)} \cdot \left(1 + \frac{0,050}{0,804} \right) \right] = 9,24 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Сувнинг солиштирма сарфи

$$m = \frac{V_H}{V_1} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{м}^3 \quad \text{ёки} \quad 1 \text{ л} / \text{м}^3$$

Кўпikli трубадаги сувнинг умумий сарфини топамиз:

$$V_B = m \cdot V_1 = 1 \cdot 9,24 = 9,24 \text{ л} / \text{с}$$

Скруббернинг гидравлик каршилигини ҳисоблаймиз, сув босими $P_s = 300$ Па:

$$\Delta p_0 = K_T - P_s \cdot m = 5558 - 300000 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 5258 \text{ Па}$$

Нормал шароитда скрубберга киришдаги газ зичлигини топамиз:

$$\rho_{0\text{см}} = \frac{1}{100 \cdot (\rho_{01} a_1 + \rho_{02} a_2 + \dots + \rho_{0n} a_n)}$$

бу ерда, $\rho_{01}, \rho_{02}, \dots, \rho_{0n}$ – нормал шароитдаги газ компонентларининг зичликлари, махсус алабиётлардаги жадваллардан олинади.

$$\rho_0 = \frac{1}{100 \cdot (1,963 \cdot 18 + 0,0985 \cdot 8 + 1,2507 \cdot 51 + 1,250 \cdot 23)} = 1,44 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Скруббер трубадан чиқадиган газ температурасини ушбу формуладан ҳисоблаймиз:

$$t = (0,133 - 0,041 \cdot m) \cdot t_1 + t_2$$

бу ерда, m – сувнинг солиштирма сарфи, л/м³.

$$t = (0,133 - 0,041 \cdot 1) \cdot 250 + 36 = 59^\circ \text{C}$$

Скруббер трубадан чиқётган газнинг намлигини ҳисоблаймиз:

$$x_1 = \frac{f_1}{\rho_0} = \frac{0,05}{1,44} = 0,034$$

Нормал шароитда скруббердан чиқётган газ зичлигини аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} \rho_2 &= \frac{(\rho_0 + f_1) \cdot 273 \cdot (p_{\text{св}} - p - \Delta p)}{\left(1 + \frac{f_1}{0,804} \right) \cdot 101325 \cdot (273 + t_2)} = \\ &= \frac{(1,44 + 0,05) \cdot 273 \cdot (101325 - 3000 - 5258)}{\left(1 + \frac{0,05}{0,804} \right) \cdot 101325 \cdot (273 + 59)} = \frac{1,49 \cdot 273 \cdot 93067}{1,06 \cdot 101325 \cdot 332} = 1,029 \text{ кг} / \text{м}^3 \end{aligned}$$

Скруббердан чиқётган газ миқдорини топамиз:

$$V_2 = \left(\frac{V_0}{3600} \right) \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho_2} \right) = \left(\frac{100000}{3600} \right) \cdot \left(\frac{1,44}{1,029} \right) = 27,78 \cdot 1,41 = 39,28 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Скруббер диаметрини ҳисоблаймиз. Скруббер цилиндрик қисмидаги газ тезлигини $w = 4,5$ м/с деб қабул қиламиз:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{V_2}{w_2}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{39,23}{4,5}} = 3,3 \text{ м}$$

Диаметр 4000 мм бўлган стандарт скрубберни танлаймиз ва унда газнинг ҳақиқий тезлигини ҳисоблаймиз:

$$w = \frac{4 \cdot V_2}{\pi \cdot D^2}$$

$$w = \frac{4 \cdot 39,28}{3,14 \cdot 4^2} = \frac{163,16}{50,24} = 4,6 \text{ м/с}$$

Шу диаметрли скруббернинг баландлиги

$$H = 4,6 \cdot D = 4,6 \cdot 4 = 18,4 \text{ м}$$

Скруббернинг гидравлик қаршилиги қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\Delta p = \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}, \quad \xi = \frac{\xi_{ж}}{0,63} \cdot \left(\frac{M_{ж} \cdot \rho_i}{M_i \cdot \rho_{ж}} \right)^{0,3}$$

бу ерда, ρ – иш ҳолатидаги газнинг зичлиги, Н/см³, w – кириш патрубкисидаги газнинг тезлиги, м/с; $\xi=34$ – қурилманинг гидравлик қаршилик коэффициентини, $M_{ж}$ – суюқликнинг массавий сарфи, M_i – газнинг массавий сарфи; $\xi_{ж}$ – скруббер трубагининг гидравлик қаршилик коэффициентини

$$\Delta p = 34 \cdot \frac{4,63^2}{2} \cdot 1,029 = 34 \cdot 10,72 \cdot 1,029 = 375 \text{ Па.}$$

Скруббер трубагининг гидравлик қаршилиги:

$$\Delta p_{мс} = \Delta p_0 - \Delta p = 5258 - 375 = 4883 \text{ Па}$$

Скруббер трубагининг учидаги газ тезлиги қуйидаги формуладан аниқланади:

$$w_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_{мс}}{\xi_c \cdot \rho_2 + \xi_{жк} \cdot \rho_{жк} \cdot m}}$$

бу ерда, ξ_c – скруббер қурук трубагининг гидравлик қаршилик коэффициентини; $\rho_{жк}$ – суюқлик зичлиги, кг/м³; $\xi_{жк}$ – скруббер трубагининг гидравлик қаршилик коэффициентини, трубага суюқлик кирганда ҳисобга олинади, m – сувнинг солиштирма сарфи, м³/м³; ρ_2 – иш ҳолатида буг қозонининг трубаисидаги газ зичлиги, кг/м³; $\Delta p_{мс}$ – скруббер трубагининг гидравлик қаршилиги, Па.

$$w_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 4883}{0,15 \cdot 1,029 + 0,75 \cdot 996 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}} = \sqrt{\frac{9766}{0,1543 + 0,747}} = 104 \text{ м/с,}$$

Скруббер иккинчи трубагининг диаметрини ҳисоблаймиз:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{39,28}{104 \cdot 3}} = 0,14 \text{ м}$$

Конфузорга киришдаги штуцер диаметри (газ тезлиги $w_3 = 20$ м/с):

$$D_1 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{V_1}{v_1 \cdot n}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{58,24}{20 \cdot 3}} = 1,11 \text{ м}$$

Конфузордан чиқишдаги штуцернинг диаметри (газ тезлиги $w_3 = 20$ м/с):

$$D_3 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{V_2}{v_3 \cdot n}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{39,28}{20 \cdot 3}} = 0,914 \text{ м.}$$

Скруббер трубаларини алоҳида ҳисоблаймиз:

– конфузор узунлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$L_1 = \frac{D_1 - D_2}{2 \cdot \lg \frac{\alpha_1}{2}}, \quad \alpha_1 = 45^\circ$$

$$L_1 = 2,7 \cdot (D_1 - D_2) = 2,7 \cdot (1,11 - 0,14) = 0,97 \text{ м}$$

Скруббер бўйинчасининг узунлиги:

$$L_2 = 0,15 \cdot D_2 = 0,15 \cdot 0,14 = 0,02 \text{ м}; \quad L_3 = \frac{D_3 - D_2}{2 \cdot \lg \frac{\alpha_2}{2}}$$

$\alpha_2 = 6^\circ$ бўлганда конфузор узунлиги,

$$L_3 = \frac{9,14 - 1,4}{2 \cdot \lg \frac{6}{2}} = \frac{77}{0,954} = 8 \text{ м}$$

Трубаларнинг умумий узунлиги трубалар узунликларининг йиғиндисига тенг:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 = 0,97 + 0,02 + 8 = 8,99 \text{ м}$$

5-боб. Газларни тозалаш бўйича

Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Газсимон турли жинсли системаларни тозалаш усуллари.
2. Газларни тозалаш даражасини аниқловчи формулани ёзинг ва изоҳланг.
3. Чанг чўктириш камерасининг конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
4. Қайтаргич тўсикли тиндиргич конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
5. НИИОГаз циклони конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
6. Батарейли циклони конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
7. Енгли филътр конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
8. Патронли филътр конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
9. Газларни суюклик билан ювиб тозалаш асослари.
10. Ичи бўш скруббер конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
11. Насадкали скруббер конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
12. Вентури скруббери конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
13. Кўпикли скруббер конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
14. Электр майдон таъсирида газларни тозалаш механизми.
15. Қандай ток ёрдамида жараён ташкил этилади?
16. «Тожли» ва чўктирувчи электродлар нима?
17. Трубали электр филътр конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
18. Пластинали электр филътр конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.

5.22. Умумий тушунчалар

Кимё, нефть-газ, озик-овқат ва бошқа саноатларнинг технологик, жараёнларида айрим элементлардан таркиб топган кўзгалмас қатлам материаллари орқали томчили суюқлик ёки газлар оқиб ўтади.

Донадор қатлам элементларининг шакли ва ўлчами турли - туман кўринишга эга: масалан, филтрлар чўкма қатламининг майда заррачалари; гранула; таблетка, катализатор ёки адсорбент бўлақлари; абсорбцион ва ректификацион колонналардаги йирик насадкалар.

Бирор қатлам заррачаларининг ўлчами бир ёки турлича бўлишига қараб, донадор қатламлар *монодисперс* ёки *полидисперс* бўлиши мумкин.

Донадор қатлам орқали суюқлик ҳаракати даврида қатлам заррачалари орасидаги бўшлиқлар суюқлик билан тўлиб туради. Бунда, суюқлик қатламининг заррачаларини, элементларини ювиб ва нотўғри шаклли каналлар орқали оқиб ўтади. Бундай ҳаракат гидродинамиканинг аралаш масаласини ташкил этади.

5.23. Кўзгалмас донадор ва ғовак қатламлар орқали суюқлик ҳаракати

Газ энергияси ҳисобига қаттиқ заррачаларнинг бир - бирига нисбатан тартибсиз ҳаракатига, яъни қатлам худди қайнаётгандек бўлиб кўринишига «қаттиқ жисм – газ» икки фазали системанинг мавҳум қайнаши деб аталади. Ишчи элткич таъсирида ҳосил бўлган мавҳум қайнаш ёки қайнаш қатлами деб номланганининг келиб чиқиш сабабларидан бири, ушбу қатламга томчили суюқликлар кўп ҳоссалари...нинг мослигидир.

Агар қаттиқ материал қатламининг мавҳум қайнаш ҳолатини таъминловчи тезлик билан юқорига қараб ишчи элткич ҳаракат қилса, мавҳум қайнаш қатлами ҳосил бўлади.

Охирги вақтда кимё, озик-овқат ва бошқа саноатларнинг барча корхоналарида мавҳум қайнаш жараёнлари кенг қўламда қўлланилмоқда. Ушбу жараён аралаштириш, узатиш, сочилувчан материалларни классификациялаш, иссиқлик алмашиниш, қуритиш, адсорбция, абсорбция, грануллаш, кристалланиш ва бошқа жараёнларда юқори натижалар бермоқда. Бундай ижобий натижалар мавҳум қайнаш жараёнининг қуйидаги афзалликлари билан белгиланади:

1. Қаттиқ заррачалар интенсив аралашини, қурилманинг бутун ҳажми бўйлаб материал температураси ва концентрацияларининг текисланишига олиб келади. Бу ҳол ўз навбатида жараённи оптимал ташкил этишга ҳалақит берувчи қаттиқ заррачаларни локал ўта кизиб кетиш олдини олади.

2. Мавҳум қайнаш қатламининг юқори оқувчанлиги материални бетўхтов узатувчи ва тайёр маҳсулотни тўқувчи, яъни узлуксиз равишда ишлайдиган қурилмаларни яратиш имконини беради.

3. Кичик ўлчамли, қатта солиштирма юзали заррачалар қайта ишланганда иссиқлик ва масса алмашиниш юзалари кескин ортади ҳамда диффузион қаршилик камаяди. Бу ҳол ўз навбатида қурилманинг иш унумдорлигини оширишга олиб келади.

4. Иссиқлик алмашиниш жараёнлари интенсивлашади, бу эса иссиқлик алмашиниш қурилмалари ишчи ҳажмларини камайтириш имконини яратади.

5. Мавҳум қайнаш қатламли қурилмалар гидравлик қаршилиги кичик бўлади ва газ оқимининг тезлигига боғлиқ эмас.

6. Қаттиқ заррачалар ва ишчи элткичлар ҳоссалари жуда кенг оралиқда ўзгарадиган ҳамда суспензия ва пастасимон материаллар ҳам мавҳум қайнаш жараёнида қайта ишланиши мумкин.

7. Мавҳум қайнаш қатламли қурилмалар тузилиши содда, ихчам ва осон автоматлаштирилади.

Юкорида қайд этилган афзалликлар билан бирга, мавҳум кайнаш жараёнининг куйидаги камчиликлари бор:

- бир секцияда заррача ва ишчи элткичларнинг бўлиш вақти бир хил эмас;
- мавҳум кайнаш катламида заррачалар бир - бирига урилиши натижасида едирилади;
- заррачаларни едирилиши натижасида ҳосил бўлган чанг қурилмадан учиб кетади. Бу ҳол, албатта кўшимча чанг ушлагичлар ўрнатилишини такозо этади;
- диэлектрик материал заррачалари мавҳум кайнаш катламли қурилмаларда ишлов берилганда, статик электр зарядлар ҳосил қилади. Бу эса, портлаш хавфини туғдиради.

Қайд этилган мавҳум кайнаш жараёнининг камчиликлари салмокли эмас ва улар қисман ёки бутунлай бартараф қилиниши мумкин.

Сочилувчан, донатор материаллар катлами гидравлик қаршилик, заррачалар ўлчами, солиштирма юза ва бўш ҳажм улуши билан характерланади.

Солиштирма юза - a ($\text{м}^2/\text{м}^3$) катламнинг ҳажм бирлигида жойлашган ҳамма заррачалар юзасини ифодалайди.

Донасимон заррачалар орасидаги бўшлиқ ҳажмининг катлам ҳажмига нисбати **бўш ҳажм ёки говаклилик (ϵ)** дейилади ва ўлчамсиз катталиқдир:

$$\epsilon = \frac{V - V_0}{V} \quad (5.79)$$

бу ерда, V – донасимон катлам ҳажми, м^3 ; V_0 – катлам заррачаларни эгаллаган ҳажм, м^3

Агар бирор қурилмада донасимон материаллар баландлиги H (м) кўндаланг кесим юзаси F (м^2) бўлса, унда катлам ҳажми $V = FH$ ва заррачалар эгаллаб турган ҳажм $V_0 = FH(1-\epsilon)$ га тенг бўлади. Тегишли катламнинг бўш ҳажми $V_{\text{бш}} = FH\epsilon$, заррачалар юзаси эса FHa га тенг.

Қатлам каналларининг кўндаланг кесимлар йиғиндиси ёки катламнинг бўш кўндаланг кесимини топиш учун $V_{\text{бш}}$ ни канал узунлигига бўлиш керак. Агар каналларнинг ўртача узунлиги катлам баландлигидан α , марта ортиқ бўлса, каналлар узунлиги $\alpha_k H$ ва катламнинг бўш кўндаланг кесими $FH\epsilon/\alpha$, $H = F\epsilon/\alpha$, (бу ерда α - каналларнинг эгрилик коэффиценти).

Бўш кўндаланг кесимнинг ҳўлланган периметри каналлар умумий юзасини уларнинг ўртача узунлигига бўлиш йўли билан топилади, яъни $\Pi = FHa/\alpha_k H = Fa/\alpha_k$.

Агар катламнинг бўш кўндаланг кесими ва ҳўлланган периметри маълум бўлса, эквивалент диаметри ушбу тенгламадан аниқласа бўлади:

$$d_3 = \frac{4F}{\Pi} = \frac{4 \cdot \left(\frac{F\epsilon}{\alpha_k}\right)}{\frac{Fa}{\alpha_k}} = \frac{4\epsilon}{a} \quad (5.80)$$

Эквивалент диаметр d_3 , катлам заррачалари ўлчамлари орқали ҳам ифодаланиши мумкин. Агар катлам ҳажми 1 м^3 , заррачалари сони n та бўлса, уларнинг ҳажми $(1-\epsilon)$ ва юзаси a га тенг деб ҳисоблаймиз. Унда, битта заррачанинг ўртача ҳажми:

$$V_3 = \frac{1-\epsilon}{n} = \frac{\pi d^3}{6} \quad (5.81)$$

юзаси эса:

$$F_3 = \frac{a}{n} = \frac{\pi d^2}{f} \quad (5.82)$$

бу ерда, d – заррача ҳажмига тенг эквивалент шарнинг диаметри; f – шакл коэффиценти (шар учун $f=1$).

Унда, заррача юзасининг ҳажмига нисбати ушбу кўринишдан топилади:

$$\frac{a}{1-\epsilon} = \frac{6}{df} \quad (5.83)$$

бундан

$$a = \frac{6 \cdot (1 - \varepsilon)}{fd} \quad (5.84)$$

Агар (5.84) ни (5.80) тенгламага қўйсақ, куйидаги формулани оламиз:

$$d_s = \frac{2f\alpha d}{3 \cdot (1 - \varepsilon)} \quad (5.85)$$

Полидисперс заррачалардан таркиб топган катлам учун диаметр d ушбу нисбатдан ҳисоблаб топилади:

$$d = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{d_i}} \quad (5.86)$$

бу ерда, $x_i - d_i$ диаметрли заррачаларнинг ҳажмий еки массавий улуши

Донасимон катлам заррачалари орасидаги каналларда ҳаракатланаётган оқимнинг ҳақиқий тезлиги w ни аниқлаш жуда қийин. Шунинг учун, аввал суюқликнинг мавҳум тезлиги w_0 топилади. Ҳақиқий ва мавҳум тезликлар орасида куйидаги боғлиқлик бор:

$$w = \frac{w_0}{\varepsilon} \quad (5.87)$$

Суюқлик донасимон катламга ҳаракат қилганда, (ишқаланиш қаршилиги) гидравлик қаршилиқни, босим йўқотилишини (4.48) ҳисоблаш формуласидан топиш мумкин:

$$\Delta P_{\text{гк}} = \lambda \frac{l}{d_s} \frac{\rho w^2}{2} = \lambda \left[\frac{H}{\frac{2fed}{3 \cdot (1 - \varepsilon)}} \right] \frac{\rho \cdot \left(\frac{w_0}{\varepsilon} \right)^2}{2}$$

ёки

$$\Delta P = \frac{3 \cdot (1 - \varepsilon)}{2\varepsilon^3 f} \cdot \lambda \cdot \frac{H}{d} \cdot \frac{\rho w_0^2}{2} \quad (5.88)$$

Маълумки, гидравлик қаршилиқ коэффициенти λ гидродинамик режимга боғлиқ бўлиб, Рейнольдс критерийси қиймати билан белгиланади.

Агар (5.87) дан w ва (5.85) дан d_s ларнинг қийматларини Re қўйсақ, ушбу кўринишдаги Рейнольдс критерийсини оламиз:

$$Re = \frac{wd_s \rho}{\mu} = \frac{4w_0 \varepsilon \rho}{\varepsilon \mu}$$

ёки

$$Re = \frac{4w_0 \rho}{\mu} = \frac{4W}{\mu} \quad (5.89)$$

бу ерда, W – қурилманинг 1 м^2 қўндаланг кесимига тўғри келадиган суюқликнинг массавий тезлиги, $\text{кг}/(\text{м}^2 \text{ с})$.

Олинган формуладаги солиштирма юза a ўрнига (5.84) тенгламадаги қийматни ёки Re формуласига d_s нинг қийматини (5.85) дан тўғридан-тўғри қўйсақ, куйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$Re = \frac{2}{3} \cdot \frac{f}{1 - \varepsilon} \cdot \frac{w_0 d \rho}{\mu} = \frac{2}{3} \cdot \frac{f}{1 - \varepsilon} \cdot Re_0 \quad (5.90)$$

бу ерда:

$$Re_0 = \frac{w_0 d \rho}{\mu} \quad (5.91)$$

Гидравлик каршилиқ коэффициенти λ ни ҳисоблаш учун бир қатор формулалар келтириб чиқарилган. Суюкликларнинг сочилувчан, донатор қатламларда ҳаракат қилишидаги ҳамма режимлар умумий гидравлик каршилиқ коэффициентини ҳисоблаш қуйидаги формула ёрдамида амалга оширилади:

$$\lambda = \frac{133}{Re} + 2,34 \quad (5.92)$$

Ушбу формуладаги Re критерийси (5.91) формула орқали аниқланган.

Шуни алоҳида қайд этиш керакки, газ донатор қатлам орқали ҳаракат қилганда турбулент режим, суюклик труба ичида ҳаракат пайтидан, аввалроқ бошланади. Лекин ламинар ва турбулент режимлар орасида кескин ўтиш ҳолати йўқ. Ламинар режим $Re < 50$ дан қийматларда амалга ошади. Ушбу режимда донатор қатлам учун $\lambda = A/Re$.

Агар $Re < 1$ бўлганда (5.92) формуладаги қўшилувчи ҳисобга олинмайди, яъни λ қуйидаги формуладан топилади:

$$\lambda = \frac{133}{Re} \quad (5.92a)$$

Агар $Re > 700$ бўлганда, донатор қатламда турбулент режимнинг автомобиль соҳаси бошланади, яъни жараён тезликка боғлиқ бўлмайди. Унда, (5.92) формуладаги биринчи қўшилувчини тушириб қолдириш мумкин, яъни:

$$\lambda \approx 2,34 = const \quad (5.93)$$

Донатор қатлам бўш ҳажми ёки ғоваклилиги ε қурилмага материални юклаш услубига боғлиқ. Масалан, шарсимон материаллар эркин тўкиб юкланганда қатламнинг ғоваклилиги ўртача $\varepsilon \approx 0,4$ га тенг. Лекин амалиётда ε нинг қиймати 0,35 дан 0,45 гача бўлади.

Ундан ташқари, донатор қатламнинг ε катталиги заррача диаметри d ва қурилма диаметри D орасидаги нисбатга боғлиқдир. Бунга сабабчи девор олди эффектидир, яъни девор яқинида заррачалар зичланиши ҳар доим кам бўлади. Шунинг учун, девор олдида қатламнинг ғоваклиги қурилма маркази ғоваклигидан ҳар доим юқоридир. Ушбу фарқ d/D ортиши билан қўпайиб боради.

Саноат донатор қатламли қурилмаларини моделлаштиришда модель қурилма диаметри материал заррачалари диаметридан энг камида 8...10 марта катта бўлиши шарт.

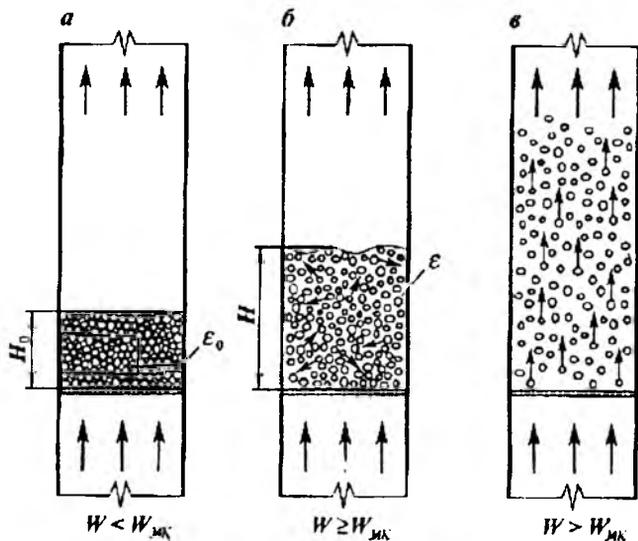
5.24. Мавҳум қайнаш жараёни асослари ва гидродинамикаси

Суюклик оқими исталган тезликларда, фақат пастдан юқорига ҳаракат қилгандагина, донатор қатлам орқали суюклик ҳаракати қонуниятлари ушбу жараён учун тааллуқлидир. Суюклик оқимининг юқори чегараси қатлам қўзғалмас ҳолати билан белгиланади.

5.55-расмда қаттик заррачалар қатламининг пастдан юқорига қўтарилувчи оқим тезлигига боғлиқлик 3 ҳолати тасвирланган.

Газ таксимлаш тўғри орқали пастдан юқорига қараб кичик тезлик билан газ ёки суюклик оқими юборилса, донатор қатлам қўзғалмас ҳолатида қолади (5.55a-расм). Бунда оқим тезлиги ўзгариши билан қатлам (солиштирма юза, ғоваклилик ва ҳоказо) нинг характеристикалари ўзгармайди. Қатлам орқали ўтаётган газ (ёки суюклик) оддий, фийлтрланиб ҳаракатланади.

Лекин, газ (ёки суюқлик) окимининг тезлиги аста - секин ошириб борилса, тезликнинг маълум бир критик қийматида катламдаги заррачалар оғирлиги билан окимнинг гидродинамик босим кучи тенглашади. Бунда катламнинг кўзгалмас ҳолати бузилади ва унинг ғоваклиги, баландлиги кўпайиб боради. Шу вақтда катлам заррачалари силжий бошлайди ва катлам оқувчанликка эга бўла бошлайди. Агар газ окими тезлиги янада оширилса, катлам кенгайди, заррачалар ҳаракати фаоллашади, лекин гидродинамик мувозанат ҳали ҳам бузилмайди. Бу ҳол катламнинг мавҳум қайнаш жараёнига ўтганлигини кўрсатади, яъни бутун катлам худди қайнаётгандек бўлиб кўринади (5.55б-расм). Катламнинг



5.55-расм. Каттик заррачалар катлами орқали газ (суюқлик) ҳаракати.

а-кўзгалмас катлам, б-мавҳум қайнаш катлами,
в - каттик заррачаларнинг оким билан чиқиб кетиши.

бундай ҳолатида каттик заррачалар интенсив, тартибсиз, турли йўналишларда ҳаракат қилади.

Агар газ окимининг тезлиги янада оширилса, катлам ғоваклилиги ва баландлиги кескин кўпайиб боради. Газ тезлиги маълум бир критик қийматга етганда мавҳум қайнаш катлами бузилади. Бунда гидродинамик босим кучлари катлам заррачалари оғирлик кучидан ошиб кетади ва каттик заррачалар газ окими билан бирга учиб чиқа бошлайди (5.55в-расм). Газ окими билан каттик заррачаларнинг ёппасига учиб чиқа бошлаш ходисаси *пневмотранспорт* деб номланади ва саноатда сочилувчан материалларни узатиш учун ишлатилади.

5.56-расмда донатор катлам баландлиги ва гидравлик қаршилигининг оким *сохта* (қурилма кўндаланг кесим юзасига нисбатан ҳисобланган тезлик) *тезлигидан* боғлиқлик графикалари келтирилган.

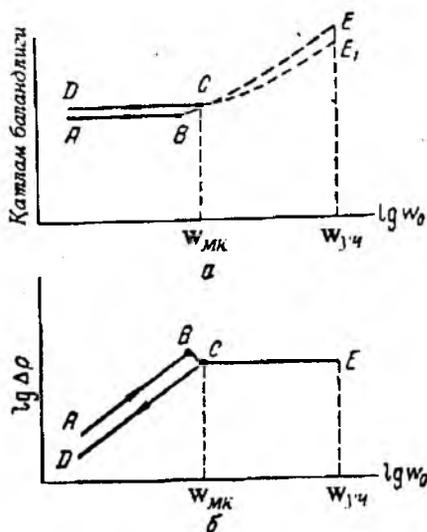
Катлам кўзгалмаслиги бузилиб, мавҳум қайнаш ҳолатига ўтиш пайтидаги тезлик *мавҳум қайнашнинг бошланиш тезлиги ёки биринчи критик тезлик* деб номланади ва w_{mk} ҳарфи билан белгиланади.

Агар газ окими тезлигини w_{mk} гача ошириб борилса, донатор катлам гидравлик қаршилиги ортиб боради (5.56б-расм). Лекин w_0 қиймати ошиши билан катламнинг баландлиги умуман ўзгармайди (5.56а-расм ABC чизик).

Окимнинг гидродинамик босим кучи каттик заррачалар катлами оғирлик кучига тенг бўлганда мавҳум қайнаш жараёни бошланади. Лекин амалда B нуқтадаги тегишли босимлар фарқи бевосита мавҳум қайнаш бошланишига (C нуқта) оид ΔP дан, яъни катламни мавҳум қайнаш ҳолатида ушлаб туриш учун зарур гидродинамик босим кучидан кўпроқ бўлади.

Бунга сабаб, кўзгалмас қатлам ҳолатидаги заррачалар орасидаги тортишиш кучидир. Газ оқими тезлиги w_{mk} бўлганда, заррачалар орасидаги тортишиш кучларини енгади ва гидродинамик босим кучи (ΔP) қатлам заррачалари оғирлигига тенглашади.

5.566-расмдан кўриниб турибдики, юқорида айtilган шартлар мавҳум қайнаш жараёнининг ҳамма оралиғида (CE чизик) бажарилмоқда. Мавҳум қайнаш бошланиши билан оқимнинг гидродинамик босим кучлари қатламдаги қаттик заррачалар оғирлигини мувозанатда ушлайди.



5.56- расм. Донадор заррачалар қатлами баландлиги (а) ва гидравлик қаршиликнинг (б) оқим тезлигига боғлиқлиги.

чи, яъни ушбу кучни енгшига қўшимча энергия сарф бўлишидир. Ундан ташқари, мавҳум қайнаш жараёни тугагандан сўнг, кўзгалмас қатлам ғоваклилиги ёки баландлиги мавҳум қайнаш жараёни бошладан аввалги қатламниқидан бир оз кўп бўлади (5.56-расм). Бунинг исботи расмдаги CD чизикнинг AB дан тепада жойлашганлигидир.

Агарда жараён яна қайтадан бошланса, яъни газ оқими тезлиги ортиши билан қатламнинг гидравлик қаршилиги AB чизиги эмас, балки CD чизиги билан ифодаланади. Хулоса қилиб айтганда, гистерезис ҳодисаси намоён бўлмайди.

Мавҳум қайнаш жараёни эгри чизигининг шакли қатлам ҳолатини ифодалайди. Мавҳум қайнаш жараёни w_{mk} ва $w_{1ч}$ тезликлар оралиғи билан чегараланади.

Ишчи тезлик w нинг мавҳум қайнаш бошланиши тезлиги w_{mk} га нисбати *мавҳум қайнаш сони* K_w деб аталади ва қуйидаги кўринишга эга:

$$K_w = \frac{w_0}{w_{mk}} \quad (5.93)$$

Мавҳум қайнаш сони заррачаларнинг аралашуш интенсивлиги ва қатлам ҳолатини ифодалайди. Кўпчилик ҳолатларда заррачаларнинг интенсив аралашуши $K_w \approx 2$ да бўлиши тажриба йўли билан аниқланган. Аниқ технологик жараён учун K_w нинг оптимал қиймати кенг ораликда ўзгаради ва тажриба йўли билан топилади.

Шарсимон шаклли ($f \approx 1$), ғоваклилиги $\varepsilon \approx 0,4$ бўлган қатлам мавҳум қайнашининг бошланиш тезлиги проф. О.М.Тодес формуласи ёрдамида аниқланиши мумкин:

$$Re_{mk} = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} \quad (5.94)$$

бу ерда

$$Re_{mk} = \frac{w_{mk} \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (5.95)$$

Мавҳум қайнаш бошланиш тезлиги:

$$w_{mk} = \frac{Re_{mk} \cdot \mu}{d \rho} \quad (5.96)$$

(5.94) формуладаги Архимед (Ar) критерийси ушбу кўринишга эга:

$$Ar = \frac{g d^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_k - \rho}{\rho} \quad (5.97)$$

бу ерда, d – заррача эквивалент диаметри, м; ν – мухит кинематик ковшоқлик коэффиенти, м²/с; ρ ва ρ_k – мухит ва заррача зичликлари, кг/м³

$w_0 > w_{mk}$ бўлган ҳолатда тезлик ортиши билан қатлам кенгайди ва ғоваклилиги (бўш ҳажми) кўпаяди.

Мавҳум қатлам мувозанати бузилиши ва заррачаларнинг ёппасига учиб чиқиш тезлигини ифодаловчи иккинчи критик тезлик ҳам проф. О.М.Тодес томонидан келтириб чиқарилган формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$Re_{yv} = \frac{Ar}{18 + 0,575 \sqrt{Ar}} \quad (5.98)$$

бунда

$$Re_{yv} = \frac{w_{yv} d \rho}{\mu} \quad (5.99)$$

Учиб чиқиш тезлиги эса:

$$w_{yv} = \frac{Re_{yv} \cdot \mu}{d \cdot \rho} \quad (5.100)$$

Қатлам ғоваклилиги $0,4 < \varepsilon < 1$ ораликда бўлганида Re ни ҳисоблаш учун қуйидаги умумлаштирилган формула таклиф этилади:

$$Re_0 = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}{18 + 0,6 \sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}} \quad (5.101)$$

Агар w маълум бўлса, ε ни (5.101) формулада топиш мумкин:

$$\varepsilon = \left(\frac{18 Re_0 + 0,36 Re_0^2}{Ar} \right)^{0,21} \quad (5.102)$$

Кўзгалмас қатлам H_k ва мавҳум қайнаш қатлами баландликлари H_{mk} ўртасида қуйидаги боғлиқлик бор.

$$H_{mk} (1 - \varepsilon_{mk}) = H_k (1 - \varepsilon_k) \quad (5.103)$$

бу ерда, ε_k ва ε_{mk} – кўзгалмас ва мавҳум қайнаш қатламларининг ғоваклилиги.

Қатламдаги босимлар фарқи ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\Delta p = g \rho (1 - \varepsilon) H \quad (5.104)$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_k}{\rho_3} \quad (5.105)$$

бу ерда, ρ_k – қатлам зичлиги, кг/м³, ρ_3 – қаттиқ заррачалар зичлиги, кг/м³.

Кўзгалмас қатлам ғоваклилиги эса:

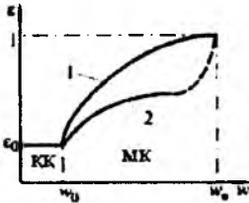
$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{\rho_l}{\rho_3}$$

бу ерда, ρ_l – материалнинг «тўқма» зичлиги, кг/м³.

Қаттиқ заррачалар қатламидаги босимлар фарқини ҳисоблаш учун Эрган формуласини қўллаш мумкин:

$$\Delta P = 150 \frac{(1 - \varepsilon_0)^2}{\varepsilon_0^3} \frac{\mu w}{d^2} H + 1,75 \frac{1 - \varepsilon_0}{\varepsilon_0^3} \frac{\rho_w w^2}{d} H \quad (5.106)$$

Говаклилик ε ва Рейнольдс сони Re орасидаги боғлиқлик (5.101) формула билан ифодалангани ва унинг график тасвири 5.57-расмда келтирилган. (5.101) формула заррачанинг аниқ ўлчами ва бошқа хоссалари маълум бўлганда, унинг учинчи тезлиги $w_{уч}$ ни юқори аниқликда ҳисоблаш имконини беради. Аммо заррача диаметри d ни аниқлашда маълум кийинчиликлар мавжуд, чунки ушбу ўлчам ҳам Рейнольдс сони Re , ҳам Архимед сони Ar ларга киради.



5.57-расм. Мавҳум қайнаш қатламининг кенгайиши.

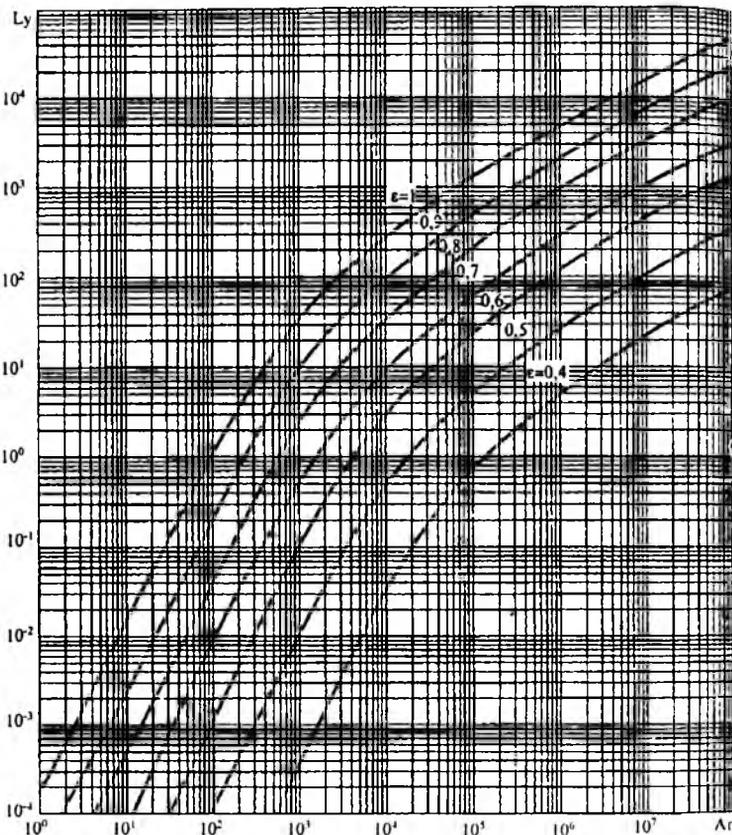
1-бир жинсли мавҳум қайнаш,
2-турли жинсли мавҳум қайнаш.
КК-қўзғалмас қатлам; МК-мавҳум қайнаш.

Бундай ҳолларда ўлчамсиз критерий Ляшченко сони Ly дан фойдаланиш анча қулай ва тўғри:

$$Ly = \frac{Re^3}{Ar} = \frac{w^3 \cdot \rho}{g \cdot v(\rho_k - \rho)} \quad (5.108)$$

чунки, ушбу критерийда w бор, аммо d кирмайди.

Умумий ҳолларда Ly ва Re сонларининг говаклилик ε билан боғлиқликдан фойдаланиш мақсадга мувофиқ: шунда каттик заррача ўлчами (Ar) ва ε маълум бўлса, Ly критерийсини ва учинчи тезлиги $w_{уч}$ осон аниқлаш мумкин. Худди шундай говаклилик ε ва $w_{уч}$ (Ly) маълум бўлса, Ar критерийси ва заррача диаметри d ни осон аниқлаш мумкин. Бир жинсли мавҳум қайнаш қатлами учун Ar , Ly ва ε ларни боғловчи формула жуда катта ва муҳандислик ҳисоблашларда фойдаланиш учун ноқулай. Ушбу боғлиқликнинг график тасвири 5.58-расмда келтирилган.



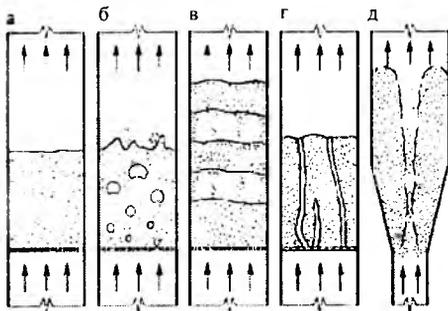
5.58-расм. Бир жинсли мавҳум қайнаш қатламининг эгри чизиклари $Ly=f(Ar)$.
1-бир жинсли мавҳум қайнаш; 2-турли жинсли мавҳум қайнаш

Мавҳум қайнаш қатлами бир ва турли жинсли бўлиши мумкин.

Бир жинсли мавҳум қайнаш амалда фақат томчили суюклик оқимида қаттиқ заррачалар мавҳум қайнаш жараёниди содир бўлади.

Бунда оқим тезлиги $w_{жк}$ дан кўпайиб кетганда қатлам баландлиги ортса ҳам уни тепа чегараси сезиларли даражада тебранмайди (5.59а-расм).

Аммо саноат корхоналарида асосан «қаттиқ жисм - газ» системасида мавҳум қайнаш жараёни ишлатилади. Одатда, бу система кўпинча, турли жинсли бўлади. Баъзи ҳолларда газ пуфакчаларига эга бўлган мавҳум қайнаш жараёни содир бўлади (5.59б-расм). Бу пуфакчалар қатлам тепа қисмига етганда ёрилади ва натижада қатлам баландлигининг тебранишига олиб келади (5.56а-расм). CE ва CE_1 нуқтали чизиклар мавҳум қайнаш қатлами тебраниш оралиғини билдиради.



5.59-расм. Мавҳум қайнаш қатламининг турлари.

а - бир жинсли. б - барботажли. в - поршенли, г - каналли. д - фавворасимон.

Турли жинсли қатламнинг мавҳум қайнаш жараёни учун қатламда ҳар хил ўлчамли пуфакчалар мавжудлиги характерлидир. Агар мавҳум қайнаш сони кичик бўлса, қатламнинг турли жинсли эканлиги унинг характеристикаларига таъсир этмайди. Аксинча, ҳаракатланувчи пуфакчалар қатламдаги заррачалар аралашини жадаллаштиради. Лекин K_w ўсиши билан қатламнинг турли жинслилиги ортади, яъни пуфакчалар ўлчами қатталашади ва қатлам тепа чегарасидан қаттиқ заррачалар интенсив равишда улоқтирилади. Пуфакчалар кўндаланг ўлчами қурилма ўлчамигача йириклашиб боради. Натижада *поршенли режим* ҳосил бўлади (5.59в-расм). Бу режимда қаттиқ жисм ва газ ўртасидаги

ўзаро таъсир ёмонлашади.

Агар нам ёки жуда майда ҳамда ёпишқоқ заррачалар мавҳум қайнаш ҳолатига келтирилганда *каналли* мавҳум қайнаш жараёни пайдо бўлади (5.59г-расм). Канал ҳосил қилувчи қатламнинг энг сўнги ҳолати бўлиб *фавворасимон қатламли* ҳисобланади (5.59д-расм). Бунда, қурилма ўқи атрофидаги канал орқали газ оқими қатламдан отилиб чиқади.

5.25. Мавҳум қайнаш қатламли қурилмалар

Технологик жараёнлар бориш шароитларини, ишлаб чиқарилаётган маҳсулот сифатига қўйиладиган талабларни ўзаро таъсирда бўлган моддаларнинг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олувчи мавҳум қайнаш қатламли қурилмалар конструкциялари яратилган. 3.46-расмда мавҳум қайнаш қатламли қурилмаларнинг конструкциялари кўрсатилган.

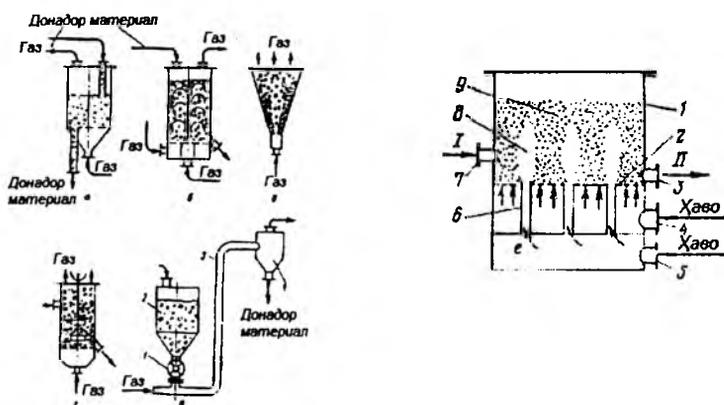
Ишлаш принципага қараб даврий ва узлуксиз ишлайдиган қурилмалар бўлади. Узлуксиз қурилмаларда газ оқими ва донатор материал ўзаро таъсир қилиб, унга узлуксиз равишда юкланади ва қурилмадан тўкилади.

Жараёнда қатнашувчи қаттиқ материал ва газ оқимининг ҳаракат йўналиши бир хил, қарама - қарши ва кесишган йўлли бўлиши мумкин.

Узлуксиз ишлайдиган, қарама - қарши йўлли цилиндрлик қурилмаларда газ оқими тақсимловчи тешикли панжара остига узатилса, материал эса қурилманинг тепа қисмидан юкланади (5.59а-расм). Газ тақсимловчи тешикли панжара устида донатор материалнинг бир хил сатҳини таъминлаш ва қурилмадан чиқариш учун оқиб ўтувчи патрубклар хизмат қиладди.

Вертикал цилиндрсимон қурилмалар катта миқдордаги сочилувчан материалларни йиғиб қўйиш учун ишлатилади (5.59а-расм). Газ тақсимлаш камераси ясси туб ва тешикли панжаралар орасида жойлашган иккита цилиндрдан иборат. Бу конструкцияли камераларда концентрик тўсиқ уни иккита, яъни ички ва ташки ҳалқаларга бўлади. Ташки ҳалқа бўшлиғи-

га, ичкарисинга караганда 2 марта кўп газ юборилади. Турли микдорда газ узатилгани сабабли, қурилмада дон махсулотининг йўналтирилган циркуляцияли ҳаракати пайдо бўлади. Натижада материал интенсив аралашади ва заррачалар ҳаракати қурилма ўқидан цилиндрик девор томонга йўналган бўлади.



5.59е-расм. Мавҳум қайнаш қатламли қурилмалар схемалари.

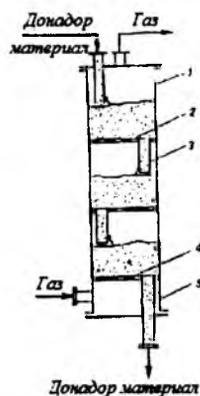
а - цилиндрик узлуксиз ишлайдиган, қарама - қарши йўлли, б - йўналтирилган циркуляцияли, в - конуссимон; г - аралаштиргич мосламали, д - пневмотранспорт мосламали: 1 - шлюзли тамба; 2 - бункер; 3 - паст босимни ҳаво қувури; 4 - циклон, е - фаол окимчали: 1 - қобик; 2 - тўр парда; 3,5,7- штуцерлар; 6- сопло; 8- фаол окимча; 9- мавҳум қайнаш қатлами.

Конуссимон қурилмаларда пастдан юқорига қараб тезликнинг пасайиши полидисперс материалларни мавҳум қайнатиш имконини яратади (5.59в-расм). Газ оқими катта тезликда қурилма тубидаги штуцер орқали юборилади. Ушбу ҳолатда қурилмага газ таксимловчи тешикли панжара ҳам ўрнатилмаса бўлади. Тешикли панжарасиз қурилмаларда ёпишқок материалларни ҳам мавҳум қайнаш жараёнидан фойдаланиб қуриб бўлади. Агар, конуслик бурчаги катта бўлса, газ окимининг қурилма девори яқинида фаоллиги камайтирилади ва конус ўқи бўйлаб узлуксиз канал ҳосил қилади.

Ушбу канал орқали катта тезликда «газ - қаттиқ заррача» аралашмаси ҳаракат қилиб, қатламдан отилиб чиқиб, қаттиқ заррачалар фаввораларини ҳосил қилади. Бундай қатлам **фавворасимон қатлам** деб аталади. Диаметри 25...40 мкм ўлчамли ёпишқок ва электролизацияга мойил майда заррачалар мавҳум қайнаш жараёнида яхши аралашини таъминлаш ва ҳаракатсиз зоналарни бартараф қилиш мақсадида, ҳамда иссиқлик ва масса алмашиниш жараёнларини интенсивлаш учун газомеханик мавҳум қайнаш усулидан фойдаланилади (5.59г,д-расм). Қатламга қўшимча энергия узатиш аралаштиргич ва тебратгичлар билан амалга оширилади (5.59г-расм).

Пневмотранспорт усули ва мосламаси донатор материалларни труба қувурлари орқали маълум масофага ёки баландликка узатиш учун мўлжалланган (5.59д-расм). Донадор материал шлюзли тамба ёрдамида ҳаво қувурига кадокланиб тушурилади. Мавҳум қайнаш қатлами газ ва қат-тик фазаларга циклонда амалга оширилади.

Узлуксиз ишлайдиган секцияли қурилма. Жараённинг ҳаракатга келтирувчи кучини камайтиришга олиб келувчи тесқари аралашини камайтириш ва жараён температурасини бир



5.59ж-расм. Узлуксиз ишлайдиган секцияли қурилма. 1 - қобик; 2 - газ таксимловчи тешикли панжара; 3 - оқиб ўтиш мосламаси; 4 - донатор қатлам; 5 - ишлатилган адсорбентни тўкиш труба.

хил килиш мақсадида қарама - қарши йўлли қурилмаларда секциялаш қўлланилди (5.59ж-расм). Донатор материалнинг юқори секциялардан пастга қараб ҳаракатланиши, оғирлик кучи таъсирида амалга ошади.

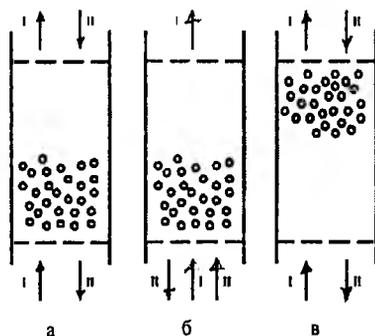
5.26. Уч фазали мавҳум қайнаш

Агарда каттик заррачаларнинг мавҳум қайнаши иккита элткич (одатда, газ ва суюклик) ёрдамида амалга оширилса, уч фазали мавҳум қайнаш (айрим ҳолларда, газ суюкликли мавҳум қайнаш) деб номланади. Элткичлар сифатида иккита ўзаро аралашмайдиган суюкликларни қўллаш жуда перспектив йўналиш бўлиб, классификация, абсорбция, «суюклик-суюклик» системасида экстракция ва бошқа бир қатор жараёнларни ўтказишда юқори самара беради.

Иссиклик ва масса алмашилини жараёнларини интенсивлаш йўллари аниқлаш уч фазали мавҳум қайнаш қатламининг гидродинамикаси, иссиклик ва масса алмашилини бўйича изланишларнинг кенг қўламда ривожланишига олиб келди. Бу турдаги қурилмалар минерал ўғитлар, кимёвий толалар, алюминий ишлаб чиқаришда, энергетика, биотехника, нефть кимёси, совитиш техникаси ва бошқа саноатларда қўлланилади [36,123, 125,136].

Газ ва суюк фаза ҳамда каттик моддалар иштирок этадиган каталитик реакцияларда асосан газ суюкликли уч фазали мавҳум қайнаш қўлланилмоқда.

Уч фазали мавҳум қайнаш қатламини ҳосил қилиш усуллари 5.60-расмда келтирилган [7]. 5.60а,б-расмлардан кўриниб турибдики, насадка элементлари сифатида суюкликдан енгил жисмлар ишлатилади. Бундай ҳолларда 5.60в-расмдаги насадка қатлами «сикиб» қўйилган ҳолат 2 та вариантда амалга оширилиши мумкин. Кўпинча, суюклик пастки тақсимлаш панжарасидан эркин оқиб тушиш имконияти бор, шунинг учун насадка остидаги бўшлик суюклик оқимчалари билан ювилиб турган газ билан тўлиб туради. Ушбу бўшлик баландлиги кичикроқ бўлади. Ушбу ҳолда газ оқими насадкани тепа тақсимлаш панжарасига сиқиб қўяди, юқоридан тушаётган суюклик эса насадка элементларини ювиб ўтади. Қурилманинг бутун ҳажми суюклик билан тўлган ҳолатда, енгил жисмлар архимед кучи («сузувчи» насадка) ёрдамида тепа тақсимлаш панжарасига сиқилади, газ фаза эса насадка остидаги суюклик қатлами орқали пуфакчалар кўринишида барботаж бўлади.



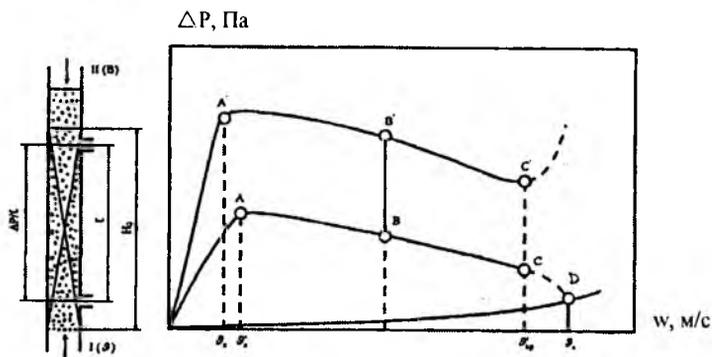
5.60-расм. Уч фазали мавҳум қайнашнинг типик схемалари:
 а - газ ва суюклик фазалар қарама-қарши ҳаракатланганда
 йирик элементларнинг турбулент мавҳум қайнаши; б - худди
 аввалгидек, фақат газ ва суюк фазалар пастдан тепага хайдалади;
 в - «сиқилган» насадка қатламли. (I-газ, II- суюклик).

5.60а,б-расмдаги схемаларда иккита тақсимлаш панжаралари орасидаги бўшлиқда суюклик билан ювилиб турган насадка жойлашган. Таянч-тақсимловчи деб аталадиган пастки панжара насадка элементларини пастга тушиб, тепа панжара эса – уларни қурилмадан чиқиб кетмаслигини таъминлайди. Агар бир вақтнинг ўзида суюк фазани

тепадан ва газ фазани пастдан узатиб, газ фазанинг сарфини аста-секин ошириб борсак, маълум бир критик тезликда насадка қатлами мавҳум қайнаш ҳолатига келади. Чунончи, газнинг ҳар бир тезлигига мавҳум қайнаш қатламининг тегишли баландлиги ва қатламдаги қаттик фазанинг ҳажмий улуши тўғри келади. Агарда, қўзғалмас насадка қатламининг баландлигига қараб газ тезлиги оширилса, қатлам тепа панжарага кўчиши мумкин. Бунда, насадканинг зич «сикилган» мавҳум қайнаш қатлами ҳосил бўлади (5.60в-расм).

5.61-расмда вертикал қурилма келтирилган бўлиб, унинг пастки қисмидаги таянч панжарада қўзғалмас ҳолатдаги H_0 баландликдаги насадка қатлами жойлашган. Ушбу қатламга w тезликда газ фаза ҳайдалади, тепа қисмидан эса бир хил пуркаш зичликда суюқлик узатилмоқда (B нукта) [7]. A ва A' нукталар суюқлик пуркалиши ва пуркалмаётган ҳолатлар учун мавҳум қайнаш бошланишини ифодалайди. $B-B'$ – кесма ушланиб қолган суюқлик массасига тегишли қаршилиқлар фарқини кўрсатади. C ва C' – нукталар пуркалмаётган ҳолат учун мавҳум қайнаш қатламининг тўлик бузулишини ва колоннанинг тикилиб қолишининг бошланишини белгилайди. D нукта яқка заррачанинг учи чикиш тезлигини характерлайди.

Босимлар фарқининг ўзгариши 5.61а-расмнинг C участкаси атрофида кузатилади. Бир қатор кимёвий жараёнларда: гидрирлаш усулида нефть маҳсулотларини олтингугуртдан тозалаш; оҳақтош, сув ва олтингугурт икки оксидлари орасидаги реакция; рух ва олтингугурт икки оксидлардан рух дитнонитини олишда уч фазали мавҳум қайнаш қўлланилди [33].



5.61-расм. Гидравлик қаршилиқ ΔP нинг тезлик w боғлиқлиги:

1 - қаттик фаза ва пуркаш бўлмаганда; 2 - қаттик фаза мавжуд ва пуркаш бўлмаганда; 3 - қаттик фаза мавжуд ва пуркаш зичлиги ўзгармас бўлганда

Юқорида қайд этилган мавҳум қайнаш жараёнларида газ ва суюқлик параллел, бир хил йўналишда тепага ҳаракатланади. Бу ерда суюқлик дисперс, газ фаза эса – дисперсион (пуфакчалар) фазани ташкил этади [7].

Уч фазали мавҳум қайнашни фазаларнинг қарама-қарши ҳаракатида, яъни газ оқими юқорига ва суюқ фаза пастга қараб йўналишида ташкил этиш мумкин. Ушбу схема бўйича суюқликдан зичлиги кам бўлган қаттик жисмларни ҳам мавҳум қайнаш ҳолатига ўтказиш мумкин. Бунда қатлам тепадан тешикли ёки симли панжара билан чегараланган, қатламнинг кенгайишида эса бўш юзаси пастга қараб силжийди.

«Ҳаво-сув-шиша шарлар» моделлаш системаларида уч фазали мавҳум қайнашнинг асосий характеристикалари: газ ва суюқликнинг ҳаракати, қатлам кенгайиши, газ-суюқлик фазаларо юзасида масса алмашилишлар тўлиқ ўрганилди.

Уч фазали мавҳум қайнашда газ пуфакчаларининг ҳосил бўлиши суюқ фаза тезлигига умуман боғлиқмас. Лекин мавҳум қайнаш бошланишининг тезлигига яқинлашган сари пуфакчалар барпо бўлиши икки фазали мавҳум қайнашни кига қараганда камроқ бўлади.

Пуфакчалар барботажининг частотасининг ўзгариши тешиктан узок бўлмаган масофада рўй беради.

Пуфакчаларнинг ўзаро бирлашиб кетишининг катта тезлиги уч фазали мавҳум қайнаш катламининг ковушқоклиги билан белгиланади [30].

Мавҳум қайнаш катлами ковушқоклигини ўлчаш шуни кўрсатдики, агар каттик заррачалар ўлчами кичик бўлса, ковушқоклиги юкори бўлади. Мавҳум қайнаш катламининг ғоваклилиги ортиши билан унинг ковушқоклиги камаяди [7,30].

Майда заррачалардан иборат катламнинг мавҳум қайнаш бошланишига яқинлашганда пуфакчалар шакли шарсимонга (ушбу шакл факат олд кисмига оид) ўхшаш бўлади.

Газ-суюклик катлами ковушқоклигининг ортиши пуфакчалар кўшилиб кетишига сабабчи бўлади. Суюкликда газ пуфакчаларининг бирлашиб кетиш тезлигига суюк фаза ковушқоклигининг ортиши салмоқли таъсир этади.

Уч фазали мавҳум қайнаш катлами ҳажмининг учта улуши билан характерланади ва куйидаги тенглик билан ифодланади:

$$\gamma_g + \gamma_c + \gamma_k = 1 \quad (5.109)$$

каердаки, γ_g , γ_c , γ_k – газ, суюклик ва каттик фаза ҳажмий улушлари бўлса.

Факат суюклик билан мавҳум қайнашга келтирилган ҳолатни ушланиб қолиши катламнинг баландлиги H ни ўлчаб ушбу ифодадан аниқлаш мумкин:

$$\gamma = 1 - \gamma_p = 1 - \frac{M_v}{\rho_m \cdot f_c \cdot H} \quad (5.110)$$

бу ерда, M_v – катламдаги заррачалар массаси, кг, ρ_m – каттик жисм зичлиги, кг/м³, f_c – катлам кўндаланг кесимининг юзаси, м².

Уч фазали системалар гидродинамик конуниятлари

Насадкали мавҳум қайнаш катламни қурилмаларнинг ишчи параметрлари ўзгариш оралиғи бошқа исталган қурилмаларникидан анча кенгдир. Бу турдаги қурилмаларда газларнинг тезлиги 1...7 м/с (айрим ҳолларда 9 м/с) ва пуркаш зичлиги 0,067 м³/(м²·с) гача бўлиши мумкин.

Уч фазали мавҳум қайнаш катлами 1 ва 2 эгри чизиклар билан чегараланган соҳада бўлиши мумкин (5.62-расм). 1 ва 2 эгри чизикларнинг координаталар ўқлари билан кесишган нукталари: w_n – суюклик билан пуркалмаётган насадканинг мавҳум қайнаш бошланиш тезлиги; w_g – гада насадка элементининг учиб чиқиш тезлиги; B_{max} – ушбу қурилмада эришиш мумкин бўлган пуркаш зичлигининг максимал қиймати.

Ҳақиқий қурилмаларда параметрларнинг ўзгариш ораликлари анча тор бўлади, чунки эгри чизик 1 билан чегараланган тезликлар яқинида заррачаларнинг ҳаракатсиз зоналари ҳосил бўлиши мумкин. Эгри чизик 2 га яқин тезликларда томчилар учиб чиқиши ва насадкалар тепа панжарага сикилиб ёпишиши мумкин.

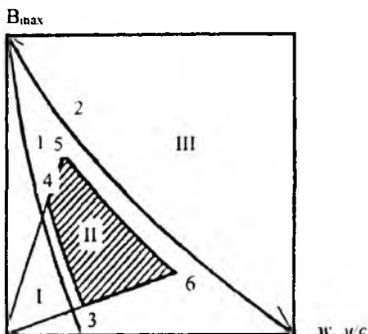
Агар ишлаш соҳаси суюклик ва газ тезликларининг нисбати 4-5 чизикдан паст соҳада ётса, газ фазасининг қурилма кўндаланг кесими бўйича нотекис таксимланишига олиб келади. Агар суюклик ва газ тезликларининг нисбати 3-6 чизикдаги қийматлардан катта бўлса, суюклик фазасининг қурилма кўндаланг кесими бўйича нотекис таксимланади ва насадкани тегишли ҳўлланишини таъминламайди.

Шундай қилиб, саноат қурилмалари ҳақиқий қурилмалар учун ишчи соҳа 3-4-5-6 юза билан белгиланади. Тажрибавий изланиш ва оптимал иш шароитларини аниқлаш ишлари 3-4-5-6 юза билан белгиланадиган ораликдаги параметрларнинг ўзгариш доирасида ўтказилиши керак.

5.62-расмда келтирилган маълумотлар турли хил насадкалар ва таянч-таксимлаш панжарали цилиндрик ва конуссимон қурилмаларга тааллуқли.

Мавҳум кайнаш қатлам ҳосил қилиш учун қўлланиладиган насадкалар куйидагиларни:

- газ ва суюқлик ўртасида яхши тўқнашишни;
- енгил бўлиши ва кичик гидравлик қаршилиқни;
- газ ва суюқлик тезликларининг кенг оралиғида мавҳум кайнашини;
- тегишли муҳитларда коррозияга бардошлигини таъминлаши керак.



5.62-расм. Газ ва суюқлик фазаларининг қарама-қарши йўналишли уч фазали мавҳум кайнаш қатламли қурилмаларнинг ишлаш соҳалари:

I - қўзғалмас насадка; II - қурилмалар ишчи соҳаси; III - насадка учиб чиқиши. 1 - мавҳум кайнаш бошланишининг пуркаш зичлигига боғлиқлиги, 2 - насадка учиб чиқиш тезлигининг пуркаш зичлигига боғлиқлиги, 3-4 - насадка ривожланган мавҳум кайнашининг чегаралари, 5-6 - қурилмадан насадка элементлари ва томчиларнинг ортқича учиб чиқмасдан ишлаш ишчи режимларининг тепа чегараси, 3-6 ва 4-5 - қурилма қўндаланган қисми бўйича газнинг бир текисда тақсимланишини таъминловчи, газ ва суюқлик сарфлари нисбатларининг ўзгармас қизиклари (4-5) ва мавҳум кайнаш ҳолатдаги насадка қўлланиши (3-6)

Одатда, ўлчамлари 20...40 мм бўлган насадкалар зичлиги жуда кичик 200...800 кг/м³ ораликда бўлади [123]. Насадкалар полиэтилен, полипропилен, резина ва камрок металл каби материаллардан тайёрланади. Кўпинча сферик ва цилиндрик шаклли насадкалар қўлланилади. Саноат насадкаларининг ўлчамлари 20...55 мм, насадка элементининг массаси 3...10 г.

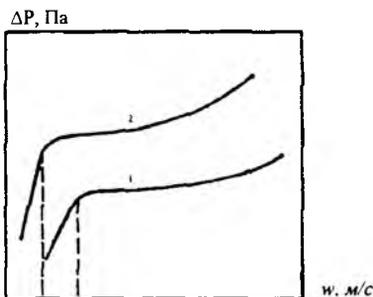
Уч фазали мавҳум кайнаш қатламининг гидравлик қаршилигининг тезликка боғлиқлиги 5.63-расмда келтирилган. Расмдан бир нечта режим мавжудлиги кўриниб турибди.

Кичик диаметрли қурилмаларда 3 та: бошланғич, оралик ва ривожланган (тўлик) мавҳум кайнаш режимлар бўлади.

Бошланғич режимда қурилма ўқи бўйлаб «фавворасимон» мавҳум кайнаш кузатилади. Оралик мавҳум кайнаш режимида девор олдида жойлашган шарлар пастга қараб ҳаракатланади, панжара устидагилар марказга интилади ва у ердан тепага кўтарила бошлайди. Ривожланган режимда ҳамма шарлар мавҳум кайнаш ҳолатида бўлади ва қурилманинг ичида бетўхтов циркуляция бўлади: агар газ фазаси бир текисда тақсимланса, қурилма марказида насадкалар тепага, девор олдида эса – пастга ҳаракатланади. Суюқлик микдори кескин равишда ортади, яъни томчи, ингичка оқимча ёки барботажга яқин газ-суюқлик таркибли қатлам кўринишида бўлади.

Қурилма диаметри 0,5 м дан катта бўлганда, оралик режим умуман кузатилмайди, чунки катта диаметрли қурилмаларда девор олдидаги шарларнинг насадка қатлами мавҳум кайнашига таъсири жуда кам. Газ фазанинг тезлиги аста-секин ошириб борилса, гидравлик қаршилиқ ва томчи учиб чиқиш ҳолатлари кескин ортади. Насадканинг айрим элементлари қатламдан чиқиб қурилма тепасидаги чегараловчи панжарага ёпишиб қолади.

Саноат микёсида жараёнларни ташкил этиш учун энг маъкул режим —бу ривожланган режимдир. Бир режимдан иккинчисига ўтиш жуда кўп омилларга боғлиқдир.



5.63-расм. Қурук ва суюқлик билан пуркалган қатламлар учун мавҳум қайнашнинг эгри чизиқлари:
1 - қурук қатлам, 2 - суюқлик билан пуркалган қатлам

Суюқлик билан пуркалаётган насадка қатлами қурук насадка қатламига қараганда пастрок тезликларда мавҳум қайнаш ҳолатига ўтади (5.63-расм). Шу билан бирга, пуркаш зичлиги ортиши билан мавҳум қайнаш тезлиги пасаяди.

Уч фазали турбулент мавҳум қайнаш қатлам (сферик суюқлик билан пуркалмаётган насадка) ҳосил қилиш учун зарур тезлик (турбулент соҳа учун) w_n Эрган тенгламаси орқали ифодалаш мумкин [104]:

$$w_n = 0,756 \cdot \left[g d_v \varepsilon_k^3 \cdot \frac{\rho_m - \rho}{\rho} \right]^{0,5} \quad (5.111)$$

бу ерда, $\varepsilon_k = 0,4$.

Пуркалаётган насадканинг мавҳум қайнаш тезлиги w_n га суюқликни пуркаш зичлиги V ва таянч панжара характеристикалари таъсир этади [136].

Дискли ва конуссимон парракли насадкалар мавҳум қайнаш тезлиги w_n ни ушбу тенгламадан ҳисоблаш таклиф этилади [21]:

$$w_n = C - 56,5 \cdot V \quad (5.112)$$

бу ерда, C – қурук насадка мавҳум қайнаш тезлиги маъносини англатади ва у H/D_s нисбатга боғлиқ.

Панжаранинг 1 м² юзасида ушланиб турган суюқлик миқдорининг м³ даги ифодаси *қатламнинг ушлаб туриш қобилияти* деб номланади ва бўш қурилмада тиниқ (газсиз) суюқлик қатламининг баландлиги h_k ни ифодаляди.

Тўлик мавҳум қайнаш режимида қурилмада ҳаракатсиз суюқлик умуман бўлмайди ва ҳамма насадка элементлари ҳўлланган бўлади [22]. Суюқлик насадкалар орасидан юпка қатлам, томчи ва оқимчалар кўринишида оқиб тушади. Насадка элементлар орасидаги суюқликнинг концентрацияси баландлиги бўйлаб камайиб боради. Бундан, қатламнинг ушлаб туриш қобилиятини пуркалаётган ва пуркалмаётган қатламлар орасидаги фарк, яъни суюқлик қатламнинг баландлиги сифатида аниқлаш мумкин.

Жараён параметрларини ҳисоблаш формуллари уч фазали мавҳум қайнаш модели билан белгиланади.

Биринчи модель – уч фазали мавҳум қайнаш юкори даражада интенсивлашган барботажли қатлам деб қаралади. Бунда насадка газ учун ҳажмий барботер ва суюқлик учун майдаловчи мослама деб фараз қилинади.

Ушбу модель асосида таянч тарелка кўндаланг кесими бўш улушининг қатламдаги насадкаларнинг монокатламлар сонига боғлиқлигини ҳисоблаш учун формула тавсия этилади.

Умумий гидравлик каршилик ΔP (Па) куйидаги кўринишга эга формуладан аниқланади:

$$\Delta P = \Delta P_0 + \Delta P_n + \Delta P_{жр} + \Delta P_{жн} + \Delta P_\sigma \quad (5.113)$$

бу ерда, ΔP_0 – курук таянч-таксимловчи панжара каршилиги, Па; ΔP_n – насадка оғирлиги туфайли ҳосил бўлган каршилик, Па; $\Delta P_{жр}$ ва $\Delta P_{жн}$ – панжара ва насадкада ушлаб турилган суюқликнинг статик босими билан белгиланган каршилик, Па; ΔP_σ – панжарадан суюқлик қатламига газнинг чиқишида ҳосил бўлган сиртий таранглик туфайли ҳосил бўлган каршилик, Па

Биринчи иккита қўшилувчилар курук қурилма гидравлик каршилиги бўлиб, у курук таянч-таксимловчи панжара ΔP_0 ва насадка оғирлиги туфайли ҳосил бўлган каршилик ΔP_n лардан таркиб топган.

ΔP_σ нинг қиймати ушбу формуладан топилади:

$$\Delta P = \frac{4\sigma}{d}, \quad (5.114)$$

бу ерда, σ – сиртий таранглик коэффициент; d – тешикнинг эквивалент диаметри, мм

Думалок тешиклар учун d , тешик диаметрига тенг, тиркишлар учун – эини 2 га кўпайтмасига.

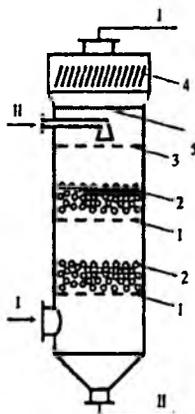
Реал иш шароитида уч фазали мавҳум қайнаш қатлами учун ΔP_σ катталикини инobatга олмса ҳам бўлади.

$\Delta P_{жр}$ катталики таянч-таксимловчи панжара ва ўзаро контактдаги окимларнинг характеристикаси билан белгиланади [88]. $\Delta P_{жр}$ насадкада ушлаб турилган суюқликнинг статик босими орқали аниқланади.

Тартибли жойлашган насадка суюқлик билан ювилиб унинг юзасида юпка қатлам ҳосил қилади ва у ўзаро таъсир этувчи окимлар тезликларининг ўсиши оқибатида ўзгаришга дучор бўлади [36].

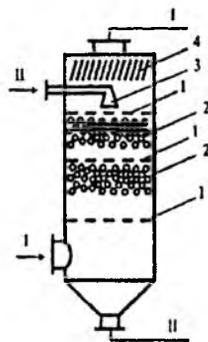
Гидравлик каршилик «курук» қурилма каршилигининг пуркашни инobatга олувчи тузатиш коэффициент кўпайтмасига тенг деб ҳисобланади. Ушбу ўхшашлик содда тенгламалар келтириб чиқариш имконини беради, лекин умумий каршиликда «курук» қурилма каршилиги улушининг катталиги нотўғри ва бу моделнинг камчилигидир.

Уч фазали мавҳум қайнаш қатламли қурилмалар конструкциялари. «Сикилган» қатламли қурилмалар биринчилар каторида саноат микёсида қўлланиб бошлади. 5.64-расмда эркин кўндаланг кесими катта бўлган учта бир хил панжаралар орасига насадка қатлами жойлаштирилган икки секцияли қурилма кўрсатилган



5.65-расм. Мавҳум қайнаш қатламли турбулент контактли қурилма:

1 - таянч-таксимловчи панжара, 2 - шарсимон насадка, 3 - чегараловчи панжаралар, 4 - томчи ушлағич, 1 - газ, II - суюқлик.



5.64-расм. «Сикилган» насадка қатламли қурилма:

1 - чегараловчи панжаралар; 2 - шарсимон насадка, 3 - пуркағич; 4 - томчи ушлағич, I - газ, II - суюқлик.

. Ҳар бир секциядаги насадка катламининг баландлиги иккита қўшни панжара орасидаги масофанинг ярмидан кўпини ташкил этади. Лекин тепадан пастга йўналган суяқлик таъсирида катламдаги насадка элементлари ҳаракатланади ва ўзига хос мавҳум қайнаш катламини ҳосил қилади.

Газнинг бутун катламдан бир текисда филтрланиши туфайли йирик заррачали мавҳум қайнаш катламларига хос эффектлар, яъни «поршенли» режим, газли тиқинлар ҳосил бўлмайди. Мавҳум қайнаш катламлари ичида насадкаларнинг интенсив ҳаракатини таъминлаш учун тепа панжара бўртиқ шакл бериб ясаллади. «Сикилган» катлам ҳосил қилиш учун 7...76 мм ли ва зичлиги 200 - 400 кг/м³ бўлган насадкалар ишлатилади [7,104].

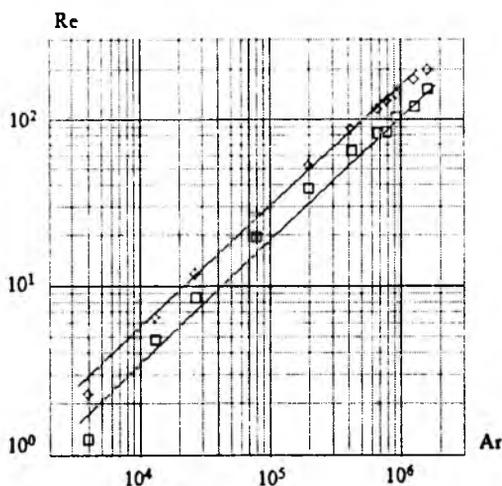
«Сикилган» катламли саноат қурилмаларининг диаметри 5 м ва баландлиги 12 м гача бўлади [136]. Қурилма эркин кўндаланг кесимида газнинг тезлиги 2,5 м/с ва пуркаш зичлиги 0,007 - 0,028 м³/(м²·с).

Мавҳум қайнаш насадка катламли қурилмалар газсимон турли жинсли системаларни тозалаш ва масса алмашилиш жараёнларида қўлланилади.

Мавҳум қайнаш катламли турбулент контактли қурилма 5.65-расмда тасвирланган [123,136]. Бу турдаги қурилмаларда таянч-таксимловчи панжара 1 ларда икки ёки учта насадка катлами бўлади. Катта эркин юзали чегараловчи панжара 3 насадкаларни газ билан учиб кетиш олдини олади. Панжаралар орасидаги масофа катта бўлганлиги учун мавҳум қайнаш кенг ораликда мавжуд бўлади ва чегараловчи панжарага ёпишиб қолмайди. Мавҳум қайнаш катламли турбулент контактли қурилмаларда газнинг тезлиги юқори, яъни 6 м/с, да ҳаракатланганда турбулентли, «сийрақлашган» мавҳум қайнаш катлам ҳосил бўлади.

Насадка сифатида диаметри 100 мм гача ва зичлиги 100...900 кг/м³ бўлган пластмасса насадкалар қўлланиши мумкин [30,95].

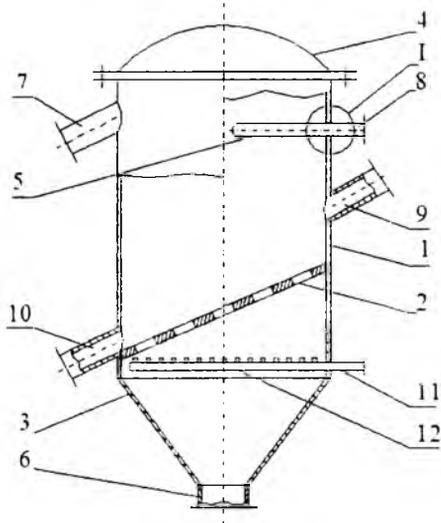
5.66-расмда уч фазали мавҳум қайнаш тезлигига мос Рейнольдс сони Re нинг Архимед сони Ar га боғлиқлиги.



5.66-расм. Мавҳум қайнаш бошланиш тезлиги Re нинг Архимед Ar критерийсига боғлиқлиги:
□ – тажриба натижалари; ◇ - (5.95) формула маълумотлари

Графикдан кўриниб турибдики, каттик жисм эквивалент диаметрининг ортиши мавҳум қайнаш тезлиги $w_{мк}$ қийматларининг ўсишига олиб келади. Масалан, эквивалент диаметр $d=1,05$ мм да мавҳум қайнаш тезлиги $w_{мк}=0,0012$ м/с, лекин шу диаметр учун (5.94) формула ёрдамида ҳисобланган қиймат $w_{пс}=0,0022$ м/с га тенг, $d=4,986$ мм да мавҳум қайнаш тезлиги $w_{мк}=0,0178$ м/с, формула бўйича ҳисобланган қиймат эса $w_{мк}$

$=0,0132$ м/с, эквивалент диаметр $d=7,75$ мм бўлганда мавҳум қайнаш тезлиги $w_{\text{МК}}=0,02$ м/с, ҳисобланган қиймат эса $w_{\text{ПС}}=0,0258$ м/с тенг бўлади.



5.67-расм. Қия секциялаштирилган панжарали уч фазали мавҳум қайнаш қатламли қурилма:

1-қобик; 2-секциялаштирилган панжара; 3-конус; 4-эллиптик днишче; 5-барботер. 6-суюқ фаза кириш штуцери, 7- суюқ фаза чиқиш штуцери, 8- сув кириш штуцери, 9-қаттик аралашма кириш штуцери, 10- қаттик фаза чиқиш штуцери; 11- газ фаза кириш штуцери, 12-барботёр

5.67-расмда қия секциялаштирилган панжарали уч фазали қайнаш қатламли қурилма келтирилган. Ушбу қурилма цилиндр-конуссимон қобик 1 ва юкори қисми эллиптик днишче 4 билан ёпилган. Қурилманинг пастки қисмида суюқ фаза кириши учун штуцер 6 ўрнатилган ва ундан бир оз тепада секциялаштирилган панжара 2 остида барботер 12 жойлаштирилган. Унга штуцер 11 орқали сиқилган ҳаво юборилади. Секциялаштирилган панжара 2 уфққа нисбатан $\gamma=20...35^\circ$ қияликда ўрнатилади. Панжаранинг эркин юзаси $\phi=0,1-0,52$ ораликда бўлади. Унинг ўзига хослиги n -та секцияга бўлингандир. Ҳар бир секцияда тўғри олтибурчак чўққиларида кичик кўндаланг кесимли тешиқлар, марказида эса қатта кўндаланг кесимли тешиқ қилинган.

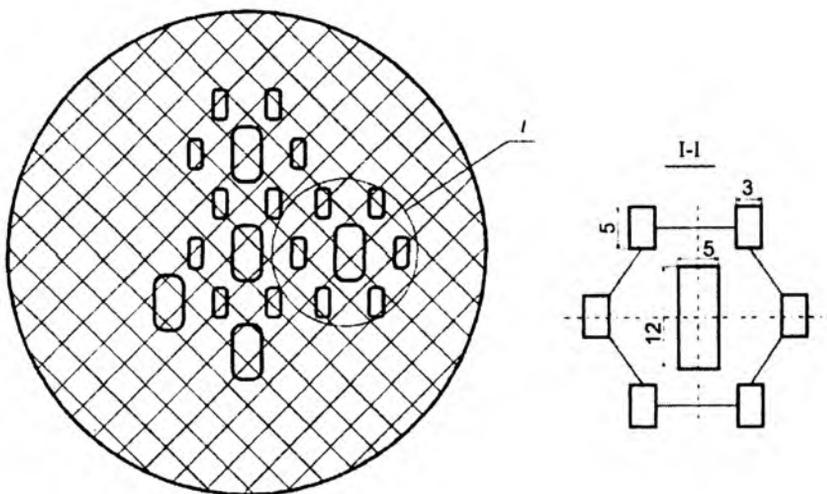
Панжара 2 билан бир сатҳда оғир фракцияни чиқариш штуцери 10 ўрнатилган. Қобикнинг қарама-қарши томонида бошланғич қаттик аралашмани юклаш учун штуцер 9 хизмат қилади.

Қурилманинг юкори қисмида бир-бирига қарама-қарши қилиб сув кириш штуцери 8 ли ювиб чиқарувчи мослама 5 ва енгил фазали сув чиқиш штуцери 7 жойлашган.

Қаттик компонентли турли жинсли системаларни сифатли ажратиш учун секциялаштирилган панжара остига барботёр 12 дан сиқилган ҳаво ҳайдалади.

Уч фазали мавҳум қайнаш қатламли қурилманинг ишлаш принципи қуйидагича: штуцер 6 дан сув секциялаштирилган панжара 2 остига узатилади. Штуцер 9 орқали қаттик компонентли турли жинсли система қурилмага юкланади. Қурилма ҳажми сув билан тўлишига қараб штуцер 8 орқали сув ҳайдалади.

Қаттик компонентли турли жинсли система сув билан тўқнашганда оғир компонентга ёпишиб қолган енгил компонентнинг юпка бўлақлари ўзгарувчан тезликларга эга оқимчалар билан осон ювилиб ажрайди ва кўтарувчи қуч таъсирида тепага чиқади. Енгил компонент сув сатҳига етгандан сўнг барботёр 5 дан отилаётган оқимчалар ёрдамида суюқ фаза билан штуцер 7 орқали чиқарилади. Оғир компонент эса, секциялаштирилган панжара 2 дан қиялик бўйлаб думалаб штуцер 10 дан тўқилади.



5.68-расм. Секциялаштирилган тешикли панжара.

Бу турдаги қурилманинг тақсимловчи панжараси секциялаштирилган конструкцияли бўлиб, ҳар бир секциянинг ўртасида тўғри тўртбурчакли, кўндаланг кесими катта тешиқ, тўғри олтибурчакнинг чўкқиларига эса кичик кўндаланг кесимли тешиқлар жойлаштирилган. Катта тешиқлар юзасининг кичик тешиқлар юзасига нисбати $F_{ки}/F_{ки}=0,4...1,33$ ва панжаранинг эркин юзаси $\phi=0,2...0,52$ (5.68-расм). Қаттиқ фазанинг автоматик равишда қурилмадан чиқишини таъминлаш учун секциялаштирилган панжара $\gamma=35^\circ$ қияликда ўрнатилади.

5-боб. Қўзғалмас ва мавҳум қайнаш қатлам гидродинамикаси бўйича Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Монодисперс ва полидисперс донадор қатлам нима?
3. Солиштирма юза нима ва унинг ўлчам бирлиги?
4. Ғоваклилик нима ва унинг физик маъноси?
5. Қўзғалмас ва мавҳум қайнаш қатламининг гидравлик қаршилигини аниқланг.
6. Мавҳум қайнаш бошланиш ва учиб чиқиш тезликлари, ҳамда формулаларини ёзинг.
7. Пневмотранспорт ҳодисасининг таърифини беринг.
8. Гистерезис ҳодисасини тушунтириб беринг.
9. Мавҳум қайнаш қатламининг турлари ва уларнинг изоҳи.
10. Оқимчали мавҳум қайнашга қандай эришилади?
11. Мавҳум қайнаш қатламли қурилмалар конструкциялари, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
12. Уч фазали мавҳум қайнашни изоҳлаб беринг.
13. Уч фазали мавҳум қайнашни ташкил этиш усуллари.
14. Уч фазали мавҳум қайнаш қатламли қурилмаларнинг ишлаш соҳалари.
15. Қатламнинг ушлаб туриш қобилияти деб нимага айтилади.
16. «Сикилган» насадка қатламли қурилманинг конструкцияси ва ишлаш принципи
17. Мавҳум қайнаш қатламли турбулент контактли қурилма.
18. Қия секциялаштирилган панжарали уч фазали мавҳум қайнаш қатламли қурилма конструкцияси ва ишлаш принципи.
19. Секциялаштирилган панжара конструкцияси.

АРАЛАШТИРИШ

5.27. Умумий тушунчалар

Суспензия ва эмульсиялар ҳосил қилиш учун суюқлик муҳитларида аралаштириш жараёни қўлланилади. Пластик ва сочилувчан материалларни қориштиришдан мақсад, таркибида қаттиқ, суюқ ва пластик қўшимча моддалар, бир жинсли асосий масса олишидир.

Аралаштириш пайтида иссиқлик, масса ва биокимёвий жараёнлар интенсифлашди. Аралаштириш жараёнини амалга ошириш учун турли усуллар ва аралаштиргич конструкциялари қўлланилади.

Аралаштириш сифати фазаларни қориштириш даражаси билан характерланади.

Аралаштириш қурилмасининг бутун ҳажмидаги фазаларни қориштириш даражаси I қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланиши мумкин:

$$I = 1 - \frac{\sum_1^m \frac{\Delta x'}{100 - x_{ap}} + \sum_1^n \frac{\Delta x''}{x_{ap}}}{m + n} \quad (5.115)$$

бу ерда, m – таҳлил учун олинган намуна, $\Delta x > 0$, $\Delta x'$ – аралаштиргичдаги мусбат концентрациялар фарқи ушбу формуладан топилади $\Delta x' = x - x_{ap}$, x_{ap} – идеал қориштиришда аралашмадаги заррачалар концентрацияси бўлиб, қуйидаги формуладан аниқланади:

$$x_{ap} = \frac{100V_c \cdot \rho_c}{V_c \rho_c + V_k \rho_k}$$

бу ерда, V_k – асосий массада (суюқликда) тақсимланган қаттиқ заррачалар ҳажми, ρ_c, ρ_k – аралашмадаги қаттиқ заррача ва суюқлик зичликлари; V_c – суюқлик ҳажми, n – таҳлил учун олинган намуналар сон, $\Delta x'' < 0$, $\Delta x''$ – манфий концентрациялар фарқи, $\Delta x'' = x - x_0$ формуладан ҳисоблаб топилади.

Фазаларни қориштириш даражаси 0 дан 1 гача ўзгариши мумкин. Агар компонентлар идеал қориштирилса, $I = 1$ га тенг бўлади.

5.28. Суюқликни аралаштириш усуллари

Суюқликларни аралаштириш пневматик, циркуляцияли, статик ва механик усулларда олиб борилади.

Пневматик аралаштириш учун сиқилган газ (кўпинча сиқилган ҳаво) суюқлик қатлами орқали ўтказиш йўли билан амалга оширилади. Суюқлик қатламида газни бир текисда тақсимлаш учун барботер ишлатилади. Барботернинг тешикчали трубалари аралаштиргич тубига ўрнатилади. Бу усул ўртача қовушқоқликка (~200 Па·с) эга суюқликларни аралаштириш учун ишлатилади. Жараён тезлиги паст ва энергия сарфи кўп бўлади.

Айрим ҳолларда аралаштиришни инжекторлар ёрдамида ҳам амалга оширилади. Сиқилган ҳаво ёрдамида аралаштириш учун эрлифт принципини ҳам қўлласса бўлади.

Аралаштиргичда суюқлик эркин юзаси бирлигидан вақт бирлигида ўтаётган газ микрога аралаштириш интенсифлиги деб аталади.

Саноатда қуйидаги газ сарфлари ишлатилади:

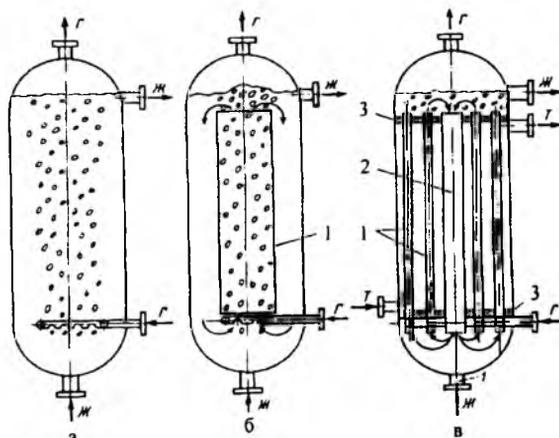
5.6-жадвал

т/р	Аралаштириш интенсифлиги	Газ сарфи, м ³ /(м ² ·мин)
1.	Паст	0.4
2.	Ўртача	0.8
3.	Юқори	1.2

Пневматик аралаштириш усулининг қўлланиши чекланган бўлади, чунки айрим ҳолларда зарарли жараёнлар, яъни оксидланиш ёки маҳсулотнинг буғланиши юз бериши мум-

кин. Шунинг учун, ушбу усул газ ва суюқ фазалар ўзаро тўқнашуви рухсат этилган ҳолларда ишлатилиши мақсадга мувофиқдир.

5.69-расмда пневматик аралаштиргичларнинг айрим конструкциялари келтирилган.



5.69-расм. Сиқилган ҳаво ёрдамида аралаштириш:

а - марказий барботерли, б - газлифт (эрлифт) трубали;
в - газлифт ва марказий циркуляция трубали кобик - трубали ку-
рилма 1 - газлифт трубалари; 2 - циркуляция трубаси; 3 - тешикли
труба панжаларлари; с - суюклик, г - газ, из - иссиқлик элткич.

Агар сиқилган ҳаво қурилманинг пастки қисмига юборилса, унда эрлифт ҳосил бўлади (5.69а-расм). Ҳаво қурилманинг қанчалик юқори қисмига узатилса, шунчалик сиқиш учун энергия сарфи кам бўлади. Шунинг учун, ҳавони баландлиги кам қатламларга юбориш керак, яъни пневматик аралаштириш учун диаметри катта, баландлиги кичик бўлган қурилмаларни қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Пневматик аралаштириш жараёнини интенсивлаш учун қурилмаларда газлифт (эрлифт) трубалари ўрнатилади. Ушбу трубалар суюкликни кўп марта циркуляция қилишини таъминлайди (5.69б-расм). Бунинг учун, икки томони очик газлифт труба қурилма марказига жойлаштирилади. Сиқилган ҳаво газлифт трубаси ичига узатилади ва кўтарилувчи оқим қанчалик катта бўлса, аралаштириш шунчалик самарали бўлади.

Иссиқликни узатиш ва ажратиб олиш учун газлифт ва марказий циркуляция трубали қурилмалар яратилган (5.69в-расм).

Циркуляцияли аралаштириш, насос ёрдамида амалга оширилади. Бунда, «аралаштиргич – насос – аралаштиргич» ёпиқ системасида суюклик узлуксиз айланиб юради.

Аралаштириш жараёнининг интенсивлиги, циркуляция қарралигига, яъни вақт бирлигида насос иш унумдорлигининг, қурилма ичидаги суюклик ҳажми нисбатига боғлиқ. Айрим ҳолларда насослар ўрнига буғ инжекторлари қўлланиши ҳам мумкин.

Ундан ташқари, турли соҳаларда йўналтирувчи труба (диффузор)ли винтсимон аралаштиргичлар ҳам ишлатилади (5.70-расм).

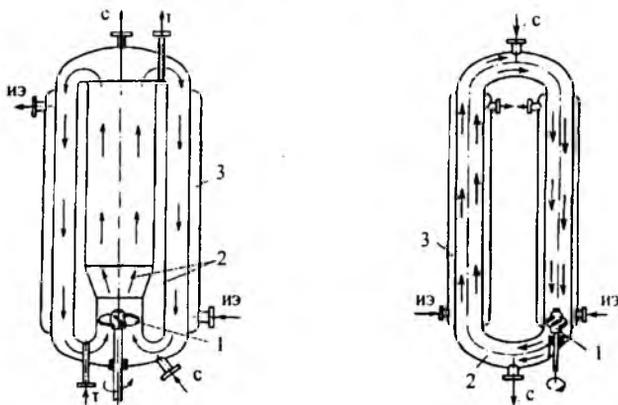
Бу турдаги қурилмаларда ёпиқ циркуляцион контур ҳосил қилинади. Насос вазифасини одатда уч парракли винтсимон аралаштиргич бажаради. Шунинг учун, бундай аралаштиргичлар ҳисоби ўқли насослар ҳисобига ўхшашдир.

Статик аралаштириш. Қовушқоклиги ўртача суюклик ҳамда газ суюклик билан аралаштириш бирорта фазанинг кинетик энергияси ҳисобига статик аралаштиргичларда олиб борилади (5.71-расм).

Одатда, статик аралаштиргичлар реакторгача бўлган труба қувурига ёки бевосита реакторнинг ўзига ўрнатилади.

5.71а-расмда газ ва суюкликларни аралаштириш учун мўлжалланган носимметрик, легирланган пўлат пластиналарни бураш йўли билан олинган ясама элементли аралаштиргич тасвирланган.

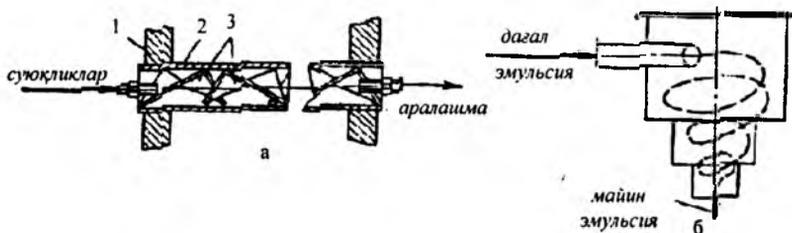
Ҳар бир элементнинг геометрик характеристикалари бураш бургачи ва йўналиши ҳамда элемент диаметрининг узунлигига нисбати билан ифодаланади. Ўрнатилиши зарур бўлган элементлар сони суюклик ковшоклигига ҳамда аралаштирилаётган суюкликлар ковшоклиги нисбатига боғлиқдир. Агар суюклик ва фазалар ўртасидаги ковшокликлар фарқи канча катта бўлса, шунчалик кўп элементлар ўрнатилиши зарур.



5.70-расм. Диффузорли ва винтсимон аралаштиргичли қурилма:

1 - винтсимон аралаштиргич, 2 - иссиқлик алмашиниш камерали диффузор,
3 - ғилоф. ИЭ – иссиқлик элткич; с - аралаштирилаётган суюклик.

5.71б-расмда ёғ - фосфатидли эмульсиясини ишлаб чиқариш учун мўлжалланган уюрмали эмульсор кўрсатилган. Босим 0,3...0,36 МПа бўлганда, уюрмали эмульсор юқори самарали эмульгация қилишни таъминлайди. Бу турдаги қурилмалар содда, тайёрланиши

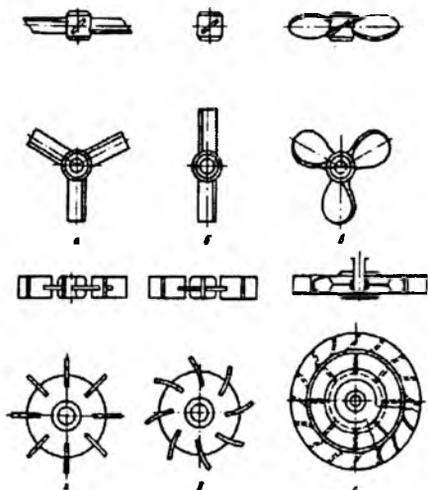


5.71-расм. Статик аралаштиргичлар:

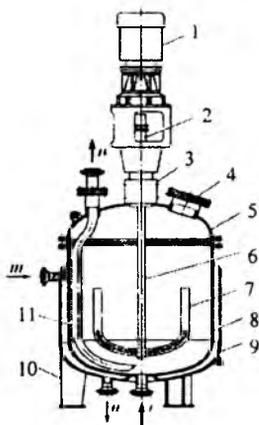
а- цилиндр, ясама элементли; б- эмульсор
1- фланец; 2- қобик; 3- аралаштирувчи элемент.

осон ва фойдаланишда қулай. Ишлаш принципи – марказдан қочма пуркагич эффеќтига асосланган. Олинган 3 мкм ўлчамли заррачалардан таркиб топган эмульсия 24 соат давомида ҳам қатламларга ажралмайди.

Механик аралаштириш «суюклик - суюклик», «газ - суюклик» ва «газ-суюклик - каттиқ жисм» системали гидромеханик, иссиқлик ва масса ҳамда биокимёвий жараёнларни интенсивлаш турли хил аралаштириш мослама (аралаштиргич) лар ёрдамида амалга оширилади. Аралаштиргич, айланувчи ўқга ўрнатилган, турли хил паррақлардан таркиб топган мослама.



5.72-расм. Аралаштиргичлар турлари:
 а - уч парракли, б - икки парракли;
 в - пропеллерли, г - турбинали очик.
 д - кия парракли, турбинали, очик,
 е - турбинали эпик.



5.73-расм. Аралаштиргичли кориштиргич:
 1 - узатма, 2 - узатма таянчи,
 3 - зичлагич, 4 - ўк. 5 - кобик.
 6 - гилоф, 7-кайтарувчи тўсик.
 8 - аралаштиргич, 9 - труба.

Кимё ва бошқа саноатларда қўлланиладиган ҳамма аралаштириш мосламаларини 2 гуруҳга ажратса бўлади: биринчи гуруҳга парракли, турбинали ва пропеллерли; иккинчи гуруҳга – махсус винтли, шнекли, лентали, рўмли, якорли, пичокли ва бошқа мосламалар киради. Биринчи гуруҳ суюкликлар учун бўлса, иккинчиси эса пластик ва сочилувчан материалларни аралаштириш учун хизмат килади.

Ишчи органининг айланиш частотасига қараб аралаштириш мосламалари секин ва тез юрар гуруҳларга бўлинади.

Парракли, лентали, якорли ва шнекли аралаштиргичлар секин юрар мосламалар каторига киради (5.72а,б-расм). Уларнинг айланма частотаси $30\text{...}90 \text{ мин}^{-1}$, ковшоккоқ муҳитларда паррак учидаги айланма тезлиги - $2\text{...}3 \text{ м/с}$.

Парракли аралаштиргичлар афзалликлари: мослама содда ва нархи киммат эмас.

Камчиликлари – айланиш ўқи бўйлаб суюклик оқими кичик бўлади, натижада аралаштиргич ҳажмида суюклик тўлик аралашмайди. Ўқ бўйлаб суюклик оқими ҳаракатини жадаллаштириш учун паррақлар оғиш бурчаги 30° га тенг бўлиши керак.

Лангарли аралаштиргичлар қурилма тубининг шаклига мос бўлади. Бу турдаги мосламалар ковшоккоқ ва ўта ковшоккоқ суюкликларни аралаштириш учун ишлатилади. Лангарли мосламалар ишлаш даврида қурилма девори ва тубига ёпишиб қолган ифлосликларни тозалаш қобилиятига эга.

Шнекли аралаштиргичлар винтсимон шакли бўлиб, ковшоккоқ суюкликларни кориштириш учун мўлжалланган.

Пропеллер ва турбинали аралаштиргичлар тез юрар мосламалар каторига киради. Уларнинг айланиш частотаси $100\text{...}3000 \text{ мин}^{-1}$, айланма тезлиги $3\text{...}20 \text{ м/с}$.

Пропеллерли аралаштиргичлар 2 ёки 3 парракли қилиб ясалади (5.72в-расм). Ушбу мосламаларга насос эффекти хос бўлади ва суюкликнинг интенсив циркуляциясини ҳосил қилиш учун ишлатилади. Қовшоккоқлиги 2 Па-с бўлган суюкликларни аралаштириш учун қўллаш мумкин.

Турбинали аралаштиргичлар турбина ғилдирақлари шаклида бўлиб, парраклари ясси, кия ва эгри чизикли бўлиши мумкин (5.72г,д,е-расм). Улар очик ва ёпик турли бўлади. Турбина ғилдирагининг ишлаш принципи марказдан қочма қучлар таъсирига асосланган. Ёпик аралаштиргич иккита дискдан иборат бўлиб, суюклик ўтиши учун тешиги бор. Ҳам радиал, ҳам турбина ўқи бўйлаб оқимлар ҳосил қилиш учун кия парракли, турбинали аралаштир-

гичлардан фойдаланилади. Турбинали мосламалар қурилманинг бутун ҳажмида суюкликни интенсив аралаштиради. Суюкликнинг айлана бўйлаб ҳаракатини камайтириш ва қурилмада ўрама ҳосил бўлишини бартараф қилиш учун цилиндрсимон қайтарувчи тўсиқлар ўрнатилади.

Турбинали аралаштиргичлар ковшоқлиги 500 Па с гача бўлган суюкликларни ва дағал суспензияларни аралаштириш учун қўлланилади.

Қопқоқли кобиқ, узатма ва аралаштиргичлардан ташкил топган типик қориштиргич 5.73-расмда кўрсатилган.

Ишчи ғилдирак 200...2000 айл/мин частота билан айланма ҳаракатланади. Турбина ғилдираги марказдан қочма куч таъсирида суюкликка тегишли энергия беради. Суюклик аралаштиргич марказий тешигидан кириб, у ерда марказдан қочма куч таъсирида тезланиш олган ҳолда радиал йўналишида чиқиб кетади. Турбинада суюклик вертикал йўналишдан горизонталга ўтади ва ундан қатта тезликда чиқиб кетади. Бу турдаги қурилманинг самарадорлиги юқори.

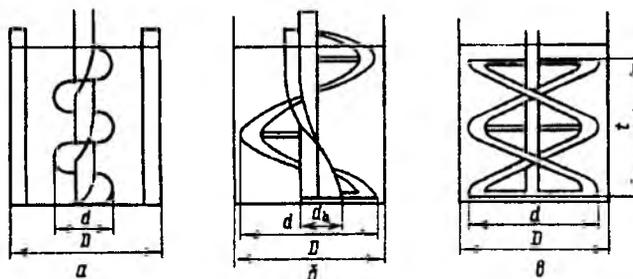
Турбинали аралаштиргич диаметри қурилма кобиғи диаметрининг 0,15...0,35 улушини ташкил этади. Бу қурилмалар ковшоқлиги 1...700 Па·с га тенг суюкликларни аралаштириш учун мўлжалланган.

5.29. Пластмассаларни аралаштириш

Кимё саноатида пластик массаларни аралаштиришда, иктисодиётнинг турли саноатларининг хилма-хил маҳсулотларини ишлаб чиқаришда қўлланилади. Бу жараёнда нафақат турли компонентлар қориштирилади, балки ҳаво билан тўйинтирилади ва маълум бир хоссаларга эга бўлади.

Аралаштириш жараёни даврий ва узлуксиз қориштиргичларда олиб борилиши мумкин. Бу турдаги қурилмалар ичида ромли, шнекли ёки лентали аралаштиргичлар вертикал ёки горизонтал ўқда ўрнатилади (5.74-расм).

Шнекли аралаштиргич истеъмол қилаётган қувватни аниқлаш учун ушбу тенглама қўлланиши мумкин:



5.74-расм. Шнекли (а) ва лентали (б, в) аралаштиргичлар схемаси.

$$Eu_{..} = \frac{71}{Re_{..}}$$

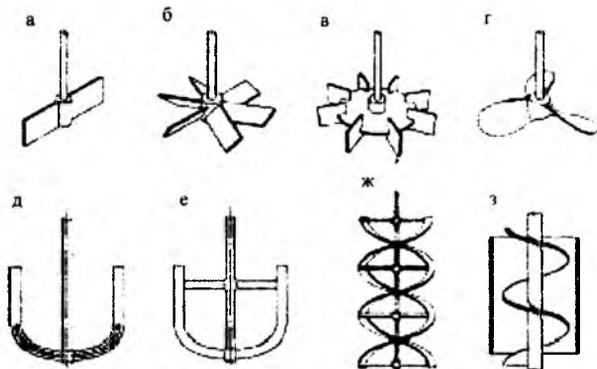
ёки

$$N = Ad_{..} \cdot n^2 \mu \quad (5.116)$$

бу ерда, $d_{..}$ – аралаштиргич диаметри, A – аралаштиргич мосламасининг геометрик нисбатлари функцияси сифатида топилган коэффициент.

Шартли равишда аралаштириш мосламалари тез ва секин юрар гуруҳларга ажратилган. Биринчиси турбулент ва ўтиш соҳаларида ишлатилса, иккинчилари – фақат ламинар режимда эксплуатация қилинади (5.75-расм). Секин юрар аралаштиргичлар ковшоқ, ноньютон

суюкликларни узатиш учун мўлжалланган. Тез юрар аралаштиргичлар каторига очик ва ёпик парракли, турбинали, пропеллерли мосламалар, секин юрарлар каторига эса лангарли, ромли, лентали ва шнекли мосламалар киради.



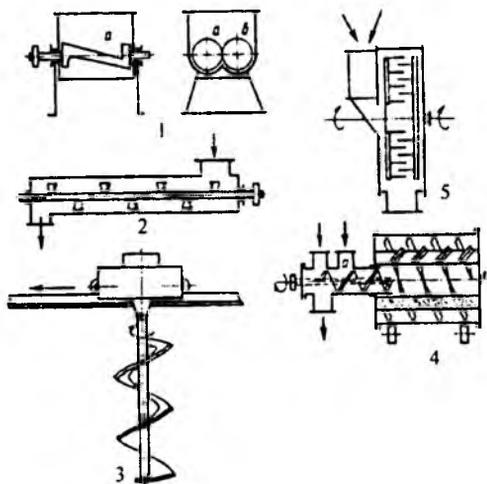
5.75-расм. Аралаштириш мосламаларининг турлари:
 а- тез юрар, б- секин юрар а – парракли, б – олти парракли,
 в – турбинали, очик турдаги, г – пропеллерли,
 д – лангарли, е – ромли, ж – лентали, з – шнекли

Ўқ бўйлаб оқим ҳосил киладиган аралаштиргичли қурилмалар ичига циркуляцион трубалар ўрнатилиши мумкин. Бунда, суюклик оқими аввал труба ичидан, сўнг эса қобик ва труба орасидаги ҳалқасимон канал орқали ҳаракатланади. Суюклик ҳаракатида ўрама ҳосил бўлмаслиги учун қобик ичига пластиналар радиал тўсиқлар ўрнатилади.

5.30. Сочилувчан материалларни аралаштириш

Одатда сочилувчан материалларни аралаштириш учун мўлжалланган қурилмалар ишлаш принципи, тезлик характеристикалари ва конструктив белгиларига қараб гуруҳларга ажратилади.

Ишлаш принципига қараб даврий ва узлуксиз ишлайдиган аралаштириш қурилмалари бўлади.



5.76-расм. Сочилувчан материаллар аралаштиргичларининг конструкциялари:
 1 - парракли, 2, 3 - шнекли, 4 - барабанли, 5 - зарбали.

Даврий ишлайдиган қурилмаларга барабанли, лентали, марказдан кочма, айланувчи роторли, червяк - парракли ва мавҳум кайнаш катламли аралаштиргичлар киради. Узлуксиз ишлайдиган қурилмаларга эса барабанли, червяк - парракли, роторли ва бошка турдаги аралаштиргичлар киради.

Тезлик характерискаларига қараб тез ва секин юрар қурилмалар бўлади. Тез юрар аралаштиргичлар бир ва икки поғонали бўлиши мумкин. Биринчи поғона иситиладиган, иккинчиси эса совутиладиган бўлиши мумкин.

5.76-расмда аралаштиргичларнинг асосий турлари келтирилган.

Парракли аралаштиргич карама - қарши йўналишда айланадиган z - симон m ва n парраклардан таркиб топган.

Қурилмага узатилган материал парракларнинг айланиши туфайли самарали қориштирилади. Шнекли қурилмаларда бир вақтнинг ўзида материаллар ҳам қориштирилади, ҳам маълум масофага узатилади (5.76б-расм).

5.76в-расм шнекли аралаштиргичнинг яна бир тури келтирилган бўлиб, унда бир қатор вертикал шнеклар ҳаракатчан ромларга ўрнатилган бўлади. Бундай қурилмаларда айлантивчи шнек ромлар аралаштириладиган материал билан бирга силжийди.

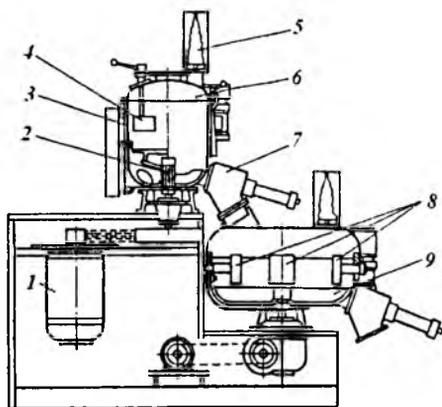
Барабанли қурилмаларда аралаштириш жараёни барабанда амалга оширилади (5.76г-расм).

Зарбали қурилмаларда жараённинг интенсивлиги аралаштириладиган материалга стергенларнинг кўпдан-кўп уриниши натижасида ҳосил бўлади (5.76д-расм).

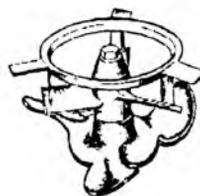
Икки поғонали, марказдан кочма турбоқориштиргичнинг умумий кўриниши 5.77-расмда тасвирланган.

Бундай аралаштиргичлар куқунсимон, ковшок ва суюк материалларни қориштириш учун қўлланилади. Қурилманинг биринчи поғонаси аралашмани гомогенлаш учун, иккинчиси эса уни совитиш учун хизмат қилади. Қориштиргич ичида уч парракли аралаштиргич ва пичоклар комбинациясидан таркиб топган тез юрар ротор айланади (5.77-расм).

Ротор айланиши пайтида сочилувчан материал қурилма деворига улоқтирилади ва юқорига қараб кўтарилади. Натижада заррачаларнинг циркуляцияли ҳаракат оқими барпо бўлади. Қурилма девори бўйлаб ҳосил бўлган кўтарилувчи оқим нам материални деворга ёпишишига ҳалакит беради. Қориштиргич конструкцияси ротор парракларини ўзини - ўзи тозалашини таъминлайди.



5.77-расм. Комбинацияланган турбоқориштиргич:
1 - электр юриткич, 2 - ротор, 3 - иситиладиган гилоф; 4 - дефлектор; 5 - фильтр, 6 - бурилувчи голпок, 7 - оқиб ўтиш мосламаси; 8 - совутиладиган сегментлар; 9 - аралаштирувчи мослама.



5.77а-расм. Турбо қориштиргич ишчи органи.

Социлувчан ва нам материалларни аралаштириш учун мўлжалланган секин юрар қориштиргичлар цилиндр ёки тоғорасимон шакли бўлиб, ён ва тепа копкоклар билан беркитилади.

Қориштиргич кобиғи ичида ясси лентали спиралсимон парракли ўк жойлаштирилади. Материални интенсив аралаштириш учун парраклар чап ва ўнг томонга қараб ўралади. Лентали қурилмаларда қориштириш элементи 4 та лентадан таркиб топган бўлади. Ташки лентанинг айланма тезлиги 1,2 м/с га тенгдир.

5.31. Аралаштиргичларни ҳисоблаш

Аралаштиргич парраклари айланиши пайтида энергия асосан ишқаланиш қаршилигини енгишга ҳамда уюрмалар ҳосил қилиш ва узилишига сарфланади. Муҳитнинг қаршилиқ кучи қаршилиқ коэффициентини ψ га боғлиқ.

Исталган шаклдаги паррак учи ўртача ва айланма тезликлари орасида қуйидаги боғлиқлик бор ва ушбу ифодадан топилади:

$$w_{\text{вр}} = a \cdot \omega \quad (5.117)$$

бу ерда, $w_{\text{вр}}$ – паррак учига тўғри келадиган айланма тезлик, a – пропорционалик коэффициентини

Агар $R = P$ эканлигини инобатга олсак, қаршилиқ коэффициентини қуйидаги тенгламадан аниқлаш мумкин:

$$\psi = \frac{P}{\rho d^2 \cdot a^2 \cdot \omega^2} \quad (5.118)$$

бу ерда, P – аралаштиргич паррагига таъсир этувчи куч.

Муҳит қаршилигини енгиш учун аралаштиргич ўқиға маълум миқдорда энергия бериш зарур.

Паррак айланиши учун керакли қувват миқдорини қуйидаги формуладан ҳисоблаб топилади:

$$N = P \cdot w_{\text{вр}} = P \cdot a \cdot \omega \quad (5.119)$$

Паррак учидаги айланма тезлик $\omega = \pi n$ (бу ерда, n – аралаштиргичнинг 1 с ичидаги айланиш сони). Агар охириги тенгламага P ва $w_{\text{вр}}$ ларни қўйсақ, ушбу ифодани оламиз:

$$N = \psi \rho d^2 a^3 \omega^3 = \psi \rho d^2 a^3 (\pi n)^3$$

ёки

$$N = \psi \pi^3 \cdot a^3 \cdot \rho \cdot d^5 \cdot n^3 \quad (5.120)$$

Агар $\psi \pi^3 a^3 = c$ деб белгилаб олсак, унда:

$$N = c d^5 \cdot n^3 \rho \quad (5.121)$$

Коэффициент c нинг қиймати, тажрибадан олинади. Одатда, у идиш ва паррак шаклига ҳамда Re критерийсига боғлиқ, яъни:

$$c = f(Re)$$

Аралаштиргичлар учун Re катталиги қуйидаги ифодадан топилади:

$$Re_u = \frac{w_{\text{вр}} \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{(a\omega) \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{(a \cdot \pi \cdot d \cdot n) d \cdot \rho}{\mu} = a\pi \frac{\pi d^2 \rho}{\mu} \quad (5.122)$$

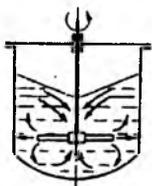
Ўзгармас кўпайтма $a\pi$ ни формуладан тушириб қолдирса бўлади. Унда:

$$Re_u = \frac{\pi d^2 \cdot \rho}{\mu} \quad (5.123)$$

Қориштириш учун сарфланадиган қувватни аниқлашга олиб келади. Қориштиришни жадал бориши тажриба натижасига асосланган ҳолда белгиланади.

Қориштиргич турини, ўлчамларини ва айлантириш частотаси танлангандан сўнг истеъмол қувватини ҳисоблаш бажарилади. Қориштиргич ишлаганда қурилмада маълум ҳолатда суюқликнинг йўналган оқимлари пайдо бўлади. Суюқликнинг жадал аралашини иккиламчи оқимлар билан ўрама ҳаракати ҳосил бўлиши натижасида амалга ошади. Суюқлик марказ-

дан қочма куч таъсирида, марказдан девор томонга ҳаракатланади. Бундай ҳаракат натижасида кориштиргич марказида паст босим, зонаси ва ўрама ҳосил бўлиб, суюклик куракнинг пастки ва юкори қисмларидан сўрилади. Суюклик иккиламчи оқими ва айланма ҳаракати, мураккаб тасвири 5.78-расмда келтирилган.



5.78-расм. Қориштиргичда суюклик циркуляциясининг схемаси.

Суюкликни аралаштиргичдаги циркуляциясини мураккаб шаклдаги ёпик қувурдаги ҳаракат деб тасаввур қилиб, истеъмол қувватини ҳисоблаш учун критериял тенгламани $Eu = f(Re, Fr, \Gamma_1, \Gamma_2, \dots)$ кўринишда олиш мумкин. Суюклик ҳаракатига оғирлик кучининг таъсири сезиларсиз бўлгани учун, уни ҳисобга олмаймиз. Бунда $Eu = f(Re, \Gamma_1, \Gamma_2, \dots)$ бўлади, $Eu = \Delta p / (\rho \omega^2 d_{ap})$; Γ_1, Γ_2 - параметрик критерий бўлиб, аралаштиргич ва кориштиргичнинг геометрик ўлчамларини ҳарактерлайди. Аниқланадиган чизикли ўлчам сифатида аралаштиргичнинг d_m диаметри олинса, суюкликнинг чизикли тезлиги ўрнига, ўхшашлик критерийсида аралаштирувчи кураклар четларидаги айланма тезлик қўйилади:

$$v_{айл} = \frac{\pi d_{ap} \cdot n}{60} \quad (5.124)$$

бу ерда, n – айланишлар сони, c^{-1} .

Куракнинг олди ва орқа текисликларидаги босимлар фарқи, аралаштиргичнинг фойдали қуввати N билан ифодаланади. Насос қувватига мос бўлган ва суюкликни узатиш учун керак бўладиган босим:

$$\Delta p = \frac{N}{V_{сек}} \quad (5.125)$$

бу ерда, $V_{сек}$ – аралаштирилаётган суюкликнинг ҳажми, суюклик ҳажмини циркуляция қарралиги қўпайтирилганига тенг, m^3/c .

$$V_{сек} = F H m \quad (5.126)$$

бу ерда, F – қурилманинг кўндаланг кесим юзаси, H – қурилмадаги суюклик сатҳи баландлиги, m , m – циркуляция қарралиги, c^{-1} .

Қурилма ўлчамларини аралаштиргич диаметрига боғлаб ёзамиз, чунки улар ўзаро боғлиқ.

$$F = C_2 d_{ap}^2; \quad H = C_3 d_{ap} \quad (5.127)$$

Циркуляция қарралигини аралаштиргич айланиш частотасига пропорционал деб қабул қилса бўлади:

$$m = C_4 \cdot n \quad (5.128)$$

$\omega = C_1 \cdot \omega_{айл} = C_1 \cdot \pi \cdot d_m \cdot n = C_5 \cdot d_m \cdot n$ – эканлигини ҳисобга олиб, модификациялашган Эйлер критерийсини оламиз:

$$Eu_{ap} = \frac{N}{(C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5 \cdot \rho \cdot n^3 d_{ap}^5)} \quad (5.129)$$

C_2, C_3, C_4, C_5 – коэффициентларни ҳисобга олмасак, Эйлер ва Рейнольдсларнинг модификациялашган критерийсини олиш мумкин:

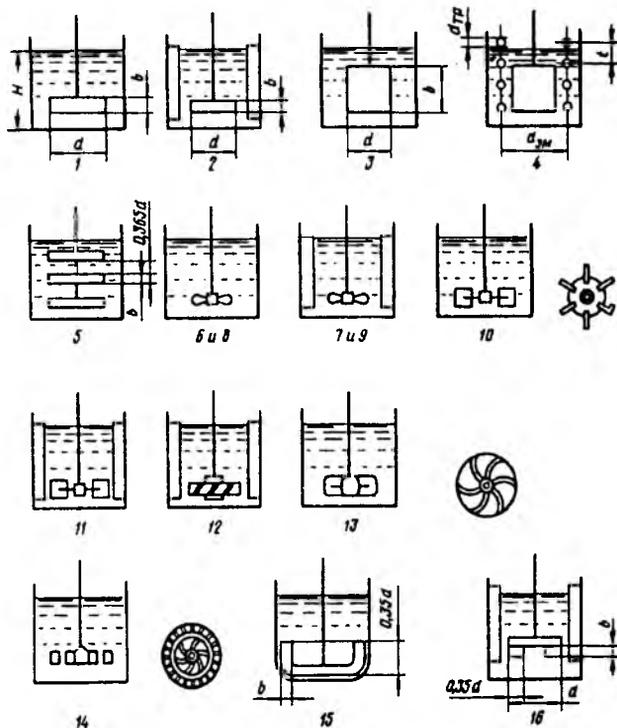
$$Eu_{ap} = \frac{N}{(\rho \cdot n^3 d_{ap}^5)}; \quad Re_{ap} = \frac{n d_{ap}^2 \rho}{\mu} \quad (5.130)$$

бу ерда, ρ – суюклик зичлиги, $кг/м^3$; μ – қовшоқлик, Пас.

Модификациялашган критерийлар орасидаги боғлиқлик тенгламаси ушбу кўринишга эга бўлади:

$$Eu_{ap} = f(Re_{ap}, \Gamma_1, \Gamma_2, \ominus) \quad (5.131)$$

Қайта ишлангандан сўнг критериал тенглама куйидаги $Eu_{ap} = A Re_{ap}^n \cdot \Gamma_1^a \cdot \Gamma_2^b$ содалашган ҳолатга келади. Коэффициент A нинг киймати даражалар кўрсаткичи, аралаштирувчининг тури, конструкцияси ва аралаштириш режимига боғлиқ бўлиб, улар тажрибадан аниқланади. Ҳисобни осонлаштириш учун тажриба натижалари суюқликни реакторга кириш ва чиқишини ҳисобга олиб, Эйлер ва Рейнольдс критерийлар ўртасида боғлиқлик графиги кўринишида берилади.



5.79-расм. Аралаштиргичлар конструкциялари.

Нормалашган типдаги аралаштиргичли қурилмаларнинг $Eu_{ap} = f(Re_{ap})$ боғлиқлиги 5.80-расмда; 5.7-жадвалда ва 5.79-расмда аралаштиргичларнинг характеристикалари келтирилган.

Аниқланган қонуний боғлиқликлардан хулоса қилиш мумкинки, аралаштирувчининг истеъмол қуввати унинг кубдаги айланишлар частотасига ва бешинчи даражали диаметрига боғлиқ бўлади.

Аралаштиргичнинг истеъмол қувватига, қурилманинг шакли, тузилиши ва мосламанинг жойлашиши ҳам таъсир қилади. Шакли цилиндрик бўлмаган ва аралаштиргичга тўсиқлар ўрнатилган ҳолларда (змеевиклар ва бошка мосламалар) аралаштириш жараёни учун кўп қувват талаб этилади.

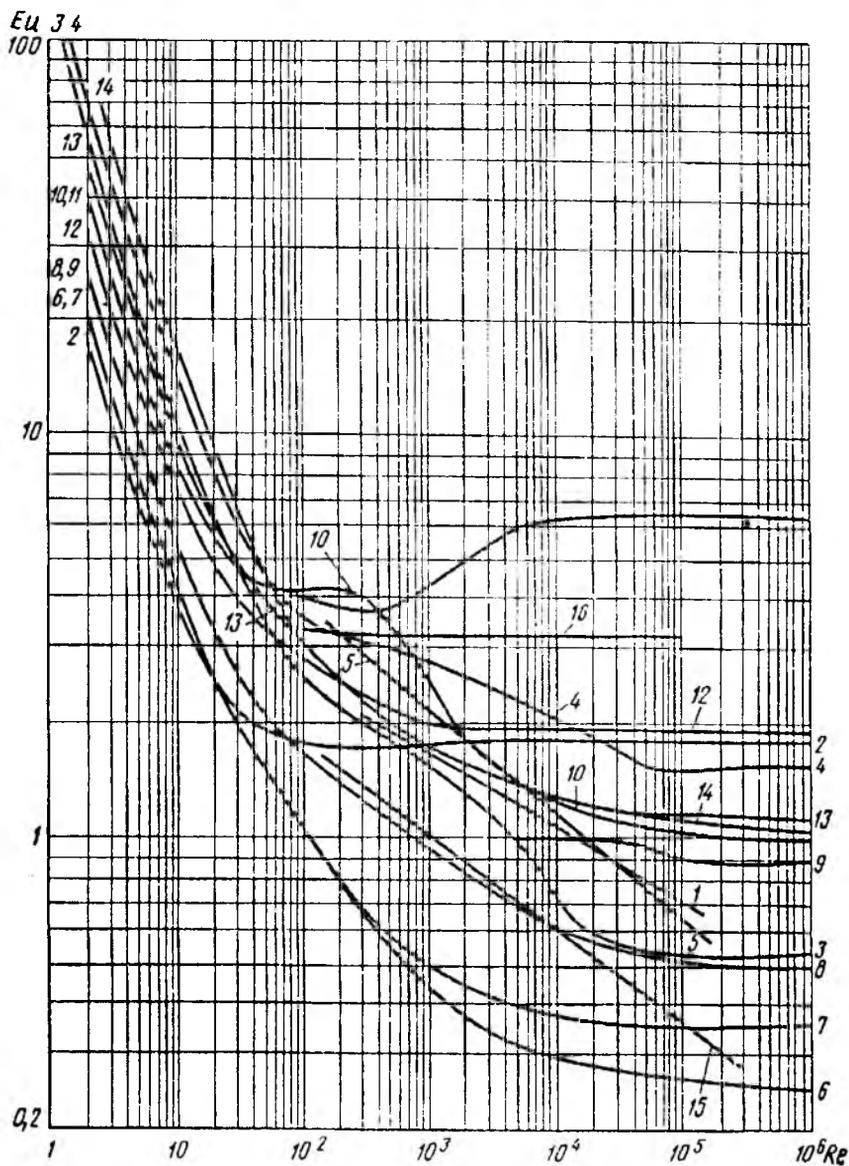
Механик аралаштиргичларда аралаштириш жараёнини ламинар ёки турбулент режимларда олиб бориш мумкин. $Re_{ap} < 20$ да ламинар режим, $Re_{ap} > 100$ бўлганда аралаштириш турбулент режимда бўлади.

Кучли турбулентлик оралиғида, ($Re_{ap} > 10^5$), Эйлер сони Рейнольдс критерийсига боғлиқ бўлмай қолади. Маълумки, ушбу автоматдел соҳада аралаштиргичнинг айланиш тезлигини ошириш қувват сарфининг кўпайишига олиб келади.

Агар аралаштириш жадаллиги берилган бўлса, 5.80-расмда келтирилган боғлиқликлар ёрдамида кетма-кет яқинлашиш услубида аралаштиргич тури, унинг ўлчамлари ва айланишлар

частотасини танлаш ҳамда аралаштирувчи электр юриткичининг қувватини ҳисоблаш мумкин.

Қурилма ишчи ҳажми бўйича $V_{ини}$ ва талаб этилаётган аралашлаштириш жадаллиги j (тезкорлиги) бўйича керакли қувват миқдори аниқланади $[Н \cdot м / (м^3 \cdot с)]$:



5.80-расм. Турли турдаги аралаштиргичлар учун $E_u=f(Re)$ боғлиқлиги.

Рақамлар 5.7-жадвалдаги ва 5.79-расмлардаги аралаштиргич рақами ва турига мос келади

$$N = j \cdot V_{ини} \quad (5.132)$$

Ундан сўнг аралаштирувчининг тури, ўлчамлари ва айланмишлар сони танланади.

Аралаштирувчининг дастлабки танланган параметрлари бўйича Эйлер критерийси ҳисобланади, 5.80-расмдан мос равишда Re_{ap} критерийси аниқланади. Re_{ap} киймати ёрдамида эса аралаштиргичнинг айланиш сони аниқланади:

$$n = \frac{Re_{ap} \cdot \mu}{d_{ap}^2 \cdot \rho} \quad (5.133)$$

Агар дастлаб аниқланган ушбу нисбатдан айланишлар сонининг киймати кўп ёки кам бўлиб қолса, бошқа кийматлар олинади ва ҳисоблаш қайтарилади.

Ҳисоблар, (5.133) формула ёрдамида топилган айланиш частотаси, аралаштиргичнинг дастлаб қабул қилинган айланиш частотаси билан тенг бўлгунга қадар олиб борилади.

Юкоридаги ҳисоблардан сўнг аралаштиргичнинг айланишлар сони камайтирилади ёки кўпайтирилади. Бунинг учун эса аралаштиргичнинг диаметри ҳам мос равишда ўзгартирилади.

Электр юритгич қуввати (Вт) ни қуйидаги тенглама ёрдамида аниқласа бўлади:

$$N_{ap} = \frac{N}{\eta} \quad (5.134)$$

бу ерда, η – узатманинڭ ф и к.

Аралаштиргичга сарфланалиган энергия (кВт·соат) аралаштириш давомийлигига боғлиқ бўлади:

$$E = N_{ap} \cdot \tau \quad (5.135)$$

Ишга тушириш вақтида энергия фақат ишқаланиш кучини енгиш учунгина эмас, аралаштиргични, суюқликни ҳаракатга келтириш ва инерция кучларини енгиш учун сарфланади. Бунинг натижасида қурилманинڭ ис қисмол қуввати ортади.

Аралаштиргичларни ишлатиш тажрибасидан шу нарса маълум бўлдики, ишга тушириш вақтида аралаштириш мосламасининг куракларига суюқлик кўрсатадиган қаршилиқ иш пайтидагига нисбатан 2 дан 4,5 баробаргача ортиб кетади.

Нормаллашган аралаштиргичларнинг характеристикалари

5.7-жадвал

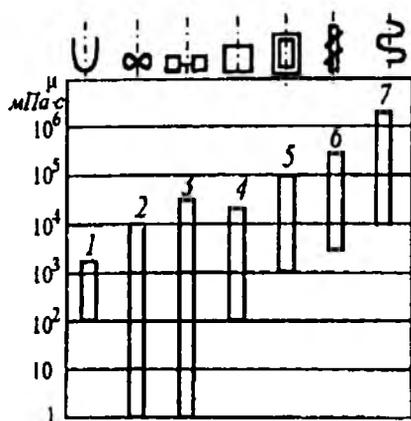
Аралаштиргичнинг 5.79-расмда, 5.80-расмда эгри чизик рақамлари	Аралаштиргич тури	Аралаштиргич характеристикаси				Идиш характеристикаси
		D/d	H/D	b/d_{ap}	S/d_{ap}	
1	Икки парракли	3	1	0,25	-	тўсиксиз
2	Икки парракли	3	1	0,167	-	4 та тўсикли, эни $0,1 \cdot D$
3	Икки парракли	2	1	0,885	-	тўсиксиз
4	Икки парракли	2	1	0,885	-	змеевикли ($d_{sw}=1,9d$; $d_{mp}=0,066d$; $t=0,12d$)
5	Олти куракли	1,11	1	0,066	-	тўсиксиз
6	Пропеллерли	3	1	-	1	тўсиксиз
7	Пропеллерли	3	1	-	1	4 та тўсикли, эни $0,1 \cdot D$
8	Пропеллерли	3	1	-	2	тўсиксиз
9	Пропеллерли	3	1	-	2	4 та тўсикли, эни $0,1 \cdot D$
10	Очик турбинали 6 та тўғри куракли	3	1	0,25	-	тўсиксиз
11	Очик турбинали 6 та тўғри куракли	3	1	0,2	-	4 та тўсикли, эни $0,1 \cdot D$

12	Очик турбинали 8 та текис эгилган куракли	3	1	0,125	-	4 та тўсиқли, эни $0,1 \cdot D$
13	Ёпик турбинали 6 та куракли	3	1	-	-	тўсиқсиз
14	Ёпик турбинали 6 та куракли ва йўналти- рувчи мосламали	3	1	-	-	тўсиқсиз
15	Якорли	1,11	1	0,066	-	тўсиқсиз
16	Дискли, 6 та куракли	2,5	1	0,1	-	4 та тўсиқли, эни $0,1 \cdot D$

Эслатма: D – қурилма диаметри; H – қурилмадаги суюқлик катламининг баландлиги; b – аралаштиргич паррагининг эни; S – винт қадами; d , $d_{\text{тпр}}$, $d_{\text{тн}}$ – аралаштиргич, труба ва эмесвик диаметрлари; t – эмесвик қадами.

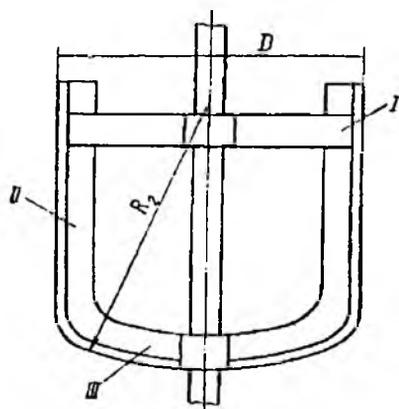
Қисқа вақт ичида ортиқча юклама 200...300% га ортиб кетиши муносабати билан, асинхрон электр юриткичлар қўлланилади.

5.81-расмда айрим аралаштиргичларни қўллаш соҳалари келтирилган.



5.81-расм. Айрим турдаги аралаштиргичларнинг суюқлик қовушқоқлиги бўйича қўллаш оралиғи:

- 1-7 - аралаштиргич тури: 1-лангарли;
2-пропеллерли; 3-турбинали, ясси куракчали;
4-парракли; 5-ромли, 6-шнекли; 7-лентали.



5.82- расм. Ромли аралаштиргич схемаси:

- I- горизонтал паррак; II- вертикал парраклар; III- сфера (таянч) қисм.

Ромли аралаштиргич ҳисоби. Аралаштирилаётган суюқлик зичлиги $\rho=1084 \text{ кг/м}^3$, айланиш частотаси $n=30$ айл/мин бўлганда, ромли аралаштиргич қуввати аниклансин (5.82-расм).

Аралаштиргич паррақлари бурчак ва ясси пўлатдан ясалган. Аралаштириш қурилмаси симметрик қисмлардан иборат: 1000x50x5 мм ўлчамли горизонтал бурчак I дан; 1200x50x50 мм ўлчамли иккита вертикал паррақлар II дан; 50x50 мм ўлчамли бурчак пўлатдан ясалган $R=1000$ мм радиусли сфера (таянч) қисм III дан.

Горизонтал паррақларни I айлантеришга сарфланаётган қувват.

Паррак олд юзасининг майдони:

$$F_{\text{олд}} = b \cdot h = (0,5 \cdot 0,5) \cdot 0,5 = 0,0225 \text{ м}^2$$

1. Тўғри тўртбурчакли паррақлар учун b/h нисбатга боғлиқ:

b/h	1	2	4	10	18	>18
ϕ	1,10	1,15	1,19	1,29	1,40	2,00

$b/h=450/50=9$ бўлганида ϕ коэффициенти $\phi=1,28$. У ҳолда қувват

$$N_r = 60 \cdot 10^{-8} \frac{\phi \cdot z}{\eta} F_{\text{аво}} D^3 n^3 \rho = 60 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{1,28 \cdot 1}{0,75} \cdot 0,0225 \cdot 1^3 \cdot 30^3 \cdot 1084 = 0,117 \text{ кВт}.$$

Вертикал паррақларни II айлантиришга сарфланаётган қувват.

Паррақлар бевосита валга туташмаган ва вертикал ҳолатдаги ҳисоблашни қуйидаги формула билан амалга оширамиз.

$$\begin{aligned} N_B &= 18 \cdot 10^{-8} \frac{\phi \cdot z \cdot h}{\eta} (D_2^4 - D_1^4) n^3 \cdot \rho = \\ &= 18 \cdot 10^{-8} \frac{1,1 \cdot 1 \cdot 1,2}{0,75} (1,0^4 - 0,9^4) \cdot 30^3 \cdot 1840 = 0,525 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Бунда масала шартидан қуйидагилар маълум:

$$D_2 = 1,0 \text{ м}; \quad D_1 = D_2 - 2 \cdot 0,05 = 1,0 - 0,1 = 0,9 \text{ м};$$

$b/h=0,05/1,2 < 1$, шунинг учун $\phi=1,1$; $z=1$.

3. Аралашманинг сферик (лангарли) қисмини III айлантиришга сарфланувчи қувват.

Масала шартидан: $b/h=450/50=9$ ва $\phi=1,28$ бўлганида

$$R_2 = 1,0 \text{ м}; \quad R_1 = R_2 - 0,05 = 1,0 - 0,05 = 0,95$$

ҳолда,

$$\begin{aligned} N_n &= 15,3 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{\phi \cdot z}{\eta} (R_2^5 - R_1^5) n^3 \cdot \rho = \\ &= 15,3 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{1,28 \cdot 1}{0,75} (1,0^5 - 0,95^5) \cdot 30^3 \cdot 1840 = 3,0 \text{ кВт} \end{aligned}$$

4. Бутун аралаштиргич учун сарфланувчи қувват

$$N = N_r + N_B + N_n = 0,117 + 0,525 + 3,0 = 3,642 \text{ кВт}$$

Паррақли аралаштиргич ҳисоби. Паррақли аралаштиргичнинг айланиш частотаси ва қуввати аниқлансин. Шартли сифими $V=0,33 \text{ м}^3$ бўлган қурилмага зичлиги $\rho=180 \text{ кг/м}^3$ бўлган аралашма қуйилган. Паррақ диаметри $D_1=650 \text{ мм}$. Аралаштириш жадаллиги шундай бўлиши лозимки, суюқлик диффуздордан 1 дақиқада 12 маротаба ўтсин, яъни аралаштириш қарралиги $\kappa=12$.

Паррақли аралаштиргичнинг ювувчи юза майдони

$$F_{\text{юв}} = 0,8 \frac{\pi D_1^2}{4} = 0,8 \frac{3,14 \cdot 0,65^2}{4} = 0,265 \text{ м}^2$$

Суюқликнинг ўқ бўйича йўналишдаги тезлиги

$$w_y = \frac{kV}{60F_{\text{юи}}} = \frac{12 \cdot 3,33}{60 \cdot 0,265} = 2,5 \text{ м/с}$$

Винт чизигининг кўтарилиш бурчагини $\theta=30^\circ$ деб қабул қилиб, аралаштиргичнинг айланиш частотасини ҳисоблаймиз:

$$n = \frac{19,1w_y}{D_1 a_1} = \frac{19,1 \cdot 2,5}{0,65 \sin 30^\circ \cos 30^\circ} = 170 \text{ айл/мин} = 2,9 \text{ айл/с}$$

Парракли аралаштиргични айлантириш учун сарфланувчи қувват:

$$N = 0,2 a D_1^5 n_c^3 \rho = 0,2 \cdot 0,108 \cdot 0,65^5 \cdot 2,9^3 \cdot 180 = 11,0 \text{ кВт}$$

5-боб. Аралаштириш бўйича Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Суюкликларни аралаштириш усуллари.
2. Пневматик аралаштириш усули ва қурилмаларининг тузилиши.
3. Циркуляцияли аралаштириш усули ва қурилмаларининг конструкциялари.
4. Статик аралаштириш усулининг моҳияти.
5. Механик аралаштириш усули ва мосламаларининг конструкциялари.
6. Пластмассаларни аралаштириш асослари ва қурилмалари.
7. Сочилувчан материалларни аралаштириш қурилмаларининг конструкциялари, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
8. Аралаштиргичларни ҳисоблаш кетма-кетлиги.

5.32. Умумий тушунчалар

Суюк ва газ аралашмаларни ажратиш жараёнлари мамлакат иктисодиётининг кўп соҳаларида муҳим аҳамиятга эга. Бундай аралашмаларни ажратишда ҳайдаш, ректификация, экстракция, адсорбция жараёнлари кўп ишлатилади. Лекин газ ва суюк аралашмаларни ажратишнинг энг универсал усули, яримўтказувчан тўсик мембраналар ёрдамида ажратишдир (3.66-расм).

Кимё ва нефтни қайта ишлаш саноатларида мембрана усуллари азеотроп аралашмаларни ажратишда, эритмаларни тозалаш ва концентрациясини орттиришда, юқори молекулали бирикмаларни эритмаларидан ажратиб олишда; биотехнология ва медицина саноатида вакцина, ферментларни ажратиш ва тозалашда; озиқ - овқат саноатида сабзавот ва мевалар шарбатлари концентрациясини ошириш учун, сувни ва сувли эритмаларни қайта ишлашда, оқова сувларни тозалашда мембрана жараёнлари кенг қўламда қўлланилади.

Охириги йилларда газ аралашмаларини ушбу усулда ажратиш жадал равишда ривожланмоқда. Ҳозирги кунда ҳаводан кислородни, гелийни ва SO_2 ни табиий газдан ажратиб олишда ишлатилмоқда.

Ҳисоботлар ва йиғилган тажриба натижалари шуни кўрсатадики, мембраналарни қўллаш мавжуд технологияларда катта иктисодий самара бериши мумкин ва янги, содда энергетик тежамли ва экологик жиҳатдан тоза технологиялар яратишда кенг имкониятлар туғдириши мумкин.

Саноатнинг турли технологияларида кенг қўлланилаётган мембрана усулларига тескари осмос, ультрафилтратлаш, микрофилтратлаш, диализ, электродиализ, мембрана оркали буғлатиш ва газларни ажратишларни келтириш мумкин.

Янги мембрана усуллари, яъни мембранали дистилляция, электр осмос, филтратлаш ва бошқалар устида жадал изланишлар олиб борилмоқда.

Юқорида қайд этилган усуллардан ҳар бирида ажратиладиган аралашма яримўтказувчан мембрана ёрдамида амалга оширилади.

Яримўтказувчан тўсик – мембраналарни хусусий хоссаларига кўра, у оркали ўтган модда бир ёки бир неча компонент билан тўйинади ёки шу компонентлар микдори моддада камаяди. Қатор ҳолларда жараён шунчалик тўлиқ ўтадики, моддада деярли дисперс фаза қолмайди, чунки улар мембранада ушланиб қолади.

Мембранали жараёнлар асосий ҳаракатлантирувчи куч турига қараб классификацияланади. Одатда, ушбу жараёнларнинг ҳаракатлантирувчи кучи бўлиб кимёвий ёки электркимёвий потенциал градиенти ҳисобланади. Лекин техник ҳисобларда, ушбу жараёнларнинг тезлигини характерлайдиган босим, температура ва ҳ. градиенти қабул қилиниши мумкин.

Шундай қилиб, мембранали жараённинг ҳаракатга келтирувчи кучи сифатида босимлар градиенти – баромембранали жараёнлар (тескари осмос, нано-, ультра- ва микрофилтратлаш), концентрациялар градиенти – диффузион - мембранали жараёнлар (диализ, мембрана оркали буғланиш, мембрана ёрдамида газларни ажратиш ва ҳоказо), электр потенциал градиенти - электрмембранали жараёнлар (электродиализ, электроосмос ва ҳоказо), температура градиенти - термомембранали жараёнлар (мембранали дистилляция ва ҳоказо) бўлиши мумкин.

Мембрана оркали ўтган модда *пермеат* деб номланади, мембранада қолган аралашма эса *ретант* (ёки концентрат) деб аталади.

Мембрана ёрдамида ажратиш жараёнининг селективлиги ϕ (%) қуйидагича аниқланади:

$$\phi = \left(\frac{c_1 - c_2}{c_2} \right) \cdot 100\% = \left(1 - \frac{c_2}{c_1} \right) \cdot 100\% \quad (5.136)$$

бу ерда, c_1 ва c_2 – эриган модданинг аралашмадаги ва пермеатдаги концентрациялари.

Мембрананинг солиштира унумдорлиги (ўтказувчанлиги) G , маълум бир ҳаракатлан-тирувчи куч таъсирида, вақт бирлиги τ ичида, иш юзаси F бирлигидан олинган пермеатнинг ҳажми V (ёки массаси) орқали аниқланади $[кг/(м^2 с)]$:

$$G = \frac{V}{F \cdot \tau} \quad (5.137)$$

Мембрана – бу суюқ ёки газ аралашмадан бир ёки бир неча компонентни бир томонлама ўтказиш қобилиятига эга бўлган яримўтказувчан тўсикдир.

Мембраналар қуйидаги талабларни қондириши ва хусусиятларга эга бўлиши керак:

- 1) яхши ажратиш қобилияти (селективлик);
- 2) катта солиштира унумдорлик;
- 3) ажратилаётган кимёвий моддаларга чидамли;
- 4) монтаж қилиш, сақлаш ва транспортировка даврига етарли мустаҳкамлик;
- 5) ишлатиш даврида хоссалари ўзгармаслиги керак.

Мембраналар турли полимер (целлюлоза, ацетат, полиамид, полисульфон), керамика, шиша, металл фольга ва бошқа материаллардан ясалди.

Механик мустаҳкамлигига қараб мембраналар зичланувчи (полимерли) ва каттик таркибли ҳамда ғовакли ва ғоваксиз (диффузияли) бўлиши мумкин.

Ғовакли мембраналар тесқари осмос, микро- ва ультрафилтрлаш жараёнларини амалга ошириш учун қўлланилади, газларни ажратишда эса, қамрок ишлатилади. Бу мембраналар хизмат муддати мембрана материали кимёвий чидамлилиги билан белгиланади.

Диффузияли мембраналар ёрдамида газ ва суюқлик аралашмаларни тозалаш мембрана орқали буғланиш ва диализ усулларида амалга оширилади. Одатда диффузияли мембраналар ғоваксиз бўлади.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, гел қатламидаги айрим бўлақлар полимер занжири ўзаро қанчалик суғ боғланган бўлса, диффузия тезлиги шунчалик юқори бўлади. Демак, диффузияли мембраналарни тайёрлашда лиофил полимер материалларни қўллаш мақсадга мувофиқ.

Молекулаларни диффузияли мембраналар орқали ўтиш тезлиги диффузия коэффициентига тўғри пропорционал ва ўз навбатида молекулаларнинг ўлчами, шаклига боғлиқ.

Бу турдаги мембраналарнинг яхши хусусиятларидан бири шундаки, уларнинг ўтказувчанлиги вақт ўтиши билан умуман қамаймайди. Диффузияли мембраналар гидравлик қаршилиги катта, шунинг учун улар юпка қатламли ҳолатда қўлланилади.

Қўпинча мембраналар лист ёки труба шаклида ёки ичи бўш толалар қўринишида ясалди. Бу каналлар ички диаметри 20...100 мкм, деворининг қалинлиги 10...50 мкм бўлади. Бундан ташқари, мембраналар турли шаклдаги ғовакли ташувчилар устида ҳам ишлатилиши мумкин. Бу мембраналар *композит мембраналар* деб аталади.

5.33. Тесқари осмос ва ультрафилтрлаш жараёнларнинг физик-кимёвий асослари

Турли мембранали жараёнлар учун умумий бўлган механизм шу пайтгача ишлаб чиқилмаган ва ҳар бир жараённи алоҳида қўриб чиқиш керак. Лекин ҳар бир мембранали жараён таҳлил қилинаётганда қуйидаги уч асосий омил ва уларнинг ўзаро боғлиқлиги кўзда тутилиши керак:

- 1) мембрананинг қалинлиги бўйича таркиби (ғовакли, ғоваксиз, изотропли);
- 2) ажратилаётган системанинг физик - кимёвий (газлар учун яна термодинамик) хоссалари;

3) ажратилаётган аралашманинг мембрана билан ўзаро таъсири.

Агар юқорида қайд этилган омиллар инобатга олинмасдан қолса, модель механизмини яратиш ва таҳлил қилиш пайтида принципа хатоликка олиб келиши мумкин.

Мембрана орқали ажратилаётган моддаларнинг ўтишига эритувчини ташкил этувчи компонентлар хоссалари (масалан, сувнинг) ва уларнинг мембрана билан ўзаро таъсири катта

аҳамиятга эга. Маълумки, суюқлик ва каттик жисм тўқнашиш зонасида сиртий кучлар (адгезия, сиртий таранглик, молекуляр тортишиш) мавжуддир. Шунинг учун, мембрана устидаги суюқликнинг чегаравий катламининг физик-кимёвий хоссалари қурилма ҳажмини тўлдириб турган суюқлик хоссаларидан катта фарк қилади.

Агар эритма таркибидаги сувнинг диэлектрик ўтказувчанлиги кескин равишда камайса, молекулаларининг ҳаракатчанлиги сусаяди. Бу ҳол ўз навбатида сувнинг эритиш қобилиятини пасайтиради. Полярмас суюқликлар учун чегаравий катлам ва катта ҳажмдаги суюқликнинг хоссалари сезиларли даражада фарк қилмайди.

Баромембран жараёнлар

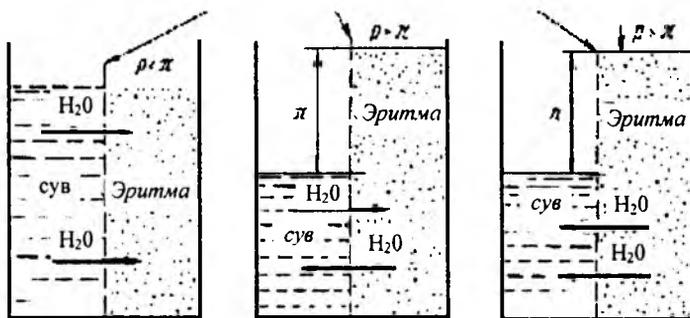
Тескари осмос – бу эритманинг эритувчисини ўтказадиган ва дисперс фаза молекула (ёки ионлар) ларини ушлаб қоладиган яримўтказувчан мембраналар ёрдамида босим остида филтрлаш жараёни. Тескари осмос усули осмос ҳодисасига асосланган, яъни бунда система мувозанат ҳолатига чиқмагунча ($p = \pi$), эритувчи яримўтказувчан мембрана орқали эритмага ўз - ўзидан ўтадиган жараён (5.83-расм).

Мувозанат ҳолатига ўрнатилиш пайтидаги босимга **осмотик босим** (π) дейилади. Агар эритмага осмотик босимдан кўпроқ босим таъсир эттирилса ($p > \pi$), масса ўтиш жараёни тескари йўналишда боради (5.83в-расм). Шунинг учун ҳам, жараён номи «тескари осмос» деб номланган. Мембрана орқали ўтган эритувчи **филтрат** деб аталади.

Тескари осмос жараёнини ҳаракатга келтирувчи кучи деб босимлар фарқи $\Delta p = p - \pi$ ҳисобланади, бу ерда, p – эритма остидаги ортиқча босим, π – эритманинг осмотик босими. Агар тескари осмос жараёнида мембрана орқали озгина дисперс фаза ўтиб қолса, унда Δp ни ҳисоблаш пайтида филтратнинг осмотик босими π ни ҳам инобатга олиш зарур, яъни:

$$\Delta p = p - (\pi_1 - \pi_2) = p - \Delta \pi \quad (5.138)$$

Ярим ўтказувчан мембрана



5.83-расм. Тескари осмос усулида эритмаларни ажратиш схемаси:
а - осмос; б - мувозанат; в - тескари осмос.

Осмотик босимни тахминий ҳисоблаш учун Вант - Гофф формуласидан фойдаланса бўлади.

$$\pi = xRT \quad (5.139)$$

бу ерда, x – эрувчи модданинг моль улуши, R – ўзгармас газ доимийси, T – эритманинг абсолют температураси, К.

Эритмаларнинг осмотик босими 10 ва ундан ортиқ мегапаскаль бўлиши мумкин. Тескари осмос қурилмаларидаги босим осмотик босимдан анча кўп бўлиши керак, чунки жараёни ҳаракатга келтирувчи куч - босимлар фарқи. Масалан, 35% тузлар бор денгиз сувининг осмо-

тик босими 2,45 МПа бўлса, тузсизлантирадиган курилманинг ишчи босими тахминан 7,85 МПа бўлиши керак.

Селектив ўтказувчанликнинг капилляр - филтрлашли моделига биноан электролитга чўктирилган лиофил мембрананинг юзаси ва ғоваклар ичида t_c калинликда боғланган сувдан иборат сиртий катлам ҳосил бўлади. Маълумки, боғланган сувнинг бўлиши, ион (ёки молекула) ларнинг мембрана оркали ўтишига тўсқинлик килади. Ушбу модель проф. Ю. И. Дитнерский томонидан яратилган.

Агар мембрана ғоваклари диаметри $d \leq 2t_c + d_{ru}$ (бу ерда d_{ru} – гидратацияланган ион диаметри) бўлса, ғоваклар оркали асосан сув ўтади. Бу ҳол бундай мембраналарнинг селективлик хоссасини ифодалайди.

Одатда, мембрана ғоваклар диаметри турлича бўлади, жумладан, йирик ва катта диаметри ҳам бўлади, яъни $d > 2t_c + d_{ru}$, бундай ҳолда боғланган сув оз микдорда бўлса ҳам нобарқатли тузларни эритади. Шунинг учун, қанчалик боғланган сув катлами калинлиги ва ионнинг гидратациялаш қобилияти катта бўлса, мембрананинг селективлиги шунчалик юқори бўлади.

Кўриб чиқилган модель таҳлилидан қуйидаги хулосаларга келиш мумкин:

- мембрана материали лиофил бўлиши керак, яъни ўтказиладиган компонентга нисбатан мембрана селектив сорбция хусусиятли бўлиши керак;
- ғоваклар диаметри боғланган сув катлами калинлиги ва гидратацияланган ион диаметрлар йиғиндисининг иккига қўпайтмасидан кичик бўлиши зарур;
- мембраналар гидравлик қаршилигини камайтириш учун улар анизотроп тузилишли ёки композит (фаол катлам калинлиги минимал) қилиб ясаллиши мақсадга мувофиқ.

Ультра- ва микрофилтрлаш. Ультрафилтрлаш – бу юқори ва паст молекулали бирикмаларни эритмаларни ажратиш жараёни ҳамда юқори молекулали бирикмаларни қуюқлаштириш ва фракциялашдир. Ушбу жараён босимлар фарқи ёрдамида амалга оширилади.

Ультрафилтрлаш жараёни эриган компонент молекуляр массаси эригувчи молекуляр массасидан анча катта бўлган системаларни ажратиш учун қўлланилади.

Юқори молекулали бирикмалар осмотик босими жуда кичик бўлгани учун ультрафилтрлаш жараёнининг ҳаракатга келтирувчи кучини ҳисоблашда нобарқатли олмас бўлади. Шунинг учун ҳам, ультрафилтрлаш жараёни нисбатан паст босимлар (0,2...1,0 МПа) да олиб борилади.

Агар мембранали жараён эритма таркибидаги йирик коллоид заррачалар (0,1...10 мкм)ни ажратиш учун ишлатилса, унда у **микрофилтрлаш** деб аталади. Бу жараённинг ҳам ҳаракатга келтирувчи кучи - босимлар фарқи.

Микрофилтрлаш жараёни ўта паст босимларда ўтказилади (0,01...0,5 МПа). Ушбу жараён ультрафилтрлаш ва оддий филтрлаш жараёнлари ўртасидаги оралик ҳолатни эгаллайди. Микрофилтрлаш электроника, медицина, кимё, микробиология ва бошқа саноатларда кенг қўлланилмоқда. Тескари осмос, нано- ва ультрафилтрлаш жараёнларида эритмаларни ажратишдан аввал микрофилтрлаш жараёнини амалга ошириш юқори самара беради.

Баромембран жараёнларни шартли қўллаш чегаралари 5.9-жадвалда келтирилган.

5.9-жадвал

Жараён	Тескари осмос	Нано-филтрлаш	Ультра-филтрлаш	Микро-филтрлаш
Параметр				
Заррача диаметри, мкм	0,0001 ... 0,003	0,001 ... 0,005	0,005 ... 0,05	0,05 ... 10,0

Шундай қилиб, нанофилтрлаш тескари осмос ва ультрафилтрлаш ўртасидаги оралик жараён.

Ушбу жараён ёрдамида молекуляр массаси 300...3000 бўлган моддаларни ажратиш ва қуюқлаштириш (концентрлаш) ҳамда оғир металллар ионларини ажратиш олиш мумкин.

Кўпинча саноатда хоссалари бир - бирига яқин бўлган электролитлар, ионли суялтирилган эритмаларини ажратишга тўғри келади. Кўп компонентли эритмалар таркибидан керакли электролитни ажратиш олиш учун комбинацияланган усулдан фойдаланиш зарур. Ушбу усул ўз ичига комплекс ҳосил қилиш ва ультрафилтрлаш (КОУФ)ни олади. Усулнинг асоси шундаки, электролит ионлари ажратувчи эритма билан полимер комплексларини ҳосил қилади. Полимер комплексларнинг ўлчами боғланмаган ионларниқидан катта бўлади. Шунинг учун ҳам, ультрафилтрлаш жараёнида полимер комплекс ретантда чўкиб қолади, боғланмаган ионлар эса, мембранадан ўтиб – пермеат ҳосил қилади.

5.34. Диффузион - мембранали жараёнлар

Диффузион - мембранали жараёнлар мембраналарнинг калинлиги бўйича концентрация ёки босим градиентига асосланган бўлиб, газ ёки суюқ аралашмаларни ажратишда қўлланилади. Бунда газларни мембрана ёрдамида компонентларга ажратиш ёки бирор компонентга тўйиниши юз беради.

Фоваксиз мембрана ёрдамида газларни ажратиш, компонентларнинг мембрана орқали диффузияси турли тезликда ўтишига асосланган. Бу жараён уч асосий босқичда ўтади: 1) газ мембрана юзасида ажратиладиган аралашма томонида адсорбцияланади; 2) газ мембрана орқали диффузия ҳисобига ўтади; 3) мембрананинг бошқа томонида десорбция юз беради. Одатда, иккинчи босқич жараённинг тезлигига асосий ҳисса қўшади ва ўтаётган диффузия жараёни Фикнинг биринчи қонуни билан ифодаланadi:

$$G = -DF \frac{dc}{dx} \quad (5.140)$$

Агар (5.124) тенгламани интегралласак ва тегишли ўзгартиришлар киритилса:

$$G = D \frac{c_1 - c_2}{\delta} \cdot F \quad (5.141)$$

бу ерда, G – мембрана орқали ўтган газ миқдори, D – диффузия коэффициентини, c_1 ва c_2 – мембрананинг икки томонларидаги концентрациялар, x – мембрана калинлиги бўйича масофа, F – мембрана юзаси, δ – мембрана калинлиги.

Мембрана юзасидаги концентрациялар c_1 ва c_2 ни аниқлаш ёки ўлчаш қийин. Шунинг учун газни мембрана материалида эриши деб ҳисоблаб, c_1 ва c_2 ларни Генри қонуни бўйича аниқлаш мумкин:

$$c_1 = SP_1 ; \quad c_2 = SP_2 \quad (5.142)$$

бу ерда, S – эриш коэффициентини, P_1 ва P_2 – мембрананинг икки томон юзларидаги босимлар.

(5.142) ва (5.141) тенгламаларни (5.140) тенгламага қўйсак:

$$G = -DS \frac{P_1 - P_2}{\delta} \cdot F \quad (5.143)$$

бу ерда, $A = DS$ – мембрананинг газ ўтказувчанлиги (ёки ўтказувчанлик коэффициентини).

$$G = A \frac{P_1 - P_2}{\delta} \cdot F \quad (5.144)$$

яъни газ ёки буғнинг мембрана орқали ўтиш тезлиги мембрананинг юзаси, босимлар фарқи ва мембрананинг ўтказувчанлик коэффициентига тўғри пропорционал ва калинлигига тесқари пропорционал.

Мембрана орқали буғланиш – усулида суюқ аралашмалар ажратилади. Ушбу усул аралашма компонентларининг диффузия коэффициентлари турлилиги туфайли компонентларнинг мембрана орқали ўтиш тезлиги ҳар хиллигига асосланган.

Аралашмадан мембрана орқали инерт газ оқими билан ёки вакуум таъсирида буғ ўтади ва кейин конденсаторда конденсацияланади.

Бу жараён ҳам уч босқичда ўтади: 1) модда мембрана юзасида адсорбцияланади; 2) мембрана орқали диффузия ёрдамида ўтади; 3) мембрананинг бошқа томонида десорбция юз

беради. Мембрана оркали массанинг ўтиши Фикнинг иккинчи қонуни билан ифодаланadi. Бугнинг таркиби температура, мембрана материали ва аралашма таркибига боғлиқ. Жараён тезлигини ошириш учун аралашмани 30...60°C гача иситилади ва буг зонасида эса вакуум ҳосил қилинади.

Ноорганик моддалар (масалан, керамика)дан ғовакли мембраналар тайёрланади. Бу жараён полимер асосли, ғовакли ёки ғоваксиз мембраналар (масалан, полипропилен, полиэтилен ва ҳ.)да олиб борилиши мумкин ва азеотроп аралашмаларни (изопропанол - сув, этанол-сув) ажратишда кенг қўлланилади. Бу турдаги аралашмаларни ректификация усули билан ажратиб бўлмайди, лекин ректификация ва мембранали ажратиш усуллари бирга қўллаш катта иқтисодий фойда бериши мумкин.

Турли синфдаги углеводородлар, органик кислоталарнинг сувли эритмаларини, кетонларни мембрана оркали буғланиш усулида ажратиш юкори иқтисодий самара беради.

Бундан ташқари, бу усул оқова сувларни тозалашда қўлланилиши мумкин.

Диализ – бу концентранган ва суюлтирилган эритмаларни диффузия тезликлари турли бўлган моддаларни яримўтказувчан мембраналар оркали ўтказиб ажратиш усулидир. Агар концентрацияси юкори ва паст бўлган эритмалар орасига мембрана жойлаштирилса, эритмалар орасида концентрация градиенти ҳосил бўлади. Бу градиент таъсирида эритилган модда мембрана оркали концентрацияси кам бўлган эритма томон диффузия оркали ўта бошлайди.

Эритувчи (сув) эса, тесқари томон ҳаракат қила бошлайди. Диализ тезлиги Фикнинг биринчи қонуни ёрдамида топилади. Диализ орқали ўтган модда микдори эса, масса ўтказиш тенгламаси орқали аниқланади. Диализ, тузилиши ромли фильтр - прессга ўхшаш бўлган, текис камерали ва ичи бўш толали мембрана қурилмаларда амалга оширилади.

Термомембрана жараёнлари. Бу жараён ғовакли мембрана қалинлиги бўйича температура градиенти ҳосил бўлишига асосланган ва мембранали дистилляция бунга мисол бўлиши мумкин.

Жараённинг моҳиятини кўриб чиқамиз. Бошланғич концентрацияли бирорта бир эритма иситилиб (30...70°C) микроғовакли сув ўтмайдиган мембрананинг бир томонида узатилади. Мембрананинг бошқа томонида эса, совук эритувчи (сув) ҳаракат қилади. Мембрана ғовақларининг диаметри жуда кичик ва сув ўтказмайдиган бўлгани учун, сув молекулалари мембрана орқали ўтмайди. Исик эритмадан ажраб чиққан буг мембрана ғовақларига кириб мембрананинг совук томонида конденсацияланади. Унда, ғовақларда вакуум ҳосил бўлади ва буғлатиш жараёни тезлашади. Берилган эритманинг температураси унча юкори бўлмагани учун мембранали дистилляцияни ўтказишда чиқинди сувлар ёки газлар (исиклик алмашишни қурилмалардан чиқган) ва куёш энергиясидан фойдаланиш мумкин. Шунинг учун иқтисодий жиҳатдан бошқа жараёнларга қараганда, термомембрана жараёнлар яхши натижа беради. Ундан ташқари, бу жараён атмосфера босимида олиб борилгани учун қурилмалар арзон ва қулай материаллардан ясалиши мумкин.

Бу жараён электролит эритмалар концентрациясини оширишда, денгиз сувларини тозалашда, юкори даражадаги тоза сув олишда қўлланилиши мақсадга мувофиқ.

5.35. Мембраналарни тозалаш усуллари

Мембраналарнинг самарали хизмат муддати, қурилманинг гидродинамик шароити ва уни йиғишдан аввал мембрана элементлари, махсус эритма билан қанчалик яхши ишлов берилишига боғлиқ. Лекин мембраналар кўрилган чора-тадбирларга қарамасдан, ифлосланади ва қурилманинг технологик кўрсаткичларини пасайтиради. Шунинг учун мембраналар харақтеристикаларини дастлабки ҳолатига келтириш учун механик, гидродинамик, физик ва кимёвий тозалаш усуллари қўлланилади.

Механик тозалаш усули самарали бўлиб, фақат цилиндрик мембрана элементли қурилмаларда қўллаш мумкин. Бунинг учун ифлосланган мембрана юзаси кўпикли материал ёки бошқа мослама ёрдамида артилади.

Гидродинамик тозалаш усулининг моҳияти шундаки, мембранага пульсацияли эритма ёки сув оқими, турбулент оқим таъсир эттирилади ёки у сиқилган хаво ёрдамида тескари йўналишда пуфланади. Ундан ташқари, баромембран жараёнларда босимнинг кескин равишда пасайтириш йўли билан мембранани тозалаш мумкин.

Бу усуллар энг содда ва арзон, лекин бу усулда факат юзаки, енгил боғланган чўкмаларгина тозаланлади.

Физик тозалаш мембранага электр, магнит ва акустик майдонлар таъсир эттириш орқали амалга оширилади. Бу усулнинг энг асосий афзаллиги шундаки, мембраналарни тозалаш қурилмани тўхтатмасдан амалга ошириш мумкин.

Кимёвий тозалаш мембраналарни реактив (масалан, лимон, шавель кислоталари, сода, хлор водородли суюқ эритма ва х.) лар ёрдамида ювишдир. Ушбу усул жуда қиммат, чунки реактивлар сарфи катта ва кимёвий зарарли оқова суюқликлар ҳосил бўлади. Агар мембрана материалнинг кимёвий чидамлилиги паст бўлса, ушбу тозалаш усулини умуман қўллаш мумкин эмас.

5.36. Мембранали қурилмалар тузилиши ва ишлаш принципи

Тескари осмос ва ультрафилтрлаш жараёнлари учун ишлатиладиган қурилмалар даврий ва узлуксиз ишлайдиган бўлади. Даврий қурилмалар, одатда лаборатория шароитларида тажрибалар ўтказиш учун қўлланилади. Саноатда эса, асосан узлуксиз ишлайдиган қурилмалар ишлатилади.

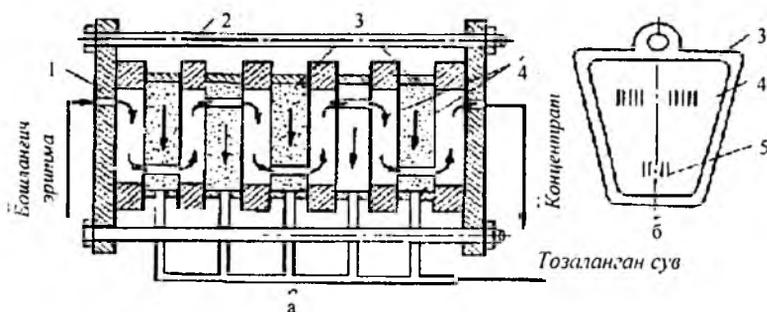
Мембранали қурилмалар афзалликлари: жуда катта солиштирма ажратиш юзали, йиғилиши содда, ишончлилиги юқори ва монтажи осон.

Тескари осмос қурилмаларининг энг катта камчилиги шундаки, қурилмада ишчи босим юқори бўлиши керак. Бу ҳол ўз навбатида юқори босимга ҳисобланган ва қувурларни уланиш жойида фланецли бирикмалар ва махсус чидамли кистирмалар қўллашни талаб қилади.

Филтрловчи мембрана жойлашиш усулига қараб ясси, цилиндр ва ўрам шаклли ҳамда ичи бўш толали мембранали қурилмалар бўлади. Ушбу қурилмалар алоҳида секция ва модуллардан таркиб топган. Шунинг учун исталган юзали қурилмалар йиғиш осон.

Мембранали қурилмаларга қўйиладиган талаблар: ишчи юзаси катта, тузилиши содда ва ихчам, суюқлик оқимининг тезлиги юқори ва мембранада бир хилда таксимланиши, гидравлик қаршилиги кам, мустаҳкамлиги юқори ва зич бўлиши керак.

Ясси юза, мембрана элементли қурилмалар. Одатда, бундай мембранали қурилмалар оддий филтр қурилмасига ўхшаш бўлиб, энг содда қурилма деб ҳисобланади. Бу қурилма икки мембранадан таркиб топган филтрловчи элемент конструкция асосини ташкил этади (5.84-расм). Филтрловчи элементлар ғовакли материал (масалан, полимер)дан тайёрланади.



5.84-расм. Ясси юза мембрана элементли қурилма:

1-плита, 2-тортувчи болт, 3-металл «патак», 4-мембрана, 5-тешик

Суюқлик ўтиши учун металл «патак» листларида тешиклар қилинган. Ушбу листлар 0,5...5 мм ораликда ўрнатилиб, эритмани ажратувчи мембраналараро бўшлиқ ҳосил қилади.

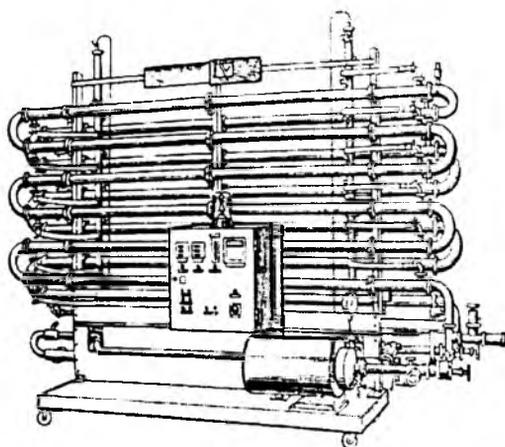
Фильтрловчи элементлар дастаси иккита плита орасида жойлаштирилади ва тортувчи болтлар билан сиқиб қўйилади.

Эритма фильтрловчи элементлардан кетма-кет ўтади ва концентранлади. Ҳосил бўлаётган концентрат ва фильтрат қурилмадан узлуксиз равишда чиқариб турилади.

Бу турдаги қурилмалар оксилларни ажратиб олиш ҳамда ёғсизлантирилган сут ва творогларни ультрафильтрлаш учун қўлланилади.

Ясси юза, мембрана элементли қурилмалар камчиликлари: мембраналар солиштирма юзаси кичик 60...300 м²; мембраналарни алмаштириш ва йиғиш қўлда амалга оширилади.

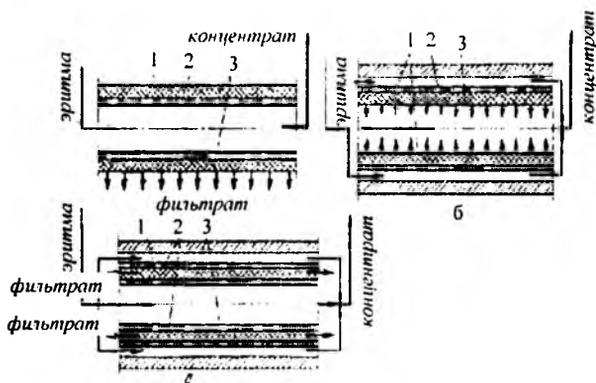
Цилиндрик мембрана элементли қурилмалар алоҳида цилиндрик фильтрловчи модуллардан йиғилади (5.85-расм).



5.85-расм. Цилиндрик мембрана элементли қурилма.

Цилиндрик фильтрловчи элементлар 3 хилда: мембрана дренаж ковоурганинг ички ва ташқи юзасида ҳамда комбинацияли жойлаштирилиб тайёрланади.

Дренаж ковоурганинг ички юзасида ўрнатилган мембранали қурилмалар афзалликлари (5.86а-расм): металл сарфи кам; гидравлик қаршилиги кичик; фильтрловчи элементларни бузмасдан туриб чўкмадан тозалаш осон; конструкция ишончилиги юкори.



5.86-расм. Мембранаси турлича жойлаштирилган цилиндрик фильтрловчи элементлар:

а-дренаж ковоурганинг ички юзасида, б-дренаж ковоурганинг ташқи юзасида, в-комбинациялашган, 1-труба, 2-мембрана, 3-металл «патак».

Камчиликлари: фильтрловчи мембрананинг солиштирма ишчи юзаси кичик; элементларни йиғиш юкори талабларга жавоб бериши керак.

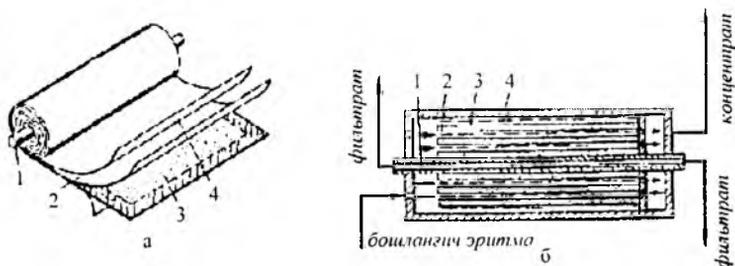
Одатда, дренаж кобирганинг ташки юзасида ўрнатилган мембранали қурилмалар катта филтрлаш солиштирма юзали бўлади (5.86б-расм). Лекин бу филтр элементларга металл сарфи кўп бўлади ва уларни механик тозалаш мумкин эмас.

Мембранали комбинацияли жойлаштирилган цилиндрик филтр элементларнинг солиштирма ишчи юзаси юқорида кўриб чиқилган қурилмаларникидан 2 мартаба кўп бўлади (5.86в-расм). Лекин филтрат чиқариш каналларининг узунлиги катталиги учун, гидравлик қаршилиқ нисбатан катта бўлади.

Цилиндрик филтр элементли ультрафилтрлаш қурилмалари аралашмаларни тинитиб тозалаш учун кенг қўламда қўлланилади.

Ўрам шаклдаги мембрана элементли қурилмалар труба шаклида ясаиб, унинг ичига бир нечта ўрамли филтр элемент тикилади.

Мембранани ўраш зичлиги $300...800 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Бошланғич эритма мембраналараро бўшлиқда бўйлама йўналишда ҳаракат қилса (5.87б-расм), филтрат эса, спиралсимон дренаж катламдан ўтиб, трубага тушади ва қурилмадан чиқарилади.



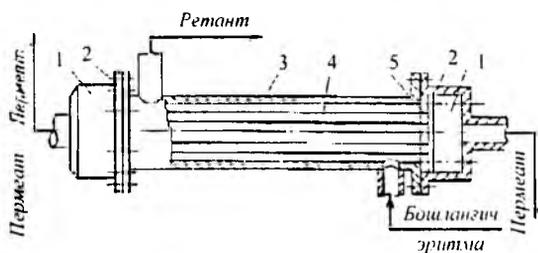
5.87-расм. Ўрамли филтр элемент (а) ва шундай элементли қурилма (б):
1-труба, 2-мембрана, 3-металл «патак», 4-тўр-сепаратор.

Мембрананинг ишчи юзасини ошириш учун ўраш зичлиги кўпайтирилади.

Мембрананинг ўраш зичлиги оширилса, унинг ишчи юзаси ортади ва ясаиш нархи пасаяди. Ўраш дастасининг энг максимал эни 900 мм гача бўлади. Дасталарнинг узунлиги дренаж катламининг филтрат ҳаракатига гидравлик қаршилиги билан чегараланади ва одатда 2 метрдан ошмайди.

Ичи бўш толали қурилмалар ультрафилтрлаш ва тесқари осмос ёрдамида эритмаларни ажратиш учун кенг миқёсда қўлланилади. Ичи бўш толаларнинг ташки диаметри 45...200 мкм ва деворининг қалинлиги эса 10...50 мкм, ультрафилтрлаш учун диаметри - 200...1000 мкм, девори қалинлиги - 50...200 мкм. Ушбу ўлчамли толалар суюқлик ёки газ аралашмасининг 10 МПа гача бўлган босимга чидамли ва ўз мустаҳкамлигини йўқотмайди.

5.88-расмда ичи бўш, толалари параллел ўрнатилган мембрана қурилма келтирилган.



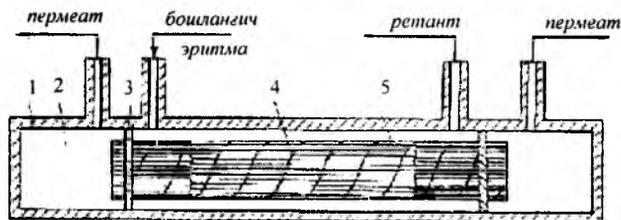
5.88-расм. Ичи бўш, толалари параллел жойлаштирилган, таянчсиз мембрана қурилма:
1-пермеат йиғичи, 2-фланецлар, 3- кобик, 4-ичи бўш толалар, 5-тешикли панжара

Қурилма, эритма кириш ва чиқиш штуцерлари ўрнатилган кобик 3 дан ҳамда пермеат йиғичи 1 ва тешикли панжара 5 ларни маҳкамлаш учун фланец 2 лардан таркиб топган. Ичи бўш толалар дастаси 4 кобик 3 ўқига параллел ҳолда жойлаштирилади ва эпоксид елими ёрдамида тешикли панжара 5 га маҳкамланади. Ажратилаётган эритма ичи бўш толалар дастаси

4 нинг ташки юзаси бўйлаб ҳаракат қилади ва босим таъсирида толалар девори орқали ўтади ва пермеат капилляр каналлардан йиғигча тушади. Концентрланган эритма ва ретант-узлуксиз равишда қурилмадан чиқарилиб туради.

Ушбу турдаги қурилма энг асосий камчилиги шундаки, толалар дастасини тешикли панжарага маҳкамлаш ва зичлаш жуда қийин. Ундан ташқари, эритма оқимини толалар дастаси бўйлаб бир текисда тақсимлаш ҳам осон эмас.

Қайд этилган камчиликлар бир дастали, мембрана элементли қурилмаларда бартараф



5.89-расм. Ичи бўш, бир даста толалли қурилма схемаси:

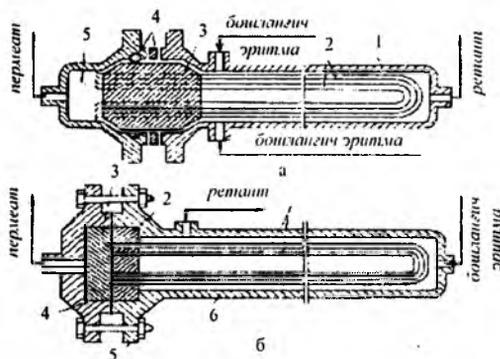
- 1- кобик, 2-пермеат йиғигча; 3-суюклик тўсгич,
4-спиралсимон чизимча, 5-толалар дастаси

қилинган (5.89-расм).

Бу турдаги қурилмаларда эритмани аралаштириш жараёнини жадаллаштириш учун тақсимловчи труба ўрнатилади. Ушбу трубанинг марказий қисмида эритмани толалар дастасининг ичига узатиш учун тешиклар қилинган бўлади.

Бундай қурилмаларни яшаш учун металл кам сарфланади. Лекин эритманинг аралаштириш жадаллиги паст бўлганлиги ва ичи бўш толаларнинг суюклик тўсгичда қаттиқ маҳкамланиши сабабли, таркибида қаттиқ заррачалар бор эритмаларни ажратиб бўлмайди.

Ичи бўш, толалари U-симон қилиб жойлаштирилган қурилмалар тузилиши содда, яшаш, йиғиш ва монтаж қилиш осон ва металл сарфи кам. Шунинг учун бу турдаги қурилмалардан sanoatда кўп фойдаланилади (5.90-расм).



5.90-расм. Ичи бўш, U-симон толалли мембранали қурилма:

- а-конуссимон таянч фланецли: 1- кобик; 2-ичи бўш толалар дастаси;
3-шайба; 4-ҳалқасимон қистирмалар; 5-пермеат йиғигча;
б-говакли таянч «патак»ли: 1-ичи бўш толалар дастаси; 2-шайба;
3-говакли «патак»; 4-копкок; 5-фланецли бирикма, 6- кобик

Бу турдаги қурилмалар кобик 1, пермеат йиғигча 5 ва ҳалқасимон қистирмалар 4 дан таркиб топган бўлади (5.90а-расм). U-симон ичи бўш толалар дастасининг узунлиги 1,5...2 метр бўлиб, уларнинг очик учлари шайба 3 га эпоксид елими ёрдамида ёпиштирилган.

Қурилманинг асосий камчилиги: ичи бўш толаларни шайба 3 га маҳкамлаш кийин ва мураккаб; шайба 3 калин бўлганлиги учун ичи бўш толаларнинг юзаси 5-10 % га камаяди.

Юқорида қайд этилган камчиликлар 5.906-расмда кўрсатилган қурилмада бартараф қилинган, чунки шайба 3 калинлиги анча камайтирилган, яъни 10...20 мм.

5.36.1. Минералсизлантирилган ва дистилланган сув олиш

Дистилланган сув олиш. Таркибида органик ва ноорганик моддалар бўлмаган сув *дистилланган сув* деб номланади. Одатда, техник сувни ҳайдаш усулида қайта ишлаб, яъни сувни буғлатиш ва ундан кейин конденсациялаш йўли билан олинади.

Маълумки, дистилланган сув таркибида ҳар доим оз бўлса ҳам бегона моддалар бўлади. Масалан, унга ҳаводаги чанг заррачалари ёки шиша идиш деворининг қисман эриши ёки совуткич трубаси металлининг жуда оз миқдорда тушиб қолиш ҳоллари учрайди. Ундан ташқари, конденсациялаш жараёнида сув буғлари билан бирга унда эриган газлар (аммиак, углерод диоксида), ҳамда сув бўлиши мумкин бўлган айрим енгил учувчан органик бирикмалар, ва ниҳоят, буғ билан учириб кетилган майда томчилар таркибидаги тузлар ҳам бўлиши мумкин.

Айрим аналитик таҳлиллар учун дистилланган сув таркибида металлларнинг жуда паст миқдорда (излари) бўлиши мумкин эмас. Бундай металл «изларини» йўқотиш учун дистилланган сув фаолланган кўмир билан тозаланади. Бунинг учун дистилланган сувга кўмирдан 0,4...0,5 г қўшилади. Ушбу аралашма чайқатилади ва ундан кейин 5 дақиқа мобайнида тиндирилади, сўнг яна бир неча маротаба такрорланади ва кулсиз филтёрда тозаланади. Бошланғич 200...250 мл филтрат тўкиб юборилади ва олинган филтрат тегишли ионга текширилади. Лекин бу усулда тозаланган сувни ҳам қўшимча равишда дитизон эритмаси билан қайта тозаланади.

Дистилланган сувни органик моддалардан тозалаш учун унга озгина (~0,1 г/л) нордон марганешли калий ёки бир неча томчи сульфат кислота қўшиб иккинчи маротаба қайтадан ҳайдалади. Бундай, таркибида органик моддалар бўлмаган сув *апироген сув* деб аталади.

Икки маротаба ҳайдаб олинган дистилланган сув *бидистиллят* деб ҳам номланади. Бундай сувлар ўта тоза таҳлил ишлари учун зарурлигини ёдда тутиш даркор.

Дистилланган сув сифатини аниқлаш учун унинг тузли таркиби ва нордонлиги рН ни назорат қилиш керак. Дистилланган ёки минералсизлантирилган сувлар сифатини уларнинг электр ўтказувчанлиги орқали аниқласа бўлади. Яхши дистилланган сувнинг ушбу кўрсаткичи <50000 Ом·см бўлиши керак.

Сувни тайёрлаш системасининг асосий принциплари. Сувни тайёрлаш тизими 7 та асосий блокдан иборат:

1. Бошланғич сувни хлорлаш тизими;
2. Сувни кўп қатламли филтёрда дастлабки тозалаш;
3. Фаолланган кўмирда филтёрлаш тизими;
4. Сувни натрийли-катионлаш усулида юмшатиш;
5. Сувда эриган кислород ва ортиқча хлорни ажратиш учун кимёвий эритмаларни инъекция қилиш тизими;
6. Чуқур тозалашнинг мембранали тизими;
7. Чуқур электр деионизация тизими.

1. Хлорлаш ва рангсизлаш тизими бир вақтнинг ўзида бир нечта мақсадга эришиш учун хизмат қилади: тоза сувдаги бактерия ва микрофлорани бартараф қилиш, органик бирикмаларни қисман парчалаш, темирнинг икки валентли ионларини эримайдиган уч валентли шаклга оксидлаш (темирнинг уч валентли ионлари коллоид заррачалар ҳосил қилади ва уларни кўп қатламли дастлабки филтёрда осон тозаланади). Хлорлаш тизимининг асосий вазифаси – сув тайёрлаш тизимида стерилликни таъминлаш, айниқса, тескари осмоснинг мембранали тизимида, чунки бу ерда турли биомасса йиғилиши ва кўпайи-

ши учун кулай шароит мавжуд ҳамда сувда биомассанинг хаотик фаоллиги туфайли микроваклар заррачалар билан тўлиб қолиши мумкин.

2. Сувни кўп қатламли филтёрда дастлабки тозалаш муаллақ ҳолатдаги заррачаларни, коллоид темир, микрофлора йирик тўдаларини, кремний ва бошқа механик заррачаларни ажратиб олиш учун хизмат қилади. Филтёрнинг ишлаш принципи юқорида кайд этилган заррачаларни турли ўлчамли ва таркибли ғовакли материалларда ушланиб қолишига асосланган.

Филтёр бир идишда жойлашган турли филтёрловчи муҳитлар учун 4 қатламдан иборат бўлиб, сувни дастлабки тозалаш учун тежамкор ва юқори самарали мосламадир. Филтёрни эксплуатация қилиш осон ва қулай бўлиб, ҳеч қандай кимёвий моддалар иштирокисиз, бир ҳафтада 3..4 соат давомида сув ёрдамида ювилади.

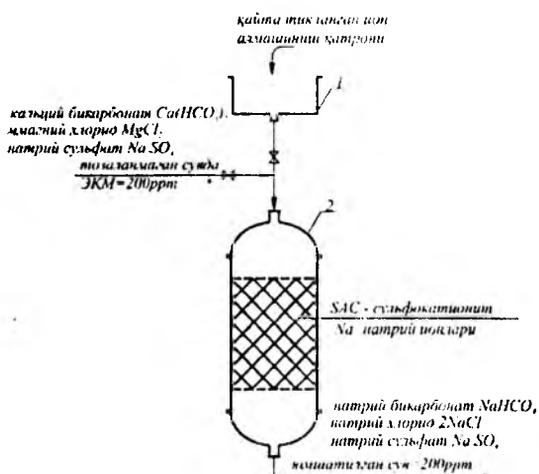
3. Фаолланган кўмирда филтёрлаш тизими – тозаланаётган сувдан эркин хлорни ажратиб олиш учун ишончли усул ва воситадир. Бунда фаолланган кўмирда хлордан ташқари, органик бирикмаларнинг кўп қисми сорбцияланади.

4. Сувни юмшатиш қурилмасида сув таркибидаги эриган каттиклик тузлари тўлиқ ажратилади. Буғ ишлаб чиқаришда ишлатиладиган сув таркибида каттиклик тузлар микдори минимал бўлиши керак, чунки унинг оз микдорда бўлиши ҳам қозон трубаларида куйка сифатида ўтириб қолиши мумкин. Ушбу қурилма сув каттиклиги концентрациясини 0,02 мг·экв/литр гача пасайтириш имконини кафолатлайди.

Ионит ва ион алмашиниш қатронлари диаметри 0,5...1 мм ли гранулалар кўринишида бўлади. Гранулалар ғовак таркибли бўлиб, сувни шимиб олиш қобилиятига эга. Гранула таркибида ўрнашган ион гуруҳлари мавжуд бўлиб, улар қарама-қарши зарядли эркин ионлар билан боғлиқ. Бу эркин ионлар грануланни ўраб турган сувда эриган тузлардаги бир зарядли ионлар билан ўрин алмашиниши мумкин.

Ион алмашиниш усулида сувни юмшатиш бу энг кенг қўлланиладиган ва содда ион алмашиниш шаклидир. Бунда, аввал ион алмашиниш қатрони қатламидан 7...12% ли туз эритмаси ўтганда унинг фаоллашиши рўй беради. Сўнг, ион алмашиниш қатрони натрий ионлари билан тўйинади ва унинг орқали сув узатилади, натижада ион алмашиниш жараёни содир бўлади. Кальций ва магний ионлари натрий ионларининг ўрнига қиради ва сувда натрий тузларининг микдори ортади. Юқори температура ва концентрацияларда ҳам сувдаги натрий тузлари қозонларда каттик қуйка ҳосил қилмайди.

Кўриниб турибдики, сувнинг каттиклигини белгиловчи ионлар натрий ионлар билан ўрин алмашмоқда (5.91-расм).



5.91-расм. Асосий ион алмашиниш усулида сувни юмшатиш:

1-сигимли идиш, 2-юмшатгич

Натрий ионлари билан алмашилиб сувни юмшатиш усулида тозалаш сувдаги эриган моддаларнинг умумий миқдори ва pH кўрсаткичи пасаймайди. Кечаётган жараёнда каттик куйка ҳосил қилувчи потенциал зарарли ионлар гуруҳи, куйка ҳосил қилмайдиган зарарлиги камроқ ионлар гуруҳига алмашади. Эриган каттик моддалар (ЭКМ) миқдори ўзгармаганлиги сабабли, ион алмашилиш катронидаги натрий ионлар концентрациясининг пасайишини электр ўтказувчанлик (ЭКМ ва электр ўтказувчанлик ўзаро боғлиқ) ортиши бўйича аниқлаб бўлмайди. Шунинг учун, ион алмашилиш катронини қайта тиклаш фақат ион алмашилиш фильтрининг ишлаш давомийлиги ёки фильтр орқали ўтказилган сув миқдорига таянган ҳолда ўтказиш лозим. Юмшатиш қурилмаларининг эксплуатацияси арзон ва узок муддат давомида ишончли ишлаши мумкин. Ушбу турдаги қурилмаларни ишқорий каттиклиги юқори бўлган сувларни ҳам қайта ишлаш мумкин, фақат конденсатни қайтариш 50% дан кам бўлмаган ҳолларда қўллаш тавсия этилади.

Агар конденсат қайтиши кам ёки умуман қайтмаса, унда анча мураккаброк ион алмашилиш технологиясини қўллаш мақсадга мувофиқ.

Айрим ҳолларда оҳақтош-содали сувни юмшатиш усулини ион алмашилиш усулида тозалашдан аввал ўтказиладиган дастлабки қайта ишлаш деб ҳисобласа бўлади. Бунда, ион алмашилиш катрони қатламига камроқ юклама тушади.

Ион алмашилиш колонналари пўлатдан ясалади ва ички юзаси юқори мустаҳкамликка эга бўлган эпоксид билан копланади.

5. Сувда эриган кислород ва ортиқча хлорни ажратиш учун кимёвий эритмаларни инъекция қилиш тизими кимёвий усулда сувда эриган ортиқча эркин хлор ва эриган кислородни пасайтириш учун хизмат қилади. Сувда эриган кислород концентрациясини пасайтириш ундаги бактериялар ўсиш жараёнини ростлаш имконини беради. Мембранали технологияларда эркин хлор концентрациясини пасайтириш зарур, чунки хлор мембраналарни коррозия учратади ва ишдан чиқаради. Одатда, бундай мақсадлар учун бисульфид ёки метабиосульфид натрийлар қўлланилади.

6. Чуқур тозалашнинг мембранали тизими сув тайёрлашда муҳим аҳамиятга эга ва композитли мембраналарда тесқари осмос усулида сувларни чуқур тозалаш учун мўлжалланган. Мембранали усул 99% ноорганик тузларни, 99,5% органик ва 100% вирус ва бактерияларни ажратиб олишни таъминлайди. Кўпчилик ҳолларда икки босқичли мембранали тозалаш тизими қўлланилади. Одатда, бундай тизимларда сувни аралаш катронларда ёки деионизация тизимларида қўшимча тозаланиши мумкин.

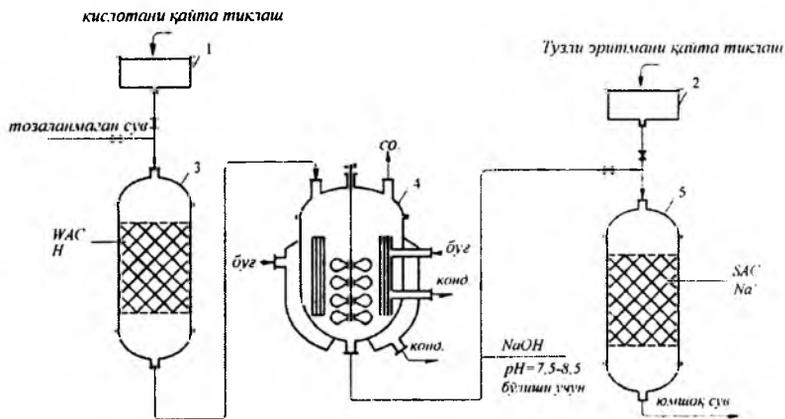
7. Чуқур электр деионизация тизими сувни тўлиқ тузсизлантириш учун хизмат қилади.

Электр деионизация ўз ичига сувни чуқур тозалашнинг 2 та маълум усулини қамраб олган: электродиялиз (ион-селективли мембраналар) ва ион алмашилиш катронлари ёрдамида деионизация қилиш регенерация учун кимёвий моддаларни қўллашга ҳожат қолмайди.

Аралаш катионит-анионитли катрон селектив мембраналар орасига жойлаштирилади ва ўз навбатида, электродлар орасидаги анод ва катод ҳосил қилган ўзгармас майдонда ўрнатилган. Аралаш катрон турғун ҳолатда ишлайди ва ион йиғмайди, балки ўтказгич функциясини бажаради. Ўзгармас потенциал таъсири остида ионлар фильтрлаш зонасидан концентрлаш зонасига мембрана орқали ҳаракатланади. Фильтрлаш зонасидан ҳар доим узлуксиз равишда сув ҳаракатлангани учун у автоматик равишда ионлардан тозаланади.

Ушбу усул бошқа усулларга қараганда жуда кўп афзалликларга эга, чунки у эксплуатацияда қулай ва кимёвий моддалар билан ифлосланган суюқлик оқимларини ҳосил қилмайди. Ҳозирги кунда энг кўп ва кенг қўламда қўлланиладиган тизимлардан биридир.

Сувни ишқорсизлантириш. Ион алмашилиш усулида сувни юмшатишнинг асосий камчилиги шундаки, ЭКМ ва ишқорийлик миқдори камаймайди. Агар даставвал сувнинг ишқорийлиги камайтирилса, унда ушбу камчиликни бартараф қилиш мумкин. Бундан амалга ошириш учун ишқорсизлантириш комплекси хизмат қилади (5.92-расм).



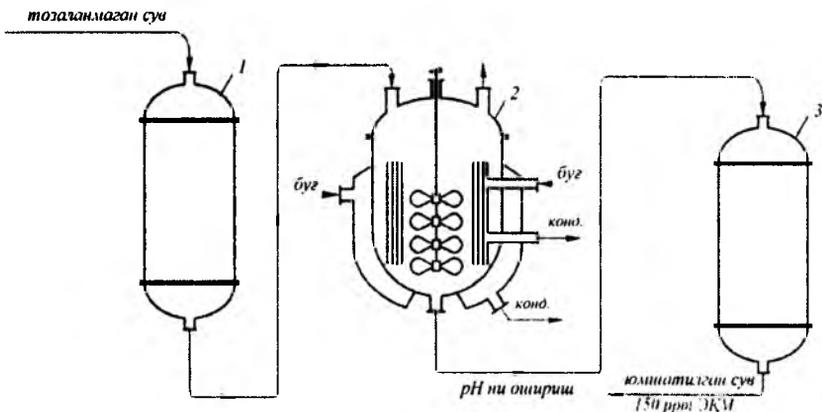
5.92-расм. Сувни ишқорсизлантириш комплекси:

1,2-сигимли идиш; 3- ишқорсизлантиргич, 4-дегазатор, 5-юмшатгич

Кўришиб турибдики, сувни ишқорсизлантириш комплекси 3 та мосламадан таркиб топган: ишқорсизлантириш қурилмаси, дегазатор ва ион алмашиниш юмшатгичи.

1	2	3	4	5
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	$2\text{H}_2\text{CO}_3$	$2\text{H}_2\text{CO}_3$	H_2O	H_2O
MgCl_2	MgCl_2	MgCl_2	MgCl_2	2NaCl
Na_2SO_4	Na_2SO_4	Na_2SO_4	Na_2SO_4	Na_2SO_4
pH 7,6	pH 4,5 – 5,0	pH 4,5 – 5,0	pH 4,5 – 5,0	pH 7,5–8,5

Айрим пайтда сувни «алоҳида оқимларда юмшатиш» тизими ҳам қўлланилади (5.93-расм). Жуда камдан-кам ҳолларда ишқорсизлантириш қурилмаси асосий ион алмашиниш усулида юмшатгичсиз ишлатилади, чунки бундай пайтда нордон эритма ҳосил бўлади. Маълумки, нордон эритма коррозия жараёнини тезлаштиради ва ўзгармас қаттиқликка эга бўлган сув тўғридан-тўғри қозонга тушади. Ишқорсизлантириш қурилмаси сувнинг вақтинчалик қаттиқлигини камайтириш имконини беради (5.93-расм). Конденсат қайтиши кам ва ишлов берилмаган сув улуши кўп бўлган ҳолларда бу турдаги тизимлар ишлатилади.



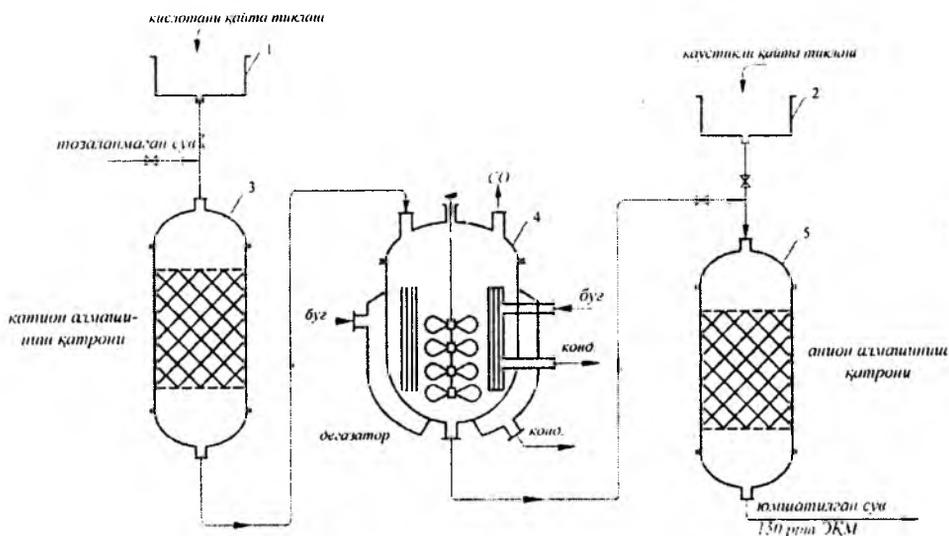
5.93-расм. Ишқорсизлантириш жараёни:

1-ишқорсизлантиргич, 2-дегазатор, 3-юмшатгич.

Сувни минералсизлантириш. Ушбу жараёнда сувдан ҳамма тузлар ажратиб олинади. Бунда дастлабки сув ҳам катионли, ҳам анионли алмашиниш учун ион алмашиниш

катрони катламидан ўтади (5.94-расм). Катионли ва анионли катламлар битта ёки турли қурилмаларда жойлаштирилган бўлиши мумкин.

Сувни минералсизлантириш жараёнида ҳамма минералларни ажратиб олиш имкони-ни беради ва тозаланган сув таркибида эриган каттик моддалар умуман бўлмайди ва сув жуда юкори сифатга эга бўлади. Агар дастлабки сувда эриган каттик зарралар микдори кўп бўлса, ион алмашиниш катрон катламининг тўлишига ва ишдан чиқишига олиб кела-ди. Бундай ҳол ўз навбатида эксплуатация сарфларини ошириб юборади. Бундай ҳолларда дастлабки сувни тозалаш ёки филтрлаш тавсия этилади.



5.94-расм. Сувни минералсизлантириш технологик схемаси:
1,2-сигимли идиш; 3- ишкорсизлантиригич; 4-дегазатор; 5-юмшатгич

Сув сифатининг қайта ишлаш жараёнига боғлиқлиги

5.10-жадвал

№	Жараён	Қаттиқлик		Чўкма ҳосил қил-майдиغان тузлар, ppm	ЭҚМ, ppm
		ишкорий	ишкорсиз		
1.	Ишлов берилмаган (хом) сув	200	50	60	310
2.	Оҳак билан юмшатиш	30	50	58	138
3.	Оҳак ва сода б-н юмшатиш	30	0	108	138
4.	Оҳак-содали ион алмашиниш	5	0	133	138
5.	Асосий ион алмашиниш	5	0	255	260
6.	Ишкорсизлантириш	5	50	60	115
7.	Ишкорсизлантириш+асосий ион алмашиниш	5	0	110	115
8.	Минералсизлантириш	1	0	2	3
9.	Тескари осмос	20	5	6	31

Сувни тозалаш жараёнларининг солиштирма нархи

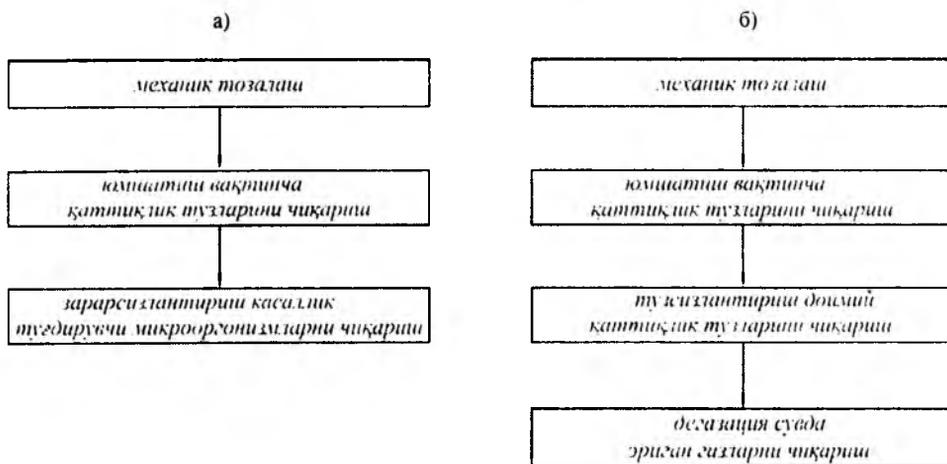
5.11-жадвал

№	Жараён	Сарфлар	
		Капитал нархи	эксплуатацион сарфлар
1.	Асосий ион алмашиниш	1	1
2.	Ишкорсизлантириш+асосий ион алмашиниш	4	2

Сувни тайёрлаш. Сув тайёрлашда қўлланиладиган техник воситалар, ёрдамчи ма-териалар, босқичлар ва бошқалар асосан ундан фойдаланиш соҳалар билан белгиланади.

Маълумки, сув кенг қўламда саноат ва инсон эҳтиёжлари учун ишлатилади. Шу сабабли, қўллаш соҳасига қараб саноат ва ичимлик сувларига бўлинади.

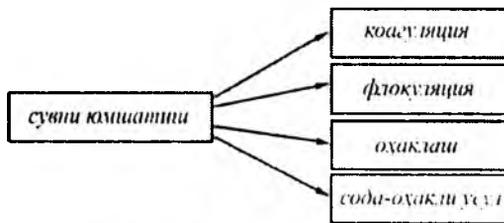
Ичимлик сувни тайёрлашда патоген микроорганизмларни йўқотиш билан боғлиқ. Шунинг учун сувни зарарсизлантириш муҳим аҳамиятга эга. Ўз навбатида саноат учун сувларни тайёрлаш аниқ корхонанинг сув сифатига бўлган талабларидан келиб чиқади.



5.95-расм. Ичимлик (а) ва техник (б) сувни тайёрлаш босқичлари.

Механик тозалаш. Умуман сув таъминот системаси сув олиш иншооти, насос станцияси, сув тайёрлаш иншооти, сақлаш идиши ва сув қувурларидан таркиб топган. Механик тозалаш ушбу: тиндириш, чўктириш, филтрлаш усулларида амалга оширилади. Юқорида қайд этилган жараёнлар 5-бобда батафсил баён этилган. Механик тозалашда эримаган аралашмалар, лойнинг муаллак заррачалари, кум заррачалари, занг бўлаклари ажратиб олинади.

Юмшатиш ва тузсизлантириш. Дастлабки тозалашдан ўтган сув таркибида дағал аралашмалар бўлмайди ва коллоид заррачалардан етарли даражада тозаланган бўлади. Лекин, аралашмаларнинг асосий қисми эриган ҳолатда бўлади ва албатта сув таркибидан чиқариб олиниши даркор. Кўпчилик каттиклик тузлари паст эрувчанликка эга. Юмшатиш усуллари 5.96-расмда келтирилган.



5.96-расм. Юмшатиш усуллари.

Коагуляция усулида сувни тозалаш унга реагент қўшилади ва унинг таъсирида коллоид заррачалар бир-бирига ёпишади ва йириклашади. Натижада заррачаларнинг самарали чўкиши ёки механик филтрларда ушланиши таъминланади. Коагуляция кўпгина технологик жараёнларда қўлланилади, шу жумладан сувни лойка, бактерия ва майда дисперс заррачалардан тозалаш учун ишлатилади.

Ион алмашиниш жараёни 7-бобда батафсил келтирилган.

Дегазация – бу сув таркибидаги эриган газлар (углерод оксиди, кислород, водород сульфид, хлор, метан) ни чиқариш жараёнидир. Ушбу эриган газлар сувнинг коррозия хоссаларини белгилайди ва кучайтиради, ҳамда унга ёқимсиз ҳидли бўлиши сабабчи бўлади. Дегазация усули танлаш сувдан чиқариладиган газ тури ва миқдори билан белгиланади.

Саноат миқёсида сувни дегазация қилишнинг қуйидаги усуллари мавжуд: физик ва кимёвий.

Физик усулда сувнинг температураси ёки чиқариладиган газнинг парциал босими ўзгартирилади. Ундан ташқари, аэрация қилиб сувдан турли газлар чиқарилади.

Кимёвий усулда сувда эриган газларни реагентлар қўшиб боғланади. Ундан ташқари, гидразин ёрдамида кислородни чиқариш мумкин.

Асосий дегазация мосламасидан кейин қолган кислородни чиқариб олиш учун факат гидразин қўлланилади.

Сув таркибидаги айрим газларга нисбатан термик аэрация универсалдир. Ушбу жараён сув бугланиши ёки сув буги шароитида кечади.

Гидразин-гидрат $N_2H_4 \cdot H_2O$ – бу рангсиз суюқлик, ҳаво таркибидаги сувни, углерод оксидини ва кислородни осон ютади. Гидразин-гидрат сув ва спиртда яхши эрийди, заҳарли ва кучли қайта тикланиш хоссаларга эга.

Гидразин ва сув орасидаги реакция гидразоний $N_2H_5^+$ иони ҳосил бўлиш билан кечади:



Юқори температураларда гидразин аммиак ва азотга парчланади:

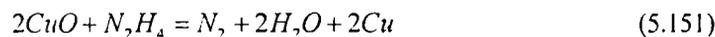
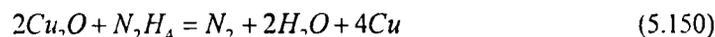
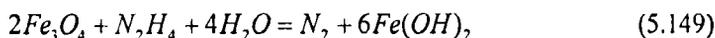
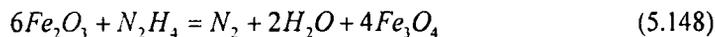


ёки



Температура ўсиши билан гидразинни парчланиш реакциясининг интенсивлиги ортади. Агар, рН кўлайиши билан гидразиннинг парчланиши секинлашади.

Конденсат таркибига гидразин киритилиши пўлатларнинг коррозиясини камайтиради, лекин кислород концентрациясига таъсир этмайди. Конденсат-таъминлаш трактига гидразин узатилиши қуйидаги реакцияларга олиб келади:



Гидразин сувга қўшилганда кислород боғланади ва инерт азот ажралиб чиқади:



Сувни дегазация қилиш учун физик ва кимёвий усуллар қўлланилади.

Кимёвий усул моҳияти шундаки, маълум турдаги реагентлардан фойдаланиб сувдаги газлар боғланади ва ажратиб олинади. Масалан, агар сув ичига натрий сульфати, олтингургурт оксиди ёки гидразин қўшиб кислород ажратиб олиш мумкин. Сувга натрий сульфит кири-

тилса, сувда эриган кислород билан натрий сульфатгача оксидланади:

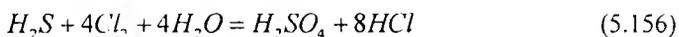


Олтингугурт оксиди гази ишлатилганда сулфит кислота кислота ҳосил килади:



Кислородни сувдан тўлик ажратишнинг энг самарали ажратиш имконини берадиган кимёвий реагент – бу гидразиндир. Гидразин ёрдамида сувдан кислородни ажратиш энг мукамал усулдир, аммо гидразин нархи юкори бўлгани учун энг киммат усул ҳисобланади. Шунинг учун, бу усул асосан физик усулдан кейин сувдан кислородни буткул йўқотиш учун хизмат килади.

Сувдан водород сульфидни ажратиш учун хлор ёрдамида кимёвий усулдан фойдаланилади:



Кимёвий усулларда газларни ажратишнинг бир катор камчиликлари бор:

- сувга ишлов бериш учун кимёвий реагентлардан фойдаланиш жараёни мураккаб-лаштиради ва кимматлаштиради;

- сувга қўшилаётган реагент микдори бузилса, сувнинг сифати ёмонлашади. Шу сабабли сувлардан газларни ажратиш нисбатан камрок қўлланилади.

Сувда эриган газларни физик усулда ажратишнинг 2 хил усули мавжуд:

1. агарда ҳаво таркиби чиқарилаётган газнинг парциал босими нолга якин бўлса, газдаги сув ҳаво билан тўкнаштирилади;

2. сувда газнинг эрувчанлиги нолга якин бўлишини таъминловчи шароитлар яратилади.

Биринчи усулда, яъни сувни аэрация қилиб, одатда эркин боғланган углерод оксиди ва водород сульфидлари ажратиб олинади, чунки ҳаво таркибидаги ушбу газларнинг парциал босими нолга якин.

Иккинчи усул сувдаги кислородни ажратиб олиш қўлланилади, чунки атмосфера ҳавоси таркибидаги кислороднинг парциал босими катта булганда аэрация усулида кислородни ажратиб булмайди. Кислородни сувдан ажратиш учун уни қайнаш ҳолатига етказилади ва бунда исталган газнинг сувда эрувчанлиги нолгача пасаяди. Одатда, сув қайнаш ҳолатига киздириб (термик деаэратор) ёки босим шу даражагача пасайтириладики, унга мос температурада сув қайнайди (вакуум дегазаторлари).

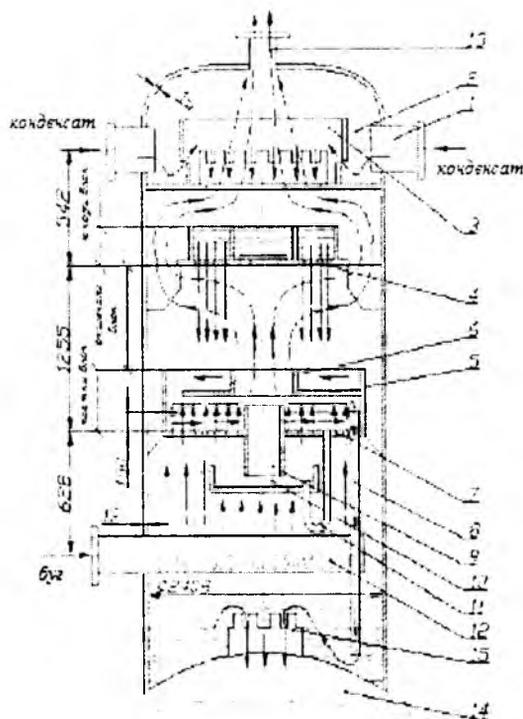
Деаэрацион колонна қобик, халқасимон қабул қилувчи идиш, аралаштириш мосламаси, тепа ва пастки блоклар, иситувчи буғ ва иссик дренаж оқимларини узатиш коллекторларидан таркиб топган (5.97-расм).

Қобик диаметри 2408 мм ли пўлат цилиндр кўринишида бўлиб, қалинлиги 12 мм ли пўлат листдан тайёрланган ва унга сферик қопқок пайвандланган. Колонка қобиғи деаэрацион бак 14 га пайвандланган. Қобикнинг тепа қисмида конденсатнинг совук оқимлари учун халқасимон қабул қилувчи идиш 2 жойлантирилган. Идишнинг ички обечайкалари тўртбурчак шаклдаги кузатиш ойналари билан таъминланган ва у орқали конденсат аралаштириш мосламасига тушади. Аралаштириш мосламаси 3 конденсатнинг совук оқимларини аралаштириш учун мўлжалланган. Тепа блок ички ва ташқи обечайка ва элаксимон панжара 4 лардан иборат ва унинг пастки томони қобикка пайвандланган. Пастки блок қуйилиш листи 7, тўртта қуйилиш трубалари 8, буғ ўтказиш патрубкиси 9, тоғара 10 ва иккита ўтказиш патрубкарларидан таркиб топган. Пастки блок остида иситувчи буғ ва иссик дренаж оқимларини узатиш коллектори ўрнатилган. Коллектор диаметри 325 мм ли тешиқлар қилинган трубадан иборат. Тешиқлар унинг пастки

томонида етти катор қилиб ясалган бўлиб, буғни бутун колонка бўшлиғига бир текисда таксимлаб беради.

Конденсатнинг совуқ оқимлари кириш штуцери 1 дан халкасимон қабул идиши 2 га ва ундан сўнг тўғри тўртбурчак ойналар орқали аралаштириш мосламаси 3 га узатилади. Конденсат миқдори маълум баландликка етгандан кейин бутун периметр бўйлаб элаксимон панжара 4 тўкилади.

Тепла блокдан тешик днишchedан ўтган конденсат ингичка оқимчаларга бўлинади. Оқимчали бўлимдан ўтган тўйиниш температурасига кизиган конденсат пастки блокка конденсат конденсат тушади. Аввал куйилиш листи 5, сўнг тешикли лист 7 орқали ўтиб, сув чапдан ўнгга ҳаракатланади ва буғ билан тўкнашади. Натижада сув тўйиниш температурасига киздирилади ва буткул эриган газлардан озод бўлади. Барботаж листи охирида куйилиш грубкалари 8 орқали колоннанинг пастки қисмига тўкиш йўли 15 дан деаэратор идиши 14 оқиб тушади.



5.97-рasm. Деаэрацион колонна.

1-конденсат кириш штуцери, 2-халкасимон қабул идиши, 3-аралаштириш мосламаси, 4-элаксимон панжара, 5-қуйилиш листи, 6-буғ ўтиш йўли, 7-тешикли лист, 8-қуйилиш трубалари, 9-буғ ўтказиш патрубкеси, 10-тоғора; 11-сув ўтказиш трубеси, 12- тешикли коллектор, 13- буғ чиқиш штуцери, 14-деаэратор идиши; 15-тўкиш йўли

Иситувчи буғ тешикли коллектор 12 дан барботаж листи остига узатилади. Унда сув буғ билан интенсив тўкнашувга учрайди ва чуқур, мўътадил дегазация содир бўлади.

Конденсацияланмаган буғ ва сувдан ажралиб чиққан газлар юқорига кўтарилади ва буғ ўтиш йўли 6 орқали оқимчали блокка ўтади.

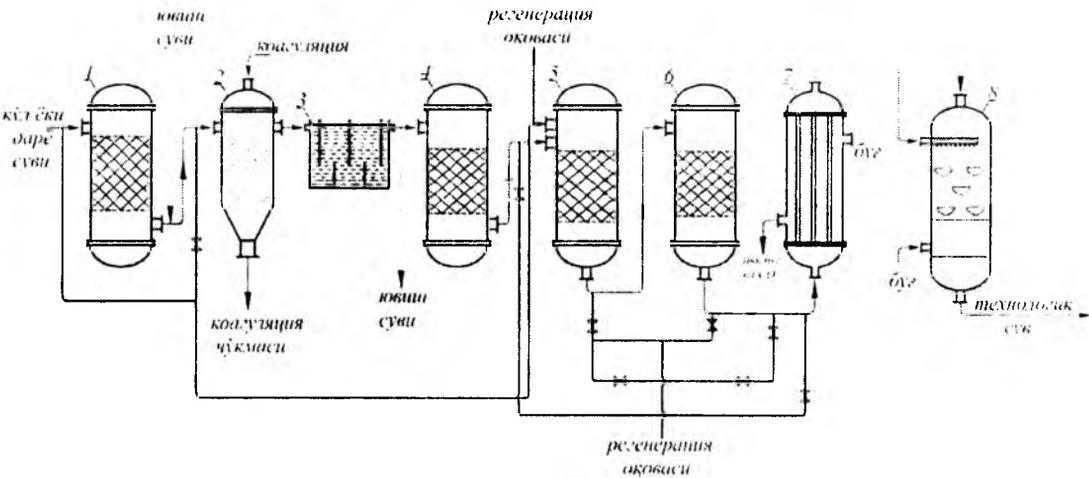
Унумдорлик ва буғ сарфлари ортиши билан буғ барботаж листни четлаб гидрозатворнинг буғ ўтказиш патрубкеси 9 орқали оқимчали блокка боради. Ушбу блокка юқорига ҳаракатланаётган буғ элаксимон днишchedан тушаётган сув билан тўкнашади. Бунда буғ билан сув аралашади, колонкада тўйинишга яқин температурасигача иситилади ва дастлабки дегазация содир бўлади. Иситувчи буғ сув оқимчаларига қўшилиб кетади.

Конденсацияланмаган буғ ва сувдан ажралиб чиққан газлар тепа блок ва қобик орасидаги тирқишдан колонка тепа қисмига чиқади, ҳамда сув оқимларини иситиш ва

колонка вентиляциясини таъминлайди. Сўнг, буғ ва газдан иборат аралашма штуцер 13 орқали ташқарига чиқариб юборилади.

Техник сувни тайёрлаш технологияси. Саноат корхонаси учун сув тайёрлаш технологияси 5.98-расмда келтирилган.

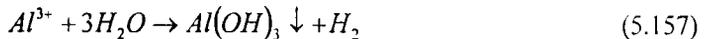
Кўл ёки дарё суви насослар ёрдамида сув тайёрлашнинг биринчи босқичи - механик тозалаш учун узатилади. Қумли, шағалли ёки антрацитли механик филтрлардан ўтиб дағал аралашмалардан тозаланadi. Механик филтрда сув напорининг йўқотилиши рухсат этилган максимал кўрсаткичга етганда ёки филтрланган сувнинг тиниклиги пасайганда, филтрлаш жараёни тўхтатилади ва филтрни чўкмадан тозалашга киришилади. Бунинг учун сув ёрдамида филтр ювилади. Одатда, бир катламли филтрни ювиш учун 5...6 минут кетади. Кейин сув коагуляция қилиш учун тиндиргичга қуйидаги коагулянт эритмалари $AlCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$; $FeCl_3$; $Fe_2(SO_4)_3$ узатилади. Бунда темир ва алюминий гидрооксидлари ҳосил бўлиди ва чўкмага тушади. Шунинг ҳам таъкидлаш лозимки, юқори қайд этилганлар билан бирга коллоид ифлосликлар ва оғир металл гидрооксидлари ҳам чўқади.



5.98-расм. Саноат корхонаси учун сув тайёрлаш технологик схемаси.

1-механик филтр; 2-тиндиргич; 3-чўқтириш камераси; 4,5-катионли филтр; 6-анионли филтр; 7-ионитч; 8-дегазатор
 А-ювувчи сув, В-коагуляция чўкмаси, С-регенерация оқовалари, Д-коагулянт, Е-буғ, F-иққиламчи буғ ва CO_2

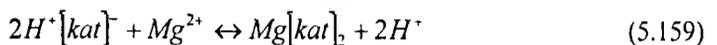
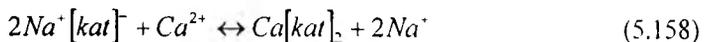
Масалан:



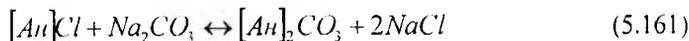
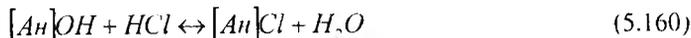
Тиндиргичда тозаланган сув чўқтиригичга узатилади ва у ерда коагуляция жараёнида чўкмаган заррачалар чўқтирилади. Бунинг учун механик филтрлар сув билан тўлдирилади ва чўкмаган заррачалардан тозаланadi.

Тозаланган сув доимий қаттиқлик тузларини ажратиш учун ион алмашиниш қурилмасига узатилади. Сув, бир неча ион алмашиниш қатронли тозалаш филтрларидан ўтказилади. Бунда, Na , H ионит катионлари сувдаги Ca^{2+} , Mg^{2+} катионлари билан ўрин алмашади.

Масалан: катионитли тозалаш



анионитли тозалаш



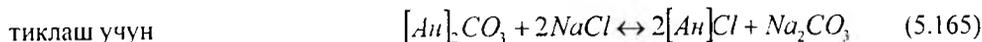
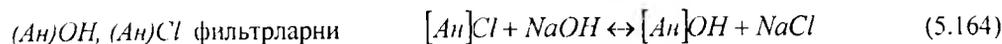
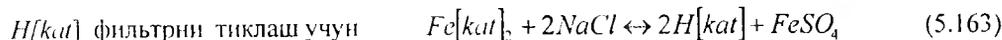
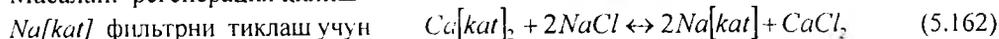
Ион алмашиниш усулида тозалашни ўтказиш шартлари:

- $t=30^{\circ}C$, температура $<10^{\circ}C$ да ион алмашиниш усулида тозалаш тезлиги жуда паст, агар $>54^{\circ}C$ бўлса, катрон деструкцияга учрайди;

- $pH=6.5 \dots 8.5$, агар $pH=4$ да диффузия тезлиги пасаяди, агар $pH>9$ да ион алмашиниш усулида тозалаш тезлиги пасаяди, чунки туз катионлари сакраб ўтиб кетади.

Филтрни регенерациялаш вакти аналитик усулда аникланади, яъни бунга напорнинг пасайиши ёки сувнинг каттиклининг ортиши илк белги бўлади. Ионитларни регенерация қилиш учун фаол ион (Na , H , OH , Cl) лари бўлган эритмалар қўлланилади.

Масалан: регенерация қилиш

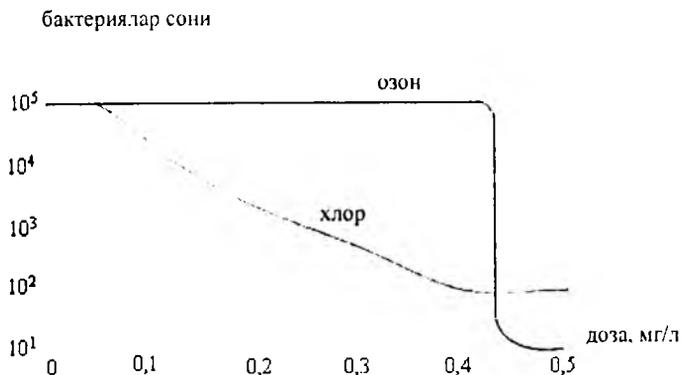


Регенерация давомийлиги куйидаги параметрларга боғлиқ: ионит ҳажми, унинг ютиш қобилияти, сувдаги аралашмалар концентрацияси; умумий каттиклик ва ҳ.

Зарарсизлантириш – бу сувдан бактерия, вируслар микроблари ва спораларни ажратиб олиш жараёнидир.

Бактерияларни йўқотиш учун сувга дезинфекцияловчи моддалар қўшилади. Қанчалик кўп дезинфекцияловчи моддалар қўшилса, шунчалик унинг бактерия таъсири самаралидир. Дезинфекцияловчи модда микдори сувдаги органик моддалар, сувнинг температураси ва сувнинг дезинфекцияловчи моддалар билан фаол реакциясининг қийматига боғлиқ.

Дезинфекцияловчи модда сифатида хлор қанчалик кўп ишлатилса, шунчалик сув бактериялар кам қолади (5.99-расм).



5.99-расм. Сувдаги бактериялар сонининг дезинфекцияловчи модда микдорига боғлиқлиги.

Озон учун хлорнинг дезинфекцияловчи таъсири маълум бир критик миқдорни, яъни қайта ишланаётган бир литр сувга газдаги озон миқдори 0,4...0,5 мг ташкил этади. Шуни алоҳида қайд этиш керакки, бунда сувнинг тўлиқ инактивацияси рўй беради.

5.37. Мембранали жараён ва қурилмаларни ҳисоблаш

Мембранали қурилмаларнинг ҳисоби технологик, гидравлик ва механик ҳисоблардан иборат. Эритма иситилса ёки совутилса, жараён иссиқлик ҳисоби ҳам ўтказилиши керак. Технологик ҳисоблашларда мембрананинг ишчи юзаси, суюқликлар сарфи ва таркиби аниқланади. Гидравлик ҳисоблашдан мақсад – қурилма ва арматураларнинг гидравлик қаршиликларини аниқлашдир. Механик ҳисоб эса, қурилма қисмларининг ўлчамларини аниқлаш ва ишчи босим учун тўғри келадиган арматура танлашдан иборат. Иссиқлик ҳисоблашга эса, иссиқлик алмашилиш юзасини ва иссиқлик элткичлар сарфини аниқлаш киради.

Моддий баланс. Одатда, мембранали жараёнлар ўзгармас температура ва босимда олиб борилади. Бошланғич эритманинг сарфи L_0 (кг/соат) ва унинг таркиби c_0 (кг/кг) пермеатнинг концентрацияси c_2 (кг/кг), ва қурилмадан чиқаётган пермеат миқдори a :

$$a = \frac{W}{L_0} \quad (5.166)$$

бу ерда, W – пермеат сарфи, кг/соат.

Пермеат a чиқиши бўйича унинг миқдори аниқланади:

$$W = a \cdot L_0 \quad (5.167)$$

Оқимлар бўйича моддий баланс:

$$L_0 = L - W \quad (5.168)$$

L – ретант (концентрат) сарфи:

$$L = L_0 - W \quad (5.169)$$

Компонент бўйича моддий баланс:

$$L_0 c_0 = L c_1 - W c_2 \quad (5.170)$$

(5.169) тенгламани инобатга олганда, ретант таркибини ушбу формуладан топилади:

$$c_1 = \frac{L_0 c_0 - W c_2}{L_0 - W} \quad (5.171)$$

$$c_1 = \frac{c_0 \left(\frac{W}{L_0} \right) \cdot c_2}{1 - \frac{W}{L_0}} \quad (5.172)$$

Келтириб чиқарилган (5.171) ва (3.172) тенгламалар бошқа турдаги мембраналарни ҳисоблаш учун ҳам қўллаш мумкин.

Агар (5.166) тенгликни инобатга олсак, ҳисоблаш формуласи қуйидагича бўлади:

$$c_1 = (c_0 - ac_2) \cdot (1 - a) \quad (5.173)$$

Мембрана устидаги ажратилаётган эритманинг таркибига қараб мембрананинг со-
лиштирма унумдорлиги ушбу функция орқали аниқланади:

$$G = f(c_1) \quad (5.174)$$

Агар G ва c_1 катталиклар маълум бўлса ва (5.167) тенглamani ҳисобга олсак (5.137),
формуладан ярим ўтказувчан мембрананинг юзаси F ни топиш мумкин:

$$F = \frac{W}{G} = \frac{aL_0}{f(c_1)} \quad (5.175)$$

Мембрана юзасини ҳисоблаш – масса ўтказишнинг асосий тенгламаси ёрдамида олиб
борилади. Мембрана орқали ўтаётган модданинг миқдорини, масса ўтказишнинг асосий ки-
нетик тенгламасидан аниқлаш мумкин:

$$M = KF\Delta_{yp} \tau \quad (5.176)$$

бу ерда, K – масса ўтказиш коэффициенти, F – мембрана ишчи юзаси, Δ_{yp} – мембрнали ажратиш жараёнининг ҳаракатга кел-
тирувчи кучи, τ – жараен давомийлиги.

(5.176) тенгламадан мембрананинг ишчи юзаси топилади:

$$F = \frac{M}{K\Delta_{yp} \tau} \quad (5.177)$$

бу ерда, M – мембрана орқали ўтган компонент миқдори, моддий баланс орқали аниқланади.

Мембрана орқали модда ўтиш пайтида масса ўтказиш коэффициенти K ни ушбу
формуладан топилади:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\beta_1} + \frac{\delta}{\lambda_M} + \frac{1}{\beta_2}} \quad (5.178)$$

бу ерда, β_1 – ажратилаётган окимдан мембрана юзасига масса бериш коэффициенти, δ – мембрана қалинлиги, λ_M – мембрана-
нинг масса ўтказувчанлик коэффициенти, β_2 – мембранадан пермеат окимига масса бериш коэффициенти.

Масса ўтказиш коэффициентининг тескари қиймати масса ўтказишга кўрсатилган қар-
шилиқни кўрсатади:

$$\frac{1}{K} = R = r_1 + r_M + r_2 = \frac{1}{\beta_1} + \frac{\delta}{\lambda_M} + \frac{1}{\beta_2} \quad (5.179)$$

бу ерда, $r_1 = 1/\beta_1$, $r_2 = 1/\beta_2$ – масса беришга кўрсатилган қаршилиқлар, $r_M = \delta / \lambda_M$ – мембрандаги масса ўтиш жараёнига қар-
шилиқ ва $r \gg (r_1 + r_2) r_M$ ни аниқлаш учун қўпинча тажриба ўтказиш керак бўлади.

Ундан ташқари Δ_{yp} ни аниқлаш ҳам осон эмас.

5-боб. Тескари осмос ва ультрафилтрлаш бўйича Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Тескари осмос нима?
2. Пермеат ва ретант нима?
3. Мембрана нима?
4. Ультрафилтрлаш жараёнининг механизмини тушунтиринг.
5. Осмотик босим нима?
6. Диализ нима?
7. Баромембран, диффузион-мембранали, термомембран жараёнларни таърифлаб берилинг.
8. Ясси юзали, мембрана элементли қурилма конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
9. Цилиндрик мембрана элементли қурилма конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
10. Ҷрамли филтр элементли қурилма конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
11. Ичи бўш, толалари параллел жойлаштирилган мембрана элементли қурилма конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
12. Ичи бўш, даста толали мембрана элементли қурилма конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
13. Ичи бўш, U-симон толали мембранали қурилма конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
14. Мембранали қурилмаларни ҳисоблаш кетма-кетлиги.

ИССИҚЛИК ҲТКАЗИШ

6.1. Умумий тушунчалар

Температураси юкори бўлган жисмдан температураси паст жисмга иссиқликнинг Ҳз - Ҳзидан, кайтмас Ҳтиш жараёнига *иссиқлик алмашиниш* дейилади.

Жараёни ҳаракатга келтирувчи кучи, бу ҳар хил температурали бўлган жисмларнинг температуралар фаркидир. Термодинамиканинг 2-қонунига биноан, иссиқлик ҳар доим температураси юкори жисмдан температураси паст жисмга Ҳтади.

Иссиқлик (иссиқлик миқдори) – бу иссиқлик алмашиниш жараёнининг энергетик характеристикаси бўлиб, жараён мобайнида узатилган ёки олинган энергия миқдори билан белгиланади.

Иссиқлик алмашиниш жараёнида иштирок этувчи жисмлар иссиқлик ташувчи элтқич ёки *иссиқлик элтқич* деб номланади (6.1-жадвал) . Иссиқлик Ҳтказиш – иссиқлик энергиясининг тарқалиш жараёнлари тўғрисидаги фан.

Иссиқлик алмашиниш жараёнларига иситиш, совитиш, конденсациялаш, бугланиш ва буглатишлар киради. Ушбу жараёнларни амалга ошириш учун мўлжалланган қурилмалар *иссиқлик алмашиниш* қурилмалари деб аталади.

Маълумки, иссиқлик алмашиниш жараёнларида камида 2 та турли температурали муҳитлар иштирок этади. Ҳз иссиқлик энергиясини узатувчи, юкори температурали муҳит – *иссиқлик элтқич* деб аталса, иссиқлик энергиясини қабул қилувчи паст температурали муҳит эса – *совуқлик элтқич* деб аталади.

Иссиқлик ва совуқлик элтқичлар кимёвий бардошли бўлиши, қурилмаларини емирмаслиги ва унинг деворларида қаттиқ, ғовак, қуйқа ҳосил қилмаслиги керак. Шунинг учун, иссиқлик ёки совуқлик элтқичларни танлашда жараён температураси, нархи ва уларни қўлланиш соҳалари қаби кўрсатқичларга қатга аҳамият бериш керак.

Иссиқлик асосан 3 хил усулда тарқалади: иссиқлик Ҳтказувчанлик, иссиқлик нурланиши ва конвекция.

Иссиқлик Ҳтказувчанлик – бу бир-бирига бевосита тегиб турувчи микрозаррачаларнинг тартибсиз (иссиқлик) ҳаракати туфайли иссиқлик тарқалишига айтилади. Бу молекулалар (газлар, томчили суюқликлар), ёки атомлар (қаттиқ жисм кристаллик панжараларида), ёки эркин электронлар диффузияси (металларда) ҳаракатлари бўлиши мумкин. Қаттиқ жисмларда иссиқликнинг тарқалиши асосан иссиқлик Ҳтказувчанлик усулида амалга ошади.

Конвекция – бу макроскопик ҳажмдаги газ ёки суюқликларнинг ҳаракати ва аралашishi туфайли иссиқликнинг тарқалишидир. Иссиқлик тарқалиши табиий ёки эркин конвекция усулида, яъни суюқлик ёки газларнинг турли нукталаридаги зичликларнинг фарқи туфайли содир бўлади. Иккинчи усул, бу мажбурий конвекциядир, яъни бутун суюқлик ҳажмининг мажбурий ҳаракати туфайли рўй беради.

Иссиқлик нурланиши – бу нурланувчи жисм атом ёки молекулаларининг иссиқлик ҳаракати туфайли турли узунликлардаги тўлқинларнинг электромагнит тебраниши орқали тарқалишидир. Ҳамма жисмлар энергия тарқатиши мумкин ва уни бошқа жисмлар ютиб олади ва яна иссиқликка айланади. Нурланиш иссиқлиги нур тарқалиш ва нур ютишларнинг йиғиндисидан иборатдир.

Температураси турли бўлган муҳитлар орасида иссиқлик Ҳтказиш турғун ва нотурғун шароитларда амалга ошиши мумкин.

Турғун жараёнларда қурилманинг температура майдони вақт Ҳтиши билан Ҳзгармайди. Нотурғун жараёнларда эса, вақт Ҳтиши билан температура Ҳзгаради. Узлуксиз ишлайдиган қурилмаларда жараёнлар турғун боради, узлукли (даврий) ишлайдиган қурилмаларда эса –

жараёнлар нотургун бўлади. Ундан ташкари, даврий ишлайдиган қурилмаларни юргизиш ва тўхтатиш ҳамда иш режимлари ўзгарган ҳолларда нотургун жараёнлар содир бўлади.

Иссиқлик ўтказиш жараёнининг асосий кинетик характеристикалари бўлиб, ўртача температуралар фарқи, иссиқлик ўтказиш коэффициентлари ва узатилаётган иссиқлик миқдорлари ҳисобланади.

Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблашда қуйидаги параметрлар топилади:

1. Иссиқлик оқими (қурилманинг иссиқлик юкламаси), яъни иссиқлик миқдори Q ҳисобланади. Иссиқлик оқимини аниқлаш учун иссиқлик баланси тузилади ва Q га нисбатан ечиб топилади;

2. Берилган вақт ичида зарур иссиқлик миқдорини узатишни таъминловчи қурилманинг иссиқлик алмашилиш юзаси F аниқланади. Бунинг учун иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламасидан фойдаланилади.

Иссиқлик (совуқлик) элткичларининг энг кенг тарқалган турлари

6.1-жадвал

т/р	Иссиқлик элткичининг номи	Ишчи шароитлар	
		Температура, °С	Босим, МПа
1.	Гелий	≤ -272	≤ 0,1
2.	Водород	≤ -257	≤ 1,0
3.	Азот, кислород, ҳаво	≤ -210	≤ 20,0
4.	Метан	-100...-160	≤ 4,0
5.	Этан, этилен, фреонлар	-70...-150	≤ 4,0
6.	Аммиак, олтингугурт ва углерод диоксида, фреон -12,22	0...-70	≤ 1,5
7.	Этиленгликоль	0...-65	≤ 0,1
8.	Кальций хлорид эритмаси	0...-50	≤ 0,1
9.	Фреон -11, 21, 113, 114	0...-10	≤ 0,3
10.	Сув	0...100	0,1
11.	Тўйинган сув буги	100...374	0,1...22,5
12.	Газойль	0...250	0,1...4,0
13.	Дифенил, дифенилоксид, дифенил аралашмалари (юқори температурали органик иссиқлик элткичлар)	200...300	0,1
14.	Силиконлар (юқори молекулали кремний органик бирикма)	260...350	0,1...0,6
15.	Қалай ва сурмаларнинг кўрғошин билан қотишмаси	320	0,1
16.	НТС қуюқ эритмаси (40% NaNO ₂ , 17% NaNO ₃ ва 53% KNO ₃)	400	0,1
17.	Тутун газлари	150...530	0,1
18.	Қаттиқ иссиқлик элткичлар (шамот, алунд ва хоказо)	420...1000	0,1
19.	Газлардан электр разряди ўтганда ҳосил бўлган газлар	≤ 1500	0,1
		≤ 3500	0,1

Иссиқлик асосан 3 усулда узатилиши мумкин. *Иссиқлик ўтказувчанлик, конвекция ва иссиқлик нурланиши.*

6.1.1. Иссиқлик баланси

Температураси юқори иссиқлик элткичдан берилаётган иссиқлик миқдори Q_1 температураси паст элткични иситиш учун Q_2 ва маълум бир қисми қурилмадан атроф-муҳитга йўқотилаётган иссиқлик ўрнини тўлдириш учун $Q_{\text{айқ}}$ сарф бўлади. Одатда, иссиқлик қопламали қурилмалар учун $Q_{\text{айқ}}$ миқдори фойдали иссиқлик миқдорининг 3...5% ни ташкил этади. Шунинг учун, бу турдаги қурилмаларни ҳисоблашда $Q_{\text{айқ}}$ ни эътиборга олмас ҳам бўлади. Унда, иссиқлик баланси қуйидаги тенглик билан ифодаланиши мумкин:

$$Q = Q_1 = Q_2 \quad (6.1)$$

бу ерда, Q – курилманинг иссиқлик юкламаси.

Агар элтқичнинг массавий сарфи G_1 , унинг курилмага кириш энтальпияси $I_{1в}$ ва чиқишдагиси эса $I_{1ч}$, совуқлик элтқичнинг сарфи G_2 курилмага киришдаги энтальпияси $I_{2в}$ ва чиқишдагиси $I_{2ч}$ бўлганда (6.1) тенгликни ушбу кўринишни олади:

$$Q = G_1(I_{1в} - I_{1ч}) = G_2(I_{2в} - I_{2ч}) \quad (6.2)$$

Агар иссиқлик алмашиниш жараёнида иссиқлик элтқичнинг агрегат ҳолати ўзгармаса, унда унинг энтальпияси ушбу кўринишда ифодаланади:

$$\begin{aligned} I_{1в} &= c_{1в}t_{1в} & I_{1ч} &= c_{1ч}t_{1ч} \\ I_{2в} &= c_{2в}t_{2в} & I_{2ч} &= c_{2ч}t_{2ч} \end{aligned} \quad (6.3)$$

Одатда, техник ҳисобларда маълум температура учун энтальпия қиймати жадвал ва диаграммалардан топилади. Агар иккала элтқичнинг солиштирма иссиқлик сифимлари (c_1 ва c_2) температурага боғлиқ эмас деб ҳисобланса, унда иссиқлик баланснинг тенгламаси куйидаги кўринишни олади:

$$Q = G_1c_1(t_{1в} - t_{1ч}) = G_2c_2(t_{2в} - t_{2ч}) \quad (6.4)$$

6.1.2. Температура майдони ва градиенти

Муҳитларда иссиқлик оқими ва температуранинг тақсимланиши ўртасидаги боғлиқликни аниқлаш иссиқлик алмашиниш назариясининг асосий вазифаларидан биридир.

Текширилаётган муҳитнинг ҳамма нукталари учун исталган бирор вақтдаги температура қийматлари мажмуига *температура майдони* дейилади.

Энг умумий ҳолатда маълум бир нуктадаги температура t шу нуктанинг координаталари (x, y, z)га боғлиқ бўлади ва вақт τ ўтиши билан ўзгаради. Демак, температура майдонини ушбу функция билан ифодалаш мумкин:

$$\tau = f(x, y, z, t) \quad (6.5)$$

Ушбу боғлиқлик турғун температура майдонини ифодаловчи тенгламадир.

Хусусий ҳолатда (6.5) тенглама факат фазовий координаталар функцияси, яъни:

$$t = f(x, y, z) \quad (6.6)$$

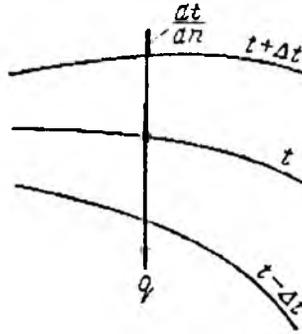
ва унга тегишли турғун температура майдонини ифодалади.

Агар жисмда бирор текислик ўтказилса ва ушбу текисликдаги бир хил температурали нукталарни бирлаштирсак, ўзгармас температурали қизиқ (изотерма) га эга бўламиз. Температураси бир хил нукталардан ташкил топган жисмнинг юзаси *изотермик юза* деб номланади.

Иккита бир-бирига яқин жойлашган изотермик юзаларнинг температуралар фарқи Δt бўлса, улар орасидаги энг қисқа масофа Δl бўлади (6.1-расм). Агар иккала изотермик юзалар бир-бирига яқинлашиб борса $\frac{\Delta t}{\Delta l}$ нисбат ушбу чегарага интилади:

$$\lim_{\Delta n \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta t}{\Delta n} \right) = \frac{\partial t}{\partial n} = \text{grad} t \quad (6.7)$$

Изотермик юзага нормал бўйича йўналган температура хосиласи *температура градиенти* деб номланади.



6.1-расм. Температура градиентини аниқлашга оид.

Температура градиенти вектор катталиқдир.

Температура градиенти нолга тенг бўлмаган ($\text{grad} t \neq 0$) шароитдагина иссиқлик оқими ҳосил бўлиши мумкин. Маълумки, иссиқлик оқими ҳар доим температура градиенти чизиги бўйлаб ҳаракат қилади. Лекин унинг ҳаракат йўналиши температура градиентига қарама-қарши бўлади.

6.2. Иссиқлик ўтказувчанлик

Фурье қонуни. Қаттиқ жисмларда иссиқлик тарқалиш жараёнини тажрибавий ўрганиш натижасида Фурье (1768–1830) иссиқлик ўтказувчанликнинг асосий қонунини кашф этди. Ушбу қонунга биноан, иссиқлик ўтказувчанлик орқали узатилган иссиқлик микдори dQ температура градиенти $\partial t / \partial n$, вақт $d\tau$ га ва иссиқлик оқими йўналишига перпендикуляр бўлган майдон юзаси dF га тўғри пропорционал бўлади, яъни:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF \cdot d\tau \quad (6.8)$$

(6.8) формуладаги пропорционаллик коэффициенти λ *иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти* деб аталади. Бу коэффициент жисмнинг иссиқлик ўтказиш қобилиятини характерлайди ва қуйидаги ўлчов бирлигига эга:

$$[\lambda] = \left[\frac{dQ \partial n}{\partial t dF \cdot d\tau} \right] = \left[\frac{\text{Ж} \cdot \text{м}}{\text{К} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}} \right] = \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \right]$$

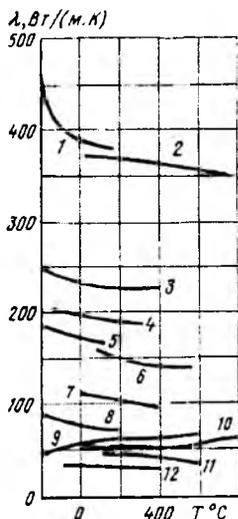
Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти иссиқлик алмашиниш юза бирлигидан (1 м^2) вақт бирлиги давомида изотермик юзага нормал бўлган 1 м узунликка тўғри келган температураларнинг 1 К ($^{\circ}\text{C}$) га пасайиши вақтида узатилган иссиқлик микдорини ифодалайди.

Жисмларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти унинг таркиби, физик-кимёвий хоссалари, температура, босим ва бошқа катталиқларга боғлиқ. Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти турли материаллар учун қуйидаги ораликда бўлади:

- газлар учун
- суюкликлар учун
- иссиклик коплама ва курилиш материаллари учун
- металллар учун

- 0,005...0,165 Вт/(м·К);
- 0,080...0,7 Вт/(м·К);
- 0,220...3,0 Вт/(м·К);
- 2,3...458,0 Вт/(м·К).

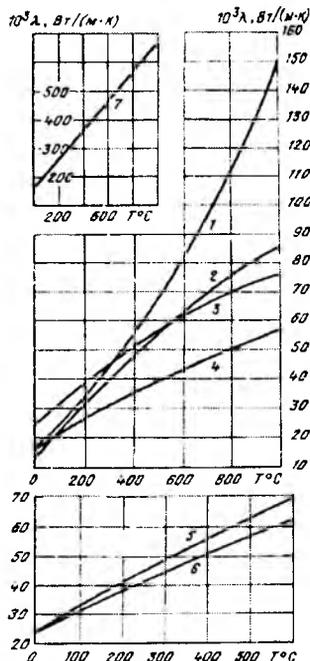
Кимё ва бошка саноатларда қўлланиладиган айрим металллар иссиклик ўтказувчанлик коэффициентлари куйидаги кийматларга эга: легирланган пўлат - 14...23; кўрғошин - 35; углеродли пўлат - 45; никель - 58; чўян - 63; алюминий - 204; мис - 384; кумуш - 458 Вт/(м·К). Саноатда энг кўп қўлланиладиган металллар ва суюкликлар иссиклик ўтказувчанлик коэффициентлари 6.2 ва 6.3 - расмларда келтирилган.



6.2-расм. Айрим металлларнинг иссиклик

ўтказувчанлик коэффициентлари:

- 1-тоза мис, 2-мис 99,9%; 3-алюминий 99,7%; 4-алюминий 99,0%, 5-тоза марганец, 6-марганец 99,6% ; 7- рух 99,8%, 8-тоза платина, 9-никель 99%, 10-никель 99,2%, 11-темир 99,2%; 12-техник тоза кўрғошин 99,95%.



6.3-расм. Турли газлар иссиклик

ўтказувчанлик коэффициентлари:

- 1-сув буги, 2-углекислота,
- 3-хаво, 4-аргон; 5-кислород;
- 6- азот, 7- водород.

6.2.1. Иссиклик ўтказувчанликнинг дифференциал тенгласи

Иссиклик ўтказувчанлик йўли билан иссикликнинг таркалиши математик усулда дифференциал тенглама билан ифодаланиши мумкин. Ушбу тенглама энергиянинг сақланиш қонуни асосида келтириб чиқарилади ва иссиклик таркатаётган жисм ёки муҳитнинг физик хоссалари (зичлик ρ , иссиклик сиғим c , иссиклик ўтказувчанлик λ) ҳамма йўналишларда ва вақт ўтиши билан ўзгармайди деб қабул қилинади. Иссиклик ўтказувчанликнинг дифференциал тенгласини келтириб чиқариш учун каттик жисмдан қирралари dx , dy ва dz бўлган элементар параллелепипед ажратиб олинади (6.4-расм).

6.4-расм. Фурьенг иссиклик ўтказувчанлик тенгласига оид.

Агар параллелепипеднинг чап орқа ва остки томонларидан $d\tau$ вақт мобайнида Q_x , Q_y ва Q_z микдорда

иссиклик кирса, карама-қарши - ўнг, олд ва устки – томонларидан эса ўз навбатида Q_{x+dx} , Q_{y+dy} ва Q_{z+dz} микдорда иссиклик чиқади.

Бирор $d\tau$ вақт ичида параллелепипедга кирган ва ундан чиққан иссикликларнинг фарқи ушбу ифодадан топилади:

$$dQ = (Q_x - Q_{x+dx}) + (Q_y - Q_{y+dy}) + (Q_z - Q_{z+dz}) \quad (6.9)$$

Фурье конунига биноан (4.9) тенгламани куйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$Q_x = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} dydzd\tau$$

$$Q_{x+dx} = -\lambda \frac{\partial \left(t + \frac{\partial t}{\partial x} dx \right)}{\partial x} dydzd\tau = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} dydzd\tau - \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} dx dydzd\tau$$

Демак,

$$Q_x - Q_{x+dx} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} dx dydzd\tau \quad (6.10)$$

Юқоридаги усулдан фойдаланиб, колган кирралар орқали ўтган иссиклик микдорлари аниқланади:

$$Q_y - Q_{y+dy} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} dx dydzd\tau \quad (6.11)$$

$$Q_z - Q_{z+dz} = \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} dx dydzd\tau \quad (6.12)$$

(6.11)...(6.13) тенгламаларнинг чап ва ўнг томонларини қўшиб, куйидаги кўринишга эга бўламыз:

$$dQ = \lambda \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) dx dydzd\tau \quad (6.13)$$

Энергия сакланиш конунига биноан, dQ иссиклик микдорининг фарқи $d\tau$ вақт ичида параллелепипед энталпиясининг ўзгаришига сарфланаётган иссиклик микдорига тенг бўлади, яъни:

$$dQ = c\rho dx dydz \frac{\partial t}{\partial \tau} d\tau \quad (6.14)$$

бу ерда, c – материалнинг солиштирма иссиклик сизими.

(6.13) ва (6.14) ифодаларни солиштириш натижасида Фурьенинг иссиклик ўтказувчанлик дифференциал тенгламасини оламиз:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad (6.15)$$

(6.15) тенгламадаги $\lambda/(c\rho)$ пропорционаллик кўпайтмаси температура ўтказувчанлик коэффициентига деб номланади ва куйидаги ўлчов бирлигига эга:

$$[a] = \left[\frac{\lambda}{c\rho} \right] = \left[\frac{\frac{Вт}{м \cdot К}}{\frac{Кг}{м^3} \cdot \frac{К}{м^2}} \right] = \left[\frac{\frac{Ж}{с \cdot м \cdot К}}{\frac{Кг}{м^3} \cdot \frac{К}{м^2}} \right] = \left[\frac{м^2}{с} \right]$$

Ушбу коэффициент жисмнинг иссиклик ўтказиш қобилиятини характерлайди.

Одатда, Фурьенинг иссиқлик ўтказувчанлик дифференциал тенгламаси ушбу кўринишда ёзилади:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad \text{ёки} \quad \frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \nabla^2 \cdot t \quad (6.16)$$

Иссиқлик алмашилиш қурилмаларининг иситиш юзалари текис, цилиндрик ёки сферик шаклда бўлиши мумкин.

Шунинг учун, юқорида кайд этилган геометрик шаклли деворларда иссиқликнинг тарқалиши муҳим амалий аҳамиятга эга.

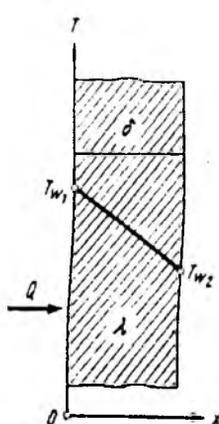
6.2.2. Текис деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги

Бир жинсли, деворнинг калинлиги δ ва иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти λ бўлган бир қатламли текис девордан иссиқлик ўтишини кўриб чиқамиз. Деворнинг ташки юза температураси t_{w1} , ички юзасиники эса t_{w2} га тенг, лекин $t_{w1} > t_{w2}$ (6.5-расм).

Бир қатламли, текис деворнинг иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасини келтириб чиқариш учун Фурьенинг дифференциал тенгламаси (6.16) дан фойдаланамиз.

Маълумки, турғун иссиқлик режимда деворнинг турли нукталаридаги температура, вақт ўтиши билан ўзгармайди, яъни $dt/d\tau = 0$. Ундан ташқари, температура майдони бир ўлчамли бўлади.

Демак, температура фақат бир йўналиш (x ўқи) бўйлаб ўзгаради, яъни:



$$\frac{\partial^2 t}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = 0$$

Шундай қилиб, турғун жараёнда бир қатламли текис девор учун (6.16) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = 0 \quad (6.17)$$

(6.17) тенгламани интегралласак, қуйидаги тенгликларни оламиз:

$$\frac{dt}{dx} = C_1; \quad t = C_1 x + C_2 \quad (6.18)$$

Интеграллаш константалари C_1 ва C_2 ларни чегаравий ($x=0$ ва $x=\delta$) шартлардан аниқлаймиз:

$$C_2 = t_{w1}; \quad C_1 = \frac{dt}{dx} = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{\delta} \quad (6.19)$$

Агар, (6.19) ни (6.18) га қўйсақ, қуйидаги натижага эга бўламиз:

$$t = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{\delta} \cdot x + t_{w1} \quad (6.20)$$

Охирги (6.20) тенгламани таҳлил қилсак, ушбу хулосага келиш мумкин: турғун иссиқлик жараёнида текис деворнинг калинлиги бўйлаб температура тўғри чизиқ қонунига биноан ўзгаради ва температура градиенти ўзгармас қийматини саклайди.

Аниқланган температура градиенти қийматини (6.8) тенгламага қўйсақ, иссиқлик ўтказувчанликнинг асосий қонунини ифодаловчи тенгламани оламиз:

$$dQ = \lambda \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\delta} dF d\tau \quad \text{ёки} \quad Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w1} - t_{w2}) F \tau \quad (6.21)$$

бу ерда, $\lambda \delta$ – нисбат деворнинг иссиқлик ўтказувчанлигини, унга тесқари катталиқ δ / λ – деворнинг термик ёки иссиқлик қаршилигини ифодалайди.

Агар текис девор n та (бир-биридан фаркли) катламдан иборат бўлса, турғун иссиқлик алмашилиш жараёнида ҳар бир катлам орқали бир хил миқдорда иссиқлик ўтади (6.6-расм) ва турли катламлар учун қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$Q = \frac{\lambda_1}{\delta_1} (t_{w1} - t_a) F \tau \quad \text{ёки} \quad Q \frac{\delta_1}{\lambda_1} = (t_{w1} - t_a) F \tau$$

$$Q = \frac{\lambda_2}{\delta_2} (t_a - t_b) F \tau \quad \text{ёки} \quad Q \frac{\delta_2}{\lambda_2} = (t_a - t_b) F \tau$$

$$Q = \frac{\lambda_n}{\delta_n} (t_n - t_{w2}) F \tau \quad \text{ёки} \quad Q \frac{\delta_n}{\lambda_n} = (t_n - t_{w2}) F \tau$$

Тенгламалар ўнг ва чап қисмларини қўшиш натижасида ушбу кўринишга эришамиз:

$$Q \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + K + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right) = (t_{w1} - t_{w2}) F \tau$$

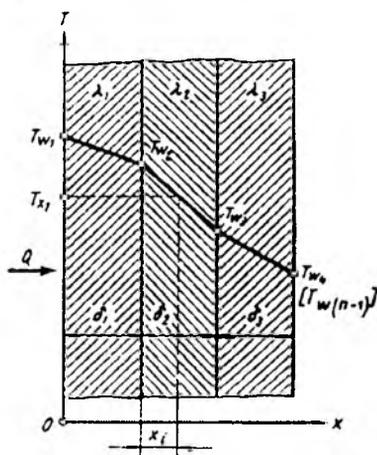
Бунда

$$Q = \frac{(t_{w1} - t_{w2}) F \tau}{\sum_{i=1}^{n+1} \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (6.22)$$

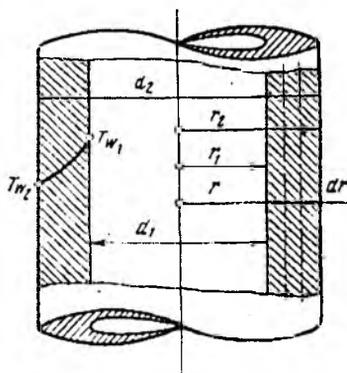
бу ерда, i – девор катламиниң тартиб рақами, n – катламлар сони.

6.2.3. Цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги

Узунлиги L , ички радиуси r_u ва ташқи радиуси r_t бўлган цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказувчанлигини кўриб чиқамиз (6.7-расм). Иссиқлик ўтказиш турғун жараёнда амалга ошаётгани учун деворнинг ички ва ташқи юзларидаги температуралари ўзгармасдир, яъни $t_{w1} = t_{w2}$. Аммо ички ва ташқи юзлар бир-бирига тенг бўлмагани учун (6.21) тенгламани қўллаш ўринли эмас.



6.6-расм. Текис, кўп қатламли деворнинг иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасига оид.



6.7-расм. Цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасига оид.

Температура фақат радиус бўйлаб ўзгармоқда ва $t_{w1} > t_{w2}$ деб қабул қиламиз. Цилиндрик деворнинг бирор r радиусдаги юзаси $F = 2\pi rL$ бўлсин. Агар F нинг қийматини (6.8) тенгламага қўйсақ, бир ўлчовли майдон учун Q ни топиш мумкин:

$$Q = -\lambda 2\pi r L \tau \frac{dt}{dr}$$

бу ерда $\delta = r_m - r_u$

Агар $d\delta$ ўрнига dr ни қўйсақ, унда

$$Q = -\lambda 2\pi r L \tau \frac{dt}{dr}$$

ёки

$$\frac{dr}{r} = -\lambda \frac{2\pi L \tau}{Q} dt$$

ушбу тенгламани r_u дан r_m ва t_{w1} дан t_{w2} ораликда интегралласак, қуйидаги кўринишга эришамиз:

$$\ln \frac{r_m}{r_u} = -\frac{2\pi L \tau}{Q} (t_{w2} - t_{w1})$$

ёки $r_m/r_u = d_m/d_u$ эканлигини ҳисобга олсак, ушбу формулани оламиз:

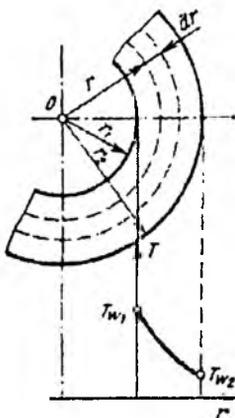
$$Q = \frac{2\pi L \tau (t_{w1} - t_{w2})}{\frac{1}{\lambda} 2,3 \lg \frac{d_r}{d_u}} \quad (6.23)$$

Келтирилиб чиқарилган (6.23) формуладан кўриниб турибдики, цилиндрик деворларнинг калинлиги бўйича температура логарифмик (эгри чизик) конун асосида ўзгаради. Ушбу тенглама турғун иссиқлик ўтиш жараёни учун цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказувчанлигини ифодалайди.

Худди шу йўл билан n - қатламли цилиндрик девор орқали иссиқлик ўтказувчанлик усулида узатилган иссиқлик миқдорини аниқлаш мумкин:

$$Q = \frac{2\pi L \tau (t_{w1} - t_{w2})}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\lambda_i} 2,3 \lg \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad (6.24)$$

6.2.4. Шарсимон деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиги



6.8-расм. Шарсимон деворда температуранинг тақсимланиши.

Девор материалнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини λ , ички радиуси r_1 ва ташқи радиуси r_2 бўлган шарсимон деворнинг иссиқлик ўтказувчанлигини кўриб чиқамиз (6.8-расм).

Бундай шаклдаги жисмларда температура тарқалиши бир ўлчовли бўлгани учун, температуранинг деворда тақсимланиши шарнинг факат радиусига боғлиқ. Шунинг учун сферик координаталар системасида иссиқлик ўтказувчанликнинг дифференциал тенгламаси ушбу кўринишда ёзилади:

$$\frac{d^2 t}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dt}{dr} = 0 \quad (6.25)$$

Деворнинг исталган калинлигидаги температура ушбу формуладан топилади:

$$t(r) = -\frac{C_1}{r} + C_2 \quad (6.26)$$

Агар шарсимон деворда температуранинг тақсимланиши гиперболо эгри чизиги шаклида, ташқи температураси t_{w1} ва ички температураси t_{w2} бўлганда интеграллаш константалари C_1 ва C_2 ушбу тенгламалар системасидан топилади:

$$t_{w1} = -\frac{C_1}{r_1} + C_2; \quad t_{w2} = -\frac{C_1}{r_2} + C_2 \quad (6.27)$$

$$C_1 = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}}; \quad C_2 = \frac{r_2 t_{w2} - r_1 t_{w1}}{r_2 - r_1} \quad (6.28)$$

Олинган C_1 ва C_2 ларнинг кийматларини (6.26) га қўйсақ, ушбу ифодани оламиз:

$$t(r) = \frac{t_{w1} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_2} \right) + t_{w2} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r} \right)}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}} \quad (6.29)$$

Турғун жараёнда тўлик иссиқлик оқими ушбу формуладан аниқланади:

$$Q = -\lambda \frac{dt}{dr} 4\pi r^2 \quad (6.30)$$

(6.28) ва $dt/dr = C_1/r^2$ лардан фойдаланиб, шарсимон девор орқали иссиқлик ўтказувчанлик йўли билан ўтган иссиқлик микдорини топиш формуласини келтириб чиқариш мумкин:

$$Q = \frac{4\pi\lambda}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}} (t_{w1} - t_{w2}) \quad (4.31)$$

Қўп қатламли шарсимон девор учун эса, Q ни ҳисоблаш формуласи ушбу кўринишда бўлади:

$$Q = \frac{4\pi(t_{w1} - t_{w(n+1)})}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \left(\frac{1}{r_i} + \frac{1}{r_{i+1}} \right)} \quad (6.32)$$

бу ерда, λ_i ва $n-i$ қатламнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти ва ички радиуси.

6.2.5. Мураккаб шаклли жисмлар иссиқлик ўтказувчанлиги

Юқорида келтирилган параграфларда энг содда жисмларнинг турғун жараёнда иссиқлик ўтказувчанлиги кўриб чиқилди. Лекин айрим ҳолларда мураккаб жисмларнинг иссиқлик ўтказувчанлигини билишга тўғри келади. Бунинг учун ушбу бобда келтириб чиқарилган формулаларнинг умумлаштирилган кўринишидан ҳам фойдаланиш мумкин, яъни:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w1} - t_{w2}) \cdot F_x \quad (6.33)$$

бу ерда, F_x —жисмнинг бирор сохта (ҳисобланган) иссиқлик бериш юзаси.

Текис деворлар учун

$$F_{x\text{тек}} = \frac{2F}{2} = \frac{F_1 + F_2}{2} \quad (6.34)$$

бу ерда, F_1 ва F_2 —иссиқ ва совуқ ҳолатлардаги юзалари (текис пластина учун $F_1=F_2$).

Цилиндрик деворлар учун

$$F_{x\text{цил}} = \frac{2\pi r_2 - 2\pi r_1}{\ln\left(\frac{2\pi r_2}{2\pi r_1}\right)} = \frac{F_2 - F_1}{\ln\left(\frac{F_2}{F_1}\right)} \quad (6.35)$$

Шарсимон деворлар учун

$$d_1 = \sqrt{\frac{F_1}{\pi}} \quad \text{ва} \quad d_2 = \sqrt{\frac{F_2}{\pi}}$$

$$F_{\text{мур}} = \sqrt{F_1 \cdot F_2} \quad (6.36)$$

Агарда жисмлар ўта мураккаб бўлса, ҳар қайси ҳолатда алоҳида ёндашув зарур.

Қуйида мамлакатимизнинг асосий техник хом-ашёси бўлмиш – пахта чигитининг иссиқлик ўтказувчанлигини кўриб чиқамиз. Маълумки, пахта чигити нотўғри, эллипс - шаклли жисм бўлиб, ташки юзаси пахта толалари билан копланган гетероген мураккаб (4 катламли) системадир. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ҳар бир катлам физик-механик ва диффузион-иссиқлик хоссалари билан бир-биридан кескин фарқ қилади [5,6,13].

Пахта чигитининг иссиқлик ўтказувчанлигини аниқлаш учун кўп катламли сфера кўринишидаги соддалашган моделдан фойдаланамиз.

Қўпгина тажрибалар асосида, чигит марказида 0,1...0,15 мм ўлчамли бўшлик (эмбрион) борлиги аниқланди. Шунинг учун ҳам, пахта чигитини ичи бўш, ҳар бир катламнинг физик-механик хоссалари кескин фарқланадиган сфералар системаси деб ҳам ҳисобласа бўлади.

Сфера турли жинсли 4 та катламдан иборат ва унинг ички t_1 ҳамда ташки юзалари t_5 температуралари бўлсин, лекин $t_1 > t_5$. Сферанинг ички радиуси r_1 , ташқисиники - r_5 . Жисмдаги изотермалар концентрик айланалар кўринишида бўлсин.

Фурье конунига биноан, ичи бўш сфера учун иссиқлик оқими Q ушбу формуладан топилади:

$$Q = -\lambda F \frac{dt}{dr} = -4\lambda\pi r^2 \frac{dt}{dr} \quad (6.37)$$

Бу тенгламани интегралласак, қуйидаги натижани оламиз:

$$t = -\frac{Q}{4\pi\lambda} \cdot \frac{1}{r} + C$$

(6.37) тенгламага девор чегараларидаги ўзгарувчан катталиклар қийматларини қўйиб, ушбу формулага эга бўламиз:

$$Q = \frac{4\pi\lambda(t_1 - t_5)}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_5}} \quad (6.38)$$

Пахта чигитининг ҳар бир катлампдан ўтаётган иссиқлик миқдорини (6.38) формула ёрдамида топиш мумкин. Формуланинг ёйилган кўриниши қуйидагича бўлади:

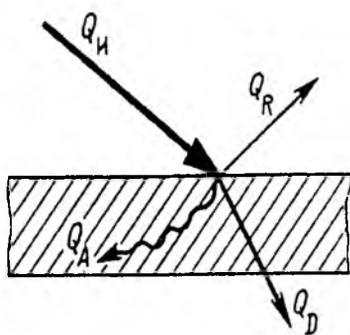
$$Q = \frac{4\pi(t_1 - t_5)}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} + \frac{1}{r_4} - \frac{1}{r_5}}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4} \quad (6.39)$$

бу ерда r_1, r_2, r_3, r_4, r_5 – пахта чигити бўшлиғи, мағзи, ҳаво катлами, қобиғи ва тотали катламларининг радиуслари, м; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ – чигит мағзи, ҳаво, қобиғи ва пахта толаларининг иссиқлик ўтказувчанлиғи [5,6,13].

6.3. Иссиқлик нурланиши

Иссиқлик нурланиши тўлқин узунликлари спектрнинг кўз илғамас қисмида бўлиб, 0,8...40 мкм оралиқда бўлади. Улар ёруғлик нурлари 0,4...0,8 мкм дан фақат тўлқин узунликлари билан фарқланади. 6.2-жадвалда нурланиш турига қараб тўлқин узунликларининг ўзгариши ҳақида маълумотлар келтирилган.

Нурланиш тури	Тўлқин узунлиги, м
Космик	$0,05 \cdot 10^{-12}$
γ - нурланиш	$0,05 \cdot 10^{-12} \dots 0,1 \cdot 10^{-12}$
Рентген	$10^{-12} \dots 20 \cdot 10^{-9}$
Ультрабинафша	$20 \cdot 10^{-9} \dots 0,4 \cdot 10^{-6}$
Кўз илғайдиган	$0,4 \cdot 10^{-6} \dots 0,8 \cdot 10^{-6}$
Иссиклик (инфрақизил)	$0,8 \cdot 10^{-6} \dots 0,8 \cdot 10^{-3}$
Радио тўлқинлар	$0,2 \cdot 10^{-3} \dots \times 10^{-3}$



6.8а-расм. Нурланиш энергияси балансига оид.

Иссиклик ва ёруғлик нурланишининг табиати бир хил бўлиб, умумий қонуниятлар билан характерланади. яъни бир жинсли ва изотроп муҳитларда нурланиш энергияси тўғри чизик бўйлаб тарқалади. Иссик жисмлардан тарқалаётган оқим нурлари бошқа жисмга тушганда, энергиянинг бир қисми ютилади $Q_{ют}$, бир қисми қайтарилади $Q_{кат}$ ва бир қисми ўзгармасдан $Q_{ўз}$ ўтиб кетади (6.8а-расм).

Унда, энергиянинг умумий баланси:

$$Q_{ют} + Q_{кат} + Q_{ўз} = Q_{инр} \quad (6.40)$$

ёки ушбу баланснинг улушлардаги кўриниши:

$$\frac{Q_{ют}}{Q_{инр}} + \frac{Q_{кат}}{Q_{инр}} + \frac{Q_{ўз}}{Q_{инр}} = 1 \quad (6.40a)$$

бу ерда $Q_{кат}/Q_{инр}$ – жисмнинг нурланган иссиқликни ютиш қобилиятини, $Q_{кат}/Q_{инр}$ – жисмнинг нурланган иссиқликни қайтариш қобилиятини, $Q_{ўз}/Q_{инр}$ – жисмнинг нурланган иссиқликни ўтказиб юбориш қобилиятини характерлайди

$Q_{ўз}/Q_{инр}$ – жисмнинг нурланган иссиқликни ўтказиб юбориш қобилиятини

Умуман олганда ҳар бир нисбат 1 га тенг бўлиши мумкин, агар қолган иккита нисбат нолга тенг бўлса.

$Q_{ют}/Q_{инр} = 1$ бўлганда ($Q_{кат}/Q_{инр} = Q_{ўз}/Q_{инр} = 0$), жисмга тушаётган нурланган энергиянинг ҳаммаси ютилади. Бу ҳолда жисм **абсолют қора жисм** деб номланади.

$Q_{ўз}/Q_{инр} = 1$ бўлганда ($Q_{ют}/Q_{инр} = Q_{кат}/Q_{инр} = 0$), жисмга тушаётган нурланган энергиянинг ҳаммаси ўзгармасдан ўтиб кетади. Бу ҳолда жисм **абсолют шаффоф жисм** деб номланади.

Саноатда ва табиатда абсолют қора, оқ ва шаффоф жисмлар бўлмайди. $Q_{ют}/Q_{инр}$, $Q_{кат}/Q_{инр}$ ва $Q_{ўз}/Q_{инр}$ ўртасидаги боғлиқлик жисм табиатига, юзаси ҳолатига ва температурасига боғлиқдир. Табиатда учрайдиган ҳамма жисмлар нурланган энергиянинг бир қисмини ютади, бир қисмини қайтаради ва бир қисмини ўзидан ўтказиб юборади. Бундай жисмлар **қулранг жисмлар** деб номланади.

Табиатда учрайдиган жисмлардан қорақуя абсолют қора жисмга яқинроқ. Лекин у ҳам фақат 90...96 % нурланган энергияни юта олади. Тушаётган нурланган энергияни ўта силлиқланган, ёруғ юзаларгина тўлиқроқ қайтариш қобилиятига эга. Кўпчилик қаттиқ жисмлар шаффоф эмас жисмлар турига киради. Аммо ҳамма газлар (кўп атомли газлардан ташқари) шаффоф бўлади.

Иссиқлик нурланиш қонуниятлари Стефан-Больцман, Кирхгоф ва Ламберт қонунлари билан ифодаланади.

Стефан-Больцман қонуни жисмнинг нур чиқариш қобилияти E ва жисмдан 1 соат мобайнида F юзасидан ажралиб чиқаётган иссиқлик миқдори Q орасидаги боғлиқликни ифодалайди:

$$E = \frac{Q}{F \cdot \tau} \quad (6.41)$$

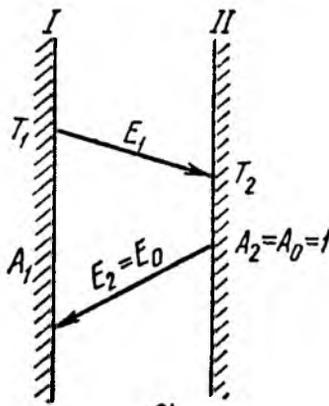
Нурланиш энергияси тўлқин узунлиги ва жисмнинг температурасига боғлиқ бўлади. Абсолют қора жисмнинг нур тарқатиш қобилияти ва температураси орасидаги боғлиқлик ушбу формуладан топилади:

$$E_0 = K_0 T^4 \quad \text{ёки} \quad E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (6.42)$$

бу ерда $K_0 = (4,19 \dots 5,67) \cdot 10^{-8} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – абсолют қора жисмнинг нур чиқариш константаси; $C_0 = K_0 \cdot 10^8 = 4,19 \dots 5,67 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4)$.

(6.42) формула Стефан - Больцман қонунининг ифодаси бўлиб, Планк тенгламасининг ҳосиласидир.

Стефан - Больцман қонунини абсолют қора бўлмаган жисмлар учун ҳам қўллаш мумкин. Масалан, қулранг жисмлар учун қуйидаги қўринишга эга:



$$E = \varepsilon \cdot C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (6.43)$$

бу ерда, $\varepsilon = C/C_0$ – қулранг жисмнинг қоралиқ даражаси ёки унинг нур чиқариш коэффициенти, C_0 – қулранг жисмнинг нур чиқариш коэффициенти

Қулранг жисмнинг нур чиқариш коэффициенти ҳар доим 1 дан кичик бўлиб, 0,055...0,95 оралиқда ўзгаради.

Кирхгоф қонуни қулранг жисмларнинг нур тарқатиш ва уни ютиш қобилиятлари ўртасидаги боғлиқликни ифодалайди.

Бир-бирига параллел жойлашган, қулранг I ва абсолют қора II жисмларни қўриб чиқамиз (6.9-расм).

Қулранг жисмнинг ютиш қобилиятини A_1 , абсолют қора жисмникини эса $A_2 = A_0 = 1$. Қулранг жисм температураси абсолют қораникидан катта, яъни $T_1 > T_2$

деб қабул қиламиз. Бунда, қулранг жисмдан нурланиш усулида узатилган иссиқлик миқдори қуйидагича аниқланади:

$$q = E_1 - E_0 A_1 \quad (6.44)$$

Иккала жисмнинг температураси тенглашганда, иссиқлик мувозанат ҳолати юзага келади ва $q = 0$ бўлади.

Демак:

$$E_1 - E_0 A_1 = 0 \quad (6.45)$$

бундан

$$\frac{E_1}{A_1} = E_0 \quad (6.45a)$$

Ушбу ҳулосани умумлаштириб, бир нечта параллел жойлаштирилган жисмлар учун ушбу ифодани келтириб чиқарамиз:

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = K = \frac{E_n}{A_n} = \frac{E_0}{A_0} = f(T) \quad (6.46)$$

(6.46) тенглама Кирхгоф қонунини характерлайди. Ушбу тенгламага биноан, маълум бирор температура учун исталган бир жисмнинг нур тарқатиш қобилияти, унинг нур ютиш қобилиятига бўлган нисбати ўзгармас миқдор бўлиб, абсолют қора жисмнинг нур тарқатиш қобилиятига тенгдир.

Ламберт конуни турли йўналишларда нурланиш интенсивлиги ўзгаришини ифодалайди ва ушбу кўринишда ёзилади:

$$dQ = \frac{1}{\pi} Ed\psi \cdot \cos \varphi \cdot dF_1 \quad (6.47)$$

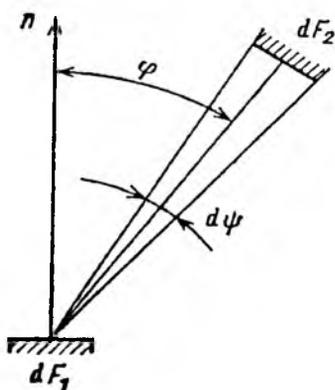
бу ерда, $d\psi$ - dF_1 элементдан dF_2 элемент кўриниши мумкин бўлган фазовий бурчак; φ - dF_1 ва dF_2 ни бирлаштирувчи тўғри чизик ва dF_1 га ўтказилган нормал орасида ҳосил бўлган бурчак (6.10-расм).

Ушбу конунга биноан, жисмнинг нормал йўналишида нур тарқатиш қобиляти жисмнинг тўла нур тарқатиш қобилятидан π марта кам бўлади.

Икки параллел жойлаштирилган жисмлар ўртасидаги нурланиш жараёнида узатилган иссиқлик миқдори Стефан - Больцман конуни асосида келтириб чиқарилган формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$Q_{1-2} = C_{1-2} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot F \quad (6.48)$$

бу ерда, Q_{1-2} - 1-жисмдан 2- сига узатилаётган иссиқлик миқдори, C_{1-2} - 1-ва 2- жисмлардан иборат системанинг келтирилган нур тарқатиш коэффициентини; F - жисмнинг нур тарқатиш юзаси



6.10-расм. Ламберт конунига оид.

$$C_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_0}} \quad (6.49)$$

Агар бир жисм иккинчисини бутунлай ўраб олган ҳолларда ($F=F_1$, бу ерда F_1 - ўралиб турган жисм юзаси) (6.48) формуладан фойдаланса бўлади. Келтирилган нур тарқатиш коэффициентини эса, ушбу формуладан ҳисоблаб топиш мумкин:

$$C_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{F_1}{F_2} \left(\frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_1} \right)} \quad (6.50)$$

6.4. Конвектив иссиқлик алмашилиши

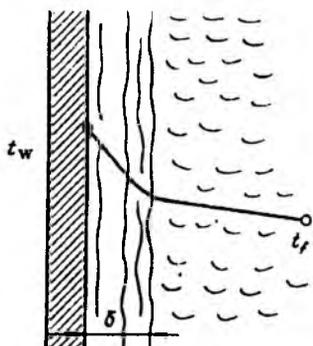
Суюқлик оқимининг турбулентлиги қанчалик юқори ва унинг заррачалари жадал равишда аралаштирилса, конвекция усулида иссиқлик алмашилиши шунчалик интенсив бўлади. Шундай қилиб, конвектив иссиқлик алмашилиши, иссиқликнинг механик аралаштирилиши ва суюқлик ҳаракатига каттик боғлиқдир.

Иссиқлик алмашилиши жараёнида қатнашаётган суюқлик икки қисмдан ташкил топган, яъни иссиқлик чегаравий қатлам ва оқим ўзаги (ядроти) дан.

Оқим ўзагида иссиқлик тарқалиши ҳам конвекция, ҳам иссиқлик ўтказувчанлик усулларида амалга ошади. Бундай иссиқлик алмашилиши **конвектив иссиқлик алмашилиши** дейилади (6.11-расм).

Иссиқликнинг каттик девор юзасидан суюқлик (ёки газ) га ёки суюқлик (ёки газ) дан каттик девор юзасига ўтиши **иссиқлик бериши** деб номланади.

Девор юзасидан чегаравий қатлам орқали энергия иссиқлик ўтказувчанлик усули билан ўтади. Чегаравий қатламдан эса, суюқлик ўзагига энергия асосан конвекция



6.11-расм. Конвектив иссиқлик алмашилиши схемаси.

усулида узатилади. Иссиклик энергиясининг девор юзасидан суюкликка узатилиш жараёнига окимнинг ҳаракат режими катта таъсир қилади.

Конвектив иссиклик алмашиниш асосан 2 хил бўлади, яъни *эркин* (ёки *табиий*) ва *мажбурий* конвекция.

Суюклик ҳажмининг турли нукталаридаги зичликларнинг фарқи туфайли рўй берадиган иссиклик алмашинишга *эркин конвекция* дейилади. Бу жараёнга суюкликнинг физик хоссалари, унинг ҳажми, совук ва иссик заррачалари орасидаги температуралар фарқи катта таъсир кўрсатади.

Бутун суюклик ҳажмининг ташки қушлар таъсири натижасида рўй берадиган иссиклик алмашинишга *мажбурий конвекция* дейилади. Суюкликнинг ҳаракати насос, аралаштиргич, вентиляторлар ёрдамида амалга оширилиши мумкин. Бу жараёнга суюкликнинг физик хоссалари, унинг тезлиги, каналнинг шакли ва ўлчамлари салмокли таъсир этади.

Суюкликнинг турбулент ҳаракат режимида ламинар режимдагига караганда иссиклик алмашиниш анча интенсив бўлади.

6.4.1. Ньютон қонуни

Иссиклик беришнинг асосий қонуни – бу Ньютоннинг совитиш қонунидир.

Иссиклик алмашиниш юзаси ва суюклик (газ) ёки суюклик (газ) ва иссиклик алмашиниш юзаси орасида энергия тарқлишига *иссиклик бериш* деб номланади.

Иссиклик бериш жараёни иссиклик бериш коэффициентини α билан белгиланади.

Ушбу қонунга биноан, иссиклик алмашиниш суюклик (газ) га узатилган иссиклик миқдори dQ , деворнинг юзаси dF , юза t_w ва мухит температуралари t_f нинг фарқи $(t_w - t_f)$ ҳамда жараёнинг давомийлиги $d\tau$ га тўғри пропорционалдир, яъни:

$$\left. \begin{aligned} dQ &= \alpha (t_w - t_f) \cdot dF \cdot d\tau \\ dQ &= \alpha (t_f - t_w) \cdot dF \cdot d\tau \end{aligned} \right\} \quad (6.51)$$

(6.51) тенгламадан иссиклик бериш коэффициентининг ўлчов бирлигини келтириб чиқариш мумкин:

$$\alpha = \left[\frac{dQ}{(t_w - t_f) dF d\tau} \right] = \left[\frac{Ж}{м^2 \cdot соат \cdot К} \right] = \left[\frac{Вт}{м^2 \cdot К} \right]$$

Агар иссиклик алмашиниш юзаси бўйлаб иссиклик бериш коэффициентининг қиймати ўзгармас ($\alpha = const$) бўлса, (6.51) тенглама ушбу кўринишни олади:

$$\left. \begin{aligned} Q &= \alpha (t_w - t_f) \cdot F \cdot \tau \\ Q &= \alpha (t_f - t_w) \cdot F \cdot \tau \end{aligned} \right\} \quad (6.52)$$

Демак, иссиклик бериш коэффициентини α деворнинг $1 м^2$ юзасидан суюкликка $1 с$ вақт давомида, девор ва суюклик температураларининг фарқи $1 К$ бўлганда узатилган иссиклик миқдорини билдиради. Ушбу, иссиклик бериш коэффициентининг миқдори бир нечта параметрларга, яъни суюкликнинг ҳаракат режими w , унинг зичлиги ρ , қовушқоқлиги μ , солиштира иссиклик сифими c , иссиклик ўтказувчанлик коэффициентини λ , ҳажмий кенгайиш коэффициентини β , деворнинг шакли ва ўлчамлари (труба диаметри d ва узунлиги L) ҳамда ғадир-будурлиги e ва ҳоказоларга боғлиқдир.

Юқорида айтилганларни қуйидаги функция ҳолатида ёзиш мумкин:

$$\alpha = f(w, \rho, \mu, c, \lambda, \beta, d, L, e, \dots) \quad (6.53)$$

Умумий кўринишга эга бўлган иссиклик бериш коэффициентини тенгламаси кўринишидан содда бўлса ҳам, α ни аниқлаш жуда мураккаб, чунки, (6.53) дан кўриниб турибдики, α жуда кўп параметрларга боғлиқ. Шунинг учун, тажриба натижаларини ўхшашлик назарияси ёрдамида умумлаштириш йўли билан иссиклик бериш коэффициентини ҳисоблаш критернал формуласини келтириб чиқариш мумкин.

Иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш учун суюқликда температура тақсимланишини билиш зарур. Ундан ташқари, иссиқлик алмашилиш жараёнини ҳисоблаш учун иссиқлик бериш коэффициентини ўзгарувчи параметрлар билан боғлиқ тенгламасига эга бўлиши керак.

Бундай тенглама бўлиб конвектив иссиқлик алмашилишнинг дифференциал тенгламаси хизмат қилади. Лекин ушбу тенглама девор ва суюқлик чегарасидаги шартларни характерловчи тенглама билан тўлдирилган бўлиши керак.

6.4.2. Конвектив иссиқлик алмашилишнинг дифференциал тенгламаси (Фурье - Кирхгоф тенгламаси)

Маълумки, конвектив иссиқлик алмашилиш жараёнида суюқликда иссиқлик ҳам, иссиқлик ўтказувчанлик, ҳам конвекция усулларида узатилади.

Иссиқлик ўтказувчанлик (6.16) тенглама билан ифодаланади ва ушбу кўринишга эга:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right)$$

Ушбу тенгламанинг чап томонидаги нисбат суюқлик (газ)дан ажратиб олинган кўзгалмас элемент температурасининг локал (махаллий) ўзгаришини ифодалайди.

Конвектив иссиқлик алмашилишда ушбу элемент суюқликнинг бир нуктасидан иккинчисига кўчади. Бу ҳолатдаги элементнинг температура ўзгариши субстанционал ҳосила ёрдамида ифодаланиши мумкин. Агар элементнинг фазодаги x, y, z ўқлар бўйича кўчишини w_x, w_y, w_z деб белгиласак, унда элемент температурасининг тўлиқ ўзгаришини характерловчи субстанционал ҳосила куйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial t}{\partial x} w_x + \frac{\partial t}{\partial y} w_y + \frac{\partial t}{\partial z} w_z \quad (6.54)$$

(6.54) тенгликдаги $\partial t / \partial \tau$ температуранинг локал (махаллий) ўзгариши, колган кўшилувчилар йиғиндиси эса температуранинг конвектив ўзгаришини ифодалайди.

Агар (6.16) тенгламанинг температурадаги локал ўзгаришини тўлиқ ўзгаришига (6.54) алмаштирсак, Фурье-Кирхгофнинг конвектив иссиқлик алмашилишнинг дифференциал тенгламасини оламиз:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \frac{\partial t}{\partial x} w_x + \frac{\partial t}{\partial y} w_y + \frac{\partial t}{\partial z} w_z = a \cdot \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \quad (6.55)$$

Ушбу тенглама ҳаракатдаги суюқликда иссиқлик энергиясининг бир вақтда иссиқлик ўтказувчанлик ва конвекция усулларида узатилишининг математик ифодаси. Конвектив иссиқлик алмашилиш жараёнини тўла математик ифодалаш учун (6.55) тенглама девор юзаси ва ҳаракатдаги суюқлик чегарасидаги шароитларни характерловчи тенглама билан тўлдирилиши зарур.

Маълумки, ҳаракатланувчи суюқликда жойлашган каттиқ жисм юзасида ҳар доим δ калинликка эга чегаравий қатлам мавжуд бўлиб (6.11-расм), у орқали иссиқлик энергияси иссиқлик ўтказувчанлик усулида тарқалади. Чегаравий қатлам орқали суюқлик оқимининг ўзагига узатилган иссиқлик миқдори Фурье қонуни асосида топилади:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau$$

Ўтган dQ иссиқлик миқдорини Ньютон қонуни ёрдамида ҳам ҳисобласа бўлади:

$$dQ = \alpha (t_w - t_f) dF d\tau$$

Охириги икки тенгламанинг ўнг қисмларини тенглаштириб, «девор-суюқлик» чегара шароитларини характерловчи тенгламани оламиз:

$$-\lambda \frac{\partial t}{\partial n} = \alpha (t_w - t_f) \quad (6.56)$$

(6.55) ва (6.56) тенгламалар конвектив иссиқлик алмашилини жарайини тўлиқ ифодалайди.

6.11-расмдан кўриниб турибдики, энг катта температура градиенти чегаравий қатламда ҳосил бўлиб, иссиқлик бериш жарайининг интенсивлигини, асосан, унинг термик қаршилигини белгилайди.

6.4.3. Конвектив иссиқлик алмашилининг ўхшашлик критерий ва тенгламалари

Маълумки, юқорида келтириб чиқарилган (6.55) ва (6.56) тенгламалар мураккаб конвектив иссиқлик алмашилини жарайинларини ифодалайди.

Ушбу тенгламаларни амалда учрайдиган жарайнларга қўллаш мумкин эмас, чунки ечимини топиш қийин.

Иссиқлик алмашилини жарайнларини амалий ҳисоблашда ўхшашлик назарияси усуллари ёрдамида (6.55) ва (6.56) тенгламалардан келтирилиб чиқарилган критериял тенгламалари кенг миқёсда ишлатилади.

Агар (6.56) тенгламанинг иккала қисмини чап қисмига бўлсак, ушбу ўлчамсиз комплексни олиш мумкин:

$$\frac{\alpha (t_w - t_f) \partial n}{\lambda \partial t} = \frac{\alpha \cdot \Delta t \partial n}{\lambda \partial t} \quad (6.57)$$

Олинган ўлчамсиз комплексда дифференциялаш белгиларини ўчириб, n ни l га алмаштириб ва қисқартириш йўли билан ўлчамсиз иссиқлик бериш коэффициенти бўлиб, иссиқлик алмашилини интенсивлигини белгилувчи *Нуссельт* сонини оламиз:

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda} \quad (6.58)$$

бу ерда, α – иссиқлик бериш коэффициенти, Вт/(м²·К); l – геометрик ўлчам, м. λ – муҳитнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/(м·К).

Нуссельт критерийси девор ва суюқлик ўртасидаги чегарада иссиқлик алмашилини жарайни интенсивлигини характерлайди.

Ушбу критерий чегаравий қатлам қалинлиги δ нинг аниқловчи геометрик ўлчам (труба учун унинг диаметри d) га нисбатини характерлайди.

Конвектив иссиқлик алмашилининг дифференциал тенгласидан:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \frac{\partial t}{\partial x} w_x + \Lambda = a \cdot \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \Lambda \right)$$

унинг ҳамма қўшилувчиларини $a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}$ га бўлиш йўли билан ушбу ўлчамсиз комплексни олиш мумкин:

$$\frac{\partial t \partial x^2}{\partial \tau a \partial^2 t} \quad \text{ва} \quad \frac{\partial t w_x \partial x^2}{\partial x a \partial^2 t}$$

Дифференциаллаш, белги ва йўналишларини ўчириш ва қисқартириш йўли билан Фурье критерийсини:

$$Fo = \frac{a \tau}{l^2} \quad (6.59)$$

ва Пекле критерийсини

$$Pe = \frac{w l}{a} \quad (6.60)$$

келтириб чиқарамиз.

Фурье критерийси нотурғун иссиқлик алмашиниш жараёнларида температура майдонининг ўзгариш тезлиги, мухитнинг ўлчами ва физик катталиклари ўртасидаги боғлиқликларни характерлайди.

Пекле критерийси суюқлик окимида конвекция ва иссиқлик ўтказувчанлик усуллари билан иссиқлик тарқалиш нисбатини характерлайди.

Одатда, Пекле критерийси иккита ўхшашлик критерийларининг кўпайтмаси кўринишида келтирилади:

$$Pe = \frac{wl}{a} = \frac{wl}{v} \cdot \frac{v}{a} = Re \cdot Pr$$

Прандтл критерийси суюқлик ковшоклиги ва температура ўтказувчанлик хоссаларининг нисбатини ифода этади. Ушбу критерий фақат суюқликларнинг диффузион – иссиқлик параметрлари ёрдамида аниқланади:

$$Pr = \frac{v}{a} = \frac{\mu}{a\rho} = \frac{\mu g}{a\gamma} \quad (6.61)$$

Прандтл критерийси мухитнинг физик хоссаларини инобатга олади.

Грасгоф критерийси табиий конвекция жараёнидаги суюқлик окимининг гидродинамик режимини характерлайди:

$$Gr = \frac{gl^3}{v^2} \beta \cdot \Delta t \quad (6.62)$$

бу ерда, Δt – девор ва суюқликлар ўртасидаги температуралар фарқи, K , β – суюқликнинг хажмий кенгайиш коэффициенти, g – эркин тушиш тезлиги, m/s^2 .

Айрим ҳолларда Нуссельт критерийси ўрнига конвектив иссиқлик алмашиниш критерийси, Стентон критерийсини ҳам қўллаш мумкин:

$$St = \frac{Nu}{Pe} = \frac{\alpha}{c_p \rho w} \quad (6.63)$$

Ушбу критерий иссиқлик бериш интенсивлигини суюқлик ва иссиқлик окимида нисбатини аниқлайди.

Юқорида келтириб чиқарилган ўхшашлик критерийлари конвектив иссиқлик алмашинишнинг ўхшашлик тенгласини аниқлаш имконини беради:

$$f(Re, Nu, Pr, Fo, Gr) = 0 \quad (6.64)$$

Ушбу тенгламада фақат Нуссельт Nu сони аниқловчи бўлганлиги учун, (6.64) тенглама куйидаги кўринишда ёзилади:

$$Nu = f(Re, Pr, Gr, Fo) \quad (6.65)$$

Иссиқлик алмашиниш жараёнининг аниқ масалаларини ечишда (6.65) тенгламани анча соддалаштириш мумкин.

Турғун иссиқлик алмашиниш жараёнида тенгламадан Fo критерийси туширилиб колдирилади ва ушбу кўринишни олади:

$$Nu = f(Re, Pr, Gr) \quad (6.66)$$

Суюқликнинг мажбурий ҳаракати даврида табиий конвекцияни инобатга олмас ҳам бўлади ва унда тенглама Gr критерийси киритилмайди:

$$Nu = f(Re, Pr) \quad \text{ёки} \quad Nu = A Re^n \cdot Pr^m \quad (6.67)$$

Суюқликнинг эркин ҳаракати (табиий конвекция) даврида тенгламадан Рейнольдс критерийси тушуриб колдирилади:

$$Nu = f(Gr, Pr) \quad \text{ёки} \quad Nu = A Gr^n \cdot Pr^m \quad (6.68)$$

6.5. Эркин конвекция даврида иссиқлик бериш

Маълумки, иссиқ ва совуқ суюқлик катламлари зичликларининг фарқи таъсири остида эркин конвекция мавжуд бўлади. Зичликларнинг ушбу фарқи, девор ва суюқлик температуралар фарқига боғлиқдир. Девор шаклининг жараёнга таъсири иккиламчи бўлгани учун, иссиқлик беришнинг ўхшашлик тенгламаси ушбу кўринишда ёзилади:

$$Nu = c(Gr \cdot Pr)^n \quad (6.69)$$

бу ерда, c ва n – суюқлик ҳаракати режимига, яъни $Gr \cdot Pr$ га боғлиқ бўлган константалар (6.3-жадвал)

6.3-жадвал

Режимлар	c	n
Ламинар ($Gr \cdot Pr \leq 10^3$)	0,45	0
($Gr \cdot Pr = 10^3 \dots 5 \cdot 10^2$)	1,18	0,125
Ўтиш ($Gr \cdot Pr = 5 \cdot 10^2 \dots 2 \cdot 10^7$)	0,54	0,25
Турбулент ($Gr \cdot Pr > 2 \cdot 10^7$)	0,135	0,33

Грасгоф критерийсида аниқловчи геометрик ўлчам сифатида куйидагилар қабул қилинган: цилиндрик ва сферик жисмлар учун – диаметр; текис плиталар учун – баландлик.

Аниқловчи температура сифатида - чегаравий катламнинг ўртача температураси $t = 0,5 \cdot (t_w + t_f)$ қабул қилинган. Бу ерда, t_w – девор температураси, t_f – суюқлик ўзагидаги температура. Грасгоф критерийсидаги температуралар фарқи $\Delta t = t_w - t_f$ формулада ҳисобланади.

6.6. Мажбурий конвекция даврида иссиқлик бериш

Труба ичида иссиқлик элткичнинг иссиқлик бериш коэффиценти куйидаги тенгламалардан аниқланади:

турбулент режим учун ($Re > 10000$)

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (6.70)$$

ўтиш режими учун ($2320 < Re < 10000$)

$$Nu = 0,008 Re^{0,9} \cdot Pr^{0,43} \quad (6.71)$$

ламинар режим учун ($Re \leq 2320$)

$$Nu = 0,17 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (6.72)$$

Трубалар ўраи мажбурий ҳаракатдаги кўндаланг йўналган иссиқлик элткич билан ювилиб турган шароитда иссиқлик бериш куйидаги формулалар ёрдамида ҳисобланиши мумкин:

$Re < 10^3$ бўлганда

$$Nu = 0,56 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,36} \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (6.73)$$

$Re > 10^3$ бўлганда

$$Nu = 0,28 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (6.74)$$

Ушбу тенгламаларда аниқловчи геометрик ўлчам бўлиб, каналларнинг эквивалент диаметри ҳисобланади.

Nu , Re ва Pr критерийларидаги физик параметрлар суоқликнинг ўртача температурасида, Pr_g эса деворнинг ўртача температурасида ҳисобланади.

$(Pr/Pr_g)^{0,25}$ иссиқлик оқим йўналиши ва температуралар фарқининг иссиқлик беришга таъсирини ҳисобга олувчи параметр.

Иссиқлик элткичнинг эмеевикда ҳаракат қилганда иссиқлик бериш коэффиенти α ни (6.70) формуладан ҳисобланган қиймати эмеевик ўлчамларини инобатга олувчи коэффицент χ га кўпайтирилади:

$$\chi = 1 + 3,54 \frac{d}{D} \quad (6.75)$$

бу ерда d – эмеевик трубагининг ички диаметри, м, D – эмеевик ўрамининг диаметри, м.

Ҳаво учун (6.70) формула қуйидаги кўринишга эга:

$$Nu = 0,018 \cdot Re^{0,8} \quad (6.76)$$

чунки $Pr/Pr_g = 1$

Иссиқлик элткич ҳалқасимон каналларда ҳаракат қилган даврида (масалан, «труба ичида труба» иссиқлик алмашиниш қурилмасида) иссиқлик бериш ушбу формуладан ҳисоблаб аниқланиши мумкин:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \left(\frac{D_u}{d_r} \right)^{0,45} \quad (6.77)$$

бу ерда d_r – ички трубагининг ташқи диаметри, м, D_u – ташқи трубагининг ички диаметри, м.

Иссиқлик элткич қобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмасининг трубалараро бўшлиғида ҳаракат қилганда, иссиқлик бериш энг кенг тарқалган жараёндр. Ушбу ҳолатда иссиқлик бериш коэффиенти қуйидаги формуладан аниқланади:

$$Nu = C (Re^{0,6} \cdot Pr^{0,23} \cdot d_j) \quad (6.78)$$

бу ерда $C = 1,16$ ва $1,72$ қийматларга тенг бўлиши мумкин

Биринчи қиймат қурилмада кўндаланг сегмент тўсиклар бўлмаган ҳол учун, иккинчиси эса сегмент тўсиклар ўрнатилган ҳол учун.

Қобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаларида трубалар шахматли ёки йўлакли қилиб жойлаштирилади.

Иссиқлик элткич оқими трубалар ўрамини ташқи томонидан ювиб ўтганда, иссиқлик бериш коэффиенти ушбу формуладан ҳисоблаб топилиши мумкин: трубаларнинг шахматли жойлашишида

$$Nu = 0,4 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (6.79)$$

трубаларнинг йўлакли жойлашишида

$$Nu = 0,27 \cdot Re^{0,63} \cdot Pr^{0,36} \left(\frac{Pr}{Pr_g} \right)^{0,25} \quad (6.80)$$

(6.79) ва (6.80) тенгламалар $Re = 200 \dots 2 \cdot 10^5$ бўлган ораликда қўлланилиши мумкин ва аниқ натижалар беради.

6.7. Иссиқлик элткичнинг агрегат ҳолати ўзгаришида иссиқлик бериш

Бўғланиш, конденсацияланиш, кристалланиш ва эриш жараёнларида иссиқлик алмашинишнинг ўзига хос хусусиятлари шундаки, муҳитдан иссиқликнинг олиниси ёки унга узатилиши ўзгармас температурада рўй беради ва иккала фазада тарқалади. 6.12-расмда иссиқлик бериш жараёнида муҳитнинг агрегат ҳолати ўзгариши билан температурасининг ўзгариш схемаси келтирилган.

Иссиклик беришнинг бу ўзига хос хусусиятини конвектив иссиклик алмашилининг критериал тенгласи фазавий ўзгариш критерийси ёки конденсацияланиш критерийси $K = r/c \cdot \Delta t$ (бу ерда r – буғ ҳосил қилиш иссиклиги, Ж/кг; c – солиштирма иссиклик сифими, Ж/кг·К)ни киритиш йўли билан ҳисобга олинади.

Сув бугнинг конденсацияланиш пайтидаги иссиклик алмашилини ифодалаш учун ўхшашлик назарияси асосида келтирилиб чиқарилган қуйидаги критериал формуладан аниқлаш мумкин:

$$Nu = f(Ga, Pr, K) \quad (6.81)$$

бу ерда, $Ga = g l^3 / \nu^2$ – Галилей критерийси, K – фазавий ўзгариш критерийси, Pr – Прандтл критерийси.

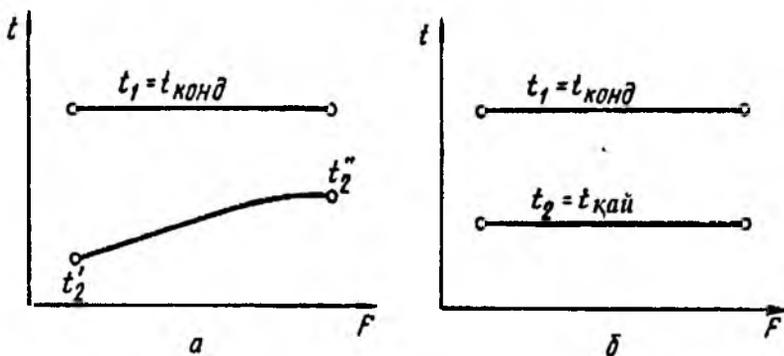
Кўпгина тажриба натижаларини қайта ишлаш натижасида (6.81) формулани қуйидаги кўринишда ёзса бўлади:

$$Nu = C(Ga, Pr, K)^{0.25} \quad (6.82)$$

Юпка катламли конденсацияланиш даврида иссиклик бериши конденсат юпка катламининг қалинлиги чегаралайди. Бугнинг тезлиги юпка катламли конденсатни узиб олиш учун етарли бўлмайди ва бир хиллик шартларига кирмайди.

Юпка катламда конденсацияланишнинг умумлаштирилган тенгласидаги Re ва Fr критерийлари ўрнига $Ga = Re^2 / Fr = g l^3 / \nu^2$ критерийси киритилади. Бунга сабаб, Галилей критерийсининг буғ - конденсат икки фазали оқимда оғиррок фаза таъсир этувчи оғирлик кучларининг ўхшашлигини ифодалашидир. Ушбу ҳолатда конденсацияланиш пайтидаги иссиклик бериш коэффициентини қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\alpha = C \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 g r}{\mu \cdot l \cdot \Delta t}} \quad (6.83)$$



6.12-расм. Мухитнинг агрегат ҳолати ўзгариши билан иссиклик элтич температурасининг ўзгариш схемаси:

а - иссиклик элтич ўз иссиклигини агрегат ҳолати ўзгарганда узатмоқда (тўйинган сув бугнинг конденсацияланиш даврида). Бу ҳолатда,

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{(t_1 - t_2') - (t_1 - t_2'')}{\ln[(t_1 - t_2') / (t_1 - t_2'')]}$$

б - иккала иссиклик элтичлар агрегат ҳолати ўзгарганда иссиклик алмашмоқда. Бу ҳолатда $\Delta t = t_1 - t_2$.

Тўйинган бугнинг вертикал деворда конденсацияланиши ва конденсатни ламинар режимда юпка катламда оқиб тушиш ҳолати учун (6.83) формуладаги C коэффициентининг қиймати 2,04 эканлиги аниқланди. Аниқловчи ўлчам бўлиб, вертикал девор баландлиги H хизмат қилади. Унда, иссиклик бериш коэффициентини α ни қуйидаги формуладан ҳисоблаш мумкин:

$$\alpha = 2,04 \sqrt[4]{\frac{r \rho^2 \lambda^3}{\mu \cdot \Delta t \cdot H}} \quad (6.84)$$

бу ерда, r – конденсацияланиш иссиқлиги, Ж/кг; ρ – конденсат зичлиги, кг/м³; λ – конденсат иссиқлик ўтказувчанлиги, Вт/м·К; μ – конденсатнинг динамик ковшуқкоқлик коэффициентини, Па·с; $\Delta t = t_{\text{конд}} - t_{\text{г}}$ – тўйинган буг ва девор температуралари ўртасидаги фарқ, °С; H – вертикал труба ёки девор баландлиги, м.

Конденсацияланиш иссиқлиги r нинг қиймати конденсация температурасидаги, конденсатнинг λ , ρ ва μ параметрлари $r_{\text{юк}} = 0,5(t_{\text{г}} + t_{\text{конд}})$ да ҳисобланади.

Агар буг горизонтал трубада конденсацияланса, (6.84) формула ушбу кўринишда ёзилади:

$$\alpha = 0,72 \sqrt[4]{\frac{r \cdot \rho^2 \lambda^3 g}{\mu \cdot \Delta t \cdot D}} \quad (6.85)$$

бу ерда, D – трубанинг ташқи диаметри, м.

Агар буг труба ўраида конденсацияланса, ўртача иссиқлик бериш коэффициентини ҳисоблаш учун ушбу формулани қўллаш мумкин:

$$\alpha = 0,728 \varepsilon_1 \sqrt[4]{\frac{r g \rho^2 \lambda^3}{\mu \cdot \Delta t \cdot D}} \quad (6.86)$$

бу ерда, ε_1 – трубаларнинг жойлаштирилиши (йўлакли ёки шахматли) га боғлиқ коэффициент

$$\varepsilon_1 = \left[\left(\frac{\lambda_{\text{г}}}{\lambda} \right)^3 \frac{\mu}{\mu_{\text{г}}} \right]^{0,125} \quad (6.87)$$

(6.78) даги $\lambda_{\text{г}}$ ва $\mu_{\text{г}}$ лар конденсат тегиб турган девор температурасида ҳисобланади.

Мухандислик ҳисобларда $\varepsilon_1 = 0,55 \dots 0,68$ деб қабул қилиш мумкин.

Суюқликлар кайнаши пайтида иссиқлик бериш жуда мураккаб жараёндр. Амалиётда энг кенг тарқалган ва учрайдиган қайнаш тури – бу пуфакчали қайнаш режимидир. Ушбу режимдаги иссиқлик бериш коэффициентини аниқлаш учун қуйидаги тенгламадан фойдаланса бўлади:

$$Nu = 125 Re^{0,66} \cdot Pr^{0,33} \quad (6.88)$$

бу ерда, $Nu = \alpha l / \lambda$, $Re = w l / \mu$, l – чизикли ўлчам бўлиб, пуфакча радиусининг функцияси, м; w – буг фазаси ҳаракатининг ўртача тезлиги, м/с.

Одатда пуфакчалар диаметри 2...3 мм бўлади ва уни ушбу формуладан ҳисоблаб топиш мумкин:

$$d_o = 0,02 \cdot \left[\frac{\sigma}{g(\rho - \rho_{\text{г}})} \right]^{0,5} \quad (6.89)$$

Охириги критериял тенгламадан эркин ва мажбурий конвекция шароитида пуфакчали қайнаш жараёнида α ни ҳисоблаш учун қуйидаги тенглама келтириб чиқарилган.

$$\alpha = b \cdot 3 \sqrt[4]{\frac{\lambda^2 \cdot q^2}{\nu \cdot \sigma \cdot T_{\text{кн}}}}$$

бу ерда, $b = 0,075 + 0,75 (\rho / \rho_{\text{г}})^{0,66}$ – ўлчамсиз коэффициент, ν – суюқликнинг кинематик ковшуқкоқлиги коэффициенти, м²/с; σ – сиртий таранглик коэффициенти, Н/м.

Эркин конвекция шароитида пуфакчали қайнаш режимида α ни аниқлаш учун ушбу тенглама таклиф этилган:

$$\alpha = 7,77 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{г}}}{\rho - \rho_{\text{г}}} \right)^{0,033} \cdot \left(\frac{\rho}{\sigma} \right)^{0,033} \cdot \frac{\lambda^{0,75} \cdot q^{0,7}}{\mu^{0,45} \cdot c^{0,12} \cdot T_{\text{мий}}^{0,37}} \quad (6.90)$$

бу ерда, $\rho_{\text{г}}$, ρ – буг ва суюқликнинг зичликлари, кг/м³; σ – суюқлик ва бугни ажратиб турувчи чегарадаги сиртий таранглик, Н/м; λ – суюқликнинг иссиқлик ўтказувчанлиги, Вт/м·К; $q = Q/F$ – солиштирма иссиқлик юклама, Вт/м²; μ – суюқлик ковшуқкоқлиги, Па·с; c – суюқликнинг солиштирма иссиқлик сифими, Ж/(кг·К); $T_{\text{мий}}$ – тўйиниш температураси, К

Катта ҳажмда сувнинг қайнаш жараёнида иссиқлик бериш коэффициентини тахминий ҳисоблаш учун қуйидаги формулани қўллаш мумкин:

$$\alpha = 2,72 \cdot q^{0,7} p_{\text{бос}}^{0,7} \quad (6.91)$$

$$\alpha = 2,72 \cdot q^{0,7} p^{0,4}$$

бу ерда, p – босим, кг/см²

(6.91) формулани $q = 0,4 \cdot q_{\text{кр}}$ ва $p_{\text{бос}} = 0,2 \dots 10$ кг/см² бўлган ораликда ишлатиш мумкин.

Турли иссиқлик таркалиш ҳолатларида иссиқлик бериш коэффициентининг сон қийматлари тўғрисида муҳандис тасаввурга эга бўлиши керак.

6.4-жадвалда энг кўп учрайдиган иссиқлик алмашиниш жараёнларининг тахминий иссиқлик бериш коэффициентлари келтирилган.

6.4-жадвал

т/р	Иссиқлик алмашиниш жараёни	α - иссиқлик бериш коэффициенти, Вт/(м ² ·К)
1.	Газларни иситиш ва совитиш (атмосфера босимида)	10...50
2.	Органик суюқликларни иситиш ва совитиш	50...1500
3.	Сувни иситиш ва совитиш	200...10000
4.	Сувнинг қайнаши	500...10000
5.	Сув бугларининг конденсацияланиши	4000...15000
6.	Органик суюқлик бугларининг конденсацияланиши	500...2000

6.8. Иссиқлик бериш коэффициентларининг сон қийматлари

Муҳандис турли иссиқлик таркалиш ҳолатлари учун иссиқлик бериш коэффициентининг тахминий сон қийматларини тасаввур қила олиши керак. Қуйида келтирилган 6.5-жадвалда тез-тез учраб турадиган ҳолатлар учун конвектив иссиқлик алмашиниш жараёни учун иссиқлик бериш коэффициенти α нинг сон қийматлари келтирилган.

Нормал температурадаги ҳаво учун иссиқлик бериш коэффициентлари

6.5-жадвал

т/р	Иссиқлик алмашиниш жараёни	α - иссиқлик бериш коэффициенти, Вт/(м ² ·К)
1.	Табиий конвекция	5...12
2.	Мажбурий конвекция (труба деворида ва х.)	10...30
3.	Мажбурий конвекция (юза б-н иссиқлик алмашиниш) насадка ва қўзгалмас донатор қатламларда ва х.	20...50
4.	Мавҳум қайнаш қатламида	200...400

Иссиқлик элткич сифатида бошқа газлар ишлатилганда (шу жумладан, ўзгача температурадаги ҳаво) иссиқлик бериш коэффициенти газнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти λ боғлиқ бўлади, яъни

$$\frac{\alpha_s}{\alpha_x} = \left(\frac{\lambda_s}{\lambda_x} \right)^{0,66}$$

Труба ичида ёки ташқарисида сув (суюқ ҳолатда) нинг тезлиги 0,3...2 м/с бўлиб мажбурий ҳаракатланганда иссиқлик бериш коэффициенти қуйидаги ораликда $\alpha = 1000 \dots 3000$ Вт/(м²·К) бўлади.

Сувли эритмалар учун иссиқлик бериш коэффициенти эриган модда концентрациясига боғлиқ. Паст концентрацияларда эритманинг қийматлари сувнинг қийматидан кам фарклана-

ди. Лекин концентрация ортиши билан эритма (тузлар эритмалари) учун α нинг киймати кескин ўзгаради, яъни камаяди.

Органик суюкликлар эритмалари учун α нинг киймати сувникига караганда 5...7 мартаба кичик бўлади, чунки бу суюкликлар иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари 4...5, иссиқлик сиғимлари эса 2 мартаба пастроқдир.

Технологик қурилмаларда суюкликнинг кайнаш жараёнида иссиқлик бериш коэффициентининг кийматлари жуда юкори $\alpha = 5000...10000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Ноорганик моддаларнинг сувли эритмаларининг иссиқлик бериш коэффициентлари сувникига нисбатан пастроқ, юкори концентрацияли эритмаларда фарк жуда сезиларли бўлади.

Конденсацияланаётган сув буғи учун иссиқлик бериш коэффициентининг сон кийматлари $\alpha = 7000...20000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Органик суюкликлар бугларининг конденсацияланиш жараёнида α коэффициентининг сон кийматлари ўн ва ундан ортик мартаба кичик бўлади. Бунга сабаб, органик суюкликларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти ва конденсацияланиш иссиқлиги сувникига караганда анча кичик. Айрим ҳолларда α нинг сон кийматига органик суюкликнинг динамик ковушқоклик коэффициенти ҳам таъсир этади, чунки баъзи бир органик суюкликларнинг динамик ковушқоклик коэффициенти μ сувникига нисбатан юкори.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, айрим режимларда иссиқлик бериш коэффициенти α нинг сон кийматлари юкорида қайд этилган ораликдан фаркланиши мумкин. Лекин шунга қарамадан, ушбу маълумотлар тахмин қилиш имкониятини беради.

6.9. Иссиқлик ўтказиш

Иссиқлик алмашилиш жараёнларида кўпинча иссиқлик энергияси бир суюкликдан иккинчисига уларни ажратиб турувчи девор орқали узатилади. Температураси юкори бўлган суюликка девор орқали иссиқликнинг узатилиши *иссиқлик ўтказиши* дейилади. Ушбу йўл билан узатилган иссиқлик миқдори иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламасидан аникланади:

$$Q = K \Delta t_{vp} F \quad (6.92)$$

бу ерда, K – иссиқлик ўтказиш коэффициенти, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, Δt_{vp} – иссиқлик ва совуқлик элткичлар температураларининг фарқи, K , F – ажратиб турувчи девор юзаси, м^2

Текис деворнинг иссиқлик ўтказиши. 6.13-расмда қалинлиги δ ва материалнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти λ бўлган текис девор тасвирланган.

Деворнинг бир томонидан температураси t_{f1} (оқим ўзагида) бўлган иссиқлик элткич, иккинчи томонидан эса температураси t_{f2} бўлган совуқлик элткич оқиб ўтмоқда.

Девор юзаларининг температураси t_{w1} ва t_{w2} . Иссиқлик бериш коэффициентлари α_1 ва α_2 .

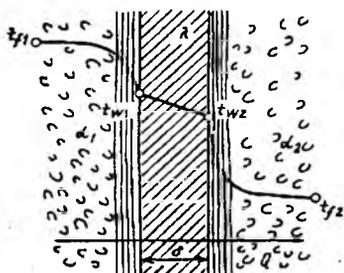
Турғун жараёнда F юза орқали биринчи иссиқлик элткич ўзагидан деворга узатилаётган иссиқлик миқдори, девордан ўтган ва девордан иккинчи иссиқлик

элткич ўзагига узатилаётган иссиқлик миқдорига тенг бўлади.

Ушбу иссиқлик миқдорини қуйидаги тенгламалардан топиш мумкин:

$$Q = \alpha_1 (t_{f1} - t_{w1}) \cdot F$$

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w1} - t_{w2}) \cdot F$$



6.13-расм. Текис девор орқали иссиқлик ўтказиш жараёнида температуранинг ўзгариш характери.

$$Q = \alpha_2 (t_{w2} - t_{f2}) \cdot F$$

Юқорида келтирилган тенгламалардан куйидаги ифодаларни олиш мумкин:

$$\begin{aligned} t_{f1} - t_{w1} &= \frac{1}{\alpha_1} \cdot \frac{Q}{F} \\ t_{w1} - t_{w2} &= \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{Q}{F} \\ t_{w2} - t_{f2} &= \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{Q}{F} \end{aligned} \quad (6.93)$$

Тенгламалар чап ва ўнг томонларини кўшиш натижасида, ушбу кўринишга эришамиз:

$$t_{f1} - t_{f2} = \frac{Q}{F} \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad (6.94)$$

бундан:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \cdot F \quad (6.95)$$

(6.92) ва (6.95) тенгламаларни солиштириб, куйидаги формулага эришамиз:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (6.96)$$

бу ерда, K – иссиқлик ўтказиш коэффициентини, Вт/(м²·К).

Унда, текис девор учун иссиқлик элткичнинг ўзгармас температураларида иссиқлик ўтказиш тенгламаси ушбу кўринишни олади:

$$Q = KF\tau \cdot (t_{f1} - t_{f2}) \quad (6.97)$$

узлуксиз жараёнлар учун эса:

$$Q = KF (t_{f1} - t_{f2}) \quad (6.98)$$

(6.97) тенгламага биноан иссиқлик ўтказиш коэффициентининг ўлчов бирлиги:

$$K = \left[\frac{Q}{F\tau (t_{f1} - t_{f2})} \right] = \left[\frac{Ж}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{К}} \right] = \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$$

(6.96) тенгламадан

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (6.99)$$

Шундай қилиб, иссиқлик ўтказиш коэффициентини K температураси юқори бўлган иссиқлик элткичдан, температураси паст элткичга вақт бирлигида ажратувчи деворнинг 1 м² юзасидан элткичлар температураси 1К бўлганда ўтказилган иссиқликнинг микдорини билдиради.

Иссиқлик ўтказиш коэффициентига тесқари бўлган катталиқ **термик қаршилик** деб номланади. $1/\alpha_1$ ва $1/\alpha_2$ лар иссиқлик беришнинг термик қаршилиги бўлса, δ/λ деворнинг термик қаршилиги. (6.99) тенгламадан кўришиб турибдики, иссиқлик ўтказишнинг термик қаршилиги иссиқлик бериш ва деворнинг термик қаршиликлари йиғиндисига тенг.

Деворнинг термик қаршилигини аниқлашда, унга ўтириб қолган қуйка ва ифлосликларнинг термик қаршилигини ҳам ҳисобга олиш зарур (6.6-жадвал).

$$r_{ифл} = \frac{\delta_{ифл}}{\lambda_{ифл}}$$

Кўп қатламли текис девордан иссиқлик ўтиш жараёнида ҳар бир қатламнинг термик қаршилиги ҳисобга олиниши зарур. Бундай деворлар учун K ни қуйидаги тенгламадан аниқлаш лозим:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (6.100)$$

бу ерда, i – қатламнинг тартиб рақами; n – қатламлар сони.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ҳар доим иссиқлик ўтказиш коэффициентини энг минимал иссиқлик бериш коэффициентини қийматидан кичик бўлади.

Ғифл.нинг тахминий қийматлари

6.6-жадвал:

т/р	Иссиқлик элтич	$\frac{M^2 \cdot K}{Вт}$
1	Сув	
	– дистилланган	0,00009
	– денгиз	0,00009
	– сифатли кудук, қўл. водопровод, дарё суви	0,00018
	– $w < 0,9$ м/с	0,00035
	– $w > 0,9$ м/с	0,00018
	– ифлосланган дарё суви	
	– $w < 0,9$ м/с	0,00053
	– $w > 0,9$ м/с	0,00035
	2. Нефть маҳсулотлари	
	– хом-ашё	0,00009
	– тоза (шу жумладан минерал мойлар)	0,00018
3.	Органик суюқликлар, тузли эритмалар, совуқлик элтиқчлар (NH_3 , фреонлар ва ҳоказо)	0,00018
4.	Сув буги	0,00018
5	Буглар	
	– органик суюқликни	0,00009
	– совуқ элтиқчларни	0,00035
6	Ҳаво	0,00035

Цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказиши. Маълумки, саноатнинг турли соҳаларида иссиқлик алмашилиш труба орқали ўтади (6.7-расм). Трубадан температураси t_1 бўлган суюқлик ҳаракат қилса, ташқарисидан эса – t_2 температурали суюқлик оқиб ўтсин, яъни $t_1 > t_2$ дан. Температураси юқори суюқликдан труба ички деворига иссиқлик бериш коэффициентини α_1 , ташқи юзасидан совуқ суюқликка иссиқлик бериш коэффициентини – α_2 , труба баландлиги L , ички радиуси r_1 ва ташқи радиуси r_2 бўлса, цилиндрик юзадан узатилган иссиқлик миқдори қуйидагича аниқланади:

$$Q = K_R 2\pi L \cdot (t_1 - t_2) \quad (6.101)$$

Иссиқлик ўтказиш коэффициентини K ни эса ушбу тенгламадан топилади:

$$K_R = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 r_1} + \frac{1}{\lambda} 2,3 \lg \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot r_2}} \quad (6.102)$$

бу ерда, K_R – иссиқлик ўтказишнинг чизикли коэффициентини, Вт/(м·К).

K нинг K_R дан фарқи шундаки, K деворнинг юза бирлигига нисбатан олинса, иккинчиси K_R – труба узунлигининг бирлигига нисбатан олинади.

6.10. Иссиқлик алмашилиш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи куч

Иссиқлик алмашилиш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи куч – иссиқлик элтиқчларнинг температуралар фарқи. Ушбу фарқ таъсири остида иссиқлик температураси юқори муҳитдан температураси паст муҳитга ўтади.

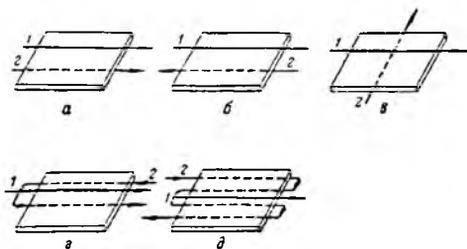
Ўзгармас температурада иссиқлик ўтказиш жараёни жуда кам тарқалган. Бундай жараёнларда бир трубанинг томонида буғ конденсацияланса, иккинчисида эса, суюқлик қайнаши рўй беради. Лекин саноатда кўпчилик жараёнлар иссиқлик элтқичларнинг ўзгариши билан температуралари содир бўлади.

Одатда температура иссиқлик элтқичларни ажратиб турувчи девор юзаси F бўйлаб ўзгаради. Лекин вақт ўтиши билан иссиқлик элтқичнинг температураси ўзгармаслиги мумкин ва у $t = f(F)$ функция билан ифодаланadi. Бундай ҳол турғун иссиқлик алмашилиш жараёнини характерлайди.

Нотурғун иссиқлик алмашилиш жараёнларида 2та ҳолат бўлиши мумкин:

– девор юзасининг ҳар бир нуктасида температура фақат вақт ўтиши билан ўзгаради, яъни $t = f(\tau)$;

– иссиқлик элтқичнинг температураси вақт ўтиши ва девор юзаси бўйлаб ўзгаради, яъни $t > f(\tau, F)$.



6.14-расм. Иссиқлик алмашилиш жараёнида суюқликларнинг ҳаракат йўналишлари:

а - параллел, б - қарама - қарши, в - кесишиб ўтган, г, д - аралаш.

Ўзгарувчан температурада иссиқлик ўтказиш суюқликларнинг ҳаракат йўналишига боғлиқдир.

Узлуксиз ишлайдиган қурилмаларда иссиқлик алмашилиш жараёнида суюқликлар ҳаракати параллел, қарама-қарши, кесишиб ўтган ва мураккаб (аралаш) йўналишли бўлиши мумкин (6.14-расм).

Ажратиб турувчи девор бўйлаб бир-бирига нисбатан суюқликлар ҳаракатининг қуйидаги вариантлари бўлиши мумкин:

1) параллел ҳаракатда (6.14а-расм) иккала иссиқлик элтқичлар ҳам бир хил йўналишда ҳаракат қилади;

2) қарама-қарши ҳаракатда (6.14б-расм) иссиқлик элтқичлар бир-бирига қарши йўналишда ҳаракат қилади;

3) кесишиб ўтувчи ҳаракатда (6.14в-расм) иссиқлик элтқичлар бир-бирига нисбатан перпендикуляр йўналишда ҳаракат қилади;

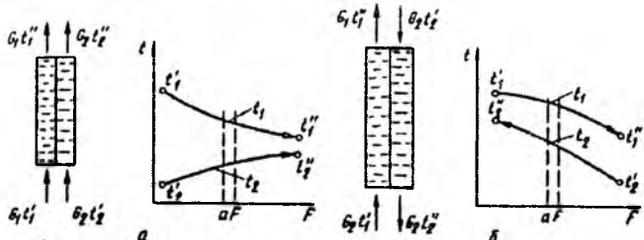
4) мураккаб ёки аралаш ҳаракатда (6.14г,д-расм) биринчи иссиқлик элтқич бир йўналишда ҳаракат қилса, иккинчиси ҳам тўғри, ҳам тесқари йўналишда ҳаракат қилади.

Ўзгарувчан температурали жараёнларда иссиқлик элтқичларнинг ўзаро ҳаракат йўналишига қараб, иссиқлик алмашилиш жараёнининг ҳаракатга келтирувчи қучи ўзгаради. Шунинг учун, иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламасидаги ўртача ҳаракатга келтирувчи қуч суюқликларнинг бир-бирига нисбатан ҳаракат йўналишига ва жараённи ташқил этилишига боғлиқ бўлади.

6.15-расмда параллел ва қарама-қарши йўналишли ҳаракатлар пайтида иссиқлик элтқичлар температураларининг ўзгариши тасвирланган. Иссиқлик элтқичлардан бири G_1 совутилганда температураси t_1 дан t_2 гача пасаймоқда, иккинчиси эса G_2 , иситилганда t_2 дан t_1 гача кўтарилмоқда.

6.16-расмда қобик - трубаги иссиқлик алмашилиш қурилмаларида тез-тез учраб турадиган аралаш йўналишли суюқликлар ҳаракат схемалари келтирилган.

6.15-расмдан кўришиб турибдики, иссиқлик алмашилиш жараёнида икки иссиқлик элтқичлар орасидаги ҳаракатга келтирувчи қуч миқдори девор юзаси бўйлаб ўзгармоқда. Масалан, иссиқлик элтқичларнинг қурилмага киришда, параллел йўналишда (6.15а-расм) локал ҳаракатга келтирувчи қуч максимал қийматга эга: $\Delta t_{max} = t_1 - t_2$; қурилмадан чиқишда эса, минимал $\Delta t_{min} = t_1 - t_2$. Қарама-қарши йўналишли ҳаракатда ҳам худди шундай натижага эга бўламиз. Шунинг учун иссиқлик алмашилиш жараёнларини ҳисоблашда ўртача ҳаракатга келтирувчи қучдан фойдаланилади.



6.15-расм. Иссиқлик элткичлар температураларининг ўзгариши: а - параллел йўналиш; б - карама - қарши йўналиш.

Иссиқлик алмашиниш юзасининг чексиз кичик элементида вақт бирлигида иссиқ элткичдан совуқ элткичга узатилаётган иссиқлик миқдори (6.15а-расм) ушбу тенгламадан аниқланади: $dQ = K(t_1 - t_2)dF$.

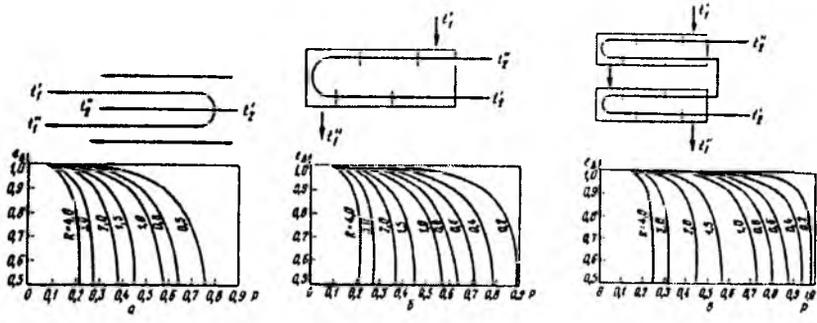
Иссиқлик алмашиниш оқибатида иссиқ элткичнинг температураси $dt_1 = -dQ/(G_1 c_1)$ га пасаяди.

Совуқ элткичнинг температураси эса $dt_2 = dQ/(G_2 c_2)$ га кўтарилади.

Бу ерда, G_1 ва G_2 – иссиқ ва совуқ элткичларнинг массавий сарфи; c_1 ва c_2 – иссиқ ва совуқ элткичларнинг солиштирма иссиқлик сийимлари.

Иссиқлик элткичлар температурасининг ўзгаришини топиш учун биринчи тенгламадан иккинчисини айириш керак:

$$d(t_1 - t_2) = -dQ \left(\frac{1}{G_1 \cdot c_1} - \frac{1}{G_2 \cdot c_2} \right) \quad (6.103)$$



6.16-расм. Аралаш йўналишли қобик - трубаги иссиқлик алмашиниш қурилмасида иссиқлик элткичларнинг ҳаракат схемаси ва ϵ коэффициенти:

а - трубалараро бўшлиғи бир ва трубалар бўшлиғи эса икки, тўрт, олти ва ундан ортик йўлли; б - кўндаланг тўсиқли трубалараро бўшлиғи бир ва трубалар бўшлиғи икки, тўрт, олти ва ортик йўлли; в - кўндаланг тўсиқли трубалараро бўшлиғи икки ва трубалар бўшлиғи тўрт йўлли.

Агар иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламасининг dQ қийматини (6.103) га қўйсақ, ушбу ифодага эга бўламиз:

$$\frac{d(t_1 - t_2)}{t_1 - t_2} = -K \left(\frac{1}{G_1 c_1} + \frac{1}{G_2 c_2} \right) dF \quad (6.103a)$$

F юзали иссиқлик алмашиниш қурилмасида вақт бирлигида иссиқлик элткичдан совуқ элткичга ўтган иссиқлик миқдори Q , иссиқлик баланси тенгламасидан топилади:

$$Q = G_2 c_2 (t_1' - t_1'') = G_2 c_2 (t_2'' - t_2') \quad (6.104)$$

(6.104) тенгламадаги G_{1C1} ва G_{2C2} ларнинг қийматларини (6.103а) га қўйсақ, ушбу кўринишни оламиз:

$$\frac{d(t_1 - t_2)}{t_1 - t_2} = -\frac{K}{Q} [(t_1' - t_1'') + (t_2'' - t_2')] \cdot dF \quad (6.105)$$

(6.105) тенгламани ўзгармас K да интегралласак:

$$Q = KF \frac{(t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2'')}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1'' - t_2''}} \quad (6.106)$$

ёки:

$$Q = KF \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} \quad (6.107)$$

(6.106), (6.107) ва иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламаларини солиштириш натижасида иссиқлик ўтиш жараёнининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучини топиш мумкин:

$$\Delta t_{\text{yp}} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} \quad (6.108)$$

Ушбу ифода иссиқлик элткичларнинг карама-қарши йўналишли ҳаракати учун ҳам тааллуқлидир.

Агар $\Delta t_{\max}/\Delta t_{\min} \leq 2$ ва иссиқлик элткичларнинг тезлиги кичик бўлганда, температураларнинг фарқи ўртача арифметик қилиб ҳисобланади:

$$\Delta t_{\text{yp}} = \frac{(\Delta t_{\max} + \Delta t_{\min})}{2} \quad (6.109)$$

Бу формулада ҳисоблаганда, хатолик 5% дан ошмайди.

Иссиқлик элткичларнинг кесишиб ўтган ва аралаш йўналишли ҳаракатларида ўртача ҳаракатлантирувчи куч куйидаги формуладан аниқланади:

$$\Delta t_{\text{yp}} = \varepsilon_{\Delta t} \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} \quad (6.110)$$

бу ерда, $\varepsilon_{\Delta t}$ – ўлчамсиз, коэффициент бўлиб, 6.16-расмдаги тегишли графиклардан топиш мумкин

Графиклардаги P ва R катталиклар Боуман формуласидан фойдаланиб ҳам топилади:

$$P = \frac{t_2'' - t_2'}{t_1' - t_2'} \quad (6.111)$$

$$R = \frac{t_1' - t_1''}{t_2'' - t_2'}$$

6-боб. Иссиқлик ўтказиш бўйича

Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Иссиқлик алмашиниш жараёнини таърифлаб беринг.
2. Иссиқлик элткич деганда нима тушунилади?

3. Иссиклик алмашиниш курилмалари деган терминга таъриф беринг.
4. Иссиклик алмашиниш курилмаси ҳисобида қайси параметрлар топилади?
5. Иссиклик баланс нима?
6. Температура градиенти нима?
7. Фурье конунининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
8. Иссиклик ўтказувчанлик коэффиценти нимага боғлиқ ва ўлчов бирлиги?
9. Қайси агрегат ҳолатида жисмлар юқори иссиқлик ўтказувчанлик коэффицентига эга?
10. Температура ўтказувчанлик коэффицентини ҳисоблаш формуласини ёзинг ва ўлчов бирлигини топинг?
11. Фурьенинг иссиқлик ўтказувчанлик дифференциал тенгламасини ёзинг.
12. Текис девор иссиқлик ўтказувчанлик формуласини келтириб чиқаринг.
13. Цилиндрик девор иссиқлик ўтказувчанлик формуласини келтириб чиқаринг.
14. Шарсимон девор иссиқлик ўтказувчанлик формуласини ёзинг.
15. Мураккаб шаклли девор учун иссиқлик ўтказувчанлик формуласини ёзинг.
16. Пахта чигити учун иссиқлик ўтказувчанлик формуласини ёзинг.
17. Иссиқлик нурланиш таърифини беринг.
18. Электромагнит тўлкинлар турлари ва хоссалари.
19. Абсолют оқ жисм нима ва унинг формуласини ёзинг?
20. Абсолют қора жисм нима ва унинг формуласини ёзинг?
21. Абсолют шаффоф жисм нима ва унинг формуласини ёзинг?
22. Кулранг жисм нима ва унинг формуласини ёзинг?
23. Стефан-Больцман конунининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
24. Кирхгоф конунининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
25. Ламберт конунининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
26. Конвектив иссиқлик алмашиниш жараёнининг механизмини тушунтириб беринг.
27. Ньютон конунининг физик моҳияти ва формуласини ёзинг.
28. Иссиқлик бериш коэффицентини аниқланг ва ўлчов бирлигини келтириб чиқаринг.
29. Нуссельт критерийси қайси кучлар нисбатини ифодалайди ва формуласини ёзинг?
30. Прандтл критерийси қайси кучлар нисбатини ифодалайди ва формуласини ёзинг?
31. Пекле критерийси қайси кучлар нисбатини ифодалайди ва формуласини ёзинг?
33. Фурье критерийси қайси кучлар нисбатини ифодалайди ва формуласини ёзинг?
35. Грасгоф критерийси қайси кучлар нисбатини ифодалайди ва формуласини ёзинг?
36. Галилей критерийси қайси кучлар нисбатини ифодалайди ва формуласини ёзинг?
37. Эркин конвекция жараёнида иссиқлик бериш қайси формуладан топилади?
38. Мажбурий конвекция жараёнида иссиқлик бериш қайси формуладан топилади?
39. Ламинар режимда иссиқлик бериш қайси формуладан топилади?
40. Турбулент режимда иссиқлик бериш қайси формуладан топилади?
41. Ўтиш режимида иссиқлик бериш қайси формуладан топилади?
42. Иссиқлик элткичнинг агрегат ҳолати ўзгарганда иссиқлик бериш қайси формуладан топилади?
43. Иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламасини ёзинг.
44. Текис деворнинг иссиқлик ўтказиши қайси формуладан топилади?
45. Цилиндрик деворнинг иссиқлик ўтказиши қайси формуладан топилади?
46. Иссиқлик элткичларнинг қандай ҳаракат йўналишлари мавжуд?
47. Ўртача температуралар фарқи қандай топилади?

ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШ ҚУРИЛМАЛАРИ

6.11. Қурилмалар классификацияси

Маълумки, саноатнинг турли соҳаларида хилма-хил хомашё ва маҳсулотларни қайта ишлашда иссиқлик алмашилиш жараёнлари ва уларни амалга оширувчи қурилмалар жуда кенг микёсда қўлланилади. Жараёнларни ўтказиш шартлари ва қурилмаларни қўллаш соҳасига қараб, иссиқлик алмашилиш қурилмаларнинг тузилиши турлича бўлади.

Ишлаш принципига қараб иссиқлик алмашилиш қурилмалари сиртий (рекуператив), регенератив ва аралаштирувчи (градирня, скруббер, аралаштирувчи конденсатор ва х.) қурилмаларга бўлинади.

Сиртий иссиқлик алмашилиш қурилмаларида иссиқлик элткичлар девор билан ажратилган бўлиб, уларда бир муҳитдан иккинчисига иссиқлик ушбу девор орқали узатилади. Конструкциясига кўра сиртий иссиқлик алмашилиш қурилмалари кобик - труба, змеевикли, пластина, спиралсимон, киррала, гилофли, блок-графитли ва махсус иссиқлик алмашилиш қурилмаларига бўлинади.

Регенератив иссиқлик алмашилиш қурилмаларида бир иссиқлик алмашилиш юзаси галма-гал иссиқ ва совуқ элткичлар билан ювилиб туради. Агар иссиқлик алмашилиш юзаси иссиқ элткич билан ювилиб турса, муҳитнинг иссиқлиги хисобига исийди, совуқ элткич билан ювилганда эса ўз иссиқлигини беради. Шундай қилиб, иссиқлик алмашилиш юзаси иссиқлик элткичнинг иссиқлигини йиғиб олади, сўнг эса совуқ элткичга беради.

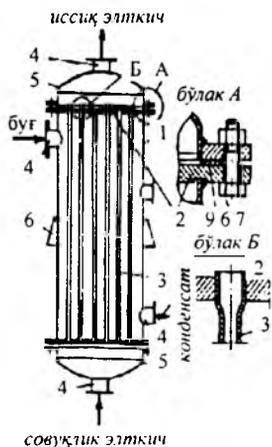
Аралаштирувчи иссиқлик алмашилиш қурилмаларида иккала элткич бевосита ўзаро аралашishi пайтида иссиқлик алмашади.

Иссиқлик алмашилиш турига кўра қурилмалар иситкич, буғлаткич, совуткич ва конденсаторларга ажратилади.

6.11.1. Сиртий иссиқлик алмашилиш қурилмалари

Конструкциясига қараб ушбу турдаги қурилмалар кобик - труба, «труба ичида труба», змеевикли, спиралсимон, ювилиб турувчи, пластина, киррала, гилофли, блок-графитли, шнекли ва ҳоказо бўлиши мумкин.

Кобик - труба иссиқлик алмашилиш қурилмалари халқ хўжалигининг турли соҳаларида энг кенг тарқалган ва кўп ишлатиладиган туридир.



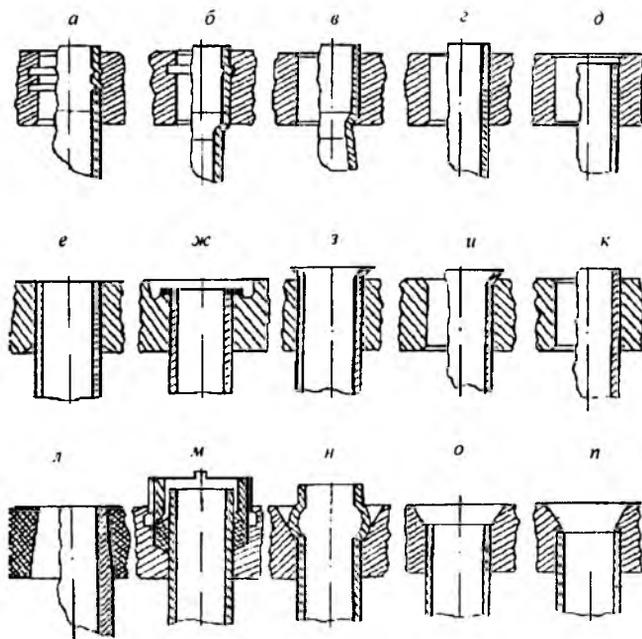
6.17-расм. Вертикал, бир йўлли кобик - труба иссиқлик алмашилиш қурилмаси:

1 - кобик, 2 - тешикли панжара, 3 - иситувчи трубалар, 4 - патрубок, 5 - копкок, 6 - таянч, 7 - болт, 8 - кистирма, 9 - обечайка.

йўналтирилади, иситувчи трубалар ташки юзасига ўз иссиқлигини беради ва суюқ агрегат ҳолати (конденсат) га айланиб қобикнинг пастки патрубкасидан чиқазиб юборилади. Мухитлар орасидаги иссиқлик алмашилиши жараёни трубалар девори орқали амалга оширилади. Иситувчи трубалар тешикли панжарага пайвандлаш, развальцовка ва усулларда маҳкамланади (6.18-расм). Кўпинча, иситувчи трубалар пўлат, легирланган пўлат, мис, латун, титан ёки бошқа материаллардан тайёрланиши мумкин.

Иситувчи трубалар 3 ни тешикли панжаралар 2 да маҳкамлашнинг энг кенг тарқалган усули бу оддий развальцовкадир (6.18-расм). Вальцовка номли асбобда радиал йўналишда ҳосил қилинадиган куч таъсирида труба деформацияга (диаметри ортади, яъни кенгайди) учраб, тешикли панжарага зичланади ва маҳкамланади. Труба ўрамининг тўр пардага муштаккам жойлаштиришга эришиш учун тешикли панжарада эни 2...3,5 мм ва чуқурлиги 0,4...1,0 мм ли иккита ҳалқасимон ариқча қилинади. Ундан ташқари, трубаларни тешикли панжараларга пайвандлаш, кавшарлаш, сальник ёрдамида ҳам маҳкамлаш мумкин. Сальник ёрдамида зичлаш мураккаб ва қimmat. Бу усулда маҳкамлаш мухитлар температура фарқи катта бўлганда, трубаларнинг бўйлама силжишига имкон беради, ammo бунда бирикма зичланиши бузулмайди.

Трубанинг кириш қисмини конуссимон развальцовка қилиш, маҳаллий қаршилиқ коэффициентини сезиларли даражада пасайтиради. Бу эса, ўз навбатида кириш қисмининг емирилиш олдини олади. Агар трубалар тебраниш, циклик қизишга, температуралар катта ўзгариши ёки уларнинг учлари иссиқлик таъсирида ўта исиб кетиш ҳоллари юз берадиган бўлса, унда трубаларнинг учи албатта тешикли панжарага пайвандланиши зарур. Пайвандлаш чоки чўктирилган, валик ва ариқчада валик ҳолида, ҳамда ариқча ва тишли кўринишларда бўлиши мумкин. Одатда, қалин деворли трубаларни пайвандлаш максатга мувофиқдир. Агар трубалар кучланиш остида ишлатиладиган бўлса, портлатиб пайвандлаш тавсия этилади. Ушбу усулда трубаларни маҳкамлаш учун портлатиш заряд қуввати катта, тешикли панжаранинг ташки юзаси раззенковка қилишини ва панжара ташқарисига труба учлари кўп чиқиб туриши керак.



6.18-расм. Трубаларни тешикли панжараларга маҳкамлаш усуллари:

- а - иккита ариқчага развальцовка қилиш; б - битта ариқчага развальцовка қилиш; в - пайвандлаш ва развальцовка қилиш; г, д - пайвандлаш, е, ж - ариқчали ва тишли пайвандлаш; з - кириш қисмини конуссимон развальцовка қилиш; и - текис тешикка развальцовка қилиш ва буклаш; к - кавшарлаш; л - елимлаш; м - сальник билан зичлаш; н - портлатиб пайвандлаш; о - тешикли панжара ташки томонини конуссимон раззенковка қилиш; п - тешикли панжаранинг ташки томони аста-секин силлик, торайтириб развальцовка қилиш.

Бу усулда труба тешикли панжарага ўта мустаҳкам ҳолатда бириктирилади. Агар труба банинг бир учи панжарага ушбу усулда портлатиб пайвандланса, иккинчи учи эса портлатиб развальцовка қилинса, энг юқори мустаҳкамликка эришса бўлади.

Ҳозирги кунда трубаларни тешикли панжарага маҳкамлашнинг энг замонавий, илғор технологияси – бу портлатиб вальцовка қилишдир. Бунда, портлатувчи заряд труба ичида, яъни учида жойлаштирилади. Сўнг эса, заряд капсуль ёрдамида портлатилади. Натижада, портлаш энергияси трубани радиал йўналишда деформация қилади ва тешикли панжара билан труба мустаҳкам бирикма ҳосил қилиб уланади. Бу усулдаги бирикма, развальцовка усулиниқига қараганда анча мустаҳкамрок бўлади. Портлатиб пайвандлаш усулини трубаларни таъмирлаш учун ҳам қўллаш мумкин. Трубаларни тешикли панжарага электрогидравлик маҳкамлаш ва бириктириш усули ҳам мавжуд.

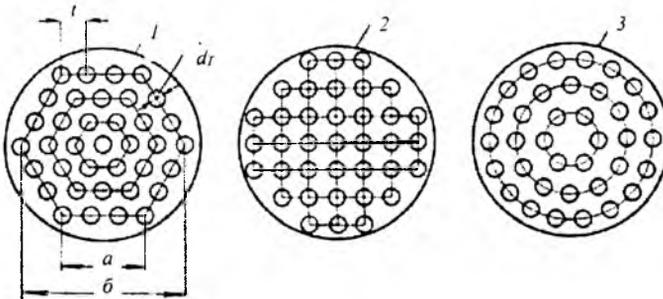
Қобик - трубаи иссиқлик алмашиниш қурилмаларида труба тешикли панжарага куйидаги усулларда жойлаштирилиши мумкин (6.19-расм): тўғри олтибурчак чўкки ва қирралари ёки тенг ёнли учбурчак бўйлаб; концентрик айланалар бўйлаб; квадрат чўкки ва томонлари бўйлаб; шахматли кўринишда (бир ва ҳар хил кўндаланг кадамли).

Ушбу усулларда трубаларни иссиқлик алмашиниш қурилмасида жойлаштириш, қурилманинг ихчам бўлиш шарти билан белгиланади. Ундан ташқари, ҳар бир қурилмага иложи борича кўпроқ труба жойлаштиришга ҳаракат қилинади.

Кимё машинасозлигида тўғри олтибурчак томонлари ва чўккаларида трубаларни жойлаштириш кенг тарқалган. Трубалар сонини аниқлашга куйидаги формула тавсия этилади:

$$n = 3a \cdot (a - 1) + 1 \quad (6.112)$$

бу ерда, a – энг катта олтибурчак томонидаги трубалар сони, $a = 2a - 1$ – энг катта олтибурчак диагоналидаги трубалар сони.



6.19-расм. Труба тешикли панжарасида трубаларни жойлаштириш схемаси:

- 1 - тўғри олтибурчак томонлари ва чўккиларида,
- 2 - квадрат томонлари ва чўккиларида;
- 3 - концентрик айланалар бўйлаб.

Агар трубалар тешикли панжарага развальцовка усулида маҳкамланса, унда трубаларни жойлаштириш қадами t ни, ташки диаметрига d_m қараб, ушбу ораликдан танланади:

$$t = (1,3K \text{ } 1,5) \cdot d_r \quad (6.113)$$

Пайвандлаб маҳкамлашда эса - $t = 1,25 d_r$.

Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг диаметри куйидаги тенгламадан топилади:

$$D = t \cdot (b - 1) + 4d_r \quad (6.114)$$

Трубаларнинг узунлиги зарур иссиқлик алмашиниш юзаси F ва труба банинг ўртача диаметри d_{yp} лардан келиб чиққан ҳолда ушбу формулада ҳисобланади:

$$l = \frac{F}{\pi \cdot n \cdot d_{yp}} \quad (6.115)$$

Қобик - трубаи иссиқлик алмашиниш қурилмаларида иссиқлик элтиқчиларнинг йўналиши параллел ёки қарам - қарши бўлади. Иссиқ элтиқич қурилманинг юқори қисмидан трубалараро бўшлиққа, совуқ элтиқич эса, пастки қисмидан трубалар ичига юборалади. Тем-

ператураси ортиши билан совук элткичнинг зичлиги камаяди ва юкорига қараб қўтарилади. Агар суюкликлар сарфи қўп бўлса, улар тезлиги юкори ва иссиқлик алмашиниш жараёни интенсив бўлади. Суюкликлар қарама - қарши йўналишида улар тезликлари бир хилда тақсимланиб, қурилма бутун қўндаланг кесимида иссиқлик алмашиниши ўзгармас бўлади.

Трубалар бўшлиғидаги тўсиклар. Иссиқлик алмашиниш жараёнининг тезлигини ошириш учун икки ва ундан ортик йўлли иситкичлар қўлланилади.

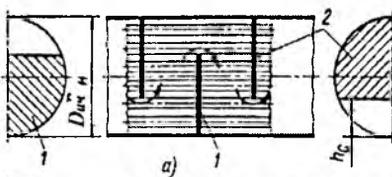
Икки ва ундан ортик йўлли қурилмаларда трубаларни секцияларга ажратиш учун ёки суюкликнинг ҳаракат йўли сонига қараб қурилманинг копоқи билан труба тешикли панжарасининг орасига тўсиклар ўрнатилади (6.7-жадвал).

Копкоқлар бўшлиғида тўсикларни жойлаштириш схемаси

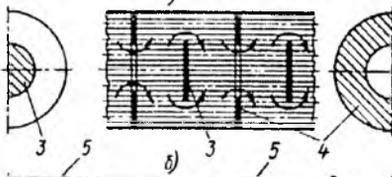
6.7-жадвал

Тўсиклар	Схема	Йўллар сони
Биринчи копоқда битта, иккинчисид а эса бўлмайд		2
Ҳар битта копоқда биттадан бўлади.		4
Биринчи копоқда 3 та, иккинчисид а эса 4 та бўлади.		6
Биринчи копоқда 4 та, иккинчисид а эса 5 та бўлади		8

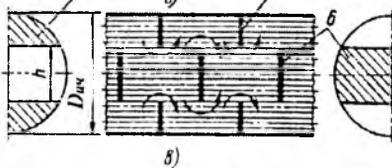
а) сегментли



б) диск-ҳалқали



в) икки томонлама сегментли



6.20-расм. Қобик трубади иссиқлик алмашиниш қурилмаларида қўлланиладиган қўндаланг тўсиклар.

Бунинг натижасида суюклик окими учун йўллар сони, яъни иссиқлик алмашилиш юзаси ортади.

Шунга алоҳида эътибор бериш керакки, *ҳар бир секциядаги трубалар сони бир хил бўлиши зарур*. Икки ва унлан ортик йўлли қурилмаларда бир йўналишлига қараганда, суюкликларнинг тезлиги йўллар сонига қараб пропорционал равишда ўзгаради.

Лекин шуни унутмаслик керакки, йўллар сони ортиши билан қурилманинг гидравлик қаршилиги ҳам ортади ва тузилиши мураккаблашади.

Қопқок бўшлиғида ўрнатиладиган тўсиқларнинг қалинлиги қопқок диаметрига боғлиқ. Кам легирилган ва углеродли пўлатлардан тайёрланган тўсиқларнинг қалинлиги 9...16 мм, мис ва никель қотишмалардан ясалганларники эса 6...13 мм бўлади. Қопқок ва тўсиқларнинг материали ҳар доим бир хил бўлиши шарт. Одатда, тўсиқлар қопқокларга пайвандланади ёки қопқок билан бир бутун, яхлит қилиб қуюлади.

Трубалараро бўшлиқдаги тўсиқлар. Маълумки, иссиқлик алмашилиш қурилмаларида биринчи муҳит трубалар ичида ҳаракат қилса, иккинчиси – трубалараро бўшлиқда. Агарда трубалар ўрама кўндаланг ҳаракатланаётган иссиқлик (ёки совуқлик) элткич окими билан ювилиб турилса, иссиқлик бериш бўйлама ҳаракатланаётганга қараганда, анча интенсив бўлади [52,53,58,61-66].

Трубалар ўрамининг эгилиши ва тебранишини ҳамда трубалараро бўшлиқдаги трубаларнинг кўндаланг оким билан ювилиб туришини ташкил этиш мақсадида ва қобик ичида кўндаланг тўсиқлар ўрнатилади.

Кимё саноатида энг кўп қўлланиладиган бир томонли 1 ва 2 сегмент тўсиқлар (6.20а), диск-ҳалка типидagi 3 ва 4 тўсиқлар (6.20б-расм) ва икки томонли 5 ва 6 сегмент тўсиқлар (6.20в-расм). Ундан ташқари, труба ўрамини ёпувчи уч томонлама жойлаштириладиган ва бошқа турдаги сегмент тўсиқлар ишлатилади.

Босим йўқотилиши Δp ни камайтириш мақсадида икки томонлама ва уч томонлама жойлаштириладиган сегмент тўсиқлар қўлланилади. Бу икки турдаги тўсиқлар Δp йўқотилишини 60...100% га пасайтириш имконини беради.

Тўсиқдан кесиб олинган қисми орқали суюклик бир бўлимдан иккинчисига оқиб ўтади. Унинг баландлиги h нинг қобик диаметри $D_{иқ}$ га нисбати одатда қуйидаги сон қийматлариға:

$$\text{бир томонлама сегмент тўсиқ учун } h/D_{иқ} = 0,15...0,4;$$

$$\text{икки томонлама сегмент тўсиқ учун } h/D_{иқ} = 0,2...0,3.$$

Кўндаланг тўсиқлар бир қаватли ёки бир неча перфорация қилинган листлардан йиғилган бўлиши мумкин. Одатда, битта листнинг қалинлиги $\delta = 1,5...2$ мм бўлади.

Қуйидаги жадвалда тўсиқлар умумий қалинлиги $\Sigma\delta$ нинг қобик диаметри $D_{иқ}$ ва трубалар узунлиги L га боғлиқлиги келтирилган.

Қобикнинг ички диаметри $D_{иқ}$, мм	<325	<355	<355 (>1550)	>1550
Трубанинг таянчсиз узунлиги L , мм	<610	610...1524	>1524 (<610)	>1524
Тўсиқлар умумий қалинлиги $\Sigma\delta$, мм	3...4	4...9	9...10	19...20

Кўп йўлли, қобик-трубали иссиқлик алмашилиш қурилмаси. 6.21-расмда тўрт йўлли қурилма тасвирланган.

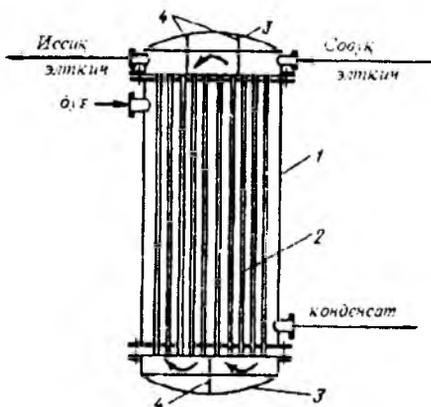
Трубалар бўшлиғи секцияланиши туфайли, секциядаги трубалар сони бутун қурилма-ниқига қараганда камаяди. Бу эса, суюклик окими ҳаракатланадиган кўндаланг қесим юзаси камайишиға ва иссиқлик элткич тезлигининг ортишиға олиб келади.

Масалан, тўрт йўлли қурилмада, бир йўлликка қараганда суюкликнинг тезлиги тўрт марта кўп бўлади. Ушбу ҳол эса, трубалар бўшлиғида иссиқлик бериш коэффициентини ўсишиға сабабчи бўлади.

Шуни назарда тутиш керакки, ҳар доим термик каршилиги юкори иссиқлик элткичнинг тезлигини ошириш мақсадга мувофиқдир.

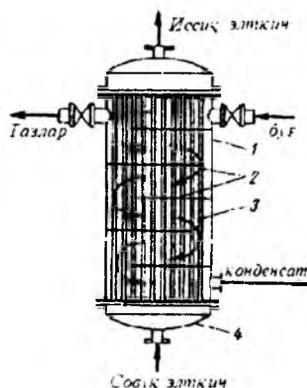
Трубалараро бўшлиқда суюқлик оқими тезлигини ва ҳаракат йўлини узайтириш мақсадида сегмент тўсиклар ўрнатилади (6.22-расм).

Горизонтал иссиқлик алмашиниш қурилмаларида ушбу сегмент тўсиклар труба ўрамини учун оралик таянчлар вазифасини ҳам бажаради. Одатда горизонтал қурилмалар кўп йўлли қилиб ясалади ва уларда суюқликлар тезлиги юкори бўлади. Бундай қилишдан мақсад, температура ва зичликлар фарқи остида суюқликларни қатламларга ажралиб ҳамда ҳаракатсиз зоналар ҳосил қилмаслигини таъминлашдир.



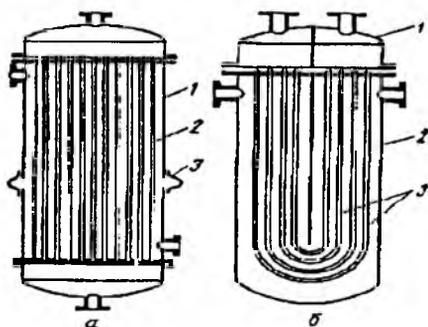
6.21-расм. Кўп йўлли иссиқлик алмашиниш қурилмаси (труба бўшлиғи бўйича).

1 - қобик, 2 - иситувчи труба, 3 - қопқоқ, 4 - тўсик



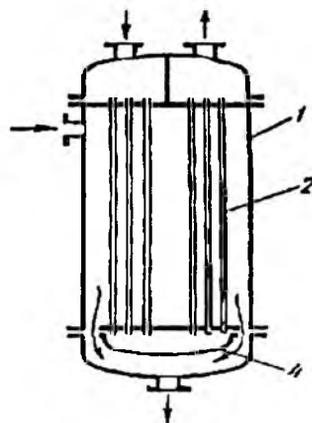
6.22-расм. Кўп йўлли иссиқлик алмашиниш қурилмаси (трубалараро бўшлиқ бўйича).

1-қобик, 2 - тўсик, 3 - иситувчи труба, 4 - қопқоқ.



6.23-расм. Температура қучланишини компенсацияловчи иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг тузилиши:

а - линза компенсаторли: 1 - қобик, 2 - иситувчи труба; 3 - линзали компенсатор.
б - U-симон труба: 1 - қопқоқ, 2 - қобик, 3 - U-симон иситувчи труба.



6.24-расм. Ҳаракатчан қалпоқчали иссиқлик алмашиниш қурилмаси:

1 - қобик, 2 - иситувчи труба, 3 - ҳаракатчан қалпоқча.

Агар иссиқлик алмашиниш қурилмаси кўзгалмас тешиқ панжара тузилиши, қобик ва труба температураларининг ўртача фарқи 50°C дан катта бўлса, қобик ва труба узайиши ҳар хил бўлади. Бу ҳол ўз навбатида тешиқли панжарада катта қучланишлар ҳосил қилади

ва панжарадаги трубалар зичланишини, пайванд чокларини бузади ва йўл қўйиб бўлмайдиган иссиқлик элткичлар аралашинига

олиб келади. Шунинг учун, температуралар фарки катта бўлганда, температура таъсирида узайишини компенсация қиладиган иссиқлик алмашиниш қурилма конструкциялари қўлланилади.

Линза компенсаторли иссиқлик алмашиниш қурилмаси. Ушбу турдаги қурилмалар суюқликлар температура фарки катта бўлганда ишлатилади. Линзали компенсаторлар температура деформациясини бартараф қилади. Бу турдаги қурилмалар труба ва трубалараро бўшлиқларида босимлар $P \leq 6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ бўлганда ишлатилади (6.23а-расм).

Линзали компенсатор иссиқлик алмашиниш қурилмалар қобиғига пайвандлаб қўйилади ва эластик деформация остида сиқилади ёки узаяди. Бундай қурилмалар тузилиши содда ва ихчам. Ундан ташқари, вертикал қилиб ясалган линза компенсаторли қурилмалар кўп жой эгалламайди.

U-симон трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси. Бундай қурилмаларда битта тешикли труба панжараси бўлиб, U-симон трубанинг иккала учи унга маҳкамланади. Шуни алоҳида айтиш керакки, трубаларнинг ўзи компенсацияловчи мослама функциясини бажаради (6.23б-расм). Қурилма тузилиши содда ва трубаларнинг ташқи юзасини тозалаш осон. Ундан ташқари, икки ва ундан ортик йўлли бўлгани учун иссиқлик алмашиниш жараёни интенсив бўлади. Трубаларнинг ички юзасини тозалаш қийин ва тешикли панжарада кўп микдорда трубалар жойлаштириш мураккаб.

Ҳаракатчан қалпоқчали иссиқлик алмашиниш қурилмаси. Труба ва қобикнинг катта силжишини таъминлаш зарур бўлган ҳолларда ҳаракатчан қалпоқчали иссиқлик алмашиниш қурилмаларидан фойдаланилади (6.24-расм).

Қурилманинг пастки тешикли труба панжараси ҳаракатчан бўлганлиги учун бутун трубалар ўрами қўзғалмас қобикка нисбатан мустақил, эркин ҳаракат қила олади. Бу эса хавфли бўлган трубалар температура деформацияси, уларнинг тешикли панжара билан зичланишининг бузилиши олдини олиш имкониятини беради. Лекин шуни қайд қилиш керакки, температура таъсирида узайишини компенсация қилиш,

қурилмани мураккаблашиши ва оғирлашиши ҳисобига эришилади.

Қўшалок трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси. Қурилманинг бир томонида иккита тешикли труба панжараси ўрнатилган бўлади (6.25-расм).

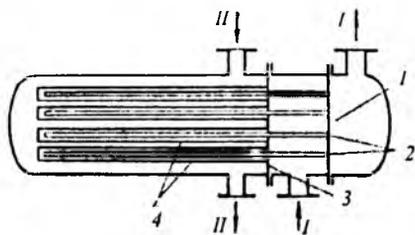
Тешикли панжара 1 да кичик диаметрли иккала учи очик трубалар ўрами 2 маҳкамланса, панжара 3 да эса, катта диаметрли чап учи ёпик трубалар маҳкамланади. Ички труба ташқи трубанинг ўртасида жойлашиши шарт. Муҳитлардан бири I қурилманинг ички 2 ва ташқи 4 трубалари ҳосил қилган ҳалқасимон бўшлиқ орқали ҳаракатланиб, труба 2 орқали трубалараро бўшлиқдан чиқариб юборилади. Иккинчи муҳит II эса, юқоридан пастга қараб қурилманинг трубалараро бўшлиғидан ҳаракат қилади ва труба 4 нинг ташқи юзасини ювиб чиқиб кетади.

Бундай қурилмаларда температура таъсирида трубалар бир-биридан бевосита исталган микдорда узайиши мумкин.

Қўшалок трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг афзалликлари: содда, трубалараро бўшлиқда юқори босимларни қўллаш мумкин ва қарама - қарши йўналишли қобик - трубали қурилмага ўхшаб ишлайди.

Камчиликлари: оддий қобик - трубали иссиқлик алмашиниш қурилмасига нисбатан ўлчамли катта ва нархи қиммат.

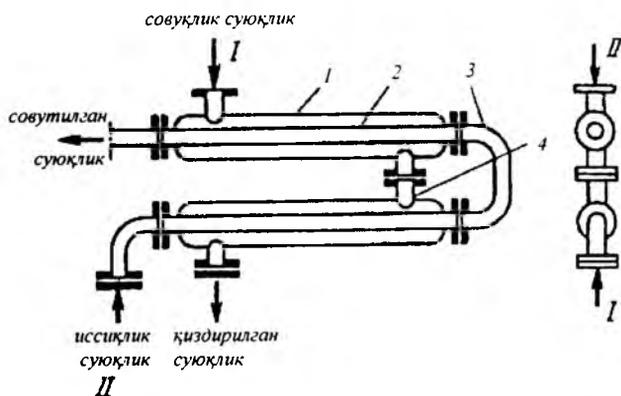
Қобик - трубали иссиқлик алмашиниш қурилмалари суюқлик ва конденсацияланаётган буғ орасида иссиқлик алмашиниш учун қўлланилади. Одатда суюқ фаза трубалар ичига йўналтирилади, буғ эса трубалараро бўшлиқка.



6.25-расм. Қўшалок трубали қобик - трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси:

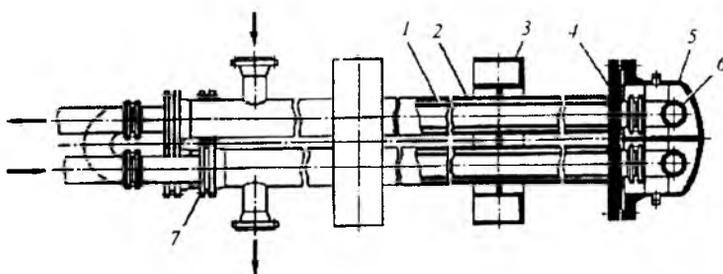
1, 3 - тешикли панжара, 2 - ички труба;
4- ташқи труба.

Қобик - трубаги иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг афзалликлари: ихчам, металл сарфи кам, U-симон трубаги қурилмадан ташқари ҳамма қурилмалардаги трубалар ичини тозалаш нисбатан осон.



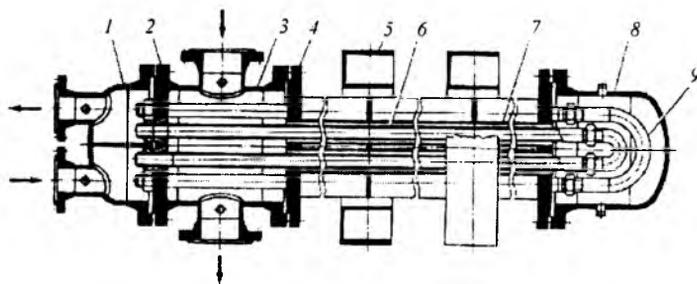
6.26-расм. «Труба ичида труба» типдаги ажралмас, бир оқимли иссиқлик алмашиниш қурилмаси:

1 - ташқи труба; 2 - ички труба; 3 - қалач; 4 - патрубк. I, II - иссиқлик элткичлар.



6.27-расм. «Труба ичида труба» типда ажралувчан, бир оқимли иссиқлик алмашиниш қурилмаси:

1-иссиқлик алмашиниш трубаси; 2-труба-қобик; 3-таянч; 4-қобик-труба тешикли панжараси; 5-бурилиш камераси; 6-қўшалок труба.



6.28-расм. «Труба ичида труба» типдаги ажралувчан, қўп оқимли иссиқлик алмашиниш қурилмаси:

1-биринчи тақсимлаш камераси; 2-трубалар тешикли панжараси; 3-иккинчи тақсимлаш камераси; 4-труба-қобик тешикли панжараси; 5-таянч; 6-иссиқлик алмашиниш трубаси; 7-труба-қобик; 8-бурилиш камераси; 9-қўшалок труба.

Камчиликлари: иссиқлик элткичлар тезлигини ошириш мураккаб (қўп йўлли қурилмалардан ташқари); трубалараро бўшлиқни тозалаш қийин; трубалараро бўшлиқни кузатиш ва таъмирлаш учун имкониятлар чегараланган; развальцовка ва пайвандлашга мойил бўлмаган материаллардан, бу турдаги қурилмаларни яшаш мураккаб.

«Труба ичида труба» типдаги иссиқлик алмашиниш қурилмаси бир неча элементлардан таркиб топган бўлади (6.26-расм).

Ҳар бир элемент катта диаметрли ташки труба 1 (одатда 25...159 мм) ва концентрик жойлаштирилган ички труба 2 (одатда 57...219 мм) лардан ташкил топган. Совуқлик элткич I труба ичида ҳаракатланса, иссиқлик элткич II трубаларо бўшлиқда ҳаракатланади. Иссиқлик алмашиниш ички трубанинг девори орқали амалга ошади.

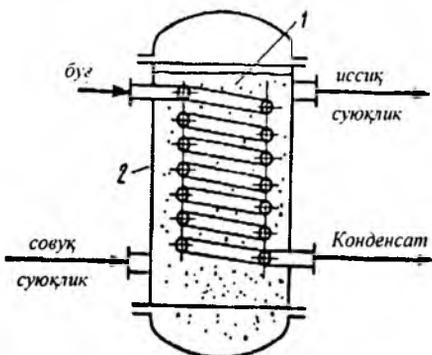
Ушбу қурилмаларнинг труба ва трубаларо бўшлиғида юқори тезликларга (3,0 м/с га-ча) эришса бўлади. Агар катта юзалар зарур бўлса, бир неча секциялардан батарея ҳосил қилиш осон ва мумкин.

Бу турдаги қурилмаларда суюқликлар сарфи катта ва «суюқлик - суюқлик», «суюқлик - буғ» системаларида иссиқлик алмашиниш учун қўлланилади.

«Труба ичида труба» иссиқлик алмашиниш қурилманинг афзалликлари: тузилиши ва ясалиши содда; суюқликлар тезликлари катта бўлгани учун иссиқлик ўтказиш коэффициенти юқори.

Камчиликлари: кўпол; металл сарфи кўп, трубаларо бўшлиқни тозалаш қийин.

Ажралувчан конструкцияли «труба ичида труба» типдаги иссиқлик алмашиниш қурилмаларида, температура ортиши билан ташки трубаларга боғлиқ бўлмаган ҳолда, ички трубалар узайиши мумкин (6.27...6.28-расм). Қурилманинг конструкцияси иссиқлик алмашиниш трубаларининг ички юзасини ифлослик ва куйқалардан мунтазам равишда механик тозалаб туриш имконини беради. Ундан ташқари, бу қурилмаларда трубаларни алмаштириш жараёнини амалга ошириш учун уларни ечиб олиш осон ва ташки юзасини тозалаш мумкин.



6.29-расм. Змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмаси:
1 - змеевик, 2 - кобик.

Кўп окимли иссиқлик алмашиниш қурилмаларидаги (6.28-расм) тақсимлаш камераси 1 окимларни труба 6 ларга бўлиб беради. Труба-кобик 4 ва труба 2 ларнинг тешикли панжараси орасида тақсимлаш камераси 3 жойлашган. Ушбу камера трубаларо бўшлиқда ҳаракатланаётган муҳит учун мўлжалланган. Кўп окимли қурилмаларнинг ички ва ташки трубалари иккита йўлли бўлади.

Бу турдаги қурилмаларда окимларнинг ҳаракат тезлиги кобик-трубали қурилмаларникига қараганда анча юқори. Шу сабабли иссиқлик ўтказиш коэффициенти ва труба юзасининг иссиқлик қучланиши катта бўлади. Ундан ташқари, иссиқлик

алмашинувчи муҳитларни қарама-қарши йўналишда ҳаракат қилишини ташкил этиш осон.

Бир ва кўп окимли қурилмаларнинг трубаларида иссиқлик элткичлар таркибидаги агрессив ва механик ифлосликлар камроқ ўтириб қолади. Кўпчилик ҳолларда, «труба ичида труба» қурилмаларининг иссиқлик кўрсаткичлари кобик-трубали қурилмаларникига қараганда анча юқори бўлади.

Айрим ҳолларда, қурилманинг ички трубаларнинг ташки юзаси қиррали қилиб ясалади. Натижада, иссиқлик алмашиниш юзаси 4...5 маротаба ортади. Одатда, бу усулдан трубанинг бирорта муҳит ҳаракатланаётган томонида иссиқлик бериш коэффициенти ошириш қийин бўлганда (газ, ковушок суюқлик ҳаракатида ёки ламинар режимда) фойдаланилади. Бундай ҳолларда, қиррали трубаларни қўллаш, узатилаётган иссиқлик миқдорини анчага ошириш имконини беради.

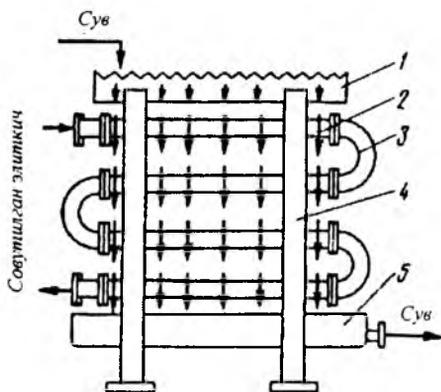
Змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмаси. Змеевик шаклида эгилган труба цилиндрик кобикли идишга ўрнатилган бўлади (6.29-расм). Цилиндрик кобикли идиш 2 иситилиши зарур бўлган суюқлик билан тўлдирилади.

Змеевиклар кўпинча 15...75 мм диаметрли трубалардан ясалади. Цилиндрик идишнинг ҳажми катта бўлгани учун, суюқликнинг тезлиги кичик, яъни иссиқлик бериш

коэффициентининг қиймати паст бўлади. Иссиклик элткич одатда змеевик ичига юборилади. Бу турдаги қурилмалар кам микдордаги суюкликларни иситиш учун мўлжалланган.

Змеевикли исиклик алмашиниш қурилмаларининг афзалликлари: тузилиши содда; нархи арзон; тозалаш ва таъмирлаш осон; юкори босим (0.2...0.5 МПа) қўллаш мумкин; кимёвий фаол суюкликларни иситиш ҳам мумкин; иситиш юзаси 10...15 м²; суюклик ҳажми катталиги учун ишчи режимлар ўзгариши жараёнга сезиларли таъсир этмайди.

Ушбу турдаги қурилманинг камчиликлари: суюкликнинг тезлиги ва исиклик бериш коэффициенти кичик; труба ички деворини тозалаш кийин; $Vd \geq 200 \dots 275$ бўлса, змеевик пастида конденсат йиғилади, исиклик алмашиниш ёмонлашди ва гидравлик қаршилик ортиб кетади.



6.30-расм. Ювилиб турувчи исиклик алмашиниш қурилмаси:

- 1 – таксимловчи тарнов, 2 – труба,
3 – калач, 4 – таянч, 5 – йиғувчи тарнов

Ювилиб турувчи исиклик алмашиниш қурилмаси газ, суюкликларни совитиш ва буғларни конденсациялаш учун қўлланилади (6.30-расм).

Бу қурилма бир-бири устига жойлаштирилган труба 2 ва уларни бирлаштирувчи калач 3 лардан иборат. Трубалар ичидан совутилаётган исиклик элткич ҳаракатланади. Совутовчи сув четлари тишли таксимловчи тарнов 1 га қуюлади ва ундан трубалар 2 га оқиб тушади. Сувнинг бир қисми труба юзасидан буғланиб кетади.

Сув бир трубани ювиб иккинчисига, ундан сўнг учинчисига ва ҳоказо тартибда ҳаракатланиб, охири исиган ҳолда йиғувчи

тарновга оқиб тушади.

Ювилиб турувчи исиклик алмашиниш қурилма-ларининг афзалликлари: тузилиши содда; очик ҳавода ишлатиш мумкин; сув сарфи кам; трубаларни тозалаш осон.

Ушбу қурилманинг камчиликлари: кўпол; исиклик ўтказиш коэффициенти кичик; металл сарфи кўп.

Спиралсимон исиклик алмашиниш қурилмаси. Бу қурилмаларда исиклик алмашиниш юзаси иккита юпка металл лист 1 ва 2 ларни спирал бўйлаб ўраш натижасида ҳосил бўлади (6.31-расм). Спиралларнинг ички учлари пластина- тўсик 3 ёрдамида бирлаштирилган.

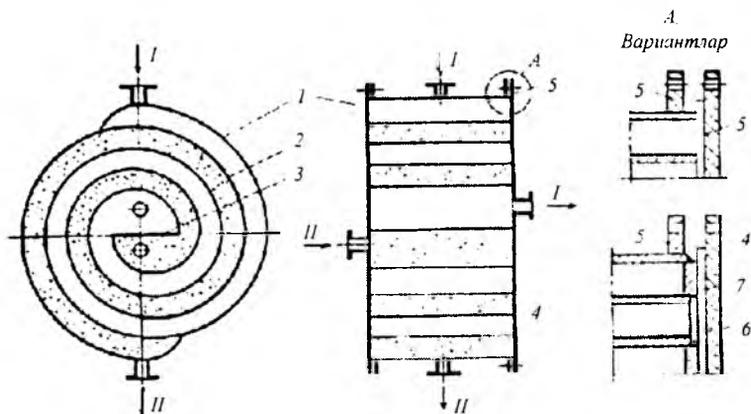
Каналлар ён томони қистирма ва текис қопқок ёрдамида зичлаб ёпилган. Натижада бир - бирдан ажраб турувчи каналлар ҳосил бўлади ва уларда қарама - қарши йўналишда суюкликлар ҳаракатлантирилади. Каналларнинг эни металл лист эни билан белгиланади. Баландлиги эса ораликни белгиловчи бўлакча 7 нинг ўлчами билан аниқланади. Текис қопқок 4 лар фланец 5 га болтлар ёрдамида маҳкамланади.

Иссиклик элткичлар кириши ва чиқиши учун текис қопқокларнинг марказида ва спиралнинг ташки учларида штуцерлар ўрнатилади.

Бу қурилма суюклик ва газлар орасида исиклик алмашиниш учун ишлатилади. Агар исиклик элткич таркибида қаттиқ заррачалар бўлган тақдирда ҳам ушбу қурилмалардан фойдаланиш мумкин, чунки тўғри тўртбурчак шаклдаги каналга тикилиб қолмайди.

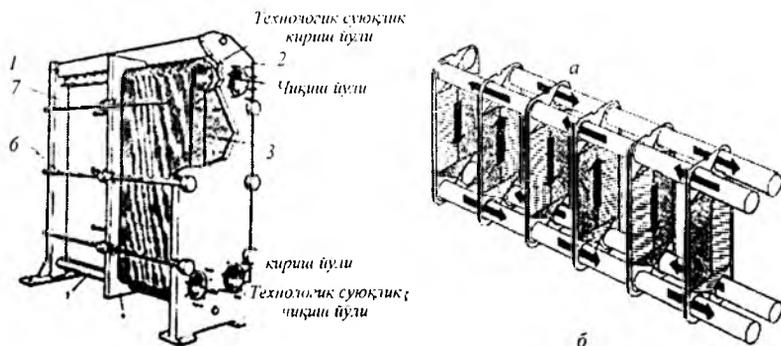
Спиралсимон исиклик алмашиниш қурилмаларининг афзалликлари: тузилиши ихчам; гидравлик қаршилиги нисбатан кичик; суюкликлар тезлиги юкори (1...2 м/с); исиклик ўтказиш коэффициенти катта; кам жой эгаллайди.

Ушбу қурилма камчиликлари: яшаш, таъмирлаш ва тозалаш кийин; юкори босим (≥ 1.0 МПа) да ишлатиш мумкин эмас, чунки бу босимларда зичланишни таъминлаш кийин.

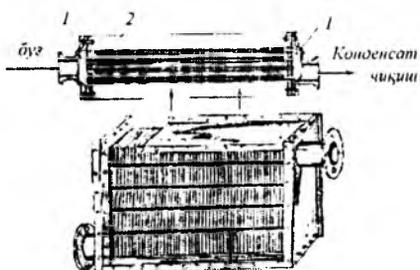


6.31-расм. Спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаси.
1,2- металл листлар, 3- пластина-тўсик; 4- конкоқлар, 5- фланец;
6- кистирма, 7- ораликни белгилловчи булакча I ва II- иссиқлик
элткич

Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмаси. Юпка металл листлардан тайёрланган бир неча пластина тепа ва пастки тутиб турувчи бруслардан иборат ромда йиғилади (6.32-расм).



6.32-расм. Пластинали иситкич (а) ва ишлаш принципи (б):
1-тепа тутиб турувчи брус; 2-қўзғалмас плита,
3-пластина; 4-ҳаракатчан плита; 5-пастки тутиб турувчи брус; 6-йўналитурувчи
ва тортиб турувчи шпилька; 7-таянч.



6.33-расм. Пластинали калорифер.
1 -кути, 2 - коворга.

Қўзғалмас ва ҳаракатчан плиталар орасида штамповка қилинган пўлат, гофриланган пластина дастаси жойлашган бўлиб, уларда иссиқлик элткичлар ҳаракати учун каналлар бор.

Пластина дастаси қўзғалмас 2 ва ҳаракатчан плиталар 4 орасида йиғилади ва тортиб турувчи шпилька 6 ёрдамида сиқилади.

Пластиналарни зичлаш юкори босимга бардош бера оладиган кистирмалар ёрдамида амалга оширилади. Пластиналар орасидаги каналлар эни 3...6 мм бўлади.

Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг ишлаш принципи 6.32б-расмда кўрсатилган. Расмдан кўриниб турибдики, суюқликларнинг ҳаракати қарама - қарши йўналишда. Шунинг қайд этиш керакки, ҳар бир иссиқлик элткич пластинанинг бир томони бўйлаб ҳаракат қилади.

Бу турдаги қурилмалар иситкич, совуткич сифатида ҳамда пастеризация, стерилизация қилиш учун ҳам қўллаш мумкин.

Пластиналар орасидаги каналларда суюқлик тезликлари юқори бўлгани учун иссиқлик ўтказиш коэффициентлари $K \leq 3800 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ гача эришиш мумкин. Ундан ташқари, бундай юқори иссиқлик ўтказиш коэффициентларни олишга сабабчи бўлган омиллардан бири, гофриланган пластина юзасининг суюқлик оқими турбулизация қилиши ва деворнинг кичик термик қаршилигидир.

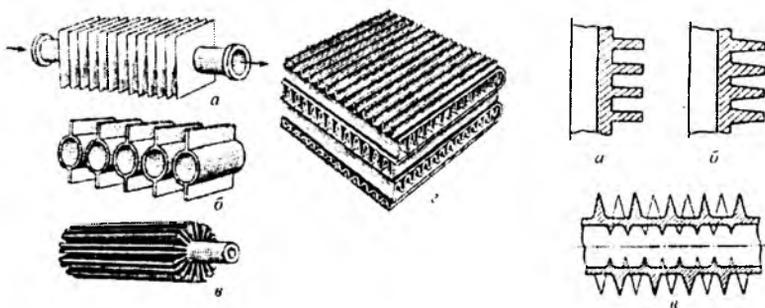
Пластинали иссиқлик алмашилиш қурилмаларининг афзалликлари: иссиқлик ўтказиш коэффициенти катта; гидравлик қаршилиги нисбатан кичик; тузилиши ихчам: суюқликлар тезлиги юқори; иссиқлик алмашилиш юзаси катта.

Бу турдаги қурилмалар камчиликлари: катта босимга бардош беролмайди; тайёрлаш қийин; суюқлик таркибидаги қаттиқ зарралар каналларни ёпиб қўйиш эҳтимоли бор.

Қиррали иссиқлик алмашилиш қурилмаси. Бу турдаги қурилмаларда иссиқлик бериш коэффициенти паст муҳит томонидаги, иссиқлик ўтказиш юзасини кўпайтириш имкониёти бор (6.33-расм).

Саноатда ишлатиладиган иссиқлик алмашилиш жараёнларида деворнинг икки томонидаги иссиқлик бериш коэффициентлар бир-биридан кескин фарқ қилади. Масалан, сув буғи ёрдамида ҳаво иситилганда, буғнинг деворга иссиқлик бериш коэффициенти тахминан $10000 \dots 15000 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ ни ташкил этади. Демак, ушбу ҳолатда ҳаво томонидан юза микдорини, яъни α си паст томонидан ошириш керак.

Трубалар юзасини ошириш мақсадида унинг ташқи юзасига думалок ёки тўртбурчак шаклидаги металл шайбалар пайвандланади. Трубали иссиқлик алмашилиш қурилмаларида кўндаланг ёки бўйлама коворгалар қўлланиши мумкин. Натижада, бу турдаги трубалар ўрнатилган қурилманинг иссиқлик юқламаси ортади. Маълумки, қиррали трубалар ясаладиган материалнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти юқори бўлиши керак.

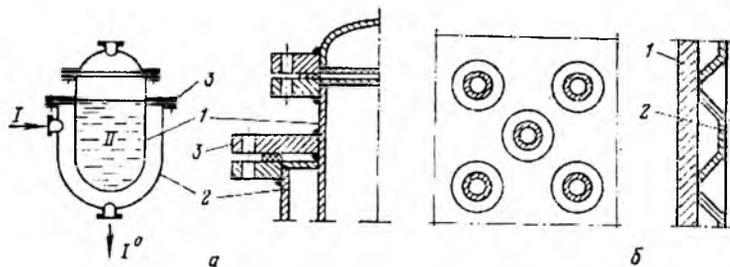


6.34-расм. Қиррали иссиқлик алмашилиш юзалари:

- а - тўғри тўртбурчак қиррали, б - трапеция шаклидаги қиррали;
- в - кўндаланг қирра; г - бўйлама, қиррали «юзгич»;
- д - бўйлама, қиррали. е - гофриланган қиррали; ж - учбурчак шаклидаги, қиррали.

Бундай трубаларнинг гидравлик қаршилиги кичик бўлиши учун қирралар юзаси иссиқлик элткич оқимининг йўналишига параллел бўлиши зарур. Ҳозирги кунда тўғри тўртбурчак ва трапеция шаклидаги кўндаланг кесимли қирралар энг кўп қўлланилади. (6.34-расм) Қиррали иссиқлик алмашилиш юзали элементлар ҳаво ва турли газларни иситадиган иссиқлик алмашилиш қурилмаларида ўрнатилади.

Ғилофли иссиқлик алмашилиш қурилмаси. Бундай қурилмаларда иссиқлик алмашилиш жараёнлари (иситиш ёки совитиш) билан кимёвий жараён бир вақтда юз беради. Ғилофли қурилма тасвири 6.35-расмда келтирилган.

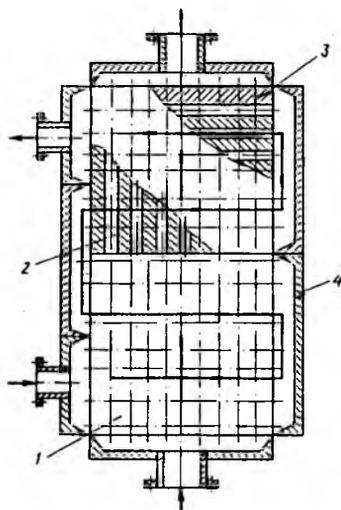


6.35-расм. Ғилофли иссиқлик алмашиниш қурилмалари:

а - паст босимлар учун; б - юқори босимлар учун.

1 - қобик; 2 - ғилоф; 3 - фланешли бирикма;

I, I° - иссиқлик элткичлар



6.36-расм. Блок-графитли иссиқлик алмашиниш қурилмаси:

1 - графитли блок; 2 - вертикал каналлар;

3 - горизонтал каналлар;

4 - қобик

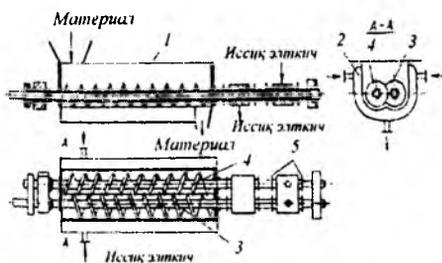
Зундай қурилмаларда иссиқлик алмашиниш юзаси сифатида реактор девори хизмат қилади. Фланец бирикма 3 ёрдамида қобик 1 га ғилоф 2 маҳкамланади. Қобик ва ғилоф орасидаги бўшлиқда иссиқлик элткич I циркуляция қилади. Қурилманинг ичида эса, элткич II жойлаштирилади. Бу турдаги қурилмаларнинг иссиқлик алмашиниш юзаси $\leq 10 \text{ м}^2$ ва ғилофдаги босим $\leq 0 \text{ МПа}$ дан ошмайди.

Агар босим 7,5 МПа дан ортса, ғилофда қўп миқдорда тешиқлар қилинади ва ғилоф листининг четлари периметри бўйича букланади ва қурилма қобигига пайвандланади (6.35-расм).

Блок-графитли иссиқлик алмашиниш қурилмаси. Блок-графитли иситкичларда графитнинг юқори иссиқлик ўтказувчанлик [$100 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ гача] ва суюқлик таъсирида емирилмаслиги туфайли графитли иссиқлик алмашиниш қурилмалари санотнинг барча соҳаларида ишлатиладиган иситкичларга нисбатан кенг тарқалган бўлиб, унинг афзалликларини ҳеч қандай иситкич билан солиштириб бўлмайди.

Бу турдаги иссиқлик алмашиниш қурилмалар асосий элементи параллелепипед шаклидаги графитли блокдир. Унда иссиқлик элткичлар учун бир-бири билан кесишмайдиган тешиқлар ясалган (6.36-расм). Қурилма бир ёки бир неча тўғри тўртбурчакли блокдан йиғилади.

Ён томонидаги металл плиталар ёрдамида ҳар бир блокда иссиқлик элткичнинг икки йўлли горизонтал каналларда ҳаракати ташкил этилади. Ўлчами $350 \times 515 \times 350 \text{ мм}^3$ бўлган блоклардан йиғилган иссиқлик алмашиниш қурилмасининг вертикал каналлари бўйича элткич бир ёки икки йўлли ҳаракат қилиши мумкин. Вертикал йўллар-



6.37-расм. Шнекли иссиқлик алмашиниш қурилмаси:

1 - қобик; 2 - ғилоф; 3, 4 - шнеқлар;

5 - ичи бўш ўқларнинг сальники

нинг сони қурилманинг пастки ва юқори қопқоқларининг конструкциясига боғлиқдир. Графитли иссиқлик алмашиниш қурилмасининг ишчи босимининг қиймати $2,9 \cdot 10^5$ Па дан ошмаслиги керак.

Блок-графитли қурилмаларни муҳитлардан бири коррозион-фаол бўлган ҳолларда ишлатиш мумкин. Агарда иккала муҳит ҳам коррозион-фаол бўлса, унда ён томондаги плиталар махсус графит вкладишлар билан ҳимоя қилинади.

Шнекли иссиқлик алмашиниш қурилмаси. Юқори қовушқоқли суюқлик ва иссиқлик ўтказувчанлиги кичик бўлган сочилувчан материалларни иситиш даврида, жараёни интенсивлаш учун қурилма деворига тегиб турган муҳит юзасини доимий равишда янгилаб туриш керак. Бунинг учун, бир пайтнинг ўзида шнек ёрдамида материални механик аралаштириш ва узатиб туриш мақсадга мувофиқдир (6.37-расм).

Қурилма қобигининг бир учидан материал юкланади ва бир-бирига қараб айланаётган 3 ва 4 шнеклар ёрдамида аралаштирилади. Аралаштириш билан бирга материални қурилманинг бошқа учига узатади. Айрим ҳолларда, иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлаш учун шнекнинг ичи бўш қилиб тайёрланади ва улар орқали иссиқлик элткич (буғ ёки иссиқ ҳаво) юборилади.

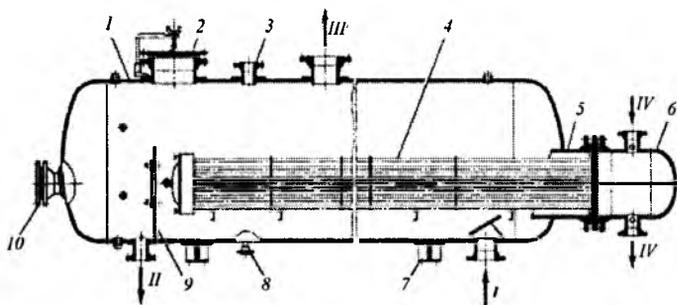
Кимё ва нефть-газни қайта ишлаш саноати технологик схемаларида суюқлик аралашмаларини бир маротаба қисман буғланиши орқали ажратиш кенг қўламда қўлланилади, хусусан, нефть хом-ашёсини ҳайдаш даврида, бензинни иккинчи ҳайдаш жараёнида ректификацион колоннанинг пастки қисмига иссиқлик узатганда, газларни фракциялаш, реакция маҳсулотларини ажратиш, эритувчини ҳайдаш, суюқ муҳитларни совитишда совуқлик элткич сифатида хизмат қилади.

Нефть хомашёсини қисман буғланиши учун хизмат қиладиган иситкич ичи бўш вертикал цилиндрик қурилма бўлиб, унда буғ иссиқлиги ҳисобига нефть бир маротаба қисман буғланиши содир бўлади. Бу турдаги қурилмалар $180 \dots 250^\circ\text{C}$ температура ва $0,3 \dots 0,5$ МПа босимда ишлайди. Ректификацион колонна пастки қисмида суюқ аралашманинг буғланиши қобик трубади иситкичга ўхшаш мосламадир.

Саноат миқёсида 2 хил турдаги буғланиш қурилмалари энг кўп тарқалган:

- буғ бўшлиқли горизонтал қурилма;
- вертикал қурилма.

Биринчи қурилма горизонтал қобик ва унинг ичида жойлашган труба пакетидан иборат (6.38-расм).



6.38-расм. Буғ бўшлиқли буғланиш қурилмаси:

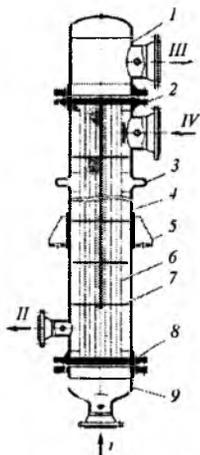
- 1-қобик; 2-люк; 3-сакловчи клапан штуцери; 4-трубалар ўрами; 5-пакет кириш штуцери; 6-тақсимлаш камераси; 7-таянч; 8-дренаж штуцери; 9-тўсиқ; 10-лебедка троси учун люк. I-суюқлик; II-қолдик; III-буғлар; IV-иссиқлик элткич.

Трубалар пакети ҳаракатчан қалпоқчали ёки U-симон трубади қилиб тайёрланиши мумкин. Иссиқлик элткич сифатида сув буғи ёки иссиқ нефть фракцияси хизмат қилади. Буғланадиган суюқлик қурилма паст қисмидан юборилади ва унинг сатҳи вертикал тўсиқлар ёрдамида ушлаб турилади. Суюқ фаза баландлиги шундай бўлиши керакки, бунда буғ

бўшлиғи қурилма диаметрининг 1/3 қисмидан кам бўлмаслиғи ва суюқлик юзаси етарли миқдорда буғларни ажраб чиқишини таъминлаши лозим. Буғланмаган суюқлик тўсик устидан тошиб ўтади ва сатҳга қараб насос билан тортиб олинади. Стандарт қурилмаларнинг диаметри 2800 мм гача, трубаларнинг узунлиғи 6000 мм.

Вертикал бугланиш қурилмалари қўзғалмас тешикли панжарали ва қобиғи температура компенсаторли қилиб ясалади (6.39-расм).

Буғланадиган суюқлик қурилма паст қисмидан юборилади ва ҳосил бўлган буғ-суюқлик ҳолатида қурилма тепа қисмдан чиқиб кетади. Унинг узатилиши насос ёрдамида ёки термосифон эффекти ҳисобига амалга оширилади. Иссиклик элткич суюқ, газ ёки буғсимон ҳолатда юқоридан трубалараро бўшлиққа узатилади ва пастдан чиқарилади. Стандарт қурилмаларнинг диаметри 2200 мм гача, трубаларнинг узунлиғи 6000 мм.



6.39-расм. Температура компенсаторли вертикал бугланиш қурилмаси.

1- тақсимлаш камераси, 2,8-тешикли панжаралар; 3-компенсатор;
4- қобик; 5-таянч; 6-труба; 7-қундаланг тўсик; 9-қопқоқ.
I-буғланаётган суюқлик; II-конденсат; III-буғ-суюқлик аралашмаси;
IV-сув буғи.

6.11.2. Регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмалари

Регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмалари иккита секциядан ташкил топган бўлади. Биринчисида иссиқлик элткичдан оралиқ материалга иссиқлик узатилса, иккинчисида эса оралиқ материалдан технологик газга узатилади. 6.40-расмда циркуляцион ҳаракатлантурувчи донатор қатламли узлуксиз ишлайдиган регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмаси келтирилган.

Қурилма асосан иккита иситкичдан тузилган бўлиб, ҳар бир иситкичнинг пастки қисмида газ оқимини бир меъёردа узатиш учун тақсимлагич б ўрнатилган. Иситкичдан донатор материални узлуксиз равишда тўқиш учун шлюзли тамба 3 хизмат қилади. Иккинчи иситкичдан чиқаётган совутилган донатор материал пневмотранспорт линиясига тўкилади. Ундан сўнг, ҳаво ёрдамида бункер - сепараторга узатилади ва у ерда заррачалар чўктирилади ва яна қайтадан биринчи иситкичга юборилади.

6.11.3. Аралаштирувчи иссиқлик алмашиниш қурилмалари

Бир хил йўлли, ҳўл конденсатор буғни сув ёрдамида конденсациялаш учун мўлжалланган (6.41а-расм). Конденсаторга совутовчи сув соплго орқали киритилади. Сувни пуркаш натижасида сув ва буғ орасидаги иссиқлик алмашиниш юзаси сезиларли даражада ошади. Буғни сув билан ўзаро таъсири, буғни конденсацияланишига олиб келади. Конденсатор ичидан конденсат, сув ва конденсацияланмаган газлар махеус насос ёрдамида сўриб олинади.

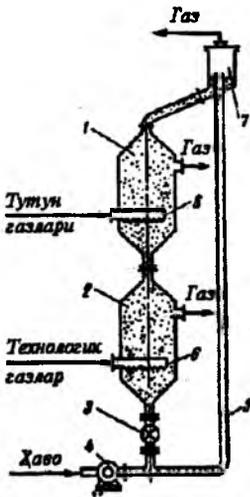
Жараёнинг моддий баланси қуйидаги тентлама билан ифодаланади:

$$Di + Wc_c t_{cb} = (D + W) c_c \cdot t_{cox} \quad (6.116)$$

бундан:

$$W = \frac{D \cdot (i - c_c t_{cox})}{c_c (t_{cox} - t_{cb})}$$

бу ерда, D – конденсацияланаётган буғ массавий сарфи, кг/соат, i – конденсацияланаётган буғ энтальпияси, кЖ/кг, W – совутувчи сув массавий сарфи, кг/соат, c – сувнинг иссиқлик сизими, кЖ/(кг·К); t_{cb} ва t_{cox} – сувнинг бошланғич ва охириги температуралари, °С.



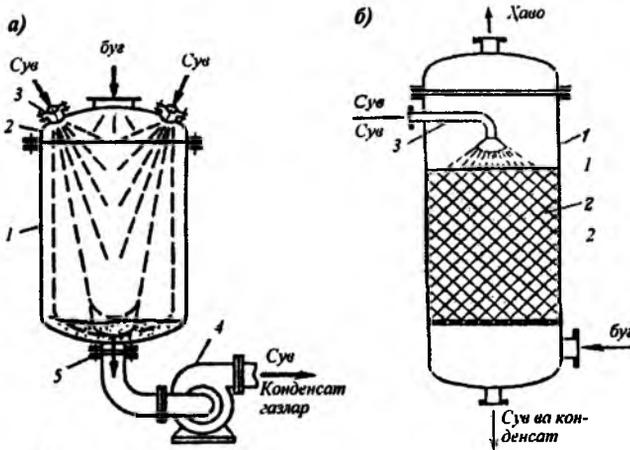
6.40-расм. Циркуляцион ҳаракатланувчи донадор қатламли қурилма:

- 1,2 - иссиқлик алмашиниш қурилмаси;
- 3 - шлюзли тамба; 4 - газодувка;
- 5 - пневмотранспорт линияси; 6 - газ таксимлагич; 7 - сепаратор.

Аралаштирувчи конденсатордан сўриб олинаётган ҳавонинг массавий сарфи (кг/соат):

$$G_c = 25 \cdot 10^6 (D + W) + 0,01 \cdot D \quad (6.117)$$

Қарама - қарши йўлли қуруқ конденсаторда буғ ва совутувчи сувнинг ўзаро таъсири



6.41-расм. Бир хил йўлли ҳўл (а) ва насадкали (б) конденсатор:

- а) 1-қобик; 2-қопқоқ; 3-пулковчи соғло; 4-маҳсус насос; 5-штуцер.
- б) 1-қобик; 2-насадка; 3-сув пулрақиги.

қарама - қарши йўналишда ўтади (6.41-расм).

Совутувчи сув конденсаторнинг юқори қисмидаги тешикли тарелкаси 2 га юборилса, буг эса пастдаги тарелка остига. Сув тарелкадан тарелкага тешиклари ва четидан ингичка окимча бўлиб ўтади. Сув билан суюқликнинг ўзаро таъсири конденсаторнинг тарелкалараро бўшлиғида юз беради. Ҳосил бўлган конденсат барометрик труба 3 орқали совутувчи сув билан йиғгич 4 га туширилади.

Ҳаво эса, ушлағич орқали вакуум - насос ёрдамида сўриб олинади. Шунинг учун ҳам бу турдаги конденсаторларни **барометрик конденсатор** деб аталади.

Барометрик конденсаторда конденсациялаш жараёни вакуум остида олиб борилади. Қурилмадаги абсолют босим 0,01...0,02 МПа бўлади.

Атмосфера ва барометрик конденсаторларда босимлар фарқини тенг ҳолатда ушлаб туриш барометрик труба 3 даги суюқлик устунни h_3 хизмат қилади.

Барометрик трубанинг баландлиги ушбу ифодадан аниқланади:

$$H_{тр} = h_3 + h_d + 0,5 \quad (6.118)$$

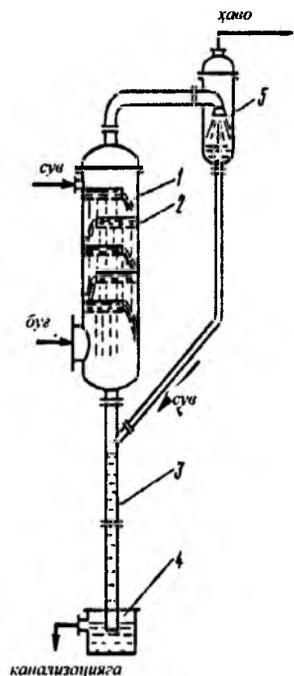
бу ерда, $h_3 = 103,3 \cdot B$ (B – конденсатордаги вакуум, МПа), h_d – динамик напор ҳосил қилиш учун зарур суюқлик устунининг баландлиги, $h_d = (w^2/2g)(2,5 + \lambda \cdot N_{гид}/d)$, w – трубадаги суюқлик тезлиги, $w = 1...2$ м/с; λ – гидравлик қаршилик коэф-фициенти; d – труба диаметри, $d = \sqrt{[0,004(D+W)]/3600\pi w}$, м; D ва W – конденсаторга қираётган буг ва сувнинг массавий сарфлари, кг/соат; 0,5 - буг қираётган штуцерни сув билан тўлиб кетмаслиги олдини олувчи баландлик, м.

Барометрик конденсатор ўлчамлари барометрик труба диаметрига боғлиқ бўлиб, ёрдамчи жадвал ва адабиётлардан аниқланади.

Вакуум - насосни танлаш учун сув ва буг таркибидаги ҳаво ҳамда фланецли бирикмалар орасидан сўрилайтган ҳаво миқдорини билиш зарур.

Ҳавонинг сарфи (4.140) тенгламадан ҳисоблаб топилади, температураси эса ушбу ифодадан:

$$t_{хаво} = t_{сб} + 0,1 \cdot (t_{сох} - t_{сб}) + 4 \quad (6.119)$$



6.42-расм. Барометрик конденсатор.

1 - қобик; 2 - тарелка; 3 - барометрик труба;

4 – йиғгич; 5-ушлағич.

Дарё, кўл, денгиз ва бошқа сув ҳавзаларини ифлослантирмаслик учун айланма сув таъминотини технологик схема ва циклларда кенг қўламда қўллаш даркор, бу эса ўз навбатида техник сувларни совитишни такозо этади. Градирняларда совутувчи элткич сифатида ҳаво ишлатилади. Агар ҳаво билан совутиладиган иссиқлик алмашилиш қурилмаларида ажратиб турувчи девор орқали иссиқлик алмашса, градирняларда – сув ва ҳаво бевосита ўзаро тўқнашиши туфайли иссиқлик алмашилиш жараёни рўй беради.

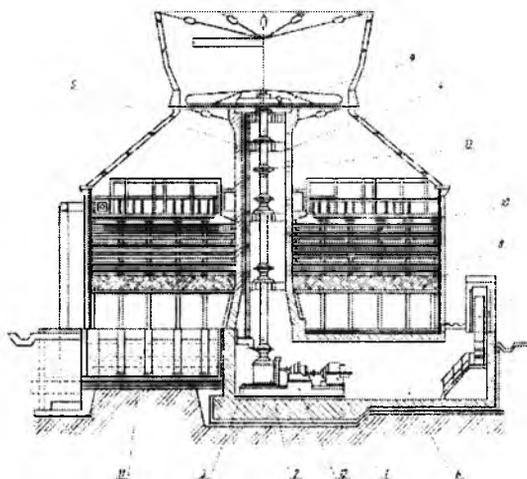
Конструктив жиҳатдан градирнялар бир-бирдан сувнинг ҳаво билан ўзаро таъсир этиш усуллари ҳамда совутувчи ҳавонинг ҳаракати билан фарқланади. Минора тепасидаги ҳамма градирнялар темир-бетондан ёки ёғочдан ясалган бўлади.

Градирняларнинг ишлаш принципи сув ҳаво билан аралашиб, ҳавога иссиқлигини ($\sim 24,4 \cdot 10^5$ Ж/кг) бериб қисман буғланиш ва совишга асосланган. Шунинг учун, сув ва ҳавонинг ўзаро тўқнашиши учун иложи борица жараёни катта юзада ташкил этиш керак. Бу мақсадда махсус конструкцияли мосламалар сувни томчи, юпка парда кўринишида тармоқланган юзаларда оқиб тушишини таъминлайди.

Ҳавонинг ҳаракати табиий ва мажбурий бўлиши мумкин. Биринчи ҳолатда, етарли микдорда напор ҳосил қилиш учун миноранинг

баландлиги жуда катта (<100 м) бўлиши керак. Иккинчи ҳолатда, ҳаво вентилятор ёки турбогазувка ёрдамида узатилгани учун сувни совитиш жараёни интенсивлашади, бу эса минора баландлигини камайтириш имконини беради.

6.43-расмда битта (айримларида, 2 ва ундан ортик) вентиляторли градирня конструкцияси тасвирланган. Ўқли вентилятор юриткичи электр юриткич I ва вертикал ўқ 3 ли редуктор 2 лардан иборат бўлиб, темир-бетон ёки пўлат лист билан ўралган шахта 4 жойлаштирилади. Эксплуатация ва техник хизмат кўрсатиш учун шахта 4 га зинапоя 5 дан тушилади.



6.43-расм. Битта вентиляторли градирня:

I- электр юриткич; 2- бурчакли редуктор; 3 – вертикал ўқ; 4 - шахта; 5- шахта зинапояси; 6 - галерея; 7 – галереяга кириш; 8 - суғоргич; 9 - вентилятор ротори; 10-коллектор; 11- совутилган сув резервуари; 12-гидромуфта; 13-вертикал ўқнинг бирлаштирувчи муфтлари.

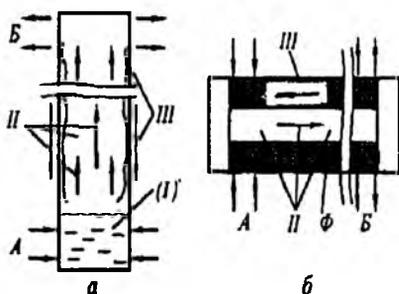
Шахта кириш галерея 6 ва чиқиш 7 лар орқали бўлади. Ҳаво вентилятор 9 ёрдамида суғоргич 8 нинг панжараси орқали ҳайдалади. Сув, коллектор 10 дан окизилади, суғоргич 8 нинг юзасини ювади ва ундан оқиб тушаётганда 15...30°C га совуйди. Совутилган сув резервуар 11 да йиғилади ва насослар ёрдамида сув таъминоти системасига юборилади.

6.11.4. Термосифон ва иссиқлик трубалари

Термосифон ва иссиқлик трубалари катта миқдордаги иссиқлик оқимларини узатиш муаммосини ҳал қилиш мақсадида яратилган. Қурилманинг ўзида температуралар напори

катта эмас, яъни ҳамма температуралар напори қурилма ташқарисида барпо бўлади. Ҳозирги кунда термосифонлар энергетика, қурилиш индустрияси (иссиқликни рекуперация қилиш, музлаган жисмларни яхдан тушириш, ҳавони совитиш, криоген жараёнлар) да; кимёвий технология (қуриштириш, кўмирни газификациялаш, озик-овқат ва фармацевтика саноатлари) да кенг қўламда қўллаб бошланди. Ушбу мосламалар имконияти жуда катта ва шу сабабли, истикболли қурилмадир.

Термосифон – бу вертикал труба бўлиб, унинг ичига маълум миқдорда ишчи суюқлик (сув ёки бошқа суюқлик) қуйилган (6.44-расм). Трубанинг суюқликдан бўш қисмидан ҳаво сўриб олинган ва



6.44-расм. Термосифон ва иссиқлик трубалари:

а - термосифон; б-иссиқлик трубаси.

I-суюқлик; II-буғ; III-конденсат.

A,Б-иссиқлик узатиш ва ажратиш соҳалари; Ф-пилик.

вакуум ҳосил қилиб, герметик қилиб ёпилган. Трубанинг пастки қисмида иссиқлик узатиш соҳаси *A*, юқори қисмида эса иссиқликни ажратиб олиш *B* соҳалари жойлашган. Термосифон трубасининг ташки томонининг *A* соҳасига иссиқлик элткичдан иссиқлик узатилади ва у труба ичидаги суюқликка берилади. Натижада сув буғланади; ҳосил бўлган буғлар юқорига кўтарилади ва *B* соҳага келади. Бу ерда иссиқлик совуқлик элткич (у ҳам термосифон ташқарисиди) га ўтади. Буғ иссиқлигини бериб совугандан кейин конденсатга айланиб, оғирлик кучи таъсирида термосифон ички девори бўйлаб пастга *A* буғланиш соҳасига оқиб тушади.

Иссиқлик ўтказиш соҳалари *A* ва *B* орасида адиабатик соҳа бўлиб, бу ерда иссиқлик фақат иссиқлик элткич билан бўйлама йўналишда узатилади. Шундай қилиб, термосифон ишлаганда иссиқлик температура юқори элткичдан температураси пастига қараб иссиқлик тарқалади.

Маълумки, турли ишчи суюқликлар учун конденсацияланиш (буғланиш) иссиқлиги жуда юқори (айниқса, сув учун) бўлгани учун, термосифон иккала учи орасидаги температуралар фарқи жуда катта бўлмаган миқдорларда ҳам кўп иссиқлик узатиши мумкин. Кондуктив иссиқлик тарқалиш нуктаи назаридан, термосифоннинг бўйлама эквивалент иссиқлик ўтказувчанлиги λ_c энг юқори иссиқлик ўтказувчанликка эга металллар (мис, кумуш, олтин, алюминий) нинг коэффицентларидан юз ва минг баробар юқори.

Термосифонларнинг асосий камчилиги – конденсатнинг буғланиш соҳасига ўз оғирлик кучи таъсирида қайтишидир. Бу эса, буғланиш соҳасини совуқ конденсация соҳасидан албатта пастроқ бўлишини такозо этади. Ушбу сабаб термосифонларни кенг қўламда қўллашга ҳалакит бермоқда.

Иссиқлик трубалари. Ушбу қурилмада термосифонга тегишли камчиликлар йўқ. Конструкция бўйича бир хил бўлишига қарамадан, буғланиш ва конденсацияланиш соҳалари технологик жараён талабларига қараб исталганча жойланиши мумкин. Бундай имконият конденсатни буғланиш соҳасига капилляр кучлар, яъни пилик (ғоваксимон) ёрдамида қайтариш орқали таъминланади.

6.44б-расмдан кўришиб турибдики, қурилманинг чап томонида *A* (буғланиш) соҳаси ташқи иссиқ элткич билан, ўнг *B* (конденсация) томонида эса совуқ элткич билан ўзаро тўқнашувда бўлади. *A* ва *B* соҳалари орасида адиабатик соҳа. Трубанинг иссиқ учидан ишчи суюқлик буғлари ўртадаги бўшлиқ орқали совуқ учига ҳаракатланади ва у ерда конденсацияланади. Конденсат ғоваксимон пилик орқали иссиқ (буғланиш) соҳага қайтарилади. Шундай қилиб, иссиқ элткичдан совуқ элткичга иссиқлик тарқалади.

Ишчи суюқликка қўйиладиган асосий талаб – юқори сиртий таранглик ва пиликни яхша ҳўллаш қобилияти зарур. Ундан ташқари, ишчи муҳитни танлаш унинг жараён температурасига боғлиқ. Иссиқлик трубалари 3...5К дан ~2000К температура оралиғида қўлланиши мумкин. Пиликка қўйиладиган талаблар: ғоваклар миқдори максимал бўлиши керак. Бунинг учун ушбу материаллардан: войлок ва мато, майда тешикли тўр, керамика ва металлокерамика, ингичка каналли системалар ва ҳоказолардан пиликлар ясалади. Пиликлардаги ғоваклар ўлчами 0,01 дан 0,1 мм гача бўлиши мақсадга мувофиқ. Албатта, ишчи муҳит ва пиликлар кимёвий жиҳатдан инерт ва температурага бардош бериши даркор.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, иссиқлик труба ва термосифонларда узатиладиган иссиқлик оқимларининг миқдори суюқлик ва буғларнинг ҳаракат тезлиги, яъни қарама-қарши йўналишдаги буғ оқими билан ҳаракатдаги конденсат юпқа қатламидан томчиларни узиб олиб кетиши билан чегараланади.

6.12. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини танлаш

Иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг конструкциясини танлашда қуйидагиларни инобатга олиш керак: қурилма технологик жараёнга мос бўлиши зарур; юқори самарали, тежамкор ва ишлаш пайтида ишончли ҳамда металл сарфи кам бўлиши зарур; ишчи муҳитларда қурилма материали емирилишга бардошли бўлиш керак.

Иссиқлик элткичлар қурилма орқали қатта тезликда ўтса, иссиқлик ўтказиш коэффициентининг юқори қийматларига эришса бўлади. Бундай юқори қийматларни олиш учун иссиқлик алмашилиш юзаси тоза бўлиши керак.

Агар суюқликлар тезлиги оширилса, иккинчи суюқлик томонидаги иссиқлик бериш коэффициенти кўпаяди. Лекин иссиқлик ўтказиш коэффициентининг сезиларли даражада кўпайиши учун девор ва ундаги ифлосликларнинг термик қаршилиги кичик бўлиши керак. Масалан, агар трубалараро бўшлиқдаги иссиқлик бериш коэффициенти трубалар бўшлиғиникидан жуда паст бўлса, трубалар ичида оқётган суюқлик тезлигининг ўсиши иссиқлик ўтказиш коэффициентига унча таъсир қилмайди. Бу ҳолда трубалараро бўшлиқдаги иссиқлик бериш коэффициентини ошириш зарур, яъни у ерга сегмент тўсиқлар ўрнатиш мақсадга мувофиқдир.

Қайси муҳитни труба ичига, қайси бирини трубалараро бўшлиққа йўналтириш муаммосини ҳал этишда қуйидаги қоидаларга амал қилиш керак:

– юқори иссиқлик ўтказиш коэффициентига эришиш учун иссиқлик бериш коэффициенти кичик бўлган муҳитни труба ичига йўналтириш зарур;

– кимёвий фаол, коррозия муҳитларни труба ичига юбориш зарур, чунки бунда факат труба, тешикли панжара ва қопқоқлар тегишли легирланган металлдан ясаллади, яъни қобик, сегмент тўсиқ ва бошқалар оддий, углеродли пўлатдан тайёрланиши мумкин;

– атроф-муҳитга иссиқлик йўқотилишини қамайтириш учун температураси юқори муҳитни труба ичига юбориш мақсадга мувофиқдир;

– чўкма ҳосил қиладиган муҳитларни трубалар юзаси осон тозаланадиган бўшлиққа йўналтириш тавсия этилади;

– босими юқори бўлган муҳитни труба ичига йўналтириш зарур, чунки қобикдан кўра трубалар босимни яхши ушлайди.

Иссиқлик алмашилиш қурилмасининг конструкцияси техник-иқтисодий ҳисоблашлар асосида танланади. Бунда, тайёрлаш учун кетган асосий (капитал) ва йиллик эксплуатация сарфлар таққосланади. Айрим ҳолларда, эксплуатация сарфлар тежалиши ҳисобига сарфлар тез қопланса, асосий сарфларни кўпайтириш ҳам мумкин.

Технологик жараёнлар учун иссиқлик алмашилиш қурилмаси лойиҳаланаётганида, ҳисоблашнинг асосий мақсади, қурилманинг иссиқлик алмашилиш юзаси ва габарит ўлчамларини аниқлашдир.

Ҳисоблаш, биринчи навбатда қурилманинг иссиқлик балансини тузишдан бошланади. Сўнг, иссиқлик балансидан узатилган иссиқлик миқдори топилади. Масалан, сув буғи ёрдамида бирор муҳит t_6 дан t_{ox} температурагача иситилаётган бўлса, иссиқлик баланс ушбу кўринишда ёзилади (6.45-расм).

$$Gct_6 + Di'' = Gct_{ox} + Di' + Q_{iyx} \quad (6.120)$$

$$Q = Gc(t_{ox} - t_6) + Q_{iyx} = D(i'' - i') + Q_{iyx} \quad (6.121)$$

бу ерда, $D=Q/(i'' - i')$ – иситувчи буғ сарфи.

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти ушбу формуладан ҳисобланади:

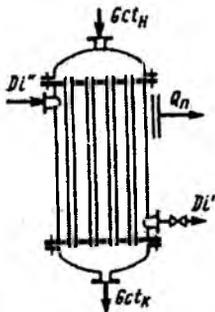
$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_1^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (6.122)$$

бу ерда α_1 ва α_2 иссиқлик бериш коэффициентлари 6 - боғлаги тегишли критериял тенгламалардан аниқланади.

Жараёни ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи қуйидаги тенгламалардан топилади:

$$\Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{max} + \Delta t_{min}}{2} \quad \text{ёки} \quad \Delta t_{yp} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}} \quad (6.123)$$

Иссиқлик алмашилиш юзаси иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламасидан аниқланади:



6.45-расм. Моддий балансга онд.

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{yp}} \quad (6.124)$$

Иситкичдаги трубалар сонини эса, ушбу тенгламадан аниқлаш мумкин:

$$n = \frac{4 \cdot F}{\pi d_T^2 l} \quad (6.125)$$

бу ерда, d_T – трубалар ташқи диаметри, м; l – труба узунлиги, м.

Тешикли панжарада трубалар жойлаштириш ушбу бобда кўриб чиқилган усуллардан бирида амалга оширилади.

Қобик - трубали иссиқлик алмашиниш қурилмасининг диаметрини ушбу формулада ҳисоблаб топиш мумкин:

$$D = (1,3K \ 1,5) \cdot (b - 1) \cdot d_T + 4d_T \quad (6.126)$$

Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг гидравлик қаршилиги Дарси - Вейсбах формуласидан топилади:

$$\Delta p = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{\rho w^2}{2} \quad (6.127)$$

бу ерда, λ – гидравлик қаршилик коэффициентини, l – труба узунлиги, м; d – труба диаметри, м; $\sum \xi$ – маҳаллий қаршилик коэффициентларининг йиғиндисини; w – муҳит тезлиги, м/с; ρ – муҳит зичлиги, кг/м³.

Иситкичнинг технологик жараён учун яроқлигини билиш учун текширув ҳисоблаши ўтказилади. Бунинг учун қуйидаги бошланғич маълумотлар зарур:

F – иссиқлик алмашиниш юзаси; Q – иссиқлик юклама; муҳитларнинг қурилмага кириш ва чиқишдаги температуралари; w – муҳит тезлиги ва муҳитлар физик параметрлари.

Ҳисоблаш даврида қуйидагилар аниқланади:

берилган иссиқлик юклама ва ҳақиқий иссиқлик алмашиниш шароитларидаги термик қаршилик; зарур бўлган ўртача температуралар фарқи Δt_3 ; мавжуд ўртача температуралар фарқи Δt_m ; қурилманинг иш унумдорлик захираси.

Температураларнинг ўртача фарқини ушбу формуладан топиш мумкин:

$$\Delta t_3 = \frac{Q}{K \cdot F} \quad (6.128)$$

Мавжуд ўртача температуралар фарқи (6.108) формуладан аниқланади.

Мавжуд ўртача температуралар фарқининг зарур ўртача температуралар фарқига нисбати иситкичнинг иш унумдорлик захираси деб аталади:

$$\chi = \frac{\Delta t_m}{\Delta t_3} \quad (6.129)$$

Зарур ўртача температуралар фарқи иссиқлик алмашиниш қурилмасининг ўртача эксплуатацион ишлаш шароитлари ва иссиқлик алмашиниш юзасидан фойдаланиш коэффициентини ҳисобга олган ҳолда аниқланади.

6.13. Иссиқлик алмашиниш жараёнларини интенсивлаш

Мамлакат иқтисодийети турли соҳаларининг жадал суръатлар билан ривожланиши иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг кенг миқёсда қўлланиши ва уларга қўйиладиган талабларни ортиши билан характерланади. Шу билан бирга бу турдаги қурилмаларнинг габарит ўлчамлари ва массасини камайтириш энг долзарб муаммо бўлиб ҳисобланади. Ундан

ташқари, айрим ҳолларда температуралар фарқини ва девор температурасини пасайтириш зарур бўлади. Худди шундай муаммолар иссиқлик алмашиниш қурилмаларини ишлатадиган кимё, озик - овқат, энергетика, нефть, металлургия ва бошқа саноат корхоналари олдида турибди.

Юқорида кайд этилган муаммоларни ҳал этиш йўли – бу каналларда иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлашдир.

Интенсивлаш усулини танлаш бир қатор шартлар билан белгиланади. Улардан энг асосийлари:

1. Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг габарит ўлчамлари ва массасини камайтириш.
2. Иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлаш учун рухсат этилган энергетик сарфлар ва уни амалга ошириш учун бор энергия тури.
3. Иссиқлик бериш интенсивланадиган оқимнинг гидродинамик таркиби. Иссиқлик оқими зичлигининг тақсимланиш ёки иссиқлик элткичда температуралар майдони.
4. Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг тайёрлаш технологиясига мойиллиги ҳамда эксплуатация даврида қулайлиги ва ишончлилиги.

Ундан ташқари, қурилма конструкцияси ва жараённинг таҳлили, иссиқлик элткични узатиш учун рухсат этилган энергия сарфини аниқлаш имконини беради. Одатда, энергия сарфи деганда насоснинг қуввати назарда тутилади.

Шунинг учун, қурилма орқали иссиқлик элткични узатишда босимлар йўқотилишининг йиғиндиси ўзгармас бўлганда, унинг габарит ўлчамларини камайтиришни таъминлайдиган интенсивлаш усуллари яратилиши керак.

Маълумки, ҳамма турбулент оқимларни интенсивлаш усулларида иссиқлик беришни жадаллаштириш учун оқим қўшимча сунъий турбулизация қилинади. Лекин шу билан бирга, гидравлик қаршилик коэффиенти ҳам ошади. Шунинг учун, интенсивлаш даражасини билиш учун интенсивлаш усулида олинган натижаларни, текис трубада олинган тажриба маълумотлар билан таққослаш мақсадга мувофиқ. Бунинг учун Nu/Nu_T нисбатдан фойдаланиш мумкин.

Турбулент оқимнинг гидродинамик таркибини ва ундан иссиқлик алмашинишни ўзига хос хусусиятларини билиш, оқимнинг қайси соҳасида турбулент тебранишларни интенсивлаш зарурлигини аниқлашга ёрдам беради. Кўпгина олимларнинг маълумотларига биноан, одатда труба девори яқинидаги суюқликлар ҳаракатини жадаллаштириш кераклигини ҳеч ким инкор қилмайди.

Одатда, турбулентлик интенсивлигини ошириш энергетик сарфлар ўсиши билан боғлиқ, яъни гидравлик қаршилик коэффиенти ортади. Шунинг учун, λ_m ни бутун оқимда эмас, балки девор яқинида ошириш мақсадга мувофиқ. Шунга алоҳида эътибор бериш керакки, яратилган интенсивлаш усули иссиқлик алмашиниш қурилмаларини яшаш технологиясини тубдан бузмаслиги керак ва катта серияда ишлаб чиқаришга мойил бўлиши зарур. Бу ерда нафақат яшаш ва йиғиш технологияси назарда тутилган, балки оддий қурилмага нисбатан нархи ҳам ҳисобга олинган бўлиши керак.

Ундан ташқари, яратилган интенсивлаш усули қурилма мустаҳкамлигини, ишончлилигини ва унинг эксплуатацион характеристикаларини пасайтирмаслиги керак.

Труба каналларида иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлаш бўйича ҳамма ишлар таҳлили қуйидаги ҳулосаларга олиб келди:

1. Сунъий равишда ташкил этилган уюрмавий тузилишли оқим турбулентлигини ҳосил қилиш энг самарали воситадир.
2. Трубада бўртиқ-ботик типдаги силлиқ кўндаланг тўсиқлар ясашиши оқибатида ҳосил бўлган уюрмавий оқим турбулентлиги тўсиқлар ўлчами ва шаклига катта боғлиқдир.
3. Иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлаш учун турбулизатор шакли ўткир қиррали (учбурчак, тўғри тўртбурчак ва ҳ.) бўлмаслиги керак, чунки бу шаклли тўсиқларнинг гидравлик қаршилиги катта.

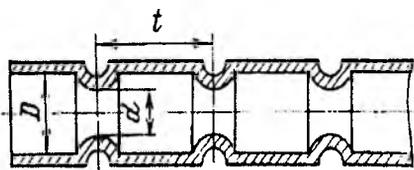
Демак, турбулизаторлар шакли аста-секин ортиб, кейин эса камаювчи, силлиқ шаклли бўлиши гидравлик қаршилик кўрсаткичини кескин ортиб кетмаслигини таъминлайди.

Суюқлик ва газларнинг оқими труба ичида ҳаракати даврида девор атрофидаги юпка, чегаравий қатламни турбулизация қилиши керак. Ундан ташқари, ушбу девор атрофидаги юпка қатламни сунъий равишда турбулизация қилиш учун дискрет жойлашган кўндаланг бўртик турбулизаторлари қўллаш мақсадга мувофиқ.

Бир хил балангликдаги силлик ва тўғри тўртбурчак шаклдаги бўртик тўсиқларнинг таҳлили ва ундаги босимни ўлчаш шуни кўрсатдики, девор яқинидаги юпка қатламнинг турбулизацияси энг минимал гидравлик қаршиликларда эришилади (6.46-расм).



6.46-расм. Силлик (а) ва тўғри тўртбурчак (б) шаклидаги бўртик тўсиқларда оқим турбулентлигининг тузилиши.



6.47-расм. Ташқи томонида кўндаланг ботиқ ариқча ва ички томонни силлик бўртик тўсиқли самарадор иссиқлик алмашилиш юзаси.

Ҳозирги кунда, проф. С.Г.Зокиров ва бошқалар томонидан яратилган, ташқи томонида кўндаланг ботиқ ариқча ва ички томони силлик бўртик тўсиқли иссиқлик алмашилиш юзаси энг самарали интенсифлаш трубаеси деб ҳисобланади (6.47-расм). Бу турдаги трубаларни «накатка» усулида яшаш технологияси содда ва осон, нархи эса текис трубаининг бир неча фоизини ташкил этади.

«Накатка» қилиш усулида тайёрланган иссиқлик алмашилиш қурилмаси текис трубалардан қурилма яшаш технологиясидан фарқ қилмайди. Лекин самарадор трубаеси иссиқлик алмашилиш қурил-

масидаги накаткали трубаларнинг умумий узунлиги, текис трубаеси қурилманикидан кам бўлади, яъни камроқ сарф бўлади.

Шунинг учун ҳам, ушбу усулда жараёни интенсифлаш қурилманинг габарит ўлчамлари ва массасини 1,5...2,0 мартаба камайтириш имконини беради ҳамда унинг нархини ҳам арзонлаштиради.

Ушбу усулда $Pr = 2...80$ бўлган суюқликлар учун гидравлик қаршилик 2,7...5,0 мартаба ўсганда, иссиқлик бериш коэффициентини 2,0...2,6 марта орттиришга эришса бўлади. Ҳаво учун эса, гидравлик қаршилик 2,8...4,5 марта ошганда иссиқлик бериш коэффициенти 2,8...3,5 мартаба кўпаяди.

«Накатка» қилинган трубалар иссиқлик алмашилиш жараёнининг самарадорлигини оширади ва бир қатор афзалликларга эга [47,48,59]:

- трубаининг ички ва ташқи томонларида иссиқлик алмашилиш самарадорлигини бир вақтда амалга ошириш мумкин;
- бошқа усулларга нисбатан юқори иссиқлик алмашилиш самарадорлигига эришилади;
- бу турдаги турбулизаторли трубаларни саноат миқёсида тайёрлаш осон. Бундай трубаеси қурилмаларни тайёрлаш «Ўзбеккимёмаш» ОАЖда йўлга қўйилган.

Газларни иситиш ва совитиш жараёнида ($Re=10^4...4\cdot 10^5$, $d/D = 0,88...0,98$ учун $T_w/T_b = 0,13...1,6$) ўртача иссиқлик беришни ушбу формула ёрдамида аниқлаш мумкин:

агар $t/d = 0,25...0,8$ бўлса,

$$\frac{Nu}{Nu_T} = \left[1 + \frac{\lg Re - 4,6}{35} \right] \cdot \left\{ 3 - 2 \exp \left[\frac{-18,2 \cdot (1 - d/D)^{1,13}}{(t/D)^{0,326}} \right] \right\} \quad (6.130)$$

агар $t/D = 0,8...2,5$ бўлса,

$$\frac{Nu}{Nu_T} = \left[1 + \frac{\lg Re - 4,6}{35} \right] \cdot \left[\left(3,33 \frac{t}{D} - 16,33 \right) \frac{d}{D} + \left(17,33 - 3,33 \frac{t}{D} \right) \right] \quad (6.131)$$

(6.130) ва (6.131) формулалардаги Nu ни ҳисоблашда ҳамма параметрлар газнинг ўртача массавий температурасида олинади.

$d/D = 0,9...0,97$ ва $t/D = 0,5$ параметрларга эга турбулизаторли трубаларда иссиқлик беришни ҳисоблашда куйидаги формуладан фойдаланиш мумкин:

$$\frac{Nu}{Nu_T} = \left(1 + \frac{\lg Re_w - 4,6}{7,45} \right) \cdot \left(\frac{1,14 - 0,28\sqrt{1-d/D}}{1/14} \right) \cdot \exp \left[\frac{9(1-d/D)}{(t/D)^{0,58}} \right] \quad (6.132)$$

бу ерда, Re_w – деворнинг ўртача температурасида ҳисобланади.

(6.130)-(6.132) формулалардаги Nu_T куйидаги тенгламаларда ҳисобланади:
– газларни иситиш пайтида

$$Nu_T = 0,0207 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \quad (6.133)$$

бу ерда аниқловчи температура – труба узунлиги бўйича деворнинг ўртача температураси.

– газларни совитиш пайтида

$$Nu_T = 0,0207 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \quad (6.134)$$

бу ерда аниқловчи температура – труба узунлиги бўйича деворнинг ўртача температураси.

$$Nu_T = 0,018 \cdot Re^{0,8} \quad (6.135)$$

бу ерда аниқловчи температура – труба узунлиги бўйича ўртача массавий температура.

Агар $t/D = 0,5$ ва $d/D \geq 0,94$ ($Re > Re^*$) бўлса, суюқликлар учун ўртача иссиқлик бериш куйидаги формуладан топилади:

$$\frac{Nu}{Nu_T} = \left[100 \cdot \left(1 - \frac{d}{D} \right) \right]^{0,445} \quad (6.136)$$

бу ерда Nu_T ушбу формуладан ҳисоблаб топилади:

$$Nu_T = 0,0216 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,445} \quad (6.137)$$

Ушбу трубаларнинг гидравлик қаршилигини $Re = 10^4...4 \cdot 10^5$ ораликда куйидаги формуладан аниқласа бўлади:

$d/D = 0,90...0,97$ ва $t/D = 0,5...1,0$ бўлганда:

$$\frac{\xi}{\xi_T} = \left[1 + \frac{100 \cdot (\lg Re - 4,6) \cdot (1-d/D)^{1,65}}{\exp(t/D)^{0,3}} \right] \cdot \exp \left[\frac{25 \cdot (1-d/D)^{1,32}}{(t/D)^{0,75}} \right] \quad (6.138)$$

$d/D = 0,88...0,98$ ва $t/D = 0,5$ бўлганда

$$\frac{\xi}{\xi_T} = \left[1 + \frac{\lg Re - 4,6}{3,4 Re \cdot 10^{-5} + 6} \right] \cdot \left(1,3 - \sqrt{\frac{d}{D} - 0,93} \right) \cdot \exp [20,9 \cdot (1-d/D)^{0,08}] \quad (6.139)$$

$d/D = 0,90...0,98$ ва $t/D = 0,25$ бўлганда эса,

$$\frac{\xi}{\xi_T} = \left[1 - \frac{\lg Re - 4,6}{6(Re \cdot 10^{-5})^{0,33}} \right] \cdot \left(3 \frac{d}{D} - 2 \right) \cdot \left(2,5 - 1,5 \frac{d}{D} \right) \cdot \exp \left[17 \left(1 - \frac{d}{D} \right)^{0,858} \right] \quad (6.140)$$

(6.138) формуладаги ξ_T куйидаги тенгламадан топилади:

$$\xi_{in} = \frac{0,316}{Re^{0,254}} \cdot \left(\frac{\mu_b}{\mu_w} \right)^n \quad (6.141)$$

бу ерда газларни иситиш жараёни учун $n = 0,14$, газларни совитиш учун $n = 0$ ва суюқликларни иситиш учун $n = 0,333$.

(6.140) ва (6.141) формулардаги ξ_T ушбу тенгламадан ҳисоблаб аниқланади:

$$\xi_T = 0,182 \cdot Re^{-0,2} \quad (6.142)$$

эффeкти иситиш жараёнида иссиқлик беришни интенсивлайди;

– винтсимон элементларни қўллаш қиррали юзалар эффeктини беради. Бу усулда иссиқлик бериш коэффициентини 30...40% ортади, гидравлик қаршилик эса 1,5...2,5 марта қўпаяди.

Турбулент ва ўтиш режимларида девор яқинидаги қатлам зонасини интенсивлаш керак, чунки чегаравий қатламнинг иссиқлик ўтказувчанлиги кичик. Ундан ташқари, бу ерда «девор - суюқлик» системасининг 60...70% температура напори мужассамланган, яъни иссиқлик оқимининг зичлиги максималдир.

Яна бир самарали интенсивлаш усули проф. Б.В.Дзюбенко, проф. Г.А.Дрейцер ва проф. С.Г.Зокировлар томонидан яратилган. Бу самарадор труба бўлиб, уни бураш йўли билан ҳосил қилинади ва қўндаланг кесим юзаси эллипсоид шаклида бўлади (6.51-расм).

Бурама трубалардан ясалган қурилмаларда иссиқлик алмашилиш ҳам трубалар ичида, ҳам трубаларо бўшлиқда интенсивлашади. Агар трубалар бураш қадами $S/d = 6...15$ бўлса, қурилма ҳажмини текис труба қурилмага нисбатан 1,5...2 баробар камайтириш мумкин. Демак, қурилманинг массаси ва металл сарфи ҳам кам бўлади.

Бу турдаги трубалар винтсимон каналлари чегарасида тезликнинг айланувчан ташкил этувчисининг тангенциал узилиши рўй беради ва бу ҳол оқимни турбулизация ҳолатига олиб келади. Оқим ядросига қараганда, труба девори яқинида суюқлик оқими уюрмавий ҳаракатланади. Бурама трубалар биринчи навбатда девор яқинидаги суюқлик қатламини турбулизация қилиш учун қўлланилади.

Саноат синовлари шуни кўрсатадики, агар $S/d \approx 12$ бўлса, турбулент режимда трубаларо бўшлиқда иссиқлик алмашилиш ва гидравлик қаршилик бир хил даражада ортади. Ўтиш соҳаси $Re = 10^3...10^4$ да эса, гидравлик қаршиликдан иссиқлик алмашилишнинг ўсиш даражаси кўпроқ бўлади.

Иссиқлик алмашилиш жараёнини интенсивлашнинг яна бир самарали усули – бу труба ташқи юзасида қўшимча қиррали юзалар ҳосил қилишдир. Ушбу усулда, иссиқлик бериш коэффициентини паст бўлган муҳит албатта труба ичига йўналтирилиши керак. Пластина қиррали иссиқлик алмашилиш юзаларнинг баъзи бирлари 6.8-жадвалга келтирилган.

Иссиқлик алмашилиш юзасига механик таъсир усуллари ҳамда электр, ультратовуш ва магнит майдонларининг таъсири, шу қунгача ҳали етарли ўрганилмаган.

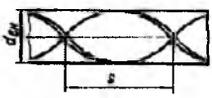
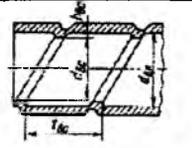
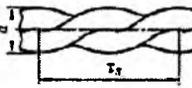
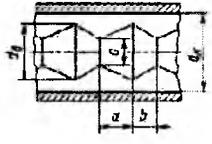
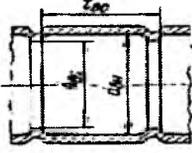
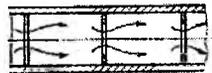
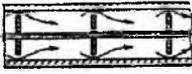
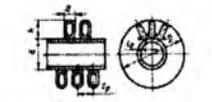
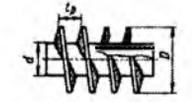
Иссиқлик алмашилиш жараёнини интенсивлаш натижасида иссиқлик ўтказиш коэффициентининг ортиши иссиқлик алмашилиш юзалари тоза бўлганда, иситувчи буғ ва иситилаётган суюқликлар ва девор ўртасидаги иссиқлик бериш коэффициентини билан белгиланади. Қўпинча ишлатиладиган иссиқлик элтқичларнинг физик - кимёвий хоссалари, босими, температураси ва иссиқлик бериш коэффициентлари бир - биридан кескин равишда фарқ қилади. Масалан, буғдан деворга иссиқлик бериш коэффициентининг қиймати $\alpha = 4000...15000$ Вт/(м²·К), ковушқок суюқликлар учун эса $\alpha \leq 200$ Вт/(м²·К).

Қўриниб турибдики, жараёни интенсивлаш α коэффициентини кичик бўлган иссиқлик элтқич томонидан қилиш зарур, яъни ковушқок суюқлик томонидан ўтказилиши даркор. Агар иссиқлик бериш коэффициентини иккала муҳит учун тахминан бир хил қийматга эга бўлса, интенсивлаш иккала тарафдан ўтказилиши мумкин. Лекин қурилмани эксплуатацион ва техник имкониятлари инобатга олиниши зарур.

Одатда иссиқлик бериш жараёнини интенсивлаш, гидравлик қаршиликларни енгилуш учун сарфланадиган, ўсиб боровчи энергия билан боғлиқдир. Шунинг учун, иссиқлик бериш жараёнини интенсивлашни характерловчи энг асосий кўрсатқичлардан бири – бу қурилманинг энергетик самарадорлигидир. Гидравлик қаршилик ўсиши билан иссиқлик беришнинг ортиши бир хил даражада бўлиши мақсадга мувофиқдир.

Иссиқлик алмашилиш жараёнини интенсивлашнинг қуйидаги усуллари мавжуд:

– девор яқинидаги чегаравий қатлам оқимини интенсивловчи гадир - будур ва мураккаб шаклдаги юзалар барпо этиш;

Иссиқлик ал- машиниш жараёнини интенсив-лаш усул ва мос- ламалари	Схема	Иссиқлик алмаши- ниш жараёнини интенсивлаш усул- лари ва мос- ламалари	Схема
Бурама лента		Ташқи томонида винтсимон кунда- ланг ботик арикча ва ички томонида силлик буртик тўсиқли труба	
Узлуксиз, шнекли лента		Бурама труба	
Конфузор- диффузор типидаги ҳалқасимон канал		Ташқи томонида дискрет жойлаш- тирилган ботик арикча ва ички то- монида буртик тўсиқли труба	
Диафрагма қўринишидаги турбулизатор		Диск қўринишидаги турбулизатор	
Сим ковурғали		Узлуксиз спиралли труба	

- труба ичига оқимни турбулизация қилувчи шнек ва мосламалар ўрнатиш;
- иссиқлик элткич оқимига электр, магнит ва ультратовуш майдонларини таъсир эттириш;
- девор яқинидаги чегаравий қатламни ҳаракатдаги оқим тезлигининг тебраниши ёки уюрмалли ҳаракатини ташкил этиш ва уни бурама, спиралсимон траектория бўйича йўналтириш;
- қирралли конструкция ясаш йўли билан иссиқлик алмашиниш юзасини ошириш;
- иссиқлик алмашиниш юзасини айлантатириш ва тебранма ҳаракатлантатириш каби механика таъсир эттириш;
- қўзғалмас ёки мавҳум қайнаш қатламларида донатор насадкаларни қўллаш;
- иссиқлик элткич таркибига қаттиқ заррача ёки газ пуфакчаларини қўшиш.

Аниқ шароит учун интенсивлашнинг у ёки бу усулларини қўллашнинг имконияти ва мақсадга мувофиқлиги унинг техник имконияти ва самарадорлиги билан белгиланади. Трубалар ичида иссиқлик беришни интенсивлаш учун қўлланиладиган айрим мосламалар схемаси 6.8-жадвалда келтирилган.

**6-боб. Иситиш, буғлатиш, совитиш ва конденсациялаш
Муस्ताқил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар**

1. Иссиқлик алмашиниш қурилмалари қайси гуруҳлардан иборат?
2. Қобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкцияси чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
3. Трубаларни тешикли панжарага қандай маҳкамлаш усуллари бор?
4. Трубаларни панжарага маҳкамлашнинг исталган 5 конструкциясини чизинг.
5. Трубаларни панжарага жойлаштириш усуллари ва уларнинг афзалликлари.
6. Трубалараро бўшлиқда қўлланиладиган тўсиклар конструкцияларини чизинг.
7. Қўп йўлли қобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
8. U-симон қобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
9. Линза компенсаторли қобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
10. Ҳаракатчан қалпоқчали, қобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
11. Қўшалоқ трубали қобик-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
12. Труба ичида труба иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
13. Змеевикли иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
14. Ювилиб турувчи иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
15. Спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
16. Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
17. Қиррали иссиқлик алмашиниш юзаларининг конструкцияларини чизинг ва афзалликларини аниқланг.
18. Ғилофли иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
19. Блок-графитли иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
20. Шнекли иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
21. Регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
22. Аралashiш иссиқлик алмашиниш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
23. Бир хил йўлли конденсатор конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
24. Насадқали конденсатор конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
25. Барометрик конденсатор конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
26. Иссиқлик трубаси, термосифон нима ва қандай вазифани бажаради?
27. Иссиқлик алмашиниш қурилмаларини танлашда қайси критерийларга амал қилинади?
28. Иссиқлик алмашиниш жараёнларини интенсивлашни қандай усуллари бор?

6.14. Умумий тушунчалар

Қаттиқ, учувчан бўлмаган ёки учувчанлиги ёмон бўлган моддалар эритмаларини қайнатиш даврида эритувчисини ва ҳосил бўлган буғларни чиқариб юбориш жараёнига *буғлатиш* дейилади.

Одатда, саноат микёсида буғлатиш жараёни эритмаларни қайнатиш йўли билан амалга оширилади.

Эритмаларни буғлатишдан мақсад уларнинг концентрациясини орттириш бўлиб, яъни эритмаларни қуюқлаштиришдир. Агарда қуюқлаштирилган эритмалардан яна эритувчи чиқарилса, қаттиқ моддалар кристаллана бошлайди ва кристаллар ажралиб чиқади.

Суюлтирилган эритмалар концентрациясини ошириш ёки улардан эриган моддаларни кристаллаш усулида ажратиб олиш учун буғлатиш жараёни қўлланилади.

Кимё, нефть-газни қайта ишлаш ва бошқа саноатларда буғлатиш жараёнидан кенг қўламда фойдаланилади. Масалан, туз, ишқор каби моддаларнинг сувли эритмаларини, минерал ва органик кислоталар, қўп атомли спиртлар, эритмаларни концентрлашда бу жараёнсиз технологияни тасаввур қилиб бўлмайди. Шу билан бирга, ушбу жараённи тоза эритувчи ишлаб чиқариш учун ҳам қўллана бўлади.

Шуни алоҳида қайд этиш керакки, агар *буғлатиш* жараёни қайнаш температурасидан паст, исталган температурада эритма юзасида содир бўлса, *буғлатиш* эса қайнаш температурасидан юқори температурада, эритманинг бутун ҳажмида юз беради.

Ушбу жараёнлар буғлатиш қурилмаси деб номланадиган қурилмаларда амалга оширилади. Маълумки, узлуксиз ва узлукли буғлатиш жараёнларини ташкил этиш мумкин. Узлукли ишлайдиган қурилмалар, одатда кам микдорда маҳсулот ишлаб чиқарадиган технологияларда қўлланилади.

Йирик саноат корхоналарида узлуксиз ишлайдиган буғлатиш қурилмаларидан фойдаланилади ва уларнинг иссиқлик алмашилиш юзалари 600...2000 м² бўлади. Бундай қурилмаларнинг тежамкорлигини аниқловчи асосий омил бўлиб, ундаги буғ ва сув сарфи ҳисобланади.

Буғлатиш вакуум, атмосфера ва юқори босим остида олиб борилиши мумкин.

Вакуум остида буғлатиш пайтида иккиламчи буғни махсус конденсаторда конденсациялаш йўли билан қурилмада вакуум ҳосил қилинади ва насос ёрдамида конденсацияланган газлар сўриб олинади. Бу усулда жараён олиб борилса, эритманинг қайнаш температурасини пасайтиришга эришса бўлади. Натижада юқори температурага ўта таъсирчан маҳсулотлар сифатини сақлаб қолиш имконияти туғилади. Ундан ташқари, вакуумни жараёнда қўллаш, ҳаракатга келтирувчи куч микдорини оширади ва буғлатиш қурилмасининг иссиқлик алмашилиш юзасини ҳамда металл сарфини камайтириш имконини беради.

Вакуум остида буғлатишнинг яна бир афзаллиги шундаки, паст температура ва босимли иссиқлик элткичлардан фойдаланиш мумкин. Бу усулда буғлатилганда, ҳосил бўлган иккиламчи буғни, кейинги қобиқда бирламчи буғ сифатида қўллаш мумкин.

Албатта, бу усулнинг камчиликлари ҳам бор: жараёнда вакуумни қўллаш унинг нархини оширади; буғлаткичдан ташқари бир нечта қўшимча қурилма ва мосламаларни ишлатиш керак.

Атмосфера босимида буғлатиш жараёнида ҳосил бўлган иккиламчи буғ атроф-муҳитга чиқариб юборилади. Бундай усул энг содда деб ҳисобланса ҳам, лекин у иқтисодий жиҳатдан энг тежамсиздир.

Юқори босим остида буғлатиш жараёнида ҳосил бўлган иккиламчи буғ қайтадан буғлатиш жараёнида ҳамда бошқа мақсадлар учун ҳам ишлатиш мумкин. Бу усулда жараён юқори босимда олиб борилгани учун, эритмаларнинг қайнаш температураси анча кўтарилади.

Бошқа мақсадлар учун ишлатиладиган иккиламчи буғ – *экстра буғ* деб номланади. Юқори босим остида буғлатиш жараёнида ажралиб чиққан иккиламчи буғни қайтадан

қўллаш, вакуум остида буглатишга нисбатан, иссиқликдан тўла микдорда фойдаланиш имкони беради. Шунинг учун, ушбу усул фақат иссиқликка бардош эритмаларни буглатиш учун қўлланилади. Ундан ташқари, юкори босим остида буглатиш жараёни учун юкори температурали иссиқлик элткичларни ишлатиш керак. Бу ҳол албатта, унинг энг асосий камчилиғидир.

Атмосфера босими, айрим ҳолларда вакуум остида жараён олиб борилганда, бир корпусли буглаткичлардан фойдаланилади. Лекин саноат миқёсида кўпинча бир неча қурилмадан йиғилган кўп корпусли буглатиш қурилмаларида жараёни олиб бориш кенг тарқалган. Бундай қурилмаларда фақат биринчи корпусда бирламчи буг ишлатилади. Иккинчи, учинчи ва кейинги корпусларда эса, олдинги корпусда ажралиб чиққан иккиламчи буг қўлланилса, элткич тежалишига сабабли бўлади ва буг сарфининг камайишига олиб келади.

Бир корпусли буглатиш қурилмаларида ҳам, бирламчи буг сарфини камайтириш мумкин. Бунинг учун, қурилмадан чиқаётган иккиламчи буг иссиқлик насоси ёрдамида бирламчи буг температурасига тўғри келадиган босимгача сиқилади ва қайтадан эритмани буглатиш учун қурилмага йўналтирилади.

6.15. Буглатишнинг назарий асослари

Буглатиш жараёнида эритмаларнинг концентрацияси ортади ва натижада унинг физик ва иссиқлик хоссалари ўзгаради.

Буглатиш қурилмаларини ҳисоблаш, лойиҳалаш ва эксплуатация қилиш учун муҳим бўлган эритмаларнинг баъзи бир хоссаларини кўриб чиқамиз.

Температура депрессияси – Δ' . Эритма T_2 ва эритувчилар T_1 қайнаш температуралари ўртасидаги фарқдир, яъни $\Delta' = T_2 - T_1$ температура депрессияси деб номланади. Эритмалар назариясидан маълумки, бир хил T_1 температурада тоза эритувчи устидаги бугларининг босими p_1 , эритма устидаги бугларнинг босими p_2 дан ҳар доим кўп бўлади ёки бир хил босимда тоза эритувчининг қайнаш температураси эритманинг қайнаш температурасидан паст бўлади.

Эритмаларнинг температура депрессияси эритувчи ва эриган моддалар хоссаларига боғлиқдир. Босим ва концентрация ортиши билан температура депрессияси ошади. Кўпинча, ушбу кўрсаткич тажрибавий йўл билан аниқланади.

Маълумки, буглаткичларда иссиқлик йўқотилиши оқибатида температураларнинг пасайиш ҳодисаси юз беради. Натижада температуралар фарқи камаёди ва жараён интенсифици сусаяди. Температуралар йўқотилиши Δ , температура депрессияси Δ' , гидростатик Δ'' ва гидравлик депрессия Δ''' лар йиғиндисига тенг, яъни:

$$\Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta''' \quad (6.143)$$

Агар эритманинг атмосфера босимдаги температура депрессияси $\Delta'_{атм}$ маълум бўлса, исталган бошқа босимлардаги депрессия проф. И.А.Тишенконинг тахминий формуласидан ҳисоблаб аниқлаш мумкин:

$$\Delta' = 1,62 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{r} \Delta'_{атм} \quad (6.144)$$

бу ерда, T – маълум босимдаги тоза эритувчининг қайнаш температураси, К; r – маълум босимдаги тоза эритувчининг буглатиш иссиқлиғи, кЖ/кг; $\Delta'_{атм}$ – атмосфера босимидаги температура депрессияси, °С.

Агар $\Delta'_{атм}$ катталиғи бўйича тажрибавий маълумотлар йўқ бўлса, уни бир нечта усул билан тахминан ҳисоблаб топиш мумкин. Бирор босимда эритманинг битта қайнаш температураси маълум бўлса - Бабо, иккита температураси маълум бўлганда эса - Дюринг ёки Киреев қондасига биноан аниқлаш имкони бор.

Бабо қондасига биноан, бирор концентрацияли эритма устидаги буг босимининг пасайиши $(p_1 - p_2)/p_1$ ёки p_2/p_1 температурага боғлиқ эмас ва ўзгармас қийматга тенгдир:

$$\frac{p_2}{p_1} = K = const \quad (6.145)$$

бу ерда, p_1 ва p_2 – эритувчи ва эритма бугларининг босимлари.

Гидростатик депрессия – Δ'' . Буғлаткич кайнаш трубаларининг бир қисми суюклик билан тўлиб турган бўлади ва унинг устида буғ – суюкликдан иборат эмульсия катламида юқорига қараб кўтарилган сари буғнинг миқдори ошиб боради.

Агар кайнаш трубасидаги суюклик ва эмульсияни шартли равишда суюклик деб номласак, унда гидростатик босимлар фарқи ҳисобига трубанинг пастки қисмидаги суюкликнинг кайнаш температураси тепа қисминикидан юқори бўлади.

Гидростатик эффект ҳисобига эритма кайнаш температурасининг ортиши *гидростатик депрессия* деб аталади.

Буғлатиш жараёни вакуум остида олиб борилганда, гидростатик депрессия салмоқли бўлади.

Тўйинган сув буғи t_c ва иккиламчи буғ температура T лари орасидаги фарқ гидростатик депрессияни беради:

$$\Delta'' = t_c - T'' \quad (6.146)$$

Ушбу тенглик эритма ҳаракатини инобатга олмагани учун унинг хатолиги катта. Шунинг учун Δ'' нинг қийматлари тажрибавий усулда топилади.

Вертикал буғлаткичда интенсив ҳаракатланаётган эритмалар учун Δ'' миқдори $1...3^0\text{C}$ оралиқда қабул қилиниши мумкин.

Гидравлик депрессия – Δ''' . Ушбу депрессия иккиламчи буғнинг сепаратор ва қувурлар орқали ҳаракати даврида ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликларни енгиши туфайли вужудга келадиган температура йўқотилишлар.

Ушбу гидравлик қаршиликларни енгиш вақтида босимнинг камайиши, температура пайсишига сабабчи бўлади.

Демак, гидравлик қаршиликлар туфайли эритма кайнаш температурасининг кўпайиши *гидравлик депрессия* деб номланади. Одатда Δ''' нинг қиймати $0,5...1,5^0\text{C}$ оралиғида бўлади.

Юқорида қайд этилган депрессияларни ҳисобга олсак, эритманинг кайнаш температураси қуйидагича ҳисобланади:

$$t_c = T' + \Delta' + \Delta'' \quad (6.147)$$

бу ерда, T' – иккиламчи буғ температураси, К.

Эритмалар иссиқлик сиғими температура ва эриган моддалар концентрациясининг функциясидир.

Кўпчилик эритмалар иссиқлик сиғими аддитивлик қондасига бўйсунмайди. Шунинг учун эритманинг ушбу хоссасини эриган модда ва эритувчилар иссиқлик сиғимлари ёрдамида аниқлаб бўлмайди. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, эритма концентрацияси қанчалик катта бўлса, унинг иссиқлик сиғими шунчалик аддитивлик қондасига кам бўйсунди. Эритманинг ушбу хоссаси махсус адабиётларда келтирилган.

Эритиш иссиқлиги эритманинг концентрацияси, эритувчи ва эриган моддалар хоссаларига боғлиқ. Қўшимча каттик моддалар эриши даврида кристаллик панжара бузилади. Албатта, бунинг учун энергия сарфланади ва оқибатда эритманинг совиши рўй беради. Агар эритувчи ва эрийдиган моддалар ўзаро кимёвий реакцияга киришса, гидратлар ҳосил бўлиб, жараён натижасида иссиқлик ажраб чиқади. Шундай қилиб, эритиш иссиқлиги эриш ва кимёвий ўзаро таъсир иссиқликлари йиғиндиси га тенг.

Осон гидрат ҳосил қиладиган моддалар мусбат эритиш иссиқлигига (сувда) эга; гидрат ҳосил қилмайдиган моддалар – манфий эритиш иссиқлигига эга.

6.16. Буғлатиш усуллари

Саноатда мавжуд технологияларда асосан қуйидаги буғлатиш усулларидан фойдаланилади:

- оддий буғлатиш (узлукли ва узлуксиз);
- кўп корпусли қурилмаларда буғлатиш (фақат узлуксиз);
- иссиқлик насосларини қўллаб буғлатиш.

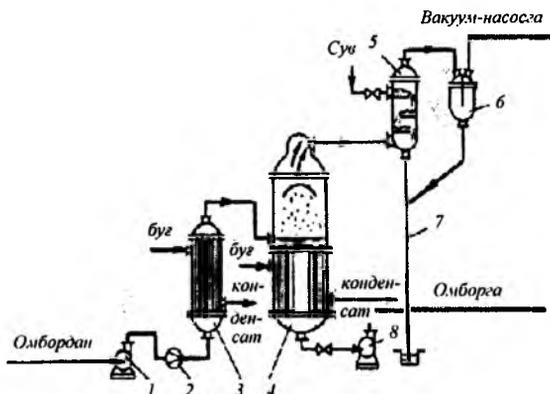
Эритмалар ва иситувчи буғ хоссаларига қараб ҳамма 3 та буғлатиш усуллари вакуум ва босим остида ўтказилиши мумкин. Иссиқлик элткич сифатида, деярли ҳар доим, тўйинган сув буғи ишлатилади. Камдан - кам ҳолларда эритмалар электр токи ёки оралик иссиқлик элткичлари ёрдамида иситилади.

Оддий буғлатиш. Иссиқлик тежалиши катта аҳамиятга эга бўлмаган ва унумдорлиги кичик бўлган қурилмаларда оддий буғлатишдан фойдаланилади. Ундан ташқари, температура депрессияси юқори эритмаларнигина узлукли ишлайдиган, бир корпусли буғлатиш қурилмасида амалга ошириш иқтисодий жиҳатдан тўғри ва мақсадга мувофиқдир. Узлукли буғлатишни икки хил йўл билан олиб бориш мумкин: бошланғич эритмани даставвал юклаш ва оз-оз миқдорда юклаш.

Узлуксиз ишлайдиган оддий буғлатиш қурилмаси 6.52-расмда келтирилган.

Бошланғич концентрацияли эритма насос 1 ёрдамида сарф ўлчагич 2 орқали иситкич 3 га узатилади. У ерда эритма қайнаш температурасигача иситилади ва сўнг буғлаткич 4 га буғлатиш учун юборилади. Қурилма 4 нинг пастки қисмида эритма сув буғи ёрдамида иситилади, натижада эритувчи буғланади. Ҳосил бўлган иккиламчи буғ қурилма 4 нинг юқори қисми бўлмиш сепарацион бўлимида майда томчилардан ажратилади ва барометрик конденсатор 5 га йўналтирилади. Ундан иккиламчи буғ конденсацияланади.

Конденсацияланмаган инерт газлар ушлагич 6 орқали вакуум - насос 8 ёрдамида сўриб олинади. Совутувчи сув билан ҳосил бўлган конденсат барометрик труба 7 орқали йиғгичга тушурилади. Қуюклаштирилган эритма насос 8 ёрдамида тайёр маҳсулот омборига узатилади.



6.52-расм. Бир корпусли, узлуксиз ишлайдиган буғлатиш қурилмасининг схемаси:
1, 8 - насослар; 2 - сарф ўлчагич; 3 - иситкич;
4 - буғлаткич; 5 - барометрик конденсатор;
6 - ушлагич; 7 - барометрик труба.

Вакуум остида эритмаларни буғлатиш жараёнини ташкил этишнинг бир қатор афзалликлари бор: эритма қайнаш температураси пасаяди; паст босимли буғларни иссиқлик элткич сифатида қўллаш мумкин.

Марказий циркуляция трубали, узлуксиз ишлайдиган буғлаткич 6.53-расмда кўрсатилган.

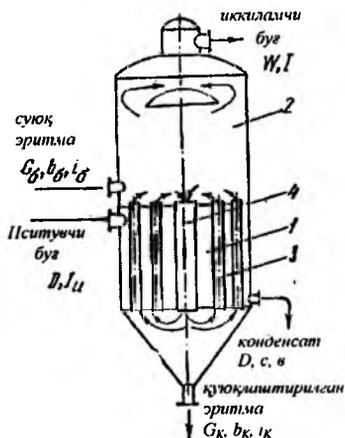
Буғлаткич асосан икки қисмдан, яъни иситувчи камера 1 ва сепаратор 2 дан иборат бўлади.

Камера 1 кўпинча тўйинган сув буғи билан иситилади. Сув буғи камеранинг трубалараро бўшлиғига йўналтирилади, у ерда труба девори орқали ўз иссиқлигини эритмага узатади ва совитиш натижасида конденсацияланади. Ҳосил бўлган конденсат камеранинг пастки қисмидаги штуцер орқали ташқарига чиқарилади.

Трубаларда иситилаётган эритманинг температураси ортиши билан зичлиги камаяди.

Натижада, эритма труба бўйлаб юқорига қўтарилди ва девор орқали ўтаётган иссиқлик таъсирида қайнаш бошланади. Қайнаш жараёнида ҳосил бўлаётган иккиламчи буғ эритмадан ажрайди ва сепаратор 2 га қараб ҳаракатланади. У ерда буғ майда эритма томчиларидан ажратилади ва буғ ташқарига чиқарилади. Сепараторда ажратилган томчилар яна қайтадан бугланаётган эритмага қўшилади.

Эритманинг маълум қисми (зичлиги юқори) циркуляция трубаси орқали буғлатишнинг пастки қисмига тушади. Ушбу трубадаги эритма ва иситувчи трубалардаги «буғ - суюқлик» аралашмаси зичликлари ўртасидаги фарқ таъсирида бетўхтов равишда циркуляция қилиб туради. Концентрацияси ошган, яъни қуюқлашган эритма, қурилманинг пастки қисмидан чиқариб олинади.



6.53-расм. Марказий циркуляция трубаги буглаткич:

1 - иситувчи камера; 2 - сепаратор; 3 - иситувчи трубалар; 4-циркуляция трубаси.

6.16.1. Оддий буғлатишнинг моддий баланси

Оддий буғлатиш жараёнининг моддий баланси ушбу тенгламалар ёрдамида ифодаланади:

$$G_{\delta} = G_{ox} + W \quad (6.148)$$

бу ерда, G_{δ} – бошланғич эритма сарфи, кг/соат; G_{ox} – қуюқлаштирилган эритма сарфи, кг/соат; W – буғлатилган сув миқдори, кг/соат.

Эритмадаги қуруқ моддага нисбатан моддий баланс ушбу қўринишга эга:

$$\frac{G_{\delta} \cdot x_{\delta}}{100} = \frac{G_{ox} \cdot x_{ox}}{100} \quad (6.149)$$

бу ерда, x_{δ} ва x_{ox} – эритманинг бошланғич ва охириги концентрациялари, % (масс).

(6.148) ва (6.149) тенгламалардан фойдаланиб буғлатилган сув миқдорини топиш мумкин:

$$W = G_{\delta} \left(1 - \frac{x_{\delta}}{x_{ox}} \right) \quad (6.150)$$

Эритманинг охириги концентрацияси эса:

$$x_{ox} = G_{\delta} \frac{x_{\delta}}{G_{\delta} - W} \quad (6.151)$$

Қуюқлаштирилган эритма бўйича буғлаткичнинг иш унумдорлиги қуйидаги тенгламадан топилади:

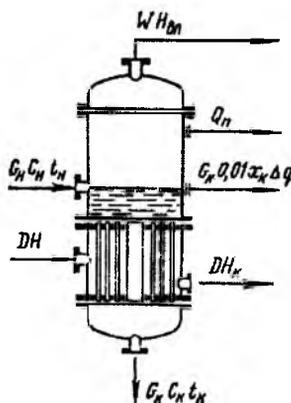
$$G_{ox} = \frac{G_{\delta} \cdot x_{\delta}}{x_{ox}} \quad (6.152)$$

6.16.2. Оддий буғлатишнинг иссиқлик баланси

Оддий буғлатиш жараёнининг иссиқлик баланси 6.54-расмда келтирилган иссиқлик оқимлари асосида битта тенглик ёрдамида ёзилиши мумкин:

$$G_{\delta} c_{\delta} t_{\delta} + DI = G_{ox} c_{ox} t_{ox} + G_{ox} 0,01 x_{ox} \Delta q + W \cdot I_{уб} + D \cdot I_{к} + Q_{\text{йук}} \quad (6.153)$$

бу ерда, D – иситувчи буғ сарфи, кг/соат; I – иситувчи буғ энтальпияси, кЖ/кг; t_{δ} ва t_{ox} – эритманинг бошланғич ва охириги температуралари, °С; $I_{к}$ – конденсат энтальпияси, кЖ/кг; Δq – эритмани x_{δ} ва x_{ox} гача куюклаштириш иссиқлиги, кЖ/кг; $Q_{\text{йук}}$ – иссиқликнинг атроф-мухитга йўқотилиши, кЖ/соат.



6.54-расм. Оддий буғлатиш жараёни иссиқлик оқимлар схемаси:

- $G_{\delta} c_{\delta} t_{\delta}$ – бошланғич эритма билан иссиқлик кириши;
- DI – иситувчи буғ билан иссиқлик кириши;
- $G_{ox} c_{ox} t_{ox}$ – куюклашган эритма билан иссиқлик чиқиши;
- $WI_{уб}$ – иккиламчи буғ билан иссиқликнинг чиқиши;
- $DI_{к}$ – иситувчи буғ конденсати билан иссиқликнинг чиқиши;
- $0,01 x_{ox} \cdot G_{ox} \cdot \Delta q$ – куюклаштириш иссиқлиги;
- $Q_{\text{йук}}$ – атроф-мухитга иссиқлик йўқотилиши.

Агар (6.148) тенгламани (6.153) га қўйсак, ушбу кўринишга эришамиз

$$G_{\delta} c_{\delta} t_{\delta} + W c_{\delta} t_{\delta} + DI = G_{ox} c_{ox} t_{ox} + G_{ox} 0,01 x_{ox} \cdot \Delta q + W \cdot I_{уб} + D \cdot I_{к} + Q_{\text{йук}} \quad (6.154)$$

бундан

$$D = G_{ox} \frac{c_{ox} t_{ox} - c_{\delta} t_{\delta} + 0,01 x_{ox} \Delta q}{I - I_{ox}} + W \frac{I_{уб} - c_{\delta} t_{\delta}}{I - I_{ox}} + \frac{Q_{\text{йук}}}{I - I_{ox}} \quad (6.155)$$

(4.176) тенгламадан кўриниб турибдики, буғлатиш учун зарур бўлган иситувчи буғ сарфи, учта қўшилувчи ёрдамида аниқланади:

- биринчиси, буғлатилаётган эритма энтальпиясини ўзгартириш учун зарур буғ сарфи;
- иккинчиси, иккиламчи буғ ҳосил қилиш учун зарур буғ сарфи;
- учинчиси, атроф-мухитга йўқотилинаётган иссиқликни қоплаш учун зарур буғ сарфи.

Биринчи ва учинчи қўшилувчилар қиймати, иккинчисига қараганда, жуда кичикдир. Шунинг учун, тахминий ҳисоблашларда $H_{уб} - c_{\delta} t_{\delta} \approx I - I_{к}$ эканлигини инобатга олиб, эритмадан 1 кг сувни буғлатиш учун 1,1...1,2 кг иситувчи буғ керак деб қабул қилинади.

6.16.3. Иситиш юзаси

Зарур иссиқлик алмашиниш юзаси иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламасидан аниқланади, яъни $Q = KF\Delta t$ дан.

Унда, узлуксиз ишлайдиган буғлаткичнинг иситиш юзаси куйидаги ифодадан топилади:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}$$

бу ерда, t – температураларнинг фойдали фарқи, иситувчи тўйинган сув буғи ва қайнаётган эритма температуралари фарқига тенг.

Температураларнинг фойдали фарқи температуралар умумий фарқи ва температура депрессиялари орқали аниқланади.

Иситувчи ва иккиламчи буг температуралари орасидаги фаркга температураларнинг умумий фарқи дейилади ва ушбу кўринишда ёзилади:

$$\Delta t_{ум} = t_{уб} - t_{конд} \quad (6.156)$$

бу ерда, $t_{уб}$ – иситувчи буг температураси, °С; $t_{к}$ – конденсаторга киришдаги иккиламчи буг температураси, °С.

Температураларнинг фойдали фарқи $t_{ум}$ дан температуралар йўқотилиш йиғиндиси $\Sigma\Delta$ га қараганда камроқ бўлади, яъни

$$\Delta t = \Delta t_{ум} - \Sigma\Delta \quad (6.157)$$

бу ерда

$$\Sigma\Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta'''$$

Кўп корпусли қурилмаларда буглатиш. Бу турдаги қурилмаларда иситувчи буг сифатида иккиламчи буг ишлатилади. Натижада жуда катта микдорда иссиқлик тежаллади. Эритмадан 1 кг сувни буглатиш учун иситувчи, тўйинган сув бугининг солишгирма сарфи қуйидагича:

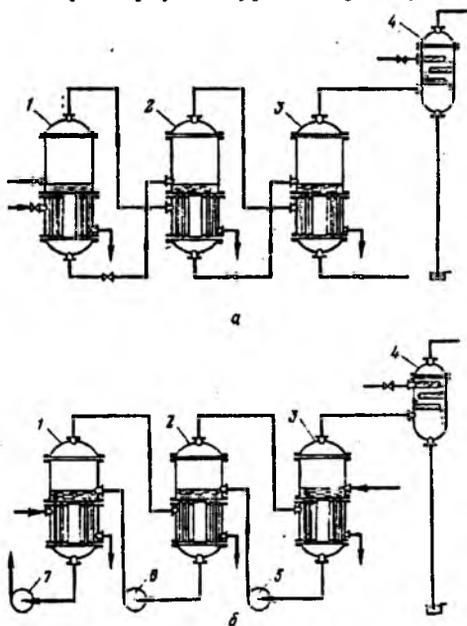
- | | |
|------------------------------|---------------|
| – бир корпусли қурилма учун | 1,1...1,2 кг; |
| – икки корпусли қурилма учун | 0,57 кг; |
| – уч корпусли қурилма учун | 0,40 кг; |
| – тўрт корпусли қурилма учун | 0,30 кг; |
| – беш корпусли қурилма учун | 0,27 кг. |

Кўп корпусли қурилмаларда буглатиш жараёнини юқори босимли иситувчи буг ёки вакуум ёрдамида амалга ошириш мумкин.

Буглатиш корпусларидаги босим шундай бўлиши керакки, унга узатилаётган буг температураси, шу корпусдаги эритманинг қайнаш температурасидан юқори бўлиши таъминланиши керак. Охириги корпусдаги иситувчи бугнинг босими техник - иқтисодий ҳисоблар асосида аниқланади.

Иситувчи буг ва эритманинг ҳаракат йўналишига қараб параллел (бир хил), қарама - қарши ва комбинацияланган йўлли кўп корпусли буглатиш қурилмаларига бўлинади. 4.55а-расмда уч корпусли параллел йўналишли буглатиш қурилмаси келтирилган.

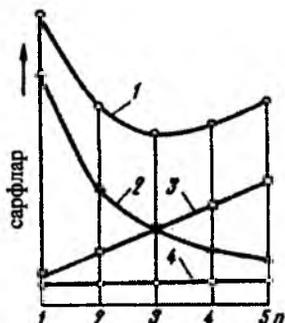
Бошланғич эритма корпус 1 га юборилади, сўнг корпус 2 ва 3 га узатилади ва керакли концентрациягача қуюқлаштирилгандан сўнг корпус 3 нинг пастки қисмида чиқарилади. Корпус 1 дан корпус 3 га қараб босим пасайиб боради. Шунинг учун, эритма босимлар фарқи остида корпусдан корпусга ўтиб боради. Иситувчи буг эритма каби ўша йўналишда бир корпусдан кейингисига ҳаракат қилади, яъни корпус 1 да ҳосил бўлган иккиламчи буг 2-корпусга иситувчи буг бўлиб, 2-корпусда ҳосил бўлган иккиламчи буг эса, 3-корпусга иситувчи буг бўлиб, 3- корпусда ҳосил бўлган иккиламчи буг конденсацияланиш учун барометрик конденсатор 4 га юборилади.



6.55-расм. Буглатиш қурилманинг принципал схемалари:

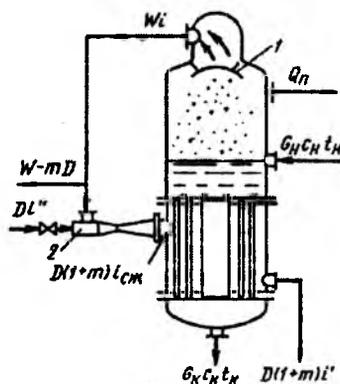
а - бир хил (параллел) йўналишли; б - қарама-қарши йўналишли; 1-3-корпуслар; 4-барометрик конденсатор; 5-7 - насослар.

6.556-расмда уч корпусли қарама - қарши йўналишли буғлатиш қурилмаси тасвирланган. Янги иситувчи буғ 1-корпусга ҳайдалади, иккиламчи буғлар эса 1-корпусдан 3-га қараб ҳаракат қилади. Бошланғич эритма эса, аввал 3-корпусга юкланади, сўнг эса 3-корпусдан 1-корпус томон қараб узатилади. Қуюқлаштириб бўлинган эритма 1-корпуснинг пастки қисмидан чиқариб олинади. Ҳар бир кейинги корпусдаги босим аввалги корпусникидан кам бўлгани учун, эритмани узатиш учун насос 5, 6, 7 лар хизмат қилади.



6.56-расм. Буғлатиш корпуслари n нинг оптимал сонини аниқлашга оид:

1 - умумий сарфлар; 2 - энергетик (иситувчи буғга бўлган) сарфлар; 3 - капитал ва амортизация сарфлари; 4 - эксплуатация сарфи.



6.57-расм. Турбокомпрессорли буғлатиш қурилмаси:

1 - буғлаткич;
2 - турбокомпрессор.

Комбинациялашган буғлатиш қурилмаларида эритмани киритиш ва чиқариш вариантлари турлича бўлиши мумкин.

Параллел йўналишли буғлатиш қурилмасининг афзалликлари: эритмани корпусдан корпусга узатиш учун насос керак эмас.

Ҳар бир кейинги корпусда, юқори концентрацияли эритма, нисбатан пастроқ босимда буғлатилади.

Шунинг учун охириги корпусдаги иссиқлик ўтказиш коэффициенти биринчисига қараганда анча кичик бўлади.

Қарама-қарши йўналишли буғлатиш қурилмасининг афзалликлари: жуда юқори концентрацияларга қуюқлаштириш мумкин; бир йўналишли қурилмаларга нисбатан кичик иситиш юзаси талаб этилади. Камчилиги: эритмани корпусдан корпусга узатиш учун насослар зарур.

6.56-расмда буғлатиш қурилмалари сонининг ортиши билан турли сарфлар ўзгариши кўрсатилган.

Юқорида қайд этилгандан маълумки, қурилмалар сони ўсиши билан эритма таркибидаги 1 кг сувни буғлатиш учун иситувчи буғ сарфи кескин камайиб боради. Лекин қурилмалар сони ортиши билан температура йўқотилишлар кўпаяди.

Иссиқлик алмашилиш жараёни самарали ўтиши учун температураларнинг фойдали фарқи маълум қийматга эга бўлиши керак. Табиий циркуляцияли қурилмалар учун ушбу фарқ 5...7°C ва мажбурий циркуляцияли учун эса - 3°C дан кам бўлмаслиги зарур.

Буғлатиш қурилмаларининг сони кўп бўлса, бунда температуралар йўқотилишининг йиғиндиси, температураларнинг умумий фарқига тенг ёки ундан ортиб кетиши мумкин. У ҳолда эритмаларни буғлатиш қийинлашади ва жараёни ўтказиш имкони бўлмай қолади.

Қурилмаларнинг оптимал сонини техник-иктисодий ҳисоблашлар йўли билан аниқлаш мақсадга мувофиқдир.

Графикдаги эгри чизик 1 нинг минимумига тўғри келадиган минимал умумий сарфлар, кўп корпусдаги буғлатиш қурилмасининг оптимал сонини кўрсатади. Саноат миқёсида кўп корпусли буғлатиш қурилмаларининг оптимал сони 3...4 та бўлади.

Иссиқлик насосини қўллаб буғлатиш. Ушбу усул, шу қурилмада олинган иккиламчи буғни қайтадан ўша буғлаткичда қўллашга асосланган. Бунинг учун иккиламчи буғ температураси иситувчи буғ температурасигача кўтариш зарур. Иккиламчи буғ температурасини ошириш учун у компрессор ёки инжекторли иссиқлик насосда сиқилади. Одатда, иккиламчи буғни сиқиш ва узатиш воситаси сифатида турбокомпрессор қўлланилади (6.57-расм).

Буғлаткичдан чиқаётган босими $p_{об}$ ва энтальпияси i иккиламчи буғ турбокомпрессор ёрдамида сўриб олинади ва у ерда p босимгача сиқилади. Сиқиш натижасида буғнинг энтальпияси i гача ўсади. Шундай қилиб, сиқилиш натижасида буғ $\Delta i = i_c - i$ миқдорда иссиқлик олади. Турбокомпрессордан чиқаётган сиқилган буғ буғлатиш қурилмасининг иситиш камерасига йўналтирилади.

Жараённинг иссиқлик баланси:

$$G_{\delta} c_{\delta} t_{\delta} + D \cdot i'' + W \cdot i_c = G_{ox} \cdot c_{ox} \cdot t_{ox} + W \cdot i + (D+W) \cdot i' + Q_{\text{йук}} \quad (6.158)$$

бундан иситувчи буғ сарфи:

$$D = G_{ox} \frac{c_{ox} t_{ox} - c_{\delta} t_{\delta}}{i'' - i'} + W \frac{i - c_{\delta} t_{\delta} - i_c}{i'' - i'} + \frac{Q_{\text{йук}}}{i'' - i'} \quad (6.159)$$

бу ерда, i_c – иккиламчи буғнинг турбокомпрессорда сиқилгандан кейинги солиштирма энтальпияси, кЖ/кг.

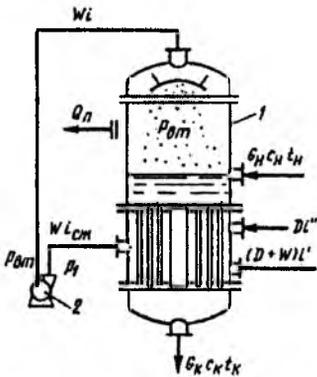
(6.155) ва (6.159) тенгламаларни таққослашдан кўришиб турибдики, иккиламчи буғлар энтальпиясини ошириш ҳисобига иситувчи буғ сарфи i_c қийматга камроқ сарфланади:

$$D = W \frac{i - c_{\delta} t_{\delta} - i_c}{i'' - i'} \quad (6.160)$$

Турбокомпрессорда сарфланаётган қувват миқдори ушбу тенгламадан топилади:

$$N = \frac{W(i_c - i)}{3600 \eta_{ад} \cdot \eta_{мех}} \quad (6.161)$$

бу ерда, $\eta_{ад}$ – турбокомпрессорнинг адиабатик ф.и.к.; $\eta_{мех}$ – электр юриткич ва юритмаларнинг механик ф.и.к.



6.58-расм. Инжектор иссиқлик насосли буғлатиш қурилмаси:
1- буғлаткич; 2- иссиқлик насоси.

Буғ-инжектор иссиқлик насосли буғлаткичда иситувчи буғ инжекторга узатилади (6.58-расм). Буғ-инжектор Вентури трубаси типидagi мослама бўлиб, уни ясашга кўп металл сарфланмайди. Инжектор ишлаши пайтида вакуум ҳосил бўлади ва буғлаткичда ажралиб чиққан, босими $p_{об}$ ва энтальпияси i бўлган, иккиламчи буғни сўриб олади.

Иситувчи буғни ҳар бир массивий бирлиги иккиламчи буғнинг m массивий бирлигини сўриб олади. Натижада $D(1+m)$ миқдорда иситувчи буғ олинади, лекин унинг босими бирламчи буғнинг босимидан паст, иккиламчи буғниқидан эса юқори бўлади. $W-mD$ миқдордаги буғ қурилмадан бошқа мақсадлар учун ажратиб олинади.

Жараённинг иссиқлик баланси ушбу тенглик билан ифодаланади:

$$D \cdot (1+m) \cdot i_c + G_{\delta} c_{\delta} t_{\delta} = G_{ox} c_{ox} t_{ox} + W \cdot i + D \cdot (1+m) \cdot i' + Q_{\text{йук}} \quad (6.162)$$

бундан буғ сарфи:

$$D = G_{ox} \frac{c_{ox} t_{ox} - c_{\delta} t_{\delta}}{(1+m) \cdot (i_c - i')} + W \frac{i - c_{\delta} t_{\delta}}{(1+m) \cdot (i_c - i')} + \frac{Q_{\text{йук}}}{(1+m) \cdot (i_c - i')} \quad (6.163)$$

(6.163) тенгламанинг таҳлили шуни кўрсатадики, иссиқлик насос ёрдамида буғлатиш жараёнида, иситувчи буғ сарфи оддий буғлатишга караганда $(1+m)$ марта кам бўлади.

Инжекторли буғлаткичлар температура депрессияси паст ва иккиламчи буғ босими юқори бўлган эритмаларни буғлатиш учун қўлланилади. Агар иккиламчи буғ босими камайиб кетса, инжекция коэффициенти m ҳам камаяди. Бундай ҳолларда иситувчи буғ сарфи кўпайиб кетади ва иссиқлик насосли буғлаткичларни ишлатиш мақсадга мувофиқ эмас.

6.17. Буғлаткичлар тузилиши ва ишлаш принциплари

Буғлатиш қурилмаларини классификациялаш усуллари кўп. Лекин буғлатиш қурилмаларини ишлаш интенсивлигини характерловчи эритма циркуляциясининг тури ва карралиги классификациялашнинг асосий белгилари деб ҳисоблаш мумкин. Кимё ва бошқа саноатларда уч хил буғлатиш қурилмалари кенг тарқалган:

1. Эркин (табий) циркуляцияли буғлатиш қурилмалари;
2. Мажбурий циркуляцияли буғлатиш қурилмалари;
3. Юпқа қатламли (плёнкали) буғлатиш қурилмалари.

Замонавий буғлатиш қурилмаларининг иситиш юзалари $10...1800 \text{ м}^2$. Буғлаткичлар конструкцияларини танлашда эритмаларнинг физик ва иссиқлик хоссалари, кристалланишга мойиллиги, юқори температураларга чидамлилиги, ҳар бир корпусдаги фойдали температуралар фарки, иссиқлик алмашиниш қурилмасининг юзаси, технологик хусусиятлари ҳисобга олиниши зарур.

Буғлатиш қурилмалари углеродли, легирланган ва икки қатламли пўлатлардан тайёрланади.

Қуйида, саноатда энг кенг тарқалган, типик буғлаткичлар конструкциялари келтирилади.

Ички иситувчи камерали ва марказий циркуляцион трубали буғлаткич. Вертикал кобиқ 1 нинг пастки қисмида иситиш камераси 2 жойлашган (6.59-расм). Ўз навбатида иситиш камераси иккита тешикли панжара ва унга развальцовка усулида маҳкамланган қайнаш трубалари 3 дан таркиб топган. Иситиш камерасининг ўртасига қайнаш трубаларига караганда диаметри каттароқ циркуляцион труба 4 ўрнатилган бўлади.

Иситиш камерасининг трубалараро бўшлигига иссиқлик элткич, яъни сув буғи юборилади.

Эритма эса қурилманинг тешикли труба панжараси устига узатилади ва циркуляцион труба орқали пастга оқиб тушади. Сўнгра, иситиш натижасида зичлиги камайиб, қайнаш трубалари бўйлаб тепага кўтарилади ва труба ичидан маълум бир масофада қайнайди. Ҳосил бўлган иккиламчи буғ сепарацион бўшлиқ 5 га кўтарилади ва томчи ушлагич 6 да инерцион куч таъсирида майда эритма томчиларидан ажратилади. Ундан кейин, иккиламчи буғ қурилмадан чикиб кетади.

Қуюклаштирилган эритма конуссимон тубдаги штуцер орқали оралик ёки тайёр маҳсулот сифатида чиқарилади.

Юқорида қайд этилгандек қайнаш ва марказий (циркуляцион) трубада эритманинг циркуляцияси унинг зичликлари фарки остида рўй беради. Эритма зичлиги фарқининг ҳосил бўлишига сабаб, иситиш камераси юзасининг марказий трубаникидан анча катталигидир.

Маълумки, иситувчи камера трубаларида эритмадан буғ ажралиб чиқиши, марказий трубага караганда анча интенсив бўлади. Демак, қайнаш трубаларида эритманинг зичлиги, марказий трубаникидан пастроқ бўлади. Натижада, зичликлар фарқи таъсири остида эритма эркин циркуляция қилади ва иссиқлик ўтказиш жараёни жадаллашади. Ундан ташқари, эритма циркуляцияси труба юзасига сополсимон, ғовакли қатлам (накипь) ўтириб қолишига қаршилик кўрсатади.

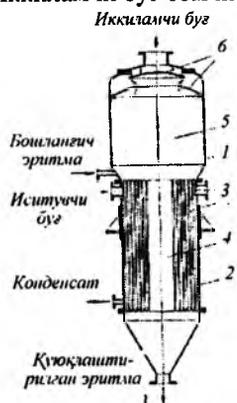
Бу турдаги қурилмалар вакуум остида ишлаганда, қайнаш температураси пасаяди. Де-мак, паст босимли иссиқлик элткичлардан фойдаланиш мумкин. Ушбу усулда юкори температураларга бардош беролмайдиған эритмаларни буғлатиш тавсия этилади.

Буғлатиш жараёнида вақт ўтиши билан эритманинг физик ва иссиқлик-диффузион хоссалари ўзгаради. Бу ҳол иссиқлик бериш жараёнига салбий таъсир кўрсатиши мумкин.

Қурилманинг камчиликлари: трубалар тешикли панжараларга каттик, кўзгалмас килиб маҳкамланганлиги учун қобиқ ва трубаларнинг температура таъсирида узайишига йўл қўймайди; марказий труба иситиш камерасининг ичида ўрнатилгани учун температура фарқи кам бўлади, натижада зичликлар фарқи ҳам оз бўлади, яъни циркуляция қарралиги камаяди.

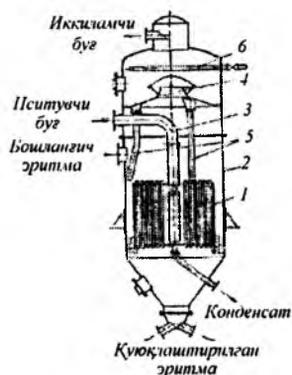
Осма иситувчи камерали буғлаткич. Ушбу турдаги қурилмаларда иситувчи камера 1 ўз обечайкасига эга бўлиб, қобиқ 2 нинг пастки қисмига эркин, кўзгалувчан килиб ўрнатилган. Иситувчи буғ труба 3 орқали узатилади ва камера 1 нинг трубалараро бўшлиғига юборилади. Иссиқлигини берган буғ конденсат ҳолида ҳамда иситувчи камеранинг пастки қисмидан чиқарилади. Исиган эритма эса, қайнаш трубаларидан юкорига кўтарилади ва эркин циркуляция таъсирида буғлатиш жараёни содир бўлади (6.60-расм).

Иккиламчи буғ томчи ушлагич 4 дан ўтиб, қурилманинг тепасидан чиқиб кетади.



6.59-расм. Ички иситувчи камера ва марказий циркуляцион труба буғлатиш қурилмаси:

- 1 - қобиқ; 2 - иситувчи камера; 3 - қайнаш трубалари; 4 - циркуляцион труба;
- 5 - сепарацион бўшлиқ; 6 - томчи ушлагич.



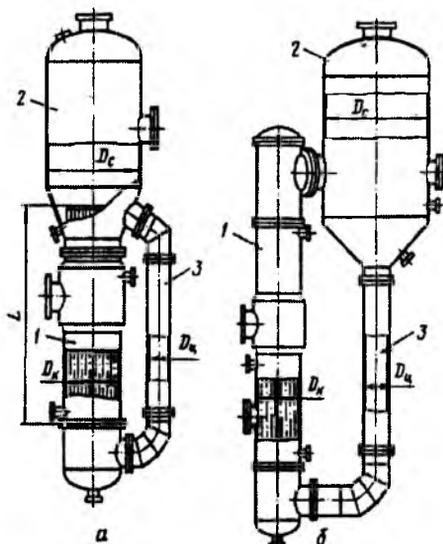
6.60-расм. Осма иситувчи камерали буғлатиш қурилмаси:

- 1 - иситувчи камера; 2 - қобиқ; 3 - буғ трубаси; 4 - томчи ушлагич; 5 - тўқиш трубаси; 6 - ювиш учун тешикли труба.

Иккиламчи буғдан ажратиб олинган суюқлик труба 5 орқали пастга оқизиб туширилади. Қурилма қайнаш трубаларининг ички ва ташки юзаларида ҳосил бўлувчи қовакли қатлам (накип) вақти-вақти билан ювилиб турилади.

Бу қурилмада марказий циркуляцион труба иситувчи камера ташқарисида ўрнатилган бўлиб, катта кўндаланг кесимга эга. Шунинг учун ҳам эритма циркуляциясига ижобий таъсир этади.

Иситувчи камера эркин, ҳаракатчан ҳолда ўрнатилгани учун трубаларнинг тешикли панжаралардаги зичлиги бузилмайди. Ундан ташқари, осма ҳолатдаги камерани демонтаж қилиш осон.



6.61-расм. Эритмаси эркин циркуляция қиладиган буглаткичлар:

а - иситувчи камераси ажратилган буглаткич,
 б - иситувчи камераси ташқарига ўрнатилган буглаткич: 1- иситувчи камера; 2-сепаратор; 3-циркуляцион труба. D_c , D_b , D_a - сепаратор, иситувчи камера ва сепарацион труба диаметрлари; L - камера узунлиги.

ўрнатилади (6.61а-расм), Иситувчи камера эса, вертикал қобик-трубали исиклик алмашилиш қурилмаси типиди ясалган бўлиб, трубалараро бўшлиғига буғ юборилади ва трубалар ичида эритма қайнатилади.

Сепаратор ва иситувчи камералар пастки қисмлари циркуляцион труба билан бирлаштирилган. Циркуляцион ва қайнатиш трубаларидан таркиб топган туташган системада табиий циркуляция ҳосил бўлади.

Агар трубаларда эритма қайнаш даражасигача иситилса, ундаги бир қисм суюқлик буғланиши натижасида трубаларда буғ - суюқлик аралашмаси ҳосил бўлади. Албатта, бу аралашма зичлиги суюқлик зичлигидан кичикдир. Шундай қилиб, циркуляцион трубадаги суюқлик массаси, қайнаш трубадаги суюқликдан катта бўлиши аниқ. Натижада, қайнаш труба - буғ бўшлиғи - циркуляцион труба - трубалар ва ҳоказо йўли бўйича эритма циркуляцион ҳаракатланади.

Циркуляция пайтида қайнаётган суюқлик томонидаги исиклик бериш коэффициентлари ортади ва труба юзасида қаттиқ, қовакли ифлослик қатлами ҳосил бўлиши камаяди.

Табиий циркуляция бўлиши учун иккита шарт бажарилиши зарур:

- 1) буғ - суюқлик аралашма қатламини мувозанатда ушлаб туриш ва зарур тезлик ҳосил қилиш учун циркуляцион трубадаги суюқлик сатҳининг баландлиги етарли бўлиши керак;
- 2) буғ - суюқлик аралашмаси иложи борича кам зичликли бўлиши учун қайнаш трубаларида буғ ажралиб чиқиш интенсивлиги етарли миқдорда бўлиши даркор.

Эритма ва буғ орасидаги температуралар фарқи кўп ва қайнаш зонасида напорнинг йўқотилиши кам бўлгани учун, циркуляция тезлиги 1,8...2 м/с ни ташкил этади.

Агар циркуляция тезлиги юқори бўлса, буглаткичнинг иш унумдорлиги ва исиклик алмашилиш жараёнининг интенсивлиги катта бўлади.

6.61б-расмда эскириб қолган марказий циркуляция трубали буглаткичдан тубдан фарқ қиладиган қурилма келтирилган. Маълумки, марказий циркуляцион трубали буглаткичларда температуралар фарқи кичик ва циркуляция интенсивлиги паст бўлади. Қайнаш трубаларида

Осма иситувчи камерали буглаткич афзалликлари: эритмаларни буглатилиши интенсив; иситиш камераси осма ҳолда ўрнатиш учун, температуралар фарқи катта бўлганда ҳам трубалар зичлиги ўзгармайди; иситувчи камеранинг ярқисир трубаларини алмаштириш осон; эритма циркуляциясининг қарралиги катта; қаттиқ, ғовакли қатлам кам ҳосил бўлади.

Буглаткич камчиликлари: иситувчи элткич ва конденсатнинг трубалар орқали кириши ва чиқиши қийин; металл сарфи катта; қоваққоқлиги юқори эритмаларни буглатиш самардорлиги паст; эритма трубаларга ёпишиб қолади.

Эркин циркуляцияли буглаткичлар тузилиши содда ва кристалланмайдиган, ўртача қоваққоқликли суюқликларни буглатиш учун қўлланилади (6.61-расм).

Буглатиш қурилмаси сепаратор, иситувчи камера ва циркуляцион трубадан ташкил топган. Сепаратор эллиптик қопқоқли цилиндр қобикдан иборат бўлиб, иситувчи камерага болтлар ёрдамида бирлаштирилган. Унда, иккиламчи буғни томчилардан ажратиш учун турли конструкцияли қайтаргичлар

буғ ҳосил бўлиши эритманинг физик хоссалари, труба девори ва суюклик ўртасидаги температуралар фарқи билан белгиланади. Эритманинг қовушқоқлиги канчалик кам бўлса, шунчалик буғ ажралиб чиқиши ва циркуляция тезлиги кўп бўлади. Интенсив циркуляцияга эришиш учун иситувчи буғ ва эритма орасидаги фарқ 10°C дан кам бўлмаслиги керак.

6.61-расмда келтирилган буғлаткичларнинг иссиқлик алма-шиниш юзаси $10\text{...}1200\text{ м}^2$, диаметрига қараб қайнаш трубаларнинг узунлиги $3\text{...}9\text{ м}$ бўлади. Қайнаш трубаларнинг диаметри 25, 38 ва 57 мм бўлиши мумкин. Иситувчи камерадаги ортикча босим $0,3\text{...}1,6\text{ МПа}$, сепаратордаги вакуум эса $-93,0\text{ кПа}$. Циркуляцион труба кўндаланг кесим юзасининг иситувчи камера юзасига нисбати 0,3 дан кам бўлмаслиги зарур.

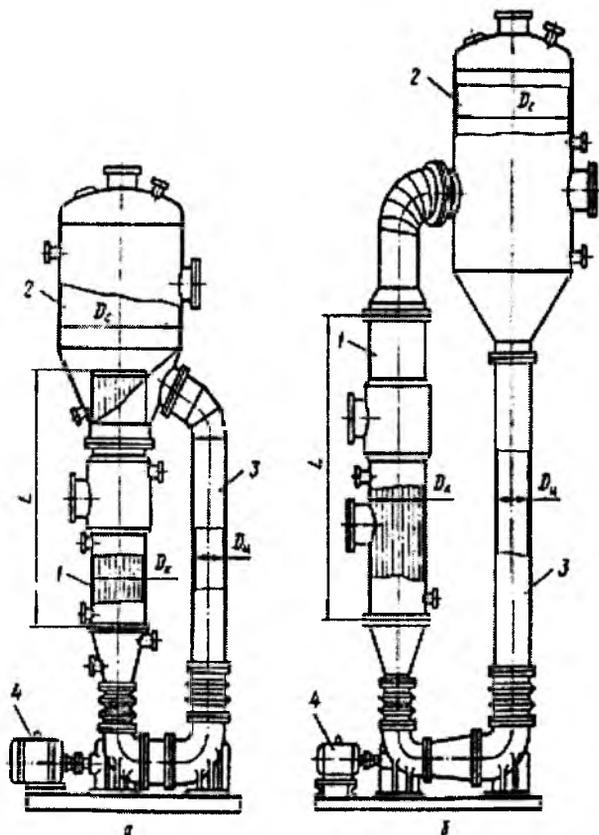
Мажбурий циркуляцияли буғлаткичлар эритма циркуляциясининг интенсивлиги ва иссиқлик ўтказиш коэффициентини ошириш имконини беради. Бундай қурилмаларда қовушқоқлиги катта бўлган эритмаларни ҳам буғлатиш мумкин (6.62-расм). Эритма циркуляцияси пропеллерли ёки марказдан қочма типдаги насослар ёрдамида амалга оширилади.

Бошланғич эритма иситувчи камера 1 нинг пастки қисмига юборилса, қуюқлаштирилган эритма эса сепараторнинг пастки қисмидан чиқарилади (6.62а-расм).

Эритма қайнаш трубалари учидан озгина пастроқ сатҳда ушлаб турилади. Иситувчи камера трубалардаги эритма тезлиги $1,2\text{...}3,5\text{ м/с}$ бўлади. Эритма циркуляция қиладиган система суюклик билан тўлиб тургани учун насос иши фақат гидравлик қаршиликларни енгиш учун сарфланади. Қайнаш трубаларининг пастки қисмидаги босим, тепа қисминикидан, труба ичидаги суюклик устини ва қаршиликлар йиғиндисига тенг микдорда ортик бўлади. Шунинг учун, трубанинг кўп қисмида эритма қайнамасдан, фақат иситилади. Труба учининг маълум бир қисмидагина эритма қайнайди. Насос узатаётган суюклик микдори буғланаётган сувдан бир неча баробар ортикдир. Шунинг учун ҳам, суюклик массасининг қайнаш трубасидан чиқаётган буғ - суюклик аралашмадаги буғ массасига нисбати жуда катта.

Бу турдаги буғлаткичлар иситиш юзаси $25\text{...}1200\text{ м}^2$, қайнаш трубаларининг узунлиги $4\text{...}9\text{ м}$, диаметри 25, 38, 57 мм бўлиши мумкин. Иситувчи камерадаги ортикча босим $0,3\text{...}1,0\text{ МПа}$, сепаратордаги вакуум эса 93 кПа . Циркуляцион труба кўндаланг кесимнинг юзаси иситувчи камера юзасига нисбати 0,9 дан кам бўлмаслиги керак.

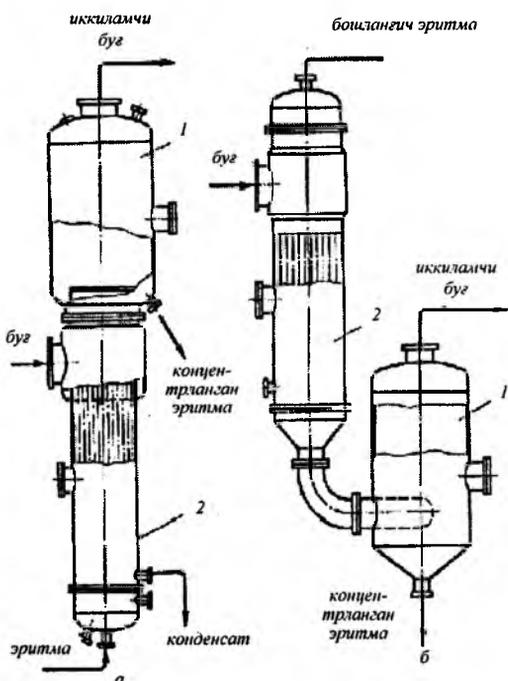
Мажбурий циркуляцияли буғлаткичлар афзалликлари: иссиқлик ўтказиш коэффициенти жуда катта (эркин циркуляциялигига қараганда $3\text{...}4$ марта кўп), шунинг учун иситиш юзаси кам бўлса ҳам бўлади; кичик температуралар фарқида ($3\text{...}5^{\circ}\text{C}$) ҳам самарали ишлайди;



6.62-расм. Эритма мажбурий циркуляция қиладиган буғлаткичлар:

- а - иситувчи камера ажратилган буғлаткич;
- б - иситувчи камераси ташқарида ўрнатилган буғлаткич;
- 1 - иситувчи камера; 2 - сепаратор;
- 3 - циркуляцион труба; 4 - насос.

кристалланишга мойил эритмалар буғлатилганда, иссиқлик алмашиниш юзаларида чўқиндилар ҳосил бўлмайди.



6.63-расм. Юпка қатламли буғлаткичлар.

а - кўтарилувчи қатламли буғлаткич; б - оқиб тушувчи қатламли буғлаткич. 1 - сепаратор; 2 - иситувчи камера.

20..25% узунлигини тўлдириб туради. Трубаларнинг қолган қисми буғ - суюқлик аралашмаси билан банд бўлади.

Ушбу аралашма труба деворида юпка қатламли суюқликка ва унинг ўқида буғ агрегат ҳолатига ажралган бўлади. Буғ оқими ҳаракати пайтида суюқлик қатламига ишқаланиш оқибатида юпка қатлам турбулизацияга учрайди ва унинг юзаси жадал равишда янгиланиб туради. Шу омиллар ҳисобига юқори иссиқлик ўтказиш коэффициенти ва катта буғлатиш юзасига эришилади.

6.63б-расмда пастга оқиб тушувчи қатламли буғлаткич тузилиши келтирилган. Бундай қурилмада бошланғич эритма иситувчи камеранинг юқори қисмига узатилади.

Қуюқлаштирилган эритма, сепараторнинг пастки қисмидан чиқарилади.

Юпка қатламли буғлаткичларнинг иссиқлик алмашиниш юзаси 63...2500 м² бўлиб, 38 ва 57 мм ли трубалардан ясалади.

Иситувчи камерадаги ортиқча босим 0,3...1,0 МПа, сепаратордаги вакуум эса - 93 кПа.

Камчиликлари: иситувчи буғ босими тебраниб турган ҳолларда ишлаши бир текисда эмас. Агар иш режими бузилса, қурилмани циркуляцияли ишлаш режимига ўтказиш мумкин.

Ротор – юпка қатламли буғлаткичлар юқори температурага чидамсиз, ковшоқ ва пастасимон материалларни ҳамда суспензияларни буғлатиш учун ишлатилади (4.66-расм).

Бундай буғлаткичлар цилиндрсимон ёки конуссимон қобик 5 дан иборат бўлиб, ташқариси иситувчи ғилоф 6 билан ўралган. Қобик 5 ичида ротор 3 айланиб, эритмани цилиндрик қобик деворига юпка қатлам кўринишда пуркайди. Айрим ҳолларда эса, окимча ёки томчилар кўринишида ҳам сочиб юбориш мумкин.

Девор бўйлаб тақсимланган эритма аста - секин буғланади ва деворда паста ёки қуқуннинг юпка қатлами ҳосил бўлади. Ушбу қатлам роторнинг парраклари ёрдамида кириб

Бундай қурилмаларнинг камчилиги шундаки, насосни ишлатиш туфайли энергия сарфи кўпаяди.

Одатда, буғлаткичлар қиммат легирланган металллардан ясалганда ҳамда ковшоқлиги юқори ва кристалланишга мойил эритмаларни буғлатиш учун қўллаш юқори самара беради.

Юпка қатламли (плёнкали) буғлаткичлар юқори температурага чидамсиз эритмаларни қуюқлаштириш учун қўлланади. Қурилма трубалари орқали эритманинг бир марта ўтиши натижасида буғлатиш жараёни содир бўлади.

Эритманинг ҳаракат йўналишига қараб, кўтарилувчи ва пастга оқиб тушувчи юпка қатламли буғлаткичларга бўлинади.

Юпка қатламли буғлаткичлар иситувчи камера ва сепаратордан таркиб топган бўлади (6.63-расм).

Иситувчи камера трубалари 7...9 м узунликда бўлиб, сув буғи ёрдамида иситилади.

6.63а-расмда кўтарилувчи қатламли буғлаткич кўрсатилган. Бошланғич эритма узлуксиз равишда иситувчи камеранинг пастки қисмига юборилади ва трубаларнинг

ташланади. Бу турдаги қурилмаларда юқори иссиқлик алмашинишга эришиш мумкин, аммо буғ билан суюқликнинг илиниб чиқиб кетиши кам бўлади.

Иссиқлик бериш коэффицентини ҳисоблаш учун ушбу формула тавсия этилади:

$$\alpha = 110 \cdot \left(\frac{n}{\mu} \right)^{0,33} \cdot \lambda \quad (6.164)$$

бу ерда, n – айланиш частотаси, айл/минг, μ – динамик ковшоклик, Па·с; λ – муҳитнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффицентини, Вт/м·К.

Иссиқлик бериш коэффицентини бошқа формуладан ҳам ҳисоблаб топса бўлади:

$$Nu = 0,65 \cdot Re^{0,25} \cdot Re_y^{0,43} \cdot Pr^{0,3} \cdot z^{0,33} \quad (6.165)$$

бу ерда, z – ротордаги паррақлар сони.

$$Re_y = \frac{d^2 \cdot n}{\nu} \quad (6.166)$$

Қобик девори ва паррақлар орасидаги тирқиш 0,04...1,5 мм ни ташкил этади. Бошланғич эритма қурилманинг юқори қисмига узатилади ва цилиндрик девор бўйлаб юпқа қатлам кўринишида тақсимланади. Паррақларнинг айланма тезлиги 12 м/с.

Қурилма конструкцияси роторни ўқ бўйлаб силжишига имкон беради. Натижада, эритма қатлами қалинлигини ростлаш ва жараён тезлигини ошириш мумкин.

Ротор – юпқа қатламли буғлаткичлар жуда юқори иссиқлик ўтказиш коэффицентига

эга, яъни 2300...2700 Вт/м²·К. Лекин бу қурилмалар тузилиши мураккаб, яшаш қийин ва жуда қиммат. Ундан ташқари, иссиқлик алмашиниш юзаси кам бўлгани учун, иш унумдорлиги юқори эмас.

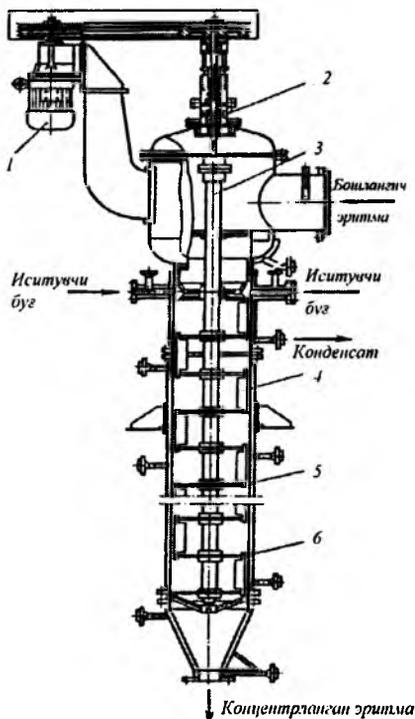
Иссиқлик насосли буғлаткичлар. Айрим пайтларда технологик сабабларга кўра, кўп корпусли буғлатиш қурилмаларини қўллаб бўлмайди. Масалан, юқори температураларга чидамсиз эритмаларнинг сифат кўрсаткичларини сақлаб қолиш учун иссиқлик насосли, бир корпусли буғлаткичларни ишлатиш мақсадга мувофиқдир.

6.65-расмда буғлаткич 1 ва оқимчали компрессор 2 дан иборат бир корпусли буғлатиш қурилмаси келтирилган.

Бундай қурилмаларда иккиламчи буғ босими иситувчи буғ босимигача инжекторли компрессорда сиқилади. Сўнг, сиқилган буғ сиқиш учун буғлаткичга йўналтирилади. Демак, иссиқлик насосли буғлатиш қурилмаларида иккиламчи буғ температураси иситувчи буғ температурасигача кўтарилади, яъни компрессорга сарфланган энергия, иккиламчи буғ температурасини оширишга кетади.

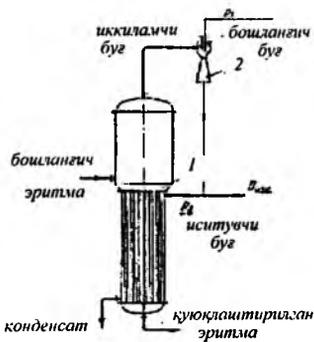
Температура депрессияси кичик бўлган эритмаларни буғлатиш учун иссиқлик насосларини қўллаш ўринли ва кўп корпусли буғлатиш

схемаларида иситувчи буғни тежаш имконини беради.

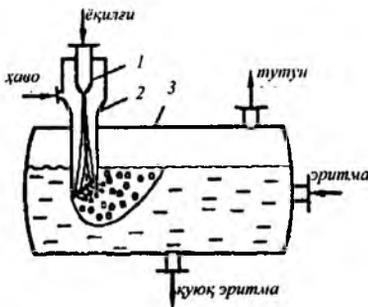


6.64-расм. Ротор-юпқа қатламли буғлаткич:

- 1 - юритма, 2 - зичлагич; 3 - ротор;
- 4 - паррақ; 5 - қобик; 6 - филоф.



6.65-расм. Иссиқлик насосли бир кобикли буглатиш қурилмаси: 1-буглаткич; 2-оқимча (инжектор)ли насос.



6.66-расм. Ёндиргичи чўкиб турувчи барботажли буглаткич. 1-пуркагич; 2-чўкиб турувчи ёндиргич; 3-кобик.

бўлган иссиқ газлар бевосита чўкиб турган ёндиргич орқали суюқликка барботаж қилинади (6.66-расм).

Бу қурилмаларда тутун газлари ва суюқлик ўзаро тўқнашиши учун идеал шароит яратилади, чунки фазалар тўқнашиш юзаси жуда катта бўлади.

Барботажли қурилмалар афзалликлари: қурилмани оддий углеродли пўлатдан ясаш мумкин; иссиқлик алмашиниш юқори.

Қамчиликлари: қурилма ички юзаси коррозия бардош - керамика, графит, резина, пластмасса ва ҳоказо материаллар билан қопланиши зарур.

6.18. Иситувчи бугни тежаш усуллари

Буглатиш жараёни кўп энергия сарфлагани учун иссиқлик элткич танлаш ва уни самарали ишлатиш муҳим вазифадир. Энергия тежашни тубдан ҳал қилиш учун 1 кг иситувчи буг ёрдамида 0,8...0,9 кг дан ортиқ иккиламчи буг ҳосил қилинса жараён самарадорлиги ижобий бўлади. Бунинг учун иккиламчи бугни бирламчи сифатида қўллаш имконияти барпо бўлиши керак. Аммо бевосита иккиламчи бугни бирламчи сифатида қўллаш мумкин эмас, чунки иккиламчи бугнинг конденсацияланиш температураси θ эритманинг қайнаш температураси t дан температура депрессия қийматиға фарқланади. Шунинг учун, муаммони ечишнинг икки-та йўли бор:

– эритма қайнаш температурасини пасайтириш, яъни иккиламчи бугни қайнаш температураси паст ($t < \theta$) бўлган қурилмада қўллаш;

– иккиламчи буг потенциали (босими ва конденсацияланиш температураси) ни иситувчи бугникигача ошириш. Бунга иккиламчи бугни компрессор ёки инжекторда сиқиш йўли

Иссиқлик насосига сарфланадиган энергия микдори иситувчи ва иккиламчи буглар тўйиниш температуралари фарқиға пропорционалдир. Шунинг учун, температура депрессияси катта бўлган эритмаларни, ушбу усулда буглатиш иқтисодий жиҳатдан мақсадға мувофиқ эмас.

Одатда, иссиқлик насосли буглатиш қурилмалари ва эритувчининг қайнаш температураларининг фарқи 5...15°C бўлган ҳолларда қўллаш мумкин. Демак, эритманинг қайнаш температураси катта бўлса, ушбу усул ишлатилмайди. Бунга сабаб, иккиламчи бугни иситувчи буг босимигача сиқиш учун кўп энергия сарф бўлишидир.

Юқориди қайд этилган трубади буглатиш қурилмаларидан ташқари сиғимли турдаги буглатиш қурилмалари ҳам саноатда қўлланилади. Булар ичида иссиқлик алмашиниш юзаси ғилоф ёки змеевик кўринишидаги буглатиш қурилмалари мавжуд. Лекин уларда иссиқлик ўтказиш коэффицентини кичик бўлгани учун камдан-кам ишлатилади. Ундан ташқари, ҳажм бирлигига тўғри келадиган иссиқлик алмашиниш юзасининг нисбатан чегараланганлиги учун ҳамда ушбу мосламаларда суюқлик ҳаракати яхши бўлмалиги ушбу қурилмалар ишлатиш соҳасини қисқартиради. Жуда коррозия фаол муҳитлар (сульфат, фосфор, хлорид кислоталар, айрим металллар сульфат ва хлоридлари) учун контактли буглатиш қурилмалари, масалан, ёндиргичи чўкиб турувчи барботажли буглаткичлар юқори самарадор эканлигини кўрсатди.

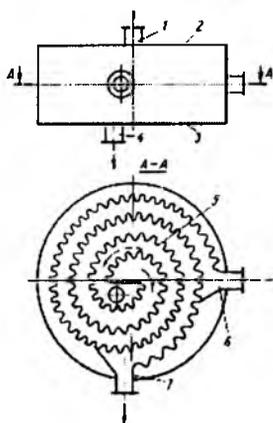
Барботажли буглатиш қурилмаси. Бундай қурилмаларда газсимон ёқилғи ёниши даврида ҳосил

билан эришиш мумкин. Шуни алоҳида қайд этиш керакки, фақат температурани ошириб буг потенциални яхшилашга эришиб бўлмайди, чунки буғланиш иссиқлиги конденсацияланиш иссиқлигидан кичик.

Инжектор ёрдамида иккиламчи буғ сиқилганда унинг фақат бир қисмигина иситувчи буғ босимиғача сиқилади, шунинг учун ҳам бундай насослар қисман сиқиб берувчи иссиқлик насослари деб номланади.

6.19. Перспектив иссиқлик алмашиниш қурилмалари

Маълум қурилмага караганда, янги иссиқлик алмашиниш қурилмаси юқори иссиқлик ўтказиш коэффициентли, емирилишга бардош, металл ва иссиқлик элткични узатишга энергия сарфи кам каби кўрсаткичларга эга бўлиши зарур.



6.67-расм. Пластинали спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаси. 1,4,6,7 - штуцерлар; 2,3 - текис копкоқлар; 5 - гофриланган лист.

Бундай иссиқлик алмашиниш қурилмаларини лойиҳалаш усулларида бири – иссиқлик беришни чегаралайдиган, суюқлик юпка катламини бузадиган юзали қурилмалар яратишдир. 6.67-расмда самарадор пластинали – спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаси келтирилган.

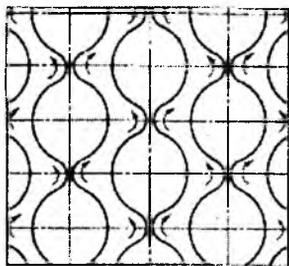
Бу турдаги қурилмалар спирал бўйича қурилган гофриланган лист 5 ва иккала томонидан текис копкоқ 2 лардан таркиб топган. Иссиқлик элткичларни кириш ва чиқиши учун 1,4,6,7 штуцерлар мўлжалланган. Муҳитларнинг қарама - қарши йўналишли ҳаракатидаги биринчи иссиқлик элткич штуцер 6 дан киради ва гофриланган каналлар орқали ўтиб, штуцер 4 дан чиқарилади. Иккинчи иссиқлик элткич эса, штуцер 1 дан кириб, гофриланган каналдан ўтиб штуцер 7 дан чиқади.

Гофриланган листлардан ясалган каналларда сунъий равишда ҳосил қилинган гофрлар ёки макро ғадир-будурликлар дискрет жойлашган бўлади. Ушбу ғадир-будурликлар девор юзасидаги суюқлик чегаравий катламни бузади ва иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсивлайди. Ундан ташқари, каналлар спиралсимон бўлгани учун суюқлик оқимлари ҳаракати даврида марказдан қочма кучлар пайдо бўлади. Бу омил ҳам жараёни жадаллашига олиб келади.

Бу турдаги қурилмалар жуда юқори иссиқлик – энергетик характеристикаларга эгадир. Масалан, пластинали-спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаларида 1 м^2 юзага сарфланадиган қувват миқдори оддий турбулизаторсиз қобик-трубали қурилмаларникига караганда тахминан 10 марта кам.

Германия фирмаси «Бавария Анлагенбау» томонидан «Бабекс» типдаги иссиқлик алмашиниш қурилмасида ҳам иссиқлик элткичнинг чегаравий катлами бузилади ва жараён интенсивлашади (6.68-расм). Бу қурилма қобик-трубали ва пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмаларининг энг яхши хусусиятларини ўз ичида мужассамлаган.

Иссиқлик алмашиниш юзалари 0,2...1,0 мм калинликдаги штампланган металл листлардан иборат. Металл листда ярим доира шаклидаги арикчалар штамплаш усулида қилинади. Штампланган листлар симметрик ҳолатда кетма-кет йигилиб маҳкамланади ва натижада



6.68-расм. «Бабекс» типдаги иссиқлик алмашиниш қурилмасининг комбинациялашган трубалар ўрамини.

Штампланган листлар симметрик ҳолатда кетма-кет йигилиб маҳкамланади ва натижада

трубалар ва трубалараро бўшлиқлар ҳосил бўлади. Суюқлик гофрларни ташки томонидан оқиб ўтиши пайтида тўлқинсимон ҳаракатланади. Листлар (1500 ва ундан ортиқ) йиғилиб блок ҳосил қилади ва унинг юзаси 7200 м² гача бўлиши мумкин.

Қурилманинг трубалар бўшлиғи 8,4 МПа, трубалараро бўшлиғи эса 10,5 МПа гача бўлган босимларга бардош бера олади. Иссиқлик элткичларнинг температураси 130...760⁰С оралиқда бўлиши мумкин.

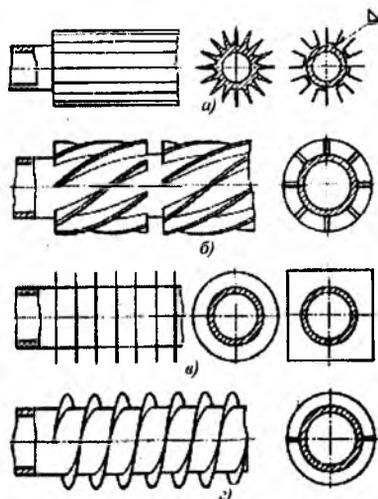
Маълумки, кимёвий технология жараёнларида кимёвий агрессив иссиқлик элткичлар қўлланилади. Шунинг учун, қурилма ясашда легирланган ва махсус материаллардан фойдаланилади.

Қобиқ-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмаларида жараёни жадаллаштиришнинг асосий муаммоси – бу иссиқлик алмашиниш юзасининг қарама - қарши томонларидаги термик қаршилиқларни тенглаштириш ёки бир-бирига яқинлаштиришдир. Бунга эришиш учун иссиқлик алмашиниш юзаси F оширилади ёки иссиқлик элткичнинг оптимал гидродинамик режими ташкил этилади.

Жараён гидродинамикасини яхшилашдан мақсад, оқимнинг бутун қўндаланг кесимида температура ва тезликни текислашдир. Натижада, ковушоқ, чегаравий қатламнинг термик қаршилиғи камаяди. Кўпчилик олимларнинг тажрибалари шуни кўрсатдики, иссиқлик алмашиниш жараёни интенсивлигини пасайтирувчи асосий омиллардан бири, бу суюқлик чегаравий юпка қатламининг қалинлиғидир. Шунинг учун, иссиқлик элткичларнинг ҳаракати пайтида трубалараро бўшлиқ трубаларида ҳосил бўладиган чегаравий юпка қатламни бузадиган турли шаклдаги турбулизаторлар қўлланилади (6.69-расм).

Қиррали трубаларда нафақат иссиқлик алмашиниш юзаси F ортади, балки оқим турбулизацияси жадаллашганлиги сабабли қиррали юзадан иссиқлик элткичга иссиқлик бериш коэффициентининг киймати ҳам кўпаяди. Лекин шу билан бирга, гидравлик қаршилиқ ҳам ошади, яъни суюқликни узатиш учун бўладиган қўшимча энергия сарфини ҳам инобатга олиш керак.

Трубалар самарадорлиги коворға шакли, геометрик ўлчами ва материалга боғлиқ бўлиб, иссиқлик бериш коэффициенти билан характерланади. Иссиқлик бериш коэффициенти озиқ микдорда ошириш учун пўлатдан, кўп микдорда ошириш учун эса – мис ва алюминийдан ясалган коворғалар қўллаш мақсадга мувофиқ.



6.69-расм. Самарадор қиррали трубалар:

- а - бўйлама қиррали; б - қиррма, спиралсимон;
- в - қўндаланг қиррма; г- спиралсимон қиррали.

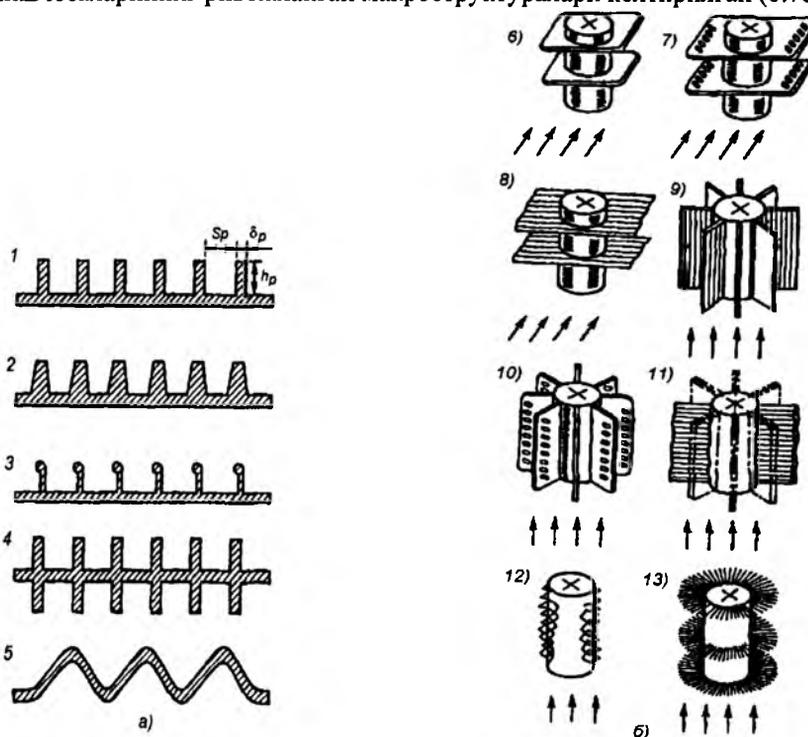
Труба ичидаги чегаравий қатламни бузиш ва жараёни интенсивлаш учун сунъий равишда дискрет жойлаштирилган силлик диафрагма, ғадир-будурлик ва мосламалар жуда

юкори самара беради. Ҳар томонлама мукамал ва самарадор иссиқлик алмашилиш юзали (6.69-расм) қурилмалардан бирининг тузилиши 6.70-расмда келтирилган.

Бу турдаги трубали қурилмаларда, ҳаттоки ламинар режимда ҳам, иссиқлик бериш коэффиценти оддий трубаларникига қараганда 20...100% га ортиқ бўлади. Агар ушбу қурилма трубаларида дискрет ясалган ботик ариқча ва ички томонида силлик, бўртик тўсиклар жойлашиш қадами $t/D = 0,25...1,0$, $d/D = 0,88...0,94$ ва $Re \geq 10^4$ бўлганида жараён интенсивлиги $Nu/Nu_{тек} = 1,8...3,2$ марта ортади, гидравлик қаршилиқ эса $\xi/\xi_{тек} = 1,8...7$ баробар ўсади.

Иссиқлик алмашилиш юзаларининг макроструктураси. Иссиқлик алмашилиш юзалари макроструктурасининг умумий кўриниши уларнинг юзасига қандайдир технологик ишлов бериш (гофрирлаш, ўйиш, эзиш, қовурғалаш, йўниш ва х.) натижасида йўналтирилган геометрик ўзгаришлар билан белгиланади. Агар, бундай геометрик ўзгаришлар бўлмаса, техник силлик юзалар деб аталади.

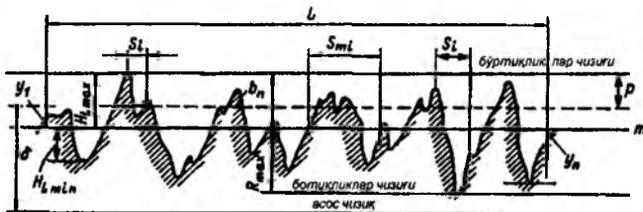
Самарали иссиқлик алмашилиш юзалари иссиқ ва совуқлик элткичлар билан тўқнашиш юзасини ошириш учун яратилади. Бу турдаги юзалар энг кенг тарқалган турлари бўлиб гофрирланган, бир ёки икки томонлама қовурғаланган иссиқлик алмашилиш юзаларининг ривожланган макроструктуралари келтирилган (6.70-расм).



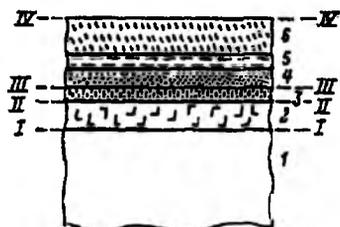
6.70-расм. Иссиқлик алмашилиш юзаларининг ривожланган макроструктураларининг вариантлари.

- а – текис деворлар: 1,2,3 - бир томонлама қовурғалаш; 4 - икки томонлама қовурғалаш; 5 – гофрирлаш; б – труба, канал ва иссиқлик берувчи чивикларнинг ташки юзаси:
6,7,8- кўндаланг қовурғалар; 7- тешикли; 8-гофрирлаш; 9,10, 11-бўйлама қовурғалар;
12,13- симли турбулизаторли: 12-спиралсимон, 13-елпигичсимон.

Иссиқлик алмашилиш юзаларининг микроструктураси. Қаттиқ жисм юзасининг микрогеометрияси ғадир-будурликлар кўлами ва унинг стереометрик тасвири билан ифодланади (6.71-расм).



6.71-расм. Қаттиқ жисм юзаси микро ғадир-бўдурликларининг асосий характеристикалари.



6.72-расм. Металл юзасидаги адсорбцион қатламнинг сифатли схемаси.

1 - ҳажмий кристаллик таркиб; 2 - металлнинг юзавий структураси; 3 - металл оксидлари; 4 - адсорбцияланган газлар; 5 - адсорбцияланган сувлар; 6 - органик моддалар кутбли молекулалари, I - I - қисман деформацияланган кристаллик структура чегараси; П - П - ювенил металл юзаси; Ш - Ш - технологик юза; IV - IV - реал юза.

Ҳақиқий ғадир-бўдурликлар қўлами механик, оптик, ультраакустик, рентген, электрон график ва магнитометрик усуллар ёрдамида аниқланади.

Қўлам нотекикликлигининг баландлиги 10 та нукта орқали ушбу тенгламадан аниқланади:

$$R_z = \frac{1}{S} \cdot \left(\sum_1^5 |H_{i \max}| + \sum_1^5 |H_{i \min}| \right) \quad (6.167)$$

бу ерда (6.71-расм) R_{\max} -ботик ва бўртик чизиклар орасидаги масофа; S_m - қўлам нотекиклик кадамининг ўртача арифметик қиймати, h -қўламнинг нисбий асос узунлиги.

6.72-расмда ювенил юзада бевосита металл оксидининг қатламининг жойлашганлиги кўрсатилган.

Ушбу қатлам кристалларнинг ҳамма кирраларини коплаб турибди. Оксид қатламининг қалинлиги бир молекуладан бир неча ангрстремгача ва қисман деформацияланган металл юзаси билан ўта мустаҳкам бириккан бўлади.

Оксид қатламининг ҳосил бўлиши хемосорбция жараёнига тааллуқли бўлиб, юзада қолдиқ ионли, валентли ёки координационли кучлар асосий белгиловчи омил ҳисобланади.

Бир жинсли юзада хемосорбция тезлиги куйидагича аниқланади:

$$\frac{\partial \Gamma}{\partial \tau} = f(\chi, M_a, C_a, \delta F) \quad (6.168)$$

бу ерда M_a - хемосорбция фаоллаш энергияси, C_a - контакт муҳитида адсорбцияланаётган модда концентрацияси; δF - реакцияга киришган майдон юзасининг улуши.

Маълумки, юзадаги кристалларнинг бурчаклари, бўртиқликлари ва қовурғалари юқори тўйиниш валентлигига эга бўлгани учун юзада хемосорбция нотекис кечади. Ҳамма ҳолатларда $\partial \Gamma / \partial \tau$ нисбат жуда катта бўлгани учун оксид қатламининг ҳосил бўлиш вақти мингдан бир секунддан юздан бир секундгача оралиқда бўлади. Айрим маълумотларга қараганда, асосий структурага нисбатан, янги юзанинг ҳосил бўлиши тезроқ кечади.

Оксидли юпка қатламларда газларнинг адсорбцион қатламлари мавжуддир. Газларни металллар билан ўзаро таъсири изланишларининг натижалари шуни кўрсатдики, уларнинг ўзаро контактнинг характери ва механизми жуда мураккаб ва қўпгина омилларга боғлиқ. Масалан, пўлат юзаси билан газларни ютиш бир неча процент оралиғида бўлиши мумкин. Газларни юза билан боғланиш энергияси ҳам температурага қараб ўзгаради. Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, газлар адсорбцияланган юзаларни тозалаш анча мурак-

каб. Бундай ҳолат боғланиш энергиясидан ташқари, адсорбцион жараёнларнинг юқори релаксация тезлиги билан белгиланади.

Металл юзасини газ аралашмаларидан тозалаш даражасига қараб урта ҳолати мавжуд:

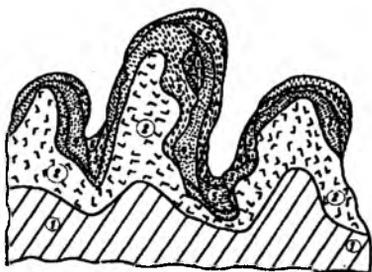
- 1) техник тоза (газ аралашмаларнинг миқдори металл юзасига таъсирини ифодаламайди);
- 2) тоза (газ аралашмаларининг характери идеал газлар қонунлари билан ифодаланади);
- 3) газ аралашмалар бўйича абсолют тоза (бенуксон кристаллик панжара).

6.72- расмдан кўришиб турибдики, газ қатламлари устида атмосферадаги сув буғларини ютиш натижасида ҳосил бўлган сувнинг адсорбцион қатлами жойлашган. Энг тепада эса, органик моддаларнинг қутбли ва қутбсиз молекулаларидан таркиб топган қатлам бўлади. Ушбу қатлам ҳақиқий юзаларни эксплуатацион хоссалари нуқтаи назаридан қараганда алоҳида эътиборга сазовор.

Реал шароитда эса, металл юзаларда адсорбцион қатламларнинг ҳосил бўлиши ва жойлашиши анча мураккаб, яъни ҳамма қатламларнинг қалинлиги ҳар хил ва юзанинг турли нуқталарида бир-бирига турлича киради. Натижада, нафақат тўғри геометрик шакллар, балки микрогеометрия ҳам бузилади.

Металл реал юзасининг ҳосил бўлиш гипотетик схемасининг бир варианты 6.73-расмда келтирилган.

Реал шароитда юқорида қайд этилган жараёнлар бир вақтда кечади ва шу сабабли юзавий қатламлар ўзгарувчан бўлади. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, қатламлар ҳосил бўлиши кўпгина омилларга боғлиқ. Масалан, сув қатлами уни қисман қуритиш йўли билан, органик моддаларни эса кимёвий калий ёрдамида амалга ошириш мумкин. Аксинча, механик ишлов берилганда, айниқса юзаларни жилвирлаш, қиринди олиб пардозлаш ва сайқаллаш (полировка) жараёнларида микро-



структура ботикликлари абразив заррача ва бошқа турли қаттиқ заррачалар билан тўлиб қолиши мумкин.

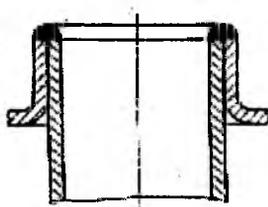
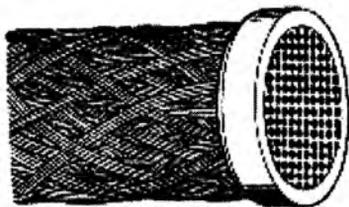
6.73-расм. Реал юза структурасининг гипотетик схемаси.

1 - ҳажмий кристаллик таркиб; 2 - металлнинг юзавий структураси; 3 - металл оксидлари; 4 - абсорбцияланган газлар; 5 - абсорбцияланган сувлар; 6 - органик моддалар қутбли молекулалари.

Фторопласт каби материалларнинг кашф этилиши билан емирилишга бардош кимёвий иссиқлик алмашиниш қурилмаларини яратиш имкони пайдо бўлди. Бундай қурилмалар

диаметри 2...5 мм ли трубалардан тайёрланади. Қурилмалардаги босим $P = 1,0$ МПа ва иссиқлик элткичлар орасидаги температуралар фарқи 200°C гача бўлиши мумкин. Одатда, фторопластан ясаладиган қурилмалар қобиқ-трубали тузилишли бўлади (6.74-расм).

Эгиловчан полимер трубалар ўрамининг учлари тешикли панжарага пайвандланади (6.74б-расм).



6.74-расм. Фторопласт трубали иссиқлик алмашиниш элементи.

Фторопласт трубаги иссиқлик алмашиниш қурилмалари сульфат кислота, хлорли органик ва тиббиёт маҳсулотларини ишлаб чиқаришда қўлланилади.

Самардор қобик-трубаги иссиқлик алмашиниш қурилмаларини яратишни яна бир усули – бу тешикли панжара қалинлигини иссиқлик алмашиниш девори ёки унга яқин қалинликда қилишдир (6.74б-расм). Бундай ҳолатларда, температуралар фарқи катта бўлишига қарамасдан, труба ва тешикли панжара маҳкамланиши жойида кучланишлар ҳосил бўлмайди. Нагжада, линза компенсатор, U-симон труба ёки ҳаракатчан қалпоқчали конструкциялар қилишга ҳожат қолмайди.

Ундан ташқари, электромагнит майдонининг (ўта юқори частотаси УЮЧ) нурланиш энергиясидан иссиқлик энергия манбаи сифатида фойдаланишнинг келажаги порлоқдир.

6.20. Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмасини ҳисоблаш

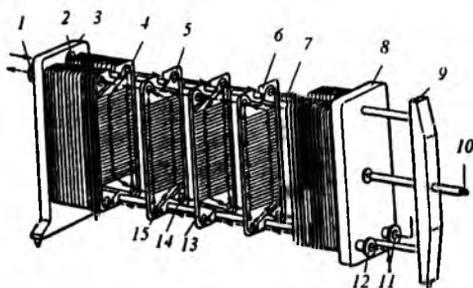
Мойли кислоталарни сув буғи ёрдамида иситиш учун стандарт пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмаси ҳисоблансин ва танлансин (6.75-расм).

Бошланғич маълумотлар. Буғ босими $P=0,6$ МПа; буғ температураси $t_1=158^\circ\text{C}$; буғ ҳосил қилиш иссиқлиги $r_1=2095$ кДж/кг; тўйиниш чизигидаги сувнинг зичлиги $\rho_1=908$ кг/м³; тўйиниш чизигидаги сувнинг динамик қовушқоқлиги $\mu_1=0,000177$ Па·с; тўйиниш чизигидаги сувнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти $\lambda_1=0,683$ Вт/(м·К);

Мойли кислота сарфи $G_2=20,0$ т/сут=0,23кг/с; кислота зичлиги $\rho_2=920$ кг/м³; кислота динамик қовушқоқлиги $\mu_2=0,00025095$ Па·с; кислота солиштира иссиқлик сифими $c_2=2304,5$ Дж/(кг·К); иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти $\lambda_2=0,15$ Вт/(м·К); кислота бошланғич температураси $t_{2H}=30^\circ\text{C}$; охириги - $t_{2K}=120^\circ\text{C}$; $t_2=(t_{2H} + t_{2K})/2=75^\circ\text{C}$.

Ечиш: Кетма-кет қуйидаги ҳисоблашларни ўтказамиз:

– қурилма иссиқлик юкмаси;



6.75-расм. Пластинали иссиқлик алмашиниш қурилмаси:

1,2,11,12-штуцерлар; 3-олдинги устун; 4-тепа бурчак тешиги; 5-ҳалқасимон резинали кистирма; 6-чегаравий пластина; 7-тортиб турувчи чивик; 8-босувчи плита; 9-орқа устун; 10-винт; 13-катта резинали кистирма; 14- пастки бурчак тешиги; 15- иссиқлик алмашиниш пластинаси.

$$Q = G_2 c_2 (t_{2K} - t_{2H}) = 0,2314 \cdot 2304,5 (120 - 30) = 47993,5 \text{ Вт}$$

$$G_1 = \frac{Q}{r_1} = \frac{47993,5}{2095000} = 0,0229 \text{ кг/с}$$

– буғ сарфи;

– ўртача температуралар фарқи.

Иссиклик ўтказиш коэффициентининг қийматини $K_{op}=120$ Вт/(м²·К) деб қабул қилиб, тахминий иссиқлик алмашилиш юзасини ҳисоблаймиз:

$$F_{op} = \frac{Q}{K_{op} \Delta t_{cp}} = \frac{47993,5}{120 \cdot 74,1} = 5,39 \text{ м}^2$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t_1 - t_{2H}) - (t_1 - t_{2K})}{\ln \left(\frac{t_1 - t_{2H}}{t_1 - t_{2K}} \right)} = \frac{128 - 38}{\ln \frac{128}{38}} = 74,1^\circ\text{C}$$

Юзаси 0,2 м² пластиналардан таркиб топган иситкичларда металл сарфи кўпроқ бўлгани учун, юзаси $f=0,3$ м² пластинаги қурилмани танлаймиз.

Юзаси $f=0,3$ м² пластинаги иссиқлик алмашилиш қурилмаларида пластиналар сони 12...20 дона бўлади (6.9-жадвал) [128]. Қуйидаги вариантлар учун аниқловчи ҳисоблашларни бажариш лозим:

вариант 1: $F=5\text{м}^2$; $N=20$; $f=0,3\text{м}^2$;

вариант 2: $F=3\text{м}^2$; $N=12$; $f=0,3\text{м}^2$;

бу ерда, F – иситкич юзаси; f – пластина юзаси; N – пластиналар сони.

Йигма пластинаги иситкичларнинг конструктив характеристикалари: пластиналар габарит ўлчамлари: узунлиги 1370 мм; эни 300 мм; қалинлиги 1 мм; каналнинг эквивалент диаметри $d_3=80$ мм; каналнинг қўндаланг кесими $S=0,0011$ м²; каналнинг келтирилган узунлиги $L=1,12$ м; штуцернинг шартли диаметри $D_3=65$ мм.

1-вариантни ҳисоблаймиз:

- каналдаги мойли кислота тезлиги

$$w_2 = \frac{G_2}{\rho_2 \frac{N}{2} S} = \frac{0,2314}{920 \cdot 10 \cdot 0,0011} = 0,02286 \text{ м / с}$$

– Рейнольдс сони

Демак, турбулент режим. Бу режим учун қуйидаги ҳисоблаш формуласини танлаймиз:

$$Re_2 = \frac{w_2 d_3 \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,02286 \cdot 0,008 \cdot 920}{0,0002595} = 670,45 \text{ } \phi 100$$

$$Nu = \alpha Re^b Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_{CT}} \right)^{0,25}; \quad \alpha_2 = Nu \frac{\lambda_2}{d_3}$$

Унда

$$\alpha_2 = \frac{\lambda_2}{d_3} 0,1 Re_2^{0,73} \left(\frac{Pr}{Pr_{CT}} \right)^{0,25}$$

Турбулент режим учун $a=0,1$, $b=0,73$;

$$Pr_2 = \frac{c_2 \mu_2}{\lambda_2} = \frac{2304,5 \cdot 0,00025095}{0,15} = 3,854$$

$Pr = Pr_{cm}$ деб қабул қилиб, ушбу кўринишга келамиз:

$$\alpha_2 = \frac{0,15}{0,008} \cdot 0,1 \cdot (670,45)^{0,73} \cdot (3,854)^{0,43} = 387 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Бугдан деворга иссиқлик бериш коэффициентини $\Delta t = (t_{конд} - t_{ст}) \geq 10^\circ C$ деб қабул қиламиз. Унда, каналнинг келтирилган узунлиги $L = 1,12$ м бўлганда:

$$Re_1 = \frac{G_1 L}{\mu_1 F} = \frac{0,0229 \cdot 1,12}{0,000177 \cdot 5} = 28$$

Иссиқлик бериш коэффициентини ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$\alpha_1 = \frac{\lambda_1}{L} \alpha Re^{0,7} Pr^{0,4}$$

бу ерда, $\alpha = 322$, пластина юзасига боғлиқ, $Pr = 1,1$ – Прандтл сони.

Демак,

$$\alpha_1 = \frac{0,683}{1,12} 322 (28)^{0,7} (1,11)^{0,4} = 2161 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Буг ҳаракатланаётган томондаги девор ифлосланиши жуда кам бўлгани учун унинг термик қаршилигини инобатга олмасак ҳам бўлади. Пластина қалинлиги 1 мм ва материали X18H10T материалдан ясалгани учун $\lambda_{ст} = 17,5$ Вт/(м·К). Энди, пластинанинг умумий термик қаршилигини қуйидагича топамиз:

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{17,5} + \frac{1}{5800} = 0,000229 \text{ м}^2 \cdot К / Вт$$

Иссиқлик ўтказиш коэффициентини ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$K = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \sum \frac{\delta}{\lambda} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{2161} + \frac{1}{387,4} + 0,0002295 \right)^{-1} = 305,5$$

$\Delta t = 10^\circ C$ деб тўғри қабул қилинганлигини текшириб кўрамиз:

$$\Delta t = \frac{K \Delta t_{cp}}{\alpha_1} = \frac{305,5 \cdot 74,1}{2161} = 10,47^\circ C \text{ } \phi \text{ } 10^\circ C.$$

Яъни, $10,47^\circ C > 10^\circ C$ бўлгани учун шарт бажарилмоқда.

Талаб этилаётган иссиқлик ўтказиш юзаси ушбу формуладан топилади:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{47993,5}{305,5 \cdot 74,1} = 2,12 \text{ м}^2$$

Шундай қилиб, номинал юзаси $F_{In}=5 \text{ м}^2$ бўлган иситкич қуйидаги заҳира билан мос келади:

$$\Delta = \frac{5 - 2,12}{2,12} 100 \% = 136 \%$$

2-вариантни ҳисоблаймиз:

– каналлардаги мойли кислота тезлиги

$$w_2 = \frac{G_2}{\rho_2 \frac{N}{2} S} = \frac{0,2314}{920 \cdot 6 \cdot 0,0011} = 0,0381 \text{ м/с}$$

- Рейнольдс сони

Турбулент режим бўлгани учун қуйидаги ҳисоблаш формуласини танлаймиз:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{47993,5}{429 \cdot 74,1} = 1,509 \text{ м}^2$$

$$\alpha_2 = \frac{\lambda_2}{d_3} a \text{Re}_2^b \text{Pr}_2^{0,43} \left(\frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_{ct}} \right)^{0,25}$$

$$\text{Re}_2 = \frac{w_2 d_3 \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,0381 \cdot 0,008 \cdot 920}{0,00025095} = 1117,692 \phi 100$$

Турбулент режим учун $a=0,1$, $b=0,73$. Унда:

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \frac{0,15}{0,008} \cdot 0,1 \cdot (1117,69)^{0,73} \cdot (3,854)^{0,43} = \\ &= 1,875 \cdot 167,986 \cdot 1,786 = 562,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \end{aligned}$$

Бугдан деворга иссиқлик бериш коэффициентини $\Delta t = (t_{\text{конд}} - t_{\text{ст}}) \geq 10^\circ\text{C}$ деб қабул қиламиз. Унда, каналнинг келтирилган узунлиги $L=1,12 \text{ м}$ бўлганда:

$$\text{Re}_2 = \frac{G_1 L}{\mu_1 F} = \frac{0,0229 \cdot 1,12}{0,000178 \cdot 3} = 48,3$$

Иссиқлик бериш коэффициентини ушбу формуладан ҳисоблаймиз:

$$\alpha_1 = \frac{\lambda_1}{L} \cdot a \cdot \text{Re}^{0,7} \cdot \text{Pr}^{0,4}$$

$f=0,3 \text{ м}^2$ ли пластина учун $a=322$. Рейнольдс сони формулага қўйиб, иссиқлик бериш коэффициентини ҳисоблаймиз:

$$\alpha_1 = \frac{0,683}{1,12} \cdot 322 \cdot (48,3)^{0,7} \cdot (1,11)^{0,4} = 3090 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

девор ифлосликларини инобатга олиб, иссиқлик ўтказиш коэффициентини аниқлаймиз:

$$K = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + 0,000229 \right)^{-1} =$$

$$\left(\frac{1}{3090} + \frac{1}{562.5} + 0,0002295 \right)^{-1} = 429 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$\Delta t = 10^\circ \text{C}$ деб тўғри қабул қилинганлигини текшириб кўрамиз:

$$\Delta t = \frac{K \Delta t_{cp}}{\alpha_1} = \frac{429 \cdot 74,1}{3090} = 10,03^\circ \text{C} \approx 10^\circ \text{C} . \text{м.е}$$

Шарт бажарилмоқда.

Зарур бўлган иссиқлик алмашилиш юзаси:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{47993,5}{429 \cdot 74,1} = 1,509 \text{ м}^2$$

Шундай қилиб, номинал юзаси $F_{ин} = 3 \text{ м}^2$ бўлган иситкич қуйидаги захира билан мос келади:

$$\Delta = \frac{3 - 1,509}{1,509} \cdot 100 \% = 99 \%$$

Юзаси $0,3 \text{ м}^2$ ли пластиналардан иборат стандарт иситкич 3 м^2 бўлгани учун 2 - вариант бўйича ҳисобланган пластина ли иссиқлик алмашилиш қурилмасини танлаймиз [128].

Гидравлик қаршилиқни ҳисоблаш 2-вариант бўйича ҳисобланган қурилма учун бажарамиз. Маълумки, пластиналар орасидаги каналларнинг гидравлик қаршилиғи штуцерларникига қараганда юқори бўлгани учун асосий ҳисоблашлар пластиналаро каналларнинг қаршилиғини аниқлашдан иборатдир.

Пластиналаро каналлардаги гидравлик қаршилиқ ушбу формуладан аниқланади:

$$\Delta P = X \cdot \xi \cdot \frac{L}{d_3} \cdot \frac{\rho w^2}{2}$$

бу ерда, X – кетма-кет ишлайдиган пакетлар сони, бизнинг мисолда $X=1$; $\xi = a_2 / \text{Re}^{0.25}$ – турбулент ҳаракат режими учун; a_2 – пластина юзасига боғлиқ коэффициент, $0,3 \text{ м}^2$ ли пластина учун $a_2 = 19,3$.

Пластиналаро бўшлиқ буғ билан тўлдирилган деб қабул қилиб, буғ учун гидравлик қаршилиқни аниқлаймиз. Бунинг учун:

– буғ тезлигини топамиз

$$w_1 = \frac{G_2}{\rho_6 \left(\frac{N}{2} \right) \cdot S} = \frac{0,0229}{3,258 \cdot 6 \cdot 0,0011} = 1,06 \text{ м/с}$$

$$\text{Re}_1 = \frac{w_1 d_3 \rho_g}{\mu_n} = \frac{1,06 \cdot 0,008 \cdot 3,458}{0,0000146} = 2008$$

бу ерда, ρ_6 – буғ зичлиги, кг/м³; Re – Рейнольдс критерийси; μ_n – бугнинг динамик ковшоклиги, Па с.

Унда

$$\varepsilon_1 = \frac{a_2}{\sqrt[4]{Re_1}} = \frac{19.3}{\sqrt[4]{2008}} = 2.88$$

$$\Delta P_1 = 1 \cdot 2.88 \frac{1.12}{0.008} \frac{3.258 \cdot 1.06^2}{2} = 738 \text{ Па}$$

Мойли кислоталар учун гидравлик қаршиликни ҳисоблаймиз:

$$\varepsilon_2 = \frac{a_2}{\sqrt[4]{Re_2}} = \frac{19.3}{\sqrt[4]{670.45}} = 3.79$$

$$\Delta P_2 = 1 \cdot 3.79 \frac{1.12}{0.008} \frac{920 \cdot 0.0381^2}{2} = 353 \text{ Па}$$

Механик ҳисоб. Бугнинг босими $P_I=0,6$ МПа; мойли кислота босими $P_I=0,2$ МПа; пластина материали - 10X17H13M2Т; пластина ПР-0,3; қурилмадаги температура $t=120^\circ\text{C}$.

Тортиб турувчи болтлар ҳисоби. Бирокма герметиклиги таъминланганда болтларга тушаётган ўқ бўйлаб кучланиш P_{61} , ушбу формуладан аниқланади:

$$P_{61} = \pi D_{c.a.} \cdot b_o \cdot q$$

бу ерда, $q=3$ МПа – қистирма тушаётган солиштирма юклама; $b_o=b=0,014$ м- қистирма эни; $\pi D_{c.a.}=L$ – қистирманинг ўртача узунлиги ушбу формуладан топилади:

бу ерда, $L=1370$ мм – пластина узунлиги. $B=300$ мм – пластина эни.

Унда

$$L_n = 2(L - b) + 2(B - b)$$

$$L_n = 2(L - b) + 2(B - b) = 2(1370 - 14) + 2(300 - 14) = 3284 \text{ мм}$$

$$P_{61} = \pi D_{c.a.} \cdot b_o \cdot q = 3,284 \cdot 0,014 \cdot 3 = 0,1379 \text{ м}$$

Болтларнинг мустаҳкамлиги ушбу шартдан текширилади:

$$\sigma = \frac{1.3 P_{61}}{n f_6} \leq [\sigma]_6$$

бу ерда, $n=8$ – болтлар сони; $f_6=(0.9d_6)^2 \pi/4$ – болт резбасининг ички диаметри бўйича қўндаланг кесимининг юзаси; $d_6=0,022$ м; $[\sigma]=139,8$ МПа – температура 120°C даги болт материалининг рухсат этилган кучланиши.

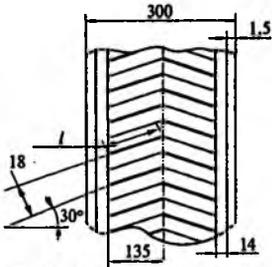
Демак,

$$f_6 = \frac{3,14}{4} (0,95 \cdot 0,022)^2 = 0,00034 \text{ м}^2$$

$$\sigma = \frac{1.3 \cdot 0,1379}{8 \cdot 0,00034} = 65,9 \text{ МПа}$$

$\sigma \leq [\sigma]_6$ бўлгани учун болтнинг мустаҳкамлиги таъминланган.

Пластина қалинлигини ҳисоблаш. Пластина гофрлари орасидаги элементни ажратиб оламиз. Гофрлар орасидаги кадам $b=18$ мм. Элемент узунлиги тўғри бурчакли учбурчакнинг гипотенузаси каби ҳисобланади (6.76-расм).



6.76-расм. Пластина элементи.

$$l = \frac{135}{\cos 30^\circ} = \frac{135}{0,86} = 157 \text{ мм}$$

Тўғри тўртбурчакли периметри бўйлаб қўзгалмас маҳкамланган текис деворнинг қалинлиги ушбу формуладан аниқланади:

$$S' = Kb \sqrt{\frac{P}{[\sigma]}} + C$$

бу ерда, $P=0,6$ МПа – қурилма ичидаги босим, $C=0,3$ – коррозия, эрозияга қўшимча қалинлик.

Кoeffициент K қуйидагига тенг

$$K = f\left(\frac{l}{b}\right) = f\left(\frac{157}{18}\right) = f(8,72)$$

Графикдан $K=0,5$ эканлигини топамиз (15.22-расм) [28].

Унда,

$$[\sigma] = \eta \frac{\sigma_T}{n_T} = 1 \frac{224,4}{1,5} = 149,6 = 150 \text{ МПа}$$

бу ерда, $\sigma_m=224$ МПа – пластина материали учун норматив рухсат этилган кучланиш.

Демак, пластина қалинлиги

Босим 0,6 МПа бўлганда 1 мм қалинликдаги пластина мустаҳкамлиги таъминланади.

$$S = 0,5 \cdot 0,018 \sqrt{\frac{0,6}{150}} + 0,0003 = 0,00086 \text{ м} = 0,86 \text{ мм}$$

6-боб. Бўғлатиш бўйича

Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Бўғлатиш жараёнининг назарий асослари.
2. Бўғлатиш жараёни қайси шароитларда олиб борилади?
3. Бўғлатиш нима ва қайси температураларда содир бўлади?
4. Температура депрессия нима?
5. Тишченко формуласини ёзинг ва параметрларни таърифлаб беринг.
6. Гидравлик депрессия нима?

7. Гидростатик депрессия нима?
8. Бир корпусли буғлатиш қурилма конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини таърифлаб беринг.
9. Жараённинг моддий балансини тузинг.
10. Буғлаткичнинг иситиш юзасини аниқлаш формуласини ёзинг.
11. Бир корпусли буғлаткичда 1 кг сувни буғлатиш учун қанча иситувчи буғ зарур?
12. Икки корпусли буғлаткичда 1 кг сувни буғлатиш учун қанча иситувчи буғ зарур?
13. Уч корпусли буғлаткичда 1 кг сувни буғлатиш учун қанча иситувчи буғ зарур?
14. Тўрт корпусли буғлаткичда 1 кг сувни буғлатиш учун қанча иситувчи буғ зарур?
15. Беш корпусли буғлаткичда 1 кг сувни буғлатиш учун қанча иситувчи буғ зарур?
16. Буғлаткичларнинг оптимал сонини аниқлашда қайси кўрсаткичлар инобатга олинади?
17. Турбокомпрессорли буғлатиш жараёнининг физик асослари нимада?
18. Инжектор иссиқлик насосли буғлатиш жараёнининг физик асослари нимада?
19. Ички иситувчи камера ва марказий циркуляция трубаи буғлаткич конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
20. Осма иситувчи камерали буғлаткич конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
21. Эркин циркуляцияли буғлаткич конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
22. Мажбурий циркуляцияли буғлаткич конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
23. Юпка қатламли буғлаткич конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
24. Ротор-юпка қатламли буғлаткич конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
25. Барботажли буғлаткич конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
26. Пластина-спиралсимон иссиқлик алмашилиш қурилмаси конструкциясини чизинг, афзаллик ва камчиликларини аниқланг?
27. Самарадор иссиқлик алмашилиш трубаларининг конструкцияларини чизинг ва изоҳланг.
28. Иссиқлик алмашилиш қурилмаларини ҳисоблаш кетма-кетлиги.

Масса алмашиниш асослари

Бир ёки бир неча компонентларни бинар ёки мураккаб аралашмаларда бир фазадан иккинчи фазага ўтишида рўй берган жараёнлар *масса алмашиниш жараёни* деб юритилади (масалан, газдан газга, суюкликдан газга, қаттиқ жисмдан суюклик ёки газга). Одатда, компонентларнинг бир фазадан иккинчисига ўтиши молекуляр ёки турбулент диффузия орқали содир бўлади. Шунинг учун, бу жараёнлар *диффузион жараёнлар* деб аталади.

Масса алмашиниш жараёнлари фаол компонент ва инерт ташувчи фазалар билан характерланади. Фаол компонент – бу фазадан фазага ўтувчи масса, инерт ташувчиларнинг миқдори эса, жараён давомида ўзгармайди.

Масса алмашиниш жараёнини ҳаракатга келтирувчи куч – концентрациялар фарқи.

7.1. Умумий тушунчалар

Саноат технологияларида ишлатиладиган абсорбция, ҳайдаш, ректификация, экстракция («суюклик - суюклик»), «қаттиқ жисм – суюклик» системаларида), адсорбция, қуритиш, кристалланишларда масса алмашиниш жараёнлари содир бўлади.

Абсорбция – бу газ аралашмасидан бирор модданинг суюқ фазага селектив равишда ютилиш жараёнидир. Бу жараёнда модда буг ёки газ фазадан суюқ фазага ўтишини кузатишимиз мумкин.

Моддани ўзига ютувчи фаза абсорбент деб номланади. Абсорбция 2 хил бўлади: физик абсорбция – бу газнинг суюкликда оддий ютилиши; хемосорбция – бу газнинг суюкликда ютилиши даврида кимёвий бирикма ҳосил бўлиши.

Абсорбцияга тесқари жараён, яъни ютилган компонентларни суюкликдан ажратиблиш *десорбция* деб аталади.

Суюкликларни ҳайдаш ва ректификация – бу суюқ ва буг фазалар орасида компонентлар ўзаро масса алмашиниш йўли билан суюқ аралашмаларни компонентларга ажратиш жараёнидир. Ушбу жараён иссиқлик таъсирида олиб борибли, компонентларнинг қайнаш температураси ҳар хил бўлишига асосланади. Бу жараён 2 хил бўлади: оддий ҳайдаш (дистиллаш) ва мураккаб ҳайдаш (ректификация). Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, бунда модда суюқ фазадан бугга ва бугдан суюқ фазага ўтади.

Экстракция – бу эритма ёки қаттиқ жисмдан эритувчи ёрдамида бир ёки бир неча компонент ажратибли олиш жараёнидир. «Суюклик-суюклик» системасида фаол компонент бир суюқ фазадан иккинчисига ўтади. «Қаттиқ жисм – суюклик» системасида модда қаттиқ жисмдан суюқ фазага ўтади. Бундай системада компонентнинг суюқ фазага ўтиши эритиш жараёни деб номланади.

Адсорбция – бу газ, буг ёки суюқ аралашмалардан бир ёки бир неча компонентларни қаттиқ, ғовакли жисм билан ютилиш жараёнидир. Жуда катта фаол юзага эга қаттиқ жисмлар *адсорбентлар* деб аталади. Ушбу жараён саноатнинг турли соҳаларида ишлатилади ва газ, буг ёки суюқ аралашмалардан у ёки бу компонентни ажратибли олиш учун хизмат қилади.

Адсорбция жараёнида суюқ ёки газ фазадаги компонент қаттиқ жисмга ўтади.

Қуритиш – бу қаттиқ нам материалларни киздирибли суюкликни буг шаклида ажратибли олиш жараёнидир. Ушбу жараёнда фаол компонент - намлик суюқ фазадан газ ёки буг фазасига ўтади.

Кристалланиш – бу суюқ эритмалар таркибидаги қаттиқ фазани кристалл шаклида ажратибли олиш жараёнидир. Ушбу жараёнда суюқ фазадан модданинг қаттиқ фазага ўтиши рўй беради.

Юқорида келтирилган жараёнлардан кўриниб турибдики, уларнинг ҳаммаси учун бир фазадан иккинчисига масса ўтиши ёки масса ўтказиш хос.

Модданинг бир фазадан иккинчига, ажратиб турувчи юза оркали ўтиши *масса ўтказиш жараёни* деб номланади.

Бир фаза ичида, фазадан ажратиб турувчи юза ёки ажратиб турувчи юзадан фазага модданинг ўтишига *масса бериш жараёни* дейилади.

7.2. Масса ўтказиш кинетикаси

Мувозанат ҳолатига эришиш йўналишида модданинг бир фазадан иккинчисига ўтиш жараёнига масса ўтказиш дейилади.

Масса алмашилиш жараёнида энг камида 3 та модда иштирок этади: 1) биринчи фазани ташкил этувчи модда; 2) иккинчи фазани ташкил этувчи модда; 3) бир фазадан иккинчисига ўтган тарқалувчи модда.

Масса алмашилиш жараёнида мувозанат ҳолатларини аниқлашда *фазалар қоидасидан* фойдаланилади:

$$\Phi + C = K + 2 \quad (7.1)$$

бу ерда, Φ – фазалар сони, C – эркинлик даражаси сони, K – системадаги компонентлар сони.

Бу қоидага биноан, мувозанат ҳолатларини ҳисоблашда параметрларнинг (босим, температура, концентрация) нечтасини ўзгартириш имконияти борлигини аниқлаш мумкин.

Биринчи фазани – G , иккинчисини – L ва тарқалувчи массани – M билан белгилаб оламиз. Ҳамма масса алмашилиш жараёнлари қайтар, шунинг учун модда G фазадан L га ва тескари йўналишда ўтиши мумкин.

Даставвал, тарқалувчи модда фақат G фазада ва у концентрацияли бўлсин. Бошланғич даврда L фазада тарқалувчи модда йўқ бўлса, унда фазадаги концентрацияси $x = 0$.

Агар фазаларни аралаштириб юборадикан бўлсак, унда тарқалувчи модда G фазадан L фазага ўтади. L фазада тарқалувчи модда M бўлиши билан тескари ўтиш бошланади, яъни L фазадан G фазага. Маълум вақтгача, G фазадан L га ўтаётган тарқалувчи модда заррачаларнинг сони M , L фазадан G фазага ўтаётганикидан кўпроқ бўлади.

Лекин бирор фурсатдан сўнг, M модданинг тўғри ва тескари ўтиш тезликлари тенглашади. Системанинг бундай ҳолати *фазавий мувозанат* дейилади. Мувозанат пайтида x нинг маълум қийматига бошқа фазадаги тегишли аниқ бир қийматли мувозанат концентрацияси y_M тўғри келади. Худди шундай, y нинг маълум қийматига тегишли мувозанат концентрацияси x_M мос келади. Мувозанат пайтида фазалардаги тарқалувчи компонент концентрациялари ўртасида умумий боғлиқлик қуйидаги кўринишга эга:

$$\bar{y}_p = f_1(\bar{x}); \quad \bar{x}_p = f_2(\bar{y}) \quad (7.2)$$

Ушбу тенгламалар графикда мувозанат чизиғи билан ифодаланади ва масса алмашилиш жараёнининг турига қараб тўғри ёки эгри чизикли кўринишда бўлади. 7.1-расмда газ фазасидаги мувозанат концентрациясининг суюқ фазадаги концентрация билан боғлиқлиги берилган.

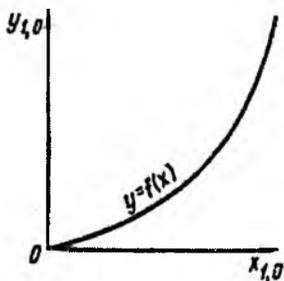
Мувозанат пайтидаги фазалар концентрацияларининг нисбати *тарқалиш коэффицентини* m деб номланади.

$$m = \frac{y_M}{\bar{x}}$$

Одатда, кўпчилик эритмалар учун мувозанат чизиғи тўғри чизик шаклида бўлади. Тарқалиш коэффицентининг қиймати ўзгармас бўлиб, мувозанат чизиғининг қиялик бурчаги тангенсига тенгдир.

Турли-туман масса алмашилиш жараёнларига оид қонунларнинг аниқ турлари тегишли бобларда кўриб чиқилади.

Мувозанат боғлиқликлар жараён йўналиши билан бирга, бир фазадан иккинчисига тарқалувчи модда ўтиш тезлигини ҳам аниқлаш имконини беради.



7.1-расм. $p = \text{const}$ ва $t = \text{const}$ бўлгандаги мувозанат диаграмма.

Мувозанат ва ҳақиқий концентрациялар орасидаги фарқ масса алмашиниш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи кучи деб ҳисобланади.

Масса алмашиниш жараёнларининг тезлик коэффиенти ва ҳаракатга келтирувчи кучини ҳисоблаш масса ўтказиш кинетикасининг асосий масаласидир.

Масса ўтказишнинг асосий тенгламаси кинетиканинг умумий тенгламасидан келтириб чиқарилиши мумкин.

Ушбу тенгламага биноан, масса алмашиниш жараёнларининг тезлиги ҳаракатга келтирувчи кучга тўғри ва жараён диффузион қаршилигига тескари пропорционалдир.

Агар диффузион қаршилик тескари катталикини $K = 1/R$ (бу ерда R – диффузион қаршилик) деб белгиласак, ушбу тенгламага эга бўламиз:

$$\frac{dM}{F \cdot d\tau} = K \cdot \Delta C \quad (7.3)$$

бу ерда, M – бир фазадан иккинчисига ўтган масса миқдори, кг; F – масса ўтказиш юзаси, m^2 ; τ – жараён давомийлиги, с; K – масса ўтказиш коэффиенти.

Кўрииб турибдики, $dM/Fd\tau$ ажратиб турувчи юза бирлигига тўғри келадиган масса ўтказиш тезлигидир.

Демак, агар $K = \text{const}$ бўлса, бутун масса алмашиниш юзаси учун

$$M = K \cdot \Delta C \cdot F \cdot \tau$$

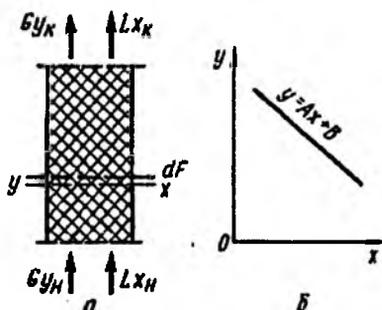
$$M = K_y \cdot F \cdot \Delta y_{yp} \cdot \tau \quad \text{ёки} \quad M = K_x \cdot F \cdot \Delta x_{xp} \cdot \tau \quad (7.4)$$

(5.4) масса ўтказиш жараёнининг асосий тенгламаси деб номланади. Ушбу тенгламага биноан, бир фаза ядросидан иккинчи фаза ядросига узатилган масса миқдори фазалар ядросидаги концентрациялар фарқи, ажратиб турувчи юза ва жараён давомийлигига тўғри пропорционалдир.

Масса ўтказиш коэффиенти, вақт бирлиги ичида ҳаракатга келтирувчи куч бирга тенг бўлганда, уларни ажратиб турувчи юза бирлигидан ўтган масса миқдорини характерлайди. (7.4) тенгламани ташкил этувчи параметрлар бирликларига қараб, масса ўтказиш коэффиенти қуйидаги ўлчов бирлигига эга бўлади: м/с; кг/(х·к·к·б·м²·с); кмоль/(х·к·к·б·м²·с).

7.3. Масса алмашиниш жараёнининг моддий баланси

Бир хил йўналишли фазалар ўртасида масса алмашиниш рўй бераётган элементар масса алмашиниш қурилмасининг схемасини кўриб чиқамиз. Фазаларни ажратиб турувчи юзага нисбатан массавий тезликларини G ва L (кг/соат), тарқалувчи модда концентрацияларини эса y ва x (кг/кг) деб белгилаб оламиз (7.2-расм).



7.2-расм. Жараённинг моддий балансини тузишга ва ишчи чизик тенгламасини келтириб чиқаришга оид. а- қурилмадаги оқимлар схемаси; б- y - x координатларда ишчи чизикни тасвирлаш.

Агар $y > y_m$ деб фараз қилсак, тарқалувчи модда G фазадан L фазага ўтади, аммо G фазада концентрация y_b дан y_{ax} гача камаяди.

L фазада эса, мос равишда концентрация x_b дан x_{ax} гача ортади.

Қурилманинг чексиз кичик dF юзаси учун:

$$dM = G(-dy) = Ldx \quad (7.5)$$

Қурилмада тарқалувчи модда концентрациялари ўзгариши чегарасида (7.5) тенгликни интеграллаб, қуйидаги тенгламани оламиз:

$$M = -G(\bar{y}_{ax} - \bar{y}_b) = G(\bar{y}_b - \bar{y}_{ax}) = L(\bar{x}_{ax} - \bar{x}_b) \quad (7.6)$$

Бундан, фазаларнинг массавий сарфини аниқлаймиз:

$$G = L \frac{\bar{x}_{\alpha} - \bar{x}_{\delta}}{\bar{y}_{\delta} - \bar{y}_{\alpha}}; \quad L = G \frac{\bar{y}_{\delta} - \bar{y}_{\alpha}}{\bar{x}_{\delta} - \bar{x}_{\alpha}} \quad (7.7)$$

(7.5) тенгламани бошланғич ва охириги концентрациялар оралигида интеграллаб куйидаги ифодани оламиз:

$$G(\bar{y}_{\delta} - \bar{y}) = L(\bar{x} - \bar{x}_{\delta})$$

Бундан, жорий концентрациялар орасидаги боғлиқлик топилади:

$$\bar{y} = \frac{L}{G} \bar{x} + \frac{G\bar{y}_{\delta} - L\bar{x}_{\alpha}}{G} \quad (7.8)$$

ёки

$$\bar{y} = Ax + B \quad (7.9)$$

бу ерда $A = L/G$; $B = (G\bar{y}_{\delta} - L\bar{x}_{\alpha})/G$.

(7.8) ва (7.9) лар ишчи чизик тенгламасини характерлайди. Улардан, масса алмашиниш курилмаларини ҳисоблашда фойдаланилади.

Шундай қилиб, мувозанат ва ишчи чизик тенгламаларидан жараённинг йўналишини ҳам аниқлаш мумкин.

Ҳақиқий (ишчи) концентрациялар орасидаги боғлиқликни ифодаловчи тўғри чизик тенгламаси (7.9) *жараённинг ишчи чизиги* деб номланади.

7.4. Масса ўтказишнинг асосий қонунлари

Масса ўтказиш жараёнлари бир неча масса алмашиниш йўли билан амалга оширилиши мумкин: газ (ёки буғ) ва суюқлик оқимлари орасида; суюқлик оқимлари орасида; суюқлик оқими ва қаттиқ фаза орасида; газ (ёки буғ) оқими ва қаттиқ фаза орасида.

Масса ўтказишнинг асосий қонунлари бўлиб молекуляр диффузия (Фикнинг 1- қонуни), масса бериш (Ньютон – Шукарев қонуни) ва масса ўтказувчанлик қонунлари ҳисобланади.

Молекуляр диффузия қонуни (Фикнинг 1- қонуни). Молекула, атом, ион ва коллоид заррачаларнинг хаотик ҳаракати натижасида моддаларнинг тарқалиши *молекуляр диффузия* деб номланади. Маълумки, моддалар ҳар доим концентрацияси юқори зонадан концентрацияси паст зонага қараб тарқалади. Ушбу қонунга биноан, диффузия йўли билан тарқалган модда микдори концентрациялар градиенти, диффузион оқим йўналишидаги перпендикуляр ажратувчи юза ва жараён давомийлигига тўғри пропорционалдир:

$$dM = -D \frac{\partial c}{\partial n} F d\tau \quad \text{ёки} \quad M = -D \frac{dc}{dn} F \tau \quad (7.10)$$

бу ерда, dM – диффузия йўли билан тарқалган масса микдори, D – диффузия коэффициенти; $\partial c / \partial n$ концентрациялар градиенти; F – диффузия ўтаётган юза; $d\tau$ – диффузия давомийлиги.

Диффузия коэффициенти, 1 м² ажратувчи юза орқали 1 соат давомида 1 м ораликдаги концентрациялар фарқи 1 га тенг бўлганда тарқалган модда микдорини характерлайди.

Тенгламадаги «минус» ишора молекуляр диффузия жараёнида концентрация камайиб боришини ифодайди.

(7.10) тенгламадаги диффузия коэффициентининг ўлчов бирлигини аниқлаймиз:

$$[D] = \left[\frac{M \cdot dn}{dc \cdot F \cdot \tau} \right] = \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}} \right] = \left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right]$$

Молекуляр диффузия коэффициенти ўзгармас физик катталиқ бўлиб, модданинг диффузия йўли билан кўзгалмас муҳитга кириш қобилиятини характерлайди. Ушбу коэффициент жараённинг гидродинамикасига боғлиқ эмас. Лекин тарқалувчи модда ва муҳитнинг ис- сиклик-диффузион хоссалари, температура ва босимга боғлиқдир, яъни температура ошиши ва босим пасайиши билан унинг қиймати ортади.

Одатда, диффузия коэффициентининг қийматлари адабиётлардан ёки қуйидаги формулардан аниқланади:

газлар учун:

$$D = 4,35 \cdot 10^{-2} \frac{T^2}{P(V_A^{0,33} + V_B^{0,33})} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (7.11)$$

суюқликлар учун:

$$D = \frac{8,2 \cdot 10^{-12} T}{\mu \cdot V_a^{0,33}} \left[1 + \left(\frac{3V_B}{V_A} \right)^{0,66} \right] \quad (7.12)$$

бу ерда, T – температура, К; P – босим, Па; V_A ва V_B – жараёнда иштирок этувчи моддалар моль ҳажми, см³/моль; M_A ва M_B – моддаларнинг молекуляр массаси, кг/моль; μ – динамик қовушқоқлик, мПа·с, A ва B – модданинг табиатига боғлиқ тажрибавий константа.

Диффузия коэффициенти системанинг агрегат ҳолатига боғлиқ. Газлар учун D нинг қийматлари $(0,1 \dots 1,0) \cdot 10^{-4}$ м²/с. Суюқликларнинг диффузия коэффициенти тўрт даражага паст бўлади. Маълумки, температура ортиши билан D ортади, босим ошиши билан эса – камаяди.

Газлардаги диффузия коэффициенти концентрацияга умуман боғлиқ эмас. Лекин суюқликларда эса, диффузия коэффициенти концентрацияга боғлиқлиги бор. Пахта ёгининг нормал шароитда экстракцион бензиндаги диффузия коэффициенти $D = 0,71 \cdot 10^{-5}$ см²/с; газнинг бошқа бир газдаги тарқалиш диффузия коэффициенти $\sim 0,1 \dots 1,0$ см²/с; газнинг суюқликлардаги диффузия коэффициенти $10^4 \dots 10^5$ мартаба кам бўлиб, тахминан 1 см²/суткага тенг.

Хулоса қилиб айтганда, молекуляр диффузия жуда секин ўтадиган жараёндир.

Турбулент диффузия. Турбулент тебраниш таъсирида оқимнинг ҳаракатида бир фазадан иккинчисига модданинг тарқалиши *турбулент диффузия* деб номланади.

Турбулент диффузия тезлиги оқимнинг турбулентлик даражасига, жараённинг гидродинамик режимига боғлиқдир. Исталган фазада турбулент диффузия йўли билан тарқалган модданинг миқдори ушбу тенгламадан топилади:

$$dM = -\varepsilon_D \frac{dc}{dn} \cdot dF \cdot d\tau$$

ёки

$$M = -\varepsilon_D \frac{dc}{dn} F \cdot \tau \quad (7.13)$$

бу ерда, ε_D – турбулент диффузия коэффициенти.

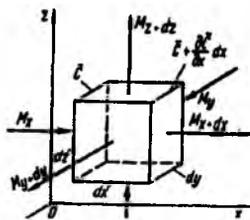
(7.13) тенгламадан ε_D – аниқлаймиз

$$[\varepsilon_D] = \left[\frac{M \cdot dn}{dc \cdot F \cdot \tau} \right] = \left[\frac{кг \cdot м \cdot м^2}{с \cdot м^2 \cdot кг} \right] = \left[\frac{м^2}{с} \right]$$

Турбулент диффузия коэффициенти вақт бирлиги ичида концентрация градиенти бирга тенг бўлганда ажратувчи юза бирлигидан турбулент диффузия йўли билан тарқалган модданинг миқдорини билдиради ва жараённинг гидродинамик режимига боғлиқ. Бу ерда гидродинамик режим деганда оқимнинг тезлиги ва турбулентлик масштаби назарда тутилади.

Молекуляр диффузиянинг дифференциал тенгламаси (Фикнинг 2-қонуни). Бирор фазанинг оқимида ажратиб олинган элементар параллелепипед учун тарқалувчи модданинг моддий баланси кўриб чиқилади ва ундан конвектив диффузия ёки масса бериш жараёнининг тенгламасини келтириб чиқариш мумкин (7.3-расм).

Элементар кичик параллелепипед орқали молекуляр



7.3-расм. Молекуляр диффузиянинг дифференциал тенгламасини келтириб чиқаришга оид.

диффузия йўли билан модда тарқалаётган бўлсин.

Агар $dydz$, $dx dy$ ва $dx dz$ томонлари орқали M_x , M_z ва M_y микдорда моддалар ўтаётган бўлса, қарама-қарши томонлардан эса M_{x+dx} , M_{z+dz} ва M_{y+dy} микдорда моддалар чиқади. Яъни параллелепипеднинг элементар ҳажми $dM = (M_x - M_{x+dx}) + (M_y - M_{y+dy}) + M_{x+dx}$ микдорда тарқалган модда ютиб олади. Бунда, модданинг концентрацияси $(\partial C / \partial \tau) \partial \tau$ микдорга ортади. Фикнинг 1 - қонунига биноан:

$$M_x = -D \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} dydzd\tau$$

$$M_{x+dx} = -D \frac{\partial \left(\bar{C} + \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} dx \right)}{\partial x} dydzd\tau = -D \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} dydzd\tau - D \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} dx dydzd\tau$$

Демак:

$$M_x - M_{x+dx} = D \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} dx dydzd\tau$$

Худди шундай қилиб параллелепипеднинг қолган томонлари учун ҳам ўтган моддалар фарқини аниқлаб оламиз.

Параллелепипед билан ютилган умумий модда микдори:

$$dM = D \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right) dx dydzd\tau \quad (7.14)$$

Ушбу модда микдорини параллелепипед ҳажмини тарқалаётган модда концентрациясининг $\partial \tau$ вақт ичида ўзгаришига кўпайтириб ҳам топса бўлади:

$$dM = dx dydz \frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} d\tau \quad (7.15)$$

(7.14) ва (7.15) ларни тенглаштириб, ушбу кўринишдаги молекуляр диффузиянинг дифференциал тенгламасини оламиз:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} = D \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right) \quad (7.16)$$

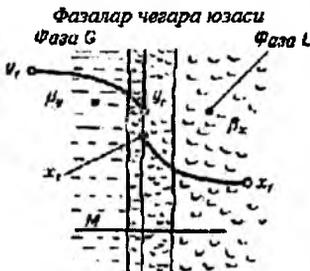
(7.16) тенглама **Фикнинг 2-қонуни** деб юритилади. $\partial C / \partial \tau$ - фазода олинган исталган нуктадаги концентрациянинг вақт бўйича ўзгариш тезлигини характерлайди.

Масса беришнинг асосий қонуни. Ушбу қонун қаттиқ жисмлар эришини ўрганиш пайтида рус олими Шукарев томонидан аниқланган. Бу қонунга биноан, фазаларни ажратиб турувчи юзадан бирор фаза ядросига ёки тесқари йўналишда масса бериш йўли билан ўтган модда микдори фазалар концентрацияси фарқига, фаза ва жараён давомийлигига тўғри пропорционал дир.

Диффузион чегаравий қатлам назариясига асосан тарқалувчи модда суюқлик оқими ядросидан фазаларни ажратувчи юзага суюқлик конвектив оқимлари ва молекуляр диффузия йўли билан ўтади. Кўрилатган системада оқим ядроси

ва чегаравий диффузион қатламлар бор (7.4-расм). Фаза ядросида модданинг тарқалиши асосан суюқлик ёки газ оқими билан амалга оширилади. Оқимларнинг турбулент ҳаракати даврида тарқалувчи модда концентрацияси ўзгармас бўлади. Чегаравий диффузион қатламга яқинлашган сари модданинг турбулент тарқалиши камаяди ва молекуляр диффузия ҳисобига масса бериш улуши ортади.

Бунда, тарқалувчи модданинг концентрация градиенти ҳосил бўлади ва фазаларни ажратувчи чегарага яқинлашиб борган сари, унинг қиймати ошиб боради. Шундай қилиб, че-



7.4-расм. Масса бериш тенгламасини чиқаришга оид.

гаравий диффузион қатлам атрофи—бу концентрация градиенти ҳосил бўлиши ва ўсиши соҳасидир. Ундан ташқари, бу соҳа – умумий масса ўтказишга молекуляр диффузия тезлигининг таъсири қўпаядиган соҳадир.

G фазадан L фазага таркалаётган модда микдори M бўлсин. Агар фазалар ядросидаги моддалар концентрациясини y_f ва x_f деб, фазаларни ажратиб турувчи юзадаги концентрацияларни эса – y_v ва x_v деб белгиласак, унда масса бериш жараёнида ўтган модда микдорларини қуйидаги тенгламалардан аниқлаш мумкин:

$$dM = \beta_y (y_f - y_v) \cdot F dt; \quad dM = \beta_x (x_v - x_f) \cdot F dt \quad (7.17)$$

бу ерда, β_y, β_x – конвектив ва молекуляр оқимлар билан модда узатилишини характерловчи масса бериш коэффициентлари, $y_v = y_M$ ва $x_v = x_M$ деб қабул қилинади.

Масса бериш коэффициентининг ўлчов бирлиги қуйидагича:

$$[\beta] = \left[\frac{M}{(y_f - y_v) \cdot F \cdot \tau} \right] = \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}} \right] = \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

Масса бериш коэффициенти вақт бирлигида жараёни ҳаракатга келтирувчи кучи бирга тенг бўлганда, юза бирлигидан фазаларни ажратувчи юзадан фазанинг ядросига ёки тесқари йўналишда ўтган модда микдорини характерлайди.

Масса бериш коэффициенти фазаларнинг зичлиги, қовушоқлиги ва бошқа хоссаларига, суюқлик ҳаракат режимига, қурилманинг тузилиши ва ўлчамларига боғлиқдир. Шунинг учун ҳам унинг қийматини тажриба ёки ҳисоблаш йўли билан аниқлаш қийин. Лекин ҳар бир аниқ шароит ва суюқликлар учун β нинг қийматини тажриба йўли билан топиш мумкин.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, масса бериш коэффициенти физик маъноси бўйича масса ўтказиш коэффициентида фарқ қилса ҳам, лекин бир хил ўлчов бирлигига эга.

7.5. Қаттиқ жисм иштирокида масса алмашиниш

Бундай жараёнларга адсорбция, десорбция, кристалланиш, қуритиш, эритиш, қаттиқ материаллардан экстракциялаш қабилар қиради. Албатта, бу нотурғун жараёнларнинг ўзига хос алоҳида хусусиятлари бор. «Қаттиқ жисм-суюқлик» системасида масса алмашиниш жуда мураккаб жараён деб ҳисобланади.

Ғоваксимон қаттиқ жисмдан фазаларни ажратиб турувчи чегара орқали газ (ёки буғ) суюқлик муҳитга ёки газ (ёки буғ) муҳитдан қаттиқ жисмга модданинг тарқалиши, ўтказиш потенциали градиенти мавжуд бўлгандагина рўй беради. Бошқача қилиб айтганда, «қаттиқ жисм – суюқлик» системада масса ўтказиш жараёни ички ва ташқи диффузиялардан ташкил топган бўлади. Бу системада масса алмашиниш жараёнига қаттиқ жисмнинг тузилиши катта таъсир кўрсатади. Маълумки, қаттиқ жисм мураккаб, геометрик система бўлиб, ғовақилик, полидисперслик, капиллярлар шакли ва ковакчаларни ўлчами бўйича тақсимланиши билан ажралиб туради.

Капилляр-ковакли тузилишига қараб қаттиқ жисмлар қуйидаги синфларга ажратилади: йирик ковакли ($d_{kp} \leq 100$ Нм); ўртача ковакли ва ультрамикрковакли материаллар бўлади.

«Қаттиқ жисм – суюқлик» системасида масса бериш жараёни билан *масса ўтказувчанлик* (қаттиқ жисмда модданинг тарқалиши) бир вақтда ўтади.

Бу системада кечадиган жараёнларнинг тезлиги вақт ўтиши билан молекуляр диффузия тезлигига қараганда камайиб бориш хосдир. Шунинг учун ушбу жараёнларни ифодалашда «сиқик диффузия» деган атамадан фойдаланилади.

Эритманинг «сикик диффузия»си учун Кади ва Вильямслар томонидан ушбу формула таклиф этилган:

$$D_{сн} = D \frac{1}{1 + a \left(\frac{r}{R} \right)} \quad (7.18)$$

бу ерда, $D_{сн}$ – «сикик диффузия» коэффициенти, D – молекуляр диффузия коэффициенти, r – таркалаётган молекула ўлчами, R – каттик жисм ко-вакчаларининг кундаланг ўлчами.

«Сикик диффузия» ўрнига жараёни ҳар томонлама тўлиқ ифодаловчи умумий кинетик характеристика – масса ўтказувчанликни аниқлаш мақсадга мувофиқдир. Унда, каттик жисмда тарқалган модданинг узатилишини ифодаловчи қонун сифатида қабул қилиниш мумкин: каттик жисмда масса ўтказувчанлик ҳисобига тарқалган масса миқдори концентрациялар градиенти, оқим йўналишига перпендикуляр юза ва жараён давомийлигига тўғри пропорционалдир, яъни:

$$dM = -k \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} dF dt \quad (7.19)$$

бу ерда, k – масса ўтказувчанлик коэффициенти, m^2/c .

Ушбу коэффициент температура ва каттик жисмда тарқалган модда концентрацияларига боғлиқдир.

7.5-расмда ғоваксимон каттик жисмларнинг типик тузилишлари келтирилган. Кўриниб турибдики, бундай тузилишли жисмларда жараёнинг кинетикаси турлича бўлиши табиийдир.

Каттик жисмдан намликни десорбцияси мисолида масса алмашиниш жараёнини кўриб чиқамиз (7.6-расм).

Бошланғич вақт $\tau = \tau_0$ да пластинанинг бутун ҳажмида концентрация ўзгармас бўлади ($c = const$).

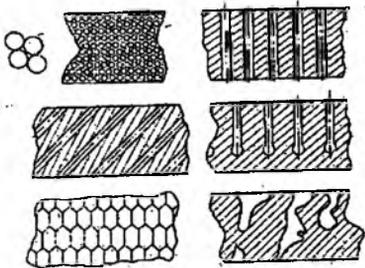
Каттик жисм билан масса алмашинувчи суюқлик фазада тарқалувчи модданинг концентрацияси ўзгармас ва y_f га тенгдир. Дастлабки даврда, тарқалаётган модда каттик жисмдан суюқликка қараб ҳаракат қилади.

Каттик материалдан эркин боғланган намликнинг чиқиб кетиши билан жисмнинг температураси ўзгармайди ва u ҳўл термометр температурасига тенг бўлади. Материал устидаги буг босими эса, суюқликнинг тўйинган буғлари босимига баробардир. Шу даврда материалдан намликнинг буг ҳолатида чиқиб кетиши ўзгармас тезликда содир бўлади.

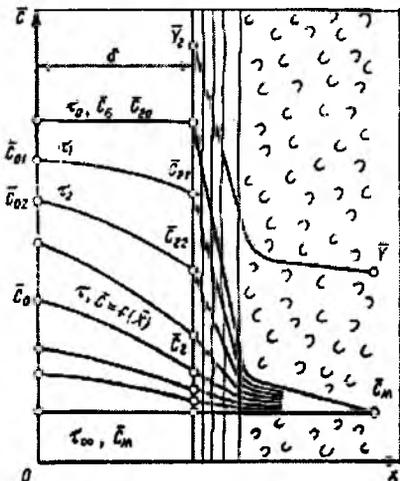
Вақт ўтиши билан жисмнинг концентрацияси узлуксиз равишда пасайиб боради.

Бирор критик концентрация $x_{кр}$ дан бошлаб, буғланиш зонаси жисмнинг ичига сурилади. Бу ҳол, албатта ўтказиш потенциали градиентининг камайишига ва жараёни секинлашувига олиб келади. Намликни буғланиши нафақат ўзгарувчан координатали юзаларда бўлиб қолмасдан, балки жисмнинг «аввалги» қатламларида ҳам боради. Лекин жисмнинг ташқи юзасига яқинлашган сари, жараён интенсивлиги камаяди. Бундай ҳол намликни материал билан турли усулларда боғланганидан далолат беради.

Жараён тезлиги пасайиши даврида масса алмашиниш жараёнининг тезлиги масса ўтказувчанлик тезлиги билан белгиланади. Ўз навбатида, масса ўтказувчанлик тезлиги масса алмашиниш механизмига боғлиқдир.



7.5-расм. Ғоваксимон жисмлар тузилиши модификациялари.



7.6-расм. Капилляр - ғовакли жисм да масса алмашиниш модели.

Қаттиқ фаза иштирок этадиган масса алмашилиш жараёнларининг энг мураккаби – бу қуришиш жараёнидир, чунки бунда масса ва иссиқлик алмашилиш жараёнлари бир вақтда рўй беради.

Масса ўтказувчанлик дифференциал тенгламаси иссиқлик ўтказувчанлик дифференциал тенгламасига ўхшаш келтириб чиқарилади ва ушбу кўринишга эга:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} = k \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right) \quad (7.20)$$

Кўришиб турибдики, масса ўтказувчанлик коэффициентини ўзгарувчан катталик ва жараён тури (адсорбция, қуришиш, эритиш), қаттиқ жисм тузилиши ва молекуляр диффузия коэффициентига таъсир этувчи параметрларга боғлиқ.

(7.20) дифференциал тенглама фазаларни ажратувчи чегарасида масса ўтказиш шартларини белгиловчи тенглама билан биргаликда кўрилиши керак. Ушбу шартларни (7.19) тенгламани $dM = \beta(y_v - y_M)F \cdot d\tau$ тенглама билан таққослаб топиш мумкин. Тенгламаларнинг ўнг томонларини бир-бирига тенглаб, ушбу кўринишга эга ифодани оламир:

$$-k \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} = \beta \Delta \bar{y} \quad (7.21)$$

Ўхшашлик назариясини қўллаб қуйидаги ўлчамсиз комплексни келтириб чиқарамиз:

$$Bi_d = \frac{\beta \cdot l}{k} \quad (7.22)$$

Ушбу комплекс *Био диффузион критерийси* деб номланади.

Био критерийси қаттиқ фазадан ювиб турувчи суюқ фазага модда тарқалиши тезлигининг масса ўтказувчанлик тезлигига нисбатани ифодалайди.

Масса ўтказувчанлик тенгламасидан Фурье диффузион критерийсини келтириб чиқариш мумкин:

$$Fo_d = \frac{k\tau}{l^2} \quad (7.23)$$

Фурье критерийси қаттиқ жисм ичида масса алмашилиш тезлигининг вақт ўтиши билан ўзгаришини характерлайди.

(7.21) тенглама тахлили шуни кўрсатадики, масса ўтказиш тезлиги масса ўтказувчанлик ва масса беришга боғлиқ. Экстракция жараёнининг масса ўтказишга таъсири 3 хил бўлади:

– масса бериш жараёни тезлиги масса ўтказиш тезлигига нисбатан анча катта. Бунда масса ўтказиш тезлиги масса ўтказувчанлик орқали топилади;

– масса ўтказувчанлик тезлиги масса бериш жараёнининг тезлигига нисбатан анча катта бўлади. Бунда масса ўтказиш тезлиги масса бериш жараёни β асосида ҳисобланади;

– масса ўтказувчанлик ва узатиш жараёнларининг тезлигини ўзаро солиштириш мумкин бўлади. Бунда масса ўтказишнинг тезлигини топишда D_u ва β коэффициентлар ҳисобга олинади.

Қаттиқ жисмдан керакли компонентни ажратиш олиш мураккаб жараёндир. Бунда, қаттиқ жисм ичида ва атроф-муҳитда концентрациялар микдори вақт давомида ёки қурилманинг узунлиги бўйича ўзгаришиб туради (7.6-расм).

Қаттиқ жисмда концентрациялар микдорининг ўзгариш тезлигига қуйидаги омиллар сабабчи бўлади:

1. Қаттиқ жисм ва тарқалаётган модданинг диффузия хоссалари, бу хоссалар масса ўтказувчанлик коэффициенти D_u орқали ифодаланади.

2. «Қаттиқ жисм – суюқлик» чегарасида масса ўтказиш шароитлари.

3. Қаттиқ жисм ва суюқ фазалар микдорларининг нисбати

$$\frac{C_s - C_0}{C'_s - C'_0} = n$$

билан ифодаланади.

бу ерда, C_0' ва C_0 – жараённинг бошланиш ва охирида суюқ фазадаги экстракцияланган модданинг концентрациялари, C_0 ва C_0' – жараённинг бошланиши ва охирида каттик фазадаги экстракцияланиши зарур бўлган модданинг концентрацияси; $n=W/N$ – ўзаро тўқнашиш ҳолатида бўлган суюқлик микдори W нинг каттик жисм микдори N га нисбати

4. Каттик материал заррачаларининг суюқлик билан ўзаро таъсир қилиш усули.

5. Каттик материал заррачаларининг шакли ва ўлчамлари.

Масса ўтказувчанлик йўли билан масса алмашилиш жараёнининг ўхшашлигини ифодалашда геометрик ўхшашлик ҳам инобатга олинishi зарур.

Бир ўлчамли оқим учун масса ўтказувчанликнинг критериял тенгламасини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\frac{C - C_M}{C_0 - C_M} = f\left(Bi_D, Fo_D, \frac{x}{\delta}\right) \quad (7.24)$$

бу ерда, C – вақт momenti τ да каттик фазанинг берилган нуктасидаги концентрацияси; C_0 – каттик фазадаги бошланғич концентрация; C_M – каттик фазадаги экстракцияланаётган модданинг мувозанат концентрацияси; δ – каттик жисмининг аниқловчи ўлчами, x – каттик жисмининг берилган нуктасидаги координатаси.

(7.24) тенгламанинг ечими фақат энг оддий шаклдаги жисмлар (шар, цилиндр ва чексиз пластина) учун бор.

«Каттик жисм – суюқлик» системасида масса ўтказиш жараёнини ифодалаш учун масса ўтказишнинг асосий тенгламасидан фойдаланиш мумкин. Унда, масса ўтказиш коэффициентини ушбу формуладан ҳисобланади:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\beta_y} + \frac{1}{(\psi + n) \cdot km} \quad (7.25)$$

бу ерда, ψ – шакл коэффициентини, пластина учун 1 га, цилиндр учун 2 ва шар учун 3 тенг; n – даража кўрсаткичи.

Ташки диффузия соҳасида жараён ўтказилганда ва $Bi_D \leq 3,0$ бўлганда (7.25) формула ушбу кўринишни олади:

$$K \approx \beta_y \quad (7.25a)$$

Ушбу ҳолатда жараён тезлиги фақат ички диффузия омиллари билан аниқланади.

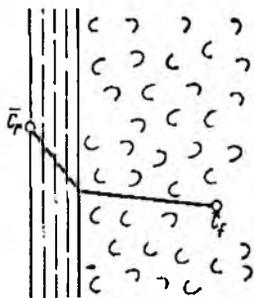
Иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнлари биргалиқда содир бўлганда, иссиқлик ва масса бериш коэффициентларини топиш учун ушбу критериял тенглама тавсия этилади:

$$Nu = A \cdot Re^n \cdot Pr^{0,33} \cdot Gr^{0,175} \quad (7.26)$$

бу ерда, Gr – адиабатик шароитда суюқликнинг ҳажмий бугланишини характерловчи Гухман критерийси.

Константа A ва даража кўрсаткичи n қурилмадаги гидродинамик режимга боғлиқ бўлади.

7.6. Конвектив диффузиянинг дифференциал тенгламаси



7.7-расм. Конвектив диффузия қонунини келтириб чиқаришга оид.

Диффузион чегаравий қатлам назариясига биноан, суюқлик оқими фазаларни ажратувчи чегарасида тарқалаётган модда молекуляр диффузия ва бевосита суюқлик оқими билан узатилади (7.7-расм). Кўрилатган системада оқимни 2 қисмдан иборат деб ҳисобласа бўлади, яъни ядро ва чегаравий диффузион қатламдан. Турбулентлик анча юқори бўлганда ҳам, ядро модданинг тарқалиши асосан суюқлик ҳаракати туфайли рўй беради. Турғун режимда ушбу кўндаланг кесимда тарқалувчи модда концентрацияси ўзгармасдир. Чегаравий диффузион қатламга яқинлашган сари, турбулентлик даражаси пасаяди. Шунинг учун, фазаларни ажратувчи чегарада модданинг тарқалиши асо-

сан молекуляр диффузия ҳисобига ўтади. Ундан ташқари, бу зонага яқинлашиш билан концентрациялар градиенти ҳам ортади.

Шундай қилиб, чегаравий диффузион катлам – бу концентрация градиенти ҳосил бўладиган ва ортадиган ҳамда молекуляр диффузия қийматининг минимумдан максимумгача кўпаядиган зонасидир.

Конвектив диффузия жараёнида фазанинг элементар ҳажмида таркалувчи модданинг концентрацияси ҳам молекуляр диффузия, ҳам механик ҳаракат таъсири остида ўзгаради. Бундай ҳолларда, таркалаётган модданинг концентрацияси x, y, z координаталар ва вақт τ нинг функцияси бўлиб қолмай, балки элемент силжиш тезлиги w_x, w_y ва w_z ларга ҳам боғлиқ бўлади.

Молекуляр диффузия йўли билан модданинг тарқалиши (7.16) тенглама ёрдамида топилади.

Конвектив диффузия пайтида эса, элемент фазанинг бир нуқтасидан иккинчисига кўчади. Бунда, элементда таркалаётган модда концентрациясининг ўзгариши субстанционал ҳосила орқали ифодаланади:

$$\frac{D\bar{c}}{D\tau} = \frac{\partial\bar{c}}{\partial\tau} + \frac{\partial\bar{c}}{\partial x} w_x + \frac{\partial\bar{c}}{\partial y} w_y + \frac{\partial\bar{c}}{\partial z} w_z \quad (7.27)$$

Ушбу тенгламадаги кўшилиувчилар йиғиндиси $\frac{\partial\bar{c}}{\partial x} w_x + \frac{\partial\bar{c}}{\partial y} w_y + \frac{\partial\bar{c}}{\partial z} w_z$ - концентрациянинг конвектив ўзгаришини, $\frac{\partial\bar{c}}{\partial\tau}$ эса – локал ўзгаришини характерлайди.

Молекуляр диффузия ҳисобига таркалаётган модданинг ортиши (7.16) тенглама ёрдамида аниқланади. Агар (7.16) ва (7.27) тенгламаларни тенглаштирсак ва концентрациянинг локал ўзгариши $\frac{\partial\bar{c}}{\partial\tau}$ ни (7.27) даги тўлик $\frac{D\bar{c}}{D\tau}$ га алмаштирсак, конвектив диффузиянинг дифференциал тенгламасини келтириб чиқариш мумкин:

$$\frac{\partial\bar{c}}{\partial\tau} + \frac{\partial\bar{c}}{\partial x} w_x + \frac{\partial\bar{c}}{\partial y} w_y + \frac{\partial\bar{c}}{\partial z} w_z = D \left(\frac{\partial^2\bar{c}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\bar{c}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\bar{c}}{\partial z^2} \right) \quad (7.28)$$

Фазаларни ажратувчи чегара атрофида фазадан фазага таркалаётган модда микдори конвектив диффузия қонуни (7.17) ёрдамида аниқланади. Юқориди айтилгандек, фазаларни ажратувчи юза олдида, модданинг бир фазадан иккинчисига ўтиши эса, молекуляр диффузия (7.10) ҳисобига амалга ошади.

(7.10) ва (7.17) тенгламаларни бир-бирига тенглаштириб, ушбу формулани оламир:

$$\beta\Delta\bar{c} = -D \frac{\partial\bar{c}}{\partial x} \quad (7.29)$$

бу ерда, $\Delta\bar{c} = \bar{c}_+ - \bar{c}_-$ - жараёни ҳаракатга келтирувчи куч.

Конвектив диффузиянинг критериял тенгламалари. Бундай формулалар (7.28) ва (7.29) тенгламалардан келтириб чиқарилади. Диффузион критерийларни олиш учун ўхшашлик назариясидан фойдаланамиз. (7.29) тенгламадан ўлчамсиз $\beta\Delta\bar{c}l/D$ комплексни оламир ва баъзи қисқартиришлардан сўнг Нуссельт диффузион критерийсини ҳосил қиламиз:

$$Nu_D = \frac{\beta \cdot l}{D} \quad (7.30)$$

бу ерда, β – масса бериш коэффициентини, l – аниқловчи ўлчам, D – молекуляр диффузия коэффициентини.

(7.28) тенгламанинг иккала қисмини $D(\partial^2\bar{c}/\partial x^2)$ га бўлиб, ушбу ўлчамсиз комплексни олиш мумкин:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} \cdot \frac{\partial x^2}{\partial^2 \bar{C}} \quad \text{ва} \quad \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} \cdot w_x \cdot \frac{\partial x^2}{\partial^2 \bar{C}}$$

Булардан эса Фурье диффузион критерийси:

$$Fo_D = \frac{D\tau}{l^2} \quad (7.31)$$

ва Пекле диффузион критерийси келтириб чиқарилади.

$$Pe_D = \frac{wl}{D} \quad (7.32)$$

бу ерда, τ – жараён давомийлиги, w – оқим тезлиги.

Фурье критерийси вақт ўтиши билан тарқалаётган масса оқими тезлиги ўзгаришини ифодалайди ва нотурғун масса бериш жараёнларни характерлайди.

Пекле критерийси ўхшаш системаларнинг ўхшаш нукталарида конвектив ва молекуляр диффузиялар орқали ўтаётган массаларнинг нисбатини ифодалайди.

Пекле критерийсини ўзгартириб, ушбу кўринишда ёзамиз:

$$Pe = \frac{wl}{D} = \frac{wl}{\nu} \cdot \frac{\nu}{D} = Re \cdot Pr_D$$

бу ерда

$$Pr_D = \frac{\nu}{D} \quad (7.33)$$

Прандтл критерийси физик катталиклар майдонларининг ўхшашлигини характерлайди ва моддалар физик хоссалари нисбатининг ўзгармаслигини ифодалайди.

Масса бериш жараёнини характерловчи ўхшашлик критерийлари аниқлангандан сўнг, конвектив диффузиянинг умумий критериял тенгламаси тузилиши мумкин:

$$f(Re, Gr, Nu_D, Pr_D, Fo_D) = 0 \quad (7.34)$$

Нуссельтнинг диффузион критерийси асосий аниқланувчи критерий бўлгани учун (7.34) тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$Nu_D = f(Re, Gr, Pr_D, Fo_D) \quad (7.35)$$

(7.35) даги Грасгоф критерийси эркин конвекция пайтида конвектив диффузияни характерлайди.

Агар жараён турғун бўлса, умумий критериял тенгламадан, Фурье критерийси тушириб қолдирилади:

$$Nu_D = f(Re, Gr, Pr_D) \quad (7.36)$$

Суюқлик оқимининг мажбурий ҳаракати пайтида эркин конвекцияни ҳисобга олмас бўлади. Бу ҳолда (7.36) тенгламадан Грасгоф критерийси тушиб қолади:

$$Nu_D = f(Re, Pr_D) \quad (7.37)$$

Критериял тенгламалардан аниқланган Нуссельт критерийси қийматларидан масса бериш коэффициентини ҳисоблаб топиш мумкин:

$$\beta = \frac{Nu \cdot D}{l} \quad (7.38)$$

Масса бериш коэффициентларининг қийматлари ёрдамида масса ўтказиш коэффициенти K ни топиш мумкин.

Гидродинамик ўхшашлик асосида масса бериш коэффициенти β ни оқим ўртача тезлиги w га нисбатини аниқлаш мумкин. Бу ўлчамсиз катталик Стантон диффузион критерийси деб номланади ва ушбу кўринишга эга:

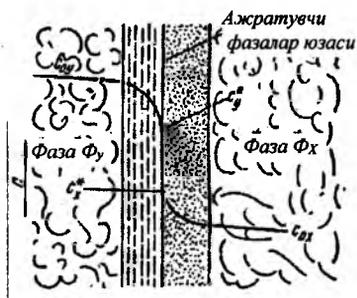
$$\bar{St}_D = \frac{\beta}{w} = \frac{Nu_D}{Pe_D} = \frac{\beta \cdot l / D}{w \cdot l / D} \quad (7.39)$$

Стантон критерийси турбулент оқимларда масса бериш жараёнида концентрация ва тезлик майдонлари ўхшашлигини характерлайди.

7.6.1. Масса алмашиниш жараёни механизми

Маълумки бирор модда массасининг иккинчи фазага ажратиб турувчи юза орқали ўтиши *масса ўтказиш* деб номланади. Бу жараён жуда мураккабдир, чунки масса бериш ва турбулент оқимларнинг гидродинамик қонуниятлари яхши ўрганилмаган.

7.8-расмда суюқлик ва газ (буғ) ёки иккала фаза орасида масса ўтказиш жараёнини тусунтирувчи схема келтирилган.



7.8-расм. Масса ўтказиш жараёнида фазаларда концентрация тақсимланиш схемаси.

Фазалар бир - бирига нисбатан турбулент режимга оид тезликда ҳаракат қилмоқда ва улар ўртасида ажратувчи юза мавжуд.

Тарқалувчи модда массаси M фаза Φ_y (аммиакнинг ҳаво билан аралашмаси)дан суюқ фаза Φ_x (сув) га ўтмоқда. Шундай қилиб, Φ_y фаза ядросидан фазаларни ажратиб турувчи юзага ва ажратиб турувчи юзадан Φ_x фазанинг ядросига масса бериш жараёни содир бўлади.

Ажратувчи юза қаршилигини (агар унинг микдори сезиларли бўлса) енгиб, бир фазадан иккинчисига масса ўтади, яъни масса ўтказиш жараёни рўй беради.

Маълумки, масса алмашиниш жараёни ҳар бир фазадаги оқим турбулентлик тузилиши билан узвий равишда боғлиқ.

Гидродинамикадан маълумки, суюқлик оқимининг девор яқинида ҳаракат пайтида чегаравий қатлам ҳосил бўлади. Ҳар бир фаза ядро ва чегаравий қатламдан ташкил топган бўлади. Фаза ядросида модданинг тарқалиши кўпчилик ҳолларда турбулент пульсация ёрдамида амалга ошади ва тарқалувчи модданинг концентрацияси, 7.8-расмда кўрсатилгандек, ўзгармас бўлади. Чегаравий қатламда эса, турбулентлик аста - секин сўниб, концентрация эса ўзгариб боради. Ажратувчи юзага яқинлашган сари, концентрация ўзгариши кескинлашади. Бевосита ажратувчи юзада модданинг тарқалиш тезлиги жуда кичик бўлади ва у молекуляр диффузиянинг тезлигига боғлиқ бўлиб қолади. Фазалараро ишқаланиш ва сиртий таранглик кучлари таъсирида ажратувчи юза яқинида концентрация кескин, тўғри чизикли конун бўйича ўзгаради.

Шундай қилиб, суюқлик оқимининг турбулент ҳаракати пайтида фаза ядросидан ажратувчи юзагача ёки тесқари йўналишда массанинг берилиши ҳам молекуляр, ҳам турбулент диффузиялар усулида боради. Лекин тарқалаётган массанинг асосий қисми турбулент диффузия усулида ўтади.

Демак, масса алмашиниш жараёнини интенсивлаш учун оқим турбулентлик даражасини кўпайтириб, чегаравий қатлам қалинлигини камайтириш зарур.

Маълумки, оқим турбулентлик даражасини кўпайтириш учун суюқлик тезлигини ошириш керак бўлса, чегаравий қатлам қалинлигини камайтириш учун аралаштириш, пульсация, тебраниш, электромагнит майдон ёки ультратовуш каби усулларни қўллаш мумкин.

7.6.2. Масса ўтказиш ва узатиш коэффициентлари ўртасидаги боғлиқлик

Ишчи ва мувозанат концентрациялари орасида чизикли боғлиқлик шароитида, бирор G фазадан L фазага масса ўтказиш жараёнини кўриб чиқамиз (7.4-расм). Фазаларни ажратувчи чегарада мувозанат ҳолатига эришилади деб қабул қиламиз.

G фазадан фазаларни ажратувчи чегаравий юзага тарқалган модда миқдори ушбу тенгламадан топилади:

$$dM = \beta_y \cdot (y - y_v) \cdot dF$$

Фазаларни ажратувчи чегаравий юзадан L фаза ядросига берилган модда миқдори эса қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$dM = \beta_x (x_v - x) \cdot dF$$

Мувозанат концентрация $y_m = m \cdot x$ эканлиги маълум бўлгани учун, L фазадаги концентрация x ни G фазадаги мувозанат концентрацияси орқали ифодалаш мумкин:

$$dM = \beta_x (x_v - x) \cdot dF = \frac{\beta_x}{m} (y_m - y_v) \cdot dF$$

бундан:

$$y_m - y_v = \frac{dM \cdot m}{\beta_x dF}; \quad y - y_v = \frac{dM}{\beta_y dF}$$

Юқорида келтирилган охириги икки тенгламаларнинг чап ва ўнг томонларининг йиғиндиси ҳамда $y_v = y_m$ га тенглигини ҳисобга олсак, ушбу кўринишдаги тенгламани оламиз:

$$y - y_m = \frac{dM}{dF \left(\frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y} \right)} \quad (7.40)$$

Масса ўтказишнинг асосий тенгламасидан:

$$y - y_m = \frac{dM}{dF} \cdot \frac{1}{K} \quad (7.41)$$

(7.40) ва (7.41) тенгламаларни ўнг томонларини тенглаштириб, ушбу кўринишга эга бўламиз:

$$\frac{1}{K_y} = \frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y} \quad \text{ёки} \quad K_y = \frac{1}{\frac{m}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y}} \quad (7.42)$$

Худди шу усулда L фаза учун масса ўтказиш коэффициентини аниқлаш формуласини келтириб чиқарамиз:

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_x} \quad \text{ёки} \quad K_x = \frac{1}{\frac{1}{m\beta_y} + \frac{1}{\beta_x}} \quad (7.43)$$

Бу тенгламаларнинг чап томонлари массанинг бир фазадан иккинчисига ўтиши учун умумий диффузион қаршилиқни, ўнг томонлари эса – фазалардаги масса бериш жараёнлари диффузион қаршилиқларнинг йиғиндисини ифодалайди. Шунинг учун ҳам, (7.42) ва (7.43) тенгламалар фазавий қаршилиқларнинг *аддитивлик тенгламалари* деб юритилади.

K_y ва K_x коэффициентлар $K_y = K/m$ тенглик билан боғлиқ бўлади. Масса ўтказиш коэффициентларнинг қиймати масса бериш коэффициентларининг сон қийматлари ва мувозанат чизигининг қиялик бурчаги билан белгиланади. Масса бериш коэффициентлари критериал тенгламалардан аниқланади.

Масса узатиш механизми бир вақтда ҳам молекуляр, ҳам конвектив усулларда масса ўтиш билан характерланади. Масса ўтказиш эса, ундан ҳам мураккаб жараёндир, чунки фазаларни ажратувчи чегаранинг иккала томонида масса бериш жараёнлари рўй беради. Шу кунгача фазалар орасидаги ҳаракатчан юза чегарасида борадиган масса ўтказиш жараёнининг назарияси яратилмаган. Шунинг учун ҳам масса ўтказиш механизмининг бир қатор содда-лаштирилган назарий моделлари ишлаб чиқилган.

Кўпчилик моделлар қуйидаги тахминлар асосида яратилган:

1. Бир фазадан иккинчисига масса ўтиш жараёнидаги умумий қаршилиқ иккала фаза ва уларни ажратувчи юза қаршилиқларининг йиғиндисига тенг. Лекин кўпинча ажратувчи юзадаги қаршилиқ нолга тенг деб ҳисобланади. Унда, умумий қаршилиқни фазалар қаршилиқлари йиғиндиси деб қараш мумкин;

2. Ажратувчи юзада фазалар мувозанат ҳолатида бўлади.

Юпқа қатламли модель. Бу модель энг биринчиларидан бўлиб, Льюис ва Уитменлар томонидан таклиф этилган. Ушбу моделга биноан, ҳар бир фазада унинг бевосита чегарасига қўзғалмас ёки ламинар ҳаракатланувчи юпқа қатлам ёндашиб туради.

Юпқа қатламда масса фақат молекуляр диффузия усулида тарқалади. Масса беришга қаршилиқнинг ҳаммаси юпқа қатламда мужассамлашган. Шунинг учун, концентрациялар градиенти фақат чегаравий юпқа қатлам ичида ҳосил бўлади, чунки фазалар ядросида концентрациялар ўзгармас ва сон жиҳатидан ўртача концентрацияларга тенгдир.

Ундан ташқари, юқорида қабул қилинган тахминлар бу моделга ҳам тааллуқли. Шундай қилиб, ушбу модель схемасининг 7.8-расмдагидан фарқи шундаки, чегаравий қатламда турбулент пульсациялар ёрдамида аралаштириш тўғри чизиқ конунига бўйсунди.

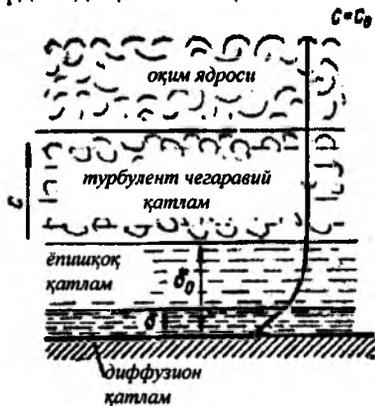
Юпқа қатламли моделга биноан, вақт бирлигида тарқалган масса миқдори қуйидаги тенгламадан аниқланиши мумкин:

$$M = \frac{D}{\delta_{эф}} (C_0 - C_v) \quad (7.44)$$

бу ерда, C_0 ва C_v – фаза ядроси ва уларни ажратиб турувчи чегарадаги концентрациялар; δ – чегаравий юпқа қатламнинг эффектив қалинлиги; $D/\delta_{эф}$ – масса бериш тезлигини характерловчи коэффициент.

Ушбу моделда ажратувчи юза атрофидаги гидродинамик шароитлар анча соддалаштирилган. Молекуляр ва турбулент диффузияларни ажратиб турувчи чегарасида турбулент пульсацияларнинг сўниши, системанинг физик ва геометрик катталиклари ҳисобга олинмаган. Шу сабабларга кўра, кўпчилик тажрибаларда олинган натижаларда $M-D$ боғлиқлик исботланмаган.

Ундан ташқари, чегаравий қатламнинг эффектив қалинлигини ўлчаш ёки формулалар ёрдамида ҳисоблаш қийин.



7.9-расм. Фазадаги оқимнинг тузилиши ва концентрация ўзгаришлари.

Диффузион чегаравий қатламли модель. Ушбу моделда фазаларни ажратувчи чегара яқинидаги шароитлар аниқроқ ҳисобга олинган (7.9-расм). «Қаттиқ жисм – суюқлик» системасидагига нисбатан юқори аниқликка эга модель рус олимлари Ландау ва Левич томонидан яратилган. Кўришиб турибдики, фаза ядросида концентрация ўзгармас ($C_0 = const$) бўлиб, турбулент чегаравий қатламда аста-секин камайиб бошлайди. Қовушқоқ қатламга яқинлашган сари турбулент пульсациялар сўниб боради. Лекин қовушқоқ қатламда концентрация сезиларли даражада камайди. Бу қатламда ишқаланиш кучлари катта бўлгани учун суюқлик ҳаракати ламинар режимга тўғри келади. Натижада молекуляр диффузия усулида тарқалаётган модданинг улуши ортиб боради.

Лекин ковшоқ қатлам δ нинг катта қисмига турбулент диффузия усулида тарқаладиган массанинг микдори молекуляр диффузияникіга караганда нисбатан кўп. Фақат диффузион қатлам қалинлиги δ бўлганда массанинг ўтиши бутунлай молекуляр диффузия йўли билан тарқалади.

Диффузион қатламда концентрация кескин ўзгаради ва бу ўзгариш тўғри чизик бўйича боради.

Қовшоқ қатлам қалинлиги ва δ_0 диффузион қатлам қалинлиги δ ўртасида қуйидаги боғлиқлик бор:

$$\delta = \left(\frac{D}{\nu}\right)^{1/m} \cdot \delta_0 \quad (7.45)$$

δ нинг қийматини (7.44) га қўйиб, ушбу тенгламани олаемиз:

$$M = \frac{D^{m-1}}{\nu^{1/m} \delta_0} (C_0 - C_*) \quad (7.46)$$

бу ерда, ν – кинематик ковшоқлик; m – фазаларни ажратувчи чегарада турбулент диффузия усулида масса тарқалишининг сўниш қонуниятини ифодаловчи даража курсаткичи.

Кўпинча, тажриба йўли билан аниқланади ва «каттик жисм – суюқлик» системаси учун $m=3$, «суюқлик - газ», «суюқлик - суюқлик» системаси учун – $m = 2$ ва (7.46) тенгламага асосан $M \sim D^{0.66}$, ҳамда $M \sim D^{0.5}$.

Шундай қилиб, турбулентлик аста-секин ва узлуксиз равишда сўниб боради ва каттик жисм юзаси яқинида пульсацион тезлик нолга тенглашади, $\varepsilon_D = 0$.

Харакатчан ажратувчи юзага эга бўлган «суюқлик - газ» ва «суюқлик - суюқлик» системаларидаги сиртий таранглик кучлари, худди каттик юзада ишқаланиш кучи каби таъсир этади. Лекин шу кунгача турбулент пульсацияларнинг сўниш қонуни топилмаганлиги учун m нинг қийматини назарий йўл билан аниқлаб бўлмайди.

Юқорида кўриб чиқилган моделларда модда ўтиши узлуксиз деб тахмин қилинган. Лекин тўқнашиш юзасининг янгилиниш модели (Данквертс ва Кишиневскийлар томонидан яратилган) да масса алмашилиш жараёни узлукли бўлади, яъни вақт ўтиши билан ўзгариб туради.

М.Х. Кишиневский томонидан таклиф этилган моделга биноан, фазаларни ажратувчи чегарагача масса беришда молекуляр ва турбулент диффузия биргаликда боради деб қабул қилинади. Шунинг учун, бу моделда ўтаётган масса микдори қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$M = 2 \sqrt{\frac{D + \varepsilon_D}{\pi \tau}} (C_0 - C_*) \quad (7.47)$$

бу ерда, τ – фазаларнинг тўқнашиш вақти; $C_0 - C_*$ – фазалар чегараси ва ядросидаги концентрациялар фарқи.

Данквертс моделига биноан, фазаларни ажратувчи юзалар чегарасида модданинг тарқалиши фақат молекуляр диффузия ҳисобига боради деб қабул қилинган. Лекин ҳар бир элемент янгиси билан алмашиш эҳтимоли бор деб қаралади. Шу билан бирга, элементларнинг ажратувчи юзада бўлиш вақти бир хил эмас ва модданинг тарқалиши экспоненциал қонунга бўйсунди, яъни (7.47) тенглама ушбу кўринишни олади:

$$M = \sqrt{Ds} (C_0 - C_*)$$

бу ерда, s – вақт бирлиги ичида янгиланаётган юзанинг улуши, s^{-1} .

Маълумки, турбулент ҳаракат шу кунгача мукамал ўрганилмаган. Шунинг учун ҳам, аниқ ва мукамал масса ўтказиш моделлари ишлаб чиқилмаганлиги учун (7.17) тенглама ишлатилади.

7.6.4. Масса алмашиниш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи куч

Иссиқлик алмашиниш жараёнлари каби, масса алмашинишда ҳам фазалар йўналиши параллел, қарама - қарши, ўзаро кесишган ва мураккаб бўлиши мумкин.

Маълумки, фазалар ҳаракатининг ўзаро йўналиши ва уларнинг таъсир қилиш усули масса алмашиниш жараёнининг ҳаракатга келтирувчи куч қийматини белгилайди. Фазалар, ажратувчи юза бўйича ҳаракатланганда, уларнинг концентрацияси ўзгаради. Бу ҳол эса ўз навбатида ҳаракатга келтирувчи кучнинг ўзгаришига олиб кетади. Шунинг учун, масса ўтказишнинг асосий тенгласида ўртacha ҳаракатга келтирувчи куч катталиги ишлатилади.

Масса ўтказиш жараёнининг ўртacha ҳаракатга келтирувчи кучи. Ушбу кучнинг ифодаланиши мувозанат чизиги тўғри ёки эгри чизик шаклида эканлигига боғлиқ.

Қарама - қарши йўналишли колоннада масса алмашиниш жараёнини кўриб чиқамиз (7.10-расм).

Жараён куйидаги шартларга амал қилган ҳолатда юз бермоқда:

1) мувозанат эгри чизиги $y^* = f(x)$;

2) фазалар сарфлари ўзгармас ($G = const, L = const$), яъни ишчи чизик тўғри чизик функциясидир.

3) масса ўтказиш коэффиценти қурилманинг баландлиги бўйича ўзгармайди, яъни $K_x = const, K_y = const$.

Масса ўтказиш жараёнида dF элементар юздан Φ_y фазанинг концентрацияси dy га камайди ва тарқалган масса dM нинг миқдори куйидагича аниқланади:

$$dM = -Gdy$$

Тенглама ўнг томонидаги манфий ишора Φ_y фазадаги концентрациянинг камайишини ифодалайди.

Худди шу миқдордаги dM масса Φ_x фазага ўтиб, унинг концентрациясини dx қийматга оширади. Унда, dF элементар юза учун масса ўтказиш тенгласини ушбу кўринишда ёзиш мумкин:

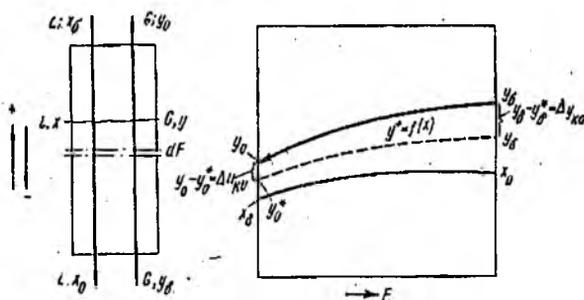
$$dM = -Gdy = K_y(y - y^*) \cdot dF \quad (7.48)$$

Ўзгарувчи y ва F қийматларни ажратиб (7.48) тенгламани интегралласак (концентрация бўйича y_0 дан y_{ox} гача, тўқнашиш юзаси бўйича O дан F гача), куйидаги тенгламани оламиз:

$$\int_{y_0}^{y_{ox}} \frac{dy}{y - y^*} = \int_0^F \frac{K_y}{G} dF$$

бундан

$$\int_{y_0}^{y_{ox}} \frac{dy}{y - y^*} = \frac{K_y}{G} F \quad (7.49)$$



7.10-расм. Масса ўтказиш жараёнининг ўртacha ҳаракатга келтирувчи кучини аниқлашга оид.

Моддий баланс тенгласига биноан, бутун қурилма учун бир фазадан иккинчисига ўтган модда массаси қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$M = G \cdot (y_{\delta} - y_{\alpha})$$

Охириги ифодадаги G нинг қийматини (7.49) тенгламага қўйсақ, ушбу кўринишга эришамиз:

$$\int_{y_{\alpha}}^{y_{\delta}} \frac{dy}{y - y^*} = \frac{K_y \cdot F}{M} (y_{\delta} - y_{\alpha})$$

бундан:

$$M = K_y F \frac{y_{\delta} - y_{\alpha}}{\int_{y_{\alpha}}^{y_{\delta}} \frac{dy}{y - y^*}} \quad (7.50)$$

(7.50) тенгламани (7.4) билан таққослаб, (7.50) тенгламанинг охириги кўпайтмаси масса алмашилиш жараёнининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучини ифода этишини биламиз:

$$\Delta y_{yp} = \frac{y_{\delta} - y_{\alpha}}{\int_{y_{\alpha}}^{y_{\delta}} \frac{dy}{y - y^*}} \quad (7.50a)$$

Худди шундай Φ_x фаздаги Δx_{yp} ни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\Delta x_{yp} = \frac{x_{\alpha} - x_{\delta}}{\int_{x_{\delta}}^{x_{\alpha}} \frac{dx}{x^* - x}} \quad (7.50b)$$

Мувозанат чизиғи тўғри чизиқ ($y^* = mx$) функцияси бўлган ҳолда ўртача логарифмик ёки арифметик катталик сифатида аниқлаш мумкин.

Шундай қилиб, Φ_y фазаси учун масса ўтказишининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи ушбу тенглама билан ифодаланади:

$$\Delta y_{yp} = \frac{(y_{\delta} - y_{\delta}^*) - (y_{\alpha} - y_{\alpha}^*)}{\ln \frac{y_{\delta} - y_{\delta}^*}{y_{\alpha} - y_{\alpha}^*}} = \frac{\Delta y_{ka} - \Delta y_{km}}{2,3 \lg \frac{\Delta y_{ka}}{\Delta y_{km}}} \quad (7.51)$$

Φ_x фазаси учун масса ўтказишининг ўртача логарифмик ҳаракатга келтирувчи кучини эса қуйидаги тенглама орқали топиш мумкин:

$$\Delta x_{yp} = \frac{(x_{\alpha}^* - x_{\alpha}) - (x_{\delta}^* - x_{\delta})}{\ln \frac{x_{\alpha}^* - x_{\alpha}}{x_{\delta}^* - x_{\delta}}} = \frac{\Delta x_{ka} - \Delta x_{km}}{2,3 \lg \frac{\Delta x_{ka}}{\Delta x_{km}}} \quad (7.52)$$

Агар $\Delta y_{ka} / \Delta y_{km} < 2$ бўлган шароитда, техник ҳисоблашлар учун етарли аниқликда, масса ўтказишининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи, ўртача арифметик қиймат сифатида топилади:

$$\Delta y_{yp} = \frac{\Delta y_{ka} + \Delta y_{km}}{2} \quad (7.53)$$

Худди шундай, Φ_x фазаси учун:

$$\Delta x_{yp} = \frac{\Delta x_{ka} + \Delta x_{km}}{2} \quad (7.54)$$

Ўтказиш бирлигининг сони. (7.50a) ва (7.50b) тенгламалари маҳражидаги интеграл ўтказиш бирлигининг сони деб номланади ва у n_{oy} , n_{ox} билан белгиланади:

$$n_{oy} = \int_{y_{\alpha}}^{y_{\delta}} \frac{dy}{y - y^*} \quad (7.55)$$

$$n_{ox} = \int_{x_0}^{x_{ox}} \frac{dx}{x^* - x}$$

(7.55) тенгламадан кўриниб турибдики, ўтказиш бирлигининг сони ва ўртача ҳаракатга келтирувчи куч ўртасида маълум боғлиқлик бор:

$$n_{oy} = \frac{y_0 - y_{ox}}{\Delta y_{yp}} \quad (7.56)$$

$$n_{ox} = \frac{x_{ox} - x_0}{\Delta x_{yp}}$$

Шундай қилиб, ўтказиш бирлиги сони жараённинг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучига тесқари пропорционалдир.

Ўтказиш бирлигининг баландлиги. Фараз қилайлик, Φ_y фазадан Φ_x га масса ўтказиш жараёни содир бўлиб, ўртача ҳаракатга келтирувчи куч Φ_y фаза концентрациясида ифодаланганда, тарқалган модда M миқдори ушбу тенгламадан аниқланади:

$$M = G \cdot (y_0 - y_{ox})$$

бу ерда G – Φ_y фаза сарфи.

Ундан ташқари, тарқалган модда миқдори ҳажмий масса ўтказиш коэффициентини орқали ифодаланган масса бериш тенграмаси ёрдамида топилиши мумкин:

$$M = K_y \cdot aSH\Delta y_{yp}$$

Агар охириги икки тенграмаларнинг ўнг томонларини тенглаштирсак, ушбу ифодани оламыз:

$$K_y \cdot aSH\Delta y_{yp} = G \cdot (y_0 - y_{ox})$$

бундан, қурилманинг ишчи баландлиги:

$$H = \frac{G}{K_y \cdot aS} \cdot \frac{y_0 - y_{ox}}{\Delta y_{yp}} \quad (7.57)$$

(7.57) тенглама ўнг томонидаги биринчи кўпайтмасини n_{oy} деб белгилаб, (7.49) ва (7.55) тенграмаларни ҳисобга олган ҳолда қуйидагига эришамыз:

$$h_{oy} = \frac{H}{n_{oy}} = \frac{HG}{K_y F}$$

Агар фазалар тўқнашиш юзаси $F = aSH$ эканлигини инобатга олсак:

$$h_{oy} = \frac{HG}{K_y aSH} = \frac{G}{K_y \cdot aS} \quad (7.58)$$

ёки

$$h_{ox} = \frac{L}{K_x \cdot aS}$$

$K_y \cdot a = K_v$ ва $G/S = W$ – суюқлик массавий тезлиги, бўлгани учун:

$$h_{oy} = \frac{W}{K_v}$$

ёки

$$h_{ox} = \frac{L}{K_v} \quad (7.59)$$

Шундай қилиб, ўтказиш бирлигининг баландлиги битта ўтказиш бирлигига эквивалент бўлган қурилма баландлигини ифодаляди. Ўтказиш бирлигининг баландлиги масса ўтка-

зишнинг ҳажмий коэффицентига тескари пропорционалдир. Демак, қурилмада масса ўтказиш интенсивлиги қанчалик юқори бўлса, ўтказиш бирлигининг баландлиги шунчалик кичик бўлади.

Ўтказиш бирлиги баландлиги узунлик ўлчов бирлиги (м) ёрдамида ўлчанади.

Ажратиб олиш коэффиенти. Масса алмашиниш жараёни нуқтаи назаридан қаралганда, қурилманинг самарадорлиги таркалувчи компонентни газ (ёки суюқлик) фазадан ажратиб олиш даражаси ёрдамида характерланади.

Қурилмада бир фазадан иккинчисига ўтган компонент ҳақиқий массасининг максимал ўтиши мумкин бўлган компонент массасига нисбати масса алмашиниш қурилмаларининг асосий характеристикаси бўлиб, *ажратиб олиш ёки бойитиш коэффиенти* деб номланади.

$$\varphi = \frac{y_6 - y_{ax}}{y_6 - y_{ax}^*} \quad (7.60)$$

7.7. Масса алмашиниш қурилмаларининг асосий ўлчамларини ҳисоблаш

Масса алмашиниш қурилмаларини технологик ҳисоблаш уларнинг асосий ўлчамлари: қурилма унумдорлигини характерловчи – диаметр ва унда рўй бераётган жараён интенсивлигини ифодаловчи – ишчи баландликлар аниқланиши зарур.

Қурилма диаметри. Ушбу параметрни ҳисоблаш учун суюқлик сарфи тенгламасидан фойдаланилади:

$$V = w_o \cdot F$$

бу ерда, V – фазанинг ҳажмий сарфи, м³/с; w_o – фазанинг сохта тезлиги, м/с; F – қурилма кўндаланг кесимининг юзаси, м².

Думалок кўндаланг кесим юзаси $F = \pi D^2 / 4$. Демак:

$$V = w_o \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

Бундан қурилманинг диаметри:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi w_o}} \quad (7.61)$$

Одатда, V катталик берилган бўлади ва қурилма диаметрини аниқлаш учун тегишли фазанинг сохта тезлигини танлаш зарур. Фаза тезлигини танлаш қуйидаги талаблар асосида амалга оширилади: суюқлик окимининг тезлиги ортиши билан масса ўтказиш коэффиенти кўпаяди; суюқлик тезлиги ортиши билан қурилманинг гидравлик қаршилиги ҳам ошади; гидравлик қаршилиқ ортиши билан жараёни ўтказиш учун зарур энергия сарфи кўпаяди. Шунинг учун газ ёки суюқликнинг оптимал тезлигини топиш техник-иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқдир. Лекин амалиётда сохта тезликни ҳисоблаб чиқиш ва унинг максимал қийматини топиш билан чегараланади.

Қурилма баландлиги. Масса алмашиниш қурилмасининг баландлиги жараёнда иштирок этувчи фазалар тўқнашуви узлуксиз ёки поғонали бўлишига қараб аниқланиши мумкин.

Узлуксиз тўқнашишли қурилманинг баландлиги. Фазалари узлуксиз тўқнашузда бўлган қурилмаларда унинг баландлиги ҳажмий масса ўтказиш коэффиенти орқали ифодаланган масса ўтказиш формуласи асосида ҳисоблаш мумкин:

$$M = K_y \cdot a \cdot V \cdot \Delta y_{yp} \quad (7.62)$$

ёки

$$M = K_x \cdot a \cdot V \cdot \Delta x_{yp} \quad (7.63)$$

Қурилманинг ишчи ҳажми:

$$V = FH$$

бу ерда, F – қурилма кўндаланг кесими юзаси, м; H – қурилманинг ишчи баландлиги, м.

Агар V нинг қийматини (7.63) га қўйиб, тенгламани H га нисбатан ечсак, қурилманинг баландлигини топамиз:

$$H = \frac{M}{K_y \cdot a \cdot F \cdot \Delta y_{yp}} \quad (7.64)$$

ёки

$$H = \frac{M}{K_x \cdot a \cdot F \cdot \Delta x_{yp}}$$

(7.64) тенгламадан H ни аниқлашда солиштирма юза a ва масса ўтказишнинг сиртий коэффициентини (K_y ёки K_x) ни ёки ушбу катталиқларнинг қўпайтмаси бўлмиш ҳажмий масса ўтказиш коэффициентини K_V ни билиш керак.

Қурилманинг ишчи баландлигини аниқлашда ўтказиш бирлиги сони ёрдамида ҳам топиш мумкин, яъни:

$$H = h_{oy} \cdot n_{oy}$$

ёки

$$H = h_{ox} \cdot n_{ox} \quad (7.65)$$

Поғонали тўқнашишли қурилманинг баландлиги. Бундай турдаги қурилмаларнинг, шу жумладан, тарелкали колонналарнинг баландлиги ҳажмий масса ўтказиш коэффициентини орқали ифодаланади.

Лекин K_V ни аниқлаш учун, керакли ҳаракатчан фаза ҳажмини топиш жуда қийин. Шундай учун, H ни ҳисоблашда қурилма поғоналарининг сони аналитик ёки график усулда топилиши мумкин.

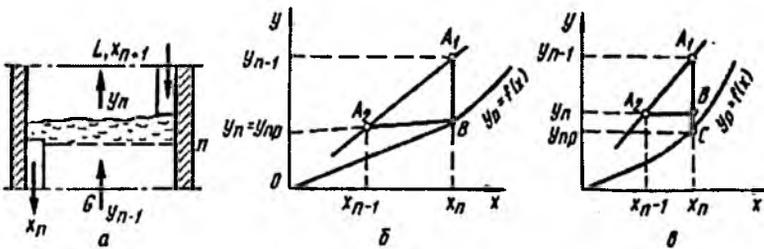
Қурилманинг ишчи баландлиги поғоналарнинг ҳақиқий сони орқали аниқланиши мумкин:

$$H = n_x \cdot h$$

бу ерда, h – поғоналар орасидаги масофа.

Поғоналар сонини аниқлашнинг аналитик усули. n – поғонали, қарама-қарши йўналишли, колоннали қурилмада масса алмашиниш жараёнини кўриб чиқамиз (7.11-расм).

Колонна тарелкасига y_{n-1} концентрацияли G газ фаза ва x_{n+1} концентрацияли L суюқ фаза узатилмоқда. Масса алмашиниш натижасида газ фазанинг концентрацияси y_n микдоргача пасайса, суюқ фазаники x_n микдоргача кўпаяди. Тарелкадан чиқиб кетаётган газ y_n ва ундан оқиб тушаётган суюқлик x_n таркибларининг мувозанат ҳолати концентрациялари мувозанат



7.11-расм. Тарелкада масса алмашиниш ва жараёни y - x координатларида тасвирлаш:

а- тарелкада масса алмашиниш; б – тарелка мувозанат бўлган шароитда – идеал жараён; в – тарелкада мувозанат бўлмаган шароитда – ҳақиқий жараён.

чизигида B нукта билан ифодаланади (7.11-расм).

Назарий поғонада газ фазаси концентрациясининг ўзгаришига A_1B вертикал чизик тўғри келади. Суюқ фазада концентрациянинг x_n дан x_{n+1} гача ўзгариши BA_2 горизонтал чизик билан ифодаланади.

Шундай қилиб, A_1BA_2 «поғона» назарий тарелкада иккала фазалар концентрацияларининг ўзгаришини тасвирлайди. Колоннали қурилмаларда назарий тарелкалар сонини аниқлаш

учун бошланғич ва охирги концентрациялар оралиғида кетма-кет шундай «поғоналар» қурилади.

Ҳақиқий тарелкалар сонини топиш учун қурилманинг ф.и.к. дан фойдаланилади. Ушбу коэффициент ҳақиқий тарелкадаги масса алмашиниш жараёнининг реал кинетикасини ҳисобга олади ва тарелкалар тузилишига қараб $\eta = 0,5 \dots 0,8$ ораликда бўлади.

Ф.и.к. ҳисобга олинган ҳолларда, тарелкаларнинг ҳақиқий сони ушбу нисбатдан топилади:

$$n_x = \frac{\eta_H}{\eta} \quad (7.66)$$

бу ерда, η_H – назарий тарелкалар сони, η – ф.и.к.

Тарелкалар ф.и.к. унинг тузилишига, газ ва суюқликларнинг физик – кимёвий хоссаларига ҳамда оқимлар гидродинамикасига боғлиқдир.

Шуни назарда тутиш керакки, назарий тарелкалар сони ёрдамида қурилма баландлигини аниқлаш тахминий усул бўлиб ҳисобланади. Бундан, фақат масса ўтказиш коэффициенти ёки ф.и.к. нинг ишончли қийматлари бўлмаган ҳолатларда фойдаланиш мумкин.

Қўпинча, масса алмашиниш жараёнларида мувозанат ҳолатига эришиб бўлмайди. Шунинг учун, ҳақиқий тўкнашиш поғоналарини аниқлаш бу жараёнларда асосий масаладир.

Поғонанинг самарадорлиги фазанинг поғонадаги концентрациялар ўзгаришини шу фазанинг поғонага киришдаги ҳаракатга келтирувчи кучи нисбати билан белгиланади.

n – поғона тарелкасидаги концентрациянинг ўзгариши $y_{n-1} - y_n$ фарқ билан (7.11в-расм, A_1B кесма), суюқликни идеал аралаштириш пайтидаги ҳаракатга келтирувчи куч эса, $y_{n-1} - y_{np}$ (7.11в-расм, A_1C кесма) фарқ билан ифодаланади.

Унда, поғоналарнинг самарадорлиги ёки ф.и.к. куйидагича ҳисобланади:

$$E_y = \frac{y_{n-1} - y_n}{y_{n-1} - y_{np}} \quad (7.67)$$

Қурилма баландлиги эса ушбу нисбатдан топилади:

$$H = \frac{n_x \cdot h_x}{\eta} \quad (7.68)$$

$y > y_p$ бўлганда, n – тарелка учун ҳаракатга келтирувчи куч куйидагича аниқланади:

$$\Delta y_{np} = \frac{(y_{n-1} - y_{np}) - (y_n - y_{np})}{\ln \frac{y_{n-1} - y_{np}}{y_n - y_{np}}} = \frac{y_{n-1} - y_n}{\ln \frac{y_{n-1} - y_{np}}{y_n - y_{np}}} \quad (7.69)$$

Ўтказиш бирлигининг сони эса,

$$m_y = \ln \frac{y_{n-1} - y_{np}}{y_n - y_{np}} \quad (7.70)$$

бундан

$$e^{m_y} = \frac{y_{n-1} - y_{np}}{y_n - y_{np}} \quad (7.71)$$

7.11-расмдан кўриниб турибдики, $e^{m_y} = AC/BC$ ёки $BC = AC e^{-m_y}$. Агар, e^{-m_y} маълум бўлса, BC кесма бўйича B, B_1, B_2 нукталар ўрнини топиш мумкин. B, B_1, B_2, \dots нукталарни бирлаштириб, ҳар бир тарелкадан чиқишдаги фазанинг концентрациясини ифодаловчи жараённинг кинетик чизиғини оламыз.

Масса ўтказиш коэффициенти β_y ва β_x ларни ҳисобга олган ҳолда аниқланади:

$$K_v = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}}$$

Шундай қилиб, K_v ва e^{-m} қийматларни ҳамда CB кесмани ҳисоблаб, кинетик чизик ўрнини топиш мумкин.

Погоналар самарадорлиги ва ўтказиш бирлигининг сони орасида эса қуйидаги боғлиқлик бор:

$$e^{-m} = 1 - \frac{y_{n-1} - y_n}{y_n - y_{np}} = 1 - E_y \quad (7.72)$$

бундан

$$E_y = 1 - e^{-m} \quad (7.73)$$

7-боб. Масса алмашилиш асослари бўйича Муствақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Масса алмашилиш жараёни деб нимага айтилади?
2. Масса алмашилиш жараёнларнинг турлари.
3. Масса ўтказиш жараёнининг таърифини беринг.
4. Фазалар қондаси нимани ифодалайди?
5. Масса ўтказишнинг асосий тенгламасини ёзинг ва унга кирувчи параметрларни таърифланг, ўлчов бирликларини аниқланг.
6. Масса ўтказиш коэффициентининг физик маъноси ва ўлчов бирлиги.
7. Фикнинг 1-қонунининг физик маъносини ва формуласини ёзинг.
8. Диффузия коэффициентининг ўлчов бирлиги ва нимани билдиради?
9. Турбулент диффузиянинг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
10. Турбулент диффузия коэффициенти ўлчов бирлиги ва физик маъноси?
11. Фикнинг 2-қонунининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
12. Масса бериш ва уни ифодаловчи формуласини ёзинг.
13. Масса бериш коэффициенти ва унинг ўлчов бирлиги.
14. Конвектив диффузия критериял тенгламаларини ёзинг ва изоҳланг.
15. Масса алмашилиш жараёни механизмини тушунтиринг.
16. Масса бериш ва ўтказиш орасидаги боғлиқлик формулаларини ёзинг.
17. Масса алмашилиш жараёни юпқа қатламли моделининг моҳияти?
18. Масса алмашилиш жараёни диффузион чегаравий қатламли моделининг маъносини изоҳланг.
19. Масса алмашилиш жараёнларини ҳаракатга келтирувчи куч қандай аниқланади?
20. Диффузион Нуссельт критерийсининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
21. Диффузион Прандтл критерийсининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
22. Диффузион Фурье критерийсининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
23. Диффузион Пекле критерийсининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.?
24. Масса алмашилиш қуримларининг қайси асосий ўлчамлари ҳисобланади?

АБСОРБЦИЯ

7.8. Умумий тушунчалар

Газ ёки буғли аралашмалардаги газ ёки буғ компонентларининг суюқликда ютилиш жараёни *абсорбция* деб номланади. Ютилаётган газ ёки буғ *абсорбтив*, ютувчи суюқлик эса – *абсорбент* деб аталади. Ушбу жараён селектив ва қайтар жараён бўлиб, газ ёки буғ аралашмаларини ажратиш учун хизмат қилади.

Абсорбтив ва абсорбентларнинг ўзаро таъсирига караб, абсорбция жараёни 2 га бўлинади: физик абсорбция; кимёвий абсорбция (ёки хемосорбция).

Физик абсорбция жараёнида газнинг суюқлик билан ютилиши пайтида кимёвий реакция юз бермайди, яъни кимёвий бирикма ҳосил бўлмайди. Агар суюқлик билан ютилаётган газ кимёвий реакцияга киришса, бундай жараён *хемосорбция* дейилади.

Маълумки, физик абсорбция кўпинча қайтар жараён бўлгани сабабли, яъни суюқликка ютилган газни ажратиб олиш имкони бўлади. Бундай жараён *десорбция* деб номланади. Абсорбция ва десорбция жараёнларини узлуксиз равишда ташкил этиш, ютилган газни соф ҳолда ажратиб олиш ва абсорбентни кўп марта ишлатиш имконини беради.

Абсорбция жараёни саноат корхоналарида углеводородли газларни ажратиш, сульфат, азот, хлорид кислоталар ва аммиакли сувларни олишда, газ аралашмаларидан қимматбаҳо компонентларни ажратиш ва бошқа ҳолларда кенг миқёсда ишлатилади.

Абсорбция жараёни иштирок этадиган технологияларни қурилмалар билан жиҳозлаш мураккаб эмас. Шунинг учун, кимё, озик - овқат ва бошқа саноатларда абсорберлар кўп қўлланилади.

7.9. Абсорбция жараёнининг физик асослари

Газ фаза суюқлик билан ўзаро таъсири натижасида иккита фаза ($\Phi=2$) ва учта компонент, яъни тарқалувчи модда ва иккита модда ташувчи ($K=3$) лардан иборат система ҳосил бўлади.

Фазалар коидасига биноан, бундай система 3 та эркинлик даражасига эга:

$$C = K + 2 - \Phi = 3 + 2 - 2 = 3$$

Системадаги фазавий мувозанатни белгиловчи асосий учта параметрлар қуйидагилардир: босим, температура ва концентрация. Демак, «газ - суюқлик» системада иккала фазанинг босими p , температураси t ва концентрацияси x ўзгариши мумкин. Абсорбция жараёни ўзгармас босим ва температурада бораётган бўлса, бир фазада тарқалаётган модданинг ҳар бир концентрациясига, иккинчи фазадаги аниқ концентрация тўғри келади.

Ўзгармас температура ($t=const$) ва умумий босимли шароитда мувозанат концентрациялари орасидаги боғлиқлик Генри қонуни билан ифодаланади. Бу қонунга биноан, бирор температурада эритма устидаги газнинг парциал босими, унинг моль улушига тўғри пропорционалдир:

$$p = E \cdot x$$

ёки

$$x = \frac{p}{E} \quad (7.74)$$

бу ерда, p – мувозанат ҳолатидаги эритмада x концентрацияли ютилаётган газнинг парциал босими; E – Генри константаси.

Генри константаси абсорбтив ва абсорбентларнинг хоссаларига ҳамда температурага боғлиқ бўлади:

$$\ln E = -\frac{q}{RT} + C \quad (7.75)$$

бу ерда, q – газнинг эриш иссиқлиги, кЖ/кмоль ; $R = 8,325 \text{ кЖ/(кмоль}\cdot\text{К)}$ – универсал газ доимийси; T – абсолют температура, К ; C – ютаётган суюқлик ва газларнинг табиатиға боғлиқ бўлган ўзгармас катталиқ.

(7.75) тенгламадан кўриниб турибдики, температура ортиши билан газнинг суюқликда эриши камаяди.

Дальтон қонуниға биноан, газ аралашмасидаги компонентнинг парциал босими, ушбу компонент моль улушининг умумий босимға кўпайтирилганиға тенгдир, яъни:

$$p = P \cdot y \quad \text{ва} \quad y = \frac{P}{P} \quad (7.76)$$

бу ерда, P – газ аралашмасининг умумий босими; y – тарқалаётган модданинг аралашмадаги концентрацияси, моль улуши.

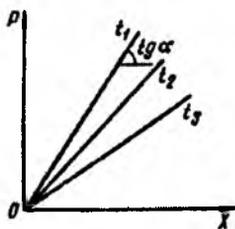
(7.74) ва (7.76) тенгламаларни такқослаб, куйидаги ифодаға келамиз:

$$y = \frac{P}{P} = \frac{E}{P} \cdot x$$

ёки фазавий мувозанат константаси E/P ни m орқали белгилаб, куйидаги ифодани оламиз:

$$y = m \cdot x \quad (7.77)$$

(7.77) тенглама, газ аралашмаси ва суюқликда тарқалаётган моддаларнинг мувозанат концентрациялари орасидаги боғлиқлик тўғри чизик билан ифодаланишини кўрсатади. Ушбу чизик координаталар бошидан ўтади ва унинг қиялик бурчаги тангенс m га тенг. Қиялик бурчак тангенс температура ва босимға боғлиқ. 7.12-расмдан кўриниб турибдики, босим ошиши ва температура камайиши билан газнинг суюқликда эрувчанлиги ортади (m эса камаяди). Суюқлик билан газлар аралашмаси мувозанат ҳолатида бўлганида, ара-



7.12-расм. Турли температура ларда ($t_1 > t_2 > t_3$) газнинг суюқликда эриши.

лашма газ компонентининг ҳар бири Генри қонуниға бўйсунди.

Абсорбция жараёни нисбий моль концентрацияларда ҳам ҳисобланиши мумкин. Бунда, газ фазасининг суюқликдаги кичик концентрациялари x да Генри қонуни ушбу кўринишда ёзилади:

$$Y = m \cdot X$$

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ўта суюлтирилган эритмалар ҳамда кичик босимларда ўз хоссалари бўйича идеал суюқликларға ўхшаш эритмалар ҳам Генри қонуниға бўйсунди.

Юқори концентрацияли эритмалар ва катта босимларда газ билан суюқликнинг ўзаро мувозанат ҳолати Генри қонуниға бўйсунмайди, чунки фазаларнинг мувозанат концентрациялари орасидаги боғлиқлик эгри чизик билан ифодаланади.

7.10. Адсорбциянинг моддий баланси ва кинетик қонуниятлари

Қурилма баландлиги бўйлаб фазалар сарфини ўзгармас деб қабул қиламиз. Инерт газ сарфини – G (кмоль/с), газ аралашмасида абсорбтивнинг бошланғич ва охириги концентрациялари y_6 ва y_{ox} (кмоль/кмоль инерт газ), абсорбент сарфини – L (кмоль/с) ва унинг концентрацияларини x_6 ва x_{ox} (кмоль/кмоль абсорбент) деб белгилаб оламиз.

Унда, абсорбция жараёнининг моддий баланси куйидаги кўринишдаги умумий тенглама билан ифодаланади:

$$G(y_6 - y_{ox}) = L(x_{ox} - x_6)$$

Охириги тенгламани бошланғич ва охириги концентрациялар оралиғида интеграллагандан сўнг, ундан абсорбент сарфини (кмоль/с) аниқлаш мумкин:

$$L = G \frac{y_6 - y_{ox}}{x_{ox} - x_6} \quad (7.78)$$

1 кмоль инерт газ учун зарур солиштирма сарф:

$$l = \frac{L}{G} = \frac{y_6 - y_{ox}}{x_{ox} - x_6} \quad (7.79)$$

Абсорберда концентрациянинг ўзгариши (7.8) ва (7.9) тенгламалар билан ифодаланади. Жараён ишчи чизиги $y-x$ координаталарида тўғри чизик кўринишида бўлади. Унинг қиялик бурчаги тангенси $l = L/G$.

Абсорбент солиштирма сарфининг абсорбер ўлчамига ва суюқ фазада таркалаётган модданинг охирги концентрациясига таъсирини кўриб чиқамиз.

Абсорберда фазалар йўналиши параллел деб қабул қиламиз.

$y-x$ координаталарнинг B нуктасида аниқланаётган суюқ фазада таркалаётган модданинг бошланғич концентрацияси x_6 , газ фазасидаги бошланғич концентрация y_6 , охиргиси эса $-y_{ox}$ (7.13-расм).

Фазалар мувозанат ҳолати $y_m = f(x)$ тенгламага биноан турли қиялик бурчаги остида бир нечта ишчи чизиклар ўтказамиз. Расмдаги A_1, A_2, A_3 нукталар газ фаза ва абсорбентдаги бошланғич ва охирги концентрацияларни характерлайди. Жараёни ҳаракатга келтирувчи кучи ишчи ва мувозанат чизиклар ўртасидаги фарк билан аниқланади, яъни $\Delta y = y - y_m$. Бутун курилма учун ўртача ҳаракатга келтирувчи куч ўртача логарифмик қиймат сифатида топилади. Агар ишчи чизик BA вертикал чизик билан устма-уст тушса, ҳаракатга келтирувчи куч энг катта қийматга эга бўлади. Агар (7.79) тенгламага $x_{ox} = x_6$ қўйилса, абсорбентнинг сарфи чексиз бўлади.

Бошқа ҳолатда эса, яъни ишчи чизик BA_3 мувозанат чизиги билан туташса, абсорбентнинг сарфи минимал ва тутатиш нуктасида ҳаракатга келтирувчи куч нолга тенг бўлади, чунки $y_6 = y_m$.

Биринчи ҳолатда абсорбернинг ўлчамлари минимал бўлади, чунки абсорбентнинг чексиз сарфида Δy_p максимал қийматга эгадир. Иккинчи ҳолатда эса, абсорбентнинг сарфи минимал бўлганда абсорбентнинг ўлчамлари чексиз бўлади.

Масса алмашилиш, шу жумладан, абсорбция жараёнида ҳам мувозанатга эришиб бўлмайди, чунки ҳар доим ($x_{ox} < x_m$). Демак, абсорбентнинг сарфи ҳар доим минимал қийматдан катта бўлиши керак. Абсорбентнинг минимал сарфини қуйидаги тенгламадан топиш мумкин:

$$l_{\min} = \left(\frac{L}{G} \right)_{\min} = \frac{y_6 - y_{ox}}{x_{qp} - x_6} \quad (7.80)$$

Абсорбентнинг оптимал сарфи техник-иктисодий ҳисоблашлар асосида аниқланади.

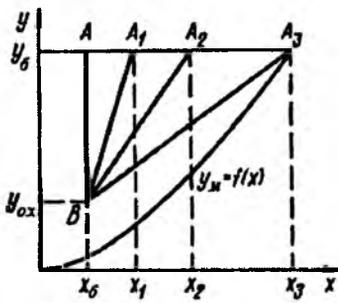
1 кмоль газни ютиш учун зарур сарфлар газ ва эксплуатация нархи S_1 , амортизация ва таъмирлаш учун сарфлар, энергия нархи S_2 , газни узатиш ва десорбция S_3 га кетадиган ҳаражатлар йиғиндисига тенг:

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

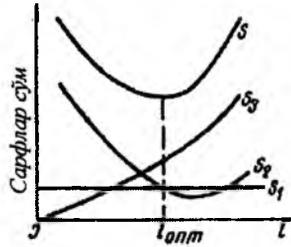
Маълумки, S_1 катталик абсорбентнинг солиштирма сарфига боғлиқ эмас. Агар, l ортса, абсорбернинг ишчи баянлиги ва унинг гидравлик қаршилиги камаяди. Лекин бунда курилманинг диаметри катталашади.

Шундай қилиб, $S_2 = f(l)$ функция минимумга эга бўлиши мумкин.

Абсорбентнинг солиштирма сарфи l ошиши билан газни узатиш ва десорбциясига кетадиган сарфлар S_3 кўпаяди. 7.14-расмда юкорида келтирилган боғлиқликлар характеристикалари тасвирланган. Ҳамма эгри чизиклар ординаталарини кўшсак, 1 кмоль газни абсорбция қилиш учун зарур сарфлар йиғиндиси эгри чизигини оламиз. Ушбу эгри чизикнинг минимуми, абсорбент оптимал солиштирма сарфига тўғри келади.



7.13-расм. Абсорбентнинг солиштирма сарфини аниқлашга оид.



7.14-расм. Абсорбентнинг оптимал солиштирма сарфини аниқлашга оид.

Абсорбция жараёнининг асосий тенгламаси абсорбция жараёни икки фазада системаларнинг масса ўтказиш тенгламаси билан ифодаланиши мумкин:

$$M = K_y F \Delta y_{yp} \cdot \tau$$

ёки

$$M = K_x F \Delta x_{yp} \cdot \tau$$

Кўпинча, абсорбция жараёнининг масса ўтказиш тенгламасида, ҳаракатга келтирувчи куч $y-y_m$ босимлар фарқи билан ифодаланади:

$$M = K_m (p - p_m) \cdot F \tau$$

ёки

$$M = K_m \cdot \Delta p_{yp} \cdot F \tau \quad (7.81)$$

бу ерда, p – газ аралашмасида таркалаётган газнинг ишчи парциал босими; p_m – абсорбент устидаги газнинг мувозанат босими; K_m – масса ўтказиш коэффициенти; M – газ фазасидан суюқ фазага ўтган масса микдори; Δp_{yp} – жараёни ҳаракатга келтирувчи кучи.

Агар мувозанат чизиги тўғри бўлса, жараёнининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи ушбу формуладан топилади:

$$\Delta p_{yp} = \frac{\Delta p_{ka} - \Delta p_{kb}}{2,3 \lg \frac{\Delta p_{ka}}{\Delta p_{kb}}}$$

бу ерда, $\Delta p_{ka} = p_6 - p_{ox}^*$ ва $\Delta p_{kb} = p_{ox} - p_6^*$ абсорбентнинг охириги қисмларидаги ҳаракатга келтирувчи кучлар; p_6 ва p_{ox} – абсорберга қираётган ва чиқётган газнинг парциал босими; p_{ox}^* , p_6^* – абсорберга қираётган ва чиқётган газнинг мувозанат парциал босими.

Абсорбция жараёнида масса алмашиниш механизми қуйидагича: ҳар бир фаза асосий масса ва чегаравий юпка қатламдан иборат бўлади. Асосий массага ютилувчи компонент конвектив диффузия йўли билан ўтади.

Иккала чегаравий юпка қатламда эса, ютилувчи компонентнинг ўтиши молекуляр диффузия усулида боради. Шунинг учун, абсорбция жараёнида масса ўтказишга бўлган қаршилик чегаравий юпка қатламлар йиғиндисидан иборат бўлади. Суюқ, юпка қатламдаги масса ўтказишга бўлган қаршилик $1/\beta_y$, газдаги эса m/β_x бўлса, масса ўтказиш коэффициенти ушбу тенгламадан ҳисобланади.

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}} \quad (7.82)$$

$$K_x = \frac{1}{\frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y m}} \quad (7.83)$$

бу ерда, β_y – газ окимдан фазаларни ажратувчи юзасига масса бериш коэффициенти; β_x – фазаларни ажратувчи юздан суюклик окимига масса бериш коэффициенти; m – пропорционалик коэффициенти, абсорбтив ва абсорбент хоссаларига ҳамда температурага боғлиқ.

Коэффициент m нинг катталиги масса ўтказиш тенгламасининг тузилишига ҳам таъсир этади. Яхши эрийдиган газлар учун m нинг қиймати жуда кичик бўлади. Шунинг учун, суюклик фазасидаги диффузион қаршилиқ ҳам кичикдир. $1/\beta_x \gg m/\beta_x$ бўлгани учун, (7.82) тенглама куйидагича ёзилади:

$$K_y \cong \beta_y$$

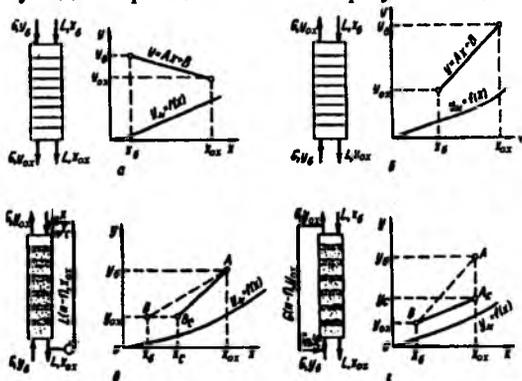
Қийин эрийдиган газлар учун пропорционалик коэффициент m нинг қиймати жуда каттадир. Шунинг учун газ фазасидаги диффузион қаршилиқни инобатга олмаса ҳам бўлади. $1/\beta_x \gg 1/\beta_y m$ бўлгани учун, (5.83) тенглама куйидагича ёзилади:

$$K_x \cong \beta_x$$

яъни ҳамма диффузион қаршилиқ суюқ фазада мужассамланган бўлади.

7.11. Абсорбция жараёнини олиб бориш усуллари

Халқ хўжалигининг турли тармоқларида абсорбция жараёнини ташкил этишда куйидаги принципиал схемалар қўлланилади:



- параллел йўналишли;
- қарама - қарши йўналишли;
- бир поғонали, қисман рециркуляцияли;
- кўп поғонали, қисман рециркуляцияли.

Параллел йўналишли схема 7.15а-расмда кўрсатилган. Бунда газ оким ва абсорбент параллел (бир хил) йўналишда ҳаракатланади. Абсорберга киришда, абсорбтив концентрацияси катта бўлган газ фаза, абсорбтив концентрацияси паст бўлган суюқ фаза билан тўқнашувда бўлса, қурилмадан чиқишда эса абсорбтив концентрацияси кичик бўлган газ фаза, абсорбтив концентрацияси юқори бўлган суюклик билан ўзаро таъсирда бўлади.

Қарама - қарши йўналишли схема

7.15б-расмда кўрсатилган.

Ушбу схемали абсорберларнинг бир учидан абсорбтив концентрацияси юқори газ ва суюклик тўқнашувда бўлса, иккинчи учидан эса концентрациялари паст фазалар ўзаро таъсирда бўлади.

Қарама-қарши йўналишли схемаларда параллел йўналишлига қараганда, абсорбентдаги абсорбтив энг юқори қийматига эришса бўлади. Лекин жараённинг ўртача ҳаракатта келтирувчи кучи параллел йўналишлига нисбатан кам бўлгани учун, қарама-қарши йўналишли абсорбернинг габарит ўлчамлари катта бўлади.

Абсорбент ёки газ фазанинг рециркуляцияли схемалари (7.15в, г - расм). Бундай схемаларда абсорбент кўп марта ўтади.

7.15в - расмда абсорбент бўйича рециркуляцияли схема келтирилган. Бунда, газ фаза абсорбернинг тепа қисмидан кириб, паст қисмидан чиқиб кетса, суюқ фаза эса қурилмадан бир неча марта қайтариб ўтказилади. Абсорбент қурилманинг тепа қисмига узатилади ва газ фазасига қарама - қарши йўналишда ҳаракатланади. Янги, x_0 концентрацияли абсорбент абсорбердан чиқайтган суюқ фаза билан аралашishi натижасида унинг концентрацияси x_c га кўтарилади. Жараённинг ишчи чизиги у-х диаграммада AB тўғри чизиги билан ифодалана-

ди. Абсорбтивнинг аралаштиришдан кейинги концентрацияси x_c ни моддий баланс тенгламасидан топиш мумкин.

Агар абсорберга киришдаги абсорбент микдорини янги абсорбент микдорига нисбатини n деб белгиласак, моддий баланс тенгламаси ушбу кўринишда ёзилади:

$$G \cdot (y_\delta - y_{ox}) = L \cdot (x_{ox} - x_\delta) = Ln \cdot (x_{ox} + x_c)$$

бундан

$$x_c = \frac{x_{ox}(n-1) + x_\delta}{n} \quad (7.84)$$

Газ фазаси рециркуляцияли абсорбция схемаси 7.15г-расмда келтирилган. Ишчи чизик ҳолати $A_c(y_\delta, x_{ox})$ ва $B(y_{ox}, x_\delta)$ нуқталари билан белгиланади. y_c концентрация моддий баланс тенгламасидан аниқланади:

$$y_c = \frac{y_{ox}(n-1) + y_\delta}{n} \quad (7.85)$$

Абсорбент ҳаракат тезлиги ортиши билан масса бериш коэффициенти кўпаяди, бу эса ўз навбатида масса ўтказиш коэффицентини ўсишига олиб келади.

Қийин эрувчан газларни абсорбция қилиш пайтида абсорбентни рециркуляция қилиш усулини қўлаш мақсадга мувофиқдир. Агар абсорбтив рециркуляция қилса, газ фазасида масса бериш коэффициенти кўпаяди. Бу усул яхши эрийдиган газларни абсорбция қилишда юқори самара беради.

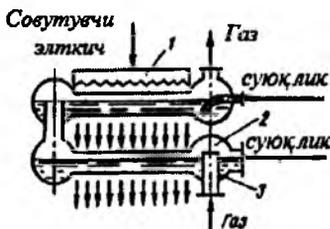
7.12. Абсорберлар конструкциялари

Кимё, нефть-газни қайта ишлаш ва бошқа саноатларда абсорбцион қурилмаларнинг эволюцияси технологияларнинг умумий ривожланиши, яъни чиқиндисиз ёки кам чиқиндили катта қувватли системалар яратилиши билан бевосита боғлиқдир. Қурилмалар қувватини ошириш ва саноат корхоналарини шахарга яқин жойлашган майдонларга ййиғиш янги, самарали ва чиқинди газларни чуқур ва тўлиқ тозаловчи абсорбцион қурилмалар яратишни тақозо этади.

Агар 25...35 йил аввал битта технологик линиядан чиқаётган газлар микдори, чунончи оддий ёки қўшалок суперфосфат ишлаб чиқариш корхонасиники 30...40 минг m^3 /соатни ташкил этса, ҳозирги кундаги азотли, фосфорли ва калийли ўғитлар ишлаб чиқариш технологияларидан чиқаётган чиқинди газлар ҳажми 150-200 минг m^3 /соатдан ортиқдир.

Абсорбция жараёни фазаларни ажратувчи юзада содир бўлади. Шунинг учун ҳам, суюқлик ва газ фазалар тўқнашувда бўладиган абсорберлар юзаси иложи борича катта бўлиши керак. Масса алмашиниш юзаларини ташкил этиш ва лойиҳалаш бўйича абсорберлар 4 гуруҳга бўлинади: сиртий ва юпка қатламли абсорберлар; насадкали абсорберлар; барботажли абсорберлар; пурковчи абсорберлар.

Сиртий абсорберларда ҳаракатланаётган суюқлик устига газ узатилади. Бундай қурилмаларда суюқлик тезлиги жуда кичик ва тўқнашув юзаси кам бўлган учун бир нечта қурилма кетма - кет қилиб ўрнатилади.



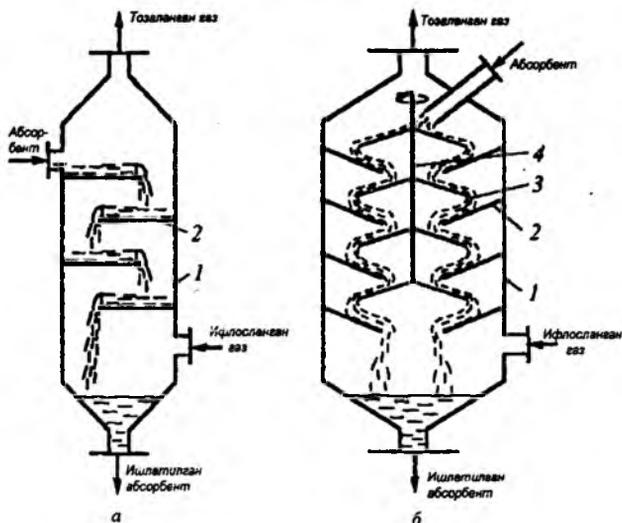
7.16-расм. Сиртий абсорбер.

1 - таксимлагич;
2- труба; 3- оstonа.

Суюқлик ва газ қарама - қарши йўналишда ҳаракатлантирилади. 7.16 - расмда горизонтал трубалардан таркиб топган ювилиб турувчи абсорбер тасвирланган. Трубалар ичида - суюқлик оқиб ўтса, унга тесқари йўналишда газ ҳаракат қилади. Трубалар ичидаги суюқлик сатҳи оstonа 3 ёрдамида бир хил баландликда ушлаб турилади.

Абсорбция жараёнида ҳосил бўлаётган иссиқликни ажратиб олиш учун трубалар тақсимлаш мосламаси 2 дан оқиб тушаётган сув билан ювилиб туради. Сувутувчи сувни бир меъёрда тақсимлаш учун тишли таксимлагич 1 қўлланилади. Бу турдаги абсорберлар яхши эрийдиган газларни ютиш учун ишлатилади.

Юпка қатламли абсорберлар ихчам ва юкори самаралидир (7.16а-расм). Бу абсорберларда фазаларнинг тўкнашиш юзаси оқиб тушаётган суюқлик юпка қатлами ёрдамида ҳосил бўлади. Агар газ оқими суюқлик юпка қатламини ёриб, яхлитлигини бузса, кўпikli қатлам ҳосил бўлади ва натижада масса алмашиниш юзаси ортади. Юпка қатламли қурилмалар гуруҳига трубали, лист-насадкали, кўтариладиган қатламли абсорберлар киради.

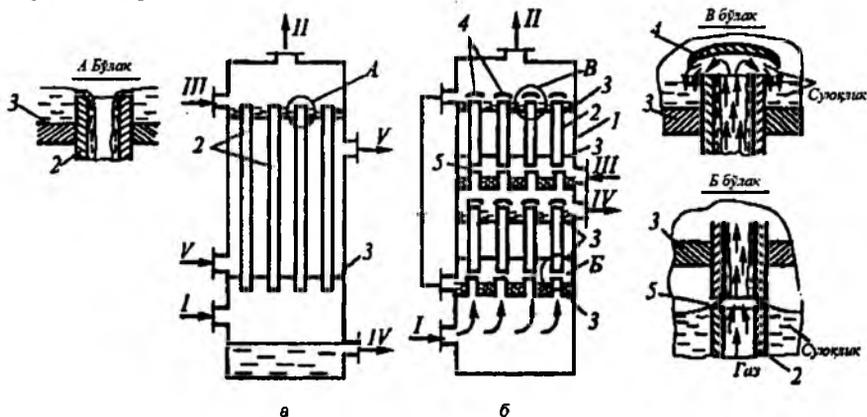


7.16а-расм. Юпка қатламли абсорбер:

а-тоқчали каскадли: 1-қобик, 2-горизонтал тоқча;

б-конус системали абсорбер: 1-қобик, 2-ташки конус; 3-ички конус; 4-ўк

Трубали абсорберларда суюқлик вертикал трубаларнинг ташқи юзасидан пастга қараб оқиб тушса, газ фаза эса қарама - қарши йўналишда юкорига қараб ҳаракатланади (7.17-расм). Қолган турдаги абсорберларда ҳам фазаларнинг ҳаракат йўналиши трубали абсорберларникига ўхшашдир.



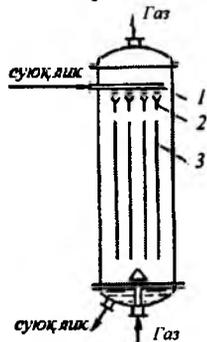
7.17-расм. Трубали абсорбер.

а-бир босқичли, қарма-қарши йўналишли; б-икки босқичли, қарама-қарши йўналишли. 1-қобик, 2-трубалар; 3-труба тешикли панжараси; 4-гомчи қайтаргич; 5-абсорбентни труба йўналтириш тиржишлари.

I-ифлосланган газ; II-тозаланган газ; III-янги абсорбент; IV-ишлаб чиқарилган абсорбент; V-совутовчи элткич. А - пастга қараб ҳаракатланганда суюқликни киритиш; Б - юпка қатлам юкорига қараб оқганда фазаларнинг трубага киришдаги ҳаракати; В - трубадан чиқишда фазаларнинг ҳаракати.

Трубали абсорберлар тузилишига қараб қобик - трубали иссиқлик алмашиниш қурилмасига ўхшайди. Қурилмада ҳосил бўлган иссиқликни ажратиб олиш учун трубалар ичига сув ёки бошқа совуқлик элткич юборилади.

Газнинг сарфи юкори, яъни трубадаги тезликлар 10-15 м/с бўлганда, карама-карши йўналишда жараёни давом эттириш кийинлашади. Бундай ҳолларда абсорбент ва газ аралашмасининг тепага йўналган ҳаракати ташкил этилади (7.176-расм). Юкори тезликда ҳаракатланаётган ўзи билан суюқлик юпка қатламини тортиб бошлайди (7.176-расмдаги Б бўлак). Трубадан чиқаётган газ-суюқлик аралашмаси томчи қайтаргич 4 га урила бошлайди (7.176-расмдаги В бўлак). Газ суюқликдан ажралиб тепага қараб чиқиб кетади, суюқлик эса трубага панжара 3 да йиғилади ва пастда жойлашган кейинги босқичга (қурилмага) ўтказилади. Ажратиш даражасини ошириш учун кўп босқичли трубага абсорберларни қўлаш мақсадга мувофиқ.



7.18-расм. Юпка қатламли текис параллел насадкали абсорбер:
1-труба; 2-таксимлаш мосламаси;
3-текис параллел насадка.

маси ёрдамида насадкага таксимланади. Натижада текис листнинг иккала томони ҳам суюқлик билан ювилиб туради. Газ ва юпка қатламли суюқликларнинг нисбий ҳаракат тезлигига қараб, суюқлик юпка қатламини пастга оқиб тушиши ёки газ оқимиغا илашиб, тепага ҳам ҳаракатланиши мумкин. Агар фазалар оқимининг тезлиги кўпайса, масса бериш коэффициентининг киймати ва фазалар тўқнашиш юзаси ошади. Бунга сабаб, чегаравий қатлам турбулизацияси ва унда уюмлар ҳосил бўлишидир.

Юпка қатламнинг ўртача тезлиги ушбу тенгламадан топилиши мумкин:

$$w_{yp} = \sqrt[3]{\frac{gL_c^2}{3\rho\mu}} \quad (7.86)$$

бу ерда, L_c – тўқнаш мосламаси периметрининг суюқлик билан солиштирма пуркалиш зичлиги, кг/(м·с), ρ – суюқлик зичлиги, кг/м³; μ – суюқлик динамик қовшоқлиги, Па·с.

Юпка қатлам яқинидаги суюқликнинг тезлиги:

$$w = 1,5 \cdot w_{yp} \quad (7.87)$$

Юпка қатламнинг қалинлиги:

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot L_c \cdot \mu}{g\rho^2}} \quad (7.88)$$

Юпка қатламнинг ҳаракат тезлиги Рейнольдс критерийсидан аниқланади:

$$Re = \frac{w_{yp} \cdot d_s \cdot \rho}{\mu} \quad (7.88a)$$

бу ерда, d_s – юпка қатламнинг эквивалент диаметри, м.

Юпка қатламнинг эквивалент диаметри:

$$d_s = \frac{4\Pi \cdot \delta}{\Pi} = 4\delta \quad (7.89)$$

бу ерда, Π – суюқлик оқиб чиқаётган тўқнаш мосламасининг периметри, м.

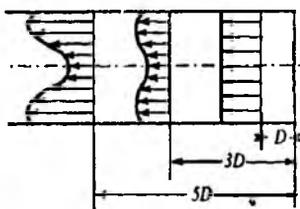
Насадкали абсорберлар. Турли шаклли каттиқ насадкалар билан тўлдирилган вертикал цилиндрсимон колонналарнинг тузилиши содда, ихчам ва юкори самардор бўлгани учун саноатда кўп ишлатилади. Одатда, насадкалар қатламини тешикли панжараларга жойлашти-

рилади. Газ фаза тешикли панжара остига юборилади ва ундан ўтиб, қатлам орқали юкорига қараб ҳаракатланади (7.18а-расм).

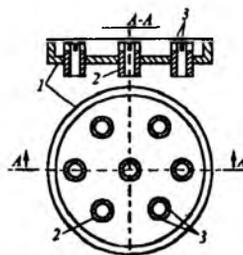
7.18а-расм. Насадкали абсорбер:
1 - таксимлагич; 2 - насадка;
3 - суюқликни қайта таксимлаш мосламаси; 4 - тешикли панжара.

Суюклик фаза абсорбернинг юкори кисмидан таксимлаш мосламаси 1 ёрдамида пуркалади ва насадка қатламида газ фазаси билан ўзаро таъсир этади. Курилма самарали ишлаши учун суюк фаза бир текисда пуркалиши ва таксимланиши зарур. Бу турдаги абсорберларда насадкалар ҳам суюкликни бир меъёрда таксимлашга салмоқли хисса қўшади.

Насадкали абсорберларда таксимлагич 1 ёрдамида суюклик бир меъёрда курилма кўндаланг кесими бўйича пуркалади. Лекин бу турдаги колонналарнинг энг асосий камчилиги шундаки, курилма кўндаланг кесими бўйлаб юпка қатламли суюклик бир текис оқиб тушмайди. Бунга сабаб девор олди эффектидир. Пастга оқиб тушиши билан ушбу камчилик янада ортиб боради (7.18б-расм). Суюклик сарфи кичик бўлгани учун колонна ўқида абсорбернинг самарадорлиги ёмонлашади. Курилма кўндаланг кесими бўйлаб суюклик оқими нотекислигини бартараф қилиш учун насадка секциялари орасига қайта таксимлаш мосламаси ўрнатилади (7.18в-расм). Ушбу мослама суюкликни ўртага ййғиб, насадкага бир текисда таксимлаб, суюклик билан яхши ювилишини таъминлайди.



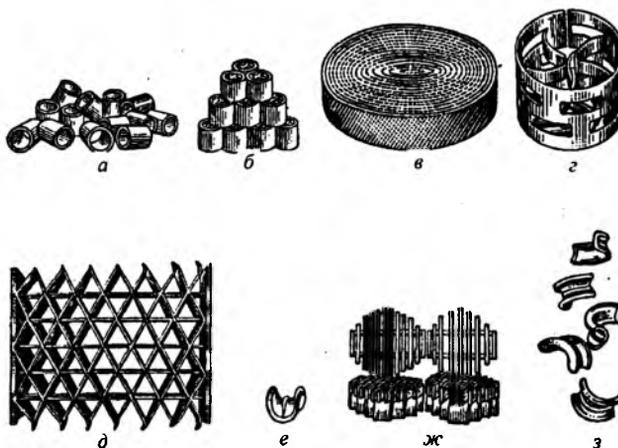
7.18б-расм. Колоннали курилмада баланд қатламли насадка орқали оқиб тушаётган суюклик тезлигининг эпюралари.



7.18в-расм. Қайта таксимлаш тарелкаси.
1-тарелка; 2-патрубок; 3-патрубка тиркишлари.

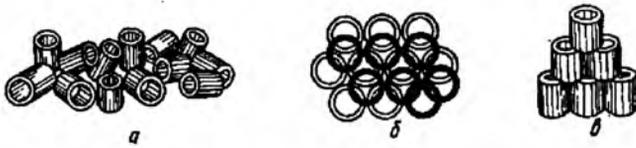
Насадкалар ушбу талабларга жавоб бериш керак: катта солиштирма юзага эга бўлиши; газ оқимида курсатадиган гидравлик қаршилиги кичик бўлиши; ишчи суюклик билан яхши ҳўлланилиши; абсорбер кўндаланг кесим юзаси бўйлаб суюкликни бир текисда таксимлаши; иккала фаза таъсири остида емирилмайдиган бўлиши; енгил ва арзон бўлиши керак.

Саноатда қўлланиладиган насадкаларнинг баъзи бир турлари ва уларни курилмада жойлаш усуллари 7.19-расмда келтирилган.



7.19-расм. Насадка турлари.

а - Рашиг ҳалқаси (тартибсиз жойлашган); б - тўсикли ҳалқа (тартибли жойлашган); в - Гудлое насадкаси; г - Пал ҳалқаси; д - «Спрейпак» насадкаси; е - Бёрл эгари; ж - ватарли насадка; з - «Инталлокс» эгари.



Рашиг ҳалқалари

Бу насадқаларнинг ичида энг кенг тарқалган насадка Рашиг ҳалқаларидир. Ундан ташқари, керамик жисм, кокс, майдаланган кварц, полимер ҳалқа, металл тўр ва панжара, шар, пропеллер ва паррак, эгарсимон элемент ва бошқа жисмлар ишлатилади.

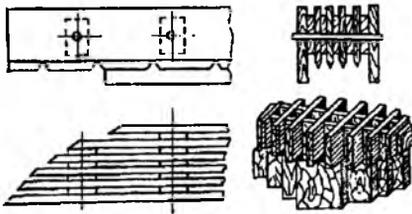
Рашиг ҳалқалари 15x15x2,5; 25x25x3; 50x50x5 мм ўлчамли қилиб ясалади. Шар ва цилиндрга қараганда 30% қўпроқ юзага эга. Насадқаларнинг геометрик характеристикаси бўлиб эквивалент диаметр ҳисобланади:

$$d_3 = \frac{4V_{\text{оқ}}}{a} \quad (7.90)$$

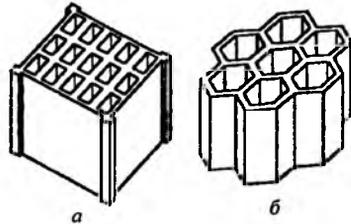
бу ерда, $V_{\text{оқ}}$ – бўш ҳажм, $\text{м}^3/\text{м}^3$; a – солиштирма юза, $\text{м}^2/\text{м}^3$.

Рашиг ҳалқаларининг ўлчамлари катталашиси билан солиштирма юзаси 300; 204; 87,5 $\text{м}^2/\text{м}^3$ ва бўш ҳажми 0,7; 0,74; 0,785 $\text{м}^3/\text{м}^3$ микдорларга тенг бўлади. Уларни углеродли ва легирланган пўлат ҳамда рангли металл трубалардан тайёрлаш мумкин. Труба деворининг қалинлиги 0,4-1,5 мм. Ҳозирги кунда фарфор, шамот, керамика, шиша, полиэтилен, полипропилен ва бошқалардан Рашига ҳалқалари тайёрланмоқда. Рашиг ҳалқаларининг гидравлик қаршилиги кичик ва газларнинг юқори тезликларда ҳаракатини таъминлайди

Ватарли насадка. Ушбу насадка қовурғасига қўйилган қалинлиги 10-13 мм ли ва баландлиги 100-150 мм ли ёғоч тахта 1 лардан иборат бўлиб, ўзаро темир чивиқ 2 лар ёрдамида маҳкамланган ва панжара қўринишига эга (7.19ж-расм). Тахталар орасидаги масофа 10-15 мм. Панжаралар бир-бирининг устига 90° буриб тахланади. Бундай конструкция насадқанинг ҳамма элементларида суюқликнинг бир текисда юпқа қатламли ҳаракати таъминланади. Шундай қилиб, ватарли насадка ўрнатилган абсорберларни юпқа қатламли бошқариладиган абсорберлар қаторига қўша бўлади. Ватарли насадқалар графит, пластмасса, металл ва қўпинча махсус эритма шимдирилган ёғочдан тайёрланади. Пастки панжарага ортиқча юклама тушмаслиги учун панжаралар 15-20 дона қилиб тахланади. Пастки қатор насадқаларга катта оғирлик тушмаслиги учун ҳар бир секция алоҳида ўзининг таянч мосламасига ўрнатилади.



7.19ж-расм. Ватарли насадка.



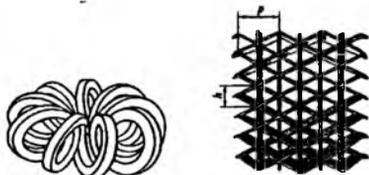
7.19и-расм. Блокли насадка.

Ватарли насадка жуда қулай бўлгани сабабли, иссиқ газларни совитиш ёки тозалаш учун жуда кўп ишлатилади. Насадқанинг асосий афзаллиги бу конструкциясининг соддалигидир. Камчиликлари: солиштирма юзаси ва бўш ҳажми кам.

Блокли насадка. Блокли насадка пластмасса ёки керамика тайёрланади ва уларни қатор-қатор қилиб қўйилади (7.19и-расм).

Суюқликни тақсимлаш учун махсус мослама йўқлиги, суюқликнинг бир текисда тақсимланишини таъминламайди ва самарадорлигини пасайтиради. Ушбу турдаги насадқалар газ окимининг тезлиги жуда юқори бўлганда ва газ аралашмасини тозалашга талаблар юқори бўлмаган ҳолларда ишлатилади.

Абсорберлар самарадорлигини ошириш учун қўлланиладиган насадкалар солиштирма юзаси (m^2/m^3) катта бўлиши керак. Солиштирма юза микдорини анча оширса бўлади, агар насадкаларнинг кичик ўлчамлиги қўлланилса. Лекин бунда гидравлик қаршилик газ оқими бўйича кўпайиб кетади ва газни узатиш учун энергия сарфи ортиб кетади. Шунинг учун, кичик гидравлик қаршилик ва юқори самарадорликка эга насадкалар яратиш шу кунда ҳам долзарб муаммо бўлиб қолмоқда. Ушбу насадкалар каторига симдан ясалган спираллар (масалан, сим диаметри 3 мм, спирал диаметри 30 мм ва спираллар орасидаги масофа 5 мм ли), Теллер розетки (7.19к-расм) ва металл тўр пардалар кирази.



7.19к-расм. Теллер розетки.
а - Теллер розетки; б - «Спрейпак» панжарали насадкаси.



7.19л-расм. Фасонли насадкалар.

Пал ҳалқаси. Ушбу турдаги насадка металл, керамика, полипропилен ёки бошқа пласт-массалардан ясалиши мумкин (7.19г-расм). Уларнинг гидравлик қаршилиги нисбатан кичик, газ фазаси бўйича юқори ўтказувчанлик хоссасига эга ва перфорация қилинган конструкци-ясини яхши ҳўлланиши ҳисобига ва газларни юқори даражада ажратиш қобилияти бор. Газ фазасининг тезлиги юқори бўлгани учун масса алмашиниш жараёни самарали кечади. Пал ҳалқалари ҳозирги кунда этилен ажратиш колонналари, H_2S ва CO_2 ларни ажратиш абсор-берлари, «суюклик-суюклик» системалари экстракторлари, CO нинг конвекторлари, димети-лтерефталатни ҳайдаш колонналари, техник аммиак олиш колонналари ва нефть-кимёси ва медицина саноатидаги қурилмаларида кенг қўламда қўлланилмоқда.

«Спрейпак» насадкаси. Бу насадка листни ҳажмий қирқиш бир ёки бир неча симли ячейкалар ўлчами 3...4 мм ли йиғилган тўр парда катламидан иборат. Тўр парда гофрирлана-ди ва ўзаро бирлаштирилганда ромб шаклидаги ячейкалар ҳосил бўлади. Ромб учларининг орасидаги максимал масофа 250 мм. Колонналарда ушбу насадкалар секция кўринишида монтаж қилинади. Бу турдаги насадкалар ўрнатилган колонналарда буғ фазаси юқори тез-ликларда ҳаракатланади ва босим йўқотилиши кам.

Буғ фазаси ушбу насадканинг ромб шаклидаги тешиқлар орқали ҳаракатланганда, улар буғ оқимини турбулизация қилади ва оқибатда масса алмашинишни жадаллаштиради.

Бу тарелканинг афзалликлари: қуйилиш трубасиз ишлаши мумкин; буғ фазасининг тез-лиги жуда юқори; катта ҳажмий сарфларда юқори самарали ишлайди.

«Инталлокс» эгари. Ушбу насадка юзаси тор шаклининг бир қисми кўринишида (5.19з-расм). Эгарсимон насадка гидравлик қаршилиги кичик ва ажратиш самарадорлиги Ра-шиг ҳалқасига қараганда кўпроқ. «Инталлокс» эгари ва Рашиг ҳалқаларининг ўлчамлари бир хил бўлганда, эгарсимоннинг юзаси 25% га ва ғоваклилиги бирмунча ортиқ бўлади. Ундан ташқари, эгарсимон насадкалар суюклик билан ҳўлланиши Рашиг ҳалқалариникига нисбатан яхши ва ўта тартибсиз жойлашишни таъминлайди. Бундай ҳолат суюклик фазаси учун кенг каналлар ҳосил бўлмаслигига олиб келади.

Бёрл эгари. Бу насадка шакли эгарсимон кўринишга эга (7.19е-расм). Бёрл эгари ва Рашиг ҳалқаларининг ўлчамлари бир хил бўлганда, эгарнинг юзаси 25% га ва ғоваклилиги бирмунча ортиқ бўлади. Ундан ташқари, эгарсимон насадка гидравлик қаршилиги кам ва са-марадорлиги Рашиг ҳалқалариникига нисбатан юқори. Ҳўлланиш даражаси яхши ва ўта тар-тибсиз жойлаштириш мумкин. Насадкани бундай жойлаштириш суюклик фазаси учун кенг каналлар ҳосил бўлмаслигини таъминлайди. Бу турдаги насадкалар самарадорлиги (Рашиг ҳалқасига нисбатан) 30% га кўпроқ ва узок муддат давомида бенуксон ишлайди.

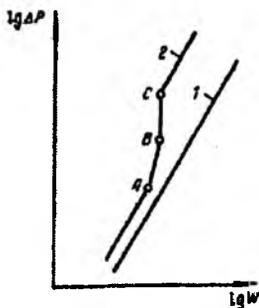
Гудное насадкиси. Бу насадка гофриланган лентани ўраб ҳосил қилинади (7.19в-расм). Гидравлик қаршилиги нисбатан юқори ва бўш ҳажми кам. Афзаллиги: насадканинг солиштирма юзаси бошқа насадкаларга караганда анча юқори. Камчилиги: гидравлик қаршилик катта ва тайёрлаш технологияси мураккаб.

Фасонли насадкалар. Ушбу насадкалар хилма-хил бўлиб, солиштирма юзасининг миқдори билан фаркланади (7.19л-расм). Одатда, бу насадкалар колоннади қурилмаларга тартибсиз равишда юкланади.

Фасонли насадкалар керамика, пластмасса, шиша, углеродли ва легирланган ҳамда рангли металллардан тайёрланади.

Колоннади қурилмаларда ишлатиладиган насадкалар катта солиштирма юза ва катта эркин бўшлиққа эга бўлиши керак. Ундан ташқари, насадка қатламининг газ оқимиға қаршилиги иложи борича кичик бўлиши, суюкликни яхши тақсимлаши ва тегишли муҳитларға коррозия бардошлиги юқори бўлиши керак. Қурилма девори ва насадка қатламини кўтариб турган мосламаларға тушаётган юкласини камайтириш мақсадида унинг ҳажмий оғирлиги имкон доирасида кичик бўлиши даркор.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, қурилманинг бирлик ҳажмида насадка юзаси катта бўлгани учун, нисбатан кичик ҳажмда жуда катта масса ўтказиш юзаларини барпо қилиш мумкин. Исталган турдаги насадкани қўллашдан мақсад иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнларни интенсивлашдири.



7.20-расм. Насадка гидравлик қаршилигининг колоннадаги газ тезлигига боғлиқлиги.

- 1 - қурук насадка;
- 2 - намланган насадка.

Насадкали абсорберларда тақсимловчи мослама орқали пуркалаётган суюклик, газнинг кичик тезликларида, насадка устида юпқа қатлам қўринишида оқади. Насадканинг ҳўлланган юзаси фазаларға тўкнашиш юза вазифасини бажаради. Шунинг учун, насадкали абсорберларни юпқа қатламли қурилмалар деб қараш мумкин. Суюк фаза қурилмалар девори атрофида йиғилиб қолмаслиги учун насадка бир неча секцияға юкланади. Суюкликни бир текисда тақсимлаш учун секциялар орасида қайта тақсимлаш мосламалари ўрнатилади. Насадкали колонналарда газ ва суюклик карама - қарши ҳаракат қилади.

Гидродинамик режимлар. Абсорбция жараёнининг самарадорлиги гидродинамик режимларға боғлиқ. Бу режимлар узатилаётган суюклик миқдори (намлаш зичлиги) ва газ оқимининг тезлиги билан белгиланади.

Қурилмада рўй берадиган режимлар насадка гидравлик қаршилигини газ оқимининг сохта тезлигига боғлиқлик функцияси сифатида тасвирланади (7.20-расм).

1 - режим **юпқа қатламли режим** – газ оқимининг тезлиги кичик ва узатилаётган суюклик миқдори кам бўлганда рўй беради. Суюклик насадка бўйлаб юпқа қатлам қўринишида оқиб тушади. Юпқа қатламли режим биринчи ўтиш нүктаси (А нүқта, 7.20-расм) да тамом бўлади ва у **осилиб туриш нүктаси** деб номланади. Бу режимда фазаларо тўкнашиш юзаси кичик ва жараён самарадорлиги камроқ бўлади.

2 - режим **осилиб туриш режими**. Бунда фазалар карама - қарши йўналиши ҳаракати туфайли газ ва суюклик орасидаги ишқаланиш кучлари ортади. Бу ҳол суюкликни насадкадан оқиб туриш тезлигини секинлаштиради, юпқа қатлам қалинлиги ва ундаги суюклик миқдори ортади. Шу билан бирга фазалар орасидаги тўкнашиш юзаси кўпаяди, жараённинг самарадорлиги бирмунча каттароқ бўлади. Бу режим иккинчи ўтиш нүктаси (В) да тамом бўлади.

Шуни таъкидлаш керакки, осилиб туриш режимида қатламнинг секин оқиши бузилади; уярма ва томчилар ҳосил бўлади, яъни барботаж ҳолатига ўтиш шароитлар туғилади. Юқорида қайд этилган масса алмашилиш жараёнини интенсивлаштиради.

3 - режим **эмульгацион режим** – насадканинг бўш ҳажмида суюклик йиғилиши натижасида пайдо бўлади. Суюклик йиғилиши кўтарилаётган газ ва оқиб тушаётган суюклик

орасидаги ишқаланиш кучи билан оғирлик кучи тенг бўлгунга қадар давом этади. Натижада «газ - суюклик» дисперс системаси ва ташқи кўриниши бўйича барботажли (кўпикли) қатлам ёки газ суюкликли эмульсия ҳосил бўлади. Маълумки, қурилма қўндаланг кесимида юкланган насадка қатламининг зичлиги бир хил эмас. Шунинг учун, қатламининг энг тор жойларида эмульгацион режим пайдо бўлиб бошлайди. Газ узатишни ўта аниқ ростлаш йўли билан насадка қатламининг бутун баландлигида эмульгацион режим ўрнатиш мумкин. Колоннанинг гидравлик қаршилиги кескин равишда ортади (BC кесма).

Шунинг учун, юқори босимда ишлайдиган абсорберларда гидравлик қаршилиқнинг таъсири суғу ёки бўлмагани учун абсорбция жараёни эмульгацион режимда олиб борилади.

Эмульгацион режим самарали режим деб ҳисобланади. Бу режимда фазалар тўқнашиш юзаси қатта бўлгани учун жараён жуда интенсив кечади.

Атмосфера босимида ишлатиладиган абсорберларда гидравлик қаршилиқ жуда юқори бўлгани учун, уларни юпқа қатламли режимда ишлатиш мақсадга мувофиқдир.

Шундай қилиб, ҳар бир аниқ шароит учун, энг оптимал гидродинамик режим техник - иқтисодий ҳисоблашлар асосида топилади.

Агар газ оқими тезлигини эмульгацион режим тезлигидан озгина оширсак, тикилиб қолиш ҳодисасига дуч келамиз.

Тикилиб қолиш ҳолатига тўғри келадиган газ тезлиги проф. А.Г.Касаткин томонидан келтирилган чикарилган формула ёрдамида ҳисобланади:

$$1g \left(\frac{w_T^2 \cdot a}{gV_{ax}^3} + \frac{\rho_T}{\rho} \mu^{0,16} \right) = 0,076 - 1,75 \left(\frac{L}{G} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_T}{\rho} \right)^{0,125} \quad (7.91)$$

бу ерда, a – насадканинг солиштирма юзаси, m^2/m^2 ; V_{ax} – насадканинг бўш ҳажми, m^3/m^3 ; L ва G – суюклик ва газнинг массавий сарфлари, $кг/с$; w_T – тикилиб қолиш тезлиги, $м/с$.

Колоннадаги газ ёки бугнинг оптимал тезлигини ушбу критериял тенгламадан аниқлаш мумкин:

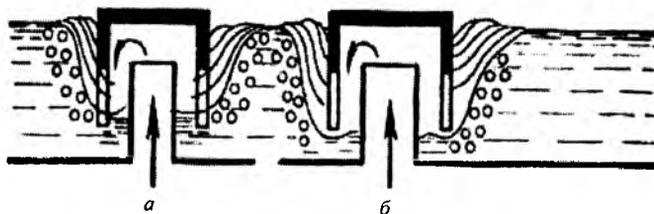
$$Re = 0,045 \cdot Ar^{0,57} \cdot \left(\frac{G}{L} \right)^{0,43} \quad (7.92)$$

бу ерда

$$Re = \frac{wd_2 \rho_2}{\mu_2}; \quad Ar = \frac{gd_2^3}{\nu_2^2} \cdot \frac{\rho - \rho_2}{\rho_2}$$

w – газ (ёки буг) оптимал тезлиги, d_2 – насадканинг эквивалент диаметри, ρ ва ρ_2 – суюклик ва газнинг зичлиги, μ_2 , ν_2 – газ (ёки буг) динамик ва кинематик ковшоклик коэффициенти, G ва L – газ (ёки буг) ва суюклик массавий тезликлари.

4 – режим *учиб чиқиш режимида* суюқ фаза колоннадан газ оқими билан ташқарига чиқа бошлайди. Ушбу режим саноатда ишлатиладиган қурилмаларда қўлланилмайди.



7.21-расм. Барботаж жараёни схемалари:

а - кичик тезликда қалпоқчали насадкадан газнинг чиқиши;
б - қатта тезликда қалпоқчали насадкадан газнинг чиқиши.

Насадкаларни танлашда уларнинг ўлчамларига қатта аҳамият бериш керак. Агар насадка элементлари қанчалик кичик бўлса, гидравлик қаршилиқ шунчалик кам ва газнинг тезлиги юқори бўлади. Бундай насадкали абсорберлар нархи нисбатан арзон бўлади.

Агар абсорбер юқори босим остида ишлайдиган бўлса, кичик ўлчамли насадкалар қўлланилади. Чунки, бу турдаги қурилмаларда гидравлик қаршилиқнинг аҳамияти йўқ.

Ундан ташқари, насадкаларнинг ўлчами кичик бўлганда, унинг солиштирма юзаси нисбатан катта бўлади ва абсорбция жараёнида бир фазадан иккинчисига ўтган масса миқдори кўп бўлади.

Абсорберларда газлар ютилиши пайтида ажралиб чиқадиган иссиқликни нейтраллаш қийин. Бундай қурилмалардаги иссиқликни камайтириш ва насадкалар ҳўлланишини ошириш мақсадида суюқликни насос ёрдамида рециркуляция қилиш зарур. Бу усулда ишлайдиган абсорберлар тузилиши мураккаблашади ва нархи ортади. Ундан ташқари, ифлосланган суюқликларни ажратиш учун қайновчи абсорберларда пластмассадан ясалган шарлар ишлатилиб, газ тезлиги ошиши билан мавҳум қайнай бошлайди. Одатда, қайновчи абсорберларда газнинг тезлиги жуда катта бўлади, аммо қатламнинг гидравлик қаршилига жуда оз миқдорга ортади.

Тарелкали абсорберлар самарали ва энг кенг тарқалган қурилмалардан бўлиб, унинг ичида бутун баландлиги бўйича бир хил масофада бир нечта тарелкалар ўрнатилган. Тешикли тарелкалар орқали ҳам газ, ҳам суюқлик ҳаракатланади ва ундан ўтиш пайтида бир фазадан иккинчисига масса ўтади. Газ фазанинг суюқлик қатлампидан ўтиши даврида пуфакча ва кўпикларнинг ҳосил бўлиш жараёни *барботаж* деб номланади. Суюқлик ва газ (ёки буғ) ни бир-бири билан тўқнашиши зарур бўлган ҳолларда барботаж қўлланилади. 7.21-расмда қалпоқчали насадқадан газ ёки буғнинг ўтиши тасвирланган.

Барботаж асосан икки режимда кечиши мумкин: пуфакчали ва оқимчали. Газ ёки буғнинг сарфи кичик бўлса, пуфакчали режимни кузатиш мумкин. Бунда, газ пуфакчалари суюқлик қатламини битта-битта бўлиб ёриб чиқади. Пуфакчалар ўлчами барботёр тузилишига, суюқлик ва газ хоссаларига боғлиқ.

Агар газ тезлиги ошириб берилса, оқимчали режим пайдо бўлади. Барботёрдан чиқаётган газ оқими шакли ва ўлчами ўзгармайдиган «машғала» ҳосил бўлади. Одатда, машғала баландлиги 30...40 мм дан ошмайди.

Тарелкали колонналар қалпоқчали, клапанли, пластиналар ва элаксимон тарелкали бўлади. Фазаларнинг бир тарелкадан иккинчисига ўтишига қараб қуйилиш мосламали ва қуйилиш мосламасиз абсорберларга бўлинади.

7.22-расмда қуйилиш мосламали, тарелкали абсорбер конструкцияси тасвирланган.

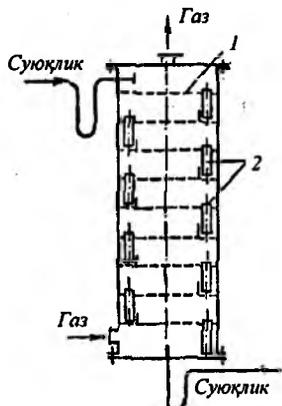
Кўриниб турибдики, қуйилиш трубагининг пастки қисми куйида жойлашган тарелка устидаги остонага тушиб туради ва гидравлик тамба вазифасини бажаради. Одатда, суюқ фаза қурилманинг тепа қисмпидан тарелкага узатилади ва унинг пастки қисмпидан чиқарилади. Газ фаза эса, қурилманинг пастидан узатилиб, тарелкалар орқали пуфакчалар кўринишида чиқиб кетади. Тарелкада ҳосил бўладиган газ – суюқлик кўпик қатлампида асосий иссиқлик ва

масса бериш жараёнлари юз беради. Абсорбция жараёнида тозаланган газ қурилманинг тепа қисмпидан чиқиб кетади. Тарелка, қуйилиш трубага ва остона шундай жойлаштириладики, суюқ фаза албатта қарама - қарши йўналишда ҳаракат қилади.

Тарелкали абсорберлар гидродинамик режими маълумки, исталган конструкцияли тарелкаларнинг самарадорлиги унинг гидродинамик режимида узвий боғлиқдир.

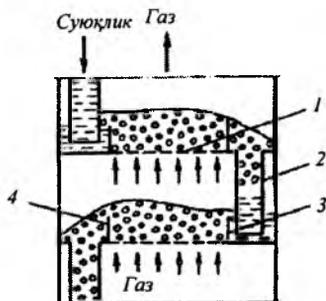
Газнинг тезлигига ва суюқликни пуфакчалар зичлигига қараб барботажли тарелкаларнинг 3 та асосий гидродинамик режими бўлади: пуфакчали, кўпикли ва оқимчали (ёки инъекцион).

Пуфакчали режим. Газнинг тезликлари жуда кичик ва суюқлик қатлампидан алоҳида пуфакчалар ҳолатида ўтиш даврида пуфакчали режимни кузатиш мумкин. Бу режимда тарелкадаги фазалар тўқнашиш юзаси кам бўлади.



7.22-расм. Қуйилиш мосламали, тарелкали абсорбер.

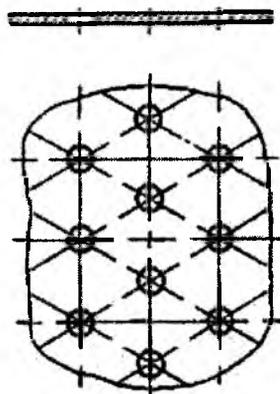
Кўпикли режим. Газ фазасининг тезлиги ортиши билан тешиклардан чиқаётган пуфакчалар кўшилиб оқимча ҳосил қилади. Тарелкадан маълум бир масофада қатлам қаршилиги туфайли оқимча бузилади ва кўп микдордаги пуфакчаларга ажраб кетади. Натижада, «газ - суюқлик» дисперс система, яъни кўпик пайдо бўлади. Ушбу режимда газ ва суюқ фазалар тўқнашиши пуфакчалар ва газ оқимчаси ҳамда суюқ томчилар сиртига тўғри келади. Кўпикли режимда барботажли тарелкаларда фазаларнинг тўқнашиш юзаси максимал микдорга эгадир.



7.23-расм. Элаксимон тарелкали

колонна:

1 - тарелка; 2 - куйилиш мосламаси; 3, 4 - остоналар.

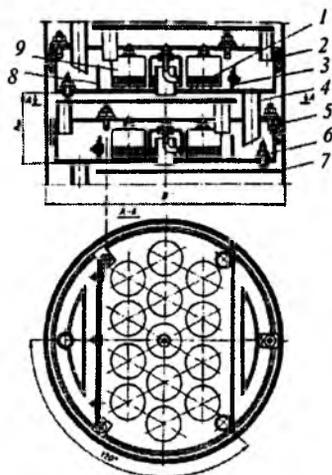


Элаксимон тарелка элементи.

Оқимчали (инжекцион режим). Агар газ тезлиги янада оширилса, газ оқимчасининг узунлиги кўпаяди ва у барботаж қатлаמידан чиқиб қолади. Шу билан бирга, барботаж қатлам бузилмайди ва кўп микдорда йирик томчилар ҳосил бўлади. Бундай режимда фазаларнинг тўқнашиш юзаси кескин равишда камайиб кетади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, бир режимдан кейингисига ўтиш аста-секин бўлади. Барботажли, тарелкалар гидравлик режимлари чегарасини ҳисоблашнинг умумий усуллари шу кунгача яратилмаган. Шунинг учун ҳам, тарелкали абсорберларни лойиҳалашда тарелка ишлашининг пастки ва тепа ораликлари ҳисоблаш йўли билан топилади. Сўнг эса, газни ишчи тезлиги топилади.

Элаксимон тарелкали абсорбер. Бу турдаги қурилма 7.23-расмда тасвирланган. Бу колонна горизонтал тарелка куйилиши ва остоналардан таркиб топган бўлади.

Одатда, бу турдаги тарелка қалинлиги 2...3 мм ли листдан ясалади ва юзаси 1...6 мм ли тешиклардан иборат. Бу турдаги тарелкалар колонна диаметри 400...4000 мм ораликда қўлланилади. Тарелкалар орасидаги масофа 200...450 мм. Тарелкадан тушаётган кўпикни парчалаш учун остона тарелкадаги суюқлик сатҳини бир хил баландликда ушлаб туриш учун эса, остона 3 хизмат қилади. Суюқ фаза тепадаги тарелкага узатилади ва куйилиши мосламаси 2 дан, ўтиб, қурилманинг пастки қисмидан чиқиб кетади. Газ фаза ҳар доим қурилманинг пастки қисмига киритилади ва тарелкалардан пуфакча шаклида ўтиб, юқори қисмидаги штуцердан чиқади. Элаксимон тарелка афзалликлари: тешиклар юзаси тарелка юзасининг катта қисми (30% ва ундан ортик)ни ташкил этади; тайёрлаш осон; кам металл сарфланади; буғ бўйича унумдорлиги салмоқли: қалпоқчали тарелкаларга нисбатан 30...40% га (буғ бўйича) унумдорлиги юқори;



7.24-расм. Қалпоқчали тарелка:

1-тарелка; 2-қистирма; 3-ростловчи куйилиш остонаси; 4-куйилиш патрубкиси; 5-болт; 6-ростловчи болт; 7-ҳалка; 8-куйилиш остонаси; 9-қалпоқча.

таъмирлаш ва монтаж осон;

Камчиликлари: ўрнатиш аниқлигига жуда сезгир; каттиқ фазаси бор, ифлосланган суюқликларда ёмон ишлайди, чунки тешиклари беркилиб қолади; газ келиши тўхтаганда, суюқлик тарелка тешиклари орқали тўкилиб кетади ва қайтадан ишга туширишга тўғри келади.

Қалпоқча тарелкали абсорбер. Бу турдаги қурилма капсула қалпоқча ва сегмент қуйилиш мосламасидан таркиб топган (7.24-расм). Тарелка кўплаб дисклардан иборат бўлиб, таянч ҳалқага кистирма ёрдамида болтлар билан маҳкамланади.

Суюқ фаза юқорида жойлашган тарелкадаги остона 3 дан ўтиб, қуйида ўрнатилган тарелкага тушади. Тарелка юзасида суюқликни бир меъёрада тақсимлаш учун остона 8 хизмат қилади. Суюқликни тарелка юзасида бир хил баландликда ушлаб туриш учун ростловчи остона 3 дан фойдаланилади. Газ тарелкаларга патрубкка 6 орқали кириб, бир неча оқимчалар ҳолида қалпоқчалар тешигидан чиқа бошлайди.

Қалпоқчадаги диаво тешиклари тишли ёки тирқишли қилиб, тўғри учбурчак шаклида ясалади. Қалпоқча диаметри 50...80 мм ли ва тирқиш ўлчами 15...30 мм ли бўлиши мумкин. Суюқлик қатлами орқали ўтаётган газ ёки буғ оқими алоҳида-алоҳида пуфакчаларга бўлиниб кетади. Тарелкалардан суюқлик қуйилиш патрубкиси 4 орқали тўкилади. Бу турдаги тарелкаларда газ кўпиклари ва пуфакчаларнинг ҳосил бўлиш интенсивлиги буғ (ёки газ) тезлиги ва тарелкадаги суюқлик қатлами баландлигига боғлиқ.

Тарелкада катта масса алмашилиш юзасини барпо қилиш учун ўрнатиладиган қалпоқчалар сони кўпайтирилади. Капсулалар қалпоқчанинг бўйлама қирқими 7.25-расмда келтирилган. Тарелка ва қалпоқчанинг пастки қисми орасидаги масофа втулка 4 ва гайка 2 ёрдамида амалга оширилади. Бу турдаги тарелкалар саноатда кенг қўламда қўлланилади. Ушбу тарелкалар чўян, мис, керамика, кўмир-графит, пластмасса ва бошқа материаллардан тайёрланиши мумкин. Қалпоқча тарелкалар ф.и.к. $\eta=0,75...0,80$.

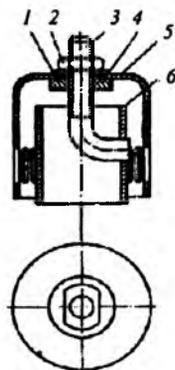
Элаксимон тарелкали абсорберларга қараганда қалпоқчали қурилмалар газ аралашмалари ифлос бўлганда ҳам узоқ муддатда барқарор ишлай олади. Ундан ташқари, газ ёки суюқ фазалар бўйича юклама катта миқдорда ўзгарса ҳам, қалпоқчали тарелка бир текисда яхши ишлайди. Ушбу тарелка камчиликлари: конструкцияси мураккаб, тайёрлаш қийин, металл сарфи кўп, қиммат, тозалаш қийин ва гидравлик қаршилиги юқори. Ундан ташқари, газ фаза сарфи кам бўлганда, қурилма самарадорлиги кескин равишда камайиб кетади.

Клапанли ва балластли тарелкалар. Бу турдаги тарелкалар газ фазасининг тезлиги ўзгариб турадиган жараёнларда қўлланиши мақсадга мувофиқдир.

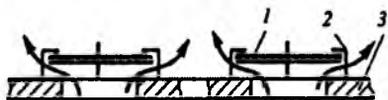
Клапанли тарелкалар элаксимон ва қалпоқчали тарелкаларнинг яхши хоссаларини ўзида мужассам қилган (7.26-расм). Клапанлар 1 думалоқ пластина шаклида, диаметри эса 40...50

мм бўлади. Кронштейн-чеклагич 2 даги тешик диаметри эса 30...50 мм ва улар орасидаги масофа эса 70...150 мм га тенг. Клапанларнинг кўтарилиш баландлиги 6...8 мм. Клапанлардан ўтадиган газ оқимининг тезлигига қараб, клапан тепага силжийди. Ф.и.к. $\eta=0,70...0,85$.

Газ ёки буғ бўйича юклама кенг қўламда ўзгарганда ҳам, клапанли тарелкалар бир меъёрада, барқарор ишлайди. Лекин уларнинг гидравлик қаршилиги нисбатан юқори. Оптимал иш режимларида тарелканинг гидравлик қаршилиги нисбатан кичик.



7.25-расм. Капсулалар қалпоқча:
1-шайба; 2- гайка; 3- болт;
4- втулка; 5- қалпоқча;
6- патрубкка.



7.26-расм. Клапанли тарелка:
1 - клапан; 2 - кронштейн-чеклагич;
3 - тарелка.

Клапанли тарелкалар унумдорлигини ва турғун ишлаш ораллигини ошириш учун улар балластли қилиб тайёрланади. 7.27-расмда балластли тарелка конструкцияси келтирилган.

Балластли тарелкалар клапанли тарелкалардан клапандан анча оғир балласт 3 ўрнатилгани билан фарқланади.

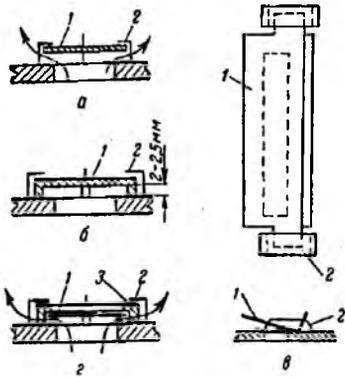
Одатда балласт клапан 1 ва кронштейн чегаралагич 2 орасига тарелкага таянган қиска оёқчаларга ўрнатилади. Клапан кичик тезликларда ҳам кўтарилиб бошлайди. Тезлик ортиши билан клапан кўтарилиб балластга тиралади ва тезлик янада ортса балласт билан бирга тепага кўтарилади. Балласт тарелкаларда ҳар қандай тезликда ҳам суюқлик пастга оқиб тушмайди.

Клапанли ва балластли тарелкалар афзалликлари: газ бўйича унумдорлиги жуда юқори; газ фаза бўйича бутун тезликлар ораллигида гидродинамик турғун ишлайди.

Клапанли ва балластли тарелкалар камчиликлари: балластнинг оғирлиги ортиши билан гидравлик қаршилик кўпаяди.

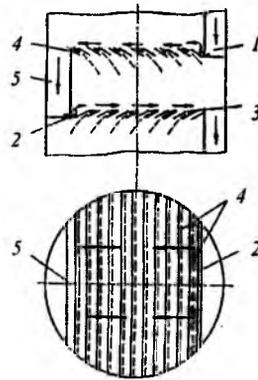
Оқимчали (ёки пластиналы) тарелкалар. Бу турдаги тарелкалар қия, параллел пластиналар кўринишида тайёрланади (7.28-расм).

Қалпоқчали, клапанли ва оқимчали тарелкаларда фазаларнинг йўналиши ўзаро кесишган бўлади. Газ ёки буғ тарелкадаги тешиклардан ўтади, суюқлик эса, горизонтал ҳаракатланиб, тарелкадан тарелкага қуйилиш мосламаси 5 орқали ўтади.



7.27-расм. Балластли тарелка:

1 - клапан; 2 - кронштейн чегаралагич; 3 - балласт.



7.28-расм. Оқимчали тарелка:

1-гидравлик затвор; 2-тўқилиш тўсиғи; 3-тарелка; 4-пластиналар; 5-қуйилиш патрубкиси.

Бошқа тарелкаларга караганда, ушбу тарелкалар фазаларнинг параллел ҳаракатида ишлайди, яъни ҳар бир секцияда газ ва суюқлик фазалари бир хил йўналишда бўлади. Бу эса, суюқлик ва газ фазалари бўйича юқламини кескин равишда ошириш мумкинлигидан далолат беради. Лекин колонна микёсида эса, фазалар қарама-қарши, яъни суюқлик тепадан пастга, газ фаза эса пастдан юқорига қараб ҳаракатланади. Газнинг тезлиги 20...40 м/с гача бўлиши мумкин. Пластиналарнинг қиялик бурчаги кичик бўлгани учун ($\alpha=10...15^\circ$) у орқали ўтаётган газ тарелка текислигига параллел йўналишга яқин ҳаракатланади. Шунда суюқлик эжекцияга учрайди ва газ оқими ёрдамида майда дисперс томчиларга айланиб, тарелка бўйлаб ва кейинги тиркишга улоқтирилади. Бу ерда газ ва суюқлик фазаларининг ўзаро таъсири яна қайтарилади. Натижада суюқлик юқори тезликда тарелка устидан параллел йўналишда қуйилиш трубкаси томон ҳаракат қилади.

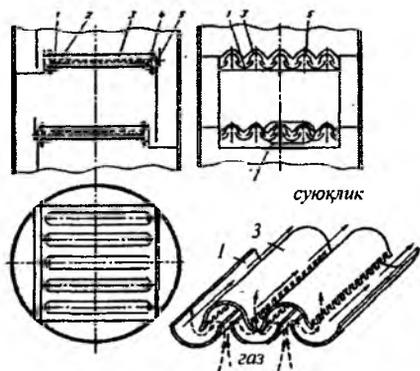
Газ ёки буғни суюқлик билан тўқнашувини амалга ошириш учун турли конструкциядаги тарелкалар қўлланилади: клапанли, қалпоқчали, элаксимон, панжарали, тиркишли, пластиналы ва ҳ.к. Юқорида қайд этилган тарелкалардан фақат биттаси, қалпоқчали тарелка барботажли режимда ишлай олади.

Нефтни қайта ишлаш корхоналарида туннелли қалпоқчали тарелкалар ректификацион колонналарда ишлатилади (7.29-расм). Бу турдаги тарелкаларнинг

штампанган тарнов 1 лари таянч бурчак 2 ларга ўрнатилади ва устига қалпоқча 3лар қўйилиб йиғилади. Буғ фазани бир текисда тақсимлаш учун қалпоқча 2 нинг остки қисмида трапеция шаклидаги тешиklar қилинган. Қалпоқчалар горизонтал тахтага шпилька 4 ёрдамида маҳкамланади. Суюқ фазани бир меъёрда тақсимлаш учун қуйилиш тарелка планкаси 5 ҳам тўғри тўртбурчак шаклидаги тешикли қилиб тайёрланади.

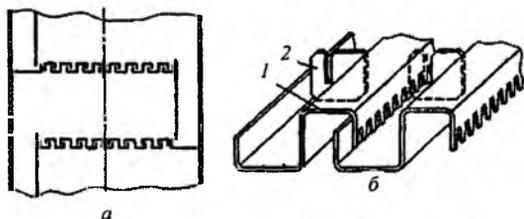
Бу турдаги тарелка афзалликлари – қалпоқчалар сони кам ва уларни тозалаш осон. Тарелканинг қолган кўрсаткичлари паст, шу сабабли улар бошқа конструкциядаги тарелкаларга алмаштирилмоқда.

S-шаклидаги элементли тарелка 1 лар ҳам абсорбцион ва ректификацион колонналарда кенг қўламда ишлатилмоқда (7.30-расм). Ушбу элемент суюқ фаза ҳаракат йўналишига перпендикуляр ҳолатда ўрнатилади. Тарелканинг икки чети ва S-шакли элемент мустаҳкамлигини ошириш учун элементлар орасига тиркишли пластина 2 лар ўрнатилади.



7.29-расм. Туннелли қалпоқчали тарелка:

1-тарнов; 2-таянч бурчак;
3-қалпоқча; 4-шпилька.



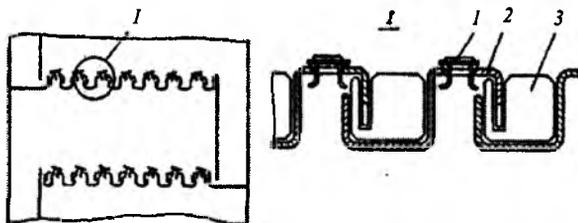
7.30-расм. S-симон элементли тарелка:

а - умумий кўриниш; б - схема.
1 - S-симон элемент; 2-пластиналар.

Колонна диаметрига қараб тарелкалар битта ёки кўп қуйилиш мосламали бўлиши мумкин. Ушбу турдаги тарелкаларнинг афзалликлардан бири шундаки, тарелкалардан чиққан буғ суюқ фаза томон қараб йўналганлигидир. Ушбу ҳолат тарелканинг қуйилиш ва тўкилиш тўсиқлари олдидаги суюқлик сатҳининг камайишига олиб келади.

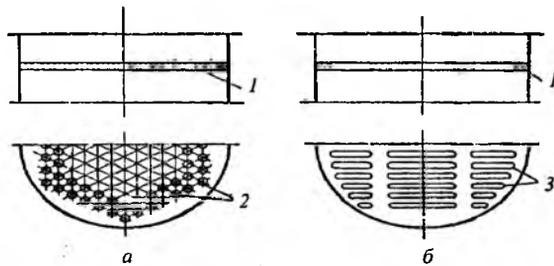
S-шакли элементли тарелкалар массаси 2 баробар кам ва капсула қалпоқчали тарелкаларга қараганда 20...30% га кўп. Солиштирилаётган тарелкаларнинг самарадорлиги тахминан бир хил, яъни ф.и.к. 0,6...0,8. Ушбу тарелканинг газ фазаси бўйича унумдорлиги қалпоқчали тарелканикига нисбатан 10...25% кичик.

S-шаклидаги элементли тарелкалар тўғривун ишлаш оралигини ва унумдорлигини ошириш учун тарелка тепасига тўртбурчак шаклидаги клапан 1 ўрнатилади (7.31-расм).



7.31-расм. S-симон элементли ва клапанли тарелка:

а - умумий кўриниш; б - схема.



7.32-расм. Суюқлик оқиб тушадиган тарелкалар:
а - тешикли; б - панжарали; 1-тарелка; 2-тешиклар; 3-тиркишлар.

Тарелка мустақкамлигини ошириш учун пластина 3 қўйилади. Иш унумдорлиги бўйича ушбу тарелкалар клапанли тарелкаларга қараганда 10% га кўпроқ.

Юқорида қайд этилган тарелкалар самарадорлиги гидродинамик режимларга боғлиқ. Газ (ёки буғ) тезлиги ва суюқлик сарфига қараб 3 хил режимлар мавжуд: пуфакчали, кўпикли ва оқимчали. Ҳар бир режимда барботажли қатлам ўзига хос тузилишига эга бўлиб, қатламнинг гидравлик қаршилиги ва масса алмашиниш юзаси катталигини характерлайди. Бундай тарелкаларнинг гидравлик қаршилиги кам, уларни яшаш учун металл кам сарфланади ва таркибида ифлосликлар бўлган суюқликларни ҳам ишлатиш мумкин. Ундан ташқари, тарелкали қурилмаларда жараёни ҳаракатга келтирувчи куч катта бўлади.

Оқимчали тарелкалар камчиликлари: тарелкага иссиқлик бериш ва ажралиб чиққан иссиқликни ажратиб олиш мураккаб; суюқлик сарфи нисбатан кам бўлгани учун, унинг самарадорлиги пастроқ.

Тешикли тарелкалар. Тузилиши бўйича элаксимон тарелкаларга ўхшаш бўлиб, фақат қуйилиш трубаesi йўқлиги билан фарқланади (7.32-расм). Тешиклар диаметрлари 4-10 мм ораликда ва улар юзасининг улуши 10-25% ни ташкил этади.

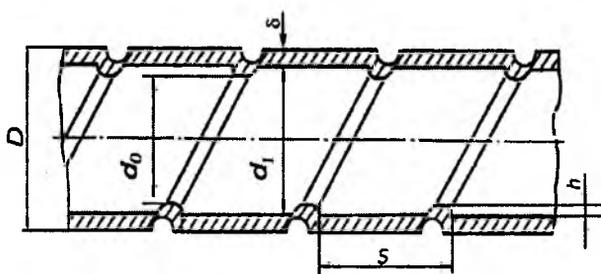
Панжарали тарелкалар – эни 3...8 мм ли тиркишлар штамповка ёки фрезерлаш усулида қилинган бўлади (7.32б-расм). Тешикли ва панжарали тарелкалар конструкцияси содда, нархи арзон, гидравлик қаршилиги нисбатан кичик ва монтаж қилиш осон.

Тешикли ва панжарали тарелкалар конструкцияси соддалиги, металл сарфи камлиги, монтаж осонлиги ва кичик гидравлик қаршилиги билан ажралиб туради.

Трубали тарелкалар. Бу турдаги тарелкалар, коллекторга уланган параллел трубаalar қаторидан иборат бўлиб, трубали панжара қўринишида бўлади (7.28в-расм). Труба панжарали насадкаларнинг энг асосий афзалликларидан бири, бу барботаж қатламида ҳосил бўлган реакция иссиқлигини ажратиб олиш учун трубаalar ичига совуқлик элткич юбориб осонгина олиш мумкин. Лекин бу тарелкаларни йиғиш анча мураккаб ва ишчилардан юқори малака талаб этади.

ТДТУ ва ТКТИ олимлари ҳамкорлигида юқори самарадор колоннаli қурилмаларининг энергия тежамкор, янги авлодини яратиш устида илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда [142,143,144]. Кимёвий жараёнлар кечадиган колоннаli қурилмаларда реакция иссиқлигини ажратиб олиш муаммоси шу куннинг энг долзарб масалаларидан биридир. Бунинг учун олимлар гуруҳи ушбу колонналарнинг совитиш бўлимидаги труба (сода ишлаб чиқариш технологиясидаги абсорбер ва карбонизацион колонналарда 2300 та) лар ўрнига самарадор иссиқлик алмашиниш юзали трубаalarни қўйиб жараёни 1,5...3,5 мартабагача интенсивлашга эришишди. Бунга сабаб, трубанинг ташқи томонида силлиқ ариқчалар (қўндаланг ёки спиралсимон) ва ички томонида силлиқ турбулизаторлар махсус ускунада қилингандир. Натижада, трубанинг ташқи юзасида оқайтган суюқлик тартибсиз, хаотик, яъни турбулент режимга хос ҳаракатланади. Лекин шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ҳаракат тартибсиз, суюқлик заррачалари ўзаро аралашиб ҳаракатланса ҳам, Рейнольдс сони ўтиш соҳасига мос қийматлардир, яъни $Re < 10^4$. Ундан ташқари, иккинчи сабаб – бу самарадор юзали труба ичида совуқлик элткич ҳаракатланганда иссиқлик бериш жараёни интенсивлашади, чунки

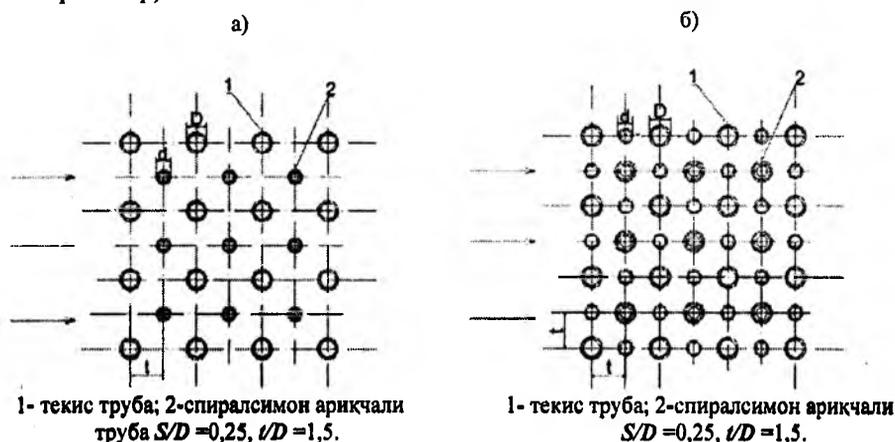
силлик турбулизатор (5.33-расм) лар девор яқинидаги юпка қатламнинг бузилишини таъминлайди ва суюқлик аралашishi ва иссиқлик тарқалиши ортади.



7.33-расм. Спиралсимон турбулизаторли труба:

D - ташқи диаметр; d_1 - ички диаметр; d_0 - спиралсимон бўртиклардан ҳосил бўлган диаметр; S - бўртиклар жойлашиш қадами; δ - труба қалинлиги; h - ҳалқасимон ариқчалар чуқурлиги.

Кальцинацияланган сода ишлаб чиқариш технологиясида қўлланиладиган абсорбция ва карбонизация колонналарининг пастки қисмида труба ли панжаралар жойлаштирилади (7.34-7.35-расмлар).



7.34-расм. Текис ва спиралсимон ариқчали трубаларни карбонизацион колонна совитиш зонасининг труба-панжарали насадкада жойлаштириш схемаси:

а) шахматли, турли қўндаланг кесимли текис ва спиралсимон ариқчали трубалар қаторма-қатор, $d/D=0,75$;
б) коридорли, турли қўндаланг кесимли текис ва спиралсимон ариқчали трубалар қаторма-қатор, $d/D=0,75$.

Ушбу труба ли панжаранинг функцияси ҳам суюқлик газ фазаларининг яхши аралашishi ва тўқнашишини таъминлаш ҳамда ўзаро таъсир оқибатида кимёвий реакция иссиқлик ажралиши билан кечади. Трубалар ичида ҳаракатланаётган совуқ сув реакция иссиқлигини ажратиб олиши керак. Демак, ушбу насадка бир вақтнинг ўзида 2 та функцияни бажаради. Жараён самарали бўлиши учун аралашishi ва иссиқлик алмашинишни интенсивлаш зарур. Текис ва самарали иссиқлик алмашиниш юзали трубаларни 7.34-расмда келтирилган схемада жойлаштирилса, газ-суюқлик системасининг аралашishiни интенсивлаштиради, бу эса ўз навбатида иссиқлик алмашиниш жараёнини жадаллаштиради.

Абсорбцион ва карбонизацион колонналарнинг самарали ишлаши реакция иссиқлигини атроф-муҳитга ажратиб олиш билан белгиланади. Маълумки, ламинар ва турбулент ҳаракат режимларида конвектив иссиқлик алмашинишни интенсивлаш жуда чуқур ўрганилган ва амалиётда кенг қўламда қўлланилади. Лекин суюқликнинг ўтиш режимларда ҳам ҳаракат даврида оқим турбулентлиги юқори бўлишига қарамай, кам эътибор берилган ва уни интенсивлашга бағишланган изланишлар етарли эмас.

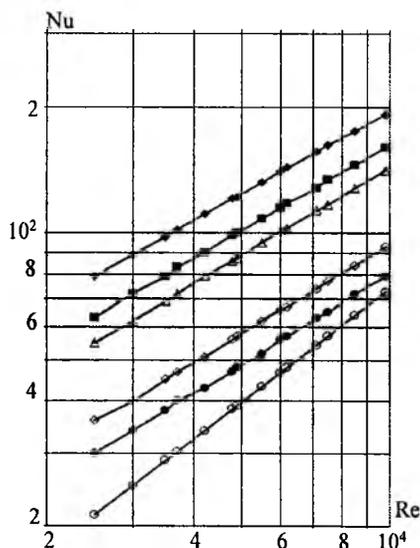
7.35-расмда сувнинг текис труба ва 4та спиралсимон турбулизаторли трубаларда ҳаракатланганда иссиқлик алмашиниш интенсивлиги бўйича тажриба натижалари келтирилган. Тажрибалар ўтиш режимида, яъни $Re=2500..9800$ да ўтказилган. Олинган конвектив иссиқлик алмашиниш бўйича бирламчи тажриба маълумотлари маълум усуллар ёрдамида умумлаштирилган[11-16]. Иссиқлик алмашиниш интенсивлиги Nu бўйича олинган қийматлар шу соҳада изланиш олиб борувчи олимлар томонидан келтирилган маълумотлар билан юқори аниқликда мос тушади[2,4,6,9].

Спиралсимон турбулизаторли трубаларда иссиқлик алмашиниш интенсивлиги бўйича тажриба натижалари текис трубаларникига қараганда анча юқори жойлашган, яъни катталиги билан белгиланади. Спиралсимон турбулизаторли трубада диафрагма баландлиги $h=1,5$ ммда ўлчамсиз параметр $h/S=0,021$, суюқлик тезлиги $Re=2500$ да – $Nu=48$, $Re=5500$ да $Nu=92$ ва $Re=9800$ да – $Nu=129$. Суюқлик тезлиги $Re=2500$ дан $Re=9800$ гача ортганда иссиқлик алмашиниш интенсивлиги Nu 2,7 маротабагача ортади.

Спиралсимон силлик диафрагмали турбулизаторларнинг иссиқлик алмашиниш тарқалишни бундай даражада интенсивлашиши қуйдаги омиллар билан белгиланади: биринчидан, суюқлик оқими нафақат илгарилама, балки айланма ҳам ҳаракат қилади; иккинчидан, спиралсимон силлик диафрагмалар суюқлик оқимини қўшимча турбулизация қилади; учинчидан, оқимнинг айланма ҳаракатланувчи қисми девор атрофидаги чегаравий қатлам қалинлигини ва оқибатда тезлик қаршилигини камайтиради.

Тажриба натижалари ушбу турдаги турбулизаторлар самарадорлиги жуда юқори бўлгани учун ўтиш режимида тургун турбулент режимга хос оқимнинг интенсив, хаотик ҳаракатни олиш мумкин. Ундан ташқари, девор ва суюқлик чегарасида қўзғалмас чегаравий ковушқоқ қатлам умуман қолмайди, яъни микро ғадир-будирликли девор суюқлик билан самарали ювилиб туради.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, трубадаги спиралсимон силлик диафрагмалар геометрик ўлчамлари оқимда аниқ ўлчамли, йўналтирилган локал ва уюрмали эффектлар ҳосил қилиш мумкин. Бу эса ўз навбатида зарур таркибли оқиб барпо қилиши ва суюқлик оқими ҳаракатини бошқариш имкониятини беради.



7.35-расм. Спиралсимон турбулизаторли трубада сув ҳаракатланганда иссиқлик алмашиниш интенсивлиги Nu нинг Re сонига боғлиқлиги.

● - текис труба; $S_0/d=1,4$; ◆ - $h/S_0=0,077$; ■ - $h/S_0=0,029$;
△ - $h/S_0=0,021$; ◇ - $h/S_0=0,01$; □ - $h/S_0=0,007$.

Ушбу самарадор труба ва шароитларда иссиқлик тарқалиш интенсивлиги текис трубаларникига қараганда юқорирок. Спиралсимон турбулизаторли трубалардан ясалган

иссиқлик алмашиниш қурилмалари ва мосламалари юқори иссиқлик қувватга эга яшаш осон, қўшимча металл талаб қилмайди ва х.

Тўлқинсимон тарелкалар. Бу турдаги тарелкалар тешиқлари 4-8 мм тешиқли гофриланган металл листдан иборат.

Трубали тарелкалар афзалликларига реакция иссиқлигини олиш осонлиги, яъни труба ичидан совуқ элтқич юбориш йўли билан ажратиш мумкин. Аммо бундай тарелкалар нисбатан (тешиқли ва панжаралига қараганда) мураккаброк ва монтаж қилиш қийин.

Тешиқли, панжарали ва трубали тарелкалардан ясалган колонналарнинг асосий камчилиги шундаки, қурилманинг турғун ва самарали ишлаш режими суёқ ва газ фазаларнинг жуда кичик оралиғига тўғри келади.

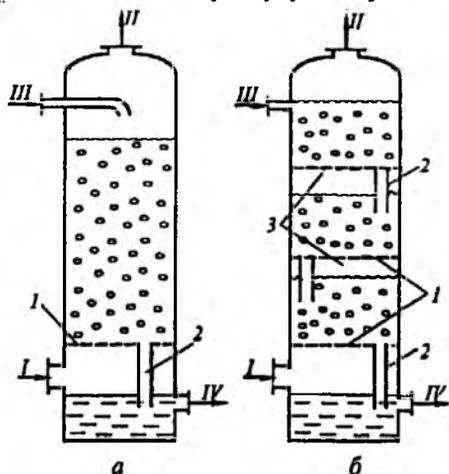
Ушбу камчиликдан тўлқинсимон тарелкалар ҳоли бўлгани билан, тешиқли ва панжаралига қараганда тузилиши ва монтаж қилиниши мураккаброк.

Суёқлик оқиб тушадиган тарелкаларнинг асосий камчилиги шундан иборатки, турғун ва самарали ишлаши газ ва суёқлик тезликларининг жуда кичик ўзгариш оралиғига тўғри келади.

Барботажли абсорберлар. Бу турдаги қурилмалар ичида энг оддийси тўлиқ барботаж қатламли абсорбердир (7.36а-расм). Бу ерда газ тақсимлаш панжарали тарелка 1 орқали ўтиб, суёқлик қатламида қўтариладиган майда пуфакчаларга бўлинади. Ушбу қурилма камчилиги, вертикал йўналишда интенсив циркуляция ҳосил бўлади ва у масса алмашиниш жараёнининг ҳаракатга келтирувчи кучини пасайтиради.

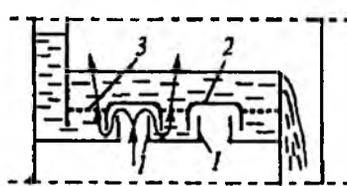
Вертикал йўналишда циркуляция туфайли рўй берган зарарли таъсирни қурилмани секцияларга ажратиш орқали бартараф қилиш мумкин (7.36б-расм). Бунинг учун бир нечта элаксимон тарелка 1 лар ўрнатилади ва оқибатда ҳар бир секцияда барботаж қатламининг баландлиги чегараланади. Натижада ҳар бир тарелка остида газ пуфакчалари йиғилиб, бир бутун газ фазасини ҳосил қилади.

Газ фазасидаги босим шундай бўлиши керакки, тарелка устидаги суёқлик қатламидан барботаж қилиб ўтишини таъминлаш даркор. Бундай тарелка конструкцияларининг энг кенг тарқалгани 7.37-расмда келтирилган, яъни элаксимон-қалпоқчали тарелка. Фазаларнинг тўқнашиш юзасини ошириш учун газ фазасини икки мартаба суёқлик қатламидан ўтади.



7.36-расм. Барботажли абсорбер:

- а - бир секцияли, қарама-қарши оқимли, б - секциялаштирилган қарама-қарши оқимли.
- 1-панжарали тарелка; 2-қўйилиш труба; 3-газ қатлами.
- I-ифлосланган газ; II-тозаланган газ;
- III-янги абсорбент; IV-ишлатиб бўлинган абсорбент.



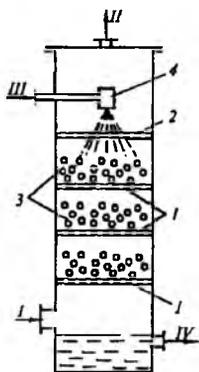
7.37-расм. Элаксимон-қалпоқчали тарелка:

- 1-патрубок; 2-қалпоқча;
- 3- элаксимон тарелка элементи.

Бу ерда газ оқими патрубок 1 орқали ва қалпоқча 2 дан чиқишда суёқлик қатламини барботаж қилади. Бунда ҳосил бўлган пуфакчалар тарелка 3 элементлари орқали ўтаётганда

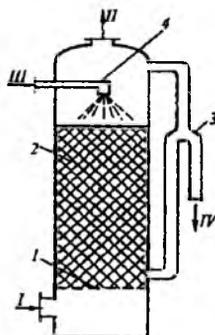
қўшимча барботажга учрайди. Лекин тўқнашиш ошган ва янгиланган юзали тарелкаларнинг ф.и.к. 20% дан ортиқ эмас. Шунинг учун ҳам абсорбция жараёнида бошқа масса алмашиниш жараёнларига қараганда фазаларнинг тўқнашиш юзаси кўпроқ юпқа қатламли ёки насадкали қурилмалар қўлланилади.

Нисбатан содда ва ўта самарали қурилма бўлиб, насадкали мавҳум қайнаш қатламли тарелкали абсорбер ҳисобланади (7.38-расм).



7.38-расм. Шарсимон насадкали мавҳум қайнаш қатламли абсорбер:

1-таянч панжараси; 2-чегараловчи панжара;
3- шарсимон насадка; 4-суюқлик таксимлагич.
I-ифлосланган газ; II-тозаланган газ;
III-янги абсорбент; IV-ишлатиб бўлинган абсорбент.



7.39-расм. Насадкали эмульгацион абсорбер:

1-таянч панжараси; 2-насадка; 3- гидравлик затвор; 4-суюқлик таксимлагич.
I-ифлосланган газ; II-тозаланган газ;
III-янги абсорбент; IV-ишлатиб бўлинган абсорбент.

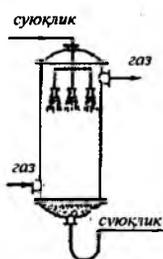
Таянч панжара 1 га жойлаштирилган насадка 3 лар зичлиги суюқлик зичлигидан кам бўлиши шарт. Диаметри 10...30 мм ли шарсимон насадкалар ичи бўш бўлиб, одатда полиэтилен, полипропилен ва бошқа полимер материаллар ҳамда металл ёки резинадан тайёрланади. Газнинг критик тезликдан юқори бўлган тезликларида тарелка устида зичлиги суюқликникидан кам бўлган насадкалар мавҳум қайнаш ҳолатига ўтади. Тезлик ўсиши билан насадка қатламининг баландлиги кўпаяди, яъни қатлам ғовақлилиги ортади. Интенсив аралашуш даврида насадкалар билан суюқлик фаол ҳаракат қилади. Ушбу ҳол суюқликнинг қўндаланг нотекисликни камайтиради ва қурилма самарадорлигини оширади.

Газ оқими билан кўтарилиб кетаётган суюқликнинг майда томчиларининг кўп қисми мавҳум қайнаш ҳолатидаги ҳўлланган шарлар билан ушланиб қолинади ва насадка пастга тушганда суюқлик қатламига қайтадан қўшилади. Энг тепадаги секциядан шарсимон насадкалар учиб кетмаслиги учун тешикли панжарага 2 ўрнатилган. Ушбу қурилмада энг юқори тезликларда ишлаш имконияти мавжуд. Суюқликни пуркаш зичлиги $0,05 \text{ м}^3/(\text{м}^2\cdot\text{с})$ гача бўлганда газнинг ишчи тезлиги 4...5 м/с ташкил этади. Ушбу турдаги абсорберлар афзалликлари:

- бир босқичнинг масса алмашиниш юзаси катта ва суюқлик юпқа қатламининг қалинлиги кичиклиги сабабли масса бериш коэффициентининг қийматлари ва ф.и.к. жуда юқори;
- абсорбер самарадорлигининг ортиши: газ фазаси бўйича 4...6 маротаба, суюқлик бўйича эса ундан ҳам кўп;
- таркибида қаттиқ фазали, ифлосланган суюқлик ва газларни ҳам тозалаш мумкин.

Камчиликлари: қурилманинг бўйлама йўналишида концентрациянинг бир хил бўлиши масса ўтказиш жараёнининг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучининг камайишига олиб келади. Бўйлама аралашушни бартараф қилиш учун қурилма секцияларга бўлиниши керак (7.38-расм).

Турғун иш режимини ушлаб туриш жиҳатидан мураккаб деб насадкали эмульгацион абсорбер ҳисобланади (7.39-расм).



7.40-расм. Пурковчи абсорбер.

Бу абсорбер ичи бўш қобик ва суюкликни пурковчи механик форсункадан таркиб топган бўлади.

Суюкликни пуркаш пайтида масса ўтказиш коэффициенти энг катта микдорга эга. Вақт ўтиши ва фазалар ўзаро таъсир юзаси камайганлиги сабабли жараён самарадорлиги пасаяди. Шунинг учун ҳам, кўпинча форсункалар қурилманинг бутун баландлиги бўйича ўрнатилади.

Одатда, пурковчи абсорберлар яхши эрийдиган газларни абсорбция қилиш учун ишлатилади. Пурковчи абсорберлар қаторига механик абсорберларни ҳам киритиш мумкин. Бундай қурилмаларда суюклик айланма механизм ёрдамида сочиб берилади. Суюкликдаги тешикли дисклар кўзгалмас цилиндрлик қобик ичида айланади. Натижада, диск ёрдамида суюклик майда томчилар шаклида атрофга сочилади.

Пуркагичли абсорберларда газнинг тезликлари 1...1,5 м/с ва суюкликни пуркаш зичлиги 0,003 м³/(м²·с) бўлади. Тузилиши содда, нархи арзон, гидравлик қаршилиги катта эмас ва ифлосланган суюкликларни ҳам тозалай олишига қарамасдан, пурковчи абсорберлар қўлланиши чегараланган. Бунга сабаб қурилманинг кичик самарадорлигидир. Ушбу камчилик қурилманинг бўйлама йўналишида концентрациянинг бир хил бўлиши масса ўтказиш жараёнининг ўртача ҳаракатта келтирувчи кучини камайиши туфайли ҳосил бўлади. Агар газнинг тезлиги 5 м/с ва суюкликни пуркаш 0,01...0,015 м³/(м²·с) гача оширилса, қурилма самарадорлиги кўпаяди. Лекин шу билан бирга суюклик майда томчиларининг газ билан чиқиб кетиши салмоқли ортади.

Механик пуркагичли абсорберлар ихчам ва конструкцияси содда бўлади.

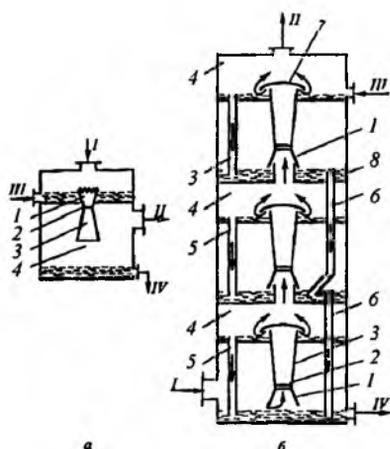
Вентури абсорбери. Турли конструкцияларда бажарилишига қарамасдан Вентури абсорберлари ўзининг юқори самарадорлиги билан ажралиб туради (7.41-расм). Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, диффузор-конфузорда газ ва суюклик оқимлари параллел йўналишда ҳаракатланади.

7.41а-расмда суюкликни юпқа қатламга кирувчи бир босқичли Вентури абсорбери келтирилган. Суюкликнинг юпқа қатлами мослама энг тор жойида 20...30 м/с тезликда ҳаракатланаётган газ оқими ёрдамида майда томчиларга айлантиради. Газ ва суюкликни фазаларга ажралиши сепарацион бўшлиқ 4 да рўй беради. Бу абсорберлар иш унумдорлиги юқори бўлишига қарамай, фазалар бир йўналишда ҳаракатлангани учун масса алмашиниш жараёни суст кечади.

Кўп босқичли, қарама-қарши йўналишли Вентури абсорберини қўллаш учун суюклик, албатта, эжекция қилиниши шарт (7.41б-расм). Бу ерда, ҳар бир секцияда конфузор 1 нинг пастки учи ва суюклик юзаси орасидаги ингичка тиркиш орқали ўтаётган газ суюкликнинг юпқа қатламини ўзи билан илаштириб кетади. Суюкликнинг юпқа қатлами мосламанинг энг тор жойи 2 да газ оқими ёрдамида майда томчиларга парчаланаяди ва масса ўтказиш учун катта юза ҳосил қилади. Суюклик ва газ фазаларининг ҳаракатини қарама-қарши жараённинг ҳаракатга келтирувчи кучи ҳисобига қурилманинг масса алмашиниш қобилиятини ортишига олиб келади.

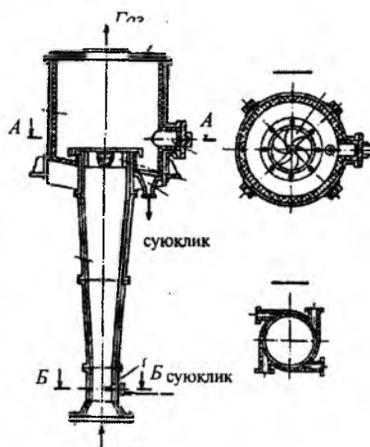
Чикинди газлар таркибидаги фторли бирикмаларни ажратиб олиш учун горизонтал пурковчи жували абсорбер ва вертикал ичи бўш пуркагичли абсорберлар қўлланилади. Ҳозирги кунда юқори самарали ва унумдорликка эга бўлган пуркагичли Вентури

абсорберлари кенг қўламда қўлланилмоқда. Бу турдаги абсорберлар газ фазасининг тезлиги 20...30 м/с.



7.41-расм. Вентури абсорбери:

- 1-конфузор; 2-мослама энг тор жойи;
- 3- диффузор; 4-сепарацион бұшлик;
- 5-циркуляцион труба, 6-қуйилиш трубаси;
- 7-томчи қайтаргич; 8-қобик.
- I- газ кириши; II- газ чикиши; III-суюклик кириши; IV-суюклик чикиши.



7.42-расм. Вентури трубаси (аэромикс) типидagi абсорбер:

- 1-тор, текис труба; 2-диффузор;
- 3-сепаратор; 4-сепаратор копкоғи; 5,7-түкиш штуцерлари;
- 6-томчи ажратгич.

Газ ва суюклик фазалари параллел йўналишда ҳаракатланади. Суюклик оқими ўртадан ёки четдан киритилиши мумкин. Вентури абсорберларининг ишчи ҳажми торайиш (конфузор), тор, ингичка текис труба ва аста-секин кенгайиш (диффузор) қисмлардан таркиб топган. Газ-суюклик аралашмаси аввал диффузорга узатилади, у ерда унинг тезлиги пасаяди. Сўнг, у сепарацион бўлимга ўтади ва у ерда суюқ фаза газдан ажратилади. Вентури абсорберлари форсункасиз ҳам бўлиши мумкин ва уларнинг гидравлик қаршилиги 1,2...1,5 кПа (120...150 мм.сув.уст.), фторни ажратиш даражаси 75...85%. Абсорбцион қурилмалар ўз ичига бир нечта Вентури абсорберлари ва сепарацион камераларини олади ва катта майдонларни эгаллайди. Ушбу абсорберлар камчилиги шундаки, катта ҳажмдаги пуркаладиган суюкликларни узатиш учун, хусусан, юқори коррозия фаолликка эга бўлган гексафторкремний кислотасини узатиш учун насос қўлланишидир.

Тезкор, пурковчи Вентури абсорберларининг яна бир тури – бу *аэромикс* лардир. Бу турдаги абсорберларда суюклик фазасини узатиш учун насос қўлланилмайди (7.42-расм). Ушбу конструкцияли абсорберлар соатига 50 минг м³ гача бўлган чикинди газларни тозалаш учун мўлжалланган.

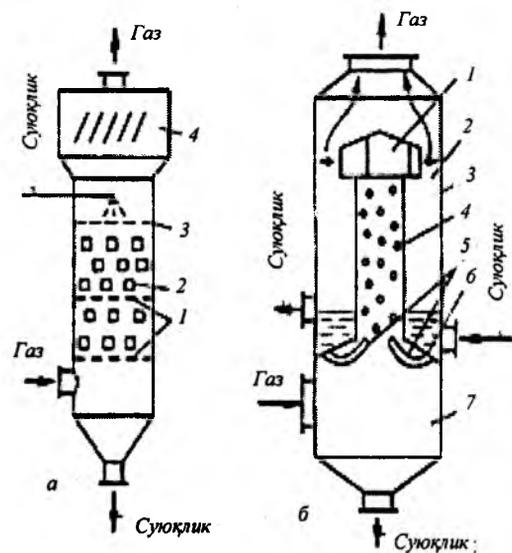
Аэромикс типидagi абсорберларда газ пастдан юқорига ҳаракатланади, пуркаладиган суюклик эса тангенциал йўналишда энг тор, текис труба жойидан узатилади. Газ фазасининг тезлиги 25...40 м/с ни, гидравлик қаршилиги 1,4...1,6 кПа ва фторсимон бирикмаларни ажратиш даражаси 80% ни ташкил этади. Диффузор орқали чиқаётган газ-суюклик оқими томчи ушлагичга ва сўнг сепараторга йўналтирилади. Сепараторда газ-суюклик оқимининг тезлиги 1,4...2 м/с гача пасаяди. Ушбу тезликда суюкликни газдан ажралиши тўлиқ бўлади. Пуркалаётган суюқ фаза сепараторнинг пастки қисмида тўпланади. Суюқ фаза түкиш штуцери орқали йиғичга ва пуркаш учун абсорберга ёки системадан чиқарилади. Одатда, аэромиксда суюқ фазанинг 1 м³ газга бўлган сарфи 3...5 дм³ ни ташкил қилади.

Катта ҳажмдаги чиқинди газлар (100 минг м³/соат) ни тозалаш учун интенсив ва самарали абсорбцион қурилмалар: ҳаракатчан (масалан, ҳалқасимон) насадкали ёки тезкор кўпикли абсорберлар қўлланилади [137,138].

Ҳаракатчан (ҳалқасимон) насадкали абсорбер учта камерага бўлинган цилиндрик қобикли қурилмадир (7.43а-расм).

Газ фаза қурилманинг пастки камерасига узатилади ва у ерда бир текисда тақсимланади. Пастки ва юқори камераларни тешикларининг улуши 50% бўлган таянч-тақсимловчи панжара ажратиб туради. Ушбу панжара устига ҳалқасимон насадка жойланади. Насадка ҳалқаларини яшаш учун суюқ фаза бардош турли полимер материал (масалан, полипропилен, пенопласт ва х.)лар ишлатилади. Қўзғалмас қатламли насадка баландлиги 0,15...0,2 м ни ташкил этади. Газнинг тезлиги 4...5 м/с бўлганда ўрта камерада насадка қатлами мавҳум қайнаш ҳолатига келади. Насадкалар қурилмадан учиб кетмаслиги учун ўрта камера юқори камерадан тешикларининг улуши 80-85% ли чегараловчи панжара билан ажратилган.

Газ ва пуркалаётган суюқлик қарама-қарши йўналишда ҳаракатланади ва контакт



7.43-расм. Ҳаракатчан насадкали (а) ва тезкор (б) абсорберлар:

- а - ҳаракатчан, ҳалқасимон насадкали; 1-таянч-тақсимловчи панжара; 2-ҳалқа насадка; 3-чегараловчи панжара; 4-томчи ушлагич;
 б - тезкор кўпикли абсорбер; 1 - марказдан қочма уюрмалагич; 2- ҳалқасимон камера; 3 - қобик; 4 - контакт патрубкиси; 5 - қуйилиш труба; 6 - конуссимон тўсиқ; 7 - пастки камера.

юзаси катта бўлган ўрта камерада ўзаро тўқнашади. Сўнг, газ сепараторли юқори камерага ўтади ва ундан атмосферага чиқарилади ёки кейинги тозалаш босқичига узатилади. Суюқ фаза қурилманинг пастки қисмидаги штуцер орқали тўкилади. Қурилманинг ишчи камерасида газ фазасининг тезлиги 4,5...11 м/с, абсорберни суюқлик билан пуркаш зичлиги 50...70 м³/(м²·соат). Ушбу турдаги қурилмалар насадкасиз ишлаганда ҳам абсорбция жараёнининг юқори самарадорлигини таъминлайди.

Кўпинча ҳаракатчан (ҳалқасимон) насадкали абсорберлар мустақил пуркаш цикли, кўп босқичли колонна (2...3 та тозалаш босқичли) кўринишида тайёрланади. Ушбу турдаги қурилмалар насадкасиз ишлаганда ҳам абсорбция жараёнининг юқори самарадорлигини таъминлайди. Бунинг учун суюқликни пуркаш зичлигини (кўпикли қатлам ҳосил қилиш) ва суюқлик циркуляциясининг қарралагини ошириш керак. Бундай қурилмаларда

газсимон турли жинсли системалар (масалан, фторли бирикмалар) ни ажратиш даражаси 98...99%.

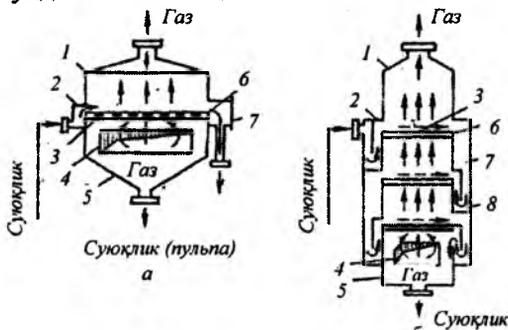
Тезкор кўпикли абсорбер цилиндрик қобикли бўлиб, унда қуйилиш трубакали ва контакт патрубкали цилиндрик тўсиқ ҳамда марказдан қочма уюрмалагич ўрнатилган (7.43б-расм).

Газ абсорбернинг пастки камера (газ тақсимлаш) сига, суюқ фаза эса ҳалқасимон камерадан қуйилиш трубалари орқали пастга тушаётганда газ фазаси билан тўқнашади. Ушбу тўқнашувда ҳосил бўлган газ-суюқлик аралашмаси кўпикли қатламни эслатади. Суюқликни газдан ажратиш марказдан қочма уюрмалагичда амалга оширилади, чунки суюқлик

тангенциал оқим билан сепарацион камеранинг ички деворига улоктирилади ва пастга қараб оқиб тушади, газ эса кейинги тозалаш босқичига ёки атмосферага чиқариб юборилади.

Контакт патрубкисида суюқлик пуркалиш зичлиги $150...250 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{соат})$ бўлади. Бу турдаги абсорберлар кўшимча суюқликнинг кичик сарфи ва циркуляцион насоссиз ҳам ишлаши мумкин, чунки эритманинг ички циркуляцияси жуда интенсив..

Бундай абсорберлар ҳам кўп босқичли қилиб тайёрланади. Контакт патрубкисининг кўндаланг кесимидаги газнинг тезлиги $14...25 \text{ м/с}$ ораликда бўлиши мумкин.



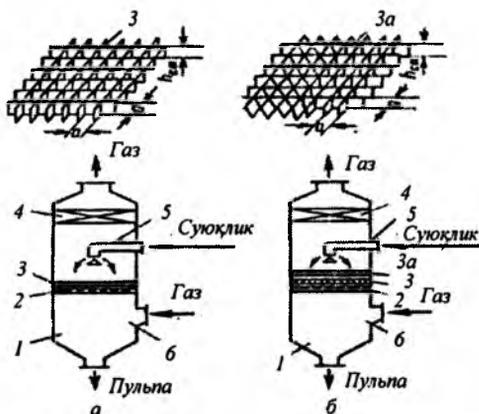
7.44-расм. Бир (а) ва кўп (б) токчали кўпикли абсорберлар:

1-қобик; 2-қабул қутиси; 3-панжара; 4-диффузор; 5-конуссимон дншче; 6-остона-тўсик; 7-тўкиш остонаси; 8-гидравлик затвор.

Бир босқичли абсорбернинг гидравлик қаршилиги $1,25...1,55 \text{ кПа}$, фторни ажратиш даражаси $98...99\%$.

Тезкор кўпикли абсорберларда газ-суюқлик оқимининг динамик кўпикли қатлам ҳосил бўлади ва у контактли патрубкда циркуляция қилади. Ушбу абсорбер самарали бўлгани билан, саноат миқёсида мўтадил кўпик қатламли абсорберлар кенг қўламда ишлатилмоқда [139]. Бу турдаги абсорберларда газ ва суюқлик оқимлари ўзаро кесишган ёки қарама-қарши йўналишларда ҳаракат қилади.

Кўпикли абсорберларнинг асосий конструктив элементи тешикли панжара бўлиб, устидаги кўпик қатлами билан бирга токча деб номланади [140]. Токчалар сонига қараб бир ёки кўп токчали кўпикли, тешикли панжарадан суюқликни олиш бўйича қуйилиш мосламали ва қарама-қарши йўналишли абсорберлар бўлади.



7.45-расм. Интенсивланган кўпикли қурилма:

а - битта мўтадиллагичли; б - иккита мўтадиллагичли; 1-қобик; 2-қарама-қарши йўналишли панжара; 3-кўпик мўтадиллагич; 3а-кўшимча мўтадиллагич; 4-томчи ушлагич; 5 - пуркаш мосламаси; 6 - диффузор.

Қуйилиш мосламали кўпикли абсорбер вертикал қобикли, ичида битта ёки бир нечта горизонтал тешикли панжаралар бўлади (7.44-расм. Тешикли панжарада тешиқлар юзасининг бутун панжара юзасига нисбати $\sim 10...40\%$ ораликда бўлиши мумкин.

Тешикли панжара устида кўпикли газ-суюқлик қатлами ҳосил бўлади. Бунда газ пастдан юқорига, суюқлик эса панжара бўйлаб горизонтал йўналишда ҳаракатланади. Кўпикли қурилмаларда суюқлик фазасининг панжара тешиқлари орқали пастга оқиб тушиш ва газ оқими билан томчиларнинг учиб чиқиш эҳтимоли бор.

Газ ва суюқлик фазаларининг қарама-қарши йўналишли кўпикли абсорберларида суюқликнинг бир тарелкадан иккинчисига ўтиши учун қуйилиш трубкалари йўқ. Бу турдаги қурилмаларда панжарага бериладиган суюқлик тешиқлар орқали оқиб тушади.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, кўпикли қатлам баландлиги фақат гидродинамик омиллар (газ тезлиги ва суюқликни пуркаш зичлиги) ва тешикли панжара характеристикалари билан ростланади.

Бу турдаги қурилмалар конструкциялари 7.45-расмда келтирилган.

Интенсивланган кўпикли қурилмаларда асосан икки турдаги панжаралар қўлланилади: тешикли ва тирқишли.

Кўпikli қурилмаларда жараёни жадаллаштириш учун панжара тешиклари ўлчамларини катталаштириш даркор деб ҳисоблашади [9]. Катта тешикли панжараларда фазаларнинг ўзаро тўқнашиши алоҳида эътиборга сазовор. Газ фазасининг тезлиги ортиши билан панжара тешигида фазаларнинг уюрмавий ўзаро таъсири туфайли иккиламчи кўпик ҳосил бўлади.

Қатламни мўътадилловчи панжарали кўпikli қурилма вертикал қобикли бўлиб, унинг ичида қарама-қарши йўналишли горизонтал панжара ўрнатилган. Тешикли панжарада кўпикни мўътадилловчи мослама, яъни вертикал ўрнатилган пластиналардан ячейкали панжара кўринишида бўлиб, оддий панжара устига ўрнатилади.

Газ одатда панжара ости бўшлиққа узатилади, сўнг панжарадан ўтади ва пуркалаётган суюклик ўзаро таъсири ҳисобига кўпikli қатлам барпо бўлади.

Тозаланган газ томчи ушлагич қурилмасига йўналтирилади ва қурилманинг тепа штуцери орқали атмосферага чиқарилади. Суюклик панжара тешиклари орқали ўтиб, қурилманинг остидаги штуцер орқали чиқарилади.

Кўпikli қурилмаларда тешикли панжара бирлик юзасига тўғри келадиган фазалар тўқнашиш юзаси катта. Лекин ушбу ижобий хосса катта тешикли панжараларда ва юқори тезлик (3 м/с ва ундан ортиқ) ларда намоён бўлади.

Тешикли панжара бирлик юзасига тўғри келадиган фазалар тўқнашиш юзаси A ($\text{м}^2/\text{м}^2$) куйидаги формулалардан аниқлаш тавсия этилади [140]:

– майда тешикли панжара учун

$$A = 496 \cdot w_z^{0,15} \cdot L^{0,4} \cdot S^{-2,15} \cdot d_o^{0,14} \cdot \rho_{ж}^{-1} \quad (7.93)$$

– трубади панжара учун

$$A = 809 \cdot w_z^{0,15} \cdot L^{0,45} \cdot S^{-2,4} \cdot d_{TP}^{0,14} \cdot \rho_{ж}^{-1,25} \quad (7.94)$$

– йирик тешикли панжара учун

$$A = 19,6 \cdot 10^3 \cdot w_z^{0,135} \cdot L^{0,5} \cdot S^{-2,47} \cdot d_E^{0,8} \cdot \rho_{ж}^{-1,25} \quad (7.95)$$

бу ерда, w_z – қурилма тўлиқ кўндаланг кесимидаги газ тезлиги, м/с; L – пуркаш зичлиги, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; S – панжара тешиклари юзасининг улуши, %; d_o, d_{TP}, d_E – панжара тешиклари диаметри, трубади диаметри ва тешикларининг эквивалент диаметри; $\rho_{ж}$ – суюклик зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$.

7.12.1. Абсорбцион қурилмалар гидравлик қаршилиги

Тарелкали қурилмаларнинг битта поғонасининг гидравлик қаршилиги умумий ҳолатда ташкил этувчиларнинг йиғиндисиди сифатида аниқланади:

$$\Delta P = \Delta P_{сyx} + \Delta P_{\sigma} + \Delta P_{z-ж} \quad (7.96)$$

бу ерда, $\Delta P_{сyx}$ – курук тарелка қаршилиги; ΔP_{σ} – сирт таранглик кучлари туфайли ҳосил бўлган қаршилик; $\Delta P_{z-ж}$ – тарелкадаги газ-суюклик қатламининг қаршилиги.

Абсорбцион қурилмаларни саноат миқёсида қўллаш шуни кўрсатдики, ΔP_{σ} нинг қиймати тарелканинг умумий қаршилигига сезиларли таъсир кўрсатмайди. Шунинг учун, тарелка гидравлик қаршилиги ушбу формуладан аниқлаш мумкин:

$$\Delta P = \Delta P_{сyx} + \Delta P_{z-ж} \quad (7.97)$$

Курук тарелка гидравлик қаршилиги контакт мослама деворидаги напорнинг йўқотилиши орқали ифодалаш мумкин

$$\Delta P_{сyx} = \xi \cdot \left(\frac{w^2}{2g} \right) \cdot \rho_z \quad (7.98)$$

бу ерда, ξ – курук тарелка гидравлик қаршилик коэффициенти; w – тарелка тешикларидаги газнинг тезлиги, м/с; g – эркин тушиш тезланиши, м/с²; ρ_z – газнинг зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Вентури труба (тор жойи диаметри $d_z=20$ мм ва диффузорнинг конуслик бурчаги $\alpha_{\theta}=8$) си учун $\Delta P_{z-ж}$ куйидаги формула ёрдамида ҳисоблаб топилади [104]:

бир текисдаги режим учун

$$\Delta P = \Delta P_{\text{сyx}} + \Delta P_{\text{г-ж}} \Delta P_{\text{г-ж}} = 0,008 \cdot w_{\text{г}}^{2,2} \cdot \left(\frac{L}{G}\right)^{1,1L} \quad (7.99)$$

пульсацион режим учун

$$\Delta P_{\text{г-ж}} = w_{\text{г}}^{1,03} \cdot \left(\frac{L}{G}\right)^{0,55} \quad (7.100)$$

бу ерда, $w_{\text{г}}$ – Вентури трубагининг энг тор кисмида газнинг тезлиги, м/с; L/G – суюкликнинг солиштирма сарфи, $\text{дм}^3/\text{м}^3$.

Инжекцион контакт мосламалар учун ΔP ни ҳисоблаш учун газ ва суюклик оқимларининг ҳаракати даврида ишқаланиш туфайли ҳосил бўладиган қаршиликни ҳам инобатга олиш зарур:

$$\Delta P = \frac{\xi w_{\text{г}}}{2g} \cdot (B \cdot L_{\text{г}} \cdot \gamma_{\text{ж}} + G_{\text{г}} \cdot \gamma_{\text{г}}) \quad (7.101)$$

бу ерда, $w_{\text{г}}$ – контакт тирқишдаги газнинг тезлиги, м/с; $G_{\text{г}}$ – газнинг ҳажмий сарфи, $\text{м}^3/\text{соат}$; $B = w_{\text{г,ж}}/w_{\text{г}}$ ($w_{\text{г,ж}}$ – контакт тирқишдаги суюқнинг тезлиги, м/с), $L_{\text{г}}$ – суюкликнинг ҳажмий сарфи, $\text{м}^3/\text{соат}$.

Секцияли куруқ тарелка гидравлик қаршилигини аниқлаш учун қуйидаги формула тавсия этилади:

$$Eu_{\text{сyx}} = \frac{\Delta P_{\text{сyx}}}{\rho_{\text{г}} w_{\text{кз}}} = 426 \cdot \left(\frac{d_{\text{ш}}}{d_{\text{кз}}}\right) \quad (7.102)$$

бу ерда, $d_{\text{ш}}$ – газ оқими ўтадиган тирқишнинг эквивалент диаметри, м; $d_{\text{кз}}$ – контакт тирқишнинг эквивалент диаметри, м; f – контакт тирқишлар юзасининг колонна тўлиқ кўндаланг кесимига нисбатининг улуши, %.

Бир текисдаги режимда тарелка учун гидравлик қаршилик $\Delta P_{\text{г-ж}}$ қуйидаги формуладан топилади:

$$Eu = 0,955 \cdot \left(\frac{La}{G}\right)^{0,8} \quad (7.103)$$

бу ерда, a – тарелка секциялари сони.

Юқори зичликда пуркалаётган контакт мосламанинг газ-суюклик аралашмаси қатламининг гидравлик қаршилигини ушбу формуладан аниқлаш тавсия этилади:

$$\Delta P_{\text{г-ж}} = 2,2 \cdot G^{0,65} \cdot L^{1,45} \cdot H^{0,36} \cdot d_{\text{тешик}}^{0,75f-1,95} \quad (7.104)$$

бу ерда, G – газнинг ҳажмий сарфи, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; L – пуркаш зичлиги, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; H – контакт труба узунлиги, м; $d_{\text{тешик}}$ – тешик диаметри, м; f – контакт труба кўндаланг кесим юзаси, % (колонна кесимига нисбатан).

Вентури абсорберининг тўлиқ гидравлик қаршилиги ташкил этувчиларнинг йиғиндиси сифатида аниқлаш мақсадга мувофиқ [137]:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{уск}} + \Delta P_{\text{к}} \quad (7.105)$$

$\Delta P_{\text{уск}}$ нинг қиймати труба ўлчамига боғлиқ бўлмагани учун ва умумий гидравлик қаршилик ΔP нинг бир неча ўндан бир улушига тенг бўлгани учун ҳисоблашларда инобатга олмаса ҳам бўлади.

Вентури труба учун газ-суюклик оқимининг кўтарилиши ҳисобига босимнинг йўқотилиши $\Delta P_{\text{к}}$ умумий қаршилик ΔP нинг 1...2% ни ташкил этади ва ушбу формула ёрдамида аниқланади [104]:

$$\Delta P_{\text{к}} = \left(1 + \frac{L}{G}\right) \cdot \rho_{\text{г}} \cdot g \cdot H \quad (7.106)$$

бу ерда, H – труба баланглиги, м.

(7.106) формулани инобатга олган ҳолда Вентури труба учун босимнинг умумий йўқотилиши ушбу формулада ҳисобланади:

$$\Delta P = (a + b \cdot d_c) \cdot \left(\frac{L}{G}\right)^{p+nd_r} + \left(1 + \frac{L}{G}\right) \cdot \rho_2 \cdot g \cdot H \quad (7.107)$$

бу ерда, a, b, p, n – ўзгармас коэффициентлар, d_c – Вентури трубагининг энг тор жойи диаметри, м.

Худди шу усулда, трубадаги ишқаланиш туфайли босимнинг йўқотилиши $\Delta P_{\text{ўж}}$ ни аниқлаш мумкин [104]:

$$\Delta P_{\text{ўж}} = \Delta P - \Delta P_{\text{под}} \quad (7.108)$$

Вентури трубасида (пуркагичсиз) $\Delta P_{\text{под}}$ аниқлаш учун ушбу формулалар таклиф этилади:

$$\Delta P_{\text{ўж}} = 465 \cdot w_2^{1,11} \cdot d_c^{0,4} \cdot \left(\frac{L}{G}\right)^{0,65d_c^{0,36}} \quad (7.109)$$

$$\Delta P_{\text{ўж}} = (840 \cdot d_c^{1,74} - 0,6) \cdot w_2^{0,54d_c^{0,33}} \cdot \left(\frac{L}{G}\right)^{\frac{d_c}{1,73d_c - 0,0107}} \quad (7.110)$$

Айрим олимлар босимнинг бир қисми суюқликни пуркаш ($h_{\text{дисп.}}$) учун сарфланади деб ҳисоблашади ва пуркагичсиз Вентури труба учун умумий қаршилиқни ушбу тенгликдан топишни тавсия этади [104]:

$$\Delta P = \frac{\xi \cdot (\gamma + l) \cdot w_2^2}{2 \cdot g} + (\gamma + l) \cdot h + h_{\text{дисп.}} \quad (7.111)$$

бу ерда, γ – газнинг солиштирма сарфи, кг/м³; l – суюқликнинг солиштирма сарфи, кг/м³; w_2 – энг тор жойдаги газ тезлиги, м/с.

(7.111) тенгламадаги $h_{\text{дисп.}}$ ни ҳисоблаш учун қуйидаги формула тавсия қилинади:

$$h_{\text{дисп.}} = 1,8 \cdot w_2^{1,08d_c^{0,63}} \quad (7.112)$$

Вентури трубади инжекцион тарелканинг умумий гидравлик қаршилигини ҳисоблаш учун ушбу формула қўлланилади [104]:

$$\Delta P = \frac{\xi_{\text{оп}} \cdot w^2 \cdot \rho_2}{2 \cdot g} \quad (7.113)$$

бу ерда, $\xi_{\text{оп}}$ – суюқлик билан пуркалаётган тарелка гидравлик коэффициентини.

$$\xi_{\text{оп}} = 3,3 \cdot \left[\frac{Q_{\text{ж}} \cdot \rho_2}{Q_2 \cdot \rho_{\text{ж}}} \right]^{0,46}$$

бу ерда, $Q_{\text{ж}}, Q_2$ – контакт патрубкаидаги суюқлик ва газ сарфлари, м³/с.

Газ ва суюқлик фазаларининг сарфига ҳамда соплло диаметрига қараб Вентури трубади инжекцион тарелканинг умумий гидравлик қаршилиги ушбу формуладан аниқланади:

$$\Delta P = 3720 \cdot L^2 \cdot d_c^{-4} \cdot \left(\frac{L}{G}\right)^{-1,54} \quad (7.114)$$

бу ерда, d_c – соплло диаметри, м; L, G – газ ва суюқлик фазалар сарфлари, кг/ч.

Пурковчи-уринма тарелкаларнинг тўлиқ гидравлик қаршилиги қуйидагича топилади:

$$\Delta P = 0,416 \cdot 10^{-6} \cdot w_0 \cdot d^{-4} \cdot h^{-2,31} \cdot L^{0,38} \quad (7.115)$$

бу ерда, w_0 – патрубкаидаги тезлик, м/с; d – патрубкаи диаметри, м; h – патрубкаи баландлиги, м; L – пуркаш зичлиги, м³/(м²·с).

Газ фазасининг ҳақиқий тезлигини ушбу формуладан топилади [138]:

$$w_3 = \frac{w_0 \cdot S}{S - \frac{q}{H}} \quad (7.116)$$

бу ерда, w_0 – патрубканинг тўла кўндаланг кесимига nisbatan тезлиги, м/с; S – патрубканинг тўла кўндаланг кесими, м²; q – суюклик захираси, м³; H – патрубканинг баландлиги, м.

$$\rho_{z-ж} = 9514 \cdot w^{-0,78} \cdot L^{0,92} \cdot H^{0,26} \quad (7.117)$$

$$\rho_{z-ж} = 0,023 \cdot L^{0,58} \cdot H^{0,24} \quad (7.118)$$

Кўпикли қурилмаларнинг гидравлик қаршилиги ушбу формуладан аниқланади:

$$\Delta P = \Delta P_{сyx} + \Delta P_{сн} + \Delta P_{\sigma} + \Delta P_a \quad (7.119)$$

бу ерда, $\Delta P_{сн}$ – кўпик қатламининг қаршилиги; ΔP_{σ} – сиртий тарангликни энгиш қаршилиги; ΔP_a – қурилма қобиғининг қаршилиги.

Панжара тешикларининг юзаси панжара $S \geq 0,18 \text{ м}^2/\text{м}^2$ бўлганда $\Delta P_{сyx}$ ни ҳисоблаш учун ушбу формуладан фойдаланиш мумкин [104]:

$$\Delta P_{сyx} = \frac{\xi_p \cdot \rho_z \cdot w_z^2}{2 \cdot g \cdot S^2} \quad (7.120)$$

бу ерда ξ_p – қурук панжаранинг маҳаллий қаршилиқ коэффициенти.

Кўпикли газ-суюклик қатламининг гидравлик қаршилиги $\Delta P_{сн}$ қуйидаги формула орқали аниқланиши мумкин:

– майда тешикли панжара учун

$$\Delta P_{сн} = 4,38 \cdot H_{\Pi} \cdot \rho_{ж} \cdot w_z^{-0,15}, \quad (7.121)$$

– трубади панжара учун

$$\Delta P_{сн} = 4,10 \cdot H_{\Pi} \cdot \rho_{ж} \cdot w_z^{-0,5} \quad (7.122)$$

– йирик тешикли панжара учун

$$\Delta P_{сн} = 3,97 \cdot H_{\Pi} \cdot \rho_{ж} \cdot w_z^{-0,5}. \quad (7.123)$$

Сиртий таранглик кучларини энгиш учун сарфланадиган босим йўқотилишларини ҳисоблаш учун ушбу формула тавсия этилади [140]:

– тешикли панжара учун

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4\sigma}{d_0} \quad (7.124)$$

– трубади панжара учун

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{2 \cdot \sigma}{b_{и}} \quad (7.125)$$

бу ерда, $b_{и}$ – тиркиш эни.

Одатда, қаршилиқ ΔP_{σ} нинг қиймати унча катта эмас.

Қурилма қобиғининг қаршилиги:

$$\Delta P_a = \frac{\xi_a \cdot w_z^2 \cdot \rho_z}{2} \quad (7.126)$$

бу ерда, ξ_a – қурилманинг маҳаллий қаршилиқ коэффициенти (контакт погонасиз).

Қарама-қарши йўналишли пуркалувчи қурилмаларнинг катта тешикли панжараларининг $S \geq 0,18 \text{ м}^2/\text{м}^2$ бўлганда умумий гидравлик қаршилиги ΔP ни ушбу формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин [9]:

$$\Delta P = \frac{\xi_p \cdot \rho_z \cdot w_z^2}{2 \cdot g \cdot S^2} + 3,97 \cdot H_{\Pi} \cdot \rho_{ж} \cdot w_z^{-0,5} + \frac{\xi_a \cdot w_z^2 \cdot \rho_z}{2} \quad (7.127)$$

Абсорбцион қурилмаларнинг гидравлик қаршилигига қараб нафақат энергия сарфи бўйича фикр юритса бўлади, балки жараённинг интенсивлигини ҳам аниқлаш мумкин,

чунки курилманинг асосий йўқотилишлари газ ва суюқлик фазалари ўртасидаги контакт юзасини шакллантиришга сарфланади. Масалан, саноат микёсидаги кўпikli курилмаларда $\Delta P_{сyx}$ нинг қиймати 100 дан 200 Па гача, $\Delta P_{сл}$ ники эса 200 дан 1500 Па гача.

7.13. Абсорберларни ҳисоблаш

Абсорберларни ҳисоблашда қуйидаги параметрлар аниқланади: абсорбент сарфи, курилманинг диаметри, баландлиги ва гидравлик қаршилиги. Бунинг учун эса қуйидаги параметрлар маълум ёки берилган бўлиши керак: газ сарфи, газ аралашманинг таркиби, бошланғич ва охириги концентрациялари, абсорбентдаги газнинг бошланғич концентрацияси.

Абсорбентнинг сарфи моддий баланс тенгламаси (7.7) дан топилади.

Абсорбернинг гидравлик қаршилиги курилманинг конструкцияси ва унинг гидродинамик режимига боғлиқ. Одатда гидравлик қаршилик газнинг оптимал тезлиги бўйича ҳисобланади, у эса ўз навбатида техник-иқтисодий ҳисоблашлар асосида аниқланади.

Абсорбер диаметри газнинг чизикли тезлигига биноан (7.61) тенгламадан ҳисобланади.

Абсорбер баландлиги эса, масса ўтказишнинг модификациялашган тенгламаси (7.65) дан топиш мумкин.

Юпка қатламли ва насадкали абсорберларни ҳисоблаш схемалари бир хилдир.

Юпка қатламли абсорберларни ҳисоблашда гидравлик қаршилик Дарси - Вейсбах тенгламасидан аниқланади:

$$\Delta p = \lambda \frac{H}{d_s} \frac{\rho w_H^2}{2}$$

бу ерда, λ – гидравлик қаршилик коэффициенти, H – юпка қатлам оқиб тушаётган юзанинг баландлиги, м; d_s – газ ҳаракатланаётган каналнинг эквивалент диаметри, м; $w_H = w + w_{sp}$ – газнинг нисбий тезлиги, м/с; w_{sp} – юпка қатлам ҳаракатининг ўртача тезлиги, м/с; ρ – газ зичлиги, кг/м³.

Юпка қатлам ҳаракатининг ўртача тезлиги w_{sp} (7.86) тенгламадан аниқланади.

Гидравлик қаршилик коэффициенти, газ ва юпка қатламлар, Рейнольдс критерийининг қийматларига боғлиқ. Суюқлик юпка қатламининг ҳаракат режимини аниқловчи Рейнольдс критерийси (7.88а) тенгламадан топилади.

Трубади абсорберлар диаметри газнинг сарфи ва тезлиги орқали (труба ички диаметрини маълум қийматига тенг деб қабул қилинади) аниқлаш мумкин.

Трубалар сони эса:

$$n = \frac{G}{0,785 w d^2 \rho_r} \quad (7.128)$$

бу ерда, G – газнинг массавий сарфи, кг/с.

Трубалар сони маълум бўлса, улар орасидаги масофа $t = (1,25 \dots 1,5) d_m$ ва трубанинг қалинлиги δ ни аниқлаб, абсорбернинг диаметри секундли сарф тенгламасидан аниқланади.

Трубалар баландлиги ҳамма трубаларнинг ички юзалари орқали аниқланади:

$$H = \frac{F_m}{n \cdot \pi \cdot d_{иц}} \quad (7.129)$$

бу ерда $F_m = n \pi d_{иц} H$.

Модификациялашган масса ўтказиш тенгламаси (7.63) ни ҳисобга олсак:

$$H = \frac{\mu}{n \pi d_{иц} \cdot K_{гв} \cdot \Delta y_{гп}}$$

Газ фазасидаги масса бериш коэффициентини ҳисоблаш учун қуйидаги критериял тенглама таклиф этилади:

$$Nu_{гг} = 0,023 \cdot Re_r^{0,83} \cdot Pr_{гг}^{0,43} \quad (7.130)$$

бу ерда, Re_r – газ оқими учун Рейнольдс критерийси; $Pr_{гг}$ – газ учун Прандтл критерийси.

Ушбу тенгламада аниқловчи ўлчам сифатида газ оқими ҳаракатланаётган каналнинг эквивалент диаметри қўлланилади.

Суюқ фазасидаги масса бериш коэффициентини ушбу тенглама ёрдамида ҳисоблаш мумкин: *суюқлик*

$$Nu_{ДС} = 0,069 Re_c^{0,33} \cdot Pr_{ДС}^{0,3} \cdot Ga^{0,167} \left(\frac{h}{d_s} \right)^{-0,5} \quad (7.131)$$

бу ерда, Re_c – суюқлик юпка қатлами учун Рейнольдс критерийси; $Pr_{ДС}$ – суюқлик учун Прандтл критерийси; Ga – Галилей критерийси; h – қурилма ишчи қисмининг баландлиги, м; d_s – юпка қатламининг эквивалент диаметри, м.

Re_c ни ҳисоблашда суюқлик юпка қатламининг оқиб тушиш тезлиги ишлатилади.

Насадкали абсорберларни ҳисоблашда куруқ насадкадаги напорнинг йўқотилиши ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\Delta p = \lambda \frac{H}{d_s} \frac{\rho_r w^2}{2}$$

Маълумки, напорнинг йўқотилиши насадка характери, газ тезлиги ва намланиш зичлигига боғлиқ.

Хўлланган насадка қаршилигини проф. А.Н.Плановский томонидан таклиф этилган формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$\Delta p = \Delta p_k \left[1 + 8,4 \cdot \left(\frac{L}{G} \right)^{0,4} \cdot \left(\frac{\rho_r}{\rho_c} \right)^{0,23} \right] \quad (7.132)$$

бу ерда, Δp_k – куруқ насадка гидравлик қаршилиги.

Абсорбер диаметри эса қуйидаги формуладан топилади:

$$D = \sqrt{\frac{G}{3600 \pi \rho_r \cdot w}}$$

бу ерда, G – газ сарфи, кг/соат; ρ_r – газ зичлиги, кг/м³; w – колонна бўш қўндаланг кесимидаги тезлик, м/с. Газ тезлиги (7.92) тенгламадан ҳисоблаб топилади.

Абсорбер баландлигини модификациялашган масса ўтказиш тенгламаси (7.65) дан аниқлаш мумкин.

Газ фазасидаги масса бериш коэффициентини ҳисоблаш учун қуйидаги критериал тенгламани қўллаш мумкин:

$$Nu_{ДГ} = 0,407 Re_r^{0,655} Pr_{ДГ}^{0,33} \left(\frac{h}{d_{эк}} \right)^{-0,47}$$

Ушбу тенгламада аниқловчи ўлчам сифатида насадканинг эквивалент диаметри $d_{эк}$ хизмат қилади. Re_r критерийсига насадка бўш каналларидаги газнинг тезлиги қўйилади.

Суюқ фазадаги масса бериш коэффициентини ҳисоблаш ушбу формулани қўллаш мумкин:

$$Nu_{ДС} = 0,00216 Re_c^{0,77} \cdot Pr_{ДС}^{0,5} \quad (7.133)$$

Формуладаги $Nu_{ДС}$ – юпка қатлам келтирилган қалинлигида ҳисобланган:

$$\delta_{эк} = \left(\frac{\mu_c^2}{g \rho_c^2} \right)^{0,33} \quad (7.134)$$

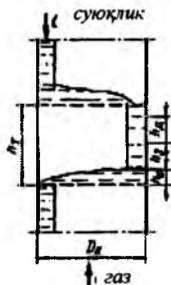
Тарелкали абсорберларни ҳисоблашда қурилманинг гидравлик қаршилиги, диаметри, баландлиги ва тарелкалар сони аниқланади.

Тарелка тури танлангандан сўнг, буг ёки газнинг рухсат этилган энг катта тезлиги аниқланади. Бунинг учун Киришбаум томонидан таклиф этилган формуладан фойдаланиш мумкин:

$$w_k = 0,05 \sqrt{\frac{\rho_c}{\rho_r}} \quad (7.135)$$

Колонна бўш қўндаланг кесимидаги газнинг тезлиги (0,8...0,9) w_k га тенг деб қабул қилинади. Замонавий қурилмаларда тарелкалар орасидаги масофа иложи борича кам бўлиши

керак. Тарелкалар орасида керакли гидравлик тамба ҳосил қилувчи минимал масофа ушбу ифодадан топилади (7.46-расм).



7.46-расм. Тарелкалар орасидаги минимал масофани ҳисоблашга оид.

патрубканинг қаршилигини ифодаловчи коэффициент.

$$h_T \geq h_D + h_3 + h_0 \quad (7.136)$$

бу ерда, h_D – суюқлик тезлигини ҳосил қилиш учун қуйилиш патрубкисидаги суюқлик устунининг баландлиги, м²; h_3 – гидравлик тамба ҳосил қилиш учун қуйилиш патрубкисидаги суюқлик устунининг баландлиги, м; h_0 – тарелкадан қуйилиш патрубкисининг пастки учигача бўлган масофа, м.

Қуйилиши патрубкисидаги суюқлик устунининг баландлиги:

$$h_D = \frac{w^2}{2g} (1 + \xi_1 + \xi_2) \quad (7.137)$$

бу ерда, w – қуйилиш патрубкисидаги суюқлик тезлиги, одатда 0,02...0,06 м/с ораликда бўлади; ξ_1 – патрубкдан чиқишдаги қаршилик коэффициенти, ξ_2 – қуйилиш

Ушбу коэффициентни қуйидаги формуладан топиш мумкин:

$$\xi_2 = \lambda \frac{l_k}{d_k}$$

бу ерда, λ – гидравлик қаршилик коэффициенти, l_k – қуйилиш патрубкиси ишчи узунлиги, ($h_D + h_3$) м; d_k – қуйилиш патрубкиси диаметри, м.

Суюқлик устунининг баландлиги h_3 тарелкалар орасидаги босимни тенглаштириб туради. Элаксимон тарелканинг гидравлик қаршилиги (Па) қуйидаги тенгламадан аниқланиши мумкин:

$$\Delta p = \Delta p_k + \Delta p_a + \Delta p_c \quad (7.138)$$

бу ерда, Δp_k – курук тарелка қаршилиги; Δp_a – сиртий таранглик кучларини енгиш учун зарур босимлар фарқи; Δp_c – тарелкадаги суюқлик устунининг қаршилиги.

Δp_a суюқликнинг сиртий таранглик катталигига қараб аниқланади:

$$\Delta p_a = \frac{4\sigma}{d_0} \quad (7.139)$$

бу ерда, σ – фазалар чегарасидаги сиртий таранглик, Н/м; d_0 – тарелка тешигининг диаметри, м.

Курук тарелка Δp_k ва ундаги суюқлик устунининг қаршилиги Δp_c лар проф. А.Н.Плановский тавсия этган формулалардан ҳисоблаб топилиши мумкин:

$$\Delta p_k = 1,83 \frac{w_0^2 \cdot \rho_l}{2} \quad (7.140)$$

$$\Delta p_c = 1,3 k h + \sqrt[3]{k \cdot \Delta h} \quad (7.141)$$

бу ерда, w_0 – тарелка тешикларидаги газ оқимининг тезлиги, м/с; $k=0,5$ – тарелкадаги кўпик зичлигининг суюқлик зичлигига нисбати; h – қуйилиш остонаси баландлиги, м; Δh – остона атрофидаги барботаж бўлмаган суюқлик баландлиги, м;

$$\Delta h = \sqrt{\left(\frac{4}{\varphi b}\right)^2} \quad (7.142)$$

бу ерда, L – суюқлик массавий сарфи, кг/соат; φ – қуйилиш тўсигидан ўтаётган суюқликнинг сарф коэффициенти ($\varphi=6400...10000$); b – қуйилиш тўсигининг эни, м.

Қалпоқчали тарелканинг гидравлик қаршилиги ушбу тенгликдан аниқланади:

$$\Delta p = \Delta p_k + \Delta p_{тур} + \Delta p_c \quad (7.143)$$

бу ерда, Δp_k – қалпоқчали тарелкадан газ оқими ўтишидаги босимнинг йўқотилиши, Па; $\Delta p_{тур}$ – қалпоқчали тарелка тирқишидан газ ўтиши пайтидаги босимнинг йўқотилиши, Па; Δp_c – тарелкадаги суюқлик устунининг қаршилиги, Па.

Қалпоқчали тарелканинг гидравлик қаршилиги Δp_k ни, маҳаллий қаршилиқларни енгитиш пайтидаги босимлар йўқотилишларнинг йиғиндисини орқали топиш мумкин. Одатда қалпоқчанинг ҳамма кўндаланг кесимларида газ оқими тезлиқлари тенг бўлса, гидравлик қаршилиқ минимал бўлади:

$$\frac{\pi d_n^2}{4} = \pi d_n \cdot h_k = \frac{\pi}{4} \cdot (d_k^2 - d_n^2) \quad (7.144)$$

бу ерда, d_n – патрубк диаметри, м; d_k – қалпоқча диаметри, м; h_k – қалпоқча ва патрубк орасидаги масофа, м.

Диаметри 40...60 мм ва буғ патрубкларининг кесим юзалари колонна кўндаланг кесим юзасига нисбати 0,1...0,15 бўлган қалпоқчалар энг яхши гидродинамик характеристикаларга эга.

Қалпоқчанинг қаршилиги ушбу формуладан топилиши мумкин:

$$\Delta p_k = \sum \xi \cdot \left(\frac{w^2 \rho_f}{2} \right)$$

бу ерда, w – патрубкдаги газ тезлиги, м/с; $\sum \xi$ – ҳамма қаршилиқлар йиғиндисини.

Қалпоқча тирқишларининг қаршилиги эса:

$$\Delta p_{тир} = \xi_{тир} \left(\frac{w_{тир}^2 \cdot \rho_f}{2} \right) + \Delta p_a$$

бу ерда, $\xi_{тир} = 1,5$ – тирқишдан газ ўтишидаги маҳаллий қаршилиқ коэффициентини; $w_{тир}$ – тирқишдаги газ тезлиги, м/с; Δp_a – сиртий таранглик кучлари туфайли ҳосил булган қаршилиқ.

Ушбу ҳолатда:

$$\Delta p_a = \frac{4\sigma}{d_r}$$

бу ерда, d_r – тирқиш очик тешигининг гидравлик диаметри, м.

Суюқлик устунининг қаршилиги (5.102) формуладан ҳисоблаб топиш ҳам мумкин.

Абсорбер даиаметри (5.62) тенгламадан ҳисобланади.

Агар тарелкалар сони n ва улар орасидаги масофа h_z маълум бўлса, абсорберлар баландлиги ушбу формуладан топилади:

$$H = h_r n + h_a \quad (7.145)$$

бу ерда, h_a – энг юкори тарелка ва абсорбер копоғи орасидаги масофа, м.

Масса ўтказиш коэффициентлари (5.82), (5.83) формулалардан аниқланади.

Тарелкали абсорберларда газ фазасида масса бериш коэффициентини проф. Г.П.Саламаха томонидан келтириб чиқарилган тенглама орқали ҳисоблаб топилиши мумкин: қалпоқчали тарелкалар учун:

$$Nu_{D_2} = 0,265 \cdot Re_z \cdot Pr_{De}^{0,5} \cdot We^{-0,32} \quad (7.146)$$

куйилиш мосламали элаксимон тарелкалар учун:

$$Nu_{D_2} = 2,5 \cdot Re_z^{0,72} \cdot Pr_{De}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \quad (7.147)$$

пластинали ва элаксимон тарелкалар учун:

$$Nu_{D_2} = 1,53 \cdot Re_z^{0,72} \cdot Pr_{De}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \quad (7.148)$$

бу ерда, $We = \sigma / g \rho_c h_{cm}^2$ – Вебер критерийси. Бу ерда σ – сиртий таранглик, Н/м; ρ_c – суюқлик зичлиги, кг/м³; h_{cm} – тарелкадаги статик суюқлик қатламнинг баландлиги, м.

Nu_{D_2} ва Re критерийларида чизикли ўлчам бўлиб капилляр константа χ ҳисобланади ва $\chi = \sqrt{(\sigma / \rho_c \cdot g)}$ ифода орқали аниқланади. Суюқ фазадаги масса бериш коэффициентини ҳисоблаш учун ушбу формуладан фойдаланиш тавсия этилади:

$$Nu_{D_c} = 540 \cdot Re_c^{0,33} \cdot Pr_{жс}^{0,45} \quad (7.149)$$

Тенгламадаги *Re* критерийсини ҳисоблашда *n* параметр ўрнига колонна бўш кўндаланг кесимидаги газнинг тезлиги қўйилади.

7.13.1. Насадкали абсорбер ҳисоби

Хаво таркибидаги SO_2 сув ёрдамида ажратиб олиш учун насадкали абсорбер ҳисоблансин .

Бошланғич маълумотлар:

1. Нормал шароитда газ бўйича унумдорлик - $V_0 = 4 \text{ м}^3/\text{с}$.
2. Нормал шароитда газдаги SO_2 нинг концентрацияси:
абсорберга киришда - $y_n = 8\%$;
абсорбердан чиқишда - $y_x = 0,4\%$.
3. Абсорбент ортиқчалиги демак, - 20% ,

$$\epsilon = \frac{100 + 20}{100} = 1,2$$

4. Абсорбция жараёни босими - $P = 1013 \text{ кПа}$.
5. Абсорбция жараёни температураси - $t = 25^\circ\text{C}$.
6. Ютувчи мой таркиби таркибидаги SO_2 миқдори - $x_n = 0\%$.
7. Кокс насадканинг диаметри - $D = 25 \text{ мм}$.

Аниқлаш керак:

1. Ютилаётган газ миқдорини - G_{SO_2} , кг/ с.
2. Абсорбент сарфини - L , кг/ с.
3. Абсорбер диаметрини - D_k , м.
4. Колонна баландлигини - H_k , м.
5. Гидравлик қаршилиқни - Δp , кПа.
6. Қурилма асосий деталларининг механик ҳисоби.

1. Ютилаётган SO_2 газининг миқдорини аниқлаш

Ютилаётган SO_2 газининг миқдорини қуйидаги формуладан топилади:

$$G_{SO_2} = (V \cdot y_n \cdot M_{SO_2} \cdot \alpha) / 22,4 \text{ кг/ с}$$

бу ерда, y_n —газ аралашмадаги SO_2 нинг концентрацияси, моль улушларда, кмоль SO_2 /кмоль аралашма; M_{SO_2} — SO_2 молекуляр масса, кг/кмоль; α — SO_2 ни ажратиш коэффициенти; 22,4 — 1 кмоль газ эгаллаган ҳажм, м³.

Газ аралашмасидаги SO_2 нинг бошланғич концентрацияси ушбу формуладан аниқланади:

$$Y_H = (Y_n / M_{SO_2}) / M_{SO_2} + (100 - y) / M_{\text{хаво}} \cdot \text{кмоль } SO_2 / \text{кмоль аралашма}$$

бу ерда, $Y_n = 8\%$ — SO_2 нинг аралашмадаги бошланғич концентрацияси; молекуляр масса SO_2 — $M_{SO_2} = 64 \text{ кг/кмоль}$ — ва хавонинг молекуляр массаси — $M_{\text{хаво}} = 29 \text{ кг/кмоль}$ [130].

$$Y_H = (8/64)/(8/64 + (100-6)/29) = 0,038 \text{ кмоль } SO_2 / \text{кмоль арал.}$$

SO_2 ни ажратиб олиш коэффициенти ушбу формуладан топилади:

$$\alpha = (Y_H - Y_K) / Y_H = \frac{8 - 0,4}{8} = 0,95$$

Унда, ютилаётган SO_2 нинг миқдори қуйидаги формуладан аниқланади:

$$G_{SO_2} = (4 \cdot 0,038 \cdot 64 \cdot 0,95) / 22,4 = 0,41 \text{ кг/ с}$$

2. Абсорбент сарфини аниқлаш

Абсорбент сарфи ушбу формуладан топилади:

$$L = G_{SO_2} \varepsilon / (X_K - X_H), \text{ кг} / \text{с}$$

бу ерда, X_K, X_H^* – абсорбентдаги SO_2 нинг бошланғич ва охириги концентрациялари, нисбий массавий бирликларда ифодаланган, $\text{кг} \cdot SO_2 / \text{кг} \cdot H_2O$.

Газ аралашмасидаги SO_2 нинг охириги концентрацияси ушбу формуладан топилади:

$$X_K^* = (M_{SO_2} x_K^*) / M_{H_2O} (1 - x_K^*), \text{ кг} SO_2 / \text{кг} H_2O$$

бу ерда, x_K^* – газ фазадаги SO_2 нинг бошланғич концентрацияси билан мувозанатда бўлган абсорбентдаги SO_2 нинг моль микдори, $\text{кмоль} SO_2 / \text{кмоль} (SO_2 + H_2O)$.

x_K^* ни ушбу ифодадан аниқлаш мумкин:

$$X_K^* = y_H \Pi / K, \text{ кмоль} / \text{кмоль} (SO_2 + H_2O)$$

бу ерда, K – сувли эритмалар учун Генри коэффициенти [128]. Температура $t = 25^\circ C$ да SO_2 нинг сувли эритмалари учун Генри коэффициенти $K = 4093 \text{ кПа}$; $\Pi = 1013 \text{ кПа}$ – абсорбция босими.

Аввал, адсорбентдаги SO_2 нинг мувозанат моль улушини ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$X_K^* = 0.038 \cdot 1013 / 4093 = 0.0094 \text{ кмоль } SO_2 / \text{кмоль} (SO_2 + H_2O).$$

Сўнг, адсорбентдаги SO_2 нинг охириги мувозанат концентрациясини ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$X_K^* = (64 \cdot 0.0094) / 18 \cdot (1 - 0.0094) \text{ кг} SO_2 / \text{кг} H_2O.$$

Ниҳоят, абсорбент сарфини куйидаги тенгламадан топамиз:

$$L = (G_{SO_2} \varepsilon) / (X_K^* - X_H) = 0.41 \cdot 1.2 / (2.46 \cdot 10 - 3) = 14.47 \text{ кг} / \text{с}$$

Адсорбент таркибидаги SO_2 нинг ҳақиқий концентрацияси ушбу формуладан топилади:

$$X_K = G_{SO_2} / L.$$

Унда, абсорбердан чиқаятган адсорбент таркибидаги SO_2 нинг концентрацияси куйидагига тенг бўлади:

$$X_K = 0.41 \cdot 14.47 = 0.028 \text{ кг} SO_2 / \text{кг} H_2O.$$

3. Абсорбер диаметрини аниқлаш

Насадка материали ва турини танлаймиз [128]. Насадка сифатида нотўғри шаклли, бўлак ҳолатидаги коксни танлаймиз. Кокс ҳалқалари арзон ва тузилиши содда бўлгани учун жуда кўп ишлатилади.

Насадка тури - кокс донасимон;

Солиштира юза - $\sigma = 120 \text{ м}^2 / \text{м}^3$;

Бўш ҳажм - $V_{св} = 0.532 \text{ м}^3 / \text{м}^3$;

Тўкма зичлиги - $G_{нас} = 600 \text{ кг} / \text{м}^3$;

Эквивалент диаметр куйидагига тенг:

$$d_3 = 4V_{св} / \sigma = 4 \cdot 0.532 / 120 = 0.0177 \text{ м}$$

Абсорбер ҳисоби оптимал гидродинамик режим учун бажарилади. Абсорбердаги ишчи тезлик куйидаги тенгламадан фойдаланиб аниқлаш мумкин.

$$Re_y = 0.045 \cdot Ar^{0.57} \cdot (G_y L)^{0.43}$$

Газнинг тезлиги ушбу формуладан топилади:

$$w = (Re_y \mu_y) / (d_3 \rho_y),$$

бу ерда, μ_y – газ аралашмасининг ковшоклик коэффициенти, $\text{Па} \cdot \text{с}$.

Ишчи тезликни аниқлашнинг бошқа усули ҳам мавжуд ва ушбу кўринишга эга [128, 292-бет]:

$$w = (0,6 - 0,85) \cdot w_o$$

Эмульгацион режим ҳосил бўлишига тўғри келадиган тезлик w_o (колонна тўлиқ кўндаланг кесимига ҳисобланганда), куйидаги тенгламадан топилади [128, 292-бет]:

$$\lg[w_o 2\sigma\rho_x \mu_x 0.16 / gV_{cm}^3(\rho_x - \rho_y)] = 0.022 - 1.75 \cdot (L/G)^{0.25} \cdot (\rho_y / \rho_x - \rho_y)^{0.125}$$

бу ерда, ρ_y – ишчи шароитда газ фазасининг ўртача зичлиги, кг/м³; μ_x – сувнинг қовушқоқлиги, мПа·с; ρ_x – ишчи шароитда сувнинг ўртача зичлиги, кг/м³; L – абсорбент зичлиги, кг/с; G_y – газ сарфи, кг/с.

Газ аралашмасининг ўртача зичлиги ушбу формуладан топилади:

$$\rho_y = \rho_{cm}^{sp} \cdot T_0 P / (T \cdot P_0),$$

бу ерда, ρ_{cm}^{sp} – ишчи шароитда газ аралашмасининг ўртача зичлиги, кг/м³; $T_0 = 0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$; T – температура, К, $P_0 = 760 \text{ мм сим. уст.} = 101300 \text{ Па}$.

Газ аралашмасида SO_2 нинг моль улушлардаги охириги концентрацияси ушбу формуладан топилади:

$$Y_x = (y_x / M_{\text{SO}_2} + (100 - y_x) / M_{\text{возд.}}) \text{ кмоль } \text{SO}_2 / \text{кмоль арал.}$$

бу ерда $y_x = 6\%$ (масс.) – аралашмадаги SO_2 нинг охириги концентрацияси .

$$y_x = (0,4 / 6,4) / (0,4 / 6,4 + 99,6 / 29) = 0,0018 \text{ кмоль } \text{SO}_2 / \text{кмоль арал.}$$

Колоннанинг юқори ва пастки қисмларидаги SO_2 нинг концентрацияси ушбу формуладан аниқланади:

$$y_{\text{SO}_2}^H = 0,038; \quad y_{\text{SO}_2}^B = y_x$$

SO_2 нинг ўртача концентрацияси куйидаги формула орқали топилади:

$$y_{\text{SO}_2}^{sp} = \frac{y_{\text{SO}_2}^H + y_{\text{SO}_2}^B}{2} = \frac{0,038 + 0,0018}{2} = 0,0199;$$

Ҳавонинг ўртача концентрацияси:

$$y_x^{sp} = 1 - y_{\text{SO}_2}^{sp}$$

$$y^{sp \text{ возд.}} = 1 - 1 - 0,0199 = 0,9801$$

Газ аралашмасининг ўртача зичлиги ушбу формуладан топилади:

$$\rho_{cm}^{sp} = \rho_{\text{SO}_2}^{sp} y_{\text{SO}_2}^{sp} + \rho_{\text{возд.}} = (M_{\text{SO}_2} / 22,4) y_{\text{SO}_2}^{sp} + M_{\text{возд.}} / 22,4 y^{sp \text{ возд.}} \text{ кг / м}^3;$$

$$\rho_{cm}^{sp} = 64 / 22,4 \cdot 0,0199 + 29 / 22,4 \cdot 0,9801 = 1,32 \text{ кг / м}^3$$

$$\rho_y = \rho_{cm}^{sp} (T_0 P) / (T P_0) = 1,32 \cdot (273 \cdot 1013) / (298 \cdot 1013) = 1,18 \text{ кг / м}^3$$

Газ аралашмасининг ўртача молекуляр массаси ушбу формуладан аниқланади:

$$M_{cm} = M_{\text{SO}_2} y_{\text{SO}_2}^{sp} + M_{\text{возд.}} y^{sp \text{ возд.}} \text{ кг / кмоль};$$

$$M_{cm} = 64 \cdot 0,0199 + 29 \cdot 0,9801 = 29,69 \text{ кг / кмоль}$$

Газнинг сарфи куйидаги формуладан топилади:

$$G_y = V M_{cm} / 22,4;$$

$$G_y = 4 \cdot 29,69 / 22,4 = 5,3 \text{ кг / с}$$

Газ аралашмасининг қовушқоқлик коэффициентини ушбу формуладан аниқланади:

$$\mu_y = M_{cm} / ((M_{\text{SO}_2} / \mu_{\text{SO}_2}) y_{\text{SO}_2}^{sp} + (M_{\text{возд.}} / \mu_{\text{возд.}}) y^{sp \text{ возд.}}),$$

бу ерда $\mu_{\text{SO}_2} = 0,012 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$; $\mu_{\text{возд.}} = 0,18 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$; – SO_2 ва ҳавонинг динамик қовушқоқлик коэффициентлари, $t = 25^\circ\text{C}$ температурада [128, 556–557 бет].

Ҳамма кўрсаткичларни ўрнига қўйиб куйидагини оламир:

$$\lg[w_o \cdot 120 \cdot 1,18 \cdot 0,8016] / 1,18 \cdot 0,5323 \cdot (1000 - 1,18)] =$$

$$= [0,022 - 1,75 \cdot (14,47 / 5,3) \cdot 0,25 \cdot (1,18 / (1000 - 1,18) \cdot 0,125)],$$

бундан $w_0 = 11,11$ м/с.

Унда, ишчи тезлик куйидагига тенг бўлади

$$w = 0,8 \cdot 11,11 = 8,88 \text{ м/с}$$

Аралашманинг сарфи куйидаги формуладан топилади:

$$V = V((P_0 T) / P T_0);$$

бу ерда $P_0 = 101300$ Па, $T_0 = 273$ К.

$$V = \frac{4 \cdot 101300 \cdot 298}{101300 \cdot 273} = 4,37 \text{ м}^3/\text{с}$$

Абсорбер диаметри ушбу формуладан топилади:

$$D_K = 4 \cdot V / \pi \cdot w = 4 \cdot 4,37 / 3,14 \cdot 8,88 = 0,79 \text{ м}$$

$$V = V((P_0 T) / P T_0);$$

Каталогдан $D_K = 800$ мм ли стандарт колоннани танлаймиз [70]:

Газ оқимининг ҳақиқий тезлиги:

$$w_0 = (D_K / D_K) 2w,$$

$$w_0 = (0,79 / 0,8) \cdot 2 \cdot 8,88 = 17,54 \text{ м/с}$$

Суюкликни пуркаш зичлигини аниқлаймиз [77]:

$$U = L / (\rho_{ж} \cdot 0,785 \cdot D_K^2) = 14,47 / (1000 \cdot 0,785 \cdot 0,8^2) = 0,0288 \text{ м}^3 \cdot \text{с} = 103,68 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \cdot \text{ч}.$$

$$U_{\text{ном}} = 5 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{ч} [77, \text{с.667}]; \quad U (=10368) > (U_{\text{ном}} = 5).$$

$U > U_{\text{ном}}$, бўлгани учун кокс насадкасини танлаймиз.

4. Колоннанинг пастки қисмида ҳаракатга келтирувчи кучни аниқлаш

Колоннанинг пастки қисмида ҳаракатга келтирувчи куч ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$\Delta P_H = P_n^{SO_2} - P_n^{*SO_2},$$

бу ерда, $P_n^{SO_2}$ - абсорберга киришдаги SO_2 нинг парциал босими; $P_n^{*SO_2}$ - абсорбердан чиқётган суюклик билан мувозанатдаги SO_2 газининг парциал босими.

Абсорберга киришдаги SO_2 нинг парциал босими:

$$P_n^{SO_2} = Y_H \cdot P;$$

$$P_n^{SO_2} = 0,038 \cdot 1013 = 38494 \text{ кПа}.$$

Суюк фазада SO_2 нинг охирги концентрациясидаги моль улуши ушбу формуладан топилади:

$$X_K = (X_K / M_{SO_2}) / (X_K / M_{SO_2} + 1 / M_{H_2O}), \text{ кмоль } SO_2 / \text{кмоль } (SO_2 + H_2O);$$

$$x_K = (0,028/64) / (0,028/64 + 1/18) = 0,0078125, \text{ кмоль } SO_2 / \text{моль } (SO_2 + H_2O);$$

Абсорбердан чиқишда суюклик билан мувозанатдаги SO_2 газининг парциал босими ушбу формуладан топилади:

$$P_n^{*SO_2} = K \cdot x_K;$$

$$P_n^{*SO_2} = 4093 \cdot 0,0078125 = 31,976 \text{ кПа}.$$

Колоннанинг пастки қисмидаги ҳаракатга келтирувчи куч куйидаги формуладан топилади:

$$\Delta P_H = 38,494 - 31,976 = 6,52 \text{ кПа}.$$

5. Колоннанинг юқори қисмидаги ҳаракатга келтирувчи кучни аниқлаш

Колоннанинг юқори қисмидаги ҳаракатга келтирувчи куч куйидаги формуладан топилади:

$$\Delta P_g = P_g^{SO_2} - P_g^{*SO_2},$$

бу ерда, $P_g^{SO_2}$ – абсорбер тепасидан чиқайтган газдаги SO_2 нинг парциал босими, $P_g^{*SO_2}$ – сув билан мувозанатдаги газда SO_2 нинг парциал босими:

$$P_H^{SO_2} = Y_K \Pi;$$

$$P_H^{SO_2} = 0,018 \cdot 1013 = 1,8234 \text{ кПа.}$$

Абсорберда тоза сув пуркалгани учун сув билан мувозанатдаги SO_2 нинг парциал босими нолга тенг ($P_g^{*SO_2} = 0$); унда, колонна тепа қисмидаги абсорбция жараёнининг ҳаракатга келтирувчи куч қуйидаги формуладан топилади:

$$P_g = P_g^{SO_2} - P_g^{*SO_2} = 1,8234 - 0 = 1,8234 \text{ кПа.}$$

Ҳамма олинган маълумотлар ўз ўрнига қўйилгандан кейин абсорбция жараёнини ҳаракатга келтирувчи куч ушбу формуладан аниқлади:

$$\Delta P_{op} = (\Delta P_H - \Delta P_g) / (2,3 \cdot \lg \Delta P_H / \Delta P_g) = (6,52 - 1,8234) / (2,3 \cdot \lg(6,52 / 1,8234)) = 3,7 \text{ кПа}$$

6. Масса ўтказиш коэффициентини аниқлаш

Масса ўтказиш коэффициенти $K_{\Delta P}$ адабиётда келтирилган формуладан аниқланади [130]. Тенгламадаги φ ушбу формула орқали топилади:

$$\varphi = KM_{H_2O} / \rho_{H_2O}$$

бу ерда, K – сувли эритмалар учун Генри коэффициенти [130, 539-бет]. $t = 25^\circ\text{C}$ да SO_2 нинг сувли эритмаси учун Генри коэффициенти $K = 4093$ кПа.

Сувнинг молекуляр массаси ва зичлиги:

$$M_{H_2O} = 18 \text{ кг / кмоль}; \quad \rho_{H_2O} = 1000 \text{ кг / м}^3.$$

$$\varphi = 4093 \cdot 18 / 1000 = 73,673.$$

Газ фазаси томонидан масса бериш коэффициенти ушбу формуладан топилади:

$$\beta_y = Nu D_y \rho_y / (d_s P_{ин} M_{см}),$$

бу ерда, D_y – ҳавода SO_2 нинг диффузия коэффициенти; $\rho_y = 1,18 \text{ кг/м}^3$ – газ фазасининг ўртача зичлиги; $d_s = 0,0177 \text{ м}$ – насадка эквивалент диаметри; $P_{ин}$ – газ аралашмасидаги инерт газ (хаво) нинг ўртача парциал босими, кПа; $M_{см}$ – газ аралашмасининг ўртача молекуляр массаси, кг/кмоль.

Рейнольдс критерийси:

$$Re_y = 4w\rho_y / \sigma_{\mu_y} = 4 \cdot 8,88 \cdot 1,18 / (120 \cdot 0,017 \cdot 10^{-3}) = 159840$$

Диффузия коэффициенти ушбу формуладан топилади:

$$D_y = D_0 (\Pi_0 / \Pi) (T / T_0)^{3/2}, \text{ м}^2 / \text{с}$$

бу ерда, $D_0 = D_{SO_2} = 10,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – ҳавода SO_2 газининг диффузия коэффициенти [130, 540-бет].

Экспериментал маълумотлар йўқлигида A газнинг B газдаги (ёки B газнинг A газдаги) молекуляр диффузия коэффициенти ушбу формулада ҳисобланиши мумкин [130, 288-бет]:

$$D_0 = D_{SO_2} = 10,3 \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2 / \text{с}$$

бу ерда, T – температура, K , p – босим (абсолют), $\text{кг}\cdot\text{к}/\text{см}^2$; V_A и V_B – A ва B газларнинг моль ҳажмлари [130, 288-бет]; M_A ва M_B – A ва B газларнинг моль массалари, $\text{кг}/\text{кмоль}$.

Прандтл критерийси

$$Pr' = \mu / \rho_y D_y = 0,017 \cdot 10^{-3} / 9,18 \cdot 1,171 \cdot 10^{-6} = 0,94$$

Нуссельт критерийси:

$$Nu' = 0,027 \cdot Re_y^{0,8} (Pr')^{0,33} = 0,027 \cdot 159840^{0,8} \cdot 0,94^{0,33} = 384,98$$

Инерт газнинг ўртача парциал босими ушбу формуладан аниқланади:

$$P_{ин} = \Pi - p_{SO_2} = \Pi - y_{SO_2}^y \cdot \Pi = \Pi (1 - y_{SO_2}^y);$$

$$P_{ин} = 101,3 \cdot (1 - 0,0199) = 99,28 \text{ кПа}$$

Газ фазаси томонидан масса бериш коэффициентни ушбу формуладан топилади:

$$\beta_y = (384,98 \cdot 11,71 \cdot 10^{-6} \cdot 1,18) / (0,0177 \cdot 1010,48 \cdot 48 \cdot 29,53) = 78,35 \cdot 10^{-6} \text{ кмоль} / \text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кПа}.$$

Суюқ фаза томонидан масса бериш коэффициентни ушбу формуладан аниқланади:

$$\beta_x = (Nu_x D_x) / d_n, \text{ кмоль} / \text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кПа},$$

бу ерда, Nu_x – суюқ фаза учун Нуссельт критерийси; D_x – диффузия SO_2 нинг сувдаги диффузия коэффициенти, $\text{м}^2/\text{с}$; $d_n = 0,0177 \text{ м}$ – насадка эквивалент диаметри.

SO_2 нинг сувдаги диффузия коэффициенти $D_x = D_{SO_2} \cdot b_{H_2O} = 0,604 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$ [130, 540-бет] ёки 20°C температурада тахминий формула ёрдамида ҳисобланади [130, 289-бет]:

$$D_x = (1 \cdot 10^{-6}) / (AB \mu[(v_A)^{1/3} + (v_B)^{1/3}]) : 1/M_A + 1/M_B,$$

бу ерда D_x – диффузия коэффициенти, $\text{м}^2/\text{с}$; A и B – эриган модда ва эритувчи хоссаларига боғлиқ коэффициентлар, (A ва B нинг айрим моддалар учун адабиётда келтирилган [130, 289-бет]; μ – суюқлик динамик қовушқоқлик коэффициенти, $\text{мПа} \cdot \text{с}$; v_A ва v_B – A ва B газларнинг моль ҳажмлари [130, 288-бет]; M_A ва M_B – A ва B газларнинг моль массалари, $\text{кг}/\text{кмоль}$.

Суюқ фаза учун Re , Pr ва Ga критерийларни аниқлаймиз.

$$Re_x = 4L/\sigma \mu_x S_k = 4 \cdot 14,47 / 120 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,34 = 177,32$$

бу ерда, S_k – колонна қўндаланг кесимининг юзаси,

$$S_k = 0,532 \cdot D_k^2 = 0,532 \cdot 0,8^2 = 0,34 \text{ м}^2$$

Прандтл критерийси:

$$Pr_x = \mu / \rho_x D_x = 0,8 \cdot 10^{-3} / 1000 \cdot 0,77 \cdot 10^{-9} = 1038,39$$

Галилей критерийси:

$$Ga = d_n^3 \cdot \rho_x^2 g / \mu_x = 0,025^3 \cdot 1000^2 \cdot 9,81 / (0,8 \cdot 10^{-3})^2 = 239 \cdot 10^6$$

бу ерда d_n – насадка элементининг ташки диаметри, ($d_n = 0,025 \text{ м}$).

Нуссельт критерийсини ҳисоблаймиз:

$$Nu_x = 0,00595 \cdot 177,34^{0,67} \cdot 103839^{0,33} \cdot (239 \cdot 10^6)^{0,33} = 2352,44$$

Суюқ фаза томонидан масса бериш коэффициентини топамиз:

$$\beta_x = 2352,44 \cdot 0,77 \cdot 10^{-9} / 0,0177 = 102,33 \cdot 10^{-6} \text{ кмоль} / \text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кПа}.$$

Масса ўтказиш коэффициентини аниқлаймиз:

$$K_{\Delta P} = 1 / (1/\beta_y + \Phi / \beta_x) = 1 / (178,35 \cdot 10^{-6} + 73,673 / 102,33 \cdot 10^{-6}) = 1,38 \cdot 10^{-6} \text{ кмоль} / \text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кПа}.$$

7. Насадка ва колоннанинг умумий баландлигини аниқлаш

Колонна баландлигини ҳисоблаймиз:

$$H_H = G_{SO_2} / (M_{SO_2} S_k \sigma \Delta P_{op}) = 0,41 / (64 \cdot 0,34 \cdot 1,38 \cdot 10^{-6} \cdot 3,7) = 4,5 \text{ м}$$

Колонна умумий баландлигини қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$H_k = H_H + h_H + h_6 + (H_H / 3 D_k - 1) h_p = 4,5 + 2,0 + 1,0 + (4,5 / 3 \cdot 0,8) \cdot 0,4 = 8 \text{ м}.$$

бу ерда, $h_H = 2,0$ – колонна пастки қисмининг баландлиги, м ; $h_6 = 1,0$ – колонна тепа қисмининг баландлиги, м , колонна диаметрига қараб қабул қилинади; $(H_H / 3 D_k - 1)$ – насадкалараро узилишлар сони, донга; $h_p = 0,4$ – узилиш баландлиги, м .

8. Насадкали колоннанинг гидравлик қаршилиги

Насадкали колонна гидравлик қаршилиги ушбу формуладан топилади:

$$\Delta p = \Delta p_{op} + \Delta p_{mc},$$

бу ерда Δp_{op} – ювилиб туриладиган насадка қаршилиги, Па; Δp_{mc} – колоннадаги маҳаллий қаршиликларни енгишда йўқотилган босим, Па.

Ювилиб турадиган насадка қаршилиги ушбу формулада ҳисобланади [77, 685-бет]:

$$\Delta p_{op} = H_H (\Delta p / l)_{CH} [1 + A((L/G_Y)^{1.8} \cdot (p_y / p_x) \cdot (\mu_x / \mu_y)^{0.2})^{0.225}],$$

бу ерда, $w_y = w_x$ бўлганда $A=8,4$, инверсия нуктасининг коэффиценти, $(w_y/w_x) = 0,85$ бўлганда $A=5,1$ осилиб туриш нуктасининг коэффиценти, $(w_y/w_x) = 0,45$ бўлганда $A=1,81$ секинлашиш (тормозланиш) нуктасининг коэффиценти; бошқа нисбатлар учун A нинг қийматлари махсус адабиётларда келтирилган [77, 685-бет]; w_y и w_x – ишчи ва инверсия тезликлари; $(\Delta p/l)_{CH}$ – бир метр баландликка тўғри келадиган қуруқ насадка гидравлик қаршилиги ушбу формуладан топилади:

$$(\Delta p / l)_{CH} = \lambda (\sigma / 4V3_{ca}) (w^2 \rho_y / 2), \text{ Па} \cdot \text{м}.$$

$\lambda = f(Re)$ бўлгани учун, $Re > 40$ да коэффицент λ ушбу формуладан топилади:

$$\lambda = 16 / Re^{0.2};$$

$$\lambda = 16 / 159840^{0.2} = 1,45$$

Бир метр баландликка тўғри келадиган қуруқ насадка гидравлик қаршилиги ушбу тенгламадан аниқланади:

$$(\Delta p / l)_{CH} = 1,45 \cdot (120 / 8,82 \cdot 9,188) \cdot (4 \cdot 0,5323 / 2) = 2,3 \text{ Па} \cdot \text{м}$$

Осилиб туриш нуктаси учун гидравлик қаршилиги ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\Delta p_{op} = 4,5 \cdot 2,3 \cdot \{1 + 5,1[(2,3/5,3)^{1.8} \cdot$$

$$\cdot (9,18/1000) \cdot (0,8 \cdot 10^{-3} / 0,018 \cdot 10^{-3})^{0.2}]^{0.225} = 25,8 \text{ Па}$$

Колоннадаги маҳаллий қаршиликларнинг гидравлик қаршилиги ушбу тенгламадан топилади:

$$\Delta p_{mc} = \Delta p_{1.6} + \Delta p_{2.4.3.5}.$$

бу ерда, $\Delta p_{1.6}$ – колоннага газ оқимининг кириши ва чиқишида маҳаллий қаршиликларни енгишда босимнинг йўқотилиши; $\Delta p_{2.4.3.5}$ – маҳаллий қаршиликларни енгишда босимнинг йўқотилиши.

Колоннага газ оқимининг кириши ва чиқишида маҳаллий қаршиликларни енгишда босимнинг йўқотилиши қуйидаги формуладан топилади:

$$\Delta p_{1,6} = (\xi_1 + \xi_6) (w_z^2 \rho_y) / 2,$$

бу ерда, ξ_1 – тўсатдан кенгайиш коэффиценти; ξ_6 – тўсатдан тарайиш коэффиценти; w_z – узатиш ва ҳайдаш труба қувурларидаги газ оқимининг тезлиги, м/с.

Адабиётда келтирилган маълумотларга биноан [130, 17-бет], газ оқимининг тезлиги $w_z = 5 \dots 20$ м/с. Тезликни $w_z = 10$ м/с деб қабул қиламиз, унда газ қувурининг диаметри ушбу формула ёрдамида ҳисобланади:

$$D_z = \sqrt{G_y / 0,785 \cdot p_y \cdot w_z} = \sqrt{5,3 / 0,785 \cdot 1,18 \cdot 11} = 0,273 \text{ м}.$$

ГОСТ 8732-78 дан стандарт труба қувури диаметрини $D_z = 273$ мм ни танлаймиз [70, т.1, 98-бет].

Рейнольдс критерийси Re_z ни топамиз:

$$Re_z = w_z D_z \rho_y / \mu_y.$$

$$Re_z = (11 \cdot 0,273 \cdot 9,18) / 0,018 \cdot 10^{-3} = 1513530$$

Колонна ва газ қувурлари қўндаланг кесимларининг нисбати F_z/F_k ушбу формула ёрдамида ҳисобланади:

$$F_r/F_k = (0,785 D_z^2) / (0,785 D_k^2).$$

$$F_r/F_k = (0,785 \cdot 0,273^2) / (0,785 \cdot 0,8^2) = 0,145$$

Маҳаллий қаршилик коэффициент ξ ларини адабиётдан [130, 520-бет] топамиз, яъни тўсатдан кенгайиш коэффициенти $\xi_1 = 0,81$ ва тўсатдан торайиш коэффициенти $\xi_6 = 0,45$ лар $F_z/F_k = 0,1$ нинг қийматига боғлиқ ва унга қараб олинади.

Колоннага газ оқимининг кириши ва чиқишида маҳаллий қаршиликларни енгишда босимнинг йўқотилиши қуйидаги формуладан топилади:

$$\Delta p_{1,6} = (0,81 + 0,45) \cdot (10^2 \cdot 9,18) / 2 = 459 \text{ Па}$$

Насадкага 2 та кириш ва 2 та чиқиш бўлса, маҳаллий қаршиликларни енгишда кетган босимнинг йўқотилиши қуйидаги формуладан топилади:

$$\Delta p_{2,4,3,5} = (2\xi_{2,4} + 2\xi_{3,5}) w_n^2 \rho_y / 2,$$

бу ерда, $\xi_{2,4}$ – насадкага киришда тўсатдан торайиш коэффициенти; $\xi_{3,5}$ – насадкадан чиқишда тўсатдан кенгайиш коэффициенти; w_n – насадкада газ оқимининг тезлиги, м/с.

Газ оқимининг насадкадаги ҳақиқий тезлиги ушбу формуладан аниқланади:

$$w_n = 8,8 / 0,532 = 16,54 \text{ м/с}$$

Рейнольдс критерийси Re ни ушбу формуладан топамиз:

$$Re_n = (w_n d_s \rho_y) / \mu_y$$

$$Re_y = (16,54 \cdot 0,0177 \cdot 9,18) / 0,0185 = 183338,96$$

Колонна ва газ қувурлари қўндаланг кесимларининг нисбати F_z/F_k ушбу формула ёрдамида аниқланади:

$$F_{n,ce} / F_k = V_{ca} S_k / S_k;$$

$$F_{n,ce} / F_k = V_{ca} S_k / S_k = V_{ca} = 0,74 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Агар $F_{n,ce}/F_k = 0,74$ бўлса, насадкага киришдаги тўсатдан торайиш коэффициенти $\xi_{2,4} = 0,8$, насадкадан чиқишдаги тўсатдан кенгайиш коэффициенти $\xi_{3,5} = 0,8$ [77, 374-375 бет].

Насадкага 2 та кириш ва 2 та чиқиш бўлса, маҳаллий қаршиликларни енгишга кетган босимнинг йўқотилиши қуйидаги формуладан топилади:

$$\Delta p_{2,4,3,5} = (2 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,8) \cdot (16,54^2 \cdot 0,918) / 2 = 4018 \text{ Па}$$

Колоннадаги маҳаллий қаршиликларни энгишда босимнинг йўқотилиши куйидаги формуладан аниқланади:

$$\Delta p_{мс} = 459 + 4018 = 4447 \text{ Па} .$$

Насадкали колоннанинг умумий гидравлик қаршилиги:

$$\Delta p = p_{оп} + \Delta p_{мс} = 25,8 + 4447 = 4472,3 \text{ Па}$$

9. Курилма асосий деталларининг механик ҳисоби

9.1. Днишче қалинлигини ҳисоблаш

Кимёвий курилма қобикларининг таркибий қисмига днишче киради. Одатда, днишче ва қобик бир хил материалдан тайёрланади ва ўзаро пайвандлаб бирлаштирилади. Днишче шакли конуссимон, эллиптик, сферик ва ясси бўлиши мумкин. Лекин, энг оптимал шакл – бу эллиптик днишче бўлиб, босим 10 МПа гача бўлган ҳолларда қўлланилади.

Эллиптик днишче қалинлиги ушбу формуладан аниқланади:

$$\delta = \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi} + C_{к} + C_{яст}$$

Ушбу формулани қўллаш оралиғи: $(\delta - C_{к})/D \ll 0,125$.

$$\delta = (2 - 0,3)/(2 \cdot 138 \cdot 0,9) + 0,001 + C_{орк} = 0,00241 + 0,001 + C_{орк} = 0,004 \text{ м}$$

$(4,0-1,0) \cdot 10^{-3}/2,0 < 0,125$ бўлгани учун талаб этилган шарт бажарилмоқда.

Ташқи босим остида ишлайдиган эллиптик днишче қалинлиги у билан бирлаштирилган цилиндрик обечайка қалинлигига тенг деб олинади.

Цилиндрик обечайка қалинлиги куйидаги формуладан аниқланади:

$$\delta = 1,18 \cdot D \cdot \left(\frac{P_n \cdot l}{E \cdot D} \right)^{0,4} + C_{к} + C_{яст}$$

бу ерда, E – ҳисобланган температурада обечайка материалнинг эластиклик модули, МН/м^2 ; l – обечайка узунлиги, м, D – обечайка диаметри (ички ёки ташқи), м.

$$\Delta = 1,18 \cdot 2 \cdot ((6,52 / 1,98) \cdot (1/2))^{0,4} + 0,001 + C_{орк} = 5$$

Сўнг, рухсат этилган ташқи босим текширувчи ҳисоблашдан ўтказилади. Агар у қабул қилинган днишче қалинлигига тенг ёки ундан катта бўлса, унда днишче қалинлиги сифатида охиригиси қабул қилинади. Аксинча бўлган ҳолларда, днишче қалинлиги оширилади.

9.2. Фланецли бирикма ва қопқоқлар

Кимёвий курилмасозликда қўлланиладиган кўзгалмас ажралувчан бирикмалар орасида энг кенг тарқалгани – фланецли бирикмалардир. Ички босим $p_r=9,18\sim 10$ атм. да $D_y=250$ мм ли фланецли бирикма танлаймиз.

ГОСТ бўйича стандарт фланец танлаймиз. Ҳаво учун, мм:

D_y	D_F	D_B	H	Z
250	390	350	23	12

Материал учун, мм:

D_y	D_F	D_B	H	Z
250	390	350	23	12

9.3. Курилма таянчларини ҳисоблаш

Колоннали курилма таянчлари конструкциясини танлашда шамол ва зилзила юкламаларини инобатга олиш зарур [28,134]. Таянчлар ҳисобида унинг қовурғасининг ўлчамлари аниқланади. Қовурға узунлиги l нинг баландлиги h га нисбати 0,5 деб қабул қилинади. Қовурға қалинлиги δ қуйидаги формуладан топилади:

$$\delta = \frac{2,24 \cdot G}{k \cdot n \cdot z \cdot l \cdot [\sigma]} + C_x + C_{\text{жл}}$$

бу ерда, G – курилманинг максимал оғирлиги, МН (одатда, гидравлик синов даврида курилма сув билан тўлдирилган бўлади); n – таянчлар сони (иккитадан ортик); z – қовурғалар сони (битта ёки иккита); $[\sigma] = 100 \text{ МН/м}^2$ – руҳсат этилган сиқиш кучланиши, l – таянч узунлиги, м; $z=6$, кўпинча, аниқлаштирилади.

Таянч қисмининг қалинлиги δ дан кичик бўлмаслиги керак.

Таянчлар сони $n = 4$, конструкцияси – икки қовурғали, узунлиги $l = 0,2$ м, баландлиги $h = 1/0,5 = 0,4$ м. $k = 0,6$ да қовурға қалинлиги ушбу формуладан топилади:

$$\delta = \frac{2,24 \cdot 0,6}{0,6 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,2 \cdot 100} + C_x + C_{\text{жл}} = 0,016 \text{ м}$$

$l/\delta = 0,2/0,016 = 12,5$. Ушбу қиймат дастлабки қабул қилинганга яқин бўлгани учун ($k = 0,62$), қовурға қалинлигини қайта ҳисоблаш талаб этилмайди. Пайванд чокнинг умумий узунлиги:

$$L_m = 4(h + \delta) = 4(0,4 + 0,016) = 1,664 \text{ м}$$

Пайванд чокнинг мустаҳкамлигини ушбу формула ёрдамида текшираемиз:

$$0,6/4 = 0,15 \text{ МН} < 0,7 \cdot 1,664 \cdot 0,008 \cdot 80 = 0,745 \text{ МН}$$

яъни мустаҳкамлик таъминланган.

7-боб. Абсорбция бўйича

Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Абсорбция жараёнининг моҳияти нимада?
2. Абсорбция жараёнининг турлари.
3. Физик абсорбция нима?
4. Генри қонуни
5. Дальтон қонуни
6. Хемосорбция нима?
7. Тарқалиш коэффициентини нимани ифодалайди?
8. Абсорбцияда ҳаракатга келтирувчи кучни ҳисоблаш усуллари.
9. Абсорбцияда тарқалган масса миқдори қайси формуладан топилади?
10. Масса ўтказиш коэффициентининг масса бериш коэффициентига боғлиқлигини ифодаловчи формулаларни ёзинг.
11. Абсорбция жараёнини ташкил этиш усуллари схемаларини чизинг.

12. Сиртий абсорбер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
13. Трубали абсорбер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
14. Юпка катламли абсорбер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
15. Насадкали абсорбер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
16. Қайта тақсимлаш тарелка конструкциясини чизинг.
17. Колонна тепасидан оқиб тушаётган суюқ фаза тезлигининг эпюралари қандай кўринишга эга?
18. Рашиг ҳалқаси конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
19. Гудлое насадкаси конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
20. Пал ҳалқасини конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
21. «Спрейпак» насадкаси конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
22. Бёрл эгари конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
23. Ватарли насадка конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
24. «Инталлокс» эгари конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
25. Блокли насадка конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
26. Параллел йўналишли
27. Қарама-карши йўналиш
28. Босимлар фарқи орқали ифодаланган ўртача ҳаракатга келтирувчи куч
29. Адсорбентни минимал сарфини ҳисоблаш формуласини ёзинг
30. Теллер розеткаси конструкциясини чизинг ва таърифини беринг.
31. Фасонли насадкалар конструкцияларини чизинг ва таърифини беринг.
32. Насадкаларда суюқ ва газ фазалар тўқнашувида қандай режимлар ҳосил бўлади?
33. *Тарелкали абсорберлар конструкциялари, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.*
34. Элаксимон тарелка конструкциясини чизинг ва таърифлаб беринг.
35. Қалпоқчали тарелка конструкциясини чизинг ва таърифлаб беринг.
36. Капсулалли қалпоқча тарелка конструкциясини чизинг ва таърифлаб беринг.
37. Клапанли тарелка конструкциясини чизинг ва таърифлаб беринг.
38. Балластли тарелка конструкциясини чизинг ва таърифлаб беринг.
39. Оқимчали тарелка конструкциясини чизинг ва таърифлаб беринг.
40. Туннели қалпоқчали тарелка конструкцияси ва таърифи.
41. S-симон элементли тарелка конструкцияси ва таърифи.
42. Суюқлик оқиб тушадиган тарелкалар конструкцияларини чизинг ва афзалликларини изоҳлаб беринг.
43. Панжарали тарелкалар конструкцияларини чизинг ва афзалликларини тушунтиринг.
44. Барботажли абсорбер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
45. Насадкали эмульгацион абсорбер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
46. Пурковчи абсорбер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
47. Вентури абсорбери конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
48. Ҳаракатчан насадкали абсорбер афзаллик ва камчиликлари.
49. Кўпикли абсорберлар конструкцияси ва афзалликлари.
50. Абсорберлар гидравлик қаршилик формулаларини ёзинг.
51. Абсорберларни ҳисоблаш кетма-кетлиги.
52. Тезкор абсорбер
53. Шарсимон насадкали абсорбер

ҲАЙДАШ ВА РЕКТИФИКАЦИЯ

7.14. Умумий тушунчалар

Икки ва ундан ортиқ учувчан компонентлардан таркиб топган бир жинсли суюқлик аралашмаларини ажратиш учун қўлланиладиган усуллардан энг кенг тарқалганлари ҳайдаш ва ректификациядир.

Ҳайдаш ва ректификация жараёнлари кимё, озик - овқат ва бошқа саноатларда жуда кенг қўламда ишлатилади. Масалан, техник ва озик - овқат этил спиртларини, ароматик моддалар ишлаб чиқаришда ҳамда аралашмаларни дағал ажратиш учун қўлланилади. Жуда тўла ажратиш учун ректификация жараёнидан фойдаланилади.

Ҳайдаш ва ректификация жараёнлари бир хил температурада аралашма компонентларининг турли учувчанлигига асослангандир. Юқори учувчанликка эга компонент *енгил учувчан*, паст учувчанликка эга компонент *қийин учувчан* деб номланади. Демак, енгил учувчан компонент қийин учувчанга қараганда пастроқ температурада қайнайди. Шунинг учун ҳам, улар паст ва юқори температурада *қайнайдиган компонентлар* деб аталади.

Ҳайдаш ёки ректификация жараёнида бошланғич аралашма енгил учувчан компоненти билан бойитилган *дистиллят* ва қийин учувчан компонент билан бойитилган *куб қолдигига* ажралади. Ҳайдаш жараёнида ҳосил бўлган буг конденсатор - дефлегматорга конденсациялаш натижасида дистиллят олинади. Курилма кубида эса куб қолдиғи қолади.

7.15. Ҳайдаш ва ректификация жараёнларининг назарий асослари

Энг оддий аралашма 2 та компонентда, таркиб топган бўлади ва у *бинар аралашма* деб аталади. Бинар аралашманинг эркинлик даража сони куйидагига тенг:

$$C = K + 2 - \Phi = 2 + 2 - 2 = 2$$

бу ерда, K – компонентлар сони; Φ – фазалар сони.

Система ҳолатини учта бир - бирига боғлиқ бўлмаган параметр белгилайди: босим p , температура t ва концентрация x . Агар исталган иккита параметр танланса, учинчисини аниқлаш қийин эмас. Демак, мувозанат чизигини исталган иккита ўзгарувчи параметр орқали ифодалаш мумкин, яъни p ва x , t ва x , p ва t , x ва y .

Маълумки, суюқлик аралашмалари ўзларининг физик-кимёвий характеристикалари бўйича катта фарк қилади.

Компонентларнинг ўзаро эришига қараб, бинар аралашмаларни 3 гуруҳга бўлиш мумкин:

- компонентлари чексиз эрувчан аралашмалар;
- компонентлари ўзаро эримайдиган аралашмалар;
- компонентлари қисман эрувчан аралашмалар.

Компонентлари чексиз эрувчан аралашмалар ўз навбатида идеал ва ҳақиқий эритмаларга бўлинади.

Идеал аралашмалар деб эритма таркибидаги компонент олинishi натижасида исиклик ажраб чиқмайдиган ёки ютилмайдиган ва ҳажми ўзгармайдиган аралашмаларга айтилади.

Енгил учувчан A ва қийин учувчан B компонентли бинар, суюқ аралашмани кўриб чиқамиз. A ва B тоза компонентлар тўйинган бугларининг босимини P_A ва P_B деб белгилаймиз.

Маълумки, идеал аралашмалар Рауль қонунига бўйсунди. Ушбу қонунга биноан, суюқлик устидаги тоза компонентнинг буг босими унинг суюқликдаги моль улушига пропорционалдир:

$$p_A = P_A \cdot x ; \quad p_B = P_B (1 - x) \quad (7.150)$$

бу ерда, p_A, p_B – A ва B компонентларнинг парциал босими, $x, (1-x)$ – суюқ аралашмадаги A ва B компонентларнинг моль улушлари.

Дальтон қонунига биноан системадаги умумий босим, парциал босимлар йиғиндисига тенг:

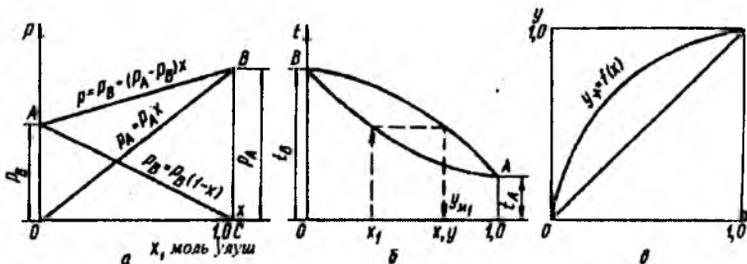
$$P = P_A \cdot x + P_B(1 - x) = P_B + (P_A - P_B) \cdot x \quad (7.151)$$

бундан

$$x = \frac{P - P_B}{P_A - P_B}$$

(7.150) ва (7.151) тенгламалардан кўриниб турибдики, бир хил ўзгармас температурада суюқлик аралашмаси устидаги компонентлар парциал ва бугларнинг умумий босими енгил учувчан компонентнинг моль улуши x билан тўғри чизикли боғлиқликда бўлади.

7.47-расмда компонентлар парциал босими ва умумий босим изотермалари тасвирланган.



7.47-расм. Идеал аралашмалар учун суюқлик-буг мувозанат диаграммаси: а - аралашма устидаги компонент парциал босими ва умумий босим изотермалари; б - t - x у диаграммалар, в - y - x диаграмма.

OB ва CA тўғри чизиклар компонентлар парциал босими (p_A ва p_B) ни, AB эса суюқлик устидаги умумий босим ўзгаришини ифодалайди. OA ва CB вертикал кесмалар тоза компонентлар тўйинган буг ва босими (P_A ва P_B) ни кўрсатади.

Дальтон қонунига кўра, бугдаги компонентнинг парциал босими, ундаги шу компонент моль улушига пропорционалдир:

$$p_A = P \cdot y ; \quad p_B = P \cdot (1 - y) \quad (7.152)$$

бу ерда, P – система умумий босим; y , $(1-y)$ – буг аралашмасидаги A ва B компонентлар моль улуши.

Мувозанат шароити учун:

$$P_A \cdot x = P_A \cdot y ; \quad P_B(1 - x) = P \cdot (1 - y) \quad (7.153)$$

бундан

$$y = \left(\frac{P_A}{P} \right) x \quad \text{ёки} \quad 1 - y = \left(\frac{P_B}{P} \right) \cdot (1 - x) \quad (7.154)$$

Одатда, ҳайдаш ва ректификация жараёнлари изобарик жараёнда ўтказилади. Шунинг учун, $P = const$ бўлган ҳолатдаги бинар аралашмани кўриб чиқамиз.

Бунда мувозанат чизигини $t - x$, у ёки $y - x$ координатларда тасвирлаш мумкин. Агар температура маълум бўлса ва x , y катталиклари ҳисоблаб топилса, системадаги мувозанатни ифодаловчи диаграммани қуриш мумкин. Диаграммадаги пастки чизик (7.47б-расм) суюқ аралашманинг қайнаш температурасини, юқори чизик эса буг аралашмани конденсациялаш температурасини ифодалайди. $x = 0$ ва $x = 1,0$ да ордината ўқларидаги кесмалар, қийин ва енгил учувчан компонентлар қайнаш температурасини кўрсатади.

Суюқликнинг маълум таркиби x_1 бўйича буг таркибини аниқлаш учун суюқлик концентрациясига тегишли абсцисса ўқидаги нуқтадан қайнаш чизиги билан кесишгунча вертикал чизик ўтказилади. Сўнг эса, кесилиш нуқтасидан буг конденсацияланиш чизиги билан

кесишгунча горизонтал чизик ўтказилади. Кесилиш нуқтасининг абсцисса ўқидаги қиймати буғнинг мувозанат таркиби y_{pl} ни беради.

7.47б-расмда кўриниб турибдики, бир хил қайнаш температурасида буғдаги енгил учувчан компонент концентрацияси унинг суюқлик буғлари мувозанат концентрациясидан катта бўлади. «Суюқлик - буғ» системанинг бу хоссаси **Коноваловнинг биринчи қонунига** бўйсунди, яъни эритма билан мувозанатда бўлган буғ доим ўзида шундай компонентни ортикча ушлайдик, бунда эритмага шу компонентдан қўшилганда унинг қайнаш температураси каямайди. Масалан, этил спиртига сув қўшилса, системанинг қайнаш температураси пасаяди. Коноваловнинг 1-қонунига биноан, эритманинг қайнаши даврида сув буғи фазасининг спирт буғлари билан бойиши содир бўлади.

Ректификация жараёнини ҳисоблаш учун $y - x$ диаграммадан фойдаланиш қулайдир (7.47в-расм).

$y_n = f(x)$ функция қуйидаги тенгламага мос келади

$$y = \frac{P_A \cdot x}{P} = \frac{P_A \cdot x}{P_B + (P_A - P_B) \cdot x} \quad (7.155)$$

ҳамда суюқ ва буғ фазалар мувозанат таркиблари орасидаги боғлиқликни ифодалайди.

Компонентлар нисбий учувчанлиги:

$$\alpha = \frac{P_A}{P_B}$$

маълум бўлса, идеал аралашмалар мувозанат чизигини ҳисоблаш ва қуриш мумкин.

$$y = \frac{\alpha \cdot x}{1 + (\alpha - 1) \cdot x} \quad (7.156)$$

Фақат енгил учувчан компонентлардан таркиб топган суюқлик билан шу компонентдан таркиб топган буғ мувозанат ҳолатида бўлади. Мувозанат чизигининг энг четки нуқталари квадратнинг карама - қарши бурчакларида жойлашган. Квадрат диагонали ва мувозанат эгри чизиги суюқ ва буғ фазаларнинг мавжуд бўлиш соҳаларини чегаралайди.

Ҳақиқий суюқлик аралашмалари. Бундай аралашмалардан компонентлар ажратиб олинганда иссиқлик ажраб чиқади, ҳажми ўзгаради ва қўпчилик ҳолларда Рауль қонунига бўйсунмайди.

Ундан ташқари, бу аралашмалар буғ фазасининг молекулалари ўзаро тортишиш кучларини, уларнинг ҳажмларини ва бошқаларни ҳисобга олиш зарур.

Рауль қонунига нисбатан оғиш манфий ёки мусбат бўлиши мумкин. Агар оғиш мусбат бўлса, эритма устида умумий босим Рауль қонуни бўйича идеал эритма учун ҳисоблангандан катта, манфий оғишида эса кичик бўлади.

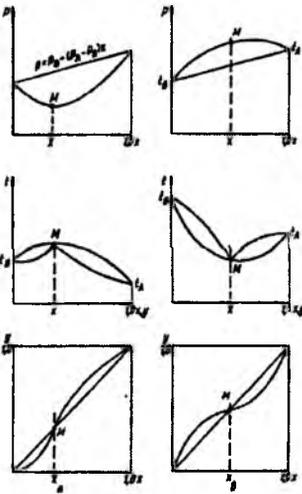
Мусбат оғишда умумий босим чизиги идеал эритманикдан юқори, манфий оғишда – пастроқдан ўтади.

Парциал босимларнинг концентрацияга боғлиқлиги ботик ёки бўртик чизиклар орқали тасвирланади (7.48-расм);

Ҳақиқий эритмалар учун фазавий мувозанат диаграммалари тажрибавий маълумотлар асосида қурилади.

Мувозанат чизигидан оғишнинг сон қийматлари Рауль қонунидан жуда катта фарк қилиши ва бир қатор эритмалар учун маълум бир концентрацияда қайнаш температураси ўзгармас катталиққа эга бўлиши мумкин.

Коноваловнинг иккинчи қонунига биноан, мувозанат ҳолатидаги эритма устидаги буғнинг таркиби суюқ эритма таркибидагига тенгдир, яъни $y_n = x$ (7.48-расмдаги М нуқта). Бундай аралашмалар азеотроп эритмалар деб номланади. Азеотроп эритмалар максимал ва минимал қайнаш температурали бўлиши мумкин.



7.48-расм. Ҳақиқий эритмаларнинг фазавий диаграммалари:
 а - манфий оғиш;
 б - мусбат оғиш.

Азеотроп эритмалар таркиби босим (температура) га боғлиқ бўлади.

Бирор системада босим ўзгариши билан унинг мувозанат ҳолати ўзгаради. Бу эса, ўз навбатида буғ фазаси таркибининг ўзгаришига олиб келади.

Ушбу ўзгаришлар механизмини билиш учун М.С. Вревский томонидан қуйидаги қонунлар яратилган:

а) икки компонентли эритманинг қайнаш температураси (ёки босими) ортганда, буғлар таркибида буғланиши учун қатта энергия талаб этувчи компонентнинг нисбий миқдори ошади;

б) буғ учувчанлиги максимумга эга бўлган эритмаларнинг температураси (ёки босими) ортганда, азеотроп эритмаларда буғланиши учун қатта энергия талаб этувчи компонентнинг нисбий қиймати ортади. Буғнинг учувчанлиги минимум бўлганда, эритманинг қайнаш температураси оширилганда азеотроп эритмада буғланиши учун кам энергия талаб қилувчи компонентнинг нисбий миқдори кўпаяди.

Вревский қонунига биноан, азеотроп эритмаларни ажратиш учун босимни ўзгартириб ҳайдаш ёки ректификация қилиш жараёнларидан фойдаланиш мумкин.

Бир-бирида эримайдиган ёки қисман эрийдиган суюқлик аралашмалари. Агар *A* ва *B* компонентлар бир-бирида тўлиқ эриса, компонентлар молекулаларининг ўзаро тортишиш кучлари нолга тенг бўлади. Бунда, ҳар бир компонент ўзини мустақил тутади ва қуйидаги босимда қайнайди:

Агар аралашма компонентлари бир - бирида эри-маса, исталган компонент парциал босими, унинг ўша температурада тўйинган буғ босимига тенг.

$$P = P_A + P_B$$

Аралашманинг қайнаш температураси t_{ap} суюқ аралашманинг таркибига боғлиқ эмас (7.49-расм *abd* чизик).

Аралашманинг қайнаш температураси ҳар доим тоза компонентлар қайнаш температураларидан паст бўлади.

Табиатда бир - бирида абсолют эримайдиган моддалар камдан-кам учрайди. Агар қисман эрийдиган суюқлик аралашмаларида қайнаш температураси *ac* ёки *dc* чизиги бўйлаб эритманинг асосий компонентининг қайнаш температурасигача ўзгаради.

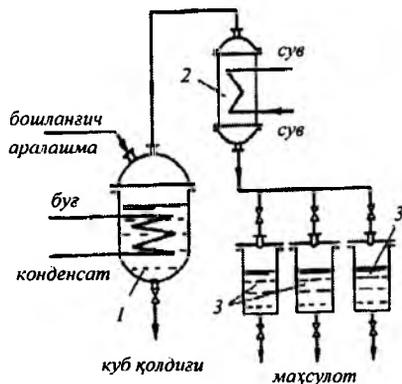
7.49-расм. Қисман эрийдиган аралашмаларнинг фазавий диаграммалари.

Буғнинг конденсацияланиш температураси *cb* ва *eb* чизиклари бўйлаб ўзгаради. Диаграммадаги *b* нуктада $y_0 = P_0/P = \text{const}$ таркибли буғ конденсацияланади.

7.16. Оддий ҳайдаш

Суюқлик аралашмаларини бир маротаба қисман буғлатиш йўли билан ажратиш жараёни *оддий ҳайдаш* деб номланади. Оддий ҳайдаш жараёнини эритма компонентлари учув-

чанлиги орасидаги фарк катта бўлган ҳоллардагина қўллаш мақсадга мувофиқ ва юқори самара беради.



7.50-расм. Оддий ҳайдаш қурилмаси:

- 1 - куб; 2 - конденсатор;
- 3 - дистиллят йиғгичлар.

Оддий ҳайдаш қуйидаги усулларда амалга оширилади: фракцияли ҳайдаш; дефлегмация билан ҳайдаш; сув буғи билан ҳайдаш; молекуляр ҳайдаш.

Фракцияли ҳайдаш Бу усул ҳайдаш кубидagi эритмани аста-секин буғлатиш йўли билан олиб бориладиган ажратиш жараёнидир (7.50-расм).

Жараён давомида ҳосил бўлаётган буғ конденсатор 2 га узатилади ва у ерда конденсацияланиб, дистиллят ҳолатида йиғгич 3 га юборилади. Жараён тугагандан сўнг, қурилма 1 даги куб қолдиғи чиқариб ташланади. Қурилма 1 тўйинган сув буғи ёки тутун газлари билан киздирилади.

Эритмани ҳайдаш жараёнида куб қолдиғида энгил учувчан компонент миқдори ва дистиллят таркибидagi миқдори максимал қийматдан минималгача камаяди.

Шунинг учун, ҳар хил таркибли дистиллят фракциялари турли йиғгичларга ажратиб олинади. Ҳар хил таркибли маҳсулот олишга мўлжалланган эритмаларни ажратиб олиш усули *фракцияли ҳайдаш* деб номланади.

Оддий ҳайдаш даврида ҳосил бўлаётган буғ кубдан чиқариб олинади ва ҳар бир онда кубда қолган эритма билан мувозанатда бўлади.

Бу усулда ҳайдаш атмосфера ёки вакуум остида олиб борилади. Вакуум остида ҳайдаш усули иссиқликка чидамсиз эритмаларни ажратиш имкониятини яратади, чунки бу усулда кайнаш температураси паст бўлади. Шунинг учун ҳам бу усулда ҳайдаш даврида паст температурали сув буғларидан фойдаланилади.

Дистиллятнинг ўртача таркиби моддий баланс тенгламасидан аниқланади:

$$Fx_f = Wx_w + (F - W)x_{dyp}$$

бундан

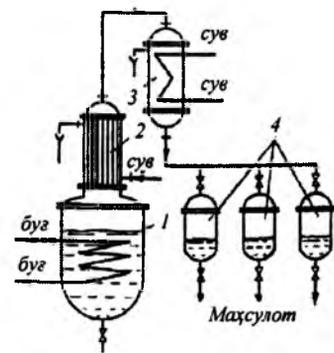
$$x_{dyp} = \frac{Fx_f - Wx_w}{F - W} \quad (7.157)$$

бу ерда, F – бошланғич эритма миқдори; x_f – бошланғич эритма концентрацияси; W – куб қолдиғи миқдори; x_w – куб қолдиғи концентрацияси.

Дефлегмация билан ҳайдаш Бу усул эритмаларни ажратиш даражасини кўтариш учун қўлланилади (7.51-расм).

Бу усулда, куб 1 да ҳосил бўлган буғлар дефлегматор 2 га узатилади ва у ерда қисман конденсацияланади. Қисман конденсацияланиш даврида қийин учувчан компонент миқдори кўп бўлган флегма ҳосил бўлади ва қайтадан кубга туширилади. Куб 1 га тушиш вақтида кўтарилаётган буғлар билан ўзаро таъсирда бўлади.

Энгил учувчан компонент миқдори юқори бўлган буғлар конденсаторга йўналтирилади. Конденсацияланиш натижасида ҳосил бўлган дистиллят йиғгич 4 га тушади. Куб қолдиғининг концентрацияси



7.51-расм. Дефлегмацияли оддий ҳайдаш қурилмаси:

- 1 - куб; 2 - дефлегматор;
- 3-конденсатор; 4-йиғгичлар.

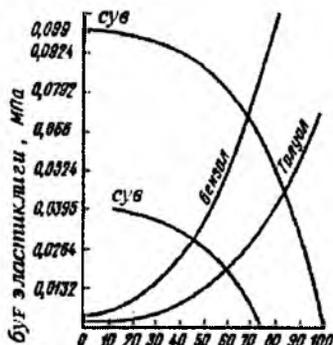
ўрнатилган x_w қийматига етганда сўнг, кубдан чиқариб юборилади.

Сув буғи билан ҳайдаш. Эритмалар қайнаш температурасини пасайтириш учун жараённи вакуум остида ташкил этиш усули олдиндан маълум эди. Лекин эритмаларни сув буғи билан ҳайдаш усулида ҳам қайнаш температурасини пасайтириш мумкин. Айниқса, бу усул қайнаш температураси 100°C дан ортиқ бўлган ва компонентлари сувда эримайдиган эритмалар учун жуда қўл келади. Шунинг учун, эритма компонентлари сувда эримаса, унда ҳайдаш кубига қўшимча компонент сифатида сув буғи юборилади.

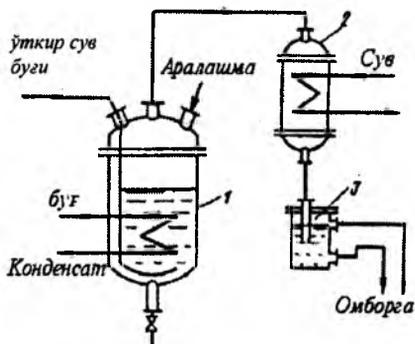
7.52-расмда сув буғи билан оддий ҳайдаш даврида қайнаш температурасини аниқлаш диаграммаси келтирилган. Бу диаграммада қайнаш температурасига сув буғининг эластиклик эгри чизиғи билан турли суюқликлар эластиклик эгри чизиқлари кесишган нуқтаси тўғри келади. Графикдан кўриниб турибдики, атмосфера босимида бензолни сув билан ҳайдаш пайтида жараён температураси 69,5°C, босим $p = 0,0395$ МПа да 46°C атрофида, босим $p = 0,1$ МПа да толуол учун эса - 85°C.

7.53-расмда аралашмаларни сув буғи билан ҳайдаш қурилмасининг схемаси келтирилган.

Бошланғич эритма куб 1 га юкланади ва унинг змеевикига сув буғи юборилади. Сўнг, куб ичидаги эритмага барботёр орқали кучли сув буғи ҳайдалади. Эритманинг қайнаш пайтида ҳосил бўлган буғлар конденсатор 2 га узатилади ва ундан кейин сепаратор 3 да конденсат ажратилади. Сепаратордан сув чиқарилади, сувда эримайдиган енгил учувчан компонент эса махсус идишга йиғилади. Одатда, бу усул мувозанат бўлмаган шароитларда амалга оширилади.



7.52-расм. Сув буғи билан ҳайдаш пайтида қайнаш температурасини аниқлаш.



7.53-расм. Сув буғи билан оддий ҳайдаш қурилмаси:

1 - куб; 2 - конденсатор; 3 - сепаратор.

Молекуляр ҳайдаш. Бу усул юқори температурада қайнайдиган ва иссиқликка чидамсиз эритмаларни ажратиш учун қўлланилади.

Ушбу жараён ўта паст вакуумда, яъни босим 1,31...0,131 Па бўлган ораликда олиб борилади.

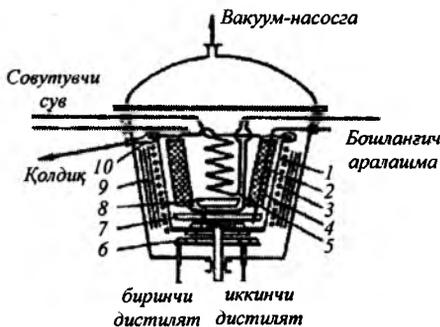
Молекуляр ҳайдаш эритмани ташқи юзасидан буғлатиш орқали амалга оширилади. Жараён бир-бирига яқин ўрнатилган буғлатиш ва конденсациялаш юзаларида рўй беради. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, улар орасидаги масофа одатда 20...30 мм, яъни молекулаларнинг эркин ҳаракати узунлигидан кам бўлиши керак. Бундай ҳолатда иссиқ юзадан кўтарилаётган енгил учувчан компонент молекулалари совуқ юзага урилиши билан конденсацияланади. Буғланиш ва конденсацияланиш юзалари ўртасидаги температуралар фарқи 100°C атро-

фида.

7.54-расмда молекуляр ҳайдаш қурилмасининг схемаси келтирилган.

Бошланғич эритма қурилмага труба 2 орқали ротор 1 нинг тубига узатилади. Ротордаги эритма марказдан қочма куч таъсирида конус юзаси бўйлаб юпка қатлам ҳолида тарқалади. Буғланиш юзасидан ажралиб чиққан молекулалар конденсацияланиш юзасига қараб йўналади. Учувчанлиги паст компонент буғлари конденсатор 4 юзаларида конденсацияланса, учувчанлиги юқори компонент буғлари эса конденсатор 5 юзасида конденсацияланади. Биринчи фракция конденсатор 4 дан таглик 8 га, иккинчиси эса, змеевикда конденсацияланиб таглик 7 га оқиб тушади. Эритманинг буғланмаган қисми эса, марказдан қочма куч таъсирида ротор четидан тармоқли нов 10 га тошиб ўтади ва қурилмадан чиқариб юборилади. Ажратиб олин-

ган дистиллят, таглик 8 чеккасидаги секция орқали ҳалқасимон йиғтигча, таглик 7 дан эса, марказий секция орқали чиқариб олинади.



7.54-расм. Молекуляр хайдаш қурилмаси:

1 - ротор; 2 - эритмани узатиш трубаси; 3 - электр иситкич;
4, 5 - конденсаторлар; 6 - йиғтич; 7, 8 - конденсатор таглиги;
9 - концентрик изоляцияон плита; 10 - тармоқли нов.

7.17. Ректификация

Суюклик аралашмаларини ташкил этувчи компонентларга бир неча марта қисман буғлатиш ва буғларни конденсациялаш натижасида ажратишга **ректификация** дейилади.

Эритмаларни тўла ажратишни фақат ректификация усули таъминлайди. Бу жараён насадкали ёки тарелкали колонналарда ўтказилади. Колоннада буғ ва эритма қарама - қарши ҳаракатлантирилади ва ҳар бир тўқнашиш мосламасида буғ конденсацияланса, эритма эса буғнинг конденсацияланиш иссиқлиги ҳисобига қисман буғланади.

Шундай қилиб, буғ енгил учувчан компонент билан, колоннадан пастга оқиб тушаётган суюклик эса қийин учувчан компонент билан бойитилади. Буғ ва эритманинг кўп марта тўқнашиши ҳисобига дистиллят бутунлай енгил учувчан, куб қолдиги эса қийин учувчан компонентдан таркиб топган бўлади.

Ректификация жараёнини ҳисоблашда қуйидаги тахминлар қабул қилинади:

а) 1 кмоль буғ конденсацияланиш даврида 1 кмоль суюклик буғланади. Демак, ректификацион колоннанинг исталган кўндаланг кесимида ҳаракатланаётган буғнинг миқдори бир хилдир;

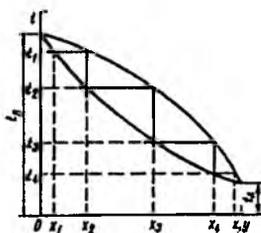
б) дефлегматорда конденсацияланаётган буғнинг таркиби ўзгармайди. Ректификацион колоннадан чиқиб кетаётган буғнинг таркиби дистиллятникига тенг ($y_d = x_d$) бўлади;

в) эритма буғланиши даврида унинг таркиби ўзгармайди. Демак, буғланиш даврида ҳосил бўлган буғнинг таркиби куб қолдигиникига тенглашади, яъни ($y_w = x_w$).

Ректификация жараёни $t - x, y$ диаграмма ёрдамида тасвирланади (7.55-расм).

Концентрацияси x_1 бўлган бошланғич эритма қайнаш температураси t_1 гача қиздирилганда, суюклик билан мувозанатдаги буғ олинади ва конденсацияланганда енгил учувчан компонентга бойитилган x таркибли суюклик ҳосил бўлади. Ушбу

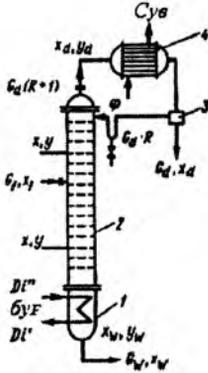
суюклик яна қиздирилса ва унинг температураси t_2 гача етказилса, ҳосил бўлган буғнинг конденсацияланиши натижасида x_3 таркибли суюкликни оламиз. Шундай қилиб, буғланиш ва конденсациялаш жараёни кўп марта қайтарилса, бошланғич эритмани тоза, енгил ва қийин учувчан компонентларга ажратиш мумкин.



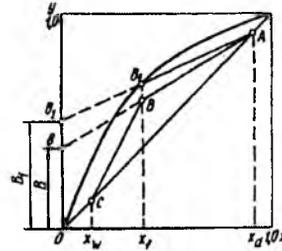
7.55-расм. $t - x, y$ - диаграмма.

7.17.1. Ректификация жараёнининг моддий ва иссиқлик баланслари

Жараённинг принципиал схемаси асосида ректификациянинг моддий ва иссиқлик баланслари тузилади (7.56-расм). Ректификацион колоннага узатилган бошланғич эритма дистиллят ва куб қолдигига ажратилади.



7.56-расм. Ректификация жараёнининг моддий ва иссиқлик балансларини тузишга оид.



7.57-расм. Ректификация жараёни ишчи чизигининг тасвири.

Коллоннадан чиқаётган буглар дефлегматор 4 да конденсацияланади ва ажратувчи идиш 3 га тушади. Бу ерда суюқлик икки қисмга, яъни флегма Φ ва дистиллятга ажратилади. Флегма колоннада пуркатилиш учун йўналтирилади.

Жараён моддий баланс ушбу кўринишга эга:

$$G_f = G_d + G_w \quad (7.158)$$

Энгил учувчан компонент бўйича эса:

$$G_f \cdot x_f = G_d \cdot x_d + G_w \cdot x_w \quad (7.159)$$

бу ерда, G_f , G_d , G_w – бошланғич эритма, дистиллят ва куб қолдиги массалари, кмоль; x_f , x_d , x_w – бошланғич эритма, дистиллят ва куб қолдикларидаги энгил учувчан компонентнинг концентрациялари, моль улушлар.

(7.158) ва (7.159) тенгламалардан дистиллят ҳамда куб қолдигининг массалари аниқланади:

$$G_d = G_f \frac{x_f - x_w}{x_d - x_w} \quad (7.160)$$

$$G_w = G_f \frac{x_d - x_f}{x_d - x_w} \quad (7.161)$$

Бошланғич эритма, куб қолдиги ва флегмаларнинг 1 кмоль дистиллятга нисбатларини куйидагича белгилаб оламиз:

$$\frac{G_f}{G_d} = F; \quad \frac{G_w}{G_d} = W; \quad \frac{\Phi}{G_d} = R$$

Флегма микдорининг дистиллят микдорига нисбати *флегма сони* деб номланади.

Ректификацион колоннанинг таъминлаш тарелкаси уни 2 га ажратади: юқори ва пастки қисмларга.

Умумий тенглама асосида колоннанинг юқори ва пастки қисмлари учун моддий баланс тенгламаларини тузамиз:

$$G \cdot dy = L \cdot (-dx) \quad (7.162)$$

бу ерда, $L = R \cdot G_d$ – колонна юқори қисмида оқиб тушаётган суюқлик микдори.

Колонна бўйлаб юқорига кўтарилаётган буғ микдори:

$$G = G_d + \Phi = G_d + RG_d = G_d(1 + R) \quad (7.163)$$

Колоннанинг юқори қисми учун:

$$(R + 1) \cdot dy = R \cdot (-dx) \quad (7.164)$$

Пастки қисми учун:

$$(R + 1) \cdot dy = (F + R) \cdot (-dx) \quad (7.165)$$

Концентрациялари x, y бўлган колонна юқори қисмининг исталган кўндаланг кесими ва концентрациялари x_d, y_d бўлган колоннанинг юқори қисми учун (7.164) тенгламани ёзамиз: ($x_d = y_d$ деб қабул қилинган ҳолда)

$$(R + 1) \cdot (y_d - y) = (R + 1) \cdot (x_d - y) = R \cdot (x_d - x)$$

Бундан

$$y = \frac{R}{R+1}x + \frac{x_d}{R+1} \quad (7.166)$$

Концентрацияси x, y бўлган колоннанинг пастки қисми ва концентрациялари x_w, y_w бўлган кубнинг исталган кўндаланг кесими учун, $x_w = y_w$ ни ҳисобга олиб (7.165) тенгламани ёзамиз:

$$(R + 1) \cdot (y - y_w) = (R + 1) \cdot (y - x_w) = (F + R) \cdot (x - x_w)$$

ёки

$$y = \frac{R+F}{R+1}x - \frac{F-1}{R+1}x_w \quad (7.167)$$

Кўришиб турибдики, (7.166) ва (7.167) тенгламалар тўғри чизикни ифодалайди. (7.166) тенгламадаги $R/(R+1) = \text{tg}\alpha$ – ишчи чизикнинг абсцисса ўқига оғиш бурчаги тангенси $x_w/(R+1) = B$ чизик $y - x$ диаграмма ордината ўқида ажратган кесмаси (5.40-расм).

Шундай қилиб, (7.166) ва (7.167) тенгламалар ректификацион колоннанинг юқори ва пастки қисмларининг ишчи чизик тенгламаларини ифодалайди.

Агар жараён даврий бўлса, ректификация жараёни колонна юқори қисмининг ишчи чизиги билан ифодаланади.

(7.164) тенгламадан колоннанинг таъминловчи тарелка кўндаланг кесими ва тепаси учун куйидаги ифодани оламиз:

$$(R + 1) \cdot (x_d - y_f) = R \cdot (x_d - x_f) \quad (7.168)$$

бундан

$$R = \frac{x_d - y_f}{y_f - x_f} \quad (7.169)$$

7.17.2. Узлуксиз ишлайдиган ректификацион колоннанинг иссиқлик баланси

Бу турдаги қурилмаларнинг иссиқлик баланси куйидаги тенглик билан ифодаланади (7.56-расм).

$$Q_1 + G_f c_f t_f + R \cdot G_d c_d t_d = G_d (R + 1) \cdot (r_d - c_d t_d) + G_w c_w t_w + Q_{\text{йук}} \quad (7.170)$$

бу ерда, Q_1 – кубдаги иссиқлик сарфи, Ж/соат; c_f, c_d, c_w – бошланғич эритма, дистиллят ва куб қолдиқларининг солиштирма иссиқлик сизими, Ж/(кг·К); t_f, t_d, t_w – бошланғич эритма, дистиллят ва куб қолдиқларининг температуралари, К; r_d – дистиллятнинг буғ ҳосил қилиш иссиқлиги, Ж/кг; $Q_{\text{йук}}$ – атроф-муҳитга иссиқликнинг йўқотилиши, Ж/соат.

Ректификацион колонна кубдаги иссиқлик сарфини (7.170) тенгламадан топамиз:

$$Q_1 = G_d (R + 1) \cdot r_d + G_d c_d t_d + G_w c_w t_w + G_f c_f t_f + Q_{\text{йук}} \quad (7.171)$$

Агар қайнатгич сув буғи билан иситилаётган бўлса, жараёнини ўтказиш учун сарфланаётган буғ сарфи ушбу тенгламадан аниқланади:

$$D = \frac{Q_1}{i'' - i'} \quad (7.171a)$$

бу ерда, i'' , i' – сув буғи ва конденсатнинг энтальпиялари, кЖ/кг.

Ишчи чизикни у-х диаграммада тасвирлаш. Эритма таркибини характерловчи x_w , x_f , x_d концентрация қийматлари абсцисса ўқига қўйилади (7.57-расм). Агар $x_d = y_d$ эканлигини ҳисобга олсак, x_d нуктадан перпендикуляр чиқариб, диагональ чизик билан кесишган, координатлари $x_d = y_d$ бўлган, A нуктаси топилади.

Флегма сони R маълум бўлса, $B = x_d/(R+1)$ кесма аниқланади ва диаграмманинг ордината ўқига қўйилади. Сўнг, B кесманинг учи бўлмиш нукта b ва A лар бирлаштирилади. Бошланғич эритма концентрациясига оид x_f нуктасидан Ab чизиги билан B нуктада кесишгунча вертикаль чизик ўтказилади. AB тўғри чизик колонна юқори қисмининг ишчи чизигини ифодалайди. Кейин, x_w нуктасидан перпендикуляр чиқарилиб, диагональ билан кесишган C нуктани топамиз. C ва B нукталарни бирлаштириб, колонна пастки қисмининг ишчи чизигини топамиз. Диаграммадан кўриниб турибдики, B нукта иккала ишчи чизик учун умумий бўлиб, таъминловчи тарелкадаги буғ ва суюқликнинг ишчи концентрацияларини характерлайди.

Эритма концентрациялари x_w , x_f , x_d бўлганда, ишчи чизикнинг ҳолати кесма B нинг қийматига боғлиқ. Ўз навбатида B кесма ишчи флегма сони R нинг катталиги билан аниқланади. Агар флегма сони камайса, кесма B нинг қиймати ортади. Бунда ишчи ва мувозанат чизикларининг B_1 нуктасида кесишганда, ишчи чизик ўзининг максимал юқори ҳолати - Ab га интилади. Ушбу нуктада жараёнини ҳаракатга келтирувчи кучи $\Delta u = u_m - u = 0$ бўлади. Демак, ректификацион колоннанинг фазалар тўқнашиш юзаси чексиз катта бўлиши керак.

Ҳақиқатан ҳам, бундай ҳолатда концентрациялар ўзгаришининг назарий поғоналар сони чексиз бўлади ва эритма-и фақат чексиз баяндликка эга шартли колоннада ажратиш мумкин. Лекин иситувчи буғ ва колонна диаметри минимал кўрсаткичли бўлади. Албатта, бундай шароитда флегма сони ҳам минимал бўлади ва уни ушбу тенгламадан аниқлаш мумкин:

$$R_{\min} = \frac{x_d - y_{f,m}}{y_{f,m} - x_f} \quad (7.172)$$

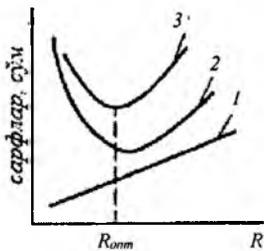
Ишчи чизигининг қуйи чегаравий ҳолатига чексиз катта флегма сони тўғри келади ва графикда $B=0$ кесма билан ифодаланади. Бу ҳолда иккала ишчи чизик диагональ билан устма-уст тушади. Чексиз катта флегма сонига максимал ҳаракатга келтирувчи куч $\Delta u_{\min} = y_{f,r} - u$ ва ўз навбатида концентрация ўзгариш назарий поғоналарининг минимал сони ва колоннанинг минимал сони ҳамда колоннанинг минимал баяндлиги тўғри келади. Лекин колоннадаги буғ, қайнатгичдаги иситувчи буғ, дефлегматордаги совуқ сув сарфи ва қурилма диаметри максимал бўлади.

7.17.3. Ҳақиқий флегма сони

Ҳақиқий флегма сонини танлаш ўта мураккаб масаладир, чунки унинг миқдорига қараб ректификацион колонна ўлчамлари ва иссиқлик элткичлар сарфи ўзгаради. Колонналарни ишлатиш учун зарур сарфлар ва капитал харажатлар ҳамда энергетик сарфлар флегма сонига боғлиқ.

7.58-расмда ҳақиқий флегма сонининг ректификация жараёни сарфларига боғлиқлиги тасвирланган.

Кўриниб турибдики, флегма сони ортиши билан эксплуатацион сарфлар пропорционал равишда ортади. Капитал сарфларнинг флегма сонига боғлиқлиги колонна диаметри ва ба-



7.58-расм. Ректификация жараёнига бўлган сарфларнинг флегма сонига боғлиқлиги:

1- эксплуатацион сарфлар; 2- капитал сарфлар; 3- умумий сарфлар.

ландлигига тескари пропорционаллиги билан ифодаланади. Флегма сонининг маълум бир қийматига капитал сарфларнинг минимал катталиги тўғри келади.

Умумий сарфлар ва флегма сони орасидаги боғлиқлик ҳам минимум нуктаси билан характерланади. Бу нуктага мос R ҳақиқий флегма сонининг оптимал қийматига тенг бўлади. Ҳақиқий флегма сонини куйидаги формулада ҳисоблаш мумкин:

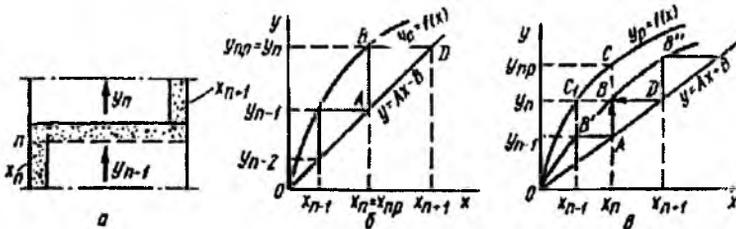
$$R_x = \beta_R R_{\min} \quad (7.173)$$

бу ерда, β_R – флегма ортикчалигини ифодаловчи коэффициент. Кўпчилик ҳолларда ушбу коэффициент куйидаги ораликда бўлади - $\beta = 1,04 \dots 1,5$.

7.17.4. Ректификацион колонна ишчи бандлиги ва тарелкалар сонини ҳисоблаш

Одатда, ушбу параметрларни аниқлаш концентрациялар ўзгаришининг назарий ёки ҳақиқий поғоналари сонига қараб олиб борилади. Бунда, назарий поғонада буғ ва оқиб тушаётган суюқлик мувозанат ҳолатида бўлади.

Барботаж тарелкасининг ишлаш принципини кўриб чиқамиз (7.59-расм).



7.59-расм. Тарелкалар сонини аниқлашга оид:

а - тарелкада буғ ва суюқликнинг ўзаро таъсири; б - буғ ва суюқлик мувозанатга эришиш жараёнини $y-x$ диаграммада тасвири; в - буғ ва суюқлик мувозанатга эришмаган жараёнини $y-x$ диаграммадаги тасвири.

Агар концентрацияси x_{n+1} бўлган суюқлик юқоридан n – тарелкага оқиб тушса, пастдаги тарелкадан концентрацияси y_{n-1} бўлган буғ кўтарилади. Масса алмашиниш натижасида суюқликдаги енгил учувчан компонент буғга ўтса, қийин учувчан эса буғдан суюқликка ўтади. Буғдаги енгил учувчан компонент концентрацияси y_n гача ортса, суюқликда эса x_{n+1} дан x_n гача камаяди.

Жараёни таҳлил қилишда куйидаги тахминларни қабул қиламиз: тарелкадаги суюқлик идеал аралаштирилган ва унинг концентрацияси ўзгармас x_n га тенг; идеал сиқиб чиқариш режимидаги суюқлик қатламида буғнинг концентрацияси y_{n-1} дан y_n гача ўзгаради.

Буғ концентрацияси y_{n-1} дан $y_n = y_{np}$ гача ўзгариши даврида мувозанатга эришиши вертикал AB кесма билан тасвирланса, концентрациясининг x_{n+1} дан x_n гача ўзгариши эса, BD кесма билан характерланади (7.59б-расм). Шундай қилиб, ABD поғона битта назарий тарелкада содир бўлаётган жараёни ифодалайди.

Ректификацион колоннада ўрнатиш зарур бўлган назарий тарелкалар сонини аниқлаш учун ишчи ва мувозанат эгри чизикларининг A ва C нукталари орасига поғоналар қурилади.

Колоннанинг ҳақиқий тарелкасида ҳеч қачон мувозанат концентрациясига эришиб бўлмайди, яъни $y_n < y_{np}$ (7.59в-расм).

Колоннадаги ҳақиқий тарелкалар сонини аниқлаш учун фойдали иш коэффициентини қўлланилади. Одатда, унинг катталиги тажрибавий усул билан топилади. Ректификация жараёнида масса бериш коэффициентини ҳисоблаш учун қуйидаги тенгламалар тавсия этилади: суюқ фазада:

$$Nu_{DC} = 540 \cdot Re_c^{0,33} \cdot Pr_{жк}^{0,45} \quad (7.174)$$

элаксимон тарелкаларда газ фазаси учун:

$$Nu_{др} = 2,5 \cdot Re_r^{0,72} \cdot Pr_{др}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \quad (7.175)$$

қалпоқчали тарелкаларда газ фазаси учун:

$$Nu_{др} = 0,265 \cdot Re_r \cdot Pr_{др}^{0,5} \cdot We^{-0,25} \quad (7.176)$$

(7.175) ва (7.176) тенгламалардаги $Nu_{де}$ ва Re_z критерийларда аниқловчи ўлчам сифатида капилляр константа $\chi = \sqrt{\sigma / \rho_c g}$ ҳисобланади.

Вебер критерийси $We = (\sigma / \rho_c) h_{cm}^2 g$,

бу ерда, σ – сиртий таранглик, Н/м, h_{cm} – тарелкадаги суюқлик қатламининг статик баланлиги, м.

7.18. Ректификация жараёнини ташкил этиш усуллари

Исталган ректификацион схема таркибида колонна (тарелкали ёки насадқали) ва қайнаткич бўлади. Одатда, қобиқ - труба ёки змеевикли иссиқлик алмашилиш қурилмасидан қайнаткич сифатида фойдаланилади. Қайнаткич колоннанинг пастки қисмида ёки унинг ташқарисида ўрнатилиши мумкин.

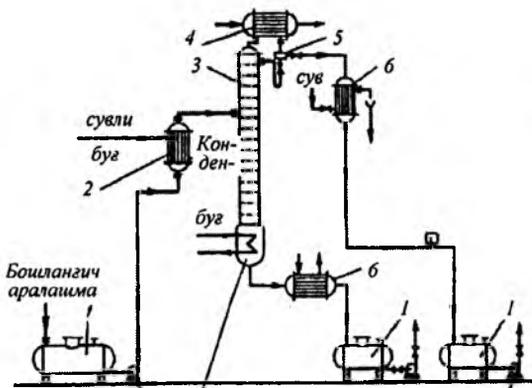
Турли саноат корхоналарида тарелкали ва насадқали колонналар кўп ишлатилади.

Узлуксиз ишлайдиган ректификацион колоннанинг принципиал схемаси 7.60-расмда кўрсатилган. Бошланғич эритма иситкич 2 да қиздирилади ва колоннанинг таъминловчи тарелкасига узатилади. Колоннадаги қайнаткич 8 нинг иссиқлиги таъсирида ректификация жараёни содир бўлади, эритма дистиллят ва куб қолдиғига ажралади. Колоннадан чиқаётган буғлар дефлегматор 4 да қисман ёки тўла конденсацияланади. Агар буғ тўла конденсацияланса, ҳосил бўлган дистиллят ажратувчи мослама 5 да икки қисмга бўлинади.

Биринчи қисм – флегма суюқлик тамбаси орқали ўтиб колоннанинг юқори тарелкасида пуркалади, иккинчи қисми – дистиллят совуткич 6 дан ўтказилиб совутилади ва йиғич 1 да тўпланади.

Агар буғлар дефлегматорда қисман конденсацияланса, улар конденсатор-совуткич орқали ўтказилади, у ерда конденсацияланади ва совутилади. Жараён мобайнида ҳосил бўлаётган куб қолдиғи унинг қимматлиги ва зарурлигига қараб ёки йиғичда тўпланади, ёки оқова сув сифатида утилизацияга йўналтирилади.

Одатда, саноат миқёсида бошланғич эритма уч ва ундан кўп қисмларга ажратилади.



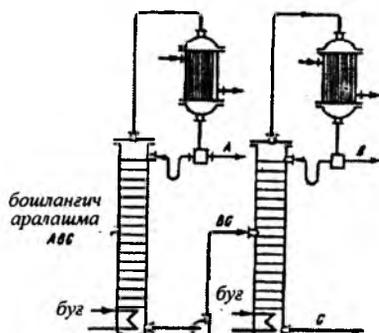
7.60-расм. Узлуксиз ишлайдиган ректификацион колонна.

- 1 - йиғич; 2 - иситкич; 3 - ректификацион колонна;
- 4 - дефлегматор; 5 - ажратувчи мослама; 6 - совуткич;
- 7 - насослар; 8 - қайнаткич.

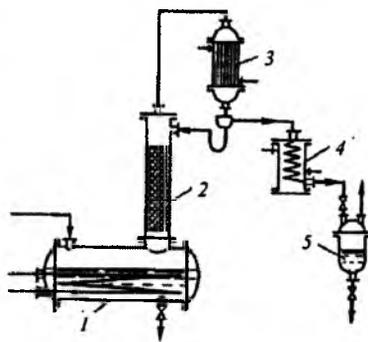
Кўп компонентли эритмаларни ректификация қилиш схемаси 7.61-расмда тасвирланган. Ушбу схема кўп колоннали бўлиб, бошланғич эритмани узлуксиз равишда уч қисм, яъни *A*, *B* ва *C* компонентларга ажратишга мўлжалланган.

Биринчи колонна аралашмани *A+BC* ёки *AB+C* қисмларга ажратади. Аралашмани *n* қисмга ажратиш учун *n-1* ректификацион колонналардан таркиб топган ректификацион схема зарур бўлади.

Даврий ишлайдиган ректификацион колоннанинг принципиал схемаси 7.62-расмда келтирилган.



7.61-расм. Кўп компонентли аралашмаларни ажратиш ректификацион схемаси.



7.62-расм. Даврий ишлайдиган ректификацион колонна схемаси:
1 - қайнаткич; 2 - колонна; 3 - дефлегматор; 4 - совуткич; 5 - йиғич.

Бошланғич аралашма буғ билан иситилаётган қайнаткичга узатилади. Қайнаш температурасигача иситилган аралашманинг буғлари ректификацион колоннанинг пастки қисмига юборилади. Колонна бўйлаб тепага кўтарилаётган буғлар енгил учувчан компонент билан бойиб боради, сўнг эса дефлегматорга тушади. У ерда конденсацияланади. Худди узлуксиз ишлайдиган ректификация схемасидек, конденсат флегма ва дистиллятга ажрайди. Қурилмадаги куб қолдиғи тўкилади ва янги бошланғич аралашма билан тўлдирилади.

7.18.1. Газ аралашмаларини фракциялаш

Газни фракциялаш – бу углеводород газларидан таркиб топган аралашмаларни ректификация усулида компонентларга ажратиш жараёнидир.

Табиий газлар таркиби ва табиатига қараб тўйинган ва тўйинмаган, қурук ва мойли газларга бўлинади. Қурук газлар таркибида асосан C_1 ва C_2 , мойли газларда C_1 , C_2 , C_3 ва ундан юқори компонентлар бор. Қурук газлар ёқилғи сифатида ишлатилади. Мойли газлар компонентлари қайта ишлаш учун хом-ашё ва бошқа мақсадлар учун қўлланилади.

Тўйинган газлар метан қаторидаги углеводородлардан иборат бўлиб, уларни нефтни бирламчи қайта ишлаш ва босим остида кечадиган каталитик риформинг, изомерлаш, гидрокрекинг, гидротозалаш жараёнларида олинади.

Тўйинмаган газлар таркибида кўп миқдорда тўйинмаган углеводородлар бўлиб, улар термик ва каталитик крекинг ҳамда кокслаш жараёнларида олинади.

Ректификацион колонналарда газларни 2 хил усулда бажариш мумкин:

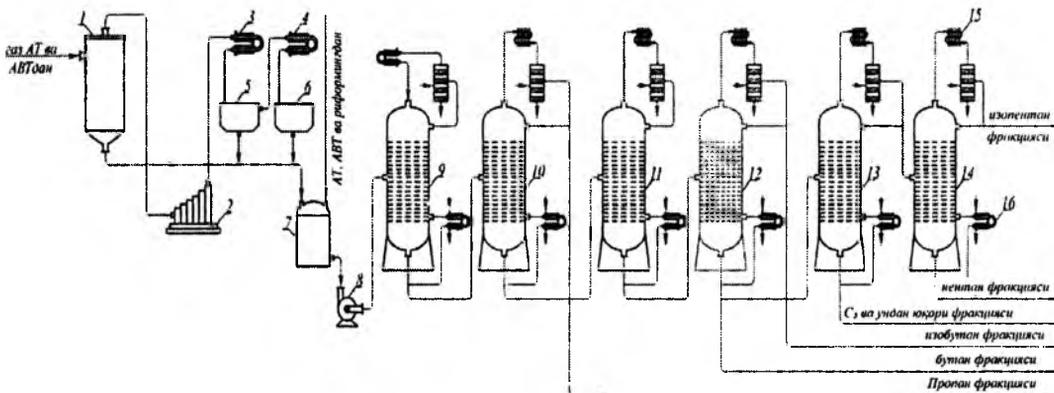
1) босим остида нормал температурада, сув ва ҳаволардан совуқлик элткичлар сифатида фойдаланиб ректификациялаш;

2) оддий босим ва паст температурада остида, сунъий совитишдан фойдаланиб ректификациялаш.

Биринчи усулда газни сиқиш учун, иккинчи усулда – совитиш учун энергия сарфланади. Масалан, тўйинган газларни фракцияларга ажратиш колоннасида дезанизациялаш жараёни 1,3 МПа ва 15°C температурада аммиакли совуткич-конденсатордан фойдаланилади ёки 3,4...4,0 МПа босим ва нормал температурада амалга оширилади.

Газни фракцияларга ажратиш қурилмаси турли хил бўлиши мумкин ва технологик схемаларда 6 тадан 10 тагача кетма-кет ёки параллел уланган колонналар ўрнатилади. Ҳамма колонналардаги тарелкалар сони 390 тадан 720 тагача бўлиши мумкин. Қайнаш температуралари жуда оз фарқланадиган изобутан (изобутан ва *n*-бутан) ва изопентан (изопентан ва *n*-пентан) фракциялари учун колонналарда 97...180 та тарелка қўйилиши зарур.

Конденсацион-компрессорли турдаги газларни фракцияларга ажратиш қурилмасининг технологик схемаси 7.62а-расмда кўрсатилган. Газ хом-ашёси сепаратор 1 дан компрессор 2 га узатилади. Сиқилган ва температураси ошган газ конденсациялаш



7.62а-расм. Конденсацион-компрессорли газ фракциялаш технологик схемаси:

1-сепаратор; 2-компрессор; 3,4-совуткич-конденсатор; 5,6-сепаратор-ийгич; 7-суяқ газ йиғичи; 8-насос; 9-14-ректификацион колонналар; 15-ҳаво билан совутиладиган конденсаторлар, 16-рибойлер.

жараёнининг икки босқичидан ўтади: биринчисида сув билан совутилади, иккинчисида эса аммиак билан конденсатор 3,4 ларда совутилади ва суяқ газ сепаратор-ийгич 5,6 ларга тўпланади. Йиғич 7 дан суяқтирилган газ бирламчи ҳайдаш ва риформинг қурилмаларининг мўътадиллаш маҳсулоти билан биргаликда насос 8 орқали ректификацион колонна 9 га ҳайдалади.

Колоннанинг тепа қисмидан қуруқ метан ва этан ажратиб олинади. Дезтанлашган фракция – қолдиқ депропанизатор 10 га юборилади ва у ерда пропанли фракция ва C_4 ва ундан юқори углеводородли аралашмаларга ажратилади. Охири аралашма фракциялаш учун кейинги колонна дебутанизатор 11 узатилади. Дебутанизатор 11 нинг тепа қисмидан бутан ва изобутандан иборат аралашма туширилади. Аралашма деизобутанизатор узатишиб, унинг ректификати изобутанли фракция, куб қолдиғи эса – бутанли фракциясидир. Дебутанизатор 11 нинг пастки қисмидан қолдиқ – енгил дебутанлашган бензин депропанизатор 13 га йўналтирилади. Ундан куб қолдиғи сифатида C_6 ва юқори углеводородлар чиқариб олинади. Депропанизатор 13 дан пентан аралашмалари ректификацион колонна 14 ажратиш учун узатилади. Колоннадан ректификат сифатида изопентанли фракция ажралиб чиқади, кубда эса пентанли фракция қолдиқ бўлиб қолади.

Дезтанизатор 9 да иссиқлик аммиак, қолган колонналардаги иссиқлик – ҳаво билан совутиладиган қурилмалар ёрдамида четга ажратиб олинади. Колонналарнинг пастки қисмига иссиқлик рибойлар орқали иситилиб узатилади.

7.19. Ректификацион колониаларни ҳисоблаш

Мисол тариқасида «этил спирт-сув» аралашмасини ажратиш учун узлуксиз ишлайдиган ректификацион колоннани (тарелкали) ҳисоблашни кўриб чиқамиз. «Этил спирт-сув» аралашмасининг массавий сарфи $G=10000$ кг/соат этил спиртининг бошланғич эритмадаги концентрацияси $x_F = 35\%$; (масс); этил спиртининг дистиллятдаги концентрацияси $x_D=95\%$; (масс); этил спиртининг куб қолдиғидаги концентрацияси $x_W = 1,5\%$ (масс); флегманинг ортикчалик коэффициентини $\beta_R = 1,3$; $\eta = 0,5$; тарелкалар орасидаги масофа $h = 200$ мм; иситувчи буғ босими $p_b = 0,3$ МПа; ректификация жараёни атмосфера босимида ташкил этилган. Дистиллят G_d , куб қолдиғи G_w ва тарелкалар миқдори n ҳамда колонна баландлиги H , диаметри D_k ва иситувчи буғ сарфи D ларни аниқлаш зарур. Дистиллятнинг массавий сарфини G_D (кг/ч), куб қолдиғини G_W (кг/ч) деб белгилаймиз.

Моддий баланс (7.160) формуладан ҳосил бўлаётган дистиллят ва (7.158) формуладан эса куб қолдиғининг миқдорини аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} G_D + G_W &= 10000 \\ G_F x_F &= G_D x_D + G_W x_W \\ 10000 \cdot 0,35 &= G_D \cdot 0,98 + G_W \cdot 0,015 \\ G_W &= \frac{G_F(x_D - x_F)}{x_D - x_W} = \frac{2,77(0,98 - 0,35)}{0,98 - 0,015} \end{aligned}$$

Ректификация жараёнини y - x координатларида қуриш учун бошланғич аралашма, дистиллят ва куб қолдиқлари таркибидаги енгил учувчан компонент концентрациясини қуйидаги формулалар ёрдамида моль улушларда ифодалаш мумкин:

$$x_{f,d,w} = \frac{\frac{a_{f,d,w}}{M_a}}{\frac{a_{f,d,w}}{M_a} + \frac{100 - a_{f,d,w}}{M_b}}$$

бу ерда, M_a ва M_b – енгил спирт ва қийин сув учувчан компонентларнинг молекуляр массалари:

Бошланғич аралашма, дистиллят ва куб қолдиқ концентрацияларини моль улушларда ифодалаймиз:

Бошланғич аралашманики

$$x_F = \frac{\frac{x}{M_b}}{\frac{x}{M_b} + \frac{100 - x}{M_T}} = \frac{\frac{35}{46}}{\frac{35}{46} + \frac{100 - 35}{18}} = 0,174$$

Дистиллятники

$$x_D = \frac{\frac{x_D}{M_b}}{\frac{x_D}{M_b} + \frac{100 - x_D}{M_T}} = \frac{\frac{98}{46}}{\frac{98}{46} + \frac{100 - 98}{18}} = 0,95$$

Куб қолдиғиники

$$x_W = \frac{\frac{x_W}{M_b}}{\frac{x_W}{M_b} + \frac{100 - x_W}{M_T}} = \frac{\frac{1,5}{46}}{\frac{1,5}{46} + \frac{100 - 1,5}{18}} = 0,00592$$

$$R = \frac{R+F}{R+1}x - \frac{F-1}{R+1}x_W = \frac{1,99+5,753}{1,99+1}x - \frac{5,753-1}{1,99+1} \cdot 0,00592 =$$

$$= \frac{7,75288}{2,99}x - \frac{4,753}{2,99} \cdot 0,00592$$

$$y = 2,58439x - 0,009379$$

Буғнинг тезлиги ва колонна диаметрини аниқлаш. Суюкликнинг ўртача концентрациялари:

а) колоннанинг юқори қисми учун :

$$x'_{cp} = \frac{(x_F + x_D)}{2} = \frac{(0,17 + 0,95)}{2} = 0,56$$

б) колоннанинг пастки қисми учун:

$$x''_{cp} = \frac{(x_F + x_W)}{2} = \frac{(0,17 + 0,00592)}{2} = 0,08796$$

Буғнинг ўртача концентрациясини ишчи чизик тенгламаларидан аниқлаймиз:

а) колоннанинг юқори қисми учун :

$$y'_{cp} = 0,666653x'_{cp} + 0,3166793 = 0,666653 \cdot 0,56 + 0,3166793 = 0,69$$

б) колоннанинг пастки қисми учун:

$$y''_{cp} = 2,58439x''_{cp} - 0,009379 = 2,58439 \cdot 0,08796 - 0,009379 = 0,21794$$

t – x, y диаграммадан буғнинг ўртача температурасини топамиз:

а) $y'_{cp} = 0,69$ да $t'_{cp} = 79,5^\circ\text{C}$,

б) $y''_{cp} = 0,21794$ да $t''_{cp} = 94,2^\circ\text{C}$.

Буғнинг ўртача моль массаси ва зичлиги :

а) $M'_{cp} = 0,69 \cdot 46 + 18 \cdot 0,31 = 37,32$ кг/моль;

$$\rho'_{cp} = \frac{M'_{cp} \cdot T_0}{22,4 \cdot T'_{cp}} = \frac{37,32 \cdot 273}{22,4 \cdot 352,5} = 1,291 \text{ кг/м}^3;$$

б) $M''_{cp} = 0,21794 \cdot 46 + 18 \cdot 0,78206 = 24,102$ кг/моль;

$$\rho''_{cp} = \frac{M''_{cp} \cdot T_0}{22,4 \cdot T''_{cp}} = \frac{24,102 \cdot 273}{22,4 \cdot 367,2} = 0,8 \text{ кг/м}^3$$

Колоннадаги буғнинг ўртача зичлиги:

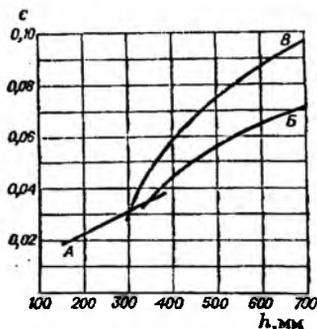
$$\rho_{\Pi} = \frac{(\rho'_{cp} + \rho''_{cp})}{2} = \frac{(1,291 + 0,8)}{2} = 1,04569 \text{ кг/м}^3$$

$x_D = 0,95$ бўлганда колонна тепасидаги температура $78,5^\circ\text{C}$ га, куб – буглаткичида $x_W = 0,00592$ да 98°C га тенг.

$78,5^\circ\text{C}$ температурада этил спирт зичлиги $\rho = 799$ кг/м³, $98,2^\circ\text{C}$ да сувники $\rho = 954,4$ кг/м³.

Колоннадаги суюкликнинг ўртача зичлиги ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$\rho_{ж} = \frac{(799 + 959,4)}{2} = 879,2 \text{ кг/м}^3$$



7.64-расм. С коэффициент қийматлари:
 А,Б – қалпоқчали тарелкалар;
 В – элаксимон тарелка.

Колоннадаги буг тезлигини аниқлаш. «Колонные аппараты» каталог-справочникдан тарелкалар орасидаги масофани $h=300$ мм ни танлаймиз. Графикдан элаксимон тарелкалар учун $C=0,032$ эканлигини топамиз (7.64-расм).

Колоннадаги буг тезлиги:

$$w = C \sqrt{\frac{\rho_{ж}}{\rho_n}} = 0,032 \sqrt{\frac{879,2}{1,04569}} = 0,9278 \text{ м/с}$$

Ўртача температура қуйидагича ҳисобланади:

$$t_{cp} = \frac{(79,5 + 94,2)}{2} = 86,85 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Колоннадан ўтаётган бугнинг ҳажмий сарфи:

$$V = \frac{G_D (R+1) \cdot 22,4 \cdot T_{ca} \cdot \rho_o}{M_D \cdot T_o \cdot 3600 \cdot p} =$$

$$= \frac{3471,48 \cdot (1,99 + 1) \cdot 22,4 \cdot 359,85 \cdot 1,033}{44,6 \cdot 273 \cdot 3600 \cdot 1} = 1,97 \text{ м}^3/\text{с}$$

бу ерда, M_D – дистиллятнинг моль массаси:

$$M_D = 0,95 \cdot 46 + 0,05 \cdot 18 = 44,6 \text{ кг/кмоль}$$

Колонна диаметри:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}} = \sqrt{\frac{1,97}{0,785 \cdot 0,9278}} = 1,648 \text{ м}$$

«Колонные аппараты» каталог-справочникдан $D=1600$ м ли стандарт колоннани танлаймиз. Унда, колоннада бугнинг тезлиги :

$$w = \frac{V}{0,785 \cdot D^2} = \frac{1,97}{0,785 \cdot (1,6)^2} = 0,9844 \text{ м/с}$$

Тарелкалар гидравлик ҳисоби

Қуйидаги ўлчамли элаксимон тарелкани танлаймиз: тешиқлар диаметри $d_o=4$ мм, қуйилиш тўсиғининг баландлиги $h_n=40$ мм. Тарелка тешиқлари юзасининг улуши 8% . Иккита сегментли қуйилиш стаканларининг юзаси тарелка умумий юзасининг 20% ни ташкил этади.

Колонна юқори ва пастки қисмидаги тарелкалар гидравлик қаршилигини ҳисоблаймиз

$$\Delta p = \Delta p_{\text{сyx}} + \Delta p_{\sigma} + \Delta p_{\text{нж}}$$

а) Колонна юкори қисми.

Курук тарелка гидравлик қаршилиги:

$$\Delta p_{\text{сyx}} = \frac{\xi \cdot w_o^2 \cdot \rho_n}{2} = \frac{1,82 \cdot (12,3)^2 \cdot 1,291}{2} = 174,7 \text{ Па}$$

бу ерда $\xi=1,82$ – тешиклар юзаси 7... 10% ли элаксимон тарелкалар гидравлик қаршилик коэффициентни.

Тарелка тешикларидаги тезлик:

$$w_o = \frac{0,9844}{0,08} = 12,3 \text{ м/с}$$

Сиртий таранглик кучлари туфайли ҳосил бўлган қаршилик:

$$\Delta p_{\sigma} = \frac{4 \cdot \sigma}{d_o} = \frac{4 \cdot 20,025 \cdot 10^{-3}}{0,04} = 20,025 \text{ Па}$$

бу ерда $\sigma=20,025 \cdot 10^{-3}$ Н/м – 79,5°C температурада колонна юкори қисмида суюқликнинг сиртий таранглиги; $d_o=0,004$ м – тарелка тешикларининг диаметри.

Тарелкадаги буг-газ аралашмасининг қаршилиги:

$$\Delta p_{\text{нж}} = 1,3 \cdot h_{\text{нж}} \cdot \rho_{\text{нж}} \cdot g \cdot k$$

Буг-газ аралашмасининг баландлиги:

$$h_{\text{нж}} = h_n + \Delta h$$

Қуйилиш тўсиғи устидаги қатламнинг баландлиги Δh қийматини ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$\Delta h = \left(\frac{V_{\text{ж}}}{1,85 \cdot \Pi \cdot k} \right)^{\frac{2}{3}}$$

бу ерда, $V_{\text{ж}}$ – суюқлик ҳажмий сарфи, м³/с; Π – қуйилиш тўсиғининг периметри, м; $k=\rho_{\text{нж}}/\rho_{\text{ж}}=0,5$ – буг-газ аралашмаси зичлигининг суюқлик зичлигига нисбати.

Колонна юкори қисмидан ўтаётган суюқнинг ҳажмий сарфи:

$$V_{\text{ж}} = \frac{G_D \cdot R \cdot M_{\text{ср}}}{M_D \cdot \rho_{\text{ж}}} = \frac{3471,48 \cdot 1,99 \cdot 33,68}{44,6 \cdot 879,2 \cdot 3600} = 0,0016564 \text{ м}^3/\text{с}$$

бу ерда, $M_{\text{ср}}=0,56 \cdot 46 + 0,44 \cdot 18 = 33,68$ – суюқликнинг ўртача моль массаси, кг/кмоль.

Қуйилиш тўсиғининг периметри Π ни тенгламалар системасини ечиб топамиз:

$$\begin{cases} \left(\frac{\Pi}{2} \right)^2 + (R-b)^2 = R^2 \\ 0,1 \cdot \pi \cdot R^2 = \frac{2}{3} \cdot \Pi \cdot b \end{cases}$$

бу ерда, $R=0,8$ м – тарелка радиуси, $0,66\Pi \cdot b$ – сегмент юзасининг тахминий қиймати.

Ечиш ушбу натижаларни беради: $\Pi=1,28$ м; $b=0,257$ м. Энди, Δh ни топамиз:

$$\Delta h = \left(\frac{0,0016564}{1,85 \cdot 1,28 \cdot 0,5} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,0125 \text{ м}$$

Тарелкадаги буғ-газ аралашмасининг баландлиги :

$$h_{\text{нжс}} = h_n + \Delta h = 0,04 + 0,0125 = 0,0525 \text{ м}$$

Буғ-газ аралашмаси қатламининг қаршилиги:

$$\Delta p_{\text{нжс}} = 1,3 \cdot h_{\text{нжс}} \cdot k \cdot \rho_{\text{жс}} \cdot g = 1,3 \cdot 0,0525 \cdot 0,5 \cdot 879,2 \cdot 9,81 = 294,326 \text{ Па}$$

Колонна юкори қисмидаги умумий гидравлик қаршилик:

$$\Delta p' = \Delta p_{\text{сух}} + \Delta p_{\sigma} + \Delta p_{\text{нжс}} = 174,7 + 20,025 + 294,326 = 489,08 \text{ Па}$$

б) колонна пастки қисми :

$$\Delta p_{\text{сух}} = \frac{1,82 \cdot (12,3)^2 \cdot 0,8}{2} = 110,285 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\sigma} = \frac{4 \cdot 18,6 \cdot 10^{-3}}{0,004} = 18,6 \text{ Па}$$

бу ерда $\sigma = 18,6 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$ — $t_p = 94,2^\circ \text{C}$ температурада суюклик сиртий таранглиги.

$$V_{\text{жс}} = \left(\frac{G_D \cdot R}{M_D} + \frac{G_F}{M_F} \right) \cdot \frac{M_{\text{ср}}}{\rho_{\text{жс}}} =$$

$$\cdot \left(\frac{3471,48 \cdot 1,99}{44,6} + \frac{10000}{22,872} \right) \cdot \frac{18,16576}{3600 \cdot 879,2} = 0,003402 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$M_{\text{ср}} = 0,00592 \cdot 46 + 0,99408 \cdot 18 = 18,16576$$

бу ерда ($M_F = 0,174 \cdot 46 + 0,826 \cdot 18 = 22,872 \text{ кг/кмоль}$)

$$\Delta h = \left(\frac{0,003402}{1,85 \cdot 1,28 \cdot 0,5} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,02 \text{ м}$$

$$h_{\text{нжс}} = 0,04 + 0,020211 = 0,06 \text{ м}$$

$$\Delta p_{\text{нжс}} = 1,3 \cdot 0,060211 \cdot 0,5 \cdot 879,2 \cdot 9,81 = 337,556 \text{ Па}$$

Колонна пастки қисмидаги умумий гидравлик қаршилик:

$$\Delta p'' = 110,285 + 18,6 + 337,556 = 446,441 \text{ Па}$$

Тарелкалар орасидаги масофа $h = 0,3 \text{ м}$ бўлганда тарелкалар нормал ишлаш шартлари бажарилишини текшираимиз:

$$h > 1,8 \frac{\Delta p}{\rho_{\text{жс}} \cdot g}$$

Колонна юкори қисмидаги тарелкаларникига қараганда гидравлик қаршилиги Δp катта бўлган пастки қисм тарелкалари учун:

$$\frac{1,8\Delta p''}{\rho_{ж}g} = \frac{1,8 \cdot 446,441}{879,2 \cdot 9,81} = 0,09317 \text{ м}$$

Тарелка ишлашининг турғун ишлашини текшираимиз – тарелка тешикларидаги минимал тезлик w_{omin} ни ҳисоблаймиз:

$$w_{omin} = 0,67 \sqrt{\frac{g\rho_{ж}h_{пж}}{\zeta\rho_{п}}} = 0,67 \cdot \sqrt{\frac{9,81 \cdot 879,2 \cdot 0,06}{1,82 \cdot 0,8}} = 12,2874 \text{ м/с}$$

Ҳисобланган тезлик $w_{omin} = 12,2874 \text{ м/с}$. Демак, тарелканинг ҳамма тешиклари жараёнда иштирок этади.

Колонна баландлиги ва тарелкалар сонини ҳисоблаш.

а) $y - x$ диаграммага колоннанинг юкори ва пастки қисмларининг ишчи чизиқларини чизамиз ва концентрация ўзгариши поғоналарининг сони n_m ни топамиз. Колоннанинг юкори қисми учун $n'_r \approx 10$ ва пастки қисми учун $n'_r \approx 4$. Жами 14 поғона. Тарелкалар сони ушбу тенгламадан аникланади:

$$n = n_r / \eta.$$

Тарелкалар ф.и.к. η ни аниқлаш учун ажратилаётган компонентлар учувчанлик коэффиценти $\alpha = P_o / P_r$ ва ўртача температура $86,85^\circ\text{C}$ да бошлангич аралашма динамик қовушқоқлик коэффиценти μ ни топамиз.

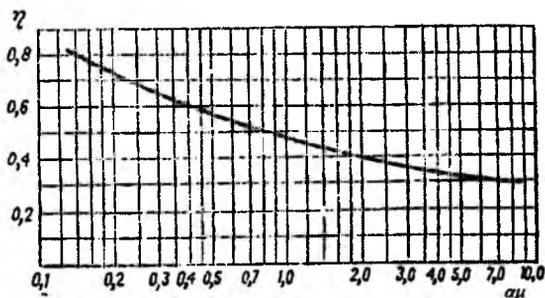
Этил спирт буғининг ушбу температурадаги тўйинган буғи $P=1065 \text{ мм.сим.уст.}$, сувники $P=469,8 \text{ мм. сим. уст.}$ Бундан,

$$\alpha = 1065 / 469,8 = 2,2669.$$

Этил спиртниг динамик қовушқоқлик коэффиценти ($86,85^\circ\text{C}$) $\mu = 0,552 \text{ сП}$, сув учун $\mu = 0,331 \text{ сП}$. Аралашма динамик қовушқоқлик коэффиценти

$$\mu = 0,441 \text{ сП} = 0,441 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Унда $\alpha\mu = 2,2669 \cdot 0,441 = 0,99970$.



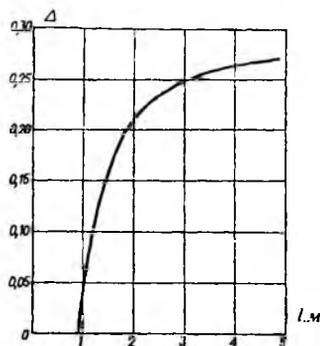
7.65-рasm. Тарелка ўртача ф.и.к. тахминий аниқлаш учун диаграмма.

Графикдан $\eta=0,48$ эканлигини топамиз. Сувоқликнинг тарелкадаги ҳаракат йўлининг узунлиги:

$$l = D - 2b = 1,6 - 2 \cdot 0,257 = 1,086 \text{ м}$$

Графикдан $\Delta=0,059$ эканлигини топамиз. Тарелкаларнинг ўртача ф.и.к.:

$$\eta_l = \eta(1 + \Delta) = 0,48(1 + 0,059) = 0,508$$



7.66-расм. Тузатиш қиймати Δ нинг тарелкадаги суюкликнинг харакат йўли узунлиги l га боғликлиги.

Такқослаш учун тарелка ф.и.к. η_0 ни аниқлаймиз:

$$\eta_0 = 0,068K_1^{0,1} \cdot K_2^{0,115}$$

Ушбу формуладаги ўлчамсиз

$$K_1 = \frac{Re_{\Pi}}{S_{CB}} Pr'_{\text{ж}} \frac{\mu_{\Pi}}{\mu_{\text{ж}}} = \frac{wh_{\Pi}\rho_{\Pi}}{S_{CB}\mu_{\Pi}} \frac{\mu_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}}D_{\text{ж}}} \frac{\mu_{\Pi}}{\mu_{\text{ж}}} = \frac{wh_{\Pi}\rho_{\Pi}}{S_{CB}\rho_{\text{ж}}D_{\text{ж}}};$$

$$K_2 = \frac{Re_{\Pi}}{We} Pr'_{\text{ж}} \frac{\nu_{\Pi}}{\nu_{\text{ж}}} = \frac{wh_{\Pi}\sigma}{\nu_{\Pi}\rho_{\text{ж}}w^2} \frac{\nu_{\text{ж}}\nu_{\Pi}}{h_{\Pi}D_{\text{ж}}\nu_{\text{ж}}} = \frac{\sigma}{w\rho_{\text{ж}}D_{\text{ж}}},$$

бу ерда, w – колоннадаги буг тезлиги, м/с; S_{CB} – тарелка тешиклари юзасининг улуши; h_{Π} – қуйилиш тўсигининг баландлиги, м; ρ_{Π} ва $\rho_{\text{ж}}$ – буг ва суюклик зичлиги, кг/м³; $D_{\text{ж}}$ – енгил учувчан компонентнинг диффузия коэффициентини, м²/с; σ – суюклик сиртий таранглиги, Н/м.

Физик-кимёвий константалар ўртача температура аниқланган. Диффузия коэффициенти $D_{\text{ж}}$:

$$D_{\text{ж}} = 7,4 \cdot 10^{-12} \frac{(\beta\mu)^{0,5} T}{\mu_{\text{ж}} \nu^{0,6}}$$

Ушбу шароит учун: $\beta=1$; $\mu_{\text{ж}}=0,441 \cdot 10^{-3}$ Па·с; $M=M_f=22,872$ кг/кмоль; $\nu=58$ м²/с; $T=86,85+273=359,85$ К.

Диффузия коэффициенти:

$$D_{\text{ж}} = \frac{7,4 \cdot 10^{-12} \cdot 22,872^{0,5} \cdot 359,85}{0,441 \cdot 58^{0,6}} = 2,5264 \cdot 10^{-9}$$

Ўлчамсиз комплекслар:

$$K_1 = \frac{wh_{\Pi}\rho_{\Pi}}{S_{CB}\rho_{\text{ж}}D_{\text{ж}}} = \frac{0,9844 \cdot 0,04 \cdot 1,04569}{0,08 \cdot 879,2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-9}} = 2,34 \cdot 10^5;$$

$$K_2 = \frac{\sigma}{w\rho_{\text{ж}}D_{\text{ж}}} = \frac{40,3025 \cdot 10^{-3}}{0,9844 \cdot 879,2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-9}} = 0,931 \cdot 10^4.$$

Тарелка ўртача ф.и.к.

$$\eta_0 = 0,068K_1^{0,1} K_2^{0,115} = 0,068(2,34 \cdot 10^5)^{0,1} \cdot (0,931 \cdot 10^4)^{0,115} = 0,669.$$

Тарелкалар сони

Колонна юқори қисмида

$$n' = n'_T / \eta_T = 10 / 0,508 = 20;$$

Колонна пастки қисмида

$$n' = n''_T / \eta_T = 4 / 0,508 = 8.$$

Тарелкалар умумий сони $n=28$, захира билан $n=32$. Шу жумладан, юкори қисмида 20 та ва пастки қисмида 12.

Колоннанинг тарелкали қисмининг баландлиги

$$H_T = (n - 1)h = (32 - 1) \cdot 0,3 = 9,3 \text{ м}$$

Тарелкаларнинг умумий гидравлик қаршилиги:

Қурилманинг иссиқлик ҳисоби. Дефлегматор – конденсаторда совутувчи сувга тарқалаётган иссиқлик микдори ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\begin{aligned} Q_D &= G_D (1 + R) r_D = \frac{3471,48}{3600} \cdot (1 + 1,99) \cdot 921,660 \cdot 10^3 = \\ &= 2666163,563 \text{ Вт} \end{aligned}$$

Бу ерда

$$\begin{aligned} r_D &= \bar{x}_D r_0 + (1 - \bar{x}_D) r_T = 0,95 \cdot 848,493 \cdot 10^3 + \\ &+ (1 - 0,95) \cdot 2311,843 \cdot 10^3 = 921,660 \cdot 10^3 \text{ Ж/кг} \end{aligned}$$

бу ерда, r_0 ва r_T – этил спирт ва сувларнинг $78,5^\circ\text{C}$ даги солиштирма конденсация иссиқлиги.

Куб-буғлаткичда иссиқлик сарфи ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\begin{aligned} Q_R &= Q_D + G_D c_D t_D + G_W c_W t_W - G_F c_F t_F + Q_{\text{пот}} = \\ &= 1,03 \cdot (2666163,5 + 0,9643 \cdot 0,81 \cdot 4190 \cdot 78,5 + 1,81 \cdot 1 \cdot 4190 \cdot 98 -) \\ &- 2,777 \cdot 0,9 \cdot 4190 \cdot 84) = 2870241,25 \text{ Вт} \end{aligned}$$

бу ерда $Q_{\text{пот}}$ иссиқлик йўқотилиши тахминан 3%.

Солиштирма иссиқлик сизимлари $t_D=78,5^\circ\text{C}$; $t_W=98^\circ\text{C}$; $t_F=84^\circ\text{C}$ температураларда олинган; бошланғич аралашма қайнаш температураси $t_F=84^\circ\text{C}$ диаграммадан олинади.

Буғ иситкичидаги иссиқлик сарфи:

$$Q = 1,05 G_F c_F (t_F - t_{\text{моч}}) = 1,05 \cdot 2,777 \cdot 0,752 \cdot 4190 \cdot (84 - 18) = 606374,56 \text{ Вт}$$

бу ерда, $Q_{\text{пот}}$ – иссиқлик йўқотилиши тахминан 5% олинган.

Бошланғич эритма солиштирма иссиқлик сизими

$$c_F = (0,5 \cdot 0,835 + 0,5 \cdot 0,675) \cdot 4190 \text{ Ж/кг} \cdot \text{К}$$

Ўртача температура $\frac{(84 + 18)}{2} = 51^\circ\text{C}$ да олинган.

Дистиллят совуткичда сувга тарқалаётган иссиқлик микдори:

$$Q = G_D c_D (t_D - t_{\text{конт}}) = 0,9646 \cdot 0,75 \cdot 4190 \cdot (78,5 - 25) = 162172,17 \text{ Вт}$$

бу ерда дистиллят солиштирма иссиқлиги $c_D = 0,75 \cdot 4190 \text{ Ж/(кг} \cdot \text{К)}$ ўртача 52°C да олинган

Куб қолдиғида совуқ сувга узатилаётган иссиқлик микдори:

$$Q = G_W c_W (t_W - t_{кон}) = 1,81 \cdot 0,98 \cdot 4190 \cdot (98 - 25) = 542552,5 \text{ Вт}$$

бу ерда куб колдиги солиштирма иссиқлиги $c_w = 0,98 \cdot 4190 \text{ Ж/(кг К)}$ ўртача $(98+25)/2=62^\circ\text{C}$ да олинган намлиги 5% ва босими $p_{абс}=2,5 \text{ кг к/см}^2$ бўлган бугнинг сарфи:

а) куб – буглаткичда

$$G_{г.п} = \frac{Q_k}{r_{г.п} x} = \frac{2870241,25}{2141 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 1,41 \text{ кг/с}$$

бу ерда, $r_{г.п}=2141 \cdot 10^3 \text{ Ж/кг}$ – иситувчи буг солиштирма конденсацияланиш иссиқлиги;

б) аралашма иситкичда

$$G_{г.п} = \frac{606374,56}{2141 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 0,2981 \text{ кг/с}$$

Жами: $1,41 + 0,2981 = 1,7 \text{ кг/с}$

20°C га совитиш учун сувнинг сарфи:

а) дефлегматорда

$$V_B = \frac{Q_d}{c_B (t_{кон} - t_{нач}) \rho_B} = \frac{2870241,25}{4190 \cdot 20 \cdot 1000} = 0,03425 \text{ м}^3/\text{с}$$

б) дистиллят совуткичда

$$V_B = \frac{162172,17}{4190 \cdot 20 \cdot 1000} = 0,001935 \text{ м}^3/\text{с}$$

в) куб колдиги совуткичда

$$V_B = \frac{542552,2}{4190 \cdot 20 \cdot 1000} = 0,006474 \text{ м}^3/\text{с}$$

Жами: $0,04265 \text{ м}^3/\text{с}$

Ректификацион колоннанинг механик ҳисоби тарелкали абсорберларни ҳисоблаш каби тавсия этилади.

7-боб. Ҳайдаш ва ректификациялаш буйича

Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Ҳайдаш жараёнининг моҳияти нимада?
2. Қийин учувчан компонент нима?
3. Енгил учувчан компонент нима?
4. Дальтон қонунининг физик маъноси ва формуласини ёзинг.
5. Коноваловнинг 1- қонуни нимани ифодалайди?
6. Коноваловнинг 2- қонуни нимани ифодалайди?
7. Қандай суюқликлар азеотроп эритма деб аталади?
8. Оддий ҳайдаш нима?
9. Фракцияли ҳайдаш схемасини чизинг ва тушунтиринг.
10. Дефлегмацияли ҳайдаш схемасини чизинг ва тушунтиринг.
11. Сув буги билан ҳайдаш схемасини чизинг ва тушунтиринг.
12. Молекуляр ҳайдаш схемасини чизинг ва тушунтиринг.
13. Ректификация нима?
14. Жараён моддий балансини тузинг.
15. Ректификация жараёнининг иссиқлик балансини тузинг.
16. Флегма нима?
17. Ректификат нима?
18. Ҳақиқий флегма сони қайси формула билан ифодаланади?
19. Ректификация жараёнини ташкил этиш усуллари.
20. Ректификация колонналарини ҳисоблаш кетма-кетлиги.

АДСОРБЦИЯ

7.20. Умумий тушунчалар

Газсимон ёки суюклик аралашмаларидан бир ёки бир неча компонентни каттик, ғовак-симон жисм ёрдамида ютиш жараёни *адсорбция* деб номланади. Ютилаётган модда *адсорбтив*, ютувчи модда эса *адсорбент* деб аталади.

Адсорбция жараёнининг ўзига хослиги шундаки, селектив ва қайтар жараёндир. Жараённинг қайтар бўлишлиғи туфайли адсорбент ёрдамида буғ - газ аралашмаларидан бир ёки бир неча компонентларни ютиш, сўнг эса махсус шароитда уларни адсорбентдан ажратиб олиш мумкин.

Адсорбцияга тескари жараён *десорбция* деб номланади. Адсорбция жараёни халк хўжалигининг турли соҳаларида кенг тарқалган бўлиб, газларни тозалаш ва қисман қуритиш, эритмаларни тозалаш ва тиндириш, буғ - газ аралашмаларини ажратиш учун ишлатилади.

Кимё, нефть-газ саноатларида адсорбция қуйидаги ҳолларда: газлар ва эритмаларни тозалаш ва қуритишда, эритмалардан кимматбаҳо моддаларни ажратиб олишда, нефть ва нефть маҳсулотларини тозалашда, нефтни қайта ишлашда ҳосил бўладиган газ аралашмаларидан ароматик углеводородларни (этилен, водород, бензин фракцияларидан ароматик углеводородларни) ажратиб олишда ишлатилади.

Адсорбция жараёни 2 хил бўлади, яъни физик ва кимёвий адсорбция. Агар адсорбент ва адсорбтив молекулаларининг ўзаро тортишиши Ван-дер-Ваальс кучлари таъсири остида содир бўлса, бундай жараён *физик адсорбция* деб номланади.

Физик адсорбция жараёнида адсорбент ва адсорбтивлар ўртасида кимёвий ўзаро таъсир бўлмайди.

Адсорбция жараёнида буғларнинг ютилиши пайтида улар конденсацияланади, яъни адсорбент коваклари суюклик билан тўлиб қолади. Бошқача қилиб айтганда, адсорбентда капилляр конденсация рўй беради.

Кимёвий адсорбция ёки *хемосорбция* адсорбент ва ютилган модда молекулалари орасида кимёвий боғлар ҳосил бўлиши билан характерланади. Бу албатта кимёвий реакциянинг натижасидир. Ундан ташқари, хемосорбция жараёнида кимёвий реакция туфайли катта микдорда иссиқлик ажралиб чиқади. Одатда, адсорбция жараёнида ажралиб чиқадиган иссиқлик *адсорбция иссиқлиги* (Ж/кг) деб номланади ва тажрибавий усулда ёки қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$r = \frac{19,16 \cdot \ln \frac{P_2}{P_1}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \quad (7.177)$$

бу ерда, p_1 ва p_2 – тегишли абсолют температуралар T_1 ва T_2 ларда адсорбент устидаги ютилаётган модданинг мувозанат босимлари.

Шундай қилиб, хемосорбция жараёни юкори температурада кичик тезликларда содир бўлади.

Адсорбция жараёнининг селективлиги адсорбент ва ютилаётган компонентнинг концентрациясига температурага, табиатига ва газлар ютилаётганда босимга боғлиқдир.

Ундан ташқари, жараён тезлиги адсорбентларнинг солиштирма юза катталигига ҳам боғлиқ.

7.21. Адсорбентлар турлари ва характеристикалари

Маълумки, мамлакат иқтисодиятининг турли соҳаларида қўлланиладиган адсорбентлар иложи борича катта солиштирма юзага эга бўлиш керак. Кимё, озик-овқат ва бошқа саноатларда фаолланган кўмир, силикагель, алюмогель, цеолит, целлюлоза, ионитлар, минерал тупрок

(бентонит, диатомит, каолин) ва бошқа материаллар адсорбент сифатида ишлатилади. Албатта, адсорбентлар маҳсулот билан бевосита таъсирда бўлгани учун зарарсиз, мустаҳкам, захарлимас ва маҳсулотни ифлос қилмаслиги керак.

Адсорбентлар модданинг масса бирлигига нисбатан жуда катта солиштирма юзали бўлади. Унинг капилляр каналлари ўлчамига қараб 3 гуруҳга бўлинади. яъни макроковакли ($>2 \cdot 10^{-4}$ мм), оралик ковакли ($6 \cdot 10^{-6} \dots 2 \cdot 10^{-4}$ мм) ва микроковакли ($2 \cdot 10^{-6} \dots 6 \cdot 10^{-6}$ мм) бўлади. Шунини таъкидлаш керакки, адсорбция жараёнининг характери кўп жиҳатдан коваклар ўлчамига боғлиқ.

Адсорбент юзасида ютилаётган компонент молекулаларининг микдорига қараб бир молекулали (мономолекулали адсорбция) ва кўп молекулали катлам (полимолекулали адсорбция) ҳосил қилиш мумкин.

Адсорбентларнинг яна бир муҳим характеристикаси шундаки, бу унинг ютиш қобилияти ёки фаоллигидир. Адсорбент фаоллиги унинг бирлик массаси ёки ҳажмида компонент ютиш микдори билан белгиланади. Ютиш қобилияти 2 хил, яъни статик ва динамик бўлади. Адсорбентнинг статик ютиш қобилияти масса ёки ҳажм бирлигида максимал микдорда модда ютиши билан белгиланади.

Динамик ютиш қобилияти эса, адсорбент орқали адсорбтив ўтказиш йўли билан аниқланади.

Адсорбентларнинг компонент ютиш қобилияти температура, босим ва ютилаётган модда концентрациясига боғлиқ. Ушбу шароитларда адсорбентнинг максимал ютиш қобилияти мувозанат фаоллиги деб номланади.

Адсорбентлар зичлиги, эквивалент диаметри, мустаҳкамлиги, гранулометриқ таркиби, солиштирма юза қабатлари билан характерланади. Саноатда кўпинча гранула (2...7 мм) кўринишидаги ёки ўлчамлари 50...200 мкм бўлган кукунсимон адсорбентлардан фойдаланилади.

Фаолланган кўмирлар одатда таркибида углерод бор ёғоч, торф, ҳайвонлар суюғи, тошкўмир қабатлари маҳсулотларни қуруқ ҳайдаш йўли билан олинади. Кўмир фаоллигини ошириш учун унга 900°C дан ортиқ температурада ҳавосиз термик ишлов берилади. Бунда, материал ковакларидagi смолалар экстрагент ёрдамида экстракция қилиб олинади.

Фаолланган кўмирларнинг солиштирма юзаси - $600 \dots 1750 \text{ м}^2/\text{г}$, тўқма зичлиги - $250 \dots 450 \text{ кг}/\text{м}^3$, микроковаклар ҳажми - $0,23 \dots 0,7 \text{ см}^3/\text{г}$. Ундан ташқари, улар таркибида жуда кам микдорда ($<8\%$) кул бўлади. Яна шунини таъкидлаш керакки, ҳавода 300°C температурада фаолланган кўмир ёнади.

Фаолланган кўмирнинг майда кукунлари 200°C га яқин температурада ёнади ва концентрацияси $17 \dots 24 \text{ г}/\text{см}^3$ бўлганда ҳаво таркибидаги кислород билан портловчи бирикма ҳосил қилади.

Адсорбция жараёнида тозалашнинг самарадорлиги адсорбентнинг ғоваксимон тузилишига боғлиқ бўлиб, бунда микроковак асосий роль ўйнайди. Фаолланган кўмирлар адсорбцион бўшлигининг чегаравий ҳажми $0,3 \text{ см}^3/\text{г}$ лиги тозалаш жараёнида қўллаш тавсия этилади. Маълумки, микроковаклар ўлчами каталитик реакциялар тезлигини белгилайди. Микроковак ўлчами $0,8 \dots 1,0 \text{ мкм}$ бўлган фаолланган кўмирлар оптимал деб ҳисобланади.

Спирт ва ликёр-ароқ ишлаб чиқариш саноатида оқ қайин БАУ, бук қабат ёғочлардан олинган фаолланган кўмир, спирт-ректификатларни альдегид, кетон, мураккаб эфир, карбон кислоталар ва юқори молекулали бирикмалардан тозалашда ишлатилади. Ундан ташқари, мевалар шарбати ва пивони тиндириш учун ҳам ишлатиш мумкин. Қанд шарбатини тиндириш учун эса суюқ кўмири асосида олинган кўмирлар қўлланилади. Қанд шарбати, коньяк, вино, мева шарбатлари, эфир ёғлари, желатинни тозалаш учун майда донасимон фаолланган кўмир - деколар ишлатилади. Айрим ҳолларда, фаолланган кўмирлар тозалаш билан бирга ҳид, ёқимсиз таъм, коллоид ва бошқа қўшимча аралашмаларни ҳам йўқотади.

Силикагеллар – бу кремний кислота гелининг сувсизлантирилган маҳсулотидир. Ушбу адсорбентлар натрий силикат эритмаларига кислота ёки улар тузларининг эритмаларини таъсири натижасида олинади. Силикагелларнинг солиштирма юзаси $400 \dots 780 \text{ м}^2/\text{г}$, тўқма

зичлиги эса 100...800 кг/м³. Силикагел гранулалари 7 мм гача бўлиши мумкин. Силикагеллар асосан сув бугини ютиш, газларни қуритиш, суспензияларни тозалаш учун қўлланилади. Бу адсорбент бошқа адсорбентларга караганда ёнмайди, механик жиҳатдан мустаҳкам бўлади.

Цеолитлар – табиий ва сунъий минерал ҳолатида бўлиб, алюмосиликатнинг сувли бирикмаси. Ушбу адсорбент сувда ва органик эритмаларда эримайди. Сунъий цеолит ковакларни ўлчами сорбцияланаётган молекула ўлчамига яқин бўлгани учун, ковакларга кириётган молекуларни адсорбция қила олади. Бу турдаги цеолитлар молекуляр элаклар деб номланади. Цеолитларнинг айрим турлари шарбатларни концентрлаш учун ишлатилади.

Цеолитлар юкори ютиш қобилиятига эга бўлгани учун, газларни ва суюкликларни қисман қуритиш ёки сувсизлантириш учун ҳам қўлланилади. Цеолитлар, қўпинча 2...5 мм диаметри гранула қўринишида ишлаб чиқарилади.

Тупроклар ва табиий тупроксимон адсорбентлар каторига бентонит, диатомит, гумбрин, каолин, асканит, мураккаб кимёвий таркибли юкори дисперс системалар SiO₂, Al₂O₃, CaO, Fe₂O₃, MgO ва бошқа металл оксидлари киради. Табиий тупроклар фаоллигини ошириш учун улар сульфат ва хлорид кислоталар билан қайта ишланади. Натижада кальций, магний, темир, алюминий ва бошқа металл оксидлари чиқариб юборилиши туфайли қўшимча коваклар ҳосил бўлади.

Бу тупроклар солиштирма юзаси 20...100 м²/г, коваклар ўртача радиуси 3...10 мкм бўлади.

Катион алмашиниш сиғими ортиши билан тупрокларнинг тозалаш қобилияти кўпаяди. Одатда, тупроклар суюклик муҳитларни тозалаш учун ишлатилади, масалан, рангли моддаларни қайта ишлаш натижасида маҳсулот оқаради. Шунинг учун, айрим ҳолларда тупрокли адсорбентлар оқартирувчи тупроқ деб ҳам аталади.

7.22. Адсорбция жараёни мувозанати

Адсорбцион кучлар табиатидан қатъи назар, адсорбентнинг масса ёки ҳажм бирлигида ютилган модда миқдори, ютилаётган модда табиати, температура, босим ва фазадаги аралашма миқдорига боғлиқ.

Жараёндаги қаттиқ ва газ ёки суюклик фазаларида ютилаётган модданинг мувозанат концентрациялари ўртасида қуйидаги боғлиқлик бор:

$$\bar{x}_n = f_1(\bar{y}) \quad \text{ёки} \quad \bar{x}_n = f_2(p) \quad (7.178)$$

бу ерда \bar{x}_n - адсорбентда ютилган модда (адсорбтив) концентрацияси, \bar{y} - газ ёки суюклик фазаларидаги адсорбтивнинг мувозанат концентрацияси, кг адсорбтивнинг 1 кг адсорбентга нисбати, p - буг ёки суюклик фазадаги адсорбтив концентрацияси, кг адсорбтивнинг 1 кг инерт қисмига нисбати, p - буг-газ аралашмадаги адсорбтивнинг мувозанат босими, Н/м².

(7.178) тенглама билан ифодаланувчи боғлиқликлар **адсорбция изотермалари** деб номланади.

Кимёвий термодинамика асосида адсорбция изотермаларининг аниқ ифодалари топилади:

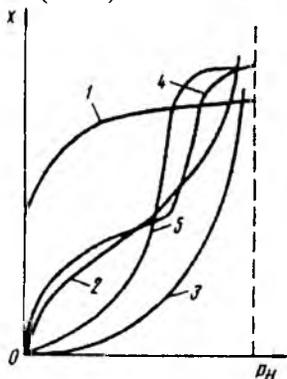
Ленгмюр изотермалари

$$x_n = \frac{abp}{1 + ap} \quad (7.179)$$

ёки Фрейдрих изотермалари

$$x_n = k \cdot p^{\frac{1}{n}} \quad (7.179a)$$

бу ерда, x_n – адсорбент билан ютилган модда концентрацияси, кг 1 кг адсорбентга, a, b, k, n – тажрибавий усул билан аниқланадиган константалар



7.67-рasm. Изотермаларнинг асосий турлари.

Температура пасайиши, босим ортиши ва фазаларда қўшимча аралашмалар бўлмаса, адсорбция жараёни тезлашади.

Адсорбция изотермасининг тури кўпгина омиларга: адсорбентнинг солиштирма юзаси, коваклар ҳажми, адсорбент тузилиши, ютилаётган модда хоссалари ва жараён температу-расига боғлиқ.

7.67-расмда асосий 5 хил изотермалар тури келтирилган.

Расмдаги 1 эгри чизик микроковакли адсорбентга онд. 2 ва 4 эгри чизиклар бошлани-шидаги бўртиклик ҳам микроковаклар билан боғлиқ. Изотермаларнинг кейинги қисми йўналишини полимолекуляр адсорбция ва капилляр конденсация белгилайди. 3 ва 5 эгри чизиклар ботик қисми «адсорбент-адсорбтив» системада адсорбтив билан адсорбент молеку-лаларининг ўзаро таъсир кучлари адсорбтив молекулаларининг ўзаро таъсир кучларидан кам бўлган ҳолатини характерлайди. Бу турдаги изотермалар жуда кам учрайди.

Адсорбция жараёнида буг ёки суюклик фазадан бир неча модда адсорбцияланаётганда, ҳамма моддалар ютилиши аниқланган. Лекин ҳар бир модданинг мувозанат концентрацияси ҳар бир моддани алоҳида адсорбциялашдаги концентрациясига қараганда кам бўлади.

Адсорбция жараёнининг бир неча назарияси мавжуд бўлиб, уларнинг ҳар бири маълум шароитдаги тажриба натижаларини ифодалайди.

М.М.Дубинин назариясига биноан, микроковакли адсорбент иштирокида ўтказилаётган адсорбция жараёни микроковакларни адсорбтив билан тўлдирилиши деб қаралади. Жуда кат-та температуралар оралигида газ ва буғлар адсорбцияси учун келтириб чиқарилган тенглама-лар адсорбтив мувозанат концентрациясининг адсорбент ковакларни тузилишига боғлиқлиги-ни характерлайди. Бундай тенгламалар мураккабдир.

Проф. М.М.Дубинин томонидан олинган тенгламалардан бири куйидаги кўринишга эга:

$$x_w = \frac{V}{V_c} \exp \left[-B \frac{T^2}{\beta_a^2} \lg \left(\frac{P}{p} \right)^2 \right] \quad (7.180)$$

бу ерда, V – адсорбент ковакларни ҳажмининг йиғиндиси, V_c – суюклик ҳолатидаги ютилган модда ҳажми, B – адсорбент тузи-лишига боғлиқ константа, T – буғнинг абсолют температураси, β_a – бирор адсорбент ва стандарт коваклардаги суюклик ҳолатидаги моль ҳажмларига тенг бўлган аффинлик коэффициенти, P – адсорбтив тўйиниш буғининг босими, p – адсорбция температурасидаги адсорбтив буғининг парциал босими.

Адсорбция жараёнида бошланғич аралашмада ютилаётган модда буғининг босими ка-маяди ва иссиқлик ажралиб чиқади. Шунинг учун **Ле-Шателье принципига биноан, темпе-ратура пасайиши ва босим ортиши билан адсорбцияланаётган модда миқдори кўпайиб боради.** Шундай қилиб, босим пасайиши ва температура ортиши тесқари - десорбция жара-ёнини тезлаштиради.

Адсорбция жараёнида ажралиб чиқаётган иссиқлик миқдори ($kJ/kmol$) тажрибавий усул билан аниқланади. Тажрибавий маълумотлар йўқ бўлса, ажраб чиқаётган иссиқлик миқдори (7.177) тенглама ёрдамида ҳисобланиши мумкин.

7.23. Адсорбция статикаси ва кинетикаси

Адсорбция жараёни бошка каттик фазали системаларда масса алмашилиш жараёнидан (механизми) фарқ қилмайди.

Проф. И.А.Шилов томонидан ўзгармас тезлик u да адсорбция кўламининг силжишини ифодалаш учун тегишли формуласи келтириб чиқарилган. Адсорбция ёки ҳимояловчи таъсир вақтини ушбу тенгламадан топиш мумкин:

$$\tau = kh - \tau_0 = \frac{h}{u} - \tau_0 \quad (7.181)$$

бу ерда, $k=h/u$ – қатламни ҳимояловчи таъсир коэффициенти, τ_0 – қатламни ҳимояловчи таъсир вақтининг йўқотилиши.

(7.181) тенгламадаги катталиқлар тажрибавий йўл билан аниқланади ва уларнинг гра-фик тасвири 2.1-расмда кўрсатилган. Эгри чизик тўғри қисмининг қиялик бурчак тангенци ($tg\alpha=k$) қатламнинг ҳимояловчи таъсири коэффициентиға тенг. Ордината ўқи давоми билан эгри чизик тўғри қисмининг кесишган жойидаги кесма эса, ҳимояловчи таъсир вақти йўқоти-лиши τ_0 га тегишли.

Адсорбция қўламининг силжиш тезлигини ҳисоблаш учун қуйидаги тенглама тавсия этилади:

$$u = w_0 \frac{y_\delta}{\varepsilon \cdot y_\delta + x_m} \quad (7.182)$$

бу ерда, $w_0 = w' \cdot \varepsilon$ – окимнинг сохта тезлиги (w' – адсорбент заррачалари орасидаги каналларда окимнинг тезлиги, ε – адсорбент катламининг говакчилиги), x_m – окимдаги адсорбтивнинг ҳажмий концентрацияси y_m билан мувозанатдаги адсорбент катламиндаги адсорбтив концентрацияси

Адсорбент катлами баландлиги h_0 масса ўтказишнинг асосий тенгласидан аниқланади:

$$h_0 = \frac{u \cdot m_y}{K_{yv}} \quad (7.183)$$

бу ерда, $m_y = 0,9 \text{ y} / \Delta y_{yp}$ – газ ёки суюклик фаза ўтказиш бирлигининг умумий сони, K_{yv} – масса ўтказиш коэффициентининг ҳажмий коэффициенти

Масса ўтказишнинг ҳажмий коэффициенти ушбу формуладан аниқланади:

$$K_{yv} = \frac{1}{\frac{1}{\beta_{yv}} + \frac{m}{\beta_{sv}}} \quad (7.184)$$

бу ерда, β_{yv} ва β_{sv} – суюк ҳамда каттик фазаларда ҳажмий масса бериш коэффициентлари, m – мувозанат чизиги қиялик бурчакнинг уртача тангенси.

Адсорбция жараёнининг тезлиги адсорбция изотермалари шакли, адсорбент ва катлами габиати ва геометрик характеристикалари, адсорбтив концентрацияси, суюклик фазаси тезлиги ҳамда масса беришнинг ташки тезлиги ($1/\varepsilon$ ёки суюклик фазасидаги масса бериш коэффициенти) ёки ички масса ўтказиш қаршилигининг тезлиги билан белгиланади.

Адсорбция жараёнида ички ва ташки фазавий тезликлар **Био** (**Bi**) критерийси билан ифодаланади. Агар $Bi \geq 30$ бўлса, жараён тезлиги адсорбент заррачаларининг ичидаги масса ўтказувчанлик тезлиги билан белгиланади. $Bi < 0,1$ бўлганда эса, жараённинг тезлиги газ ёки суюклик фазаларидаги ташки диффузиянинг тезлиги билан аниқланади. Лекин адсорбция жараёнининг тезлигига бу иккала фазавий диффузия тезликларнинг таъсирини микдорий жиҳатдан алоҳида аниқлаш кийин.

Донадор адсорбент катламининг масса бериш коэффициентини аниқлаш учун қуйидаги формулалардан фойдаланиш мумкин:

ламинар режимда ($Re < 30$):

$$Nu_{\lambda} = 0,883 Re^{0,47} \cdot Pr_{\lambda}^{0,33} \quad (7.185)$$

турбулент режимда эса ($Re = 30 \dots 150$):

$$Nu_{\lambda} = 0,53 \cdot Re^{0,54} \cdot Pr_{\lambda}^{0,33} \quad (7.186)$$

бу ерда, $Nu_{\lambda} = \beta_{\lambda} \lambda / D$ – Нуссельт диффузион критерийси; $Re = w d / \nu$ – Рейнольдс критерийси; $Pr_{\lambda} = \nu / D$ – Прандтл диффузион критерийси; D – газ ёки суюклик фазадаги диффузия коэффициенти; w – окимнинг сохта тезлиги; ν – окимнинг кинематик ковшоқлик коэффициенти.

(7.185) ва (7.186) тенгламалардаги Nu_{λ} ва Re критерийларида аниқловчи геометрик ўлчам сифатида эквивалент диаметр d , ҳисобланади.

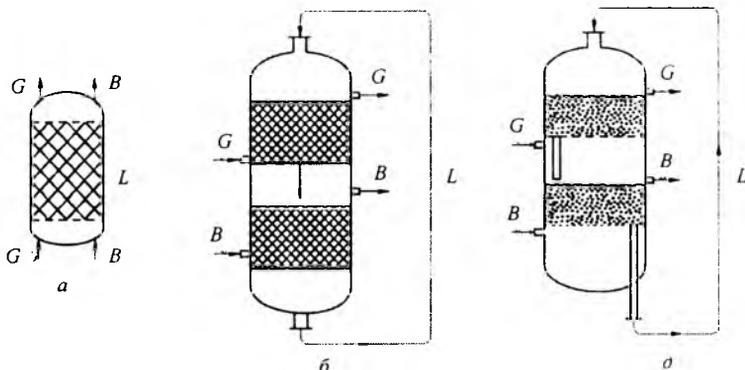
7.24. Адсорбция жараёнини ташкил этиш усуллари

Адсорбция жараёнини ташкил этиш схемалари 7.68-расмда келтирилган. Донадор адсорбентлар учун қўзғалмас (a) ва ҳаракатчан (b, θ) катламли схемалар ишлатилади.

Биринчи ҳолатда жараён даврий бўлади. Даставвал адсорбент катлами L орқали буғ-газ аралашмаси G ўтказилади ва у ютилаётган модда билан тўйинтирилади; ундан сўнг сиқиб чиқарувчи модда B юборилади ёки адсорбент киздирилади. Ана шундай йўл билан адсорбент қайта тикланади, яъни десорбция жараёни содир бўлади.

Иккинчи ҳолатда адсорбент L ёпик системада циркуляция қилади (7.68б-расм); адсорбентнинг тўйиниши қурилманинг юқори адсорбцион зонасида, қайта тикланиш эса пастки десорбцион зонасида юз беради.

Агар адсорбент кукун, чангсимон кўринишда бўлса, циркуляцияли, мавҳум кайнаш қатламли схема қўлланилади (7.68в-расм).



7.68-расм. Адсорбция жараёнининг принципал схемалари: а - қўзғалмас донатор адсорбентли, б - ҳаракатчан донатор адсорбентли, в - циркуляцияли, мавҳум кайнаш қатламли.

7.25. Десорбция

Маълумки, адсорбция жараёни аралашмаларни ажратиш учун қўлланилади ва ҳар доим десорбция жараёни билан кетма-кет ўтказилади.

Одатда, адсорбентни қайта ишлатиш мақсадида унга ютилган модда десорбция қилиб ажратиб олинади. Бунинг учун кўпинча сув буғи ишлатилади. Десорбция натижасида олинган адсорбтив ва сув буғи аралашмаси конденсаторга узатилади. Ундан, маҳсулот сувдан чўктириш усулида ажратиб олинади.

Саноатда десорбциянинг бир неча усули қўлланилади.

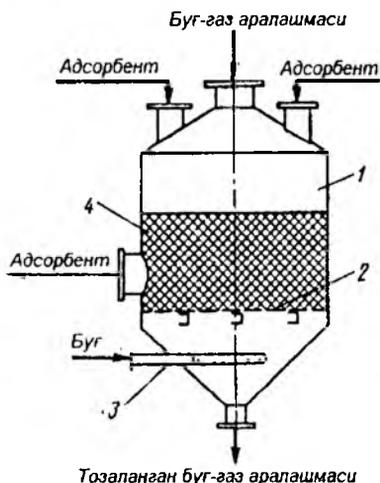
а) адсорбентга ютилган компонентлар ютилувчи моддаларга нисбатан юқори адсорбцион қобилиятга эга бўлган элтқичлар ёрдамида сиқиб чиқарилади;

б) адсорбент қатламини киздириш йўли билан нисбатан юқори учувчанликка эга ютилган компонентларни буғлатиш.

Айрим ҳолларда адсорбция жараёнида ҳосил бўлган смола ва бошка маҳсулотларни тозалаш учун ушбу компонентлар куйдирилади.

Десорбциянинг у ёки бу усулини қўллаш техник-иқтисодий мақсаддан келиб чиққан ҳолда танланади. Иккала усул ҳам амалиётда кенг ишлатилади ва кўпинча биргаликда қўлланилади.

Адсорбция жараёни тугагандан сўнг, адсорбент қатлампидан тоза буг ёки газ ўтказилади ва ютилган модда ажратиб олинади. Десорбция жараёнини жадаллаштириш учун юқори температурадаги десорбловчи элтқич адсорбент қатлампидан ўткази-



7.69-расм. Қўзғалмас қатламли адсорбер: 1-кобик, 2-колосникли панжара; 3-халқасимон труба, 4-адсорбент

лади.

Десорбловчи элткич сифатида сув ва органик моддалар буглари ҳамда инерт газларни қўллаш мумкин. Десорбция жараёни тугагандан сўнг адсорбент катлами одатда қуритилади ва совутилади. Қайта тиклаш жараёнида фаолланган кўмирга ютилган учувчан эритувчилар тўйинган сув буғи ёрдамида десорбция қилинади. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, ютилган модданинг асосий қисми десорбция жараёнининг бошида ажратиб олинади. Жараён охирига бориб, унинг тезлиги пасаяди, аммо ютилган компонент бирлигига сув бугининг сарфи жуда кўпайиб кетади. Шунинг учун сув ёки бошқа органик модда бугларини тежаш мақсадида, десорбция жараёни охиригача олиб борилмайди. Шунини сабабли, ютилган компонентнинг бир қисми адсорбентда қолиб кетади.

Десорбция жараёни давомида иситувчи бугнинг бир қисми бутун системани иситишга, адсорбентда ютилган моддани десорбциялаш ва атроф-муҳитга йўқотилган иссиқликни компенсация қилишга сарфланади. Лекин шунини назарда тутиш керакки, иситувчи бугнинг ҳаммаси адсорбентда бутунлай конденсацияланади.

Адсорбент катламидаги десорбцияланган моддалар динамик буг ёрдамида пуфлаб чиқарилади. Динамик буг адсорбентда конденсацияланмайди ва қурилмадан десорбцияланган моддалар билан бирга учиб чиқади.

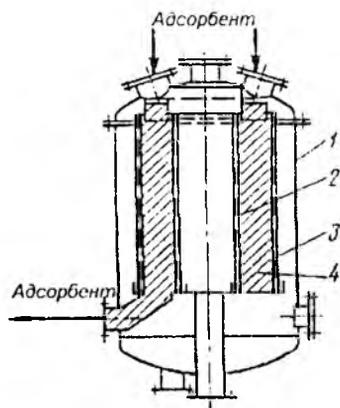
Тахминий ҳисобларга кўра, 1 кг моддани десорбциялаш учун 3...4 кг динамик буг сарфланади. Цеолитларни қайта тиклаш учун кўпинча киздирилган қурук газ қўлланилади. Десорбция жараёни адсорбция каби кўзгалмас, ҳаракатчан ва мавҳум кайнаш катламларида олиб борилади.

7.26. Адсорберлар конструкциялари

Жараёни ташкил этиш бўйича адсорберлар 2 гуруҳга бўлинади: даврий ва узлуксиз.

Даврий адсорберлар кўзгалмас ва мавҳум кайнаш катламли бўлади.

Вертикал цилиндрик адсорбер – даврий ишлайдиган адсорберларнинг энг кўп тарқалган конструкциясидир (7.69-расм).



7.70-расм. Ҳалқасимон адсорбент катламли адсорбер:

1-кобик, 2,3-ички ва ташқи цилиндрсимон панжара, 4-адсорбент.

Колосникли панжара 2 га қурилма тепа қисмидаги люклар орқали адсорбент гранулалари юкланади. Қурилманинг пастки қисмидаги люклар орқали эса, ишлаб чиқарилган адсорбент тўкилади. Бу турдаги адсорберлар буг-газ аралашма ва суюқлик эритмаларини тозалаш учун ишлатилади. Бошланғич аралашма ва ўткир бугни узатиш учун адсорберда тегишли штуцерлар ўрнатилган. Одатда, бошланғич эритма адсорбернинг ҳалқасимон труба 3 орқали пастдан юқорига ҳаракатлантирилади. Буг-газ аралашмаси эса, юқоридан пастга қараб узатилиши мумкин. Бундай қурилмаларда, десорбция жараёнида ўткир буг ҳалқасимон труба 3 орқали юборилади.

Бу турдаги адсорберларда адсорбция жараёни 4 босқичда ўтади: адсорбция, десорбция, қуритиш ва адсорбентни совитиш. Жараён тугагандан сўнг, ишлайтилиб бўлинган адсорбентни қайта тиклаш масаласи пайдо бўлади. Адсорбентдан ютилган моддани десорбциялаш

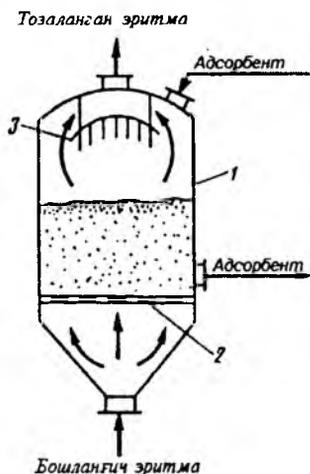
технологик жараёнинг зарур босқичидир. Ушбу босқичда бирданига иккита масала ечилади: адсорбентни қайта тиклаш ва моддани ажратиб олиш.

Десорбциялашнинг асосий усули бу тўйинган сув буғи ёрдамида адсорбентдан ютилган компонентни сиқиб чиқариш. Десорбция жараёни тезлигини ошириш учун жараён юқори температураларда ўтказилади.

Вертикал, кўзгалмас ҳалқасимон адсорбент катламли адсорбер – буг-газ аралашмасидан компонентларни ютиш учун мўлжалланган (7.70-расм). Адсорбер вертикал кобик 1 дан

иборат бўлиб, унинг ичида ички 2 ва ташки 3 панжаралар орасига адсорбент 4 жойлашган бўлади. Абсорбция босқичида буғ-газ аралашмаси адсорбернинг пастки қисмига берилади ва ҳалқасимон адсорбент қатламининг кесими бўйича тақсимланади. Адсорбент қатламидан ўтиб, тозаланган буғ-газ аралашма марказий патрубкдан чиқиб кетади. Десорбциялаш босқичида сув буғи адсорбернинг марказий патрубкани орқали узатилади. Десорбцияланган компонент ва сув буғларининг аралашмаси курилманинг пастки қисмидаги штуцер орқали чиқарилади. Адсорбентни қуриштириш учун иссиқ, совитиш учун эса совуқ ҳаво юборилади. Адсорбент совутилгандан сўнг цикл яна қайтадан такрорланади. Адсорбентни юклаш курилманинг тепасидаги люк, тўкиш эса пастки штуцер орқали амалга оширилади.

Мавҳум қайнаш қатламли адсорбер – майда, донатор адсорбент билан тўлдирилган бўлади (7.71-расм).



7.71-расм. Мавҳум қайнаш қатламли адсорбер:
1-қобик, 2-таксимловчи тешикли панжара; 3-сепаратор.

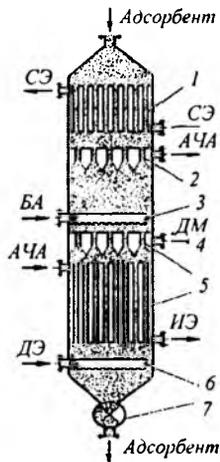
Бошланғич аралашма адсорбент заррачасининг мавҳум қайнаш тезлигидан каттароқ тезликда газ тақсимловчи тешикли панжара 2 остига узатилади. Натижада, адсорбент қатлами кенгайди ва сўнг мавҳум қайнаш ҳолатига ўтади. Адсорбция жараёнини мавҳум қайнаш қатламида ўтказиш масса алмашилини жараёнини интенсивлашга ва давомийлигини кискартиради.

Реактор типидagi адсорбер – механик ёки пневматик аралаштириш мосламали бўлади. Адсорбер цилиндр қобик ва эллиптик тублардан иборатдир. Қобик ичида парракли аралаштиргич айланади. Адсорберга эритма қурилма тепа қисмидаги люкдан қуйилади, адсорбент эса ўша қисмида жойлаштирилган люкдан юкланади. Суспензия эса, курилманинг пастки патрубканидан тўкилади ва филтрга узатилади. У ерда суспензия компонентларга ажратилади. Ишлатиб бўлинган адсорбент қайта тиклаш учун десорберга йўналтирилади. Адсорбцион курилмалар даврий ишлайдиган бир нечта адсорбердан иборат бўлади. Бир нечта адсорбер адсорбция босқичида ишласа, қолганлари эса адсорбентни қайта тиклаш босқичида ишлатилади.

Узлуксиз ишлайдиган адсорберлар сиқик (зиқ) ҳаракатланувчи ва мавҳум қайнаш қатламли бўлади.

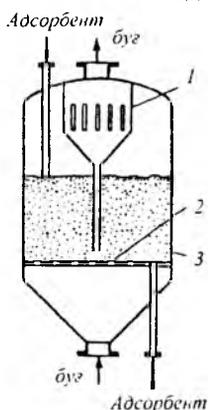
Ҳаракатчан донатор адсорбент қатламли адсорберлар – бу ичи бўш колонна типидagi қурилма бўлиб, унда тўсиклар, қуйилиш патрубкани ва узатувчи мосламалар ўрнатилган.

7.72-расмда буғ-газ аралашмасини тозалаш ва тақсимловчи тарелкалардан таркиб топган.



7.72-расм. Ҳаракатчан донатор адсорбент қатламли адсорбер.
1-совутич, 2,4-таксимлаш тарелкалари, 3,6-таксимлаш мосламалари, 5-тубалар, 7-адсорбент учун затвор.
I - адсорбент; II-СЭ, III-БА, IV-АЧА, V-ДМ, VI-ИЭ, VII-Д

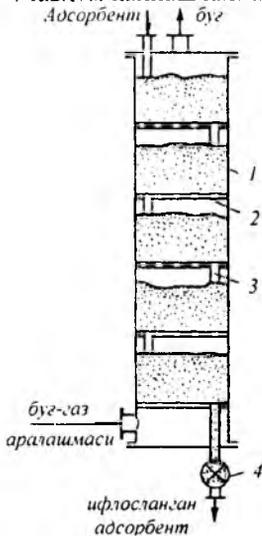
Бу турдаги адсорберда адсорбент узлуксиз циркуляция килиб туради ва газдаги ютилувчи компонент адсорбентга ўтади.



7.73-расм. Узлуксиз ишлайдиган, бир поғонали мавҳум қайнаш қатламли адсорбер:
1 - қобик, 2 - газ таксимлагич,
3 - чанг йиғич.

ми бўйича бир хилда таксимлаш ва иккала секция орасида тамба ва ажратиш турувчи восита сифатида хизмат қилади. Ундан кейин, ишлатиб бўлинган адсорбент десорбция секциясига ўтади ва у ерда десорбцияловчи элткич (ўт.ч. буғ) билан ўзаро таъсирда бўлиб қиздирилади. Қайта тикланган адсорбент шлюзли тамба орқали чиқариб юборилади.

Мавҳум қайнаш қатламли адсорберлар бир ва кўп поғонали бўлади.



7.74-расм. Кўп поғонали, мавҳум қайнаш қатламли адсорбер:
1 - қобик, 2 - газ таксимловчи тешикли панжара; 3 - қуйилиш патрубкиси, 4 - шлюзли тамба.

Ҳаракатчан донадор адсорбент қатламли адсорберлар – бу ичи бўш колонна типидagi қурилма бўлиб, унда тўсиқлар, қуйилиш патрубкълари ва узатувчи мосламалар ўрнатилган.

7.72-расмда буғ-газ аралашмасини тозалаш ва таксимловчи тарелкалардан таркиб топган. Бу турдаги адсорберда адсорбент узлуксиз циркуляция килиб туради ва газдаги ютилувчи компонент адсорбентга ўтади.

Адсорбентнинг биринчи секцияси бўлмиш совуткичда қайта тикланган адсорбент совутилади. Ушбу секция қобик-трубали иссиқлик алмасиниш қурилмаси кўринишида ясалган. Совуқлик элткич совуткичнинг трубалараро бўшлиғига узатилса, адсорбент эса – трубалар ичида ҳаракатланади.

Иккинчи секция адсорбер вазифасини бажаради. Бу ерда адсорбент буғ-газ аралашмаси билан тўқнашувда бўлади. Биринчи секциядан иккинчисига адсорбент патрубкка ва таксимловчи тарелкалар орқали ўтади. Қайда этилган мосламалар адсорбент қурилма кўндаланг кесими

Бир поғонали, мавҳум қайнаш қатламли адсорбер конструкцияси 7.73-расмда келтирилган. Бундай қурилмаларда адсорбент мавҳум қайнаш ҳолатида бўлади ва узлуксиз равишда тегишли панжара устига узатилиб турилади.

Адсорбер вертикал цилиндр қобикдан ва уни ичига ўрнатилган сепаратор ва газ таксимловчи панжарадан иборат. Сепаратор чанг ушлаш вазифасини бажаради. Адсорбент қурилманинг тепасидаги труба орқали юкланади ва цилиндр қобикнинг паст қисмида ўрнатилган штуцердан чиқарилади. Бошланғич буғ-газ аралашмаси қурилманинг конуссимон тубидаги штуцердан тегишли панжара остига юборилади. Албатта, буғ-газ аралашманинг тезлиги адсорбент заррачасининг мавҳум қайнаш тезлигидан юқори бўлиши керак. Адсорбент билан ўзаро таъсирда бўлган буғ-газ аралашмаси сепаратордан ўтиб, тепа қисмидаги штуцердан чиқиб кетади.

Бундай адсорберларда адсорбент заррачалари интенсив аралашади ва қатламда бўлиш вақти ҳар хилдир. Бу эса, адсорбентнинг нотекис тўйинишига сабабчи бўлади.

Ундан ташқари, фазаларнинг йўналиши бир томонлама бўлса, газ фазасида адсорбент қатламидаги ўргача концентрацияга мос келадиган мувозанат ҳолидаги концентрациядан кам бўлган адсорбтивнинг концентрациясига эришиш анча мураккаб.

Бир поғонали адсорбер камчиликлари кўп поғонали, карама-карши йўналишли курилмаларда баргараф килинган.

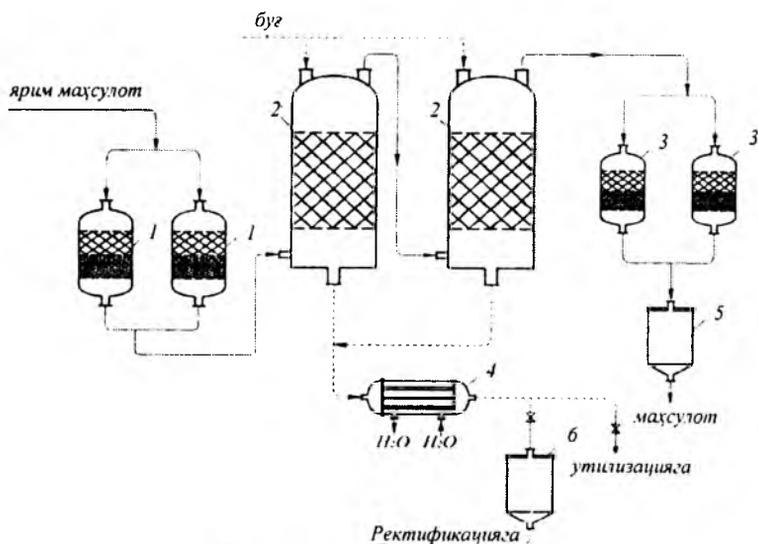
Кўп поғонали, мавҳум қайнаш қатламли адсорбер 7.74-расмда тасвирланган. Бу курилма колонна типиди бўлиб, ичида қуйилиш патрубкали газ таксимловчи тегишли панжаралар жойлаштирилган. Қуйилиш патрубкालари бир вақтнинг ўзида тамба вазифасини ўтайди, яъни газ окимини ўзидан ўтказмайди. Адсорбент курилманинг тепасидаги штуцердан энг юкори тарелкага узатилади ва ундан сўнг пастда ўрнатилган тарелкаларга қуйилиш патрубкиси орқали бирин-кетин ўтади. Энг пастдаги тарелкадан шлюзли тамба орқали ташқарига чиқариб юборилади.

Бошлангич буғ-газ аралашма эса адсорбернинг пастки кисмидаги штуцердан киритилади ва тепадагидан чиқарилади.

Бу турдаги курилмаларда буғ-газ аралашма кўндаланг кесим бўйлаб бир текисда таксимланади ва фазалар ўртасида интенсив масса алмашиниш юз беради. Натижада, адсорбентнинг тўйиниши бир хил ва энг катта ютиш қобилиятига эга бўлади.

Бир поғонали адсорберлардан фарқли, кўп поғонали курилмалар идеал сиқиб чиқариш схемасида ишлайди. Бу ҳол адсорбция жараёнини фазалар карама-карши йўналишида олиб бориш имконини яратди.

Фаолланган кўмир қўзгалмас қатламда сув-спирт аралашмасини тозалаш схемаси 7.75-расмда келтирилган. Аввал сув-спирт аралашмаси кумли ёки керамик филтлда тозаланади, сўнг эса адсорберларда тиндирилади. Битта цилиндрик адсорбердаги фаолланган кўмир массаси 250...300 кг. Кўмир курилманинг газ таксимловчи тешикли панжарасига юкланади. Сув-спирт аралашмаси эса, газ таксимловчи панжара остига юборилади.



7.75-расм. Қўзгалмас фаолланган кўмир қатламида сув-спирт аралашмасини тозалаш курилмаси:

1,3-филтрлар; 2-адсорберлар; 4-конденсатор-совуткич; 5,6-йиғгичлар.

Янги ёки қайта тикланган адсорбентли адсорберга сув-спирт аралашмаси арокнинг навига қараб 30...60 дал/г миқдорга узатилади. Эксплуатациядаги адсорбер адсорбентни қайта тиклаш режимига бир йилда 3...4 марта ўтказилади. Ишлатиб бўлинган фаолланган кўмир адсорберда 115°C температурада қайта тикланади. Бунинг учун юкоридан пастга қараб тўйинган сув буғи ҳайдалади.

Битта адсорбердан қуввати 55...60% ли 50...60 декалитр спирт ҳайдаб олиш мумкин. Иккита даврий ишлайдиган адсорбер курилманинг узлуксиз ишлашини таъминлайди. Десорбциялаш жараёни давомийлиги 3...4 соат, 1 кг кўмирни тиклаш учун 4 кг сув буғи сарфланади. Қайта тиклашдан сўнг, адсорбент совутилади ва иссиқ ҳаво билан куригилади.

ректификацияга узатилади. Адсорбентни куришиш учун иссиқлик алмашиниш қурилмасидаги иситилган ҳаво адсорберга юборилади. Адсорбентни совитиш учун вентилятор I ёрдамида айланма линия 7 оркали совуқ ҳаво ҳайдалади. Агар адсорбцион схемада бир нечта адсорбер бўлса, қурилма узлуксиз равишда ишлайди. 7.77-расмда табиий газни водород сульфид ва меркаптанлардан тозалаш учун аксиал турдаги қўзғалмас адсорбент қатламли адсорбер конструкцияси тасвирланган. Адсорбер баландлиги бўйича иккита адсорбент 6 (цеолит NaX) қатлами жойлашган. Ҳар бир адсорбер қатлами тешикли панжара 2 устида икки қават сим тўр 3 устида туради. Адсорбент қатламининг устига яна қўшимча алюмогель қатлами 7 жойланган. Алюмогель қатламининг асосий вазифаси газни қисман куриштиришдир. Газ оқимининг қатламга динамик таъсирини ва уни бир текисда тақсимлаш учун адсорбент қатламининг устига 300...600 мм ли фарфор шар 4 лар жойлаштирилади. Адсорбентни юклаш тепа люк 11 ва кран-укосина 9 лардан фойдаланилади. Ишлатиб бўлинган адсорбент пастки тешикли панжарадаги труба қувири оркали амалга оширилади.

7.27. Адсорберларни ҳисоблаш

Даврий ишлайдиган адсорберларни ҳисоблаш адсорбент қатламининг баландлигини аниқлашдан иборат. Бошланғич концентрацияси y_0 бўлган аралашманинг концентрациясини y_{ox} гача тушириш учун зарур адсорбент миқдори моддий балансдан топилади:

$$G \cdot (y_0 - y_{ox}) = V_a (x_{ox} - x_0) \quad (7.187)$$

бу ерда, G ва V_a – газ (ёки суюқлик) аралашмаси ва адсорбентнинг массалари, кг, x_0 , x_{ox} – адсорбтив ва адсорбент концентрациялари, г/кг.

Агар $x = 0$ ва $x_{ox} \rightarrow x_n$ деб қабул қилсак, ушбу қўринишга эга бўламиз:

$$V_a = G \frac{y_0 - y_{ox}}{x_{ox}} \quad (7.188)$$

ёки аралашмадаги адсорбтивнинг охириги концентрацияси қуйидаги тенгламадан аниқланиши мумкин:

$$y_{ox} = -\left(\frac{V_a}{G}\right) \cdot x_{ox} + y_0 \quad (7.189)$$

Охириги тенглама $tg\alpha = -V_a/G$ га тенг киялик бурчагида жойлашган тўғри чизикни ифодалайди.

Адсорбер диаметри буг - газ аралашма ёки эритманинг сарфи V га қараб топилади:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w_0}}$$

Адсорбент баландлиги эса:

$$H = \frac{V_a}{0,785 \cdot D^2 \cdot \rho_T}$$

ёки

$$H = u \cdot (\tau - \tau_0) \quad (7.190)$$

бу ерда, ρ_n – адсорбентнинг тўқма зичлиги, кг/м³

Адсорбция жараёнининг давомийлиги:

$$\tau = \frac{V_a (x_{ox} - x_0)}{w_0 \cdot 0,785 \cdot D^2 \cdot \rho \cdot (y_0 - y_{ox})} \quad (7.191)$$

Адсорбция қўламининг силжиш тезлигини (7.182) тенгламадан топиш мумкин.

Қатламнинг ҳимоялаш таъсир вақти йўқотилиши τ_0 ни қуйидаги тенгламадан тахминан ҳисоблаш мумкин:

$$\tau_0 = \frac{0,5 \cdot h_0}{u} \quad (7.192)$$

бу ерда, h_0 – адсорбент катламининг баландлиги бўлиб, (7 183) тенгламадан аниқланади

Адсорбент катлами баландлиги ва конструктив ўлчамлардан келиб чиққан ҳолда, адсорбер баландлиги аниқланади.

Узлуксиз ишлайдиган адсорберларни ҳисоблашда колонна баландлиги, ишчи ҳажм, тарелкалар диаметри ва сони аниқланади.

Бундай адсорберлар баландлиги моддий баланс тенгламасидан аниқланади. Моддий баланс тенгламасида тегишли ўзгаришлар ва қискартиришлардан сўнг, ушбу кўринишга келамиз:

$$H = \frac{V_a}{0,785 \cdot D^2 \cdot \rho_r}$$

қурилманинг ишчи ҳажми эса:

$$V_a = L \frac{x_{ox}}{\Delta y_{yp}} \cdot \frac{1}{K_y \sigma} \quad (7.193)$$

бу ерда, L – адсорбент сарфи, кг/с; σ – жараён пайтидаги адсорбентнинг солиштирма юзаси, м²/кг; Δy_{yp} – ўртача ҳаракатлан-тирувчи куч бўлиб, ушбу тенгламадан топилади:

$$\Delta y_{yp} = \frac{y - y_{ox}}{\int_{y_0}^{y_{ox}} \frac{dy}{y - y_{ox}}}$$

бу ерда, y_0, y_{ox} – газ аралашмадаги адсорбтивнинг бошланғич ва охириги концентрациялари; y_{ox} – мувозанат концентрацияси.

Агар $\tau = V_a/L$ эканлигини инобатга олсак, адсорбентнинг адсорберда бўлиш вақти:

$$\tau = \frac{1}{K_y \sigma} \cdot \frac{x_{ox}}{\Delta y_{yp}} \quad (7.194)$$

Мавҳум қайнаш катламли тарелкали адсорберларда тарелкалар сони ушбу тенгламадан топилади:

$$n = \frac{H}{h_r} \quad (7.195)$$

бу ерда, h_r – тарелкадаги адсорбент катламининг баландлиги (одатда $h_r = 50$ мм деб қабул қилса бўлади).

7.27.1. Ҳаракатчан адсорбент қамламли адсорберни ҳисоблаш

Ҳаво таркибидаги бензолни ажратиб олиш учун ҳаракатчан, фаолланган кўмир катламли узлуксиз ишлайдиган ҳаракатчан катламли адсорбцион қурилма ҳисоблансин.

Бошланғич маълумотлар.

Аралашма бўйича қурилма унумдорлиги	$V = 4500 \text{ м}^3/\text{с} = 1,25 \text{ м}^3/\text{с};$
Буг-ҳаво аралашмадаги бензол концентрацияси	$- y_n = 0,040 \text{ кг}/\text{м}^3;$
Адсорбцион зонадан чиқишдаги аралашмадаги бензол концентрацияси	$- y_k = 0,0015 \text{ кг}/\text{м}^3;$
Ишлатиб бўлинган адсорбент таркибида бензолнинг миқдори	$- 98 \%,$
Қайта тиклан адсорбентдаги (регенерация килинганида) (мувозанатдаги дастлабки аралашмага нисбатан)	$- 3\%;$
Жараён температураси	$- 25^\circ\text{C}.$

Юқорида келтирилган маълумотлар асосида адсорбер диаметри, баландлиги ва адсорбент сарфи аниқлансин.

Адсорбция жараёни учун, тўқма зичлиги $\rho_m = 500 \text{ кг}/\text{м}^3$ бўлган АГ-3 маркали фаолланган кўмир адсорбентини танлаймиз [128, (жадвал – IX.2)]. Фаолланган кўмир АГ-3 да ҳаводан бензолни адсорбция жараёнининг мувозанат маълумотлари махсус адабиётларда

келтирилган [128,(жадвал–IX.1)]. Адсорбент турли ўлчамдаги заррачалардан таркиб топгани учун, заррачалар ўртача диаметри ушбу формуладан топилади:

$$d = \frac{1}{\sum_1^n (x_i / d_i)}$$

Фракциялар бўйича заррачалар ўртача диаметри қуйидагига тенг:

$$d_1 = \frac{0,0036 + 0,0028}{2} = 0,0032_m$$

$$d_1 = \frac{0,0028 + 0,0015}{2} = 0,00215_m$$

$$d_1 = \frac{0,0015 + 0,0010}{2} = 0,00125_m$$

Унда

$$d = \frac{1}{\frac{0,03}{0,0032} + \frac{0,86}{0,00215} + \frac{0,10}{0,00125}} = 0,00205_m$$

Қурилма диаметрини ҳисоблаш. Газ оқимининг тезлиги мавҳум қайнаш бошланиши тезлигидан кичик бўлиши керак. Унда, сферик заррачалар учун $Re_{0,мк}$ қуйидаги формуладан аникланади:

$$Re_{0,мк} = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}}$$

бу ерда, $Re_{0,мк} = w_{мк} \cdot d \cdot \rho_y / \mu_y$ – модификациялашган Рейнольдс критерийси; $w_{мк}$ – мавҳум қайнаш бошланиши тезлиги, м/с, d – заррача ҳажмига тенг шарнинг диаметри, м, $Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot \rho_k - \rho_y}{\nu_y^2 \cdot \rho_y}$ – Архимед критерийси, $t = 25^\circ\text{C}$ да ҳавонинг зичлиги $\rho_y = 1,185 \text{ кг/м}^3$, динамик ковшукоклик коэффициенти $\mu_y = 0,0186 \cdot 10^{-3} \text{ Па с}$, заррача зичлиги $\rho_k = 800 \text{ кг/м}^3$.

Архимед критерийси қийматини топамиз:

$$Ar = \frac{0,00205^3 \cdot 1,185^2 \cdot 9,81 \cdot 800 - 1,185}{(0,0186 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1,185} = 231218$$

Сўнг, модификациялашган Рейнольдс сонини аниқлаймиз:

$$Re_{0,мк} = \frac{231218}{1400 + 5,22\sqrt{231218}} = 59,13$$

$Re_{0,мк}$ ни билган ҳолда, $w_{мк}$ қийматини топамиз:

$$w_{мк} = \frac{Re_{0,мк} \cdot \mu_y}{d \cdot \rho_y} = \frac{59,13 \cdot 0,0186 \cdot 10^{-3}}{0,00205 \cdot 1,185} = 0,453_m$$

Газ оқимининг тезлигини $w = 0,3$ м/с деб қабул қиламиз (чунки, адсорбердаги ишчи тезлик рухсат этилгандан 25% га кам) ва қурилма диаметрини ҳисоблаймиз:

$$D_a = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,25}{3,14 \cdot 0,3}} = 2,3_m$$

Курилма диаметрини $D_a = 2,4$ м деб оламиз ва буг-газ аралашмасининг чизикли тезлигини аниқлаймиз:

$$w = \frac{4 \cdot V}{3600 \cdot \pi \cdot D_a^2} = \frac{4 \cdot 4500}{3600 \cdot 3,14 \cdot 2,4^2} = 0,3 \text{ м}$$

Критик тезлик танланган тезликдан юкори, шунинг учун бу тезлик адсорбентнинг курилма оркали нормал ҳаракатини таъминлайди.

Адсорбент ҳаракат тезлигини ҳисоблаш. Колоннада адсорбент ҳаракати тезлигини топамиз. Унинг тезлиги масса алмашиниш зонасидаги тезлик u га тенг бўлиши керак:

$$u = \frac{w \cdot y_H}{\varepsilon \cdot y_H + x_K}$$

бу ерда, w – адсорбер кўндаланг кесимига нисбатан олинган оқим тезлиги, м/с; $x_K - y_K$ билан мувозанатдаги, ажралиб чиқадиган компонентнинг каттик фазадаги концентрацияси, кг/м³. ε – катламнинг говаклилиги.

Ҳаракатдаги донатор катламлар учун $\varepsilon = 0,33-0,49$. $\varepsilon = 0,4$ деб қабул қиламиз.

Ажралиб чиқадиган компонентнинг каттик фазадаги мувозанат концентрацияси x_K топиш учун келтирилган маълумотлар [128,(жадвал–IX.1)] асосида, бензол адсорбцияси изотермаларини курамиз. y_H (кг/м³) бўйича x_K (кг/м³) топамиз. Адсорбент мувозанат ҳажмидан фойдаланиш даражаси 0,95 бўлганда, унинг ҳаракат тезлиги куйидагига тенг бўлади:

$$u = \frac{0,3 \cdot 0,04}{0,4 \cdot 0,04 + 75,57 \cdot 0,95} = 0,0000785 \text{ м/с}$$

Адсорбент қатлами узунлигини ҳисоблаш. Масса ўтказиш тенгламасининг таркалиш бирлиги сони оркали ҳаракатдаги адсорбент катламининг зарур узунлиги $H_{дв}$ аниқланади :

$$H_{дв} = \frac{V}{SK_{гв} \int_{y_K}^{y_H} \frac{dy}{y - y^*}} = h_g n_{0y}$$

бу ерда, S – катлам кўндаланг кесимининг юзаси, м², $K_{гв}$ – ҳажмий масса ўтказиш коэффициентини, с⁻¹; h_g – таркалиш бирлигига эквивалент баланслик, м; n_{0y} – таркалиш бирлиги сони.

Масса ўтказишнинг ҳажмий коэффициентини ушбу формуладан топилади:

$$K_{гв} = \frac{1}{(1/\beta_{гв}) + (m/\beta_{гв})}$$

бу ерда, $\beta_{гв}$ – газ фазасидаги ҳажмий масса бериш коэффициентини, с⁻¹; $\beta_{гв}$ – газ фазасидаги ҳажмий масса бериш коэффициентини, с⁻¹; m – таркалиш коэффициентини.

Таркалиш коэффициентини

$$m = y_H/x_K^* = 0,040/75,54 = 0,000529$$

жуда кичик бўлгани учун, $m/\beta_{гв}$ кийматини инобатга олмаса ҳам бўлади. Унда $K_{гв} \approx \beta_{гв}$. Газ фазасидаги ҳажмий масса бериш коэффициентини аниқлаш учун донатор катлам Рейнольдс сонини топиш керак:

$$Re = 4 \cdot w \cdot \rho_y / a \cdot \mu_y$$

бу ерда, w – газ фазасининг тезлиги, м/с; a – донатор катлам солиштира юзаси, м²/м³.

Адсорбент катламининг солиштирма юзасини куйидаги нисбатдан аниқлаймиз:

$$a = 6 \cdot (1 - \varepsilon) / \Phi \cdot d$$

Гранула кўринишидаги фаолланган кўмир ва силикагеллар учун шакл омили Φ куйидаги ораликда бўлади $\Phi = 0,7-0,9$. Ҳисоблашлар учун $\Phi = 0,8$ деб қабул қилиб, солиштирма юза a ни топамиз:

$$a = \frac{6 \cdot (1 - 0,4)}{0,8 \cdot 0,00205} = 2200 \text{ м}^2/\text{м}^3$$

Унда, Рейнольдс сони куйидагига тенг бўлади:

$$Re = \frac{4 \cdot 0,3 \cdot 1,185}{2200 \cdot 0,0186 \cdot 10^{-3}} = 37,75$$

$Re > 30$ бўлганда $\beta_{y'}$ ни ҳисоблаш учун ушбу формуладан фойдаланилади:

$$Nu' = 00.395 Re^{0.64} (Pr')^{0.33}$$

бу ерда $Nu' = \beta_{y'} d_y^2 / D$

Pr' сонини ушбу формуладан аниқлаймиз:

$$Pr' = \frac{\nu}{D} = \frac{\mu_y}{\rho_y \cdot D} = \frac{0,0186 \cdot 10^{-3}}{1,185 \cdot 7,7 \cdot 10^{-6}} = 2,04$$

Хавода бензолнинг диффузия коэффиценти $D = 7,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ [130].

Nu' кийматини ҳисоблаймиз:

$$Nu' = 0.395 \cdot 37.75^{0.64} \cdot 2.04^{0.33} = 5.1$$

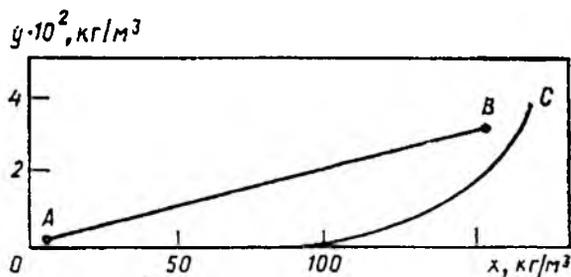
Донадар катламнинг эквивалент диаметрини ушбу нисбатдан аниқлаймиз:

$$d_y = 4\varepsilon / a = 4 \cdot 0.4 / 2200 = 7.3 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Энди, $\beta_{y'}$ нинг кийматини топамиз:

$$\beta_{y'} = \frac{Nu' \cdot D}{d_y^2} = \frac{5,1 \cdot 7,7 \cdot 10^{-6}}{0,00073^2} = 73,69 \text{ с}^{-1}$$

$K_{y'} = \beta_{y'} = 73,69 \text{ с}^{-1}$ деб ҳисоблаб,



7.78-расм. AP-A маркали фаолланган кўмирда хаводан бензолни адсорбциялаш жараёнининг ишчи (AB) ва мувозанат (OC) чизиклари.

Тарқалиш бирлиги сонини график интеграллаш усули билан топилади. Бунинг учун y_n дан y_k оралиғида бир нечта y қийматларини танлаб оламиз. Ҳар бир y нинг қийматиға ишчи чизикда тегишли x нинг қийматини ва ҳар бир x нинг қийматиға мувозанат чизиғида y^* ни топамиз (7.78-расм). Аниқланган қийматлар куйидаги 7.1-жадвалда келтирилган:

7.1-жадвал

т/р	y , кг/м ³	x , кг/м ³	y^* , кг/м ³	$y - y^*$, кг/м ³	$1/(y - y^*)$
1.	0,030	164	0,020	0,010	100
2.	0,025	130	0,006	0,019	53
3.	0,020	104	0,003	0,017	59
4.	0,015	76	0	0,015	67
5.	0,010	50	0	0,010	100
7.	0,005	25	0	0,005	200
8.	0,001	8	0	0,001	1000

$1/(y - y^*)$ нинг y боғлиқлик графикини курамиз (7.79-расм). $y_n = 0,030$ кг/м³ ва $y_k = 0,001$ кг/м³ ординаталари билан чегараланган эгри чизик остидаги юза $f = 2020$ мм² тенг. Ўқлар бўйича масштабни топамиз: $1/(y - y^*)$ ўқи бўйича $M_1 = 10$ ва y ўқи бўйича $M_2 = 0,0002$. $n_{0,y}$ сонини ушбу тенгламадан аниқлаймиз:

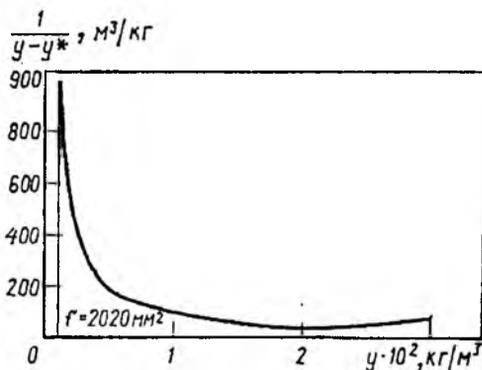
$$n_{0,y} = \int_{y_k}^{y_n} \frac{dy}{y - y^*}$$

Ҳаракатдаги адсорбент катламнинг зарур узунлигини ҳисоблаймиз:

$$H_{0a} = \frac{V}{S \cdot K_{iy}} \cdot n_{0,y} = \frac{1,25 \cdot 4}{3,14 \cdot 2,4^2 \cdot 73,69} \cdot 4,04 = 0,02 \text{ м}$$

Қурилманинг бундай диаметри ва ҳаракатланувчи катламнинг баландлиғида оқим тезлигининг тебранишлари туфайли адсорбтивнинг ўтиб кетиш ҳолатлари учрайди.

Шу ҳодисани инобатга олиб, $H_{0a} = 0,4$ м деб қабул қиламиз.



7.79-расм. График интеграллаш усулида тарқалиш бирлиги сонини аниқлаш.

Ҳаракатланувчи катламли адсорберларнинг юклаш ва тўқиш мосламалари қўпол ва мураккаб, лекин улардан адсорбент ҳаракатининг тезлиги ва узлуксизлиги боғлиқ. Юклаш мосламасининг баландлигини 1,2 м, тўқиш мосламасини – 1,4 м қабул қилиб адсорбер баландлигини аниқлашимиз мумкин:

$$H_a = H_{0a} + H_{зигр} + H_{рхиз} = 0,4 + 1,2 + 1,4 = 3 \text{ м}$$

Адсорбент сарфини куйидаги тенгламадан топамиз:

$$G = \rho_n \cdot u \cdot S = \frac{500 \cdot 0,785 \cdot 10^{-4} \cdot 3,14 \cdot 2,4^2}{4} = 0,163 \text{ кг/с} = 587 \text{ кг/с}$$

Газодувка ҳисоби

Қурилмада хавонинг сохта тезлиги: $w_0 = 4 \cdot Q / \pi \cdot D^2 = 0,362 \text{ м/с}$

Қатламдаги Рейнольдс сонини ушбу формула орқали топамиз:

$$Re = \frac{2 \cdot \Phi}{3 \cdot (1 - \varepsilon)} \cdot Re_0; \quad Re_0 = \frac{w_0 \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{2 \cdot 0,8}{3 \cdot (1 - 0,4)} \cdot \frac{0,362 \cdot 0,00205 \cdot 1,185}{0,0186 \cdot 10^{-3}} = 42,03$$

Гидравлик қаршилик коэффициенти λ куйидаги формуладан ҳисобланади:

$$\lambda = \frac{133}{Re} + 2,34 = 5,5$$

Қатлам гидравлик қаршилиги ушбу формуладан аниқланади:

$$\Delta P_c = \frac{3 \cdot \lambda \cdot H \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho \cdot w_0^2}{4 \cdot \varepsilon^3 \cdot d \cdot \Phi} = \frac{3 \cdot 5,5 \cdot 0,4(1 - 0,4)1,185 \cdot 0,362^2}{4 \cdot 0,4^3 \cdot 0,8 \cdot 0,00205} = 1465 \text{ Па}$$

Адсорбернинг газ тақсимлаш панжараси ва бошка ёрдамчи мосламалар гидравлик қаршилигини умумий қаршиликнинг 10% ни ташкил этади деб қабул қиламиз, яъни $\Delta P_A = 1465 \cdot 1,1 = 1612 \text{ Па}$.

Труба қувиридаги ҳаво тезлигини $w = 15 \text{ м/с}$ деб қабул қиламиз. Унда, труба қувирунинг диаметри куйидагига тенг бўлади:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,25}{3,14 \cdot 15}} = 0,326 \text{ м}$$

Труба қувиридаги оқимнинг Рейнольдс сони:

$$Re = \frac{15 \cdot 0,326 \cdot 1,185}{0,0186 \cdot 10^{-3}} = 311540$$

Трубалар маълум муддат ишлатилган деб қабул қиламиз, унда $\Delta = 0,15 \text{ мм}$; Сўнг:

$$e = \frac{1,5 \cdot 10^{-4}}{0,326} = 4,6 \cdot 10^{-4}; \quad \frac{1}{e} = 2173; \quad 10 \frac{1}{e} = 21730; \quad 560 \frac{1}{e} = 1216880$$

$$21730 < Re = 311540 < 1216880$$

Шундай қилиб, гидравлик қаршилик коэффициенти λ аралаш ишқаланиш зонаси учун куйидаги формула орқали ҳисоблаб топилади:

$$\lambda = 0,11 \cdot (e + 68/Re)^{0,25} = 0,11 \cdot (4,6 \cdot 10^{-4} + 68/311540)^{0,25} = 0,0178$$

Маҳаллий қаршилиқ коэффициентларини аниқлаймиз:

1. Трубага кириш (ўткир қиррали) - $\xi_1 = 0,5$;
2. Задвижка - $d = 0,326$ м - $\xi_2 = 0,18$;
3. Тирсак - $\xi_3 = 1,1$;
4. Трубадан чиқиш - $\xi_4 = 1$.

Маҳаллий қаршилиқ йиғиндис:

$$\sum \xi = 0,5 + 0,15 + 4,4 + 1 = 6,05$$

Труба қувури гидравлик қаршилиғи:

$$\Delta p_{\Pi} = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d_s} + \sum \xi_{\text{МС}} \right) \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} = \left(0,0178 \frac{20}{0,326} + 6,05 \right) \frac{1,185 \cdot 15^2}{2} = 952 \text{ Па}$$

$$\Delta P = \Delta P_A + \Delta P_{\Pi} = 1612 + 952 = 2564 \text{ Па}$$

Фойдали қувват:

$$N_{\Pi} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = Q \cdot \Delta P = 1,25 \cdot 2564 = 3,205 \text{ кВт}$$

$$N = \frac{3,205}{0,6} = 5,3 \text{ кВт}$$

ТВ-100-1,12 русумли газодувка танлаймиз:

- унумдорлик - $Q = 1,67 \text{ м}^3/\text{с}$,
- гидравлик қаршилиқ - $\Delta P = \rho \cdot g \cdot H = 12000 \text{ Па}$
- айланиш - $n = 48,3 \text{ с}^{-1}$
- электр юриткич тип - АО2-81-2,
- қуввати - $N = 40 \text{ кВт}$,
- ф.и.к. - $\eta = 0,88$.

Механик ҳисоблашни махсус адабиётларда келтирилган мисол асосида бажариш тавсия этилади [128, 134].

7-боб. Адсорбция бўйича

Муस्ताқил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Адсорбция жараёнининг моҳияти нимада?
2. Адсорбент ва адсорбтив нима?
4. Десорбция қандай жараён?
5. Кимёвий реакция билан кечадиган адсорбция нима деб номланади?
6. Адсорбентлар турлари ва уларнинг асосий кўрсаткичлари.
7. Адсорбентлар неча гуруҳга бўлинади?
8. Ле-Шателье принципи нимани ифодалайди?
9. Адсорбция жараёнини ташкил этиш усуллари.
11. Қўзғалмас қатламли адсорбер тузилиши, афзаллик ва камчиликлари.
12. Ҳалқасимон қатламли адсорбер тузилиши, афзаллик ва камчиликлари.
13. Мавҳум қайнаш қатламли адсорбер тузилиши, афзаллик ва камчиликлари.
14. Ҳаракатчан адсорбент қатламли адсорбер тузилиши, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
15. Қўп поғонали мавҳум қайнаш қатламли адсорбер тузилиши, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
16. Адсорберларни ҳисоблаш кетма-кетлиғи.

7.29. Умумий тушунчалар

Қаттик ва пастасимон материалларни сувсизлантириш йўли билан уларга зарур хоссалар бериш, транспорт воситаларида узатиш ва узок муддат давомида саклаш имкониятини беради.

Сувсизлантиришни 3 хил усулда амалга ошириш мумкин:

1. Механик (сикиш, чўктириш, филтрлаш, центрифугалаш ва х.);
2. Физик-кимёвий (сувни ўзига тортиб олувчи моддалар ёрдамида, масалан, кальций хлорид, сульфат кислота ва х.);
3. Иссиклик таъсирида сувсизлантириш, яъни қуритиш.

Лекин юқорида кайд этилган усуллардан энг самаралиси, иссиқлик таъсирида сувсизлантириш, яъни қуритиш жараёнида тўлиқ сувсизлантиришга эришса бўлади.

Қаттик ва пастасимон материаллар таркибидаги намликни буғлатиш ва ҳосил бўлаётган буғларни четга олиб чиқишга *қуритиш жараёни* дейилади.

Нам материалларни иссиқлик ёрдамида қуритиш - саноатда энг кенг тарқалган усул. Ушбу усул кимёвий, озик-овқат ва бир қатор бошқа технологияларда ишлатилади. Материал таркибидаги намлик даставвал арзон, механик (масалан, филтрлаш) усулда, якуний, тўла сувсизлантириш эса қуритиш усулида олиб борилади. Сувсизлантиришнинг бундай комбинациялашган усули иктисодий жиҳатдан самаралидир.

Саноатда нам материалларни қуритиш учун сунъий (махсус қуритиш қурилмаларида) ва табиий (очик ҳавода қуритиш – жуда давомий жараён) усуллар қўлланилади.

Физик моҳиятига кўра, қуритиш жараёни мураккаб диффузион жараёндир. Унинг тезлиги, қуритилаётган материал ичидан намликнинг атроф-муҳитга тарқалиши, диффузия тезлиги билан белгиланади. Маълумки, қуритиш жараёни бу иссиқлик ва масса (намлик) нинг материал ичида ҳаракати ва материал юзасидан атроф-муҳитга узатилишидир. Шундай қилиб, қуритиш бу иссиқлик ва масса алмашиниш жараёнларининг бир-бири билан узвий боғланган жараёнлар мажмуасидир.

Қаттик, нам материалга иссиқлик таъсир этиш усулига қараб қуритиш қуйидаги турларга бўлинади:

- 1) *конвектив* қуритиш – бунда нам материал билан қуритувчи элткич бевосита ўзаро таъсирда бўлади. Одатда, қуритувчи элткич сифатида қиздирилган ҳаво ёки тутун газлари ишлатилади;
- 2) *контактли* қуритиш – иссиқлик ташувчи элткич ва нам материал орасида ажратувчи девор бўлади. Материалга иссиқлик шу девор орқали узатилади;
- 3) *радиацион* қуритиш – нам материалга иссиқлик инфрақизил нурлар орқали узатилади;
- 4) *диэлектрик* қуритиш – нам материалга иссиқлик юқори частотали ток майдонида қуритилади;
- 5) *сублимацион* қуритиш – нам материал музлаган ҳолатда, юқори вакуум остида қуритилади.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, исталган қуритиш усулида қуритилаётган нам материал кўпчилик ҳолларда иссиқ ҳаво билан ўзаро таъсирда бўлади. Конвектив қуритиш саноат технологияларида жуда кўп ишлатилади. Ушбу жараёни амалга ошириш учун нам материалга иссиқ ҳаво таъсирининг аҳамияти катта. Шунинг учун, нам ҳавонинг асосий хоссаларини билиш қуритиш жараёнини ўрганиш ва ҳисоблаш учун зарур.

7.30. Рамзининг нам ҳаво I-х диаграммаси

Қурук ҳавонинг сув буғи билан аралашмаси *нам ҳаво* деб номланади. Нам ҳаво абсолют ва нисбий намлик, нам саклаш, энтальпия, қурук ва ҳўл термометр температуралари, парциал

босим каби параметрлар билан характерланади.

Абсолют намлик деб 1 м^3 нам ҳаво ҳажмидаги сув буғи (кг) миқдорига айтилади.

Агар парциал босим p_6 да сув буғи бутун ҳажми, масалан 1 м^3 ни, эътиборда, унда абсолют намлик сув буғи зичлиги ρ_6 га тенг.

Нисбий намлик деб ҳаво абсолют намлигининг, тўйиниш пайтидаги абсолют намлик нисбатига айтилади:

$$\varphi = \frac{\rho_6}{\rho_m} \quad (7.196)$$

бу ерда, ρ_m – тўйинган сув буғининг зичлиги, кг/м^3 ; ρ_6 – сув буғининг зичлиги, кг/м^3

Газ таркибидаги буглар парциал босими, унинг миқдорига пропорционал бўлгани учун, нисбий намлик бир хил температура ва босимда ҳаводаги сув буғи парциал босими p_6 нинг тўйинган сув буглари босими p_T га нисбати сифатида ифодаланиши мумкин:

$$\varphi = \frac{p_6}{p_T} \quad \text{ёки} \quad p_6 = \varphi \cdot p_T \quad (7.197)$$

Нам сақлаш деб 1 кг абсолют курук ҳавога тўғри келадиган сув буглари (1 кг) миқдорига айтилади.

Нам ҳавонинг солиштирма нам сақлаши x (кг/кг) ёки (г/кг) билан белгиланади. Ҳавонинг нам сақлаши ушбу нисбат орқали аниқланади:

$$x = \frac{m_6}{m_{акх}} = \frac{\rho_6}{\rho_{акх}} \quad (7.198)$$

бу ерда, m_6 ва $m_{акх}$ – сув буғи ва абсолют курук ҳаво массалари, кг .

Менделеев - Клапейрон идеал газлар ҳолатининг тенгламасига биноан нам сақлаш ва нисбий намликлар орасидаги боғлиқликни аниқлаймиз. Сув буғи ва курук ҳаво зичликларини ушбу тенгламалардан топиш мумкин:

$$\rho_6 = \frac{p_6 \cdot M_6}{RT} \quad \text{ва} \quad \rho_{акх} = \frac{p_{акх} \cdot M_{акх}}{RT} \quad (7.199)$$

бу ерда, M_6 ва $M_{акх}$ – 1 моль сув буғи ва абсолют курук ҳаволар массалари, кг/кмоль ; $p_{акх}$ – бирор температурадаги курук ҳавонинг парциал босими, Па ; $R = 8314$ – газнинг универсал доимийси, $\text{Ж/(кмоль}\cdot\text{К)}$.

(7.199) ни (7.198) га қўйиб, ушбу кўринишли тенгламани оламир:

$$x = \frac{M_6}{M_{акх}} \left(\frac{p_6}{p_{акх}} \right) \quad (7.200)$$

Дальтон қонунига биноан $P = p_n + p_{акх}$. Унда:

$$p_{акх} = P - p_n \quad (7.201)$$

(7.197) тенгламадан биламизки, $p_6 = \varphi \cdot p_m$
Агар $p_{акх}$ ва p_6 қийматларини (7.200) га қўйсақ:

$$x = \frac{18}{29} \frac{\varphi \cdot p_m}{P - \varphi p_m} = 0,622 \frac{\varphi \cdot p_m}{P - \varphi p_m} \quad (7.202)$$

бу ерда, $M_{акх} = 29 \text{ кг/моль}$; $M_6 = 18 \text{ кг/моль}$.

Энтальпия термодинамик системанинг ҳолат функцияси бўлиб, I ҳарфи билан белгиланади.

Нам ҳаво энтальпияси курук ҳаво билан шу нам ҳавода бўлган сув буғининг энтальпиялари йиғиндисига тенг:

$$I = c_{акх} \cdot t + x I_6 \quad (7.203)$$

бу ерда, t – абсолют курук ҳавонинг ўртача температураси, К ; $c_6 = 1000 \text{ Ж/(кг}\cdot\text{К)}$; I_6 – сув буғининг солиштирма энтальпияси, Ж/кг

Қуритиш жараёнида ҳаво билан аралашмада бўлган сув буғи ўта киздирилган ҳолатда

бўлади. Унинг солиштирма буг ҳосил қилиши $r_0 = 2493 \cdot 10^3$ Ж/кг бўлса, ўта киздирилган сув бугининг солиштирма иссиқлик сифими эса, $c_6 \approx 1,97 \cdot 10^3$ Ж/(кг·К).

Ўта киздирилган сув бугининг солиштирма энтальпияси:

$$I_6 = r_0 + c_6 \cdot I = 2493 \cdot 10^3 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot t \quad (7.204)$$

Агар (7.204) ни (7.203) га қўйсақ, ушбу кўринишдаги тенгламага эришамиз:

$$I = (1000 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot x) \cdot t + 2493 \cdot 10^3 \cdot x \quad (7.205)$$

Нам ҳавонинг зичлиги $\rho_{нх}$ абсолют курук ҳаво $\rho_{акх}$ ва сув буги ρ_6 зичликлари йиғиндиси га тенг. Агар $\rho_6 = x \cdot \rho_{акх}$ эканлигини инобатга олсак, ушбу тенгламани оламиз:

$$\rho_{нх} = \rho_{акх} + \rho_6 = \rho_{акх} (1 + x) \quad (7.206)$$

Менделеев - Клапейроннинг ҳолат тенгламасига биноан абсолют курук ҳаво зичлиги куйидаги тенгламадан аникланади:

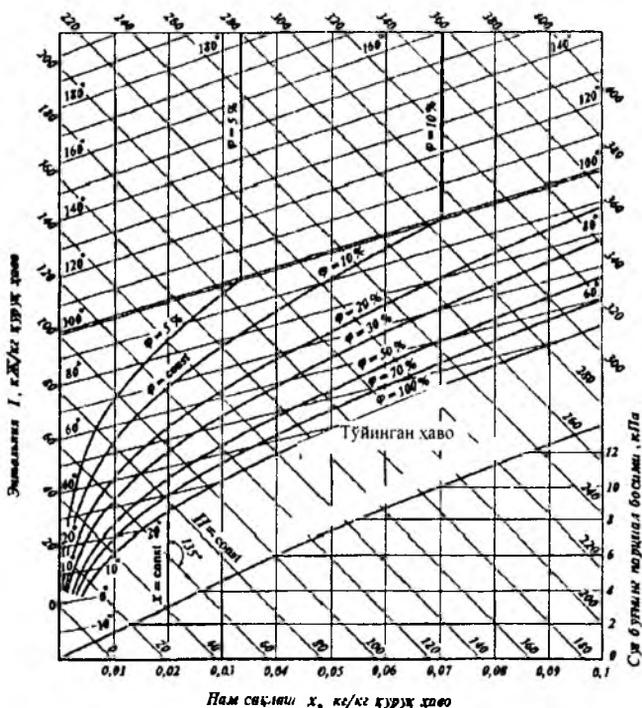
$$\rho_{акх} = \frac{M_{акх} \cdot p_{акх}}{RT} = \frac{29 p_{акх}}{8314 \cdot T} = \frac{P - p}{287T} \quad (7.207)$$

(7.202) тенгламадан x ва (7.207) дан $\rho_{нх}$ кийматларини олиб (7.206) га қўйсақ, ушбу кўринишли ифодани оламиз:

$$\rho_{нх} = \frac{P - 0,378 \cdot p_6}{287T} \quad (7.208)$$

Иситиш, совитиш ва қуриштириш жараёнларида ҳавонинг асосий хоссалари ўзгариши тасвирланган ва техник ҳисоблашлар учун етарли аникликда Л.К. Рамзиннинг энтальпия диаграммаси ёрдамида аникланиши мумкин.

$I - x$ диаграмма ўзгармас босим $p = 745$ мм.с.м.уст. (≈ 99 кПа) учун қурилган (7.80-расм). Диаграмма энтальпия I (ордината ўқи) – нам саклаш x (абсцисса ўқи) координаталарида қурилган.



7.80-расм. Рамзиннинг $I-x$ диаграммаси.

Координата ўқлари 135° бурчак остида жойлаштирилган. Диаграммадан фойдаланиш қулай бўлиши учун нам саклаш кийматлари ордината ўқига перпендикуляр, яъни қўшимча

горизонтал ўқга проекцияланган.

Диаграммага куйидаги чизиклар ўтказилган: ордината ўқига параллел ($x=const$), ўзгармас нам сақлаш вертикал чизиклар; қўшимча абсцисса ўқига 135° бурчакда ўтказилган ўзгармас энтальпия ($I=const$) қия чизиклари; ўзгармас температура (изотерма) чизиклари; ўзгармас нисбий намлик ($\varphi=const$) чизиклари; нам ҳаводаги сув бугининг парциал босим p_6 чизиклари.

Ўзгармас температура чизиклари (7.200) тенглама ёрдамида қурилади. Бунинг учун x_1 ва x_2 параметрларнинг исталган қийматлари қабул қилиниб, уларга тегишли I_1 ва I_2 қийматлари ҳисобланади.

Ундан кейин, диаграммада координатлари I_1, x_1 ва I_2, x_2 бўлган нукталар аниқланади. Топилган нукталар тўғри чизик билан бирлаштирилади ва изотерма деб номланади.

Ўзгармас нисбий намлик чизиклари (7.197) тенглама ёрдамида қурилади. $\varphi = const$ чизиклари координатлари $t = -273^\circ\text{C}$ ва $x = 0$ бўлган нуктадан тарқалувчи эгри чизиклар дастасини ҳосил қилади.

$\varphi = const$ чизиклари бир-бирига ёпишиб кетмаслиги учун диаграмма маълум бурчакли система координатларида қурилган.

$I - x$ диаграммадан кўриниб турибдики, $99,4^\circ\text{C}$ температурада $\varphi = const$ чизиклари синади ва юқорига вертикал кўтарилиб кетади, яъни диаграмма икки қисмга бўлинади. Ушбу температурада тўйинган сув бугининг босими 745 мм.с.м.уст. тенг бўлади. (7.197) тенгламадан кўриниб турибдики, температура $t \geq 99,4^\circ\text{C}$ етганда нисбий намлик φ температурага боғлиқ бўлмай ва ўзгармас катталиқ бўлиб қолади.

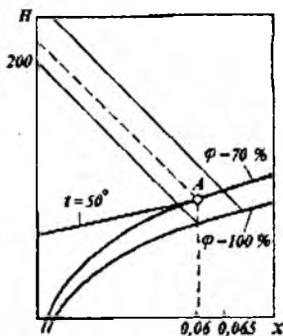
Ҳавонинг сув буғи билан тўйиниш чизиғи, яъни $\varphi = 100\%$, диаграммани тўйинмаган нам ҳаво ва чизик остида жойлашган, сув буғи билан ўта тўйинган ҳаво зоналарига ажратади.

Сув бугининг парциал босим чизиклари (7.199) тенгламани инobatга олган ҳолда (7.197) тенгламадан аниқланади:

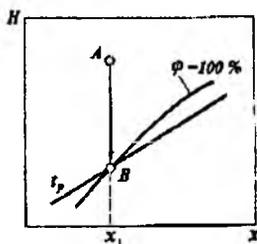
$$p_6 = \frac{P_x}{0,622 + x} \quad (7.209)$$

Сув бугининг парциал босими $I - x$ диаграмманинг пастки қисмида жойлашган. Диаграмма ёрдамида нам ҳавонинг исталган икки параметри маълум бўлса, қолган параметрларни топиш мумкин.

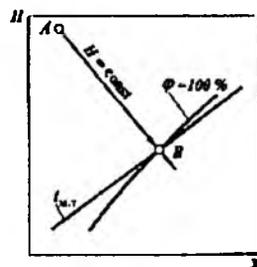
$I - x$ диаграмма ёрдамида, нам ҳавонинг исталган икки параметри орқали қолган параметрларини топиш мумкин. Масалан: ҳаво температураси $t=55^\circ\text{C}$ ва нисбий намлиги $\varphi=70\%$ бўлган параметрлар учун нукта A ни аниқлаймиз (7.81а-расм). Бу нукта учун нам сақлаш параметри $x=0,0608$ кг намлик/кг қуруқ ҳаво ва энтальпияси $I=207,25$ кЖ/кг қуруқ ҳаво.



7.81а-расм. $I - x$ диаграмма ёрдамида маълум икки параметр орқали нам ҳавонинг қолган параметрларини аниқлаш.



7.81б-расм. $I - x$ диаграммада шудринг нуктасини аниқлаш.



7.81в-расм. $I - x$ диаграммада ҳўл термометр температурасини аниқлаш.

Шудринг нуктаси. Ҳавонинг ўзгармас нам сақлаш параметрида совиши, унинг сув

буғлари билан бутунлай тўйиниши натижасида, ҳаво ёки газ таркибидаги сув буғларининг конденсацияланиши рўй беради. Ушбу температура шудринг нуктаси деб номланади.

7.816-расмда A нуктага мос бошланғич параметрли ҳаво учун шудринг нукта B ни график усулда аниқлаш тасвирланган. Шудринг нуктаси $\varphi=100\%$ ва нам саклаш x_1 ларнинг кесилиш нуктаси B орқали ўтган изотерма t_p сифатида аниқланади.

Ҳўл термометр температураси. Ҳавонинг нам материал билан изотермик ўзаро таъсири натижасида ҳаво совийди. Бунда, ҳаво материалга ўз иссиқлигини беради ва нам материалдан ҳавога ўтаётган сув буғларининг энтальпияси ҳисобига ўз энтальпиясини орттиради. Бундай шароитда температура пасаяди, энтальпия эса ўзгармас бўлади. Ушбу изоэнтальпия жараёни ҳавонинг сув буғлари билан тўлиқ тўйингунга қадар боради, яъни $\varphi=100\%$ га эришадиган температурагача. I -х диаграммада A нуктадан $\varphi=100\%$ чизиғида B нукта билан кесишгунча $I=\text{const}$ чизиғи ўтказилади (7.816-расм). Нукта B орқали ўтадиган, изоэнтальпия шароитида ҳавонинг совийш чегарасига тўғри келадиган изотерма t_{MT} – ҳўл термометрнинг температураси деб номланади.

Қуритиш потенциали. Ҳаво температураси t_0 ва ҳўл термометр температураси t_{MT} ларнинг фарқи қуритиш потенциали ε деб аталади. Ушбу кўрсаткич ҳавонинг материалдан намликни ютиш қобилиятини характерлайди. Қуритиш потенциали канчалик катта бўлса, материалдан намликнинг буғланиш тезлиги шунчалик юқори бўлади. Агар $t_0 = t_{MT}$ бўлса, қуритиш потенциали $\varepsilon = 0$.

7.31. Қуритиш жараёни статикаси

Ҳар бир каттик нам материал атроф-муҳитдан намликни ютиш ёки уни атроф-муҳитга бериш қобилиятига эга. Нам материални ўраб турган муҳит таркиби фақат сув буғи ёки сув буғи - газ аралашмасидан иборат бўлиши мумкин. Ҳаво билан аралашма ҳосил қилган сув буғининг парциал босимини p_6 деб белгилаймиз. Материал таркибидаги намликка тегишли сув буғининг босими деб номланади.

Материал билан нам ҳаво ўзаро таъсири пайтида система 3 ҳолатда бўлиши мумкин:

1. Қуритилаётган нам материалдаги сув буғининг босими p_0 , материални ўраб турган ҳаво ёки газдаги парциал босимдан катта, яъни $p_0 > p_6$. Бундай ҳолда материалдан намлик атроф-муҳитга десорбция қилади, яъни қуритиш жараёни содир бўлади. Қуритилаётган материалдаги сув буғининг босими p_0 материал намлиги, температура ва намликнинг материалга боғланиш усулига боғлиқ.

2. Атроф-муҳитдаги буғнинг парциал босими, унинг нам материалдаги босимидан катта, яъни $p_6 > p_0$. Бу ҳолда, материал ва намлик орасида сорбция жараёни юз беради, яъни материал намланиши рўй беради.

3. Нам материал ва атроф-муҳитдаги сув буғларининг босими бир-бирига тенг, яъни $p_0 = p_6$. Бундай ҳолда система динамик мувозанатда бўлади. Динамик мувозанат бошланишига тўғри келадиган материал намлиги мувозанат намлиги W_M деб номланади. Мувозанат намлик сув буғининг парциал босими p_6 ёки унга пропорционал бўлган ҳавонинг нисбий намлиги φ га боғлиқдир.

Мувозанат намлигининг $t = \text{const}$ да φ га боғлиқлиги **сорбция изотермаси** деб аталади ва кўпинча тажрибавий йўл билан топилади.

Қуритиш жараёнида материал сиртидаги буғ босими камайиб боради ва мувозанат намлигига интилади. Намлаш жараёнида эса аксинча бўлади, яъни материал сиртидаги буғ босими ортиб бориб, мувозанат намлигига интилади.

Материал намлиги эркин ва боғланган ҳолда бўлиши мумкин.

Эркин намлик деб материалдан буғланаётган намликнинг буғланиш тезлиги сувнинг эркин юзадан ($p_0 = p_m$) буғланиш тезлигига тенг бўлган намлик тушунилади. Маълумки, материалдаги боғланган намликнинг буғланиш тезлиги эркин юзадан сувнинг буғланиши тезлигидан ҳар доим кичик бўлади. Бунда, $p_0 < p_m$, бу ерда p_m – сув буғининг тўйиниш босими.

Материал таркибидаги намликни характерлаш учун материал намлиги W (%) ва нам

саклаш x (кг намлик/кг курук ҳаво) деган тушунчалар қўлланилади.

Материал намлиги материалнинг умумий миқдори ёки унинг таркибидаги абсолют курук модда миқдorigа нисбатан ҳисобланиши мумкин.

7.32. Материал билан намликнинг боғланиш усуллари

Материал билан намликнинг боғланиши классификацияси акад. П.А.Рибиндер томонидан ишлаб чиқилган бўлиб, унга боғланиш энергияси асос қилиб олинган. Ушбу боғланиш куйидаги шаклларда бўлиши мумкин:

- намликнинг кимёвий боғланиши, кимёвий реакция натижасида ҳосил бўлади;
- намликнинг физик-кимёвий боғланиши, ярим ўтказувчан қобикча орқали газ молекулаларининг адсорбцияси натижасида ҳосил бўлади;
- намликни физик-механик боғланиши, микрокапилляр ($r < 10^{-7}$), макрокапиллярлар ($r > 10^{-7}$) томонидан буғларни ютишда ҳамда гель ҳосил бўлади.

Сиртий намлик энг осон, кимёвий боғланган намлик эса, энг қийин йўқотилади.

1) *Кимёвий боғланган намлик* гидроксид суви кўринишида бўлиб, гидратация реакцияси натижасида гидрооксид ва кристаллогидрат типидagi бирикмалар таркибига кириб олади. Ушбу намликни юкори температурада киздириш йўли билан йўқотиш мумкин.

2) *Физик-кимёвий боғланиш* шакллари турли-туман бўлади:

Адсорбцион боғланган намлик атроф-муҳит ва коллоид заррачани ажратиб турувчи чегара юзасида ушланиб туради. Коллоид заррачалар катта юза ва юкори адсорбцион қобилият тузилишга эга. Адсорбцион намлик молекуляр кучли майдон ёрдамида тортилиб туради. Адсорбцион намлик қуритиш даврида иссиқлик ажраб чиқади ва гидратация иссиқлиги деб номланади.

Осмотик боғланган намлик ёки бўртиш намлиги материал скелети ичида бўлади ва осмотик кучлар ёрдамида боғланган бўлади.

3) *Капилляр - боғланган намлик* микро- ва макрокапиллярлар ичида бўлади. Ушбу намлик материал билан механик боғланишда бўлади ва нисбатан осон бартараф этилади.

Намликнинг материал билан боғланиши қанчалик мустаҳкам бўлса, материал юзасидаги буг босими шунчалик кам бўлади. Энг мустаҳкам боғланиш гигроскопик моддаларда бўлади.

Материал билан намлик боғланиш турларини характерлаш учун сорбция - десорбция изотермалари қўлланилади. 7.82-расмда сорбция ва десорбция изотермалари келтирилган.

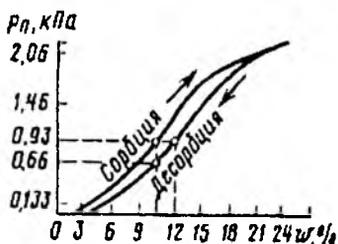
Десорбция эгри чизиғи (десорбция изотермаси) нам крахмалдан намлик йўқотилиши даври учун қурилган, яъни уни қуритиш жараёнида.

Сорбция эгри чизиғи крахмални намлаш даври учун қурилган ва сорбция изотермаси деб номланади. Сорбция ва десорбция эгри чизиқлари ўзига хос шаклдаги *гистерезис ҳалқаси* деб аталади.

Гистерезис ҳодисасидан куйидаги хулосага келиш мумкин: бир хил қийматга эга бўлган муво-

занат намликка эришиш учун ҳавонинг нисбий намлиги, қуритиш жараёнида материални намлаш жараёнига нисбатан катта бўлиши зарур.

Буни, қуритилаётган материал капиллярларида ҳаво борлиги, яъни ҳавонинг капилляр



7.82-расм. Крахмал намлигининг сорбция - десорбция изотермалари.



7.83-расм. Қўтирилган жием намлигининг сорбция - десорбция изотермалари.

деворлариди сорбцияланиши билан тушунтириш мумкин.

Турли махсулотларнинг сорбция-десорбция характеристикаларини, яъни ҳаво намлиги ва унинг температурасини аниқлаш имконини беради.

Сорбция изотермалари таҳлили ёрдамида материал билан намликнинг боғланиш усулини билиш мумкин. 7.83-расмда котирилган жисм сорбция изотермалари келтирилган. Махсулотнинг бошланғич намлиги W_0 , охиригиси эса $-W_{ox} = W_m$ (бу ерда W_m -мувозанат намлиги). Материал намлигининг W_0 дан W_{ox} гача ўзгариш оралиғи **қуритиш соҳаси** дейилади. Бу соҳада материалдан чиқадиган намлик йўқотилади. Гигроскопик намлик W_2 дан W_{ox} гача бўлган оралик десорбция соҳаси деб аталади. Мувозанат намлик эгри чизигининг юқорисида сорбция, яъни материал намланиш, соҳаси бўлади. Материалнинг нам ҳолати (материал таркибида эркин боғланган намлик) ва гигроскопик ҳолатларини (материалда факат боғланган намлик) гигроскопик намлик ажратиб туради.

Нисбий намлик $\varphi = 0,4$ бўлганда, изотерма абсцисса ўқига нисбатан бўрттик кўринишга эга. Ушбу ҳолат мономолекуляр адсорбцияга хосдир. Материал билан намлик боғланишини энгиш учун мономолекуляр адсорбцияда жуда катта микдорда иссиқлик сарфланиши зарур. Нисбий намлик $\varphi = 0,1...0,9$ оралиғида изотерманинг **AB** бўлаги ордината ўқига нисбатан бўрттик кўринишга эга. Ушбу ҳолат полимоллекуляр адсорбцияга хосдир. Бу намликни йўқотиш учун мономолекуляр адсорбцияда намликни йўқотишга сарфланадиган иссиқлик микдори нисбатан кам бўлади.

Изотерманинг **BC** ($\varphi = 0,9...1,0$) бўлаги микрокапилляр ($r < 10^{-8}$ см) лардаги намликни ифодалайди.

Механик боғланган эркин намлик материалдан механик усулда ажратиб олинishi мумкин.

Материални сув билан боғланиши натижасида унинг устидаги сув буғларининг босими пасаяди. Шунинг учун, эркин энергия ҳам камаёди.

Ўзгармас температурада эркин энергия ёки боғланиш энергиясининг камайishi иш билан ифодаланadi. Бу иш 1 моль сувни материалдан ажратиш учун сарфланади ва уни акад. П.А.Рибиндер томонидан келтириб чиқарилган формула ёрдамида топиш мумкин:

$$E = RT \ln \frac{p_1}{p_m} = -RT \ln \varphi \quad (7.210)$$

бу ерда p_m – тўйинган сув буғи босими, p_m – намлиги x бўлган материал устидаги сув буғининг мувозанат парциал босими; φ – ҳавонинг нисбий намлиги.

Материал билан намлик боғланиши қанчалик мустақкам бўлса, шунчалик p_m катталиги кичик бўлади. Эркин сувни ажратиш даврида, $p_m = p_m$ бўлгани учун (7.205) формула куйидаги кўринишни олади:

$$E = RT \ln 1 = 0$$

Материални қуритиш жараёнида боғланиш энергияси аста-секин кўпайиб боради, чунки материал намлиги камайishi билан адсорбцион боғланган намлик улуши ортади.

7.33. Қуритиш жараёни кинетикаси

Юқорида қайд этилгандек, қуритиш жараёни мураккаб иссиқлик ва масса алмашиниш жараёндир. Материалдаги намлик унинг ичидан фазаларни ажратиб турувчи юзага масса ўтказувчанлик, ажратиб турувчи юзадан газ окими ядросига эса конвектив диффузия ҳисобига ўтказилади.

Материал таркибидаги намликнинг диффузияси нафакат нам саклаш градиенти, балки температура градиенти ҳам таъсири остида рўй беради.

Материалдаги диффузияни аналитик усулда ифодалаш жуда қийин масала. Маълумки, қуритиш жараёни тезлиги материал билан намликнинг боғланиш шакли ва унда намликнинг диффузия механизмига боғлиқ. Қуритиш жараёни кинетикаси материалнинг нам саклаши ёки ўртача намлигининг маълум вақтдан кейин ўзгариши билан характерланади.

рилгандан анча фарк қилиши мумкин. Намликнинг материал билан боғланиш шакллари га караб, иккинчи даврнинг ўзи бир неча даврдан иборат бўлиши мумкин (7.86-расм).

Расмдаги эгри чизик 1 типик капилляр - ғовакли жисмлар учун хосдир. Чизикнинг тепа қисми капилляр, пастки қисми эса $W_{кр}$ га тенг адсорбцион намликни йўқотиш тезлигини ифодалайди. Эгри чизик 2 газлама ва юпка листли материаллар, 3 эса керамик материалларни қуритиш жараёнини характерлайди.

Қуритиш тезлиги жараённинг муҳим технологик параметри, чунки у қуритиш интенсивлигини аниқлаш имконини беради.

Материал намлигининг буғланиш интенсивлиги, қуритилаётган материал юзаси бирлигидан вақт бирлигида чиқариб юборилаётган намлик микдори билан белгиланади, яъни:

$$m = \frac{W}{F\tau}$$

бу ерда, τ – қуритиш жараёнининг умумий давомийлиги.

Қаттик нам материалда намликнинг диффузияси 7.6-расмда келтирилган. Қаттик материал ичидан ташки юзасига намликнинг тарқалиши масса ўтказувчанлик усулида боради. Фазаларни ажратиб турувчи юзадан газ оқими ядросига намликнинг тарқалиши эса, конвектив диффузия усулида ўтади.

Маълумки, капилляр - ғовакли материалларда модданинг тарқалиши концентрация ва температура градиентлари остида бўлиши мумкин. Температура градиенти таъсирида қаттик материалда рўй берадиган намликнинг тарқалиши термодиффузия ҳисобига бўлади. Агар материални қуритиш қаттик режимларда олиб борилса, яъни температуралар градиенти салмоқли бўлганда, термодиффузия ҳодисаси намоён бўлади.

$p = const$ бўлганда, массивий оқими ушбу тенглама билан ифодалаш мумкин:

$$i = \frac{dW}{Fd\tau} = \pm k\rho_{акм} \left(\frac{\partial x}{\partial l} + \delta \frac{\partial t}{\partial l} \right) \quad (7.211)$$

бу ерда, k – масса ўтказувчанлик коэффициентини, $m^2/соат$, $\rho_{акм}$ – абсолют курук материал зичлиги, $кг/м^3$, x – материалнинг нам сақлаши, $кг/кг$ -курук материалга, l – изоконцентрацион юза нормали, δ – термомомлик ўтказувчанлик коэффициентини, $К^{-1}$, t – температура, $К$.

(7.211) тенгламанинг биринчи қўшилувчиси концентрация градиенти таъсирида, иккинчиси эса температура градиенти таъсирида модда узатилишини характерлайди.

Тенгламадаги кинетик k ва δ коэффициентлар температура ва жисм намлиги функцияси дир. Шунинг учун, нам материалда намликнинг тарқалишини унда иссиқлик алмашиниш билан биргаликда қараш керак. Иссиқлик алмашиниш Фурьенинг иссиқлик ўтказувчанлик қонуни билан ифодаланади.

$$\frac{dQ}{Fd\tau} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}$$

Юқорида келтирилган масса ва иссиқлик ўтказувчанлик тенгламалар асосида А.В. Ликов томонидан капилляр - ғовакли жисмда иссиқлик ва масса алмашинишнинг дифференциал тенгламалар системаси келтириб чиқарилган:

$$\frac{\partial x}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial l} \left(k \frac{\partial x}{\partial l} + k\delta \frac{\partial t}{\partial l} \right); \quad c\rho_{акм} \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial l} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial l} \right) + \varepsilon r \frac{\partial x}{\partial \tau} \quad (7.212)$$

бу ерда, $\varepsilon = dx_p/cx$ – фазавий ўзгариш критерийси, r – буғланиш иссиқлиги, $кЖ/кг$

Ушбу тенгламадаги λ , c , ε ва r коэффициентлар ўзгарувчи қатталиқлар бўлиб, жисмнинг намлиги ва температурасига боғлиқ.

(7.212) даги биринчи тенглама қаттик жисмда намлик ва температура градиентлари таъсирида нам сақлашнинг ўзгариш тезлигини ифодалайди. Иккинчи тенглама эса, иссиқлик ўтказувчанлик ва ички буғланиш ҳисобига температура майдони ўзгариш тезлигини

характерлайди.

Конвектив қуритишда моддалар диффузияси йўналишига қарши йўналган термодиффузия оқими масса ўтказувчанлик тезлигини пасайтиради.

Материалдаги нотўғун концентрация ва температура майдонларини топиш учун дифференциал тенгламалар системасини ечиш керак. Қуритиш жараёнини бундай ҳисоблаш усули, керакли намликка эришиш вақтини ва қуриткич ўлчамларини аниқлаш, назарий жиҳатдан ўринлидир.

Лекин дифференциал тенгламалар системасини ечиш учун масса ва иссиқлик ўтказиш коэффициентларини материал намлиги ва температурага боғлиқлигини билиш зарур. Юқорида қайд этилган ҳамма коэффициентлар, c ва r дан ташқари, x ва t га боғлиқлиги жуда мураккабдир.

Проф. А.Н. Плановский томонидан қуритиш жараёнини фақат масса ўтказувчанлик коэффициенти k орқали ҳисоблаш мумкинлиги исботланган. Унга биноан, (7.212) нинг биринчи тенгламаси ушбу кўринишни олади:

$$\frac{\partial x}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial l} \left(k^* \cdot \frac{\partial x}{\partial l} \right) \quad (7.213)$$

бу ерда, k^* – ҳам термодиффузия, ҳам масса ўтказувчанликни характерловчи коэффициент бўлиб, фақат материал намлигига боғлиқ

Агар намликнинг маълум оралиғида $k = const$ ва $\delta = const$ деб қабул қилсак, (7.213) чизикли тенглама кўринишига келади:

$$\frac{\partial x}{\partial \tau} = k \frac{\partial^2 x}{\partial l^2} \quad (7.214)$$

Қуритиш жараёнининг бошланғич шартларига, каттик материалда намликнинг бир текисда тарқалиши, яъни $\tau = 0$ бўлганда $x = x_0 = const$ тўғри келади.

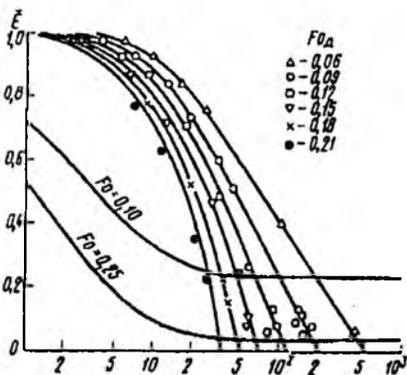
(7.213) ва (7.214) тенгламалар таҳлилидан қуйидаги кўринишдаги критериял формула келтириб чиқарилади:

$$E = f(Bi_{\delta}, Fo_{\delta}) \quad (7.215)$$

бу ерда, E – материалдаги намликнинг ўлчамсиз концентрацияси, яъни:

$$E = \frac{x - x_m}{x_{\delta} - x_m}$$

бу ерда, x_m – материалдаги намликнинг мувозанат концентрацияси; $Bi_{\delta} = \beta l / (k \rho)$ – Био диффузион критерийси, $Fo_{\delta} = k \tau l^2$ – Фурье диффузион критерийси



7.87-расм. Иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасини ечишга оид $Fo_{\delta}=const$ ва $Fo=const$ чизиклари.

Нотўғри геометрик шаклдаги жисмлар учун (7.215) тенглама $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_n$ параметрик критерийлар билан тўлдирилиши мумкин.

Агар материалнинг иссиқлик - физик хоссалари ва жараён давомида температуранинг ўзгариши маълум бўлса, қуритиш кинетикаси проф. А.Н.Плановский ва проф. С.П.Рудобашта томонидан таклиф этилган иссиқлик ўтказувчанлик тенгламалари асосида ҳисоблаш усулидан фойдаланиш мумкин. Лекин Фурье тенгламаси ва масса ўтказувчанлик тенгламалари орасидаги ўхшашлик расмий характерга эга. $Fo = const$ чизикларининг турли характери температура ўтказувчанлик коэффициенти a нинг t дан ва масса ўтказувчанлик коэффициенти k^*

нинг x дан боғлиқликлари орасида принципиал фарқ борлигини кўрсатади (7.87-расм).

$Fo_{\delta} = const$ эгри чизиклар $k = f(x)$ функцияни характерлайди.

Тўғри геометрик шакли жисм ва чексиз оқим учун (7.210) тенгламанинг умумий ечими ушбу кўринишда бўлади:

$$E = \frac{x - x_w}{x_\delta - x_w} = \sum_1^x A_n \exp(-\mu_n^2 Fo_{jl}) \quad (7.216)$$

бу ерда, $A = f(Bi_n, \mu_n)$ – жисм шакли, чегаравий ва бошлангич шартларига боғлиқ бўлган жисм функцияси μ_n – характеристик тенгламалар илдизлари

Капилляр-ғовакли жисмда масса ўтказувчанлик бўйича маълумотлар бўлса, (7.216) тенгламадан i - интервалда куриштиш вақтини аниқлаш мумкин (бу ерда $k_i = const$):

$$\tau_i = \sum_1^n \frac{\ln \prod_1^3 \frac{\beta_{j,i}}{E_i}}{k_i \sum_{j=1}^n \frac{\mu_j^2}{R_j^2}} \quad (7.217)$$

бу ерда, μ_j ва β_j - j - йўналишда жисм юзаси шаклига ва намлик ўзгаришининг i - оралиғидаги Bi_n нинг катталиғи

Амалиётда куриштиш вақтини аниқлаш учун кинетика ва куриштиш тезлиги эгри чизикларидан ёки кинетик тенгламалардан фойдаланилади.

Кинетик тенгламалар ёрдамида куришкичнинг асосий ўлчамлари ҳисобланади. Даврий курилмаларда - куриштиш жараёни давомийлиги, узлуксиз ишлайдиган куришкичларда - материални куриштиш вақти ёки фазалар ўзаро таъсир учун зарур юза аниқланади.

Умумий ҳолатда даврий жараёнлар учун умумий куриштиш вақти куйидаги тенгламадан ҳисобланади:

$$\tau_{\Sigma} = \tau_1 + \tau_2 \quad (7.218)$$

бу ерда, τ_1 – биринчи даврда куриштиш давомийлиги, соат, τ_2 – иккинчи даврда куриштиш давомийлиги, соат.

τ_1 нинг қиймати масса ўтказишнинг асосий тенгламасидан аниқланади:

$$\tau_1 = \frac{W}{\beta_x \cdot F \cdot \Delta x_{yp}} \quad \text{ёки} \quad \tau_1 = \frac{W}{\beta_p \cdot F \cdot \Delta P_{yp}} \quad (7.219)$$

бу ерда, x_{yp} – жараённинг ўртача ҳаракатга келтирувчи кучи

$$\Delta x_{yp} = \frac{\Delta x_\delta - \Delta x_{ox}}{2,3 \lg \frac{\Delta x_\delta}{\Delta x_{ox}}} \quad \text{ёки} \quad \Delta P_{yp} = \frac{\Delta P_\delta - \Delta P_{ox}}{2,3 \lg \frac{\Delta P_\delta}{\Delta P_{ox}}}$$

бу ерда, $\Delta x_\delta = (x_{m,i} - x_\delta)$ – куриштиш жараёнидаги тўйинган ҳаво нам саклаши ва ишчи нам саклашларнинг бошлангич фарқи, кг/кг курук ҳаво; $\Delta x_{ox} = (x_{m,i} - x_{ox})$ – жараён охиридаги нам саклашлар фарқи, кг/кг курук ҳаво; $\Delta P_\delta = (P_{mvi} - P_\delta)$ – куриштиш жараёнидаги тўйинган ҳаво парциал босими ва ишчи парциал босимларнинг фарқи, $\Delta P_{ox} = (P_{mvi} - P_{ox})$ – жараён охиридаги парциал босимлар фарқи.

Куриштиш жараёнининг биринчи даври учун кинетик конун масса бериш тенгламаси билан ифодаланиши мумкин:

$$W = \beta_x F (x_{mvi} - x) \cdot \tau; \quad W = \beta_p F (p_{mvi} - p) \cdot \tau \quad (7.220)$$

бу ерда, W – буглатилган суюқлик миқдори, кг, F – фазалар ўзаро таъсир юзаси, м², x_{mvi} – материал ташки юза температурасидаги тўйинган ҳаво нам саклаши, кг/кг курук ҳаво, x – ҳавонинг ҳақиқий нам саклаши, кг/кг курук ҳаво; β_p – масса бериш коэффициентини, кг/(м²·соат·Па); p_{mvi} – материал юзаси атрафидаги тўйинган ҳаво сув бугларининг босими, Па, p – ҳаводаги сув бугининг парциал босими, Па.

Куриштиш жараёнининг биринчи даврида масса бериш коэффициентини ҳисоблаш учун куйидаги тахминий формуладан фойдаланиш мумкин:

$$Nu = 2 + A Re^n \cdot Pr_{\delta}^{0,31} \cdot Gu^{0,133} \quad (7.221)$$

бу ерда, $Gu = (T_c - T_w)/T_c$ – Гухман критерийси, T_c – муҳит температураси, К, T_w – материал ташки юзасининг температураси, К.

Формуладаги константа A ва даража кўрсаткичи n Рейнольдс критерийсига боғлиқ, яъни Nu , Re ва Pr критерийларидаги параметрлар газ оқимининг ўртача температурасида

<i>Re</i>	<i>A</i>	<i>n</i>
200...25000	0,385	0,57
25000...70000	0,102	0,73
70000...315000	0,025	0,9

Қуритиш жараёни иккинчи даврининг давомийлигини ҳисоблаш учун Шервуд - Ликов тахминий усулидан фойдаланса бўлади. Лекин қуритиш тезлигининг эгри чизиғи тўғри чизик тенгламаси билан ифодаланиш шarti бажарилиши зарур. Иккинчи давр учун кинетик конун ушбу кўринишга эга:

$$-\frac{dW}{Fd\tau} = K(x - x_w) \quad (7.222)$$

бу ерда, *K* – қуритиш тезлиги коэффициенти, *x* – материалнинг шу ондаги намлиги, кг/кг қурук ҳаво; *x_w* – материалнинг мувозанат намлиги, кг/кг қурук ҳаво

Лекин қуритиш тезлигининг *x_{сп}* ва *x_{ох}* ораликдаги ўзгариши тўғри чизикли конунга бўйсунмайди. Шунинг учун, (7.222) тенглама 40...60% ҳатолик беради.

Моддий баланс тенгламасини ҳисобга оласак:

$$dW = Gdx = KF(x - x_w) \cdot d\tau$$

бу ерда, *G* – қуритилаётган материал массаси, кг.

Математик ўзгартиришлардан сўнг ушбу кўринишга эришамиз:

$$2,3 \lg \frac{x_{сп} - x_w}{x_{ох} - x_w} = \frac{KF}{G} \tau \quad (7.223)$$

Охириги тенгламадан иккинчи даврдаги қуритиш жараёни давомийлигини аниқлаш мумкин:

$$\tau_2 = \frac{G}{KF} 2,3 \lg \frac{x_{сп} - x_w}{x_{ох} - x_w} \quad (7.224)$$

Агар қуритиш жараёни узлуксиз бўлса, биринчи ва иккинчи даврларни ўтказиш учун зарур бўлган фазалар тўқнашиш юзасини ушбу тенгламадан топамиз:

$$F_{\text{ум}} = F_1 + F_2 \quad (7.225)$$

бу ерда, *F₁* – биринчи даврдаги газ ва материаллар ўзаро таъсир юзаси, м²; *F₂* – иккинчи даврдаги фазалар тўқнашиш юзаси, м².

W/τ ни *W_τ* орқали белгилаб, (7.218) ва (7.219) тенгламалардан *F₁* ни топамиз:

$$F_1 = \frac{W_\tau}{\beta_p \cdot \Delta P_{\text{сп}}} = \frac{W_\tau}{\beta_x \cdot \Delta x_{\text{сп}}} \quad (7.226)$$

G/τ ни *G_τ* деб белгилаб, (7.224) тенгламадан ушбу кўринишни оламиз:

$$F_2 = \frac{G_\tau}{K} 2,3 \lg \frac{x_{сп} - x_w}{x_{ох} - x_w} \quad (7.227)$$

Шундай қилиб, қуритиш жараёни тезлигини оширувчи омилларга қуйидагилар қиради:

- жараён температурасини кўтариш;
- қуритилаётган материал устидаги бўшлиқда босимни пасайтириш;
- иссиклик элткич нам сақлашини камайтириш;
- материал устидаги иссиклик элткич тезлигини ошириш;
- жараён давомида материални аралаштириш.

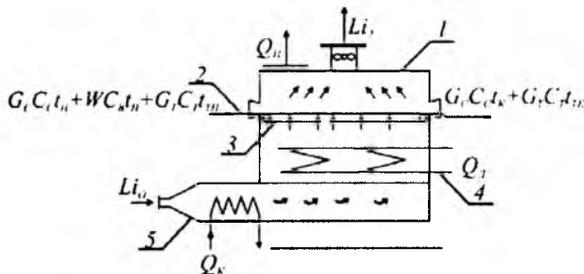
7.34. Қуриткичнинг моддий ва иссиқлик баланслари

Конвектив қуритиш қурилмаси қуриткич, транспорт мосламаси, вентилятор ва калорифердан таркиб топган деб фараз қилайлик (7.88-расм).

Қуритишга узатилаётган нам материалнинг массавий сарфини G_6 (кг/соат), қуритилган материал массавий сарфини G_{ox} (кг/соат), материалнинг бошланғич ва охириги намликларини W_1 ва W_2 (%), бугланган намлик микдорини W (кг/соат) деб белгилаб оламиз.

Унда, жараённинг моддий балансини ушбу тенглама кўринишида ифодалаш мумкин:

$$G_6 = G_{ox} + W \quad \text{ёки} \quad W = G_6 - G_{ox} \quad (7.228)$$



7.88-расм. Конвектив қуриткич схемаси:

1 - қуриткич, 2 - нам материал, 3 - лентали транспортёр,
4-қўшимча калорифер, 5-асосий калорифер, 6 - вентилятор.

Қурук моддалар бўйича моддий балансни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$G_6 \cdot (100 - W_1) = G_{ox} \cdot (100 - W_2) \quad (7.229)$$

ёки

$$G_{ox} = G_6 \cdot \frac{100 - W_1}{100 - W_2} \quad (7.230)$$

Буглатилган намлик микдори эса, ушбу тенгламадан ҳисоблаб аниқланади:

$$W = G_6 \cdot \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} \quad (7.231)$$

Қуриткичга узатилаётган газ ёки абсолют қурук ҳаво микдорини L (кг/соат), бошланғич нам саклашини x_1 ва охиригисини x_2 деб белгилаб оламиз.

Унда, намлик бўйича моддий баланс:

$$W + Lx_1 = Lx_2 \quad (7.232)$$

бундан қурук ҳаво сарфи:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_1} \quad (7.233)$$

Ҳавонинг солиштирма сарфи (1 кг намликни буглатиш учун кетаётган сарф) эса,

$$l = \frac{L}{W} = \frac{1}{x_2 - x_1} \quad (7.234)$$

Конвектив қуритишнинг иссиқлик балансини ҳам 7.88-расм асосида тузамиз. Қури-тиш вақтида иссиқлик ва масса алмашиниш жараёнлари биргаликда ўтади. Моддий ва иссиқлик оқимлар орасида маълум боғлиқлик мавжуд. Контактли қуритиш жараёнида иссиқлик материални қандайдир бошланғич қуритиш температурасигача иситиш ва қуритиш учун сарфланади.

Қуритишга қираётган материал микдори $G_c + W$ (кг/соат) бўлиб, у массаси G_m бўлган конвейерда жойлашган. Қуриткичга L (кг/соат) микдорда абсолют қурук ҳаво узатилмоқда. Калориферда иситилаётган ҳавога Q_k (кЖ/соат) микдорда иссиқлик узатилса, қурилмада эса унга қўшимча Q_6 (кЖ/соат) иссиқлик берилади.

Қуритиш жараёнида қатнашаётган материал, иссиқлик элткич ва мосламалар параметр-

ларини куйидагича белгилаб оламиз:

G_c – куритилаётган материал массаси, кг/соат;

c_c – куритилган материал солиштирма иссиқлик сиғими, кЖ/(к·К);

c_T – транспорт мосламасининг солиштирма иссиқлик сиғими, кЖ/(кг·К);

t_n – материалнинг куритишгача бўлган температураси, °С;

c_n – сувнинг солиштирма иссиқлик сиғими, кЖ/(кг·К);

t_k – материалнинг куритилгандан кейинги температураси, °С;

t_{mn}, t_{mk} – транспорт мосламасининг куриткичга киришдан аввалги ва ундан чиқкандан кейинги температуралари, °С;

I_0 – куриткичга кираётган ҳавонинг солиштирма энтальпияси, кЖ/кг;

I_1 – калориферда иситилаётган ҳавонинг солиштирма энтальпияси, кЖ/кг;

I_2 – куриткичдан чиқаётган ҳавонинг солиштирма энтальпияси, кЖ/кг;

Q_n – атроф-муҳитга иссиқликнинг йўқотилиши, кЖ/кг.

Жараённинг иссиқлик баланс тенгламасини куйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$LI_0 + Q_k + Q_n + G_c c_c t_n + W c_n t_n + G_T c_T t_{mk} = LI_2 + G_c c_c t_k + G_T c_T t_{mk} + Q_n \quad (7.235)$$

Ушбу тенгламадан куритиш учун керакли иссиқлик сарфини аниқлаш мумкин:

$$Q = Q_k + Q_T = L \cdot (I_2 - I_0) + G_c c_c (t_k - t_n) + G_T c_T (t_{mk} - t_{mn}) - W c_n t_n + Q_n \quad (7.236)$$

Агар ҳамма иссиқлик сарфларини буғлатилаётган 1 кг намликка нисбатан олиб, тегишли белгилашларни амалга оширсак, (7.236) тенглама ушбу кўринишни олади:

$$q = q_k + q_{fl} = l \cdot (I_2 - I_0) + q_m + q_T + q_n - c_n t_n \quad (7.237)$$

Ушбу тенгламадан калорифердаги солиштирма иссиқлик сарфини топамиз:

$$q_k = l \cdot (I_2 - I_0) + q_m + q_T + q_n - q_{fl} - c_n t_n \quad \text{ёки} \quad q_k = l \cdot (I_2 - I_0) \quad (7.238)$$

Олинган q_k кийматини (7.237) тенгламага қўйиб, куйидаги кўринишга эришамиз:

$$l \cdot (I_1 - I_0) + q_{fl} = l \cdot (I_2 - I_0) + q_m + q_T + q_n - c_n t_n$$

ёки

$$l \cdot (I_1 - I_0) = q_{fl} + c_n t_n - q_m - q_T - q_n \quad (7.239)$$

агар $q_{fl} = 0$ бўлса

$$l \cdot (I_2 - I_0) = c_n t_n - q_m - q_T - q_n$$

(7.239) тенгламанинг ўнг томонини

$$(q_{fl} + c_n t_n) - (q_m + q_T + q_n) = \Delta \quad (7.239a)$$

деб белгиласак, ушбу кўринишга эришамиз:

$$l(I_2 - I_1) = \Delta$$

ёки

$$I_2 = I_1 + \frac{\Delta}{l} \quad (7.240)$$

Агар (7.234) тенгламани инобатга олсак, ушбу тенгламага эришамиз:

$$\frac{I_2 - I_1}{x_2 - x_1} = \Delta \quad (7.241)$$

оралиқ, бирор ондаги кийматлар учун эса:

$$\frac{I - I_1}{x - x_1} = \Delta \quad (7.242)$$

(7.242) тўғри чизик тенгламаси бўлиб, куритиш жараёнининг ишчи тенгламаси деб номланади.

Шундай қилиб, энтальпия ва нам саклашлар орасидаги боғлиқлик тўғри чизик функцияси билан характерланади.

Куритиш жараёнларини таҳлил қилиш учун назарий куриткич тушунчасини киритамиз. Куритишга узатилаётган материал температураси нолга тенг ҳамда материал ва транспорт

воситалар иситилиши бўлмаган қурилма, назарий қуриткич деб аталади. Унда, (7.239а) тенгламага биноан, $\Delta = 0$ бўлади. Бунда $I \neq 0$ ва (7.240) тенгламадан назарий қуритиш учун $I_1 = I_2$ эканлигини аниқлаймиз. Шундай қилиб, $I - x$ диаграммада жараён $I = const$ чизиги билан тасвирланади. Назарий қуриткичда материал намлигининг буғланиши фақат ҳавонинг совниши ҳисобига бўлади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ҳаво бераётган иссиқлик микдори материалдан буғланган намлик билан бирга қайтарилади.

Ҳақиқий қуриткичларда ҳавонинг энтальпияси кўпчилик ҳолларда ўзгарувчан бўлади.

Агар иссиқликнинг кириши унинг сарфидан катта ($q_{II} + c_{dII} > q_u + q_l + q_n$) бўлса, яъни $\Delta > 0$, унда (7.240)га биноан $I_2 > I_1$ бўлади. Бундай ҳолларда қуриткич иктисодий жиҳатдан тежамсиз режимда ишлайди, чунки ҳамма иссиқлик фойдали сарфланмайди.

Агар $\Delta < 0$ дан бўлса, унда $I_2 < I_1$ бўлади. Бундай ҳолларда қуриткич тежамкор ва самарали ишлайди.

Ҳақиқий қуриткичларда $\Delta = 0$ бўлган тенглик ҳоллари ҳам бўлиши мумкин. Бундай ҳолатда қуриткичга кираётган иссиқлик унинг сарфига тенгдир, яъни $q_{II} + c_d t_n = q_u + q_l + q_n$

Контактли қуриткичда намликни буғлатиши учун зарур иссиқлик фазаларни ажратиб турувчи девор орқали узатилади. Ушбу қуритиш жараёнида иссиқлик элткич сифатида тўйинган сув буғи ишлатилади.

Узатилаётган иссиқлик материални қуритиш температурасигача иситиш ва унинг ичидаги намликни йўқотиш учун сарфланади, яъни $Q_{ym} = Q_u + Q_c$.

Материални иситиш учун иссиқлик сарфи

$$Q_u = D_u (I'' - I') = G_c c_c (t_{cu} + t_k) + W c_u (t_{cu} - t_n) + Q_n \quad (7.243)$$

Қуритиш учун зарур иссиқлик сарфи

$$Q_c = D_c (I'' - I') = G_c c_c (t_{ck} + t_{cn}) + W (I_n - c_v t_{cn}) + Q_n \quad (7.244)$$

Буғнинг умумий сарфи

$$D_{ym} = \frac{Q_{ym}}{I'' - I'} \quad (7.245)$$

Конвектив қуритиш жараёнини $I - x$ диаграммада тасвирлаш учун ҳавонинг 2 та бошланғич параметри t_1 ва x_1 берилган бўлиши керак. Жараён тамом бўлгандан сўнг, ҳавонинг охириги 3 та параметрларидан, яъни нисбий намлик, температура ёки нам саклашдан биттаси қабул қилинади.

Кейин, ҳавонинг бошланғич параметрларини ифодаловчи ва берилган ($\varphi = const$, $t_2 = const$ ёки $x = const$) нукталар бўйича $I - x$ диаграммада қуритиш жараёнининг ишчи чизиги ўтказилади. Топилган нукта бўйича иссиқлик элткич - ҳавонинг ҳамма охириги параметрлари ҳамда унинг сарфи ва иссиқлик микдори аниқланади.

I-x диаграммада қуритиш учун ҳаво ва иссиқликнинг сарфини аниқлаш

Қуритиш жараёни $I-x$ диаграммада қуйидагича тасвирланади (7.89-расм). Калориферга кираётган ҳавонинг температураси t_0 ва унинг нисбий намлиги φ_0 бўлган параметрли ҳаво диаграммада A нукта билан ифодаланади. Ушбу параметрли ҳавонинг нам саклаши x_0 .

Калориферда ҳавонинг t_0 дан t_1 температурагача иситиши ўзгармас нам саклаш $x_0 = x_1$ да ўтади ва жараён диаграммада вертикал кесма AB билан ифодаланади. Нукта B га изотерма t_1 тўғри келади.

Қуритиш жараёнида ҳаво ҳолатининг ўзгаришини қуйидаги тенглама ёрдамида аниқлаймиз:

$$I \cdot (I_1 - I_2) = \Delta \quad (7.246)$$

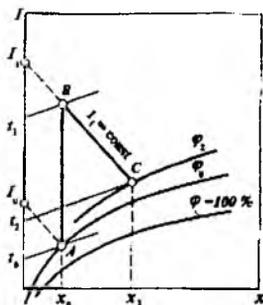
бу ерда, Δ - иссиқликнинг солиштирма сарфи

Агар қуриткичга қўшимча иссиқлик узатилмаса $Q_{qim} = 0$, унда

$$q_M + q_I + q_{ik} > q_W$$

яъни $\Delta > 0$. Қуриткичдан чиқиб кетаётган иссиқ ҳавонинг энтальпияси унга кираётгандан кичик ($I_2 < I_1$).

Агар қуриткичга қўшимча иссиқлик Q_{qim} узатилса, унда



7.89-расм. I-x диаграммада назарий куритиш жараёнининг график тасвири.

$$q_m + q_T + q_{\text{иск}} < q_{\text{исп}} + q_w$$

яъни $\Delta < 0$. Куриткичдан чикиб кетаётган ҳавонинг энтальпияси ортиб боради ($I_2 > I_1$).

Лекин шундай куритиш шароитларини ташкил этиш мумкинки, унда

$$q_m + q_T + q_{\text{иск}} = q_{\text{исп}} + q_w$$

яъни $\Delta = 0$ ва $I_1 = I_2 = \text{const}$.

Куриткичда ҳаво энтальпияси ўзгармасдан кечадиган жараён назарий куритиш деб номланади. I-x диаграммада назарий куритиш жараёни B нуктадан $I = \text{const}$ бўйлаб ҳавонинг юкори нам сақлаш кийматлари ўнгга томон йўналган чизиги билан ифодаланади. Ушбу чизик C нуктадаги изотерма t_2 ёки нисбий намлик φ_2 тўхтайтиди (7.89-расм). Нукта C нинг абсциссаси ишлатиб бўлинган иссик ҳаво нам сақлаши x_2 ни кўрсатади.

Агар x_2 ва x_0 маълум бўлса, ҳавонинг солиштирма сарфи I , унинг сарфи $L = I \cdot W$ ва калориферда ўзатилаётган иссиклик

микдори $Q = L(I_1 - I_0)$ аниқланиши мумкин. Ҳисоблашларда ишлатиладиган ҳамма катталиклар (x_0, x_2, I_0, I_1) I-x диаграммадан топилади.

Агар $\Delta \neq 0$ бўлган ҳолларда C нукта $I = \text{const}$ чизигидан юкорида ёки пастда бўлади.

Аввал $\Delta > 0$ бўлган шароит учун I-x диаграммада куритиш чизигининг шаклини кўраимиз. Бошланғич маълумотлар бўйича назарий куритишнинг чизиги BC ни топамиз. Куриткичга кўшимча иссиклик узатилганда ($\Delta > 0$), ҳақиқий куриткичнинг чизиги B нуктадан бошланиб, $I_2 = \text{const}$ чизигининг юкорисидан ўтади (7.90-расм). Ҳақиқий куриткич чизигини топиш учун BC кесмада ихтиёрий C_1 нуктани танлаймиз. Ҳақиқий куриткич чизигини топиш учун BC_1E_1 ва BCE ҳамда BD_1C_1 ва BDC учбурчакларнинг ўхшашлигидан куйидаги ифода келиб чиқади:

$$\frac{CE}{CD} = \frac{C_1E_1}{C_1D_1}$$

Нукта E да ҳаво энтальпияси I_1 бўлиб, C да эса I_2 бўлгани учун, уларга тегишли кесмалар $CE = I_1 - I_2$ ва $DC = x_2 - x_1$ га тенг бўлади.

Демак,

$$\frac{CE}{CD} = \frac{I_1 - I_2}{x_2 - x_1}$$

Аммо $\Delta = (I_1 - I_2)/(x_2 - x_1)$ эканлигини инобатга олсак, яъни

$$\frac{CE}{CD} = \Delta = \frac{I_1 - I_2}{x_2 - x_1}$$

Агар C_1 нуктанинг координатларининг x ва I деб белгилаб олсак, унда тегишли кесмалар куйидаги кўринишни олади:

$$C_1E_1 = I_1 - I \quad \text{ва} \quad C_1D_1 = x - x_0$$

Юкорида келтирилганларни ҳисобга олсак, ушбу нисбатни оламиз:

$$\frac{CE}{CD} = \frac{C_1E_1}{C_1D_1} = \Delta = \frac{I_1 - I_2}{x_2 - x_0} = \frac{I_1 - I}{x - x_0}$$

ёки

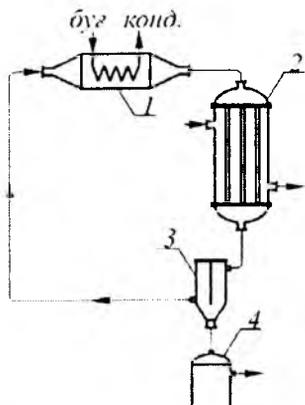
$$I_1 - I = \Delta(x_2 - x_0)$$

Демак, BC куритиш чизиги Δ катталикини ҳавонинг бошланғич параметрлари I_1 ва x_0 ҳамда координатлар I ва x лар билан боғлайди.

Шундай қилиб, юкорида келтирилганларга асосланиб исталган ҳолат учун куритиш чизигининг йўналишини топиш мумкин.

Агар $\Delta < 0$ бўлса, яъни куриткичда иссикликнинг йўқотилиши мавжуд бўлса, ҳақиқий

Ишлатилган хавони қисман рециркуляция қилиш йўли билан қуритиш схемаси 7.92-расмда кўрсатилган. Диаграммада *A* нуктани ифодаловчи параметрли иссиқ хаво, ишлатиб бўлинган хаво (*AC* ва *BC* чизиклар) билан аралашади ва калориферда t_c температурагача киздирилади. Ундан кейин, киздирилган хаво нам материал билан ўзаро таъсир эттирилади.



7.93-расм. Ишлатилган газдан кўп марта фойдаланиш усулида қуритиш схемаси: 1 - қуриткич, 2 - конденсатор-совуткич, 3 - сув ажратгич, 4 - йиггич

Нам хавонинг сўнги параметрларини *B* нукта характерлайди.

Оддий қуритиш усулига нисбатан бу усул пастроқ температураларда, яъни t_k ўрнига t_c да ва газ окимининг юкори тезликлариде ўтказилади.

Юкориде кайд этилган хавонинг параметрлари ва унинг қуриткичдаги тезлиги аралашиш қарралиги $n = VL$ га боғлиқ. Циркуляцияли ва циркуляциясиз қуритиш усуллари ва хаво ҳолатининг ўзгариш оралиғи бир хил бўлганда, иссиқлик сарфи ҳам бир хил бўлади.

Ишлатилган газ кўп марта фойдаланиш усулида қуритиш схемаси 7.93-расмда келтирилган.

Қуритувчи газ сифатида тоза ва қиммат газлар, масалан водород, ишлатилганда ушбу усулни қўллаш мақсадга мувофиқ. Бундай ҳолларда ишлатиб бўлинган газни атмосферага чиқариб бўлмайди. Шунинг учун, бу схемалар ёпик циркуляцияли бўлади.

Сув буғлари билан тўйинган газ калориферда киздирилади (*AB* кесма). Натижада унинг нисбий намлиги пасаяди ва қуритиш қобилияти ортади. Ундан кейин, газ ва материал ўзаро таъсирда бўлади (*BC* кесма) ва намлик билан тўйинади. Сўнг эса, намланган газ шудринг нуктасигача (*CD* кесма) совутилади. Лекин намланган газ таркибидеги бир қисм намлик конденсацияланади (*DE* кесма). Кейин эса, газ киздирилади ва яна қуриткичга йўналтирилади.

Бу қуритиш усули хавонинг паст температураси, юкори бошланғич нам саклаш ва нисбий намликлари билан характерланади. Ундан ташқари, қуриткичда газ тезлиги ҳам жуда катта. Газ тезлигининг юкори бўлиши масса бериш коэффициентини ва биринчи даврда қуритиш тезлигининг ортишига олиб келади.

Юкориде кайд этилган қуритиш усуллари керакли микдордаги иссиқликни узатиш ва майин қуритиш режимларини таъминлайди.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, у ёки бу қуритиш усули жараёни тезлаштириши ёки секинлаштириши, уни ўтказиш шароитига таъсир этиши мумкин. Лекин иссиқлик сарфига салмокли таъсир этмайди, чунки у қуритувчи газнинг бошланғич ва охириги параметрлари билан аниқланади.

7.36. Қуриткичлар конструкциялари

Турли хилдаги технологияларда қўлланиладиган қуриткичлар конструкциялари хилма-хилдир. Улар бир - биридан ҳар хил белгиларига қараб фарқланади. Қаттиқ, нам материалга иссиқлик узатиш турига қараб конвектив, контактли, сублимацияли, радиацион, диэлектрик ва махсус қуриткичларга бўлинади. Иссиқлик элткич сифатида ҳаво, газ ва буғ қўлланилиши мумкин. Қуритиш камерасидаги босим катталиғига қараб, вакуум ва атмосфера босимида ишлайдиган қуриткичларга бўлинади. Жараёни ташқил этиш усулига қараб, даврий ва узлуксиз ишлайдиган қуриткичлар бўлиши мумкин. Ундан ташқари, материал ва иссиқлик элткич ҳаракатига қараб параллел, қарама-қарши ва ўзаро кесишган йўналишли қуриткичлар тайёрланади. Юкориде кайд этилганлардан кўриниб турибдики, қуриткичларни умумлаштирувчи классификация қилиш жуда қийин.

Шунинг учун, қуйида иссиқликни узатиш ва қуритилаётган материал қатламининг ҳолатига қараб гуруҳларга ажратилган қуриткичлар конструкцияларини кўриб чиқамиз.

Халқ хўжалигининг турли соҳаларида камерали, туннелли, лентали, шахтали, сиртмокли,

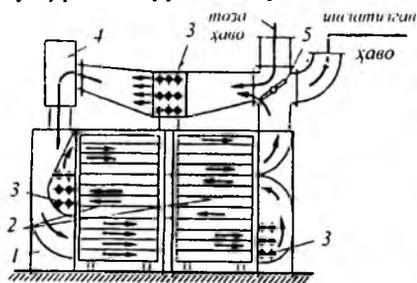
мавхум кайнаш катламли, барабанли, тебранма, жўвали, пурковчи, пневматик, икки погонали ва бошка куриткичлар қўлланилади.

Камерали куриткичлар конвектив курилмалар ичида энг содда тузилган ва кобик 1 ичида вагонетка 2 лар жойлашган бўлади (7.94-расм).

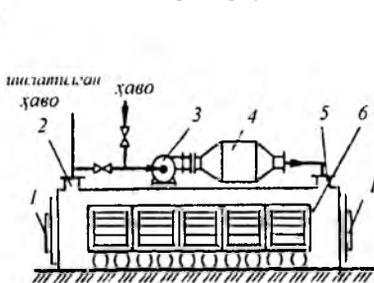
Вагонеткалар токчаларида нам материал жойлаштирилади. Ҳаво калориферда киздирилиб, вентилятор ёрдамида ҳайдалади ва материал устидан ёки ичидан ўтиб намликни буглатади. Ишлатиб бўлинган ҳавонинг бир қисми янги ҳаво билан аралаштирилади. Бу турдаги куриткичлар, одатда атмосфера босимида ишлайди. Улар кичик корхоналарда майин режим ва паст температурада нам материалларни куритиш учун мўлжалланган. Афзалликлари: тузилиши содда ва таъмирлаш осон. Камчиликлари: камерали куриткичларнинг иш унумдорлиги кичик ва маҳсулот куриши бир текисда эмас.

Туннелли куриткичлар. Жараёни ташкил этиш бўйича бу курилмалар узлуксиз ишлайдиган куриткичлар каторига киради. Бу куриткичлар тўғри тўртбурчак кўндаланг кесимли узун камерадан иборатдир (7.95-расм). Нам материал юкланган аравачалар темир рельслар устида ҳаракатланади. Курилманинг кириш ва чиқиш эшиклари зич ёпилади. Аравачаларнинг куритиш камерасида бўлиш вақти куритиш жараёни давомийлигига тенг. Материал юкланган аравачаларнинг камерадан бир марта ўтишида нам материал куритилади. Иссиклик элткич калориферда киздирилиб, вентилятор ёрдамида курилмага узатилади.

Бу турдаги куриткичларда иссиқлик элткич қисман рециркуляция қилинади. Нам мате-



7.94-расм. Камерали куриткич:
1 - кобик, 2 - вагонетка, 3 - калорифер,
4 - вентилятор, 5 - шибер



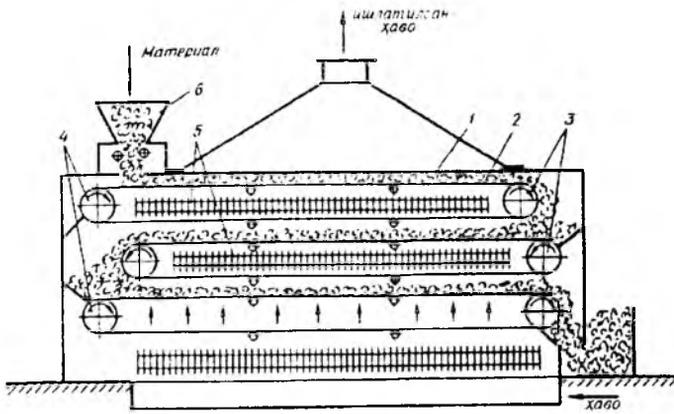
7.95-расм. Туннелли куриткич:
1-эшикчалар, 2-газоход, 3- вентилятор,
4-калорифер, 5-кобик, 6-материалли
аравача.

риал ва иссиқлик элткич параллел ёки қарама-қарши йўналишли бўлиши мумкин. Кўпинча калорифер ва вентилятор куриткичнинг ёнига ёки томига ўрнатилади. Ишлатиб бўлинган ҳаво қувур орқали атмосферага чиқариб юборилади. Бу турдаги курилмаларда материални аралаштириб бўлмайди ва куриш бир текисда эмас; туннелли куриткичлар ўлчами катта, донасимон материалларни, сабзавот, мева, макарон ва бошка маҳсулотларни куритиш учун мўлжалланган. Куриткич камчиликлари: куритиш тезлиги кичик, жараён узок муддатда давом этади ва бир текисда эмас.

Лентали куриткичлар узлуксиз ишлайдиган куриткичлар каторига киради (7.96-расм).

Нам материал курилманинг тепа қисмидаги бункер орқали юкланади ва конвейернинг юкори лентасига тушади. Одатда, иккита барабан орасига тортилган лента тешикли бўлади ва нам материал унинг устида ҳаракатланади. Лентанинг иккинчи учига етганда, материал пастки конвейерга тўкилади. Энг пастки конвейердан, куритилган материал чиқариш бункерига тўкилади.

Куритилаётган материалнинг бир лентадан иккинчиси тўкилиб ўтиши унинг аралашшига сабабчи бўлади. Натижада, куритиш тезлиги ортади. Кўпинча бундай куриткичлар кўп лентали қилиб ясалади.



7.96-рasm. Лентали куриткич:

- 1 - кобик; 2 - лентали конвейер; 3 - стакловчи барабанлар;
4 - стакланувчи барабанлар; 5 - калорифер;
6 - юкловчи мосламачи бункер.

Материал ва иссиқлик элткич ўзаро кесишган йўналишда ҳаракатланади.

Шу билан бирга, параллел ва қарама - қарши йўналишли куриткичлар ҳам ишлаб чиқарилади. Бундай куриткичларда иссиқлик элткич қисман рециркуляция қилиниши мумкин.

Ҳавони рециркуляция ва оралик киздирилиши туфайли лентали куриткичларда майин куритиш режимларига эришиш мумкин.

Лентали куриткичларнинг айрим конструкцияларида, бир текисда куритишга эришиш учун, материал қатламини аралаштириш ва қатламини текислаш учун лента устига махсус ағдирувчи мослама ўрнатилади.

Куриткичнинг асосий камчиликлари: кўпол, кўп жой эгаллайди, таъмирлаш ва эксплуатация қилиш мураккаб, иш унумдорлиги кичик ва иссиқлик сарфи катта.

Шахтали куриткичлар донадор, сочилувчан материални куритиш учун ишлатиладди (7.97-рasm). Иссиқлик элткични узатиш учун куриткичнинг ўқи бўйлаб трубалар ўрнатиладди.

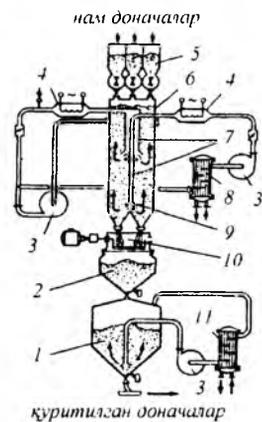
Трубаларнинг иккинчи учиди иссиқлик элткични бир хилда тақсимлаш учун жалюзлар ўрнатиладди. Иссиқлик элткични узатиш ва циркуляция қилиш системаси куритиш ҳажмини иккита зонага бўлади. Биринчи зонада иккинчисидан чиқаётган иссиқликдан фойдаланилади. Биринчи зонада асосан сиртий намлик, иккинчисиди эса - ички намлик йўқотилади.

Иккинчи зонага юборилаётган иссиқлик элткич даставвал шу зонадаги конденсаторда қисман куритилади. Куриткичнинг тепа қисмида иккила оқим бир-бирига аралашиб кетади ва калориферда киздирилгандан сўнг, газодувка ёрдамида куриткичнинг биринчи зонасига узатилади. Куритилган материални тўкиш узлуксиз ишлайдиган тоқчали қадоклагич ёрдамида амалга оширилади.

Сиртмоқли куриткичлар пастасимон материалларни узлуксиз куритишга мўлжалланган қурилмалардир (7.98-рasm).

Сиртмоқли куриткичларда материал 5...20 мм ли қатламда, икки томонидан иссиқ ҳаво билан иситиладиган жувалар киздирилиши натижасида (масалан, қоғоз) куритилади. Бу қурилмада камерали куриткичга қараганда жараён тезлиги юқори. Куриткич камчиликлари: конструкцияси мураккаб ва эксплуатация сарфлари катта.

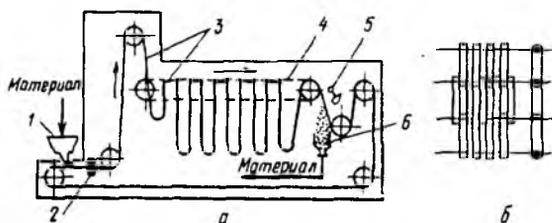
Тебранима куриткичлар майин дисперс, полидисперс, кумок-кумок ва шу каби бошқа, яъни мавҳум қайнашга мойил бўлмаган, материалларни куритиш учун мўлжалланган. Дисперс материал қатламига паст частотали тебранишлар таъсири қатламдаги иссиқлик ва



7.97-рasm. Сочилувчан, донадор материалларни куритиш учун шахтали куриткич:

- 1 - бункер - совуткич; 2 - оралик бункер;
3 - газодувка; 4 - калорифер; 5 - бункер;
6 - шахта; 7 - иссиқлик элткични узатиш трубалари; 8 - конденсатор-совуткич;
9 - жалюзлар; 10 - қадоклагич;
11 - совуткич.

масса алмашиниш жараёнларни интенсивлайди. Ундан ташкари, тебранишлар ўзаро кесишган йўналишли, юкори самарадор ва идеал сикиб чикарувчи куриткичлар яратиш имконини очиб беради. Бу турдаги куриткичларда температура ва концентрация майдонлари бир текисда бўлади.



7.98-расм. Сиртмокли куриткич (а) ва тўрли лента элементи (б):

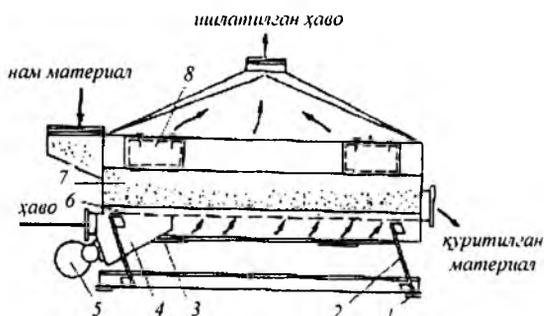
- 1 - нам материал таъминлагич, 2 - иситиладиган жувалар,
- 3 - чексиз тўрли лента, 4 - занжирли конвейер,
- 5 - таянчли механизм, 6 - шнекли бункер

Тебранма мавҳум қайнаш қатламини вертикал, горизонтал ва новли курилмаларда ташкил этиш мумкин.

Кимё ва бошқа саноатларида новли куриткичлар энг кенг тарқалган. Лекин шуни алоҳида қайд этиш керакки, бу курилмалар кичик қиялик бурчак остида ўрнатилган бўлади (7.99-расм).

Куриткич узатмаси маятникли юриткич - тебратгичдан иборат. Қатлам орқали ўтаётган газ оқими ва паст частотали тебранмаларнинг бир вақтда таъсири натижасида тебранма мавҳум қайнаш қатлами ҳосил бўлади. Бундай қатламда масса ва иссиқлик алмашиниш жуда юкори бўлади.

Барабанли куриткичлар узлуксиз ишлайдиган курилмалар қаторига киради ва атмосфера босимида донадор, сочилиувчан материалларни (минерал туз, фосфорит, қанд лавлаги, турпи, бугдой, шакар ва ҳ.) куритиш учун қўлланилади. Иссиқлик элткич сифатида ҳаво ёки тутун газлари хизмат қилади.



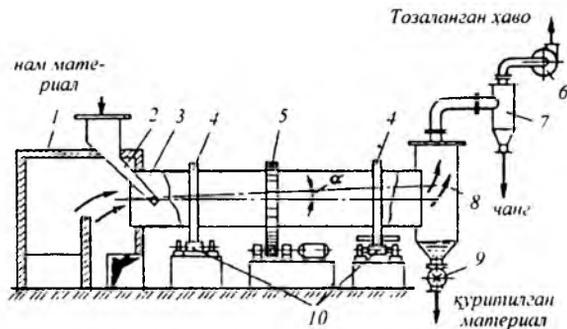
7.99-расм. Тебранма мавҳум қайнаш қатламли куриткич:

- 1 - амортизатор, 2 - пружина, 3 - тўқиш люки, 4 - тебраткич, 5 - юриткич,
- 6 - газ таксимловчи тешикли панжара, 7 - тарнов, 8 - кузатиш ойнаси

Барабанли куриткичлар ичи бўш цилиндрдан иборат бўлиб, уфққа нисбатан кичик қиялик бурчагида ўрнатилган бўлади (7.100-расм).

Барабан бандаж ва роликларга таяниб туради. Унинг айланиши электр юриткич ва редуктор ҳамда тишли ғилдирак ёрдамида амалга оширилади. Барабаннинг айланиш частотаси $5...8 \text{ мин}^{-1}$ дан ошмайди. Куриткичга нам материал таъминлагич ёрдамида узатилади. Даррабегитиб олинган материал тепага ўтқарилиб пастга тўкилади ва бу жараён узлуксиз давом этади. Шу билан бирга, курилма ўрнатилгани ва ичига махсус

насадкалар жойланганлиги сабабли, қуритилаётган материал тўқиш бункери томонига қараб ҳаракатланади. Одатда, насадкалар цилиндрик барабanning бутун узунлиги бўйлаб жойлаштирилади. Барабан ичида материал иссиқлик элткич билан ўзаро таъсирда бўлиб қуритилади. Материал ва қуритувчи элткич билан ўзаро таъсир самарасини ошириш учун турли хилдаги насадкалар мавжуд.



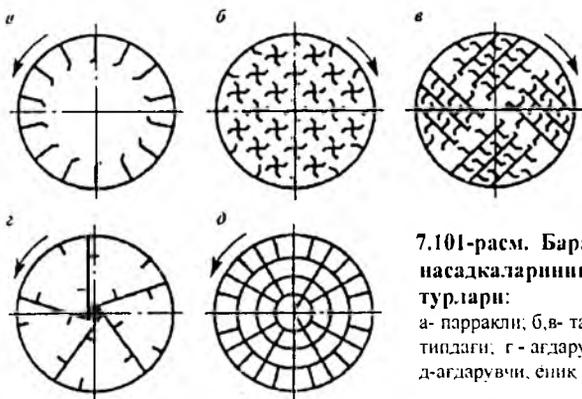
7.100-расм. Барабанли қуриткич:

- 1 - утқоғ; 2 - бункер; 3 - барабан; 4 - бандаж; 5 - тишли гилдирак; 6 - вентилятор; 7 - циклон; 8 - тўқиш бункери; 9 - шлюзли таъминлагич; 10 - таянч роликлар

Насадкалар нам материални бир текисда таркатади ва уни иссиқлик элткич билан ювилиб туришини яхшилаиди. Насадка тури материал хоссаларига қараб танланади (7.101-расм).

Йирик бўлакли ва ёпишиб қолишга мойил материалларни қуритиш учун кўтарувчи куракчали насадкаларни қўллаш мақсадга мувофиқ. Майда, сочилувчан материалларни қуритиш учун эса, таксимловчи насадкалар қўлланилади. Майнинг дисперс, куқунсимон, чангпйдиган материаллар эса ағдарувчи насадкали қуритмада қуритилади.

Иссиқлик элткич ва материал параллел ва қарама-қарши йўналишда ҳаракатланиши мумкин. Параллел йўналишли қуриткичларда материал ўта қизиқ кетишини олдини олиш мумкин, чунки иссиқлик элткич юкори намликка эга материал билан ўзаро таъсирда бўлади. Қуритилаётган материал таркибидаги куқунсимон фракция учиб кетмаслиги учун вентилятор ҳайдаётган иссиқлик элткич тезлиги 2...3 м/с дан ошмаслиги керак. Ишлатилган газ атмосферага чиқариб юборишдан аввал циклонда тозаланади.



7.101-расм. Барабанли қуриткич насадкаларининг асосий турлари:

- а - парракли; б, в - таксимловчи, ҳажмий типдаги; г - ағдарувчи, секторли; д - ағдарувчи, еник яқсайкали.

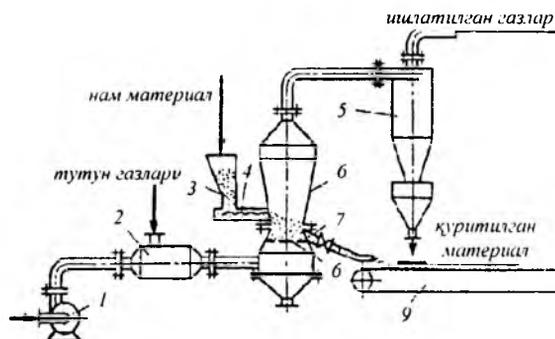
Барабанли қуриткичлар диаметри 1 дан 3,5 м гача бўлади. Диаметри 2,8, 3,0 ва 3,5 м ли барабанларнинг узунликлари 14, 20 ва 27 м қилиб ясалади.

Ундан ташқари, барабанли вакуум-қуриткичлар ҳам саноатнинг турли соҳаларида ишлатилади. Кўпинча бу қуритмалар даврий ишлайдиган бўлади. Ушбу қуриткичлар

иссиқликка сезгир материаллардан сув ва органик эритмаларни йўқотиш ҳамда захарли материалларни қуритиш учун қўлланилади.

Барабанли вакуум - қуриткичлар гербицид, захарли дорилар, баъзи бир полимерларни ишлаб чиқариш ҳамда медицина, озик - овқат, кимё ва фармацевтика саноатларида ишлатилади.

Мавҳум қайнаш қатламли қуриткичлар узлуксиз ишлайдиган қурилмалар каторига қиради ва майда, сочилувчан, дондор нам материалларни қуритиш учун кенг қўламда ишлатилади. Бундай қурилмаларда сиртий ва боғланган материалларни сувсизлантириш мумкин. Мавҳум қайнаш қатламли қуриткичлар вертикал ва горизонтал, бир ёки бир неча секцияли қилиб ясаллади. Узлуксиз ишлайдиган, бир секцияли мавҳум қайнаш қатламли қуриткич 7.102-расмда келтирилган.



7.102-расм. Бир секцияли мавҳум қайнаш қатламли қуриткич:

- 1 - вентилятор, 2 - калорифер, 3 - бункер, 4 - шпек,
5 - циклон, 6 - қуриткич, 7 - тўқиш патрубкиси, 8 - газ таксимловчи тешикли панжара, 9 - конвейер.

Нам материал узлуксиз равишда қуриткичга узатилади. Калориферда киздирилган иссиқлик элткич вентилятор ёрдамида газ таксимловчи тешикли панжара остига ҳайдалади. Қуритиш жараёни ушбу панжара яқинидаги зонада юз беради. Қуритилган материал тўқиш патрубкиси орқали чиқарилади. Ишлатиб бўлинган газ циклонда тозаланиб, қуриткичдан атмосферага чиқазиб юборилади.

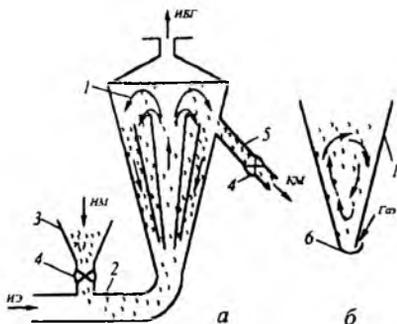
Мавҳум қайнаш қатламли қуриткич камчиликлари: материални қуритиш бир текисда эмас. Бу камчиликни бартараф қилиш учун кўп секцияли ёки ўзгарувчан кўндаланг кесимли қуриткичлардан фойдаланилади.

Ушбу турдаги қурилмаларда материал қуриши бир текисда бўлади. Конуссимон қуриткичларда тартибли циркуляция вужудга келади, яъни заррачалар қурилманинг марказий қисмида тепага кўтарилади ва чекка қисмида эса пастга қараб тушади. Натижада материал бир текисда кизийди ва камеранинг ишчи баландлиги камаяди.

Ҳозирги кунда мавҳум қайнаш қатламли қуриткичлар кимёвий технологияда минерал ва органик тузлар, ёпишиб қолишга мойил, масалан сульфат аммоний, поливинилхлорид, полиэтилен ва бошқа полимерларни ҳамда пастасимон материаллар (пигмент, анилинли бўёвчи моддалар), эритмалар, суспензияларни қуритиш учун ишлатилади.

Аэрофонтанли қуриткич. Қуйидаги 7.103-расмда конуссимон аэрофонтан қуриткич тасвирланган. Бошланғич хом-ашё бункер 3 дан таъминлагич 4 орқали труба қувури 2 га узатилади. У ерда хом-ашё иссиқ ҳаво оқими билан аралашиб пневмотранспорт бўлиб қурилма 1 га ҳайдалади. Қурилма 1 да қаттик материалнинг йўналтирувчи циркуляцияси ҳосил бўлади: пневмотранспорт бўлиб кўтарилаётган оқим нисбатан тор марказий каналда, камера девори олдида пастга қараб ҳаракатланаётган қатлам ва улар орасида ҳалқасимон мавҳум қайнаш қатламли мавжуддир. Ишлатиб бўлинган иссиқ ҳаво қурилма тепасидан чанг тозалаш ускунасига узатилади. Қуритилган материалда қия ўрнатилган патрубок 5 ва таъминлагич 4 дан чиқарилади.

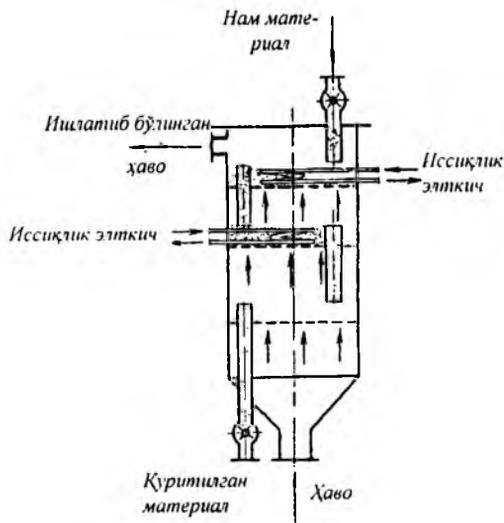
Аэрофонтан куриткичлар идеал сиқиб чиқариш қурилмалар турига жуда яқин. Бунга сабаб, қаттиқ жисмнинг бир айланиш цикли (каналда «кўтарилувчи пневмотранспорт оқими» - девор яқинида пастга тушиш – «кўтарилувчи пневмотранспорт оқими») материалнинг фавворасимон қатламда ўртача бўлиш вақтидан анча камлигидир.



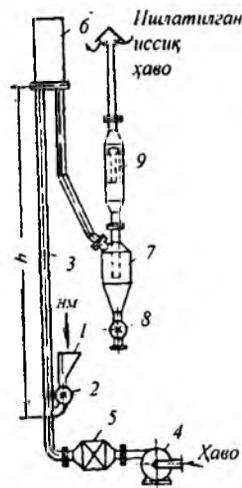
7.103. Аэрофонтан куриткич:

а) конуссимон, б) призматик.
1-қуритиш камераси, 2-ҳаво қувури; 3-хом-аше бункери;
4-таъминлагич, 5-туқиш патрубкиси, 6-газ кириш тирқиши.
ИЭ – иссиқлик элткич, ИБГ-ишлатиб бўлинган газ,
НМ-нам материал, КМ-қуритилган материал.

Кўп камерали куриткич. Иссиқликка бардош нам материалларни кўритишда кўп камерали карама-қарши оқимли куриткичлар қўлланилади (7.104-расм).



7.104-расм. Мавҳум қайнаш қатламли карама-қарши оқимли куриткич.



7.105-расм. Пневматик куриткич:

1-бункер, 2-таъминлагич, 3-труба,
4-вентилатор, 5-калорифер, 6-ийгич-амортизатор, 7-циклон, 8-туқиш мосламаси, 9-фильтр.

Нам материал ва иссиқ ҳавонинг карама-қарши ҳаракати туфайли қуритувчи ҳавони намлик билан тўйинтиришнинг юқори кўрсаткичларига эришса бўлади. Лекин бунда қуритилган материал температура юқори бўлган иссиқ ҳаво билан тўқнашади. Материал қатламини иситиш температурасини ростлаш учун ҳар бир камерага змеетик жойланади. Бундай ҳолатларда қуритилган материални туқиш жараёни қуйилиш трубкалари орқали амалга оширилади.

Курилма гидравлик каршилиги жуда ортиб кетмаслиги учун ҳар бир камерадаги материал катламининг баландлигини 400...700 мм атрофида ушлаб туриш мақсадга мувофиқ.

Кичик ҳажмдаги нам материалларни қуритиш учун даврий ишлайдиган мавҳум қайнаш катламли қуриткичлар қўлланилади. Айрим ҳолларда, узлуксиз ишлайдиган мавҳум қайнаш катламли қуриткичлар қурилманинг намлик бўйича қучланиши $A=1250$ кг/(м³ соат) ни ташкил этади. Мавҳум қайнаш катламли қуриткичларда нам материалдан қурилманинг бирлик ҳажмида кўп миқдорда намликни ажратиб олишни, самарали қуритишни ташкил этса бўлади. Шу сабабли, мавҳум қайнаш катламли қуриткичлар кўпчилик технологияларда барабанли қуриткичлар ўрнини босмоқда. Ушбу қуриткичларни ҳисоблаш материал хоссалари ва намликнинг материал билан боғлиқлигини инобатга олга ҳолда ҳисобланади.

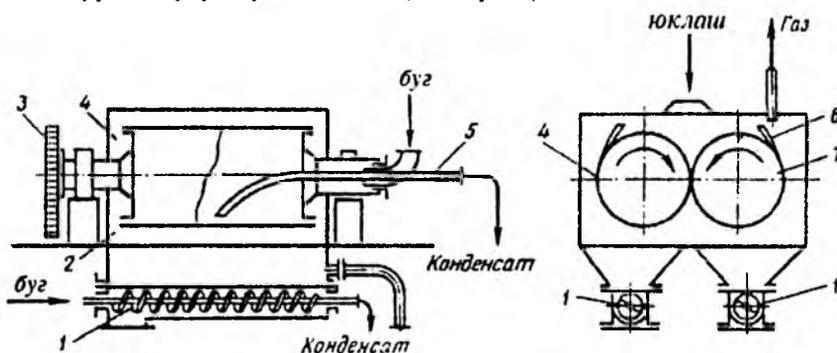
Пневматик қуриткич. Сочилувчан, донатор нам материаллар (ёпишқоқ бўлмаган)даги эркин намликни мавҳум қайнаш катламда қуритиш учун пневматик қуриткичлар қўлланилади (7.105-расм). Қуритиш жараёни узунлиги 20 м гача бўлган вертикал трубада олиб борилади. Нам материал заррачалари иссик ҳаво оқимида ҳаракатланади ва бунда уларнинг тезлиги заррача учиб чиқиш тезлигидан юқори бўлади ва 10-30 м/с ни ташкил этади. Бундай труба-қуриткичларда қуритиш жараёни бир неча секунд давом этади ва ушбу вақт ичида материалдан фақат бир қисм эркин боғланган намлик чиқариши мумкин.

Нам материал таъминлагич 2 ёрдамида бункер 1 дан тўғридан-тўғри труба 3 га узатилади. Калорифер 5 да иситилган ҳаво вентилятор 4 ёрдамида труба 3 га ҳайдайди ва материални ўзи билан юқорига олиб кетади. Қуритилган материални ҳаво ўзи билан бирга йиғич-амортизатор 6, сўнг эса циклон 7 га олиб чиқади. Циклонда ҳаво каттик фазадан ажратилади ва каттик фаза тўқиш мосламаси 8 орқали қурилмадан чиқарилади. Ишлатиб бўлинган иссик ҳаво эса якунловчи тозалаш учун фильтр 9 га юборилади ва ундан сўнг атмосферага чиқариб юборилади.

Труба-қуриткичларда энергия сарфи катта. Қуритилаётган заррачалар диаметри камайса, энергия сарфи камаяди. Одатда каттик заррачалар диаметри 8-10 мм дан ошмайди.

Агарда, заррачалар диаметри катта ва боғланган намликни қуритиш учун труба-қуриткичдан аввал бошқа турдаги қуриткич фойдаланиш мақсадга мувофиқ. Шундай қилиб, ихчам ва тузлиши содда бўлишига қарамадан, труба-қуриткичларнинг қўлланиш соҳаси анча кам.

Жували қуриткичлар суюқ ва пастасимон материалларни атмосфера босими ёки вакуум остида қуритиш учун мўлжалланган (7.106-расм).



7.106-расм. Жували қуриткич:

- 1 - шнекли нов-қуриткич; 2 - кобик; 3-узатма; 4 - стакловчи жува;
5 - сифон трубкаси; 6 - пичок; 7 - стакланувчи жува.

Жува бир - бирига қараб 2...10 мин⁻¹ частота билан айланади. Ичи бўш жувага цапфа орқали иситувчи буғ юборилади ва иссиклигини бериб конденсатга айланади. Жувалар иссик сув ёки юқори температурали органик суюқликлар ёрдамида қиздирилиши мумкин.

Материал қурилманинг тепасидан, жувалар орасига юкланади ва уни юпка катлам билан коплайди. Юпка катлам қалинлиги жувалар орасидаги тирқиш катталиги билан белгиланади. Одатда, ушбу тирқиш эни 0,5...1,0 мм бўлади. Материалнинг кириши юпка катламда, жуванинг

тўлик айланишида содир бўлади.

Жувадаги материал катламининг калинлиги канчалик кичик бўлса, у шунчалик тез ва бир текисда қурийд. Лекин қуритиш давомийлиги кам бўлгани учун, қўпинча қўшимча қуритиш талаб этилади. Қуритилган материал пичоқ ёрдамида жувадан кесиб олинади.

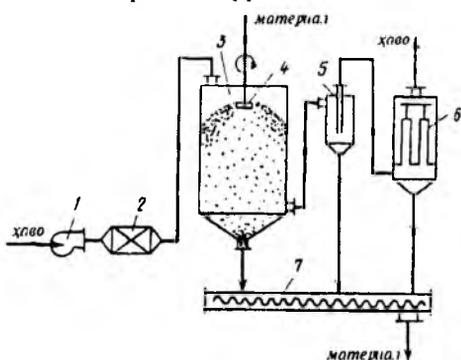
Пурковчи қуриткичлар эритма, суспензия ва пастасимон материалларни қуритиш учун қўлланилади. Пуркаб қуритиш усулида аммиакли селитра, карбамид, аммофос ва бошқа минерал ўғитлар олинади.

Бундай қуриткичларда материал махсус мосламаларда пуркалади ва иссиқлик элткич окимида қурилади (7.107-расм). Материалнинг қуритиш зонасида бўлиш вақти жуда қисқа, лекин юкори даражада майдаланганлиги ва намликнинг буғланиш тезлиги катталиги, унинг тез қуришига олиб келади. Шунинг учун, пурковчи қуриткичларда юкори температурали иссиқлик элткичларни қўллаш мумкин.

Қуритиш натижасида олинган махсулот бир хил дисперс таркибли, сочилувчан ва майда дисперс бўлади.

Пурковчи қуриткичлар камчиликлари: габарит ўлчамлари ва энергия сарфи катта.

Материални пуркаш механик ёки пневматик пуркагичлар ёрдамида ҳамда айланиш ча-



7.107-расм. Пурковчи қуриткич:

1 - вентилятор, 2 - калорифер, 3 - қуритиш камераси; 4 - диск, 5 - циклон, 6 - энгли фильтр, 7 - қуритилган материални тўкувчи шнек.

стотаси $4000 \dots 20000 \text{ мин}^{-1}$ бўлган марказдан қочма дискда амалга оширилади. Қуриткичда материалнинг бўлиш вақти 50 с дан ортмайди. Шу қисқа вақт ичида иссиқлик ва масса алмашилиш жараёни юз беради. Пурковчи қуриткичларда фазалар параллел ва қарама-қарши йўналишда ҳаракатланиши мумкин. Бундай қуриткичлар афзалликлари: юкори температурали иссиқлик элткичларни ҳам қўллаш мумкин.

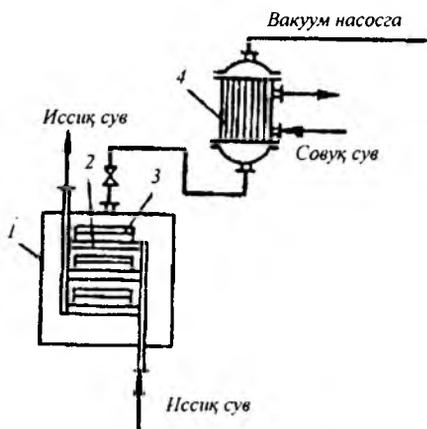
Камчиликлари: иссиқлик элткич сарфи катта бўлгани учун энергия ва металл сарфи ҳам нисбатан юкори; солиштирма намлик олиш кўрсаткичи жуда паст, яъни 20 кг/м^3 ; материал қуриткич деворларига ёпишиб қолади; иссиқлик элткич тезлиги нисбатан кичик, чунки катта тезликларда майда заррачалар учиб кетади.

Сублимацияли қуриткичлар. Турли материаллардаги муз агрегат ҳолатидаги намлигини вакуум остида буғга (суюқ агрегат ҳолатидан сакраб) айлантириб сувсизлантириш жараёни сублимацияли қуритиш деб номланади. Сублимацияли қуритиш юкори вакуум, қолдик босим $133,3 \dots 13,3 \text{ Па}$ ($1,0 \dots 0,1 \text{ мм сим.уст.}$) бўлган оралик ва паст температураларда ўтказилади.

Сублимация қуритиш жараёнида материал юзасидан намликнинг буғ агрегат ҳолатида тарқалиш механизми ўзига хос *эффузия* усулида боради. Эффузия усулида буғ молекулаларининг эркин ҳаракати даврида молекулалар бир-бири билан ўзаро тўқнашмайди.

Сублимацияли қуриткич қуритиш камераси, конденсатор-музлаткич ва вакуум насосдан таркиб топган (7.108-расм.)

Плита ичида иссиқ сув насос ёрдамида циркуляцияли ҳаракат қилади. Қуритилаётган материал тунука товдаларда плита устига жойлаштирилади. Плита ва товдалар орасида маълум ҳаволи бўшлиқ бўлади. Плиталардан товдаларга иссиқлик нурланиш усули (радиация) ҳисобига ўтади. Сублиматорда ҳосил бўлган сув буғи ва ҳаво аралашмаси конденсатор - музлаткичга ўтади. Буғ-ҳаволи аралашма қобик-трубали иссиқлик алмашилиш қурилмасининг трубалар бўшлиғида, трубалараро бўшлиқда эса аммиак циркуляцияли ҳаракат қилади.



7.108-расм. Сублимацияли куриткич:

- 1 - куритиш камераси; 2- плита;
- 3 - тунука това; 4 - конденсатор-музлаткич.

Қурилма трубаларида сув буглари аввал конденсацияланади, ундан сўнг эса музлайди. Сублимацияли куриткичларда 2 та конденсатор-музлаткич бўлади. Улар навбатма-навбат ишлайди, яъни биттасида конденсация ва музлатиш содир бўлса, иккинчисида ҳосил бўлган муз эритиб йўқотилади.

Материалдан намликни чиқариб юбориш жараёни 3 боскичдан иборат:

1) қуритиш камерасида босим пасайиши билан намлик ўз - ўзидан музлайди ва материалдан чиққан иссиқлиги ҳисобига муздан бугга айланади. Бу боскичда 15% намлик йўқотилади;

2) намликнинг асосий қисми сублимация йўли билан қуритиш жараёнининг ўзгармас тезлик даврида йўқотилади;

3) қолдиқ намлик материалдан иссиқлик ёрдамида йўқотилади.

Сублимацияли қуритиш оз миқдорда паст температурали (40...50°C) иссиқлик элткич сарфланади. Лекин умумий энергия ва эксплуатацион сарфлар бошқа қуритиш (диэлектрик қуритишдан ташқари) усулларига қараганда юқори.

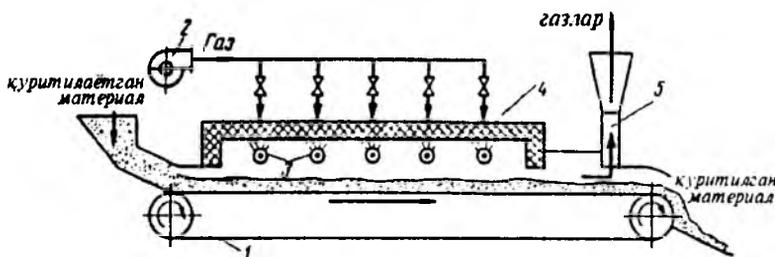
Шунинг учун, бу қуритиш усули қимматбаҳо моддалар, юқори температурага чидамсиз ва биологик хоссалари узоқ муддат давомида сақланиб туриши керак бўлган материалларни (гўшт, мева, сабзавот, медицина ва фармацевтика маҳсулотлари) қуритиш учун ишлатилади.

Энергия сарфи бўйича сублимацияли қуритиш, атмосфера босимида қуритишга яқинроқ туради.

Терморрадиацияли куриткичлар. Бу куриткичларда материал таркибидаги намликни буглатиш учун зарур иссиқлик инфрақизил нурлар орқали узатилади. Иссиқлик инфрақизил нурланишга мосланган лампалар ёки ўта қиздирилган керамик ёки металл юзалардан тарқалади. Инфрақизил нурланишли лампалар оддий ёритиш лампаларидан қиздириш температураси билан фарқ қилади. Нурланиш оқимини нам материалга йўналтириш учун парабола шакли рефлекторлар ишлатилади.

Ушбу усулда қуритиш даврида материал юза бирлигига контактли қуритишга қараганда вақт бирлигида анча кўпроқ иссиқлик тўғри келади. Натижада, жараён интенсифлашади. Масалан, юпқа қатламли материалларни инфрақизил нурлар ёрдамида қуритиш давомийлиги 30...100 маротабагача қисқаради.

Газ билан иситиладиган радиацияли куриткич тузилиши 7.109-расмда келтирилган. Бундай куриткичлар тузилиши содда ва лампали куриткичларга нисбатан арзон.



7.109-расм. Радиацияли куриткич:

- 1-конвейер; 2-газодувка; 3-газ ендиргичи;
- 4-нур тарқаткич; 5-чиқиш труба.

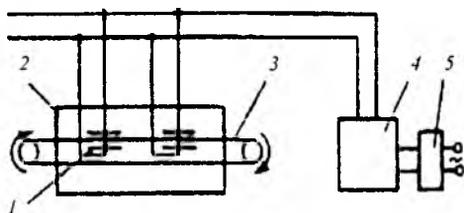
Нур таркатувчи курилманинг пастки қисмида газ ёқилади. Газ ёниши оқибатида нур таркатувчи курилма кизийди, сўнгра инфрақизил нурларни таркатади. Нур таркатгич нам материал хоссаларига қараб танланади. Юқори сифатли маҳсулот олиш учун мураккаб жараёнлардан (масалан, радиацияли ва конвектив усулларни бир вақтда қўллаш) фойдаланилади.

Намликнинг термодиффузион оқими материал сиртидан намлик диффузияга ҳалакит бермаслиги ҳамда терморрадиацияли куритиш жараёнини интенсивлаш учун куриткич осцилляцияли режимда ишлаши керак.

Терморрадиацияли куриткич тузилиши ихчам, юпка қатламли материалларни куритишда юқори самара беради. Лекин унинг энергия сарфи нисбатан кўп, яъни 1 кг намликни буғлатиш учун 1,5...2,5 кВт-соат энергия зарур.

Юқори частотали (диэлектрик) куриткичлар қалин қатламли материалларни куритиш учун мўлжалланган. Бу куритиш усулида материалнинг юзаси ва қалинлиги бўйлаб температура ва намликни ростлаш мумкин. Ушбу куриткичда пластмасса ва диэлектрик хоссаларга эга бўлган материалларини ҳамда озик-овқат маҳсулотларини куритиш мумкин.

Диэлектрик куриткичлар лампали юқори частотали генератор, куриткич ва лентали конвейердан таркиб топган (7.110-расм).



7.110-расм. Юқори частотали куриткич: 1-конденсатор пластинкаси; 2-куритиш камераси, 3-лентали конвейер, 4-лампали, юқори частотали генератор. 5-тўғрилагич.

Частотаси 50 Гц ли ўзгарувчан ток тўғрилагич орқали генераторга узатилади. Генераторда ток юқори частотали токка айлантирилади. Сўнг, бу ток лентали конвейернинг икки томонида жойлашган конденсатор пластинкаларига юборилади.

Конденсатор пластиналари заряд ишоралари ўзгариши билан юқори частотали майдон таъсирида материал ион ва электронлари синхрон равишда ҳаракат йўналиши ўзгаради. Диполь молекулалар айланма ҳаракатланса,

электр зарядлар силжиши туфайли кутбсиз молекулалар кутбланади.

Юқорида кайд этилган ҳодисалар оқибатида материалда иссиқлик ажралиб чиқади ва кизийди. Электр майдон қучланишини ўзгартириб куритиш тезлигини ростлаш мумкин.

Бу усулда намлик ва температура градиентларнинг йўналиши бир хил бўлади. Натижада, намликнинг диффузияси тезлашади. Шунинг учун бу куритиш усули тезлиги, конвектив куритиш тезлигидан анча катта.

Диэлектрик куритиш жараёни учун кўп микдорда энергия зарур. 1 кг намликни буғлатиш учун 2,5...5 кВт-соат энергия сарфланади.

Бу турдаги куриткичлар тузилиши мураккаб ва қиммат. Шунинг учун, юқори частотали куриткичлар қимматбаҳо материалларни сувсизлангириш учун ишлатиш мақсадга мувофиқ, яъни иктисодий жиҳатдан самарали.

7.37. Куриткичларни ҳисоблаш

7.37.1. Пневматик труба куриткич ҳисоби

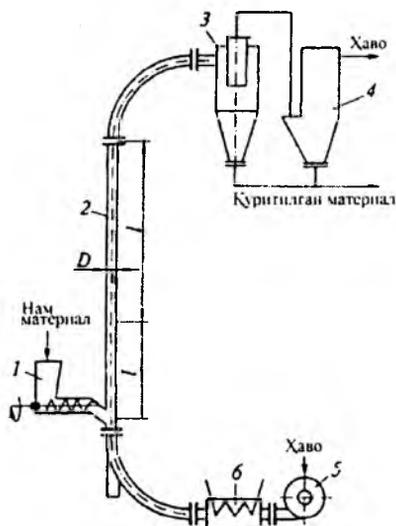
Пневматик труба куриткичлар йирик дисперс ва кийин курийдиган материалларни куритиш учун мўлжалланган.

Қийин курийдиган материалларни бир босқичли куритишда маҳсулот рециркуляция (ретур) қилинади. Ретурга курилмадан чиққан классификациялашдан ўтган маҳсулотнинг йирик фракцияси билан бирламчи хом-ашё аралашмаларини узатиш мақсадга мувофиқ.

Пневматик труба куриткичининг соддалашган схемаси 7.111-расмда келтирилган.

Таъминлагич 1 орқали нам материал труба 2 га узатилади. Калорифер 6 да иситилган ҳаво вентилятор 5 ёрдамида труба куриткичнинг пастки қисмига юборилади. Иссиқ ҳавонинг тезлиги йирик заррачанинг учиш тезлигидан юқорирок бўлгани учун ҳаво-материал аралашма-

си пневмотранспорт режимда ҳаракатланади. Ушбу режимда нам материал иссиқ ҳаво билан яхши ювилади ва юкори суръатлар билан қуритилади. Сўнг, қуритилган материал ва ишлатиб бўлинган иссиқ ҳаво циклон 3 га ҳайдалади. Ундан чиққан газ фазаси энгли филтър 4 тозаланиб атмосферага чиқариб юборилади. Одатда, пневматик трубади қуриткичнинг диаметри 2 м, узунлиги – 30 м, газнинг трубадаги максимал тезлиги 40 м/с дан ошмайди.



7.111-расм. Пневматик трубади қуриткич схемаси:
1-таъминлагич; 2-труба; 3-циклон; 4-энгли филтър; 5-вентилятор; 6-калорифер.

бу ерда

$$Q_1 = (G \cdot c_m + W \cdot c_w) \cdot (t_m - \theta_n) \quad (7.249)$$

Нам материални иситиш учун зарур иссиқлик оқими:

$$Q_2 = W \cdot r_n \quad (7.250)$$

Намликни буғлатиш учун керакли иссиқлик оқими:

$$Q_3 = G_2 \cdot c_m \cdot (\theta_k - t_m) \quad (7.251)$$

Материални иситиш учун иссиқлик оқими.

(4.108) – (4.110) формулаларда: G_2 – курук материал бўйича қуриткич унумдорлиги, кг/с; c , c_w – материал ва намликнинг солиштирма иссиқлик сизим коэффициентлари, Ж/(кг·К); t_m , θ_n , θ_k – ҳул термометр температураси, материалнинг қуриткичга кириш ва чиқишдаги температуралари, °С; W – буғланаётган намлик массаси, кг/с; r_n – t_i температурадаги буғ ҳосил бўлиш иссиқлиги, Ж/кг.

Қуритиш юзаси ушбу формуладан аниқланади:

$$F_c = \frac{6G_2}{d_s \cdot \rho_n} \quad (7.252)$$

бу ерда, d_s – материал заррачасининг эквивалент ўлчами, м; ρ_n – зичлик, кг/м³.

Иссиқлик бериш коэффиценти α критерий Nu дан топилади.

$$Nu = 2 + 0.51 \cdot Re^{0.52} \cdot Pr^{0.33} \quad (7.253)$$

Қаттик заррача труба ичида ҳаракатланганда тезликни ошириш ва тезлиги ўзгармас участкалар мавжуд. Трубанинг умумий узунлиги иккала участкаларнинг йиғиндиси сифатида аниқланади:

$$l = l_{то} + l_{уз} \quad (7.254)$$

бу ерда

Асосий ҳисоблаш формулалари.

Пневматик трубади қуриткичларнинг ўлчамлари қуритиш вақти ва ундаги газнинг тезлигига боғлиқ.

Қуритиш давомийлиги ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\tau = \frac{Q}{\alpha \cdot F_c \cdot \Delta t_{ур}} \quad (7.247)$$

бу ерда, Q – иссиқ ҳаводан нам материалга узатилаётган иссиқлик оқими. Вт; α – иссиқ ҳаводан нам материалга иссиқлик бериш коэффиценти, Вт/м²·К; F_c – нам материал юзаси, м²; $\Delta t_{ур}$ – иссиқ ҳаво ва нам материал орасидаги температуралар фарқи, °С.

Иссиқлик оқими ушбу йиғинди сифатида аниқланади

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3, \quad (7.248)$$

$$l_{yz} = (w_z - w_{yz}) \cdot \tau_{yz} \quad (7.255)$$

бу ерда, l_{yz} – тезлиги тургун (ўзгармас) участка узунлиги, м; w_z – куриткичда газнинг тезлиги, м/с; w_{yz} – материалнинг трубада учини тезлиги В. М. Ульянов томонидан келтириб чиқарилган формула ердамида ҳисоблаш мумкин:

$$w_{yz} = \frac{Re \cdot \mu}{d_z \cdot \rho} \quad (7.256)$$

бу ерда

$$Re = \frac{\sqrt{367 + K_p} \cdot Ar}{0,588 K_p} \quad (7.257)$$

бу ерда $K_p = (11 \dots 10) \psi$, ψ – шакл омили коэффициентлари (7.2-жадвал), d_z – заррачалар максимал диаметри, м

$$Ar = \frac{g d_z^3 \cdot \rho_m \cdot \rho}{\mu^2} \quad (7.258)$$

Турли шаклли заррачалар шакл омили коэффициентлари

7.4-жадвал

Заррача шакли	Ψ
Думалок, ўткир қиррасиз	0.80...0.90
Думалок, ўткир қиррали	0.65...0.80
Чўзинчок, гадир-будур	0.40...0.65
Пластинали	0.20...0.40
Толасимон	0.2

Труба куриткич ичида газнинг тезлиги:

$$w_z = (15..2) \cdot w_{yz} \quad (7.259)$$

Тезликни ошириш участкасининг узунлиги Б.И.Броунштейн формуласи ёрдамида аниқланади:

$$l_p = \frac{w_{yz}}{2g} \left[(w_z + w_{yz}) \ln \frac{w_{zo} - w_z - w_{yz}}{w_{zo} - w_z - w_{yz}} - (w_z - w_{yz}) \times \ln \frac{w_{zo} - w_z + w_{yz}}{w_{zo} - w_z + w_{yz}} \right] \quad (7.260)$$

бу ерда, w_{zo} – заррачаларнинг бошланғич тезлиги (одатда $w_{zo} = 0$), w_{zo} – заррачаларнинг охириги тезлиги.

Одатда

$$w_{zo} = w_z - w_{yz} = 0,95 (w_z - w_{yz})$$

Газнинг ҳажмий сарфи жараён параметрларининг ўртача қийматларида ҳисобланади (m^3/c):

$$V_s = \frac{L \cdot (1+x)}{\rho} \quad (7.261)$$

бу ерда, x , ρ – нам саклаш ва ҳаво зичлигининг ўртача қийматлари.

Пневматик трубада куриткичнинг гидравлик қаршилиги ушбу формуладан топилади:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 \quad (7.262)$$

Тезлик напорини таъминлаш, газ оқимининг труба деворига ишқаланиши ва маҳаллий қаршиликлар туфайли босим ΔP_i нинг йўқотилиши, Па:

$$\Delta P_1 = \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{\rho w_1^2}{2} + \sum \xi_i \frac{\rho_1 w_1^2}{2} \quad (7.263)$$

бу ерда, $\sum \xi_i$ – маҳаллий каршилик коэффициентларининг йиғиндиси, ρ , w_1 – маҳаллий каршиликдаги газнинг зичлиги ва тезлиги, λ – ишқаланиш коэффициенти.

Материални юкорига кўтариш туфайли босим ΔP_2 нинг йўқотилиши, Па:

$$\Delta P_2 = \frac{G_{yp} \cdot g \cdot l}{w_2 \cdot F_{mp}} \quad (7.264)$$

бу ерда, $G_{yp} = (G_1 + G_2)/2$ – нам материалнинг ўртача сарфи, кг/с. F_{mp} – труба кўндаланг кесимининг юзаси, м²

Заррачалар тезлигини ошириш окибатида босим ΔP_3 нинг йўқотилиши, Па:

$$\Delta P_3 = \frac{G_{yp} (w_{30} - w_{36})}{F_{mp}} \quad (7.265)$$

Трубадаги газ ва ташқаридаги ҳаво зичликларининг фарқи билан белгиланадиган босимлар фарқини ҳисобга олган кўтарувчи газ устунининг статик напорини енгшига сарфланган босим ΔP_4 нинг йўқотилиши, Па:

$$\Delta P_4 = (\rho + \Delta \rho) \cdot g \cdot l \quad (7.266)$$

бу ерда, ΔP_4 – труба-куриткич ва атроф-мухитдаги ҳаволар зичликларининг фарқи, кг/м³

Материални мавҳум қайнаш ҳолат (муаллақ ҳолатдаги заррачалар устунининг статик напори) да ушлаб туриш учун босим ΔP_5 нинг йўқотилиши, Па:

$$\Delta P_5 = \rho_m \cdot g \cdot l \cdot \chi \quad (7.267)$$

бу ерда, $\chi = \mu_m \cdot i \cdot \rho_m$; $\mu_m = G_{yp}/G$ – сарф массавий концентрацияси; $G_i = L(1 + \bar{x})$ – газнинг массавий сарфи, \bar{x} – газнинг ўртача нам саклаши; $i = w_1/w_2$ – сирпаниш коэффициенти.

Пневматик трубади куриткич диаметри ва баландлигининг ҳисоби.

Бошланғич маълумотлар. Нам материал бўйича унумдорлик $G_1 = 700$ кг/с (0,19 кг/с); нам материалнинг бошланғич нам саклаши $W_1 = 0,1$ кг/кг; нам материалнинг охириги нам саклаши $W_2 = 0,01$ кг/кг; иссиқ ҳавонинг бошланғич температураси $t_1 = 300^\circ\text{C}$; иссиқ ҳавонинг охириги температураси $t_2 = 100^\circ\text{C}$; нам материалнинг куриткичга киришдаги температураси $\theta_1 = 15^\circ\text{C}$; материал зичлиги $\rho = 1940$ кг/м³.

Заррача эквивалент диаметри $d_s = 0,9$ мм, заррача максимал ўлчами $d_m = 1,2$ мм; заррачанинг шакл омили $\psi = 0,7$. Материалнинг солиштирма иссиқлик сифими $c_m = 1200$ Ж/(кг·К).

Буглатилган намлик микдори эса, ушбу тенгламадан ҳисоблаб аниқланади:

$$W = G_1 \cdot \frac{W_1 - W_2}{1 - W_2} = 700 \cdot \frac{0,1 - 0,01}{1 - 0,01} = 63,6 \text{ кг/с}$$

Қурук модда бўйича куриткич унумдорлиги:

$$G_2 = G_1 - W = 700 - 63,6 = 636,4 \text{ кг/с}$$

Температураси $t = 18^\circ\text{C}$ ва нисбий намлиги 75% бўлган ҳавонинг нам саклаши $x_\theta = 0,01$ кг намлик/кг қурук ҳаво ва энтальпияси $I = 45$ кЖ/кг қурук ҳавони I - x диаграммадан топамиз.

Температураси $t_1=300^\circ\text{C}$ гача киздирилган ҳавонинг энтальпияси $I_1 = 350 \text{ кЖ/кг}$ курук ҳаво (4.20-расм).

Калориферда иситилаётган ҳаво ёпик қурилмада кечаётгани учун унга кириш ва чиқишдаги нам саклаши бир хилдир, яъни $x_1 = x_0 = 0.01$.

Иссиклик оқимларини аниқлаймиз:

– нам материални иситиш учун

$$Q_1 = (G_2 c_{\text{м}} + W c_{\text{в}}) \cdot (t_{\text{м}} - \theta_{\text{н}}) = \left(\frac{636,4}{3600} \cdot 1200 + \frac{63,6}{3600} \cdot 4190 \right) \cdot (50 - 15) = 10010 \text{ Вт}$$

– намликни буглатиш учун

$$Q_2 = W r_{\text{п}} = \frac{63,6}{3600} \cdot 2,38 \cdot 10^6 = 42047 \text{ Вт}$$

бу ерда $t_{\text{н}} = 50^\circ\text{C}$ да $r_{\text{н}} = 2,38 \cdot 10^6 \text{ Ж/кг}$.

– қуритилган материални иситиш учун

$$Q_3 = G_2 c_{\text{м}} (\theta_{\text{к}} - t_{\text{в}}) = \frac{636,4}{3600} \cdot 1200 \cdot (80 - 50) = 6366 \text{ Вт}$$

бу ерда, θ_2 – қурилмадан чиқишда материалнинг температураси ундан чиқаётган иссиқ ҳавонинг температурасидан 20% кам деб қабул қилинади (одатда, 10...30% ораликда тавсия этилади).

– иссиқлик оқимларининг йиғиндиси:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 10010 + 42047 + 6366 = 58423 \text{ Вт}$$

Қуришти юзаси ушбу формуладан топилади:

$$F_c = \frac{6G_2}{d_s \rho_s} = \frac{6 \cdot 636,4}{3600 \cdot 0,0009 \cdot 1940} = 0,60 \text{ м}^2/\text{с}$$

Рейнольдс ва Архимед критерийларини ҳисоблаймиз:

$$\text{Re} = \frac{\sqrt{367 + K_{\phi} Ar} - \sqrt{367}}{0,588 \cdot K_{\phi}} = \frac{\sqrt{367 + 4 \cdot 36486} - \sqrt{367}}{0,588 \cdot 4} = 154$$

$$Ar = \frac{g d_s^3 \rho_w \rho}{\mu^2} = \frac{9,81 (1,2 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 1940 \cdot 0,75}{(26 \cdot 10^{-6})^2} = 3648$$

Заррачаларнинг учиб чиқиш тезликларини аниқлаймиз:

$$w_0 = \frac{\text{Re} \mu}{d_s \rho} = \frac{154 \cdot 26 \cdot 10^{-6}}{0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 0,75} = 5947 \cdot 10^{-3} = 5,9 \text{ м/с}$$

Иссиқ ҳаво тезлигини қуйидагича қабул қиламиз:

$$w_s = 1,7 \cdot w_0 = 1,7 \cdot 5,9 = 10,0 \text{ м/с}$$

Нам саклаш x_2 топиш учун қуриткичнинг ички иссиқлик балансини ҳисоблаймиз:

$$\Delta = c_{\text{ж}} \theta_1 + q_{\text{ради}} - (q_m + q_{\text{ст}} + q_n).$$

Бизнинг мисол учун $q_n = 0$ (атроф-муҳитга иссиқликнинг йўқотилиши инобатга олинмаган).

Унда $\Delta = 4,5 \cdot 15 - 780,4 = -713 \text{ кЖ/кг}$.

бу ерда $q_{\text{ст}} = \frac{G_2 c_{\text{ст}} (\theta_2 - \theta_1)}{W} = \frac{636,4 \cdot 1,2 \cdot (80 - 15)}{63,6} = 780,4 \text{ кЖ/кг намлик}$

Ишлатиб бўлинган иссиқ ҳавони аниқлаш учун $I-x$ диаграммада қуритиш жараёнининг ишчи чизигини қураимиз. Бунинг учун ҳавонинг нам саклаши параметрининг исалган қиймати, масалан $x = 0,075$ га тегишли энтальпия қийматини ушбу тенгламадан аниқланади:

$$I = I_1 + \Delta \cdot (x - x_1) = 350 - 713 \cdot (0,075 - 0,01) = 303,7 \text{ кЖ/кг}$$

$I-x$ диаграммада қуйидаги координаталар икки нукта (4.20-расм) : $x_1 = 0,01 \text{ кг/кг}$, $I_1 = 350 \text{ кЖ/кг}$ и $x = 0,07 \text{ кг/кг}$, $I = 304 \text{ кЖ/кг}$ координаталар орқали ишлатиб бўлинган ҳаво иссиқ температураси $t_2 = 100^\circ\text{C}$ билан кесушгунга қадар чизик ўтказамиз. Ушбу чизикнинг $t_2 = 100^\circ\text{C}$ билан кесишган нуктаси қуриткичдан чиқишдаги ҳавонинг охириги нам саклаши $x_2 = 0,08$ ни беради.

Нам материални қуритишга зарур иссиқ ҳаво сарфи қуйидагича топилади:

$$L = \frac{W}{(x_2 - x_1)} = \frac{63,6}{(0,08 - 0,01)} = 908,6 \text{ кг/соат} = 0,25 \text{ кг/с}$$

Қуриткичдан чиқишда ҳавонинг ҳажмий сарфи:

$$V_r = \frac{L(1+\bar{x})}{\rho} = \frac{0,25 \cdot (1+0,033)}{0,779} = 0,33 \text{ м}^3/\text{с}$$

бу ерда $\bar{x} = \frac{x_2 - x_1}{\ln\left(\frac{x_2}{x_1}\right)} = \frac{0,08 - 0,01}{\ln\left(\frac{0,08}{0,01}\right)} = 0,033$ $\bar{t} = \frac{t_1 - t_2}{\ln\left(\frac{t_1}{t_2}\right)} = \frac{300 - 100}{\ln\left(\frac{300}{100}\right)} = 180 \text{ C}$

бу ерда $\rho = 0,779 \text{ кг/м}^3$.

Унда труба диаметри:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_r}{\pi w_r}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,331}{3,14 \cdot 10}} = 0,2 \text{ м}$$

Труба диаметрини $D=0,2 \text{ м}$ деб қабул қилиб, ундаги ҳавонинг ҳақиқий тезлигини аниқлаймиз:

$$w_r = \frac{4 \cdot V_r}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0,331}{3,14 \cdot 0,2^2} = 10,5 \text{ м/с}$$

Тезликни ошириш участка узунлигини ҳисоблаб топиш учун зарур параметрларни аниқлаймиз.

Газ фазасига нисбатан заррачалар тезлигини В.М.Ульянов томонидан келтириб чиқарилган формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$Re = \frac{w_{\text{до}} \cdot d_y \cdot \rho}{\mu} = \frac{\sqrt{367 + K_\delta} \cdot Ar \cdot \varepsilon^{4,75} - \sqrt{367}}{0,588 \cdot K_\delta}$$

бу ерда $d_y = 0,9$ мм бўлганда, $Ar = 15400$, $K_\delta = 4$.

«Газ-қаттиқ жисм» окимининг нисбий ғоваклилиги:

$$\varepsilon = \frac{v_c}{v_c + v_m} = \frac{0,331}{0,331 + 0,0001} \approx 1$$

Қаттиқ жисм (материал) ҳажми сарфи:

$$V_m = \frac{700 \text{ кг/ч}}{1940 \text{ кг/м}^3} = 0,36 \text{ м}^3/\text{ч} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Унда

$$w_{\text{оми}} = \frac{26 \cdot 10^{-6}}{0,75 \cdot 0,0009} \cdot \frac{\sqrt{367 + 4 \cdot 15400 \cdot 1^{4,75}} - \sqrt{367}}{0,588 \cdot 4} = 3,7 \text{ м/с}$$

Заррачалар тезлиги $w_1 = w_2 - w_{\text{оми}} = 10,5 - 3,7 = 6,8 \text{ м/с}$

Тезликни ошириш участкаси учун бошланғич тезлик:

$$w_{3\theta} = 0,$$

охиргиси $w_{3\theta} = 0,95 \cdot w_1 = 0,95 \cdot 6,8 = 6,5 \text{ м/с}$ га тенг бўлади.

Заррачаларнинг нотурғун ҳаракат участкасининг баландлиги ушбу формуладан ҳисобланади:

$$l_p = \frac{w_{\text{оми}}}{2g} \left[(w_c + w_{\text{оми}}) \ln \frac{w_{\text{чк}} - w_c - v_{\text{оми}}}{w_{\text{чи}} - w_c - w_{\text{оми}}} - (w_2 - w_{\text{оми}}) \times \ln \frac{w_{\text{чк}} - w_2 + w_{\text{оми}}}{w_{\text{чи}} - w_2 + w_{\text{оми}}} \right]$$

$$= \frac{3,7}{2 \cdot 9,81} \left[(10,5 + 3,7) \ln \frac{6,5 - 10,5 - 3,7}{0 - 10,5 - 3,7} - (10,5 - 3,7) \ln \frac{6,5 - 10,5 + 3,7}{0 - 10,5 + 3,7} \right] = 2,35 \text{ м}$$

Тезликни ошириш участкасида газ фазасига нисбатан заррачанинг ўртача тезлигини аниқлаймиз:

$$w_{\text{оми}} = \frac{w_c + w_{\text{оми}}}{2} = \frac{10,5 + 3,7}{2} = 7,1 \text{ м/с}$$

Тезликни ошириш участкасида заррачанинг ўртача тезлиги:

$$w_{3\theta} = w_1 - w_{\text{отн.р}} = 10,5 - 7,1 = 3,4 \text{ м/с}$$

Заррачалар тезлигини ошириш вақтини топаемиз:

$$\tau_p = \frac{l_p}{w_{3\theta}} = \frac{2,35}{3,4} = 0,69 \text{ с}$$

Тезликни ошириш ва турғун участкаларда икки фаза окимнинг гидродинамик режими турлича бўлгани учун ҳар бир участкага тегишли иссиқлик бериш коэффициентларини ҳисоблаймиз:

– тезликни ошириш участкаси учун:

$$\alpha_p = \frac{Nu_p \cdot \lambda}{d_s} = \frac{8,9 \cdot 3,78 \cdot 10^{-2}}{0,0009} = 3738 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

бу ерда

$$Nu_p = 2 + 0,51 Re^{0,52} \cdot Pr^{0,33} = 2 + 0,51 \cdot \left(\frac{w_{\text{отн.р}} \cdot d_s \cdot \rho}{\mu} \right)^{0,52} \cdot \left(\frac{c \cdot \mu}{\lambda} \right)^{0,33} =$$

$$= 2 + 0,51 \cdot \left(\frac{7,1 \cdot 0,0009 \cdot 0,75}{26 \cdot 10^{-6}} \right)^{0,52} \cdot \left(\frac{1060 \cdot 26 \cdot 10^{-6}}{3,7 \cdot 10^{-2}} \right)^{0,33} = 8,9$$

– тезлиги турғун участка учун:

$$\alpha_p = \frac{Nu_{ho} \cdot \lambda}{d_v} = \frac{6,93 \cdot 3,78 \cdot 10^{-2}}{0,0009} = 340,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

бу ерда

$$\begin{aligned} Nu_{ho} &= 2 + 0,51 Re^{0,52} \cdot Pr^{0,33} = 2 + 0,51 \cdot \left(\frac{w_{hoi} \cdot d_v \cdot \rho}{\mu} \right)^{0,52} \cdot \left(\frac{c \cdot \mu}{\lambda} \right)^{0,33} = \\ &= 2 + 0,51 \cdot \left(\frac{3,7 \cdot 0,0009 \cdot 0,75}{26 \cdot 10^{-6}} \right)^{0,52} \cdot \left(\frac{1060 \cdot 26 \cdot 10^{-6}}{3,78 \cdot 10^{-2}} \right)^{0,33} = 6,93 \end{aligned}$$

Тезлиги турғун участка узунлиги тезликни ошириш участкасига караганда 10 барбар катта, яъни $n=10$ бўлгани учун ўртача иссиқлик бериш коэффициентини α ни топамиз:

$$\alpha = \frac{\alpha_p + 10 \cdot \alpha_{cm}}{1 + 10} = \frac{3738 + 10 \cdot 291}{11} = 298,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Қуритиш давомийлигини ҳисоблаб аниқлаш учун ўртача иссиқлик бериш коэффициентини α дан фойдаланамиз:

$$\tau = \frac{Q}{\alpha \cdot F_c \cdot \Delta \cdot t_{cp}} = \frac{67779}{298,5 \cdot 0,60 \cdot 99,6} = 3,8 \text{ с}$$

бу ерда

$$\Delta_{cp} = \frac{\Delta_{\delta} - \Delta_{\mu}}{\ln \frac{\Delta_{\delta}}{\Delta_{\mu}}} = \frac{285 - 20}{\ln \frac{285}{20}} = 99,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Материалнинг тезлиги турғун участкада бўлиш вақти ушбу тенгламадан аниқланади:

$$\tau_{cm} = \tau - \tau_p = 3,8 - 0,69 = 3,11 \text{ с.}$$

Тезлиги турғун участка узунлигини ушбу формуладан ҳисоблаймиз:

$$l_{cm} = (w_p - w_{омин}) \cdot \tau = (10,5 - 3,7) \cdot 3,11 = 21 \text{ м.}$$

Қуритиш трубасининг умумий узунлигини куйидаги формуладан топамиз:

$$l = l_p + l_{cm} = 2,35 + 21 = 23,35 \text{ м}$$

$l = 24 \text{ м}$ деб қабул қиламиз.

Труба қуриткичнинг гидравлик қаршилиги

Труба қуриткичга ҳавонинг кириши ва чиқишида маҳаллий қаршилик коэффициентини $\xi = 0,2$. Труба абсолют ғадир-будурлиги $\Delta = 0,2 \text{ мм}$.

Труба деворининг нисбий ғадир-будурлигини аниқлаймиз:

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{D} = \frac{0,2}{200} = 0,001$$

Рейнольдс критерийси

$$Re = \frac{w_a \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{10,5 \cdot 0,2 \cdot 0,75}{26 \cdot 10^{-6}} = 60614$$

$(10/\varepsilon) < Re < (560/\varepsilon)$, яъни аралаш ишқаланиш соҳаси бўлгани учун λ_{mp} ни ушбу формуладан фойдаланамиз:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_{mp}}} = -2 \cdot \lg \left[0,27 \cdot \varepsilon + \left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right] = -2 \cdot \lg \left[0,27 \cdot 0,001 + \left(\frac{6,81}{60614} \right)^{0,9} \right]$$

$$\lambda_{mp} = 0,0235$$

Энди, $\Delta P_1, \Delta P_2, \Delta P_3, \Delta P_4, \Delta P_5$ ларнинг сон кийматларини топамиз:

$$\Delta P_1 = \lambda_{mp} \frac{l}{D} \frac{\rho w_s^2}{2} + \sum \xi_i \frac{\rho_i w_{s,i}^2}{2} = 0,0235 \cdot \frac{24}{0,2} \cdot \frac{0,75 \cdot 10,5^2}{2} + \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 0,75 \cdot 10,5^2}{2} = 133 \text{ Па}$$

$$\Delta P_2 = \frac{G_{cp} \cdot g \cdot l}{w_s \cdot F_{mp}} = \frac{700+630}{2 \cdot 3600} \cdot 9,81 \cdot 24 = 138 \text{ Па}$$

$$\Delta P_3 = \frac{G_{cp} (w_{чк} - w_{чн})}{F_{mp}} = \frac{700+630}{2 \cdot 3600} \cdot (6,5-0) \cdot \frac{1}{0,03} = 40 \text{ Па}$$

$$\Delta P_4 = (p + \Delta p) \cdot g \cdot l = (0,75 - 0,46) \cdot 9,81 \cdot 24 = 68,2 \text{ Па}$$

бу ерда $\Delta p = 0,75 - 1,21 = -0,46$.

$$\Delta P_5 = \rho_m \cdot g \cdot l \cdot \chi = 1240 \cdot 9,81 \cdot 24 \cdot 7,6 \cdot 10^{-4} = 347 \text{ Па}$$

бу ерда

$$\chi = \frac{\mu_m \cdot i \cdot \rho}{\rho_m} = \frac{1,001 \cdot 1,974 \cdot 0,75}{1940} = 7,6 \cdot 10^{-4}$$

Труба куриткичнинг умумий гидравлик каршилиги:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 = 133 + 138 + 40 + 68,2 + 347 = 726 \text{ Па}$$

7-боб. Қуритиш бўйича

Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Қуритиш жараёнининг моҳияти нимада?
2. Сувсизлантиришнинг неча хил усули бор?
3. Қуритиш жараёни неча турга бўлинади?
4. Конвектив қуритишни таърифланг.
5. Контактли қуритишни таърифланг.
6. Радиацион қуритиш таърифини беринг.
7. Диэлектрик қуритиш таърифини беринг.
8. Сублимацион қуритиш моҳияти нимада?
9. Рамзинининг I-х диаграммасини чизинг ва тушунтиринг.
10. Нисбий намлик параметрини изоҳланг ва диаграммада қандай топишни кўрсатинг.
11. Нам саклаш параметрини изоҳланг ва диаграммада қандай топишни кўрсатинг.
12. Энтальпия параметрини изоҳланг ва диаграммада қандай топишни кўрсатинг.
13. Шудринг нуктаси параметрини изоҳланг ва диаграммада қандай топишни кўрсатинг.
14. Хўл термометр температураси параметрини изоҳланг ва диаграммада қандай топишни кўрсатинг.

15. Парциал босим параметрини изоҳланг ва диаграммада қандай топишни кўрсатинг.
16. Қуритиш потенциали нима?
17. Намликни материал билан боғланиш усуллари.
18. Қуритиш эгри чизиғини чизинг ва кечаётган жараёнларни тушунтиринг.
19. Қуритиш тезлигининг эгри чизиғини чизинг ва кечаётган жараёнларни тушунтиринг.
20. Қуриткичнинг моддий балансини тузинг.
21. Қуриткичнинг иссиқлик балансини тузинг.
22. $\Delta > 0$ бўлса, қуриткич қайси режимда ишлайди?
23. $\Delta < 0$ бўлса, қуриткич қайси режимда ишлайди?
24. $\Delta = 0$ бўлса, қуриткич қандай номланади?
25. Қуритиш жараёнини ташкил этиш усуллари.
26. Камерали қуриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
27. Туннелли қуриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
28. Лентали қуриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
29. Шахтали қуриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
30. Сиртмокли қуриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
31. Тебранма мавҳум қайнаш қатламли қуриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
32. Барабанли қуриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
33. Мавҳум қайнаш қатламли қуриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
34. Аэрофонтан қуриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
35. Пневматик қуриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
36. Жували қуриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
34. Аэрофонтан қуриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
35. Пурковчи қуриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
36. Сублимацияли қуриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
37. Радиацияли қуриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
38. Юкори частотали қуриткич конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
39. Қуриткичларни ҳисоблаш кетма-кетлиги.

ГРАНУЛЛАШ ВА ПРЕССЛАШ

8.1. Умумий тушунчалар

Қаттиқ материалларни сувсизлантириш, брикетлаш ҳамда пластик материалларни грануллаш ва шакллантириш учун кимё, нефть ва газларни қайта ишлаш, металлургия, озик-овкат, фармацевтика ва бошқа саноатларда пресслаш каби жараён қўлланилади.

Пресслаш жараёнининг моҳияти шундаки, махсус прессларда ташки кучлар таъсирида қайта ишланаётган материалнинг шакли ва гранулометриқ таркиби ўзгартирилади.

Турли хом-ашё ва материалларни сувсизлантириш, брикетлаш, шакллаш ва штамплаш учун ортикча босим таъсирида ишлов берилади.

Босим остида сувсизлантириш кимё ва бошқа саноатларнинг турли соҳаларида ишлатилади.

Брикетлаш жараёни брикетлар, яъни цилиндрик ва тўртбурчак шаклдаги прессланган бўлақлар олиш учун қўлланилади.

Брикетлаш жараёнининг турлари кўп бўлиб, энг асосийлари грануллаш ва таблеткалаш. Маълумки, таблетка ва гранулалар ўлчамлари брикетникка караганда анча кичик бўлади. Мамлакатимиз иктисодиятида минерал ўғит, пластмасса, ем, чой, озик-овкат концентратлари, синтетик ювиш воситалари ва бошқа маҳсулотлар гранула ҳолида ишлаб чиқарилади.

Шакллантириш – пластик материалларни қайта ишлашнинг асосий усулидир. Бу жараён пластмасса ишлаб чиқариш саноатларида кўп қўлланилади. Материалларга турли шакл беришда экструзия жараёни кенг ишлатилади.

8.2. Сувсизлантириш ва брикетлаш

Маҳсулот таркибидаги суюклик кимматбаҳо ёки уни сувсизлантириш натижасида маҳсулотнинг қадрилиги ортса, бундай ҳолларда маҳсулотлардан суюклик ажратиш олиш учун сувсизлантириш жараёни қўлланилади.

Одатда, бу жараён ортикча босим остида амалга оширилади. Материалга ортикча босим асосан икки хил усулда: прессларда поршень босими ёки центрифугаларда марказдан қочма куч таъсири орқали берилиши мумкин.

Маҳсулот сифатини ошириш, нобудгарчиликни камайтириш, узоқ муддат давомида фойдаланиш, транспортда ташилишини яхшилаш мақсадида брикетлаш, таблеткалаш ва грануллаш жараёнлари қўлланилади.

Сувни сиқиб чиқариш даражаси пресслаш босимида боғлиқ. Лекин сувни сиқиб чиқариш даражасини ортиши пресс иш унумдорлигини пасайишига ва солиштирма энергия сарфини кўпайишига олиб келади.

Брикетлаш жараёни ҳар доим махсус прессларда амалга оширилади. Олинган брикет ўзидан укаланиб ёки парчаланиб кетмайдиган зичликкача прессланади. Брикетлар прессдан чиқиши билан совутилади ёки қуритилади.

Брикетлаш жараёнининг асосий характеристикаси бу пресслаш босимининг ортиши ва прессланаётган модданинг зичланиш коэффициентлари ўртасидаги боғлиқликдир:

$$\frac{\beta}{\beta_0} = \frac{V}{V_1} = \frac{h}{h_1} \quad (8.1)$$

бу ерда, β , β_0 – охириги ва бошлангич зичланиш коэффициентлари, V , V_1 – маҳсулотнинг пресслашдан аввалги ва кейинги ҳажмлари, h , h_1 – брикетнинг бошлангич ва охириги баландликлари.

Пресслаш босими маҳсулотни зичлаш босими ва уни пресс-қолипга ишқаланиш кучини энгиш босимлари йигиндисида тенгдир.

Агар пресс-колипга ишқаланиш кучларини инобатга олмасак ва маҳсулот бир жинсли система деб қабул қилсак, унда пресслаш жараёнини ифодалаш учун проф. С.М. Гребенюк формуласидан фойдаланса бўлади:

$$\psi \ln \frac{P}{P_0} = \beta - \beta_0 \quad (8.2)$$

Пресс-колип тубидаги солиштирма босим:

$$P_h = P \cdot \exp\left(\frac{\xi f \Pi z}{F}\right) \quad (8.3)$$

бу ерда, h – брикет баландлиги, z – матрица (ўйма колип)даги брикет ва пуансон орасидаги масофа, Π – брикет периметри, f – материалнинг матрица деворига ишқаланиш коэффициенти, F – кўндаланг кесим юзаси, $\xi = \rho_x / \rho_z$ – ен томондаги солиштирма босимнинг вертикал томондаги солиштирма босимга нисбати

Ўзгармас кўндаланг кесимли брикетнинг ўртача зичлиги қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\rho = \frac{\rho - \rho_x \cdot \psi \cdot \ln \frac{P}{P_0}}{1 - \frac{\psi \xi f \Pi G_k}{2F\rho_k}} \quad (8.4)$$

бу ерда, G_k – брикетдаги каттик фаза массаси

Бир томонлама пресслаш жараёнида ҳосил бўлган брикетнинг зичлиги унинг баландлиги бўйича бир текисда бўлмайди. Бунга сабаб, материалнинг матрица деворига ишқаланишидир. Шунинг учун, юқори сифатли, баландлиги бўйича зичлиги бир хил брикетлар икки томонлама пресслаш натижасида ҳосил бўлади.

8.3. Шаклантириш

Пресслаш ва грануллаш жараёнини ўтказишдан мақсад босим, температура, намлик ва силжиш (сурилиш) кучланишларининг комплекс таъсирида тайёр ва қисман ярим тайёр маҳсулотларни олишдир.

Ушбу жараёнлар экструдерларда ўтказилади. Экструзия жараёнининг афзаллиги шундаки, унда аралаштириш, дисперслаш, бир жинсли қилиш, совитиш, шаклантириш ва қуриштиш каби жараёнларни бир вақтда олиб бориш мумкин. Ундан ташқари, экструзия жараёни қайта ишланаётган материалнинг таркибини ва хоссаларини зарур йўналишда ўзгартириш, жараёни узлуксиз ташкил этиш, материалга узлуксиз равишда ароматик бирикма, бўёк, пластификатор ва таъм берадиган моддаларни бетўхтов узатиш имкониятини беради. Экструзия жараёни пластмасса, резина, хамир каби материалларни ҳамда макарон, кондитер маҳсулотлари, омукта ем, болалар овқати, грануланган емлар ишлаб чиқаришда қўлланилади. Экструзия усулида олинган тайёр маҳсулот ёки қисман тайёр маҳсулот *экструдат* деб аталади. Экструдатнинг шакли унга ўрнатилган матрица тешиклари шакли билан белгиланади.

Иссик, совук ёки қайнаш экструзия усуллари бор.

Пластик хом-ашё ва материалларни матрица орқали эзиб ўтказгандаги механик шаклантириш-совук экструзия усулида амалга оширилади.

Намлиги 20...40% ва таркибида крахмал бор материалларни қисман клейстеризация қилиш учун иссик экструзия усулидан фойдаланилади. Олинган маҳсулот албатта ковурилади ёки пиширилади.

Қайнаш экструзияси жараёнида қайта ишланаётган материалда қайтмас биофизик ўзгаришлар содир бўлади. Одатда, ҳосил бўлган экструдат қуригилади ёки ковурилади ва зарур модда билан копланди.

8.4. Маҳсулотларни пресслаш ускуналари

Кимё, озик-овкат ва бошқа саноатларда турли хил конструкцияли пресслар ишлатилади. Уларни 2 та гуруҳга ажратса бўлади: гидравлик ва механик пресслар.

Гидравлик пресс – гидравлика конунларига биноан ишлайди. Пресснинг асосий қисми цилиндрлик бўлиб, унинг ичида қўзғалмас плита билан боғланган плунжер ҳаракат қилади. Плунжернинг ҳаракати юкори босимли суюклик таъсирида амалга ошади.

Прессланаётган материал қўзғалмас ва ҳаракатчан плиталар орасида бўлади. Материалда, плунжер ёки поршень ёрдамида ҳосил қилинган босим кучи, унинг юзасиги тўғри пропорционал:

$$P = p \cdot F \quad (8.5)$$

бу ерда, p – гидравлик системадаги босим, H/m^2 ; F – поршень ёки плунжер юзаси, m^2 .

Ротацион пресслар курук турпни брикетлаш учун қўлланилади. Ушбу прессларнинг текис, ясси ёки цилиндрлик матрицаси бўлади.

Пресслаш жараёнида бу турдаги прессларда жуда катта инерцион кучлар ҳосил бўлади. Шунинг учун бу қурилмалар катта, оғир пойдеворга ўрнатилади.

Ясси матрицали горизонтал ротацион пресснинг конструкцияси 8.1-расмда кўрсатилган.

Пресснинг асосий қисми – бу прессловчи бўлак бўлиб, матрица 5 ва прессловчи жува 4, гранула кесиш мосламаси 6 ва ичи бўш ўқлардан таркиб топган. Матрица 5 ичи бўш ўқга ўрнатилган ва у билан бирга айланади. Конуссимон таксимлагич 2 курук материални жува 4 остига йўналтириш учун мўлжалланган.

Матрицадан чиқаётган прессланган материал пичок билан кесилади ва паррак ёрдамида тўкиш новига йўналтирилади. Матрица ва пичок орасидаги тиркиш 0,5 мм дан ортмаслиги керак. Лекин пичок матрицанинг ишчи энини ёпиб туриши ва пичок тиғи матрицанинг остки юзасига параллел бўлиши зарур. Горизонтал текисликка нисбатан пичокнинг қиялик бурчаги 30° бўлади.

Брикетни кесиш учун 4 та пичок ўрнатилади. Агар йирик ўлчамдаги брикетлар олиниши зарур бўлса,

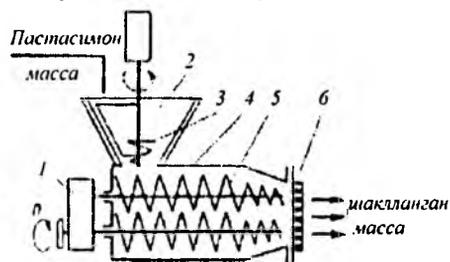
пичоклар сони камайтирилади.

Ротацион таблетка қилиш машиналари 2 синфга бўлинади. Биринчи синфга онд машиналарда пуансон копира устида думалаб ҳаракатланади, иккинчисида эса сирпанади.

Ротацион таблетка қилиш машиналарининг иш унумдорлиги ушбу формуладан топилади:

$$Q = 60 \left(\frac{P}{p} \right) h \cdot \rho \cdot N \cdot m \cdot k \cdot n \quad (8.6)$$

бу ерда, P – пресслаш кучланиши, H ; p – пресслаш босими, MPa ; h – матрицадаги материалнинг пресслашгача бўлган баландлиги, m ; ρ – материал зичлиги, kg/m^3 ; N – ротордаги матрицалар сони, m – матрицадаги уялар сони, k – кўп позициялик коэффициентни ($k=1,2,3,4$), n – ротор айланиш частотаси, $мин^{-1}$.



8.2-расм. Икки шнекли шакллантириш пресси:

- 1-узатма, 2-юкловчи штуцер,
- 3-кадокловчи шнек,
- 4-пресс қобиғи,
- 5-шнек, 6-фильера.

Икки шнекли шакллантириш пресси кимё ва нефть-газни қайта ишлаш саноатларида кенг қўламда ишлатилади (8.2-расм).

Пресс ёрдамида маҳсулотга босим берилади

ва у фильера оркали сиқиб чиқарилади.

Фильера – бу тешиқлари бор ясси металл диск бўлиб, унинг тешиқларидан юкори босимда қайта ишланаётган маҳсулот сиқиб чиқарилади. Ушбу тешиқларнинг шакли тайёр маҳсулот ташки кўринишини белгилайди. Фильерадан чиқиш пайтида маҳсулот эксцентрик ўрнатилган пичоклар билан гранула қилиб кесилади.

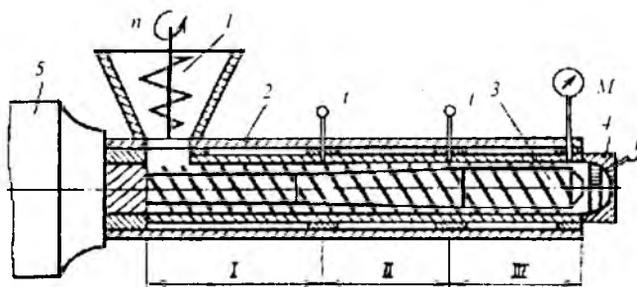
Шнеқ ҳосил қиладиган босим фильера тешиқларининг гидравлик қаршилигига боғлиқ. Ўз навбатида гидравлик қаршилик маҳсулот консистенцияси, тешиқлар шакли ва ўлчамига боғлиқдир.

8.5. Экструзия

Бир шнекли экструдер 8.3-расмда кўрсатилган бўлиб, юкловчи штуцер 1, қобик 2, шнеқ 3, матрица 4 ва бошқариш системали узатма 5 лардан таркиб топган. Шнеқ диаметри 50...250 мм, узунлиги эса 1 дан 20 та диаметрғача. Шнеқ ўрамини шаклининг кўндаланг кесими тўғри бурчакли ёки трапецидал бўлиши мумкин.

8.3-расмдаги I зона материалнинг нам ҳолатини, II қайишқок ҳолатини ва III зона аморф, окувчан массани ифодалайди.

Экструдер ишлаш кўрсаткичи – бу унинг самарадорлиги, яъни иш унумдорлигининг истеъмол қиладиган қувватга нисбати билан аниқланади. Истеъмол қуввати экструдер узатмасининг турига боғлиқ. Агар электр токнинг кучланиши U ва кучи I маълум бўлса, $N=UI$ формуладан экструдер қуввати аниқланади.



8.3-расм. Бир шнекли экструдер.

1-юкловчи штуцер, 2-қобик, 3-шнеқ, 4-фильера, 5-узатма,
t - термометр, M-босим асбоби. I-юқлаш ва эриш зонаси,
II-компрессия зонаси, III-кадоқлаш зонаси

8.6. Грануллаш усуллари ва гранулятор конструкциялари

Сочилувчан материалларнинг физик-механик хоссалари, таркиби, шакли ва маълум ўлчамли материалларни олишга йўналтирилган физик-механик ва физик-кимёвий жараёнлар йиғиндисига *грануллаш* жараёни деб аталади. Табиатда грануллаш жараёни турли муҳитларда мавжуд: ер остида вулкон отилиб чиқиши, ер устида муз ва тупроқ силжишида, шағал ва атмосферада дўл ҳосил бўлишлардир.

Инсоният қадим замонлардан ерга ишлов беришда, яъни унинг унумдорлигини ошириш учун унга юмалок-юмалок таркиб ёки қурилишда минерал хом-ашёни шакллантиришда грануллаш жараёнидан фойдаланиб келган.

Бу жараён натижасида физик-механик хоссалари яхшиланган гранулалар олиш мумкин. Чунончи, грануллаш маҳсулотларнинг ташки кўриниши яхши, сочилувчан ва зичлиги юкори бўлган ҳолда мустақкам таркибга эга. Ундан ташқари, уларнинг ўлчамлари бир хил, юқлаш ва узок масофага узатиш пайтида чангимади.

Грануллаш жараёни қуйидаги технологик босқичлардан иборат:

- хом-ашёни кайта ишлашга тайёрлаш компонентларни кадоклаш ва аралаштириш;
- гранула ҳосил қилиш (агломерация, кристаллаш, зичлаш ва х.);
- гранула таркибини муътадиллаш (қуритиш, совитиш, полимеризация усулларида заррачалар орасидаги боғларни мустаҳкамлаш);
- классификациялаш, йирик фракцияларни парчалаш (янчиш);

Ҳозирги кунда, саноатда қўлланиладиган ва маълум грануллаш усуллари куйидагилардир:

1) каттик моддаларни юмалатиб грануллаш; 2) эритмани пуркаш ва грануляцион минораларда совитиш; 3) курук кукунларни пресслаш; 4) эритмани мавҳум кайнаш катламида пуркаш; 5) турбопарракли қурилмада тезкор грануллаш; 6) тангасимон пластиналар ҳосил қилиш (эритмани бошка юзаларда совитиш йўли билан); 7) экструзия.

Каттик моддаларни юмалатиб грануллаш барабанли ёки тарелкали қурилмаларда олиб борилади. Грануллаш албатта суюқлик иштирокида олиб борилади. Суюқлик каттик фаза билан бирга ёки эритма сифатида қурилмага юборилади.

Гранула ҳосил бўлиш ва унинг диаметри ўсишига, каттик ва суюқ фазалар орасидаги нисбат катта таъсир кўрсатади.

Бу грануллаш жараёни 4 босқичдан иборат:

- боғловчи ва ретурни аралаштириш;
- майда заррачалар ва майдаланган бўлақлардан гранула ҳосил қилиш;
- юмалатиш ва зичлаш;
- муътадиллаш (стабиллаш).

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, жараённинг ҳар бир босқичида ўлчам бўйича заррачаларнинг тақсимланиши ўзгариб боради.

Кукун ва ретурни аралаштириш пайтида боғловчи модда сифатида турли хил суюқликлар ишлатилади, чунончи, сув, маҳсулот эритмаси, бирорта компонентнинг эритмаси (плав) ва бошкалар. Суюқлик ва материалларнинг ўзаро таъсир схемаси куйидагича:

агарда фракцияда майда заррачалар улуши кўп бўлса, улар орасидаги масофа бўш қолиб кетади. Шунинг учун, заррачалар орасидаги тортишиш кучи кичик бўлади ва гранула мустаҳкамлиги паст бўлишига олиб келади;

агарда фракцияда майда заррачалар улуши кўпайса, гранула зичлиги ортади ва уларнинг мустаҳкамлиги ортади.

Лекин шуни алоҳида таъкидлаш керакки, йирик заррачаларнинг гранула ҳосил қилишда ижобий роли ҳам бор, чунки улар бўлажак грануланing скелети бўлиб хизмат қилади. Бунда, майда заррачалар катта заррачалар орасидаги бўшлиқни тўлдиради ва натижада улар орасидаги масофа камаёди. Факат нам аралашма таркибидаги йирик ва майда заррачаларнинг маълум бир оптимал қийматларидагина зичлиги юкори ва катта тортишиш кучига эга гранулалар ҳосил қилиш мумкин.

Юмалатиб грануллаш босқичи – бунда заррачаларнинг нисбатан қўзғалмас катламга кўп марта урилиши натижасида гранулалар ҳосил қилиш ва уларни зичлаш мумкин.

Грануланing зичланиши кўп марта урилишлар ва юкоридан пастга қараб тўкилишлари оқибатида рўй беради. Натижада материал таркибидаги ортикча намлик сиқиб чиқарилади. Бунинг оқибатида курук материаллардан ҳосил бўлган гранула ёпишишига идеал шароит яратилади. Заррачаларнинг бир-бирига яқинлашиши билан, сув катламининг калинлиги тобора камайиб боради, лекин гранулаларнинг тортишиш кучи эса, ортиб боради. Ҳосил бўлаётган гранулага янги заррачаларнинг ёпишиш механизмининг асосий шarti шундаки, бу ҳодиса факат гранула ва заррача ўлчамларининг маълум бир нисбатида рўй беради.

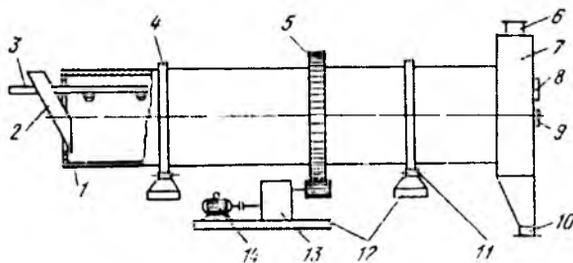
Гранула таркибининг зичланиши ҳар томонидан кўп урилишлар натижасида аста-секин борадиган жараёндир.

Гранула таркибини муътадиллаш босқичи. Тайёр маҳсулот олиш учун грануланing мустаҳкамлигини ошириш зарур. Бунинг учун гранула таркибидаги намлик йўқотилади ёки каттик агрегат ҳолатига ўтказилади. Лекин гранула таркибидаги намликни йўқотишнинг энг кенг тарқалган усули – бу қуритишдир. Гранула намсизлантирилганда каттик фаза кристал-

ланади. Баъзи ҳолларда бу жараён гранула парчаланишига олиб келади, шунинг учун ҳар доим ҳам гранулалар таркибига жуда юқори талаб қўйиб бўлмайди.

8.4 ва 8.5 - расмларда юмалатиб грануллаш қурилмаларининг схематик тасвирлари келтирилган.

Барабанли гранулятор одатда уфқга нисбатан $1...30^\circ$ оғиш бурчагида ўрнатилади. 8.4-расмда барабанли гранулятор-қуриткич қурилмаси кўрсатилган. Бу қурилма эритмаларни грануллаш ва қуритиш ҳамда конструкциясига қараб, ҳосил қилинган маҳсулотни классификациялаш ва совитиш учун қўлланилади.

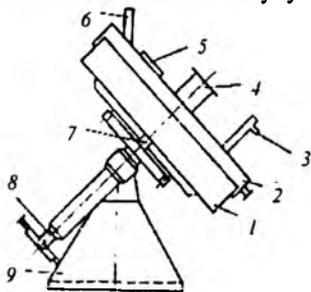


8.4-расм. Барабанли гранулятор:

- 1-обечайка, 2-кукунни юклаш тарнови, 3-боғловчи таксимлагич, 4-бандаж, 5-тишли шестерня, 6-бугларни сўриб олиш патрубкиси, 7-тўкиш камераси, 8-еритиш учун дарча, 9-кўриш ойнаси, 10-гранулали тўкиш патрубкиси, 11-таянч гилдиракча, 12-бетон пойдевор, 13-редуктор, 14-электр юриткич.

Цилиндрик обечайка 1 нинг ташқарисига бандаж 4 ва тожли шестерня 5 лар ўрнатилади. Электр юриткич 14 дан айланма ҳаракат редуктор 13 ёрдамида 5 га узатилади ва натижада цилиндрик обечайка 1 материал билан бирга айланади. Барабаннинг бир четида юкловчи, иккинчи четида тўқувчи камералар жойланган бўлиб, улар грануляторнинг ишчи ҳажмини зичлаш функциясини ҳам бажарадилар. Юкловчи тарнов 2 орқали шихта ёки курук кукун юкланади. Агар қурилмага курук кукун берилса, унда катлам устига боғловчи таксимлагич 3 дан керакли микдорда суюқ фаза юборилади.

Ушбу грануляторнинг асосий қисми ўз ўқи атрофида айланувчи тарелка 1 бўлади. Маҳсус механизм 8 ёрдамида унинг қиялик бурчагини ҳам ўзгартириш мумкин. Боғловчи моддани узатиш учун тарелка 1 устида пуркагич 3 ўрнатилади. Грануллаш пайтида тарелкага ёпишиб қолган массани тозалаш учун маҳсус киргич ўрнатилади.



8.5-расм. Тарелкали гранулятор:

- 1-айланувчи тарелка, 2-зичловчи қобик, 3-пуркагич, 4-бугларни сўриб олиш патрубкиси, 5-кузатиш ойнаси, 6-юклаш патрубкиси, 7-ўк, 8-бурчакни ўзгартириш механизми, 9-таянч

Бу турдаги қурилмалар таҳлили шуни кўрсатадики, бу қурилмада юқори сифатли маҳсулот олиш билан бирга, жуда кўп иссиқлик ва масса алмашинишга эришса бўлади. Олинган маҳсулотнинг гранулометриқ таркиби 80...90% товар фракциясини ташкил этади. Ундан ташқари, жараёни автоматлаштириш кийин эмас.

Камчиликлари: ўлчами катта, қўпол; металл кўп сарфланади; суюқликни пуркаш учун кўп энергия сарф бўлади; маҳсулот қурилма деворларига ёпишиши мумкин.

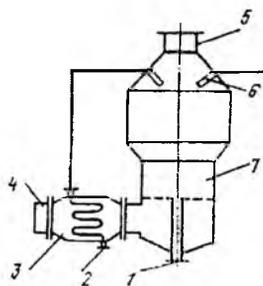
Бу усулда ишлайдиган қурилмаларни оптималлашдан мақсад, керакли гранулометриқ таркибдаги маҳсулот олиш ва максимал иш унумдорликка эришишдан иборатдир.

Мавҳум кайнаш катламида грануллаш учун турли конструкцияли грануляторлар ишлатилади.

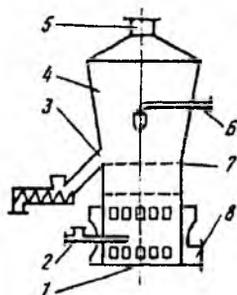
Одатда, бундай гранулятор қобиғи шаклига қараб цилиндрик (8.6б-расм), $30...60^\circ$ конуслик бурчаги кичик бўлган (20° гача) (8.7-расм) ва конуслиги катта (8.8-расм), конуссимон, цилин-

дрик-конуссимон, тўғри бурчакли (8.9-расм) ва квадрат кўндаланг кесимли (8.13-расм) бўлади. Курилманинг шакли унинг гидродинамикасини белгилайди.

Конуслик бурчаги 20° гача бўлган курилмаларда ҳамма кўндаланг кесимларида бир текисда мавҳум кайнаш содир бўлади (8.9-расм).



8.6-расм. Марказий тўқиш ва ишлатилган эритмани қатламга узатувчи цилиндрлик курилма:
1-тўқиш патрубкиси; 2-юклаш патрубкиси; 3 - калорифер; 4-элтқиш кириш патрубкиси; 5 - ишлатилган элтқишни чикариш патрубкиси; 6- суюклик пуркагич; 7-кобик.

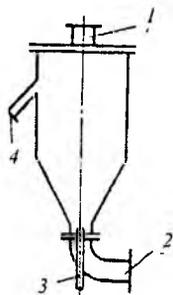


8.7 -расм. Конуссимон курилма.
1-утхона; 2-газ ендиргичи; 3-тўқиш патрубкиси; 4-кобик; 5-ишлатилган элтқишни чикариш патрубкиси; 6-пуркагич; 7-тўр парда; 8-элтқиш кириш патрубкиси.

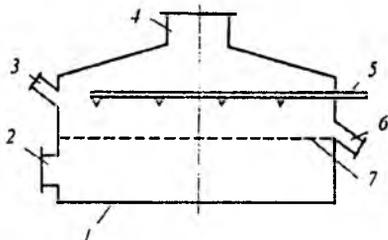
Агар конуслик бурчаги катта бўлса, курилма марказида сийраклашган ва девор атрофида эса заррачалар секин-секин тўпланиб қатлам зичланади, яъни фавворасимон мавҳум кайнаш жараёни содир бўлади (8.8-расм).

Цилиндр-конуссимон мавҳум кайнаш қатламли курилмаларнинг цилиндрлик қисмида қатламнинг заррачалари умуман бўлмайд (8.7-расм).

Иссиклик элтқишлар ўзаро кесишган йўналишда ҳаракат қилган ҳолатларда қаттик заррачаларни маълум бир йўналишда узатиш учун тўғри тўртбурчак шаклидаги курилмалар ишлатилади. (8.9-расм)



8.8-расм. Фавворасимон қатламли конуссимон гранулятор:
1-иссиклик элтқишни чикариш патрубкиси; 2-иссиклик элтқишни кириш патрубкиси; 3-суюклик пуркагич; 4-маҳсулотни тўқиш патрубкиси.

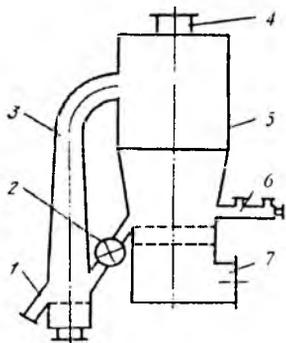


8.9-расм.Тўғри тўртбурчак шаклдаги мавҳум кайнаш қатламли гранулятор:
1 - кобик; 2 - иссиклик элтқиш кириш патрубкиси; 3 - решикл учун кириш патрубкиси; 4-ишлатилган элтқишни чикариш патрубкиси; 5-таксимлагич; 6-тўқиш патрубкиси; 7-тешикли панжараси.

Катта иш унумдорликка эришиш учун тўғри тўртбурчакли курилмаларни лойиҳалаш, жараёни ярим саноат шароитларида текшириш ва синаш учун квадрат кўндаланг кесимли курилмалар жуда қулайдир (8.10-расм).

Барабанли гранулятор-куриткич (БГК) грануллаш ва куритиш учун мўлжалланган ҳамда конструкциясига қараб, маҳсулотларни классификациялаш ва совитиши мумкин.

БГК нинг асосий қисми барабан бўлиб, гранула тўкилиш томонига қараб қия ўрнатилади. Барабан, ташқарисида 2 та бандаж таянч 10 ларга таяниб туради. Ундан ташқари, тожли шестерня 12 ҳам ўрнатилади ва унинг ёрдамида электр юриткичдан редуктор орқали келаётган айланма ҳаракат барабанга узатилади. Саноат қурилмалари 3-5 айл/мин тезликда ҳаракат қилади.



8.10-расм. Квадрат шаклидаги мавҳум қайнаш қатламли гранулятор:

1-тўкиш патрубкиси, 2-тамба, 3-конуссимон классификатор, 4-ишлатилган элткични чиқариш патрубкиси, 5-қобик, 6-суюклик ра решиклини узатиш бўлағи, 7-элткич кириш патрубкиси.

Барабанда юклаш ва тўкиш камералари бўлиб, уларни зичлаш учун лентали ёки секторли кистирмалар ўрнатилади. Чанг ҳосил бўлмаслиги ва ўтхона бир меъёрда ишлашини таъминлаш учун қурилмада 10...50 Па вакуум ушлаб турилади (8.11-расм).

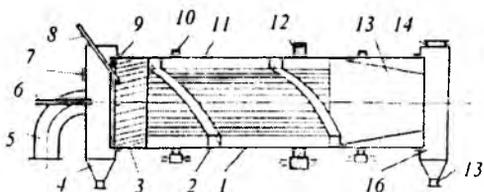
БГК ташки кўринишидан барабанли грануляторга ўхшаса ҳам, лекин унда гранула ҳосил қилиш механизми тубдан фарк қилади. Бунга сабаб, БГК нинг ичидаги кўшимча конструктив элементлар борлигидир.

Грануллаш жараёнида асосий вазифани пульпа пуркагичлар бажаради.

Саноатда қўлланиладиган пуркагич конструкцияларида иккала фаза мослама ичида аралашади. Улар бир-биридан сиқилган ҳавони киритиш жойи, пуркаш дисперслигини ростлаш ва

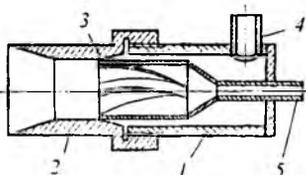
суюклик каналлини тозалаш усуллари билан фаркланади (8.12-расм). Пульпани пуркаш учун босими 0,2...0,4 МПа ва сарфи 60...70 м³/м³ бўлган сиқилган ҳаво ишлатилади.

Эритмаларни пуркаб грануллаш. Бу усулда грануллаш механизми қуйидагича: эритма, грануляция минорада пуркагичлар ёрдамида майда томчилар ҳолатигача пурқалиб, пастга қараб йўналтирилади. Пастдан юқорига қараб эса, вентилятор ёрдамида берилаётган совук ҳаво ёрдамида томчилар совитилади, яъни ўз иссиқлигини ҳавога беради ва гранула шаклига келтирилади. Чунончи, томчи иссиқликни бериши билан гранула ҳосил бўла бошлайди ва томчининг ташки юзаси кристалланиб, жараён охирида ички қатламлари ҳам кристалланади. Шундай қилиб, кристалланиш жараёни томчининг ташки юзасидан ичкарига қараб йўналган бўлади.



8.11-расм. Барабанли гранулятор -куриткич:

1-қобик, 2-шнек, 3-паррақли насадка, 4-юқловчи камера, 5-элткич кириш патрубкиси, 6-пуркагич, 7-кузатиш ойнаси, 8-решик кириш патрубкиси, 9-зичловчи ҳалқалар, 10-бандаж, 11-тоқчали насадка, 12-тожли шестерня, 13-конус-классификатор, 14-ишлатилган элткични чиқариш патрубкиси, 15-тўкиш патрубкиси, 16 - тўкиш камераси.



8.12-расм. Пневматик пуркагич:

1-қобик, 2-сопло, 3-пульпа уюрмалагич, 4-сиқилган ҳаво кириш патрубкиси, 5-пульпа чиқариш патрубкиси

Грануляцион минорада гранула ҳосил бўлиши нотурғун иссиқлик алмашиниш жараёнида ўтади. Лекин иссиқлик манбаи, эритма томчисининг ичида бўлгани учун жараён янада мураккаблашади ва кийинлашади.

Бундай жараёнларни амалга оширувчи қурилмаларнинг муҳандислик ҳисоби шундан иборатки, грануляцион минора баландлиги ёки томчиларнинг тушиш вақти аниқланади. Албатта, бу вақт ичида ёки шу баландликни босиб ўтиш даврида, томчи кристалланиб улгуриши керак. Ундан ташқари, ҳосил бўлган гранула бир-бирига ёпишмаслиги ва пастга тушганда, шакли бузилмаслиги керак.

Маълумки, вақт ўтиши билан томчининг кристалланиши ортади. Шунинг учун, гранула олиш температураси шундай бўлиши керакки, бунда кристалларнинг суюқ эритмага нисбати, грануланинг таркибини, яхлитлигини бузмаслиги керак.

Одатда томчилардан гранула ҳосил қилиш, грануляцион минораларда ёки мавҳум қайнаш қатламида амалга оширилади.

Ушбу қурилмаларнинг асосий элементларидан бири пуркагичдир. Пуркагичлар конструкциясига қараб, марказдан кочма, статик ва вибрацион бўлади.

Агарда ушбу маҳсулотлар мавҳум қайнаш қатламида совутилса, селитра учун ёз фаслида грануляцион минора баландлиги $h = 30$ м ва диаметри $d = 10...20$ м бўлиши керак.

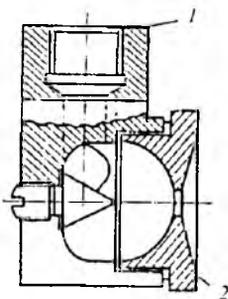
Қарбамид учун ёз фаслида грануляцион минора баландлиги $h = 55...60$ м ва диаметри $d = 15...20$ м бўлиши зарур. Нитроаммофоска грануляция қилиш учун, ёз фаслида, грануляцион минора баландлиги $h = 50...55$ м ва диаметри $d = 10...20$ м бўлиши керак.

Қатламга суюқликни пуркаш учун механик (8.13-расм) ва пневматик (8.14-расм) пуркагичлар қўлланилади. Пневматик пуркагичлар майда ва бир текисда суюқликни пуркайди, аммо унинг энергетик сарфлари катта. Механик пуркагич ёрдамида бевосита мавҳум қайнаш қатламига суюқликни узатиб бўлмайди, чунки суюқликнинг мосламадан чиқишдаги тезлиги кичик ($3...6$ м/с) ва майда дисперс суюқликнинг қатламда тарқалиши учун каттик заррачаларсиз бўшлик йўқ.

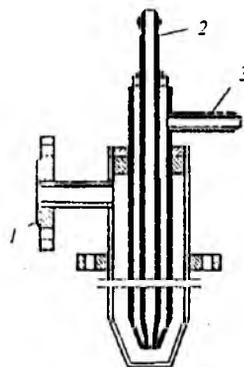
Механик ва пневматик пуркагичлар суюқликни $0,1-0,8$ мм ли майда дисперс томчиларга айлантириб узатишни таъминлайди. Пуркагичларга қўйиладиган асосий талаблар: бир текисда ва турғун ишлаши, пуркаш зичлиги юқори ва узлуксиз бўлишини, ишончли ишлаши ва энергетик сарфлар минимал, ҳамда гранула ҳосил қилиш режимини таъминлаши керак.

Турбопаррақли грануляторда грануллаш. Кукунсимон материалларни турбопаррақли тезкор грануляторларда грануллаш механизми барабанли ёки тарелкали қурилмаларда материалларни юмалатиб грануллаш жараёнига ўхшашдир.

Тезкор грануляторларда гранула ҳосил бўлиши, аралаштирувчи стерженларнинг материалга таъсири, яъни 170 с⁻¹ частота билан айланаётган элементлар аралаштириши асосий сабабдир (8.15-расм).



8.13-расм. Механик пуркагич:
1-суюқликнинг тангенциал кириши, 2-пуркаш соплоси

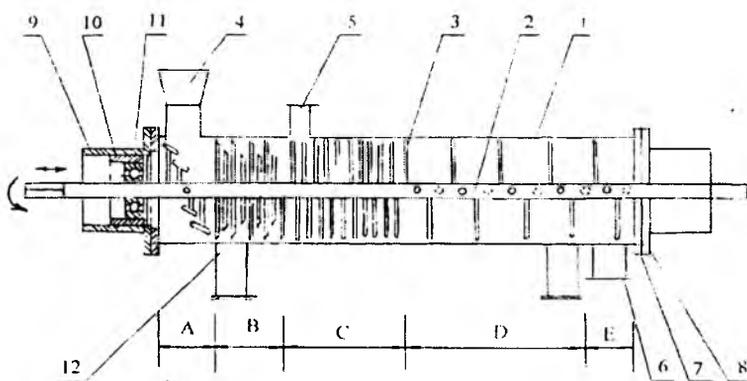


8.14-расм. Қўп каналли пневматик пуркагич:
1-газ ёки иссиқлик элтикчи кириши; 2-суюқлик кириши; 3-пуркаётган суюқлик кириши.

Материални турбопарракларда курилмада кайта ишлаш вакти бир неча секунддан 2...3 мин гача бўлади. Бу турдаги курилмаларда гранула ҳосил бўлиши бир неча боскичда боради, яъни жараён даврларининг алмашилиш кетма-кетлиги куйидагича: аралаштириш (*A* зона), майдалаш (*B* зона), гранула ҳосил қилиш (*C* зона), гранулаларни зичлаш ва шарсимон шакл бериш (*D* зона) ҳамда тўқиш (*E* зона).

Ҳар бир зонада стержен 3 ларнинг жойлаштириш қадами хар хил бўлади, чунки уларда кечадиган жараёнлар бир-биридан тубдан фаркланади. Тезкор усулда грануллаш жараёнида кимёвий реакциялар самарадор ўтиши мумкин. Боғловчи модда вазифасини турли суюк маҳсулот ва моддалар ўтайди.

Сочилувчан материаллардан гранула олиш курилмаси цилиндрик кобик 1 ва уни ичида стержен 3 лар маҳкамланган горизонтал ўк 2 лардан таркиб топган. Ўк 2 ҳам айланма, ҳам илгарилама-кайтма ҳаракат қилиш қобилиятига эга. Бунинг учун ўкнинг икки учи подшипник 11 га ва ўз навбатида подшипникнинг ташқи халқаси стакан 10 га кўзгалмас қилиб ўтказилади.



8.15-расм. Сочилувчан материаллар учун турбопарракли тезкор гранулятор:
 1-кобик; 2-ўк; 3-стержень; 4-материал юклаш бункери; 5-боғловчи суюклик кириш штуцери, 6-гранула тўқиш штуцери, 7-фланец, 8-копқок, 9-втўлка; 10-стакан, 11-подшипник, 12-таянч.

Стакан 10 фланец 7 ли втўлка 9 ичида сирпанувчан қилиб ўрнатилгани учун ҳам айланма, ҳам илгарила-кайтма ҳаракатлана олади. Бункер 4 дан каттик сочилувчан ва штуцер 5 орқали боғловчи материаллар курилма ичига узатилади. Боғловчи суюклик пуркагич ёрдамида майда томчилар кўринишида курилма ичига пуркалади. Ҳосил бўлган гранулалар штуцер 6 дан чиқариб юборилади. Курилма горизонтал қилиб тайёрлангани учун иккита таянч 12 да пойдеворга маҳкамланади.

Грануляторнинг *A* зонасида 4 та стерженларнинг учларига куракчалар ўрнатилган бўлиб, хом-ашёни кобик ичига узатиш учун хизмат қилади. Куракчаларни ўкга жойлаштириш қадами $t_1=1,25 \cdot d$, бу ерда, d – стержен диаметри. Узатиш зонасининг бундай конструкцияси каттик материални яхши аралашини ва самарали узатишни таъминлайди.

Майдалаш зонаси *B* да радиал стерженлар ўзига хос конструкцияга эгадир ва стерженларининг учи ўткир ҳамда қия қилиб кесиб қўйилган. Цилиндрик стерженлар $t_2=(0,8-1,0) \cdot d$ кадам билан жойлаштирилган. Майдалаш жараёни самарали кечиши учун ҳар бир стерженнинг айланиш йўналиши бўйича олд қисми ўткир қилиб ясалган.

Грануллаш зонаси *C* да бурама стерженлар $t_3=(1,1-1,8) \cdot d$ кадамда ўрнатилган. Бу зона стерженларининг учи ярим сфера шаклида думалоқ қилиб ясалган ва винтсимон эгри чизик бўйлаб жойлаштирилган. Ундан ташқари, ушбу зонанинг бошланғич қисмида боғловчи суюкликни пуркаш учун штуцер ўрнатилган ва бевосита икки фазали катламга пуркалади. Стерженларнинг бурама шакллелиги эса, бир хил фракцияли, гранулометриқ таркиби юқори ва шарсимон шакли гранулалар олиш имконини беради.

Зичлаш ҳамда мустаҳкамлаш зонаси D цилиндрик стерженлар $t_p = (2-2,5) \cdot d$ кадамда жойлаштирилган ва ҳар бирининг учи силликланган. Агар стерженлар $t_p < 2d$ кадамда жойланса, ҳосил бўлган гранулалар парчаланиши кузатилади. Лекин стерженлар жойлашиши $t_p > 2,5d$ бўлса, гранулалар зичланиши суस्त боради, яъни механик мустаҳкамлиги етарли бўлмайди.

Сочилувчан материал хоссаларига қараб гранулятор ўқининг айланишлар сонини ўзгартириб сифатли ва юқори гранулометриқ таркибга эга гранулалар олиш мумкин.

Ўқнинг илгарима-қайтма ҳаракати қурилма цилиндрик қобигининг деворига ёпишиб қолган массани кесиб олиш учун хизмат қилади ва гранулалар шаклининг шарсимон бўлишини таъминлайди.

Ушбу грануляторнинг афзалликлари: бир хил ўлчамли гранулалар олиш мумкин; грануллаётган материал қобик деворларига ёпишмайди; гранулометриқ ва маҳсулот товар кўриниши яхшиланади; майда дисперс қуқунлар ҳосил бўлмагани учун атроф-муҳит ифлосланмайди. Турбопарракли тезкор грануляторда қайта ишланаётган материал оқими ҳаракатининг таҳлили, бу жараённинг асосий параметрларини аниқлаш имконини беради.

Материал қатламини узатишнинг чизикли тезлиги:

$$v_c = \frac{Q_0}{\pi \cdot \rho_{гук} \cdot \varphi \cdot R_k^2} \quad (8.7)$$

бу ерда, Q_0 – грануллаётган аралашма сарфи, $\rho_{гук}$ – грануллаётган аралашма зичлиги; φ – гранулятор ишчи камерасини тўлдирлиш коэффициентини, R_k – ишчи камера радиуси

Грануллаш жараёнида гранула босиб ўтган масофа узунлиги l :

$$l = \frac{L \cdot \pi \cdot \rho_{мук} \cdot \varphi \cdot \omega \cdot R_k^3}{Q_0} \quad (8.8)$$

бу ерда, L – гранулятор ишчи камераси узунлиги, ω – гранулятор ўқининг айланиш частотаси

Ҳосил қилинган грануланинг ўртача диаметри ушбу формуладан ҳисоблаб топилади:

$$d = d_0 \cdot \exp m \cdot (W - W_p) \quad (8.9)$$

бу ерда, d_0 – гранула ҳосил бўлиш пайтидаги гранула диаметри; m – материал хоссалари ва Фруд критерийсига боғлиқ коэффициент, W – гранула ҳосил бўлиш пайтида аралашма таркибдаги боғловчи модда микдори.

Боғловчи модда сарфи қуйидаги формуладан аниқланади:

$$Q_{бм} = Q_0 \left(W_{бм} + \frac{1}{m \ln \frac{d}{d_0}} \right) \quad (8.10)$$

Турбопарракли тезкор грануляторда олинган гранулалар ўлчамлари логарифмик нормал тақсимланиш қонунига бўйсунди.

Ушбу дарслик муаллифлари томонидан турбопарракли тезкор грануляторда пахта чигити кунжарасини грануллаш бўйича ижобий натижалар олинган. Қурилма хом-ашёни юклаш, майдалаш, грануллаш, гранулаларни зичлаш ва шакл бериш зоналаридан иборатдир.

Кунжарани турбопарракли, тезкор қурилмада майдалаш даражаси ушбу формулада ҳисобланади:

$$i = 0,74 \cdot \omega^{0,2} \left(\frac{t}{d} \right)^{-0,35} \quad (8.11)$$

Оддий суперфосфатни турбопарракли қурилмада тезкор майдалаш бўйича олинган маълумотлар бўйича қуйидаги умумлаштирилган формула келтириб чиқарилган:

$$i = 0,47 \cdot v^{0,3} \left(\frac{t}{d} \right)^{0,55}$$

бу ерда, δ – айланма тезлиги, c^1 , lD – болалар жойлашиш қадами.

8.7. Сочилувчан материални грануллашга мойиллигини баҳолаш

Маълумки, гранула ҳосил бўлиши билан унинг таркиби зичланиб боради. Шунинг учун, моддаларни гранулланишга мойиллик кўрсаткичи сифатида зичланишни ҳисоблаш мумкин. Демак, зичланишга мойиллик, бу моддаларнинг маълум босим остида зичланиш хусусиятидир:

$$\Gamma_1 = \frac{\partial(\rho/\rho_0)}{\partial P} \quad (8.12)$$

Ундан ташқари, моддаларнинг зичланишга мойиллиги уларнинг шаклланишга мойиллиги билан ҳам ифодаланади. Шаклланишга мойиллик бу шундай хусусиятки, бунда модда пресслаб гранулланиш натижасида олган шаклини сақлаш қобилиятидир:

$$\Gamma_2 = \frac{\partial \sigma}{\partial P} \quad (8.13)$$

Турли маҳсулотларни гранулланишга мойиллик кўрсаткичи сифатида гранулланишга мойиллик коэффициенти қўлланилади:

$$K_1 = \frac{(\rho/\rho_0)}{P_{ит}}; \quad (8.14)$$

$$K_2 = \frac{\sigma}{P_{ит}}$$

бу ерда, ρ ва ρ_0 – материалнинг оралик ва бошланғич зичликлари, т/м³. σ – эзиш даврида грануланинг мустаҳкамлиги, Па, $P_{ит}$ – зичланиш босими, Па

Агарда материалнинг зичланиш қобилияти K_1 канча юқори бўлса, унинг шунчалик шаклланиш қобилияти K_2 яхши бўлади.

Материалларни гранулланишга мойиллигини баҳолаш уларнинг зичланиш ва шаклланиш қобилиятлари бўйича классификация қилиш имконини берибгина қолмай, балки ушбу материал учун энг ишончли ва ярқоли грануллаш усулини тавсия этиш имконини беради.

Қанчалик K_1 ва K_2 юқори бўлса, шунчалик кичик кучланишларда гранулаларнинг зичланиш даражаси юқори бўлади. Демак, ушбу шароитларда юмалатиб грануллаш усули тавсия этилиши мумкин.

Агар модданинг грануллашга мойиллиги кичик бўлса, унда грануллаш учун катта кучланишлар талаб қилинади. Масалан, пресслаш ёки боғловчи модда қўшиб юмалатиб грануллаш.

Гранулланишга мойиллик материалнинг физик хоссалари ва ҳолат параметрлари (температура t , намлик W , гранулометриқ таркиб R , pH ва ҳоказо) га катта боғлиқ.

8.1-жадвалда баъзи бир кимёвий маҳсулотларнинг гранулланишга мойиллиги ва тавсия этиладиган грануллаш усуллари келтирилган.

8.1-жадвал

т/р	Материал номи	$K_1 \cdot 10^{-3}$	K_2	$W, \%$	$t, ^\circ C$	Усул
1	Фосфогипс	1,0	0,008	20	20	боғловчи модда қўшиб пресслаш ёки юмалатиб грануллаш
2	Хлорли калий	0,8	0,01	0,05	20	-
3	Суперфосфат	1,0	0,011	2,5	20	-
4	Аммофос	2,07	0,028	0,8	20	юмалатиб грануллаш
5	Нитроаммофос калийли ўғит	1,23	0,027	0,3	20	пресслаш
6	Мочевина	0,8	0,07	0,3	20	эритмани пурқаш

8.8. Грануляторларни ҳисоблаш

Барабанли гранулятор-куриткични ҳисоблаш (БГК). Карбамид гранулаларини олиш учун куйидаги маълумотлар асосида БГК ҳисоблансин.

$$\begin{aligned} G &= 30 \text{ м/с}; & \mathcal{E} &= m = 0,65; \\ t_1 &= 450^\circ\text{C}; & D &= 0,7 \text{ мм}; \\ t_2 &= 100^\circ\text{C}; & Z &= 40; \\ W_1 &= 24\%; & V_1 &= 2,4 \text{ м/с}; \\ W_2 &= 1,2\%; & V_u &= 0,21 \text{ м/с}; \\ W_{sp} &= 4\%; & t_n &= 85^\circ\text{C}; \\ & & t_{um} &= 80^\circ\text{C}; \end{aligned}$$

Иссиқлик элтиқич температура напорини аниқлаш:

$$\Delta T = t_1 - t_2 = 450 - 100 = 350^\circ\text{C}$$

Қурилма кўндаланг кесимига намлик бўйича кучланишни ҳисоблаймиз:

$$A_F = 0,49\Delta T + 200 = 0,49 \cdot 350 + 200 = 371 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$$

Тайёр маҳсулот унумдорлиги бўйича қурилмада буғлатилган намликнинг умумий миқдорини аниқлаймиз:

$$Q_0 = G_{np} \frac{W_1 - W_2}{100 - W_1} = 30 \cdot \frac{24 - 1,2}{100 - 24} = 9 \text{ м/с}$$

Қурилма диаметрини топамиз:

$$D = \sqrt{\frac{Q_0}{0,785 A_F}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^3}{0,785 \cdot 371}} = 5,5 \text{ м}$$

Модификациялашган Фруд критерийси кийматини $Fr_{opt} = 0,022$ деб қабул қилиб қурилма айланиш частотасини ҳисоблаймиз:

$$n = \frac{60}{\pi} \sqrt{Fr_{opt} \frac{g}{D}} = \frac{60}{3,14} \sqrt{\frac{0,022 \cdot 9,8}{5,5}} = 3,8 \text{ айл/мин}$$

Пульпани пуркаш фаввораси узунлигини топамиз:

$$\frac{L_\psi}{D} = 0,44 \left(\frac{P}{P_0} \right)^{0,9} \left(\frac{V_u}{V_c} \right)^{0,29} \left(\frac{G_u}{G_n} \right)^{-0,1}$$

$$\frac{L_\psi}{D} = 0,44 \cdot \left(\frac{2}{1} \right)^{0,9} \cdot \left(\frac{2,4}{0,21} \right)^{0,29} \cdot \left(\frac{66,7}{31,7} \right)^{-0,1}$$

$$\frac{L_\psi}{D} = 0,44 \cdot 1,86 \cdot 2,02 \cdot 0,93 = 1,54$$

$$L_\psi = 1,54 \cdot D = 1,54 \cdot 5,5 = 8,47 \text{ м}$$

Пульпани пуркаш зонасининг узунлигини $L_p=1$ м деб қабул қилиб қуқун учиш зонасининг узунлигини аниқлаймиз:

$$L_z = L_p - L_r = 8,47 - 1 = 7,47 \text{ м}$$

Қисман қуриштиш зонасида намликнинг қамайиши:

$$W_c = G_{np} \frac{W_{sp} - W_2}{100 - W_{sp}} = 30 \frac{4 - 1,2}{100 - 4} = 0,875 \text{ м/с}$$

Қисман қуриштиш зонасида иссиқликнинг сарфи:

$$Q_c = W_c (595 + 0,47 t_2 - t_n)$$

$$Q_c = 0,875 \cdot 10^3 (595 + 0,47 \cdot 100 - 85) = 487,375 \cdot 10^3 \text{ ккал/с}$$

$$Q_c = 567 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

Қисман қуриштиш зонасининг узунлиги бўйича ўртача температура напори ушбу тенгламадан топилади:

$$\Delta t_{it} = \frac{(t_2 - t_n) - (t_2 - t_m)}{2,3 \lg \frac{t_2 - t_n}{t_2 - t_m}}$$

$$\Delta t_{it} = \frac{(120 - 85) - (100 - 80)}{2,3 \lg \left(\frac{120 - 85}{100 - 80} \right)} = 26,8^\circ \text{C}$$

Қисман қуриштиш зонасида ҳажмий иссиқлик бериш коэффициентини ушбу формуладан ҳисоблаб топилади:

$$\alpha_v = 1130 a \lambda_m n B (1 - m) \sqrt{\frac{(V_m^2 + V_r^2) D}{V}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\delta_0^3}}$$

$$\alpha_v = 1130 \cdot 0,007 \cdot 35 \cdot 10^3 \cdot 3,8 \cdot 0,27 (1 - 0,65) \cdot \sqrt{\frac{(2,4^2 + 7,77^2) \cdot 5,5}{23 \cdot 10^{-6}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{(1 \cdot 10^{-3})^3}}$$

$$\alpha_v = 97,5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Қуракчадан заррачанинг ўртача тушиш баландлиги:

$$H_{cp} = 0,56 D = 0,56 \cdot 5,5 = 3,08 \text{ м}$$

Қуракчадан заррачанинг тушиш тезлиги:

$$V_s = \sqrt{2gH_{cp}} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 3,08} = 7,77 \text{ м/с}$$

Қуракчаларнинг маҳсулот қатлаидан чиқишда қуракчадаги материал эгаллаб турган барабан кўндаланг кесимидаги юзаси:

$$F_{,u} = \frac{\varepsilon \cdot F}{Z} = \frac{0,45 \cdot 24}{40} = 0,27 \text{ м}^2$$

$$\varepsilon = 0,45$$

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 5,5^2}{4} = 24 \text{ м}^2$$

Заррачаларнинг қурилма ишчи куракчаларидан тушиш жараёнида иссиқлик бериш инобатга олувчи коэффициентни ҳисоблаймиз:

$$\alpha = \frac{1}{1 + 0,31 \cdot (100F_{,u} + 0,55 \cdot (100F_{,u})^2)}$$

$$\alpha = \frac{1}{1 + 0,31 \cdot (100 \cdot 0,27 + 0,55 \cdot (100 \cdot 0,27)^2)} = \frac{1}{133,7} = 0,007$$

$$B = \frac{F_{,u}}{D^2} \cdot Z \cdot \sqrt{\frac{H_{cp}}{D}}$$

$$B = \frac{0,27}{5,5^2} \cdot 40 \cdot \sqrt{\frac{3,08}{5,5}} = 0,009 \cdot 40 \cdot 0,75 = 0,27$$

Қисман қуритиш зонасининг ҳажми:

$$V_c = \frac{Q_c}{\alpha_v \cdot \Delta t_{cl}} = \frac{567 \cdot 10^3}{97,5 \cdot 26,8} = 217 \text{ м}^3$$

Унда, қисман қуритиш зонасининг узунлиги:

$$L_c = \frac{V_c}{F_s} = \frac{V_c}{0,785D^2} = \frac{217}{0,785 \cdot 5,5^2} = 9,14 \text{ м}$$

Қурилманинг умумий узунлиги:

$$L_{\text{ошқ}} = L_p + L_s + L_c = 1 + 7,47 + 9,14 = 17,61 \text{ м}$$

Қурилма узунлигини $L_{y,m} = 18$ м деб қабул қиламиз.

Қуритишга кетадиган иссиқлик элткичининг тўлиқ сарфи:

$$Q_m = v_m \cdot F_0 = 2,4 \cdot 0,785 \cdot 5,5^2 = 57 \text{ м}^3 / \text{с}$$

**8-боб. Грануллаш ва пресслаш бўйича
Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар**

1. Пресслаш нима?
2. Босим остида сувсизлантириш орқали нимага эришилади?
3. Брикетлаш қандай жараён?
4. Шакллантириш нима?
5. Гидравлик пресс тузилиши, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
6. Қия шнекли пресс конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
7. Вертикал шнекли пресс конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
8. Ротацион пресс конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
9. Икки шнекли шакллантириш пресснинг конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
10. Бир шнекли экструдер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
11. Грануллаш қандай жараён?
12. Грануллаш жараёни қандай босқичлардан таркиб топган?
13. Қаттиқ материалларни юмалатиб грануллаш жараёнининг физик асослари.
14. Тарелкали гранулятор конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
15. Мавхум қайнаш қатламли гранулятор конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
16. Барабанли гранулятор конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
17. Турбопарракли тезкор гранулятор конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
18. Грануллашга мойилликни баҳолаш коэффициентларини ёзинг.
19. Грануляторларни ҳисоблаш кетма-кетлиги.

9 - боб. КИМЁВИЙ ЖАРАЁНЛАР

9.1. Умумий тушунчалар

Кимёвий айланишларни ўтказиш учун мўлжалланган қурилмалар *реакторлар* деб аталади. Кимёвий технологиянинг жараён ва қурилмалари орасида кимёвий реакторлар ва уларда кечадиган жараёнлар алоҳида ўрин тутаяди. Ушбу жараёнлар кимё саноатининг асосидир.

Кимёвий айлантиришлар қуйидаги хоссалари билан характерланади:

а) гидродинамик, иссиқлик ва масса алмашилиш ходисалари ҳамда кимёвий кинетика қонунлари кимёвий жараёнлар кечиш қонуниятларини белгилайди;

б) кимёвий-технология жараёнларининг кечишига катта таъсир этувчи омиллар кимёвий жараёнлар учун муҳим аҳамиятга эга; реакцияларни бир вақтда параллел ва қетма-қет кечишида температура ва аралаштириш каби омиллар маҳсулот сифатига салмоқли таъсир этади;

в) умуман олганда, жараён тезлиги энг секин ўтадиган босқич билан белгиланганлиги сабабли, кимёвий жараёнлар диффузион, кинетик ва оралик соҳаларда кечиши мумкин.

Агар жараён тезлиги масса алмашилиш (диффузия) тезлиги билан белгиланса, жараён *диффузион* соҳада ўтади. Агар жараён тезлиги фақат кимёвий айланишлар тезлиги билан белгиланса, жараён *кинетик* соҳада боради. Агар кимёвий реакция ва диффузия тезликларни тахминан бир хил бўлса, жараён *оралиқ* соҳада кечади. Лекин саноат қурилмаларида кимёвий жараёнларнинг тезлиги фақат иссиқликни ўтатиш ёки ажратиб олиш тезликлари билан ҳам белгиланиши мумкин.

Қўпинча реакторлар сифатида махсус, ўта мураккаб конструкцияли қурилмалар қўлланилади.

9.2. Кимёвий айланишлар давридаги мувозанат

Одатда, янги реакторлар яратиш учун лойиҳачига реакция йўналиши ва охириги концентрациялар берилган бўлади. Шунга қарамадан, лойиҳачи кимёвий мувозанат назариясининг (физик-кимё фанининг кимёвий термодинамика қонуниятлари) асосий ҳолатларини билиши зарур.

Массалар таъсир қонуни. Маълумки, кимёвий реакциялар қайтар бўлиши мумкин, яъни бошланғич моддалар ўзаро кимёвий таъсири (тўғри реакция) билан бирга, реакция маҳсулотларининг ўзаро кимёвий таъсирида бошланғич моддалар ҳосил бўлиши (тесқари реакция) мумкин. Тўғри реакция ўтиб бориши билан унинг тезлиги камайса, шу даврда маҳсулот ортиши билан тесқари реакция тезлиги ўсади. Тўғри ва тесқари реакция тезликлари тенглашиши билан кимёвий мувозанат ҳолати бошланади. Ташқи шароитлар бузилмасдан турганда мувозанат аралашмадаги моддалар таркиби ва концентрацияси ўзгармас бўлади. Ташқи шароитларнинг чексиз кичик ўзгариши, мувозанат ҳолатини чексиз ўзгаришига олиб келади. Демак, кимёвий реакциялар термодинамик мувозанат ҳолатида бориши ва уларга термодинамик мувозанатнинг умумий шартларини қўллаш мумкин.

Кимёвий реакцияда қатнашаётган моддаларнинг парциал босимлари ёки мувозанат концентрациялари ўртасидаги боғлиқлик массалар таъсир қонуни билан ифодаланади. Мувозанат ҳолатидаги гомоген газли кимёвий реакция учун:



агар реакция компонентлари – идеал газлар бўлса, қуйидаги тенглама тўғри келади:

$$\frac{P_C^c \cdot P_D^d}{P_A^a \cdot P_B^b} = K_p \quad (9.2)$$

бу ерда, $a, b, c, d - A, B, C, D$ моддаларнинг стехиометрик коэффициентлари, p_i – тегишли стехиометрик коэффициентлар даражасидаги A, B, C, D компонентларнинг парциал босимлари

Ўзгармас K_p нинг қиймати *мувозанат константаси* деб аталади. Ушбу константа фақат температурага боғлиқ ва бошланғич аралашма компонентларнинг парциал босими ва босимлар йиғиндисига боғлиқ эмас. (9.2) тенглама массалар таъсир қонунининг ифодаси бўлиб, унинг микдорий ифодаси ва келтириб чиқарилиши 1867 йили Гульдберг ва Вааглар томонидан тақлиф этилган.

Ҳақиқий газлар учун компонентлар парциал босимларини ҳар бир i - компонентнинг учувчанлиги f_i билан алмаштириш керак. Бунда, мувозанат константаси K_f ҳам компонентларнинг учувчанлиги орқали ифодаланади.

Мувозанат константаси концентрациялар ёрдамида ҳам ифодаланиши мумкин:

$$\frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} = K_c \quad (9.3)$$

Идеал бўлмаган эритмалар учун мувозанат константаси K_a компонент a нинг фаоллиги орқали ҳам ифодаланиши мумкин.

Суюлтирилган эритмалар учун $a_i=c_i$ ва $K_c=K_a$.

Парциал босим ва моль улушлар (K_N) орқали ифодаланган мувозанат константалари ўзаро қуйидагича боғланган:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} = K_N P^{\Delta n} \quad (9.4)$$

бу ерда, Δn – реакция газсимон катнашчисининг моль сони ўзгариши, P – системадаги умумий босим, R – газ доимийси, T – температура, K

Агар реакция газсимон модданинг моль улуши ўзгаришсиз ўтса, яъни $\Delta n=0$ бўлса, унда $K_p=K_c=K_N$ бўлади.

Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, умумий ҳолда K_N микдорий жиҳатдан K_p дан фарк қилади ва температура ҳамда системадаги босимга боғлиқдир.

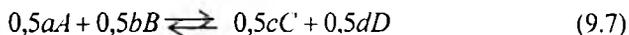
Мувозанат константасининг сон қиймати реакциянинг йўналиши ва қайси микдорлари учун стехиометрик тенглама ёзилганига боғлиқ. Агар (9.1) реакция тенгламасини тескари йўналиш учун ёзсак, яъни:



унда, мувозанат константаси қуйидагига тенг бўлади:

$$K_p' = \frac{1}{K_p} \quad (9.6)$$

Агар (9.1) тенгламадаги стехиометрик коэффициентларни 2 баробар камайтирсак, унда қуйидаги ифодага эришамиз:



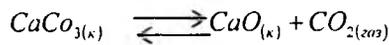
унда, мувозанат константаси K_p'' қуйидагича кўринишни олади:

$$K_p'' = K_p^{0,5} \quad (9.8)$$

Агар мувозанат системасига, масалан (9.7)га қўшимча маълум микдорда A компонент киритилса, у B модда билан реакцияга киришиб, қўшимча микдорда C ва D моддалар ҳосил қилади. Натижада мувозанат ҳолатига эришилади ва C, D моддаларнинг парциал босимлари бошланғич ҳолатдагидан анча кўпаяди. Модда B нинг босими камаяди, A ники эса ортади. Мувозанат ҳолатига эришилгандан сўнг, реакцияда катнашаётган ҳамма моддалар парциал босимларининг нисбати мувозанат константаси K_p нинг сон қийматига яна тўғри келади.

Гетероген реакциялар учун мувозанат константалари газсимон компонентлар парциал босими ёки ҳақиқий газлар учун газсимон компонент учувчанлиги орқали ифодаланади. Эрмайдиган ва учувчан бўлмаган фазалар конденсатлари мувозанатга таъсир этмайди.

Ҳар бир каттик фаза газсимон фаза таркибига қирадиган тўйинган буғ ҳосил қилади деб тахмин қилиш мумкин. Масалан, ушбу реакцияни кўриб чиқамиз:



Ушбу ҳолатда 2 та каттик ва 1 та газсимон фазалар мавжуд. Системадаги моддалар парциал босимлари p_{CaCO_3} , p_{CaO} , p_{CO_2} . Унда, массалар таъсир конунига биноан:

$$\frac{p_{CaO} p_{CO_2}}{p_{CaCO_3}} = const \quad (9.9)$$

Ўзгармас температурада каттик фаза иштирок этган системада модданинг тўйинган буг босими ўзгармас, ва p_{CaO}/p_{CaCO_3} нисбати ўзгармас катталикдир.

Шундай қилиб, юкорида кайд этилганларни қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$p_{CO_2} \left(\frac{p_{CaCO_3}}{p_{CaO}} \right) = const = K_p$$

ушбу реакцияда мувозанат константаси карбонат ангидрид газининг босимига тенг.

Жараёни амалга ошириш имконияти изобар-изотермик (ΔG) ёки изохор-изотермик (ΔF) потенциаллар катталиклари билан белгиланади. Стандарт шароитда улар мувозанат константаси билан белгиланади. Стандарт шароитда қуйидаги боғлиқликда бўлади:

$$\begin{aligned} \Delta G^0 &= -RT \ln K_p \\ \Delta F^0 &= -RT \ln K_c \end{aligned} \quad (9.10)$$

Агар $\Delta G^0 < 0$ бўлса, стандарт шароитда реакция боради; агар $\Delta G^0 > 0$ бўлса, реакция бормайди. Худди шундай, агар $\Delta F^0 < 0$ бўлса, реакция тўғри, $\Delta F^0 > 0$ бўлса - тескари йўналишда боради.

Ностандарт шароитда жараён йўналишини аниқлаш учун *кимёвий реакция изотермалари* тенгламасидан фойдаланиш мумкин:

$$\Delta G^0 = RT \ln \frac{p_C^c \cdot p_D^d}{p_A^a \cdot p_B^b} - RT \ln K_p \quad (9.11)$$

$$\Delta F^0 = RT \ln \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b} - RT \ln K_c \quad (9.12)$$

(9.11) тенгламанинг ўнг қисмидаги биринчи ҳади бошланғич система компонентларининг парциал босимини ифодалайди; (9.12) тенгламанинг ўнг томонидан биринчи ҳади эса бошланғич аралашмадаги компонентлар концентрациясини кўрсатади. $\Delta G^0 < 0$ ва $\Delta F^0 > 0$ бўлганда, реакция тўғри, $\Delta G^0 > 0$ ва $\Delta F^0 > 0$ бўлганда эса - тескари йўналишда боради.

Жараёни амалга ошириш имкониятлари ва реакция тўлиқ боришига таъсир этувчи омиллар. Термодинамик ҳисобларга ($\Delta G^0 < 0$) қарамадан реакция бормаса, демак, уни секинлаштурувчи қандайдир омиллар бор. Бундай ҳолларда ушбу омилни енгиш, яъни реакция тезлигини ошириш зарур.

Жараён термодинамикаси ва кинетикасига реагентлар температураси, босими ва концентрацияси каби омиллар таъсир этади. Фақат реакция тезлигига таъсир этувчи омил, бу катализаторлар бўлиб, лекин улар мувозанат константаси қийматини ўзгартирмайди.

Кимёвий мувозанатнинг температурага микдорий боғлиқлигини *Вант-Гоффнинг изобар* тенгламасидан топиш мумкин:

$$\frac{d \ln K_p}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2} \quad (9.13)$$

бу ерда, H – энтальпия ўзгариши ёки ўзгармас босимдаги реакциянинг иссиқлик эффекти.

(9.13) тенгламани кичик температуралар оралиғида интегралласак, ушбу кўринишга эришамиз:

$$\ln \frac{K_{pT_2}}{K_{pT_1}} = \frac{\Delta H}{R} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_2 \cdot T_1} \quad (9.14)$$

Худди шундай қилиб, Вант-Гоффнинг изохор тенгламасини келтириб чиқариш мумкин:

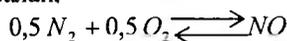
$$\ln \frac{K_{CT2}}{K_{CT1}} = \frac{\Delta U}{R} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_2 \cdot T_1} \quad (9.15)$$

бу ерда, ΔU – система ички энергиясининг ўзгариши ёки ўзгармас ҳажмдаги реакциянинг иссиқлик эффекти

Температура ўсиши билан K_p ортиши ёки камайиши мумкин, лекин жараён тезлиги кўпчилик ҳолларда ортади.

Босим ўсиши билан концентрация ортади. Шунинг учун, кўпинча реакция тезлиги ортади. Агар жараён ҳажм ўсиши билан кечаётган бўлса, унда умумий натижа қандай бўлиши номаълум. Бундай ҳолларда қандайдир бир оптимал қийматни қабул қилиш керак.

Мувозанат ўзгаришини ҳисоблаш учун мувозанат константаси ва бошланғич моддалар моль сони маълум бўлиши керак. Сўнг, мувозанатдаги ҳар бир модда микдорини моль микдори орқали ифодалаш оламиз. Масалан,



Реакция учун 2500К да $K_p=0,0455$. Агар бошланғич аралашмада 21% кислород ва 79% азот бўлса, мувозанат аралашмадаги NO концентрацияси (моль%) аниқлансин.

Стехиометрик тенгламага биноан мувозанат аралашма таркибидаги азот концентрациясини $(79-x)$, кислород концентрациясини $(21-x)$ ва NO концентрациясини $2x$ га тенг деб қабул қиламиз. Мувозанат аралашма таркибини массалар таъсир қонунига биноан қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$K_p = 0,0455 = \frac{[NO]}{[N_2]^{0,5} \cdot [O_2]^{0,5}} = \frac{2x}{(79-x)^{0,5} \cdot (21-x)^{0,5}}$$

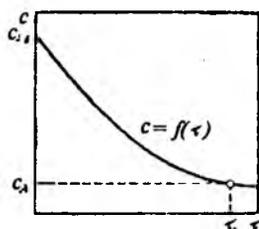
Ушбу тенгламани x га нисбатан ечсак, унинг қийматини топамиз. Мувозанат аралашмада NO нинг микдори $2x$ га тенг, яъни 1,8%

9.3. Кимёвий жараёнлар кинетикаси

Ҳар доим ҳам кимёвий жараёнларнинг ўтиш тезлиги кимёвий айланишлар тезлиги билан белгиланмайди. Айрим ҳолларда жараён тезлиги иссиқликни узатиш ва ажратиб олиш тезлиги ёки массанинг бир фазадан иккинчисига тарқалиш тезлиги билан аниқланади. Бундай ҳолатларда реакторлар иссиқлик ёки масса алмашиниш қонуни билан топиладиган ўлчамларга эга бўлиши керак. Қуйида, кимёвий айланишларнинг кинетик қонуниятларини кўриб чиқамиз.

Кимёвий реакциялар тезлиги. Кимёвий кинетиканинг асосий қонуни (постулати)га биноан, ўзгармас температурада гомоген реакция тезлигини ушбу формуладан топиш мумкин:

$$w = Kc_A^{\nu_A} \cdot c_B^{\nu_B} \quad (9.16)$$



9.1-расм. Реакцияга киришаётган моддалар концентрацияси c нинг вақт t га боғлиқлиги.

Оддий ҳолатларда V_A ва V_B даража қийматлари стехиометрик коэффициентларга тенг.

Ўзгармас температурадаги ҳар бир реакция учун пропорционаллик коэффициенти K ўзгармас катталиқдир. Ушбу пропорционаллик коэффициент **реакциянинг тезлик константаси** деб номланади. Унинг катталиги реакцияга киришаётган моддалар концентрациялари бирга тенг бўлган реакция тезлигига тенг. Реакция даражаси ва унинг молекулярлиги деган иккита тушунчани фарқлаш керак, чунки улар бир хил эмас.

Реакция даражаси (9.16) кинетик тенглама концентрацияларидаги даража кўрсаткичларининг йиғиндиси билан аниқланади. Кимёвий кинетика бўйича реакция даражаларини аниқлаш усуллари махсус адабиётларда келтирилган.

Оддий реакция молекулярлиги – бу кимёвий ўзаро таъсирда қатнашаётган бошланғич модда молекулаларининг сони. Реакциялар мономолекуляр, бимолекуляр ва ҳоказо бўлади. Бир вақтда 3 тадан ортиқ молекулаларнинг тўқнашиш эҳтимоллиги жуда кам. Шунинг учун, кўпинча паст молекулярли реакциялар бўлади.

Модданинг реакция маҳсулотига айланиш жараёнини кўриб чиқамиз (9.1-расм).

Кўришиб турибдики, 0 дан $\tau_{ох}$ оралиқда концентрация c_{A0} дан c_A гача камаяди:

$$\frac{c_{A0} - c_A}{c_{A0}} = i - \frac{c_A}{c_{A0}} = x \quad (9.17)$$

Ушбу нисбат **айланиш даражаси** деб номланади. (9.17) нисбатдан қуйидаги кўринишдаги тенгликни оламиз:

$$c_A = c_{A0}(1-x) \quad \text{ва} \quad dc_A = -c_{A0}dx \quad (9.18)$$

Камаювчи модда бўйича реакция тезлиги қуйидагига тенг:

$$w = -\frac{dc_A}{d\tau} = Kc_A \quad (9.19)$$

Юқорида қайд этилганларни ҳисобга олсак:

$$-\frac{dc_A}{d\tau} = c_{A0}K(1-x) \quad (9.20)$$

ёки

$$\frac{dx}{d\tau} = K(1-x) \quad (9.21)$$

Физик маъносига кўра, $(1-x)n$ катталик ушбу дақиқада жараённи ҳаракатга келтирувчи кучи. Турли даражали реакциялар учун кинетик тенгламалар қуйидаги дифференциал шаклда ёзиш мумкин:

ноль ва биринчи даражали реакциялар учун:

$$\frac{dx}{d\tau} = K_0; \quad \frac{dx}{d\tau} = K_1(1-x) \quad (9.22)$$

иккинчи ва n - даражали реакциялар учун:

$$\frac{dx}{d\tau} = K_2(1-x)^2; \quad \frac{dx}{d\tau} = K_n(1-x)^n \quad (9.23)$$

Узлуксиз жараёнларни ҳаракатга келтирувчи куч. Проф. А.Н. Плановский томонидан яратилган узлуксиз жараёнлар назариясига биноан, реакция қуролмалар 3 га бўлинади: идеал (тўлиқ) сиқиб чиқарувчи; идеал (тўлиқ) аралашуш; иккила тип оралиғидаги реакторлар.

Идеал сиқиб чиқарувчи реакторларда вақт ўтиши билан ҳаракатга келтирувчи куч Δc аста-секин камаяди. Агар Δc камайса, жараён тезлиги ҳам камаяди. Бундай ҳолларда ҳаракатга келтирувчи куч ўртача логарифмик катталик сифатида топилади.

Идеал аралашуш ёки оралиқ типдаги узлуксиз ишлайдиган реакторнинг ҳаракатга келтирувчи кучининг идеал сиқиб чиқарувчи қуролманинг ҳаракатга келтирувчи кучига нисбати идеал сиқиб чиқариш қуролмасидаги жараён давомийлиги $\tau_{ид.с}$ нинг идеал аралашуш $\tau_{ар}$ ёки оралиқ типдаги реактордаги жараён давомийлиги $\tau_{р}$ нисбатига тенг катталikka реакторнинг **концентрацион фойдали иш коэффициентли** η_c деб номланади.

Агар

$$\eta_c = \frac{\tau_{ид.с}}{\tau_{ар}} \quad \text{ва} \quad \eta_c = \frac{\tau_{ид.с}}{\tau_{р}} \quad (9.24)$$

Идеал сиқиб чиқариш ва аралашуш қуролмаларидаги қайтмас кимёвий реакциялар тезликларини такқослаймиз. Ноль даражали реакция қуролмалари учун

$$\tau_{нас} = \frac{x}{K_0} \quad \text{ва} \quad \tau_{ап} = \frac{x}{K_0} \quad (9.25)$$

Демак, $\eta_c = 1$, яъни ноль даражали реакциянинг тезлиги аралаштиришга боғлиқ эмас.

Биринчи даражали реакция учун

$$\tau_{нас} = \frac{1}{K_1} \ln \frac{1}{1-x} \quad (9.26)$$

Идеал аралаштириш қурилмасида жараён ўзгармас ва охириги айланиш даражасида боради.

Унда

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{x}{\tau_{ап}} = K_1(1-x) \quad (9.27)$$

ёки

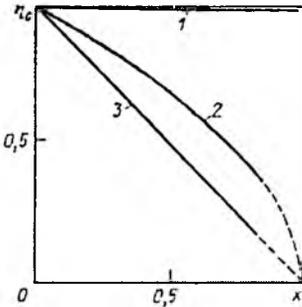
$$\tau_{ап} = \frac{x}{K_1(1-x)} \quad (9.28)$$

Бундан

$$\eta_c = \frac{1-x}{x} \cdot \ln \frac{1}{1-x} \quad (9.29)$$

Худди шундай, иккинчи даражали реакция учун

$$\eta_c = 1-x \quad (9.30)$$



9.2-расм. Идеал аралаштириш қурилма ф.и.к. η_c нинг реакциялар айланиш даражасига боғлиқлиги: 1-ноль даражали; 2-биринчи даражали; 3-иккинчи даражали.

9.2-расмда идеал аралаштириш қурилмаси фойдали иш коэффициентининг айланиши ва реакция даражаларига боғлиқлиги кўрсатилган. Расмдан кўриниб турибдики, айланиш ва реакция даражаси ортиши билан қурилма фойдали иш коэффициенти камаяди. Яъни айланиш ва реакция даражалари қанчалик катта бўлса, кимёвий айланиш тезлигига аралаштириш шунчалик салбий кўрсатади.

Шундай қилиб, агар реакция тезлик коэффициенти K нинг ўзгармас катталигида, идеал аралаштириш қурилмасининг айланиш тезлиги идеал

сиқиб чиқариш қурилмасиникидан кичик бўлади; бир хил айланиш даражасига эришиш учун сиқиб чиқариш қурилманикига караганда, идеал аралаштириш қурилмасида кўпроқ вақт бўлиши зарур.

Иккиламчи маҳсулотлар ҳосил бўлишига η_c нинг таъсири. Маълумки, реакторларда асосий реакция билан бирга қўшимча реакциялар (параллел ва кетма-кет) боради. Идеал аралаштириш қурилмасида фойдали иш коэффициентининг асосий ва иккиламчи маҳсулотлар нисбатига таъсирини кўриб чиқамиз. Идеал сиқиб чиқариш қурилмасида маҳсулот A дан маҳсулот X ҳосил бўлиш тезлиги (9.31), маҳсулот X дан маҳсулот Y ҳосил бўлиш тезлиги эса (9.32) тенгламадан аниқланади:

$$\frac{dx}{d\tau} = K_x(a-x) \quad (9.31)$$

$$\frac{dy}{d\tau} = K_y(x-y) \quad (9.32)$$

бу ерда, a – бошланғич модда A нинг миқдори; x – ҳосил бўлган маҳсулот X нинг миқдори; y – Y маҳсулотга айланган X модда миқдори.

(9.31) ва (9.32) тенгламаларни солиштириб, ушбу кўринишга эришамиз:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{K_y}{K_x} \cdot \frac{x-y}{a-x} \quad (9.33)$$

Тезлик коэффициентлар нисбатини $K_y/K_x=B$ деб белгилаб, (9.33) тенгламани ечсак:

$$y_{ox} = x_{ox} - \frac{(a-x_{ox})^B - (a-x_{ox})}{1-B} \quad (9.34)$$

бу ерда, y_{ox} ва $x_{ox} - y$ ва x параметрларнинг охириги кийматлари.

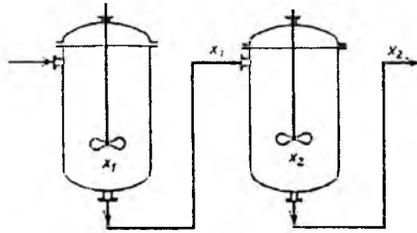
Идеал аралашуш курилмалари учун:

$$\frac{x}{\tau_{op}} = K_x(a-x); \quad \frac{y}{\tau_{op}} = K_y(x-y)$$

ёки

$$\frac{y}{x} = B \frac{x-y}{a-x}; \quad y_{ox} = \frac{Bx_{ox}^2}{(a-x_{ox}) - Bx_{ox}} \quad (9.35)$$

Идеал аралашуш курилмасида y_{ox} киймати юкори бўлади. Демак, фойдали иш коэффициентнинг камайиши жараён давомийлиги τ нинг ортишига ва маҳсулот сифатининг ёмонлашишига (иккиламчи маҳсулот ўсишига) олиб келади.

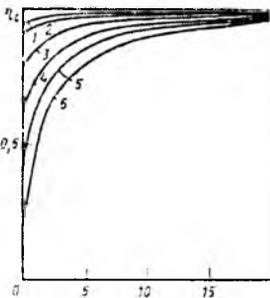


9.3-расм. Иккита кетма-кет уланган идеал аралашуш курилмасидан иборат агрегат схемаси.

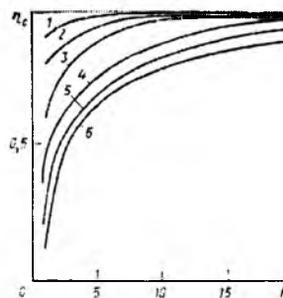
Курилмаларни секциялаш – фойдали иш коэффициентни оширишнинг асосий усули. Қандайдир кимёвий жараённи ўтказиш учун идеал аралашуш иккита курилмаси кетма-кет уланган деб, фараз қилайлик (9.3-расм).

Биринчи курилмада айланиш даражаси x_1 , иккинчисида эса – x_2 . Реакцияда катнашаётган моддаларнинг умумий вакти $\tau = \tau_1 + \tau_2$ (бу ерда τ_1 ва τ_2 – биринчи ва иккинчи курилмаларда модданинг бўлиш вакти). Шундай қилиб, биринчи даражали реакция учун:

$$\tau = \frac{x_1}{K \cdot (1-x_2)} + \frac{x_2 - x_1}{K \cdot (1-x_2)} \quad (9.36)$$



9.4-расм. Секциялар сони N ва айланиш даражаси x ларнинг реактор ф.и.к. η_c га таъсири (1-даражали реакция учун).
1 - $x=0,1$; 2 - $x=0,2$; 3 - $x=0,3$;
4 - $x=0,4$; 5 - $x=0,5$; 6 - $x=0,6$.



9.5-расм. Секциялар сони N ва айланиш даражаси x нинг 2- даражали реакциянинг ф.и.к. η_c га таъсири.
1- $x=0,1$; 2- $x=0,2$; 3- $x=0,3$;
4- $x=0,4$; 5- $x=0,5$; 6- $x=0,6$.

Кўриниб турибдики, τ юкламанинг таксимланиш функцияси. x_2 ни ўзгармас деб. τ нинг минимал кийматини (9.36) тенгламани дифференциаллаб топамиз:

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{1}{K(1-x_2)^2} - \frac{1}{K(1-x_2)} = 0 \quad (9.37)$$

бундан

$$K \cdot (1-x_1)^2 = K(1-x_2); \quad x_1 = x_2 - x_1 + x_1^2 \quad (9.38)$$

Тегишли ўзгартиришлардан сўнг қуйидаги кўринишни оламиз:

$$\frac{x_1}{1-x_2} = \frac{x_2 - x_1}{1-x_2} \quad (9.39)$$

Бундан, $\tau_1 = \tau_2$ ёки $V_{a1} = V_{a2}$ эканлиги келиб чиқади. Шундай қилиб, қурилмалар ҳажмлари тенглиги оптимал нисбатдир.

9.4 ва 9.5 - расмларда қурилма фойдали иш коэффициентига секциялар сони ва айланиш даражасининг таъсирлари кўрсатилган.

Расмлардан кўриниб турибдики, реакторнинг фойдали иш коэффициенти секциялар сони N ва айланиш даражаси x га боғлиқ. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, реакциянинг даражаси қанчалик катта бўлса, унинг қурилма фойдали иш коэффициенти таъсири ҳам кескин равишда ортади. Агар $N = \infty$ бўлса, система идеал сиқиб чиқариш қурилмасига мос келади. $N=8 \dots 10$ бўлганда, реактор идеал сиқиб чиқариш режимида ишлайди.

Кўп секцияли реакторларнинг фойдали иш коэффициенти қуйидаги эмпирик формуладан топиш мумкин:

$$\eta_{CN} = 30 \frac{mN}{30 + (m-1)N} \quad (9.40)$$

Ушбу формуладаги m қуйидаги тенгламадан топилади:

$$m = \frac{30\eta_{C1}}{1 - \eta_{C1}}$$

бу ерда, η_{C1} – бир секцияли қурилма фойдали иш коэффициенти

Реакция тезлиги коэффициентига температура таъсири. Ушбу таъсир Аррениус қонунига бўйсунди ва қуйидагича ифодаланади:

$$K = z_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \quad (9.41)$$

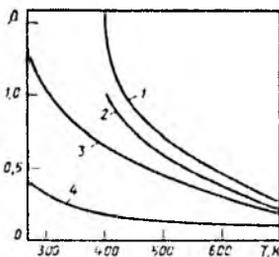
бу ерда, z_0 – ўзгармас, пропорционаллик константаси (молекулаларнинг ўзаро тўқнашув омили), E – реакцияга киришаётган моддаларнинг фаолланиш энергияси, R – газ доимийси.

Ушбу тенгламадан қуйидаги кўринишни олиш мумкин:

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (9.42)$$

бу ерда, K_1 ва K_2 – абсолют температуралар T_1 ва T_2 га тегишли тезлик коэффициентлари.

$K_{m+10}/K_m = \beta$ нисбат реакция тезлигининг **температуравий коэффициенти** деб номланади.



9.6-расм. Реакция тезлиги температуравий коэффициенти β нинг температура T ва фаолланиш энергияси E га таъсири.

9.6-расмда фаоллашиш энергияси ва температуранинг коэффициент β га таъсири кўрсатилган. Расмдан кўриниб турибдики, фаоллашиш энергияси ортиши ва температура камайиши билан β нинг микдори ортади. Агар $\beta = 2...4$ бўлса, жараён кинетик зонада, $\beta = 1,2...1,5$ да эса диффузион зонада боради.

9.4. Кимёвий жараёнлар моддий ва иссиқлик баланслари

Моддий баланс. Қайта ишланаётган ва ҳосил қилинаётган материаллар микдорини аниқлаш учун кимёвий жараённинг моддий баланси тузилади. Юқорида қайд этилган микдорларни билиш реакторнинг асосий ўлчамларини аниқлаш, иссиқлик балансини тузиш ва ҳисоблашларни ўтказиш учун зарур.

Олинаётган моддалар микдори вақтга (кг/сутка, кг/соат, кг/с) ёки ишлаб чиқилаётган маҳсулот массасига нисбатан аниқланиши мумкин.

Моддий баланс тузиш учун (9.1) стехиометрик тенглама асос бўла олади. Агар реакция чапдан ўнгга қайтмас кечаётган бўлса, унда жараён охирида A модда тўлиқ сарфланади, яъни $G_A=0$.

Унда, модда B нинг сарфи қуйидагига тенг бўлади:

$$G_B = G_A \left(\frac{b \cdot M_B}{a \cdot M_A} \right) \quad (9.43)$$

Ҳосил бўлаётган C ва D моддалар учун эса:

$$G_C = G_A \left(\frac{c \cdot M_C}{a \cdot M_A} \right), \quad G_D = G_A \left(\frac{d \cdot M_D}{a \cdot M_A} \right) \quad (9.44)$$

бу ерда, M_A, M_B, M_C, M_D – ўзаро таъсирдаги моддалар массалари; G – асосий, бошланғич маҳсулот (масалан, A) микдори.

Моддий баланснинг ҳисоблаш натижалари, одатда, ушбу кўринишда келтирилиши мумкин (9-1 жадвал):

9.1-жадвал

Моддалар	Микдорлар
A	G_A
B	$G_A(bM_B/aM_A)$
Кираётган моддалар жами:	$G_A + G_A(bM_B/aM_A)$
C	$G_A(cM_C/aM_A)$
D	$G_A(dM_D/aM_A)$
Ҳосил бўлаётган маҳсулотлар жами:	$G_A(cM_C/aM_A) + G_A(dM_D/aM_A)$

Иссиқлик баланси. Кимёвий жараён иссиқлик баланси қуйидаги умумий кўринишда ёзилиши мумкин:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 \quad (9.45)$$

бу ерда, Q_1 – қайта ишланаётган материал билан қираётган иссиқлик; Q_2 – иссиқлик элткичдан қайта ишланаётган моддага берилаётган иссиқлик; Q_3 – жараённинг иссиқлик эффекти; Q_4 – реакцияда қайнаётган материаллар билан чиқиб кетаётган иссиқлик; Q_5 – атроф муҳитга йўқотилаётган иссиқлик.

Қайта ишланаётган материаллар билан олиб қилинаётган ва реакция маҳсулотлари билан чиқиб кетаётган иссиқлик микдори қуйидаги тенгликдан топилиши мумкин:

$$Q = \sum G \cdot c \cdot t \quad (9.46)$$

бу ерда, G – модда массаси, c – материал солиштирма иссиқлик снгими, t – температура.

Реакциянинг иссиқлик эффекти Гесс қонунига биноан ҳисобланади:

$$q = \sum q_K - \sum q_H \quad (9.47)$$

бу ерда, q_H – реакция иссиқлик эффекти; $\sum q_K$ – кимёвий реакцияга қирнаётган, бирикмалар ҳосил бўлиш иссиқликларининг йиғиндис; $\sum q_H$ – кимёвий таъсир натижасида ҳосил бўлаётган бирикмалар ҳосил бўлиш иссиқликларининг йиғиндис.

Реакция иссиқлиги q махсус адабиётларда 20°C учун келтирилган бўлади. Бундан юқори температуралардаги қийматини топиш учун Кирхгоф қонунидан фойдаланиш мумкин. Унинг математик талқини ушбу тенглама кўринишида бўлади:

$$\frac{dq}{dT} = \Delta c_p \quad (9.48)$$

бу ерда, Δc_p – олинган маҳсулот ва бошлангич моддалар иссиқлик сизимларининг фарқи (стехиометрик коэффициентлар ҳисобга олинган)

Иссиқлик сизимнинг температурага боғлиқлиги ушбу кўринишдаги тенглама билан ифодаланади:

$$c_p = a + bT + cT^2 + \dots \quad (9.49)$$

бу ерда, a, b, c – эмпирик константалар, T – температура

Демак, Δc_p нинг температурага боғлиқлиги ҳам (9.49) тенгламага ўхшаш функция билан ифодаланади:

$$\Delta c_p = a_1 + b_1 T + c_1 T^2 + \dots \quad (9.50)$$

Ушбу тенгламага биноан, Кирхгоф қонунини ифодаловчи тенглик қуйидагича ёзилиши мумкин:

$$\frac{dq}{dT} = a_1 + b_1 T + c_1 T^2 + \dots \quad (9.51)$$

бу ерда, a_1, b_1, c_1 – олинган маҳсулот ва бошлангич моддалар формулаларидаги тегишли a, b, c коэффициентларнинг фарқига сон жиҳатдан тенг коэффициентлар.

(9.51) тенгламани интеграллаш, реакция иссиқлик эффекти ва температура орасидаги боғлиқлигининг қуйидаги кўринишини беради:

$$q = a_1 T + \frac{1}{2} b_1 T^2 + \frac{1}{3} c_1 T^3 + \dots + C \quad (9.52)$$

20 ёки 25°C температурадаги реакция иссиқлигини q_0 орқали белгилаб олак, интеграллаш ўзгармас қатталиги C ни ҳисоблаш осонлашади:

$$C = q_0 - \left(a_1 T + \frac{1}{2} b_1 T^2 + \frac{1}{3} c_1 T^3 + \dots \right) \quad (9.53)$$

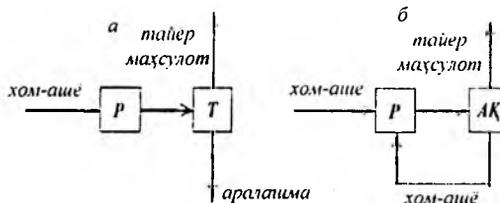
Агар C нинг қиймати (9.53) дан аниқланса, исталган T температурадаги реакциянинг иссиқлик эффекти (9.52) тенгламадан аниқланади.

9.5. Кимёвий жараёнлар принципиал схемаларни

Кимёвий жараёнларнинг ҳамма принципиал схемаларини 2 гуруҳга ажратиш мумкин: бир босқичли (9.7а-расм) ва рециркуляцияли (9.7б-расм).

Бир босқичли схемаларда хом-ашё реактор P га узатилади ва у ерда тўлиқ ўзгариш рўй беради. Жараёнда ҳосил бўлган моддалар тозалаш қурилмаси T га юборилади. Ушбу қурилмада у тайёр маҳсулот ва аралашмаларга ажратилади.

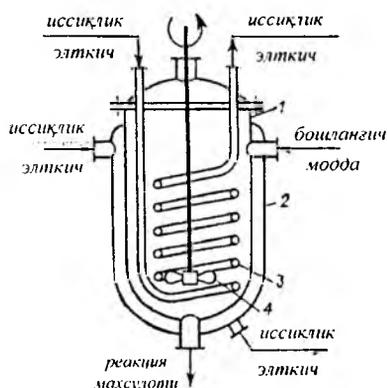
Циркуляцияли схемада ҳам хом-ашё реактор P га узатилади ва у ерда қисман ўзгаришга учрайди. Шунинг учун, у яна қайта ишланади. Бундай ҳолда реактор P га бошлангич ва қайта ишланган хом-ашё аралашмаси юкланади ва унинг оптимал даражада қайта ишланишига эрилишади. Сўнг, тайёр маҳсулот ва реакцияга киришмаган хом-ашё аралашмаси реактордан ажратиш қурилмаси AQ га узатилади. Унда, тайёр маҳсулот аралашма таркибидан ажратиб олинади. Реакцияга киришмаган хом-ашё қайтадан реакторга юборилади. Биринчи ва иккинчи гуруҳ схемаларидаги қурилмаларни ҳисоблаш усуллари ҳар хил.



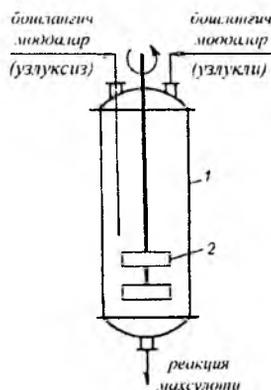
9.7-расм. Кимёвий жараёнлар принципиал схемаси:

а - бир босқичли, б - рециркуляцияли.

Биринчи гуруҳ схемаларидаги қурилмалар жараённинг берилган бошланғич ва охири параметрлари бўйича ҳисобланади. Иккинчи гуруҳ схемаларидаги қурилмалар эса, бир неча вариант бўйича ҳисобланади ва фақат техник-иктисодий таққослашгина реактор ва ажратиш қурилмасидаги жараёнларнинг оптимал параметрларини аниқлаш имконини беради



9.8-расм. Даврий реактор:
1-қобик, 2-ғилоф, 3-зсмесвиқ,
4-аралаштиргич.



9.9-расм. Ярим узлуксиз ишлайдиган реактор:
1-қобик, 2-аралаштиргич.

9.6. Реакторлар конструкциялари

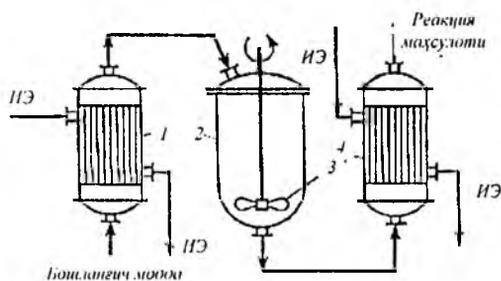
Жараёни ташкил этиш бўйича реакторлар 3 гуруҳга бўлинади:

Даврий ишлайдиган реакторларда жараённинг ҳамма босқичлари ҳар хил вақтда кетма-кет кечади (9.8-расм).

Ўзаро таъсирдаги модалар концентрациясининг ўзгариш характери реакцион ҳажмнинг ҳамма нукталарида бир хилдир. Лекин ҳажмнинг бирор нуктаси учун вақт бўйича турлича бўлади. Бу турдаги қурилмада реакция давомийлигини бевосита ўлчаш мумкин, чунки реакция вақти ва реакцион ҳажмда реагентларнинг таъсир вақти бир хил. Даврий қурилмаларда технологик жараён параметрлари вақт ўтиши билан ўзгаради.

Бундай реакторлар иш унумдорлиги кичик ва уларни автоматлаштириш ҳамда ростлаш қийин.

Узлуксиз ишлайдиган реакторда кимёвий айланиш жараёнининг ҳамма босқичлари параллел ва бир вақтда юз беради (9.10-расм).



9.10-расм. Узлуксиз ишлайдиган реактор:
1,4-иситкичлар, 2-реактор, 3-аралаштиргич.

Ўзаро таъсирдаги модалар концентрациясининг ўзгариш характери ҳар бир дақиқада реакцион ҳажмнинг турли нукталарида ҳар хил. Лекин ҳажмнинг бирор нуктаси учун вақт бўйича ўзгармасдир. Бу турдаги қурилмада реакция давомийлигини бевосита ўлчаш мумкин эмас, чунки узлуксиз ишлайдиган қурилмаларда реакция вақти ва реакцион ҳажмда

реагентларнинг таъсир вакти турлича. Умумий ҳолда, моддаларнинг реакторда бўлиш вакти аралаштириш интенсивлиги, окимлар таркибига боғлиқ ва ҳар бир қурилма учун алоҳида бўлади.

Бу турдаги реакторларнинг иш унумдорлиги катта, уларни эксплуатация қилиш осон ва автоматлаштиришга мойил.

Ярим узлуксиз реакторлар нотурғун шароитда ишлайди, яъни баъзи бир реагентлар узлуксиз, бошқалари эса даврий узатилади (9.9-расм).

Ушбу турдаги реакторлар кичик тоннажли ишлаб чиқариш корхоналарида, айниқса, экзотермик реакция ўтказиш зарур бўлган жараёнларда қўлланилиши мақсадга мувофиқ.

Гидродинамик режимга қараб, реакторлар 3 гуруҳга бўлинади.

Идеал аралашуш реакторларида реагентлар окими бутун реакцион ҳажмда бир зумда ва бир текисда аралашади. Демак, бундай реакторларда аралашманинг таркиби ва температураси бутун реакцион ҳажмда бир хил деб ҳисоблаш мумкин. Бу турдаги реакторлар қаторига кичик ҳажмдаги аралаштиргичли, циркуляцияли, мавҳум қайнаш қатламли қурилмалар қиради.

Идеал сиқиб чиқариш реакторларида реагентларнинг ҳаракати поршенсимон характерда бўлиб, яъни қурилмадан ўтаётган ҳар бир олдин узатилган ҳажм, кейинги узатилган билан аралашмасдан, сиқиб чиқарилади. Натижада, қурилманинг марказий қисми ва девор атрофидаги аралашманинг таркиби ва температураси бир-биридан фарқ қилади. Ундан ташқари, қурилмага кириш ва чиқиш концентрация ва температуралари орасида сезиларли катта фарқ бўлади. Бу турдаги реакторларга қобик-трубали, яъни колоннали қурилмалар қиради [1,146].

Оралик гидродинамик режимли реакторлар жуда кенг тарқалган. Ушбу турдаги қурилма-ларда тез-тез идеал аралашуш режимидан четга чиқиш режимлари содир бўлади. Бундай ҳолатларда реагентларнинг аралашмайдиган зоналари пайдо бўлиши ва бошқа салбий ҳодисалар ҳосил бўлади.

Реакторларнинг бошқа конструкциялари ушбу дарсликнинг 1-нашрида батафсил келтирилган [1].

9.7. Барботажли реакторлар

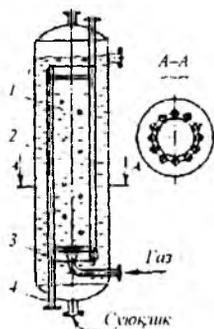
Газлифтли реакторлар конструкциялари. Газлифтли реакторларнинг энг содда конструкцияси колонна кўринишида бўлиб, ўртасида марказий барботаж трубаси ўрнатилди. Бу турдаги қурилмалар ташқи ғилоф билан ўралган бўлади. Ушбу қурилмаларда иссиқлик ажралиб чиқадиган кимёвий реакциялар ҳам ўтказилиши мумкин. Тузилиши содда бўлишига қарамай катта камчилиги бор, яъни солиштирма иссиқлик алмашилиш юзаси жуда кичик. Унинг миқдори $F_{\text{с.г}} \approx A/D_k$ бўлиб, колонна диаметри D_k ортиши билан камаяди. Демак, саноат миқёсида қўлланиладиган катта ҳажмли марказий барботаж труба ва қобиғи ғилофли реакторларни фақат кам иссиқлик ажралиб чиқадиган жараёнларда қўллаш руҳсат этилади.

Махсус конструкцияли барботаж трубалар ишлатилса, реакторнинг иссиқлик алмашилиш юзасини ошириш мумкин (9.11-расм). Унда, барботаж труба 1 атрофида вертикал иссиқлик алмашилиш трубалари 2 жойлаштирилган бўлиб, уларнинг тепа ва пастки қисмлари коллектор 3 ёрдамида бирлаштирилган. Иссиқлик элтиқичнинг кириш ва чиқиш штуцерлари 4 дншче ташқарисига чиқариб ўрнатилган.

Агар марказий барботаж трубанинг диаметри катта бўлса, унда ташқи циркуляцион зонаси бўлишига қарамай, суюқликнинг мустақил циркуляцияси ҳосил бўлади. Албатта, бундай ҳол барботаж зонасида газнинг нотекис тақсимланишига олиб келади. Бундай ҳодисани бартараф этиш учун барботаж труба горизонтал газ тақсимлаш тарелкалари билан секцияланади (9.12-расм).

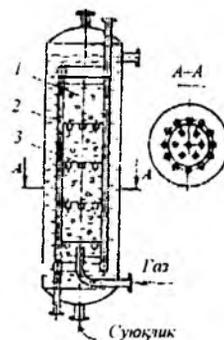
Реакторнинг барботаж зонаси цилиндр 1 кўринишида ясалади ва унинг ташки томонига иссиқлик алмашилиш трубалари 2 пайвандланган бўлиб, тепа ва паст кисмлари коллектор билан бирлаштирилган.

Барботаж трубаларининг ичида горизонтал тўсиқлар 3 ўрнатилган бўлиб, унга газ ўтиши учун тешикли патрубклар пайвандланган. Суюқлик билан тўлдирилган қурилмаларнинг панжараси остига газ фазаси узатилади ва трубкадаги тешиқлар орқали тепада жойлашган секцияга ўтади. Кейинги панжарада газ фаза суюқлик патрубкларни орқали ўтади, бир қисми эса – панжара остига йиғилиб қолган қисми тешиқлар орқали патрубккага тушади. Шундай қилиб, тепага кўтарилиш даврида газ фаза барботаж зонасининг бутун кўндаланг қисми бўйича бир текисда тарқалади. Худди шунга ўхшаш секциялаштирилган циркуляция ва иссиқлик алмашилиш зоналари ташқарига олиб чиқилган газ-лифтли реактор 9.13-расмда тасвирланган.



9.11-расм. Марказий барботаж трубага газ-лифтли реактор:

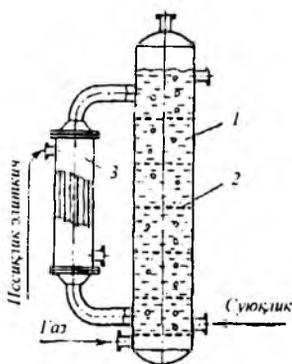
1-барботаж труба; 2-иссиқлик алмашилиш труба; 3-коллектор; 4-штуцер



9.12-расм. Секциялаштирилган тўсиқли газ тақсимловчи патрубкали реактор:

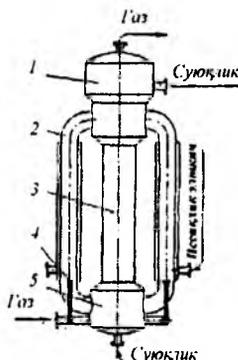
1-цилиндрик барботаж зона; 2- иссиқлик алмашилиш труба; 3-горизонтал тўсиқ

Ушбу қурилмада барботаж зонаси секцияланган элаксимон тарелка 2 билан жиҳозланган колонна 1 кўринишида бўлади. Ташқи циркуляция контурга иссиқлик алмашилиш қурилмаси 3 ҳам уланган. Айрим реактор конструкцияларида тепа ва пастки элаксимон тарелкалар билан чегараланган ҳар бир босқичига иссиқлик алмашилиш қурилмаси уланган. Стандарт иссиқлик алмашилиш қурилмалари билан жиҳозлаш реакторни яшаш технологиясини осонлаштиради. Агарда блок-графитли иссиқлик алмашилиш қурилмаси билан жиҳозланса, реактор қурилмасида коррозия фаол муҳитларни ҳам қайта ишлаш мумкин.



9.13-расм. Элаксимон тўсиқли секциялаштирилган реактор:

1-колонна; 2-элаксимон тўсиқ; 3-иситкич



9.14-расм. Барботаж труба ташқарига олиб чиқилган реактор:

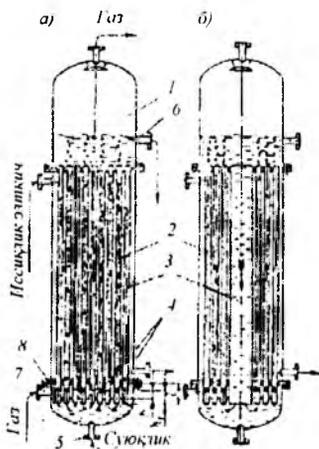
1,5-тепа ва пастки идишлар; 2- барботаж труба; 3-циркуляция труба; 4-барботёр

Бу турдаги реакторларни монтаж қилишда элаксимон тарелкаларни жуда юкори аниқликда горизонтал ҳолатда ўрнатиш зарур, аксинча газ фазасини бир текисда таксимланиши бузилади.

Реакторларнинг солиштирма иссиқлик алмашилиш юзасини ошириш кўп трубали газлифтли реактор конструкцияларининг яратилишига олиб келади (9.14-расм). Курилма ўзаро вертикал трубалар билан боғланган тепа 1 ва пастки 5 цилиндрик идишлардан иборат бўлиб, марказида циркуляцион труба 3, четларида эса барботаж труба 2 жойлашган. Ҳар бир труба 2 да барботёр 4 ўрнатишган. Иссиқлик элткич барботаж трубасидаги ғилофга узатилади. Зарур бўлган ҳолатларда циркуляцион трубага ҳам ғилоф ўрнатиш мумкин.

Юкорида кўриб чиқилган кўп трубали реакторларнинг солиштирма иссиқлик алмашилиш юзаси колоннаги курилмаларниқига караганда кўпроқ бўлишига карамай, айрим камчиликлари ҳам мавжуд. Биринчидан – бундай реакторларни яшаш мураккаб, иккинчидан – металл сарфи жуда катта.

Конструктив жиҳатдан мукамалроқ деб барботаж ва циркуляцион трубалари бирлаштирилган газлифтли реакторлар ҳисобланади (9.15-расм). Тепа копкок 1 ва тешикли панжара орасидаги масофаси оширилган варианти 9.15а-расмда келтирилган. Ушбу бўшлиқда газдан суюқ фаза ажратиш олинади. Тешикли панжарада маҳкамланган трубалар барботаж 2 ва циркуляцион 3 килиб бўлинган. Пастки тешикли панжарага маҳкамланган трубаларнинг учи панжарадан $l=(4,5-5) \cdot d$ масофага чиқарилган. Панжарадан чиқиб турган барботаж трубаларнинг учлари $h_1=4d$ масофада тешик 4 лар килинган. Ушбу тешиклар сони газ таксимлаш мосламасининг ишлаш режимидан келиб чиққан ҳолда белгиланади.



9.15-расм. Қобиқ трубали газлифтли реакторлар:

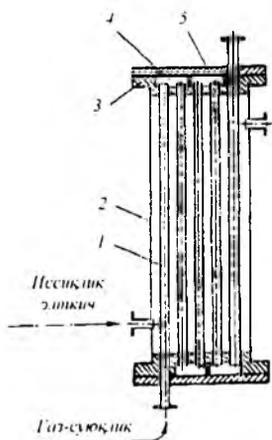
а-трубалари бир текисда таксимланган, б-марказий циркуляцион труба. 1-копкок; 2-барботаж труба, 3-циркуляцион труба; 4-тешиклар, 5,6,7-штуцерлар, 8-кайтарувчи тўсик.

Суюқ фаза штуцер 5 орқали трубалар бўшлиғини тўлдиради ва штуцер 6 дан тўкилади. Штуцер 7 орқали реакторга газ ҳайдалганда, трубали панжара остида газ қатлами ҳосил бўлиб, у суюқликни пастга караб тешик 4 лар очилгунча босади, сўнг эса газ улар орқали барботаж трубасига ўтади. Газ қатламининг баландлиги бир томонлама суюқлик билан ёпилган тешиклар қаршилиги билан белгиланади. Ушбу қаршилиқ тешиклардан ўтаётган газ тезлигига боғлиқ. Суюқлик сатҳини тўлқинлантирмаслик учун газ окимини кайтарувчи тўсик 8 ёрдамида панжара остига йўналтирилади. Реакторнинг трубаларо бўшлиғи эса унга иссиқлик элткич узатиш учун мўлжалланган.

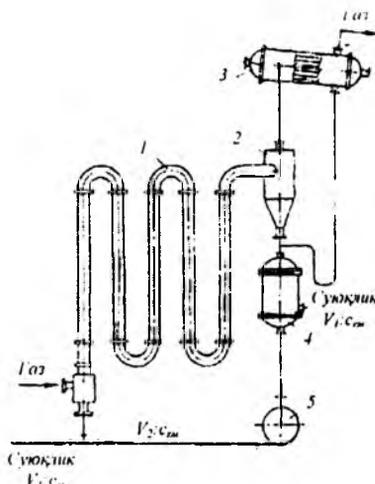
Айрим ҳолларда реакторларга катта диаметри циркуляцион труба ўрнатилиши мумкин (9.15б-расм). Бунда, циркуляцион труба қўндаланг кесимнинг юзаси барботаж трубалар қўндаланг кесим юзалирининг йиғиндисига тенг бўлиши керак.

Барботаж змеевикли реакторлар

Бу турдаги реакторлар диаметри 123...154 мм, узунлиги 6...12 м ва умумий узунлиги 275...300 м бўлади. Оксидланиш жараёни 260...263°C температурада 140...230 с давомда кечади. 9.16-расмда вертикал труба 1 лар ўрамидан иборат бўлиб, қобик 2 да жойлашган бўлади.



9.16-расм. Змеевикли реактор:
1-труба; 2-қобик; 3-тешикли панжара;
4-арикчалар; 5-текис қопқоқ



9.17-расм. Барботаж змеевикли реактор қурилмасининг схемаси:
1-реактор; 2-сепаратор; 3-совуткич-конденсатор; 4-йиғич; 5-насос

Катта калинликдаги тешикли панжара 3 да арикча 4 йўнилган бўлиб, ҳар бири қўшни 2 труба бўшлиғини бирлаштирган. Тешикли панжаралар текис қопқоқ 5 билан ёпилган. Шундай қилиб кўп йўлли қурилма ҳосил қилинади. Йўллар сони кетма-кет уланган трубалар сонига тенг. Бу турдаги қурилмалар ихчам, металл сарфи кам ва ўзгармас температура шароитларида қўллаш тавсия этилади.

Қўшимча қурилмалар билан жиҳозланган реактор схемаси 9.17-расмда келтирилган. Ушбу қурилма реактор 1, сепаратор 2, совуткич-конденсатор 3, суюқлик йиғич 4 ва циркуляцион насос 5 лардан ташкил топган. Бундай қурилмалар суюқликнинг бир мартаба ўтиши ва қисман рециркуляция қилиб ишлатилиши мумкин.

Технология бўйича суюқликни рециркуляция қилиш руҳсат этилган ҳолларда бу реакторнинг ўлчамларига таъсир қилади. Агар реакция диффузион режимда кечса, олинаётган маҳсулот концентрацияси ушбу тенглама билан ифодаланади:

$$dc = \frac{1}{K_p} dt$$

Охириги концентрация $c_{ох}$ га эришиш учун t_p вақт зарур бўлади. Бошланғич концентрацияси $c_0=0$ бўлган V_1 ҳажмли суюқликни реакторга узатиб $c_{ох}$ эришиш учун қурилманинг узунлиги ва диаметри қуйидагича бўлиши керак:

$$L_1 = \bar{u}_{ж} \cdot t_p = \bar{u}_{ж} K_p \cdot c_0$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{4V_1}{\pi u_{ж}}}$$

бу ерда, $u_{ж}$ – суюклик тезлиги.

Агарда ўзгармас V_1 да V_2 микдордаги ҳажмий сарфли суюкликни қайтарсак, реакторга кираётган аралашма концентрацияси қуйидагига тенг бўлади:

$$c_{оп} = \frac{V_2 \cdot c_0}{V_1 + V_2}$$

Реакция давомийлиги $t_1 = K_p \cdot c_{оп}$ микдорга камаяди ва ушбу қийматга тенглашадн:

$$t_2 = t_p - t_1 = K_p \frac{V_1 \cdot c_0}{V_1 + V_2}$$

Ўзгармас тезликда қурилманинг узунлиги ва диаметри қуйидагича бўлиши керак:

$$L_2 = \bar{u}_{ж} \cdot K_p \cdot \frac{V_1 c_0}{V_1 + V_2}$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{4V_1}{\pi \bar{u}_{ж}}}$$

Иккита реактор диаметри ва узунликларини солиштириб, ушбу кўринишга келамиз:

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{V_1}{V_1 + V_2}; \quad \frac{D_2}{D_1} = \sqrt{\frac{V_1 + V_2}{V_1}}$$

Реакторларнинг аралаштириш ва иссиқлик алмашиши мосламалари

Реакторнинг нормал ишлаши, юкори иш унумдорлик ва олий сифатли махсулот олишга эришиш учун ундаги моддаларни аралаштириш энг асосий шартлардан биридир.

Аралаштириш усуллари ва уни конструктив жиҳозлаш ўзаро таъсирдаги моддаларнинг агрегат ҳолатига боғлиқ.

Аралаштириш. Газларни аралаштириш учун қўлланиладиган энг содда мосламалар каторига сопло, инжектор, лабиринтли ва каскадли аралаштиргичлар киради. Одатда, аралаштириш мосламалари реактор билан бир қобикда ўрнатилади.

«Суюклик-суюклик» ва «суюклик-каттик жисм» системаларини аралаштириш учун механик усулдан фойдаланиш юкори самара беради. Бунинг учун парракли, турбинали, якорли ва шнекли ҳамда пневматик аралаштиргичлар ишлатилади. «Газ-каттик жисм» системасида сифатли аралаштиришга эришиш учун жараён мавҳум қайнаш ёки ҳаракатчан катламда ўтказилади.

Иссиқлик алмашиши. Кимёвий реакторларни турли усулларда иситиш ёки совитиш мумкин. Реактордаги иссиқлик алмашиши усулини танлаш кимёвий жараённинг ўтказиш температураси ҳамда иссиқлик элткичнинг физик, иссиқлик-диффузион ва кимёвий хоссаларига боғлиқ. Саноат микёсида иситиш ва совитишнинг 2 та, яъни бевосита ва билвосита усуллари бор.

Бевосита иссиқлик алмашишида аралашма ва иссиқлик элткич қуйидаги вариантлардан бирида иссиқлик узатилади:

1) иссиқлик бевосита реакторда берилади, масалан, экзотермик реакция ёки электрик разряд йўли билан;

2) иссиқликнинг узатилиши реакцион аралашманинг бирорта компонентини қисман ёки тўлиқ буглатиш орқали ёки эндотермик реакция йўли билан;

3) реакцион ҳажмда иссиқлик элткичнинг циркуляцияси ҳисобига иссиқлик узатиш.

Билвосита иссиқлик алмашилишида иссиқлик элткич ва реагентлар қўзғалмас девор ёрдамида ажратилган бўлади. Иссиқлик алмашилиш юзалари турли геометрик шаклда (змеевик, ғилоф, ҳалка ва ҳоказо) бўлиши мумкин.

Одатда реакторни иситиш ёки совитиш унинг ташқарисидаги ғилоф орқали амалга оширилади.

Иссиқлик алмашилишни ташкил этиш ва иссиқлик алмашилиш мосламалари ҳамда реагентларни аралаштириш учун мўлжалланган айрим мосламалар махсус адабиётларда келтирилган [1,146].

9.8. Пиролиз ва крекинг ўтхоналари

Углеводородли хом-ашёни юқори температурали парчалаш натижасида паст молекуляр массали маҳсулотлар олиш жараёни **крекинг** деб аталади. Мазут ва газойли крекинг қилиб автомобиль ва авиация бензини олинади.

Қайнаш температураси 300°C дан паст бўлмаган оғир углеводородларнинг мураккаб ва йирик молекулалари қайнаш температураси 110°C дан ошмайдиган, нисбатан оддий молекулали моддаларга парчаланadi. Аввал термик крекинг жараёнлари температура 400...500°C ва босим 6 МПа да змеевикли алангали ўтхоналарда ўтказиладиган бўлса, эндиликда каталитик крекинг ва риформинг жараёнлари билан алмаштирилган. Ушбу жараёнлар ҳаракатланувчи гранулланган катализаторли махсус реакторларда кечади. Каталитик жараёнлар термик крекингга нисбатан қимматли маҳсулот (юқори октан сонли бензин, ароматик углеводород)лар олиш имконини беради. Каталитик крекинг ёки риформинг курилмаларидаги трубали ўтхоналар зарур бўлиб, хом-ашёни иситиш ва буғланиши учун хизмат қилади. Шунинг таъкидлаш керакки, трубали ўтхоналарда реакция бормади, шунинг учун улар реакция курилмалар каторига кирмайди.

Термик крекингга ўхшаш, лекин нисбатан юқорирак температура (670...1200°C) ва паст босим (0,2...0,5 МПа) да кечадиган жараён **пиролиз** деб номланади.

Углеводородли газлар (пропан ёки бутан)ни ёки бензинли фракцияларни пиролиз қилиб нефть кимёвий синтези ва пластмассалар ишлаб чиқариш учун зарур бўлган этилен, пропилен, бутадиең, ацетиленлар олинади. Этилен ўз навбатида этил спирти, стирол, полиэтилен ва этилен оксидларини олиш учун хом-ашёдир.

Пиролиз жараёни трубали ўтхоналарда ўтказилади, аниқроқ қилиб айтганда, унинг змеевикларида. Змеевиклар бир неча қатор тўғри трубалардан, ўзаро кетма-кет қўшалок мосламалар билан бирлаштирилган. Ташки томонидан ушбу трубалар ёндиргич ёки пуркагичлар алангасида қиздирилади ва ичида газсимон ёки суюқлик ёкилғиси ёнади. Ўзининг характеристикалари бўйича бундай змеевикли реактор иссиқлик режимли идеал (тўлиқ) сиқиб чиқарадиган реакторга ўхшашдир.

Ўтхонада пропан-бутан фракцияси пиролиз қилинганда температураси 1000...1100°C ва ортиқча босими 0,1...0,2 МПа бўлган пирогаз чиқади. Реакция тезлиги жуда юқорилиги учун газни узатиш шундай ростланадики, унинг реакция зонасида бўлиш вақти 0,7...1,5 с ошмаслиги керак; бунинг учун змеевикка ҳайдалаётган газ тезлиги 10...17 м/с бўлиши даркор. Реакция ва қиздириш жараёнида газнинг ҳажми ортиши билан унинг тезлиги кўтарилади ва чиқишда 150...200 м/с ни ташкил этади. Газ фазасининг юқори тезлиги девор олдидаги чегаравий қатлам қалинлигини қамайтиради. Натижада, змеевик трубаларида кокс ўтириб қолишга олиб келадиган зарарли қўшимча реакциялар кечиши бартараф қилинади.

Трубали ўтхоналар фойдаланиладиган ёкилғи турига қараб, конструкцияларининг хилма-хиллиги билан ажралиб туради.

Ўтхонанинг асосий элементлари: пайвандланган пўлат қаркас, девор ҳосил қилувчи ғиштли қоплама, ўтхона остки ва устки қисми, ўтхона ичида жойлашган змеевик, ёкилғини ёкиш учун ёндиргич ёки пуркагичлар, тутун ҳайдаш қувурлари ва тутун трубази. Ўтхоналар темир-бетон пойдеворларга ўрнатилади.

Ўтхонанинг ички қисми иккига: радиант (ёкиш) ва конвекцион камераларга бўлинган. Ҳар бир камерада змеевик секциялари жойлаштирилган. Радиант камерада жойлашган ёндиргичларнинг нурланиш иссиқлигини қабул қилувчи змеевик трубаларининг катори *экран* деб аталади.

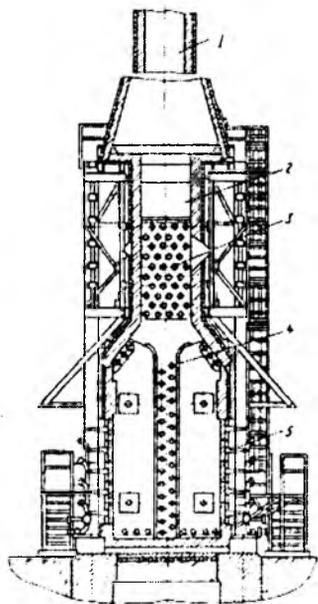
Радиант камерада хом-ашёга иссиқликнинг асосий қисми (~70%) узатилади. Конвекцион секция змеевикларига тутун газларининг иссиқлиги асосан конвекция усули (~70%) да ва қисман тутун газларидан нурланиш усули (~20%) да ва камеранинг иссиқ деворларидан (~10%) берилади. Тутун газлари трубали ўтхона орқали табиий тортиш кучи ҳисобига тепага чиқиб кетади. Унинг чиқиш тезлиги тутун қувурида ўрнатилган шибер орқали ростланади.

Пиролиз қурилмаларида асосан тўртбурчак шаклидаги ўтхоналар ишлатилади. Унинг змеевикининг трубалари горизонтал ҳолатда жойлаштирилади ва панелли турдаги алангасиз (аниқроқ, калта алангали) газли ёндиргичлар жиҳозланади (9.18-расм).

Ўтхона ён деворининг пастки қисмида панелли турдаги алангасиз газли ёндиргич 5 лар бешта горизонтал каторда жойлаштирилади ва улар иккита нурланувчи блок ҳосил қилади. Ёкиш камерасининг ўртасида икки томонга нурланувчи трубали экран 4 ўрнатилган бўлиб, у камерани икки бўлакка ажратади. Шунинг учун ҳам ўтхона икки камерали (иккита радиация камераси) деб ном олган. Одатда, экран бир ва икки каторли бўлиши мумкин. Ундан ташқари, пастки ва тепа экранлар мавжуд. Ёкиш камерасининг устида жойлашган тутун қувури 2 да змеевик 3 нинг конвекцион қисмининг трубалари жойлашган. Конвекцион камерадан ўтган газлар тутун трубаси 1 га ўтади ва ташқарига чиқиб кетади. Пиролиз қурилмаларида хом-ашё (пропан-бутанли фракция) иситкичда дастлабки қиздириш ва буғланишдан кейин иккита оқим бўлиб, аввал ўтхона змеевикининг конвекцион, сўнг эса радиант (яъни экран трубаларига) қисмларига қиради. Ўтхонадан чиқаётган пирогаз тоблаш қурилмасига юборилади ва сув пулкаб тезда совутиб реакция тўхтатилади.

Ўтхонада радиант змеевикнинг турли участкаларида иссиқлик беришни ёндиргичларга ҳайдалаётган ёқилги газ сарфини узатиш орқали ростлаш мумкин. Бунинг учун, ҳар бир ёндиргичлар катори алоҳида коллекторга уланади.

Ўтхоналар учун энг қулай ва юқори самарали иситиш мосламалари – бу панелли алангасиз ёндиргичлардир (9.19-расм). Ёниш зонасида температура юқори бўлгани учун ҳавонинг ортикчалик коэффиценти кичик бўлганда ҳам газнинг тўлиқ ёнишини ушбу ёндиргич таъминлайди. Ёндиргич тақсимлаш камера 1 ли бўлиб, унинг олд қисмига газ-буғ аралашмаси чиқиши учун трубкалар пайвандланган. Трубкаларнинг бўш учига керамик призма 6 лар қийдирилган. Призманинг ҳар бирида тўрттадан цилиндр-конуссимон тешик (туннел)лар қилинган. Призмалар ўлчами 500x500 ёки 605x605 мм ли керамик панеллар ҳосил қилади ва газ ёнишида аккумулятор ва иссиқлик тарқатгич вазифасини бажаради. Қобик девори ва призмалар орасига диатомли заррачалар иссиқлик коплама 7 вазифасини ўтайди. Қобик 1 нинг орқа деворига ҳавони газ (метан-водородли фракция) сопо 3 ва заслонка 4 ли инжекторли аралаштиргич 2 маҳкамланган. Газ сопо 3 га патрубк 5 орқали узатилади. Соплодан юқори тезликда чиқаётган газ атмосферадан керакли микдордаги ҳавони инъекция қилиб олади. Аралаштиргич 2 да ҳосил қилинган газ-ҳавонли аралашма қайтаргичдан ўтиб қобик 1 га қиради ва у ердан ёндиргич трубалари бўйича тақсимланади. Трубалардан келган аралашманинг ёниши керамик элемент туннелларида содир бўлади. Туннеллардаги



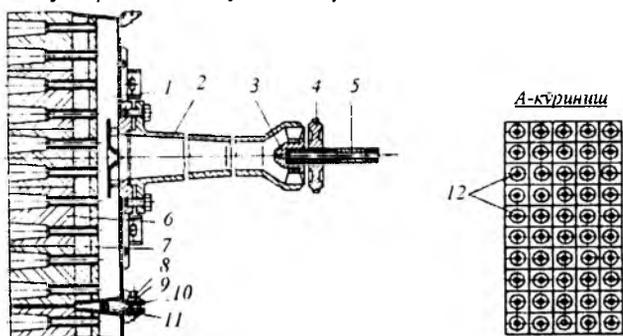
9.18-расм. Горизонтал трубали ва нурланувчи деворли трубали ўтхона:

- 1-тутун трубаси, 2-тутун қувури;
- 3-змеевик, 4- трубали экран,
- 5-газли ёндиргич.

аланга кобикка ўтиб кетмаслиги учун тақсимлаш камерасидаги газ-ҳаволи аралашма тезлиги аланга таркалиш тезлигидан катта бўлиши лозим. Туннелларнинг шакли конуссимон бўлганлиги тезликлар бир хиллигини таъминлайди. Ўз навбатида бундай шароит ёндиргичларнинг нормал ишлашига олиб келади.

Ўзаро ёндиргичлар болт 8 ва гайка 9 лар ёрдамида бирлаштирилади ва ўтхоналарнинг нурланувчи деворини ҳосил қилади. Ёндиргичлар орасидаги тиркишлар диатомли заррача 10 лар билан тўлдирилади ва асбестли аркон 10 билан зичланади.

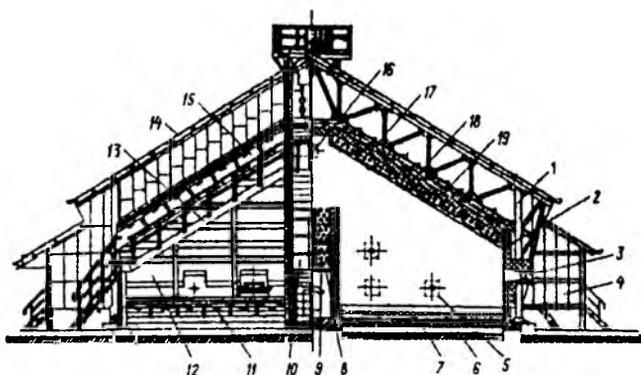
Ёндиргичларнинг иссиқлик ишлаб чиқариши коллекторга газни узатиш орқали ростланади. Ҳар бир ёндиргичга керакли микдордаги ҳаво микдори заслонка 4 ни ўзгартириш йўли билан белгиланади. Маълум таркибли газ учун юқорида қайд этилган ростлаш факат ўтхонани ишга тушириш даврида керак, чунки инжекцион конструкцияли аралаштиргич газ ва ҳаволарнинг нисбатини ўзгармас қилиб ушлаб бера олади.



9.19-расм. Панелли алангасиз ёндиргич:

1-тақсимлаш камераси; 2-инжекторли аралаштиргич; 3-сопола; 4- заслонка; 5-патрубка; 6-керамик призма; 7-иссиқлик қоплама; 8-болт; 9-гайка; 10-диатомли заррача; 11-асбестли аркон; 12-ёндиргич туннеллари.

Икки нишабли, иккита камерали трубапи ўтхона конструкцияси 9.20-расмда келтирилган.



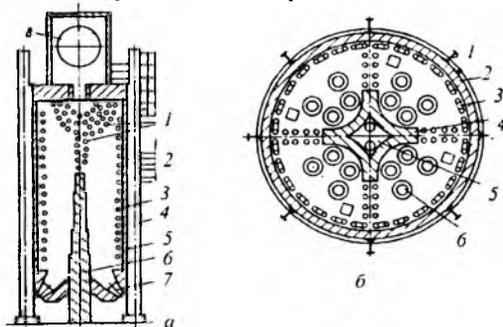
9.20-расм. Икки нишабли, иккита камерали трубапи ўтхона конструкцияси:

1-металл каркас; 2-оловбардош қоплама; 3-пуркагич амбразуралари; 4- пуркагич олдн майдончаси; 5-кузатиш ойнаси; 6,9,17-экрaн ости, конвекцион камера ва шифт экранининг трубалари; 7-экрaн ости трубаларининг етиш жойи; 8-когезион камера трубаларининг панжараси; 10,11,15-ретурбенд камералари; 12-деворнинг металл қопламаси; 13-майдонча; 14-том; 16-портлаш ойнаси; 18-шифт экрани трубаларининг олма илгаклари

Ҳажмий-ясси алангали трубапи ўтхона конструкцияси 9.21-расмда тасвирланган.

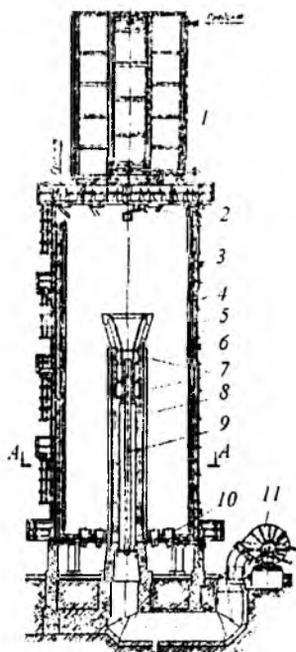
Қия йўналтирилган аланга радиант камерани иккита алоҳида қисмга бўлаётган деворга урилади ва ҳаракатланади. 9.21б-расмда вертикал цилиндрик ўтхонанинг қўндаланг кесими берилган. Кўриниб турибдики, махсус шаклли оловбардош оқим бўлгич радиант камерани икки қисмга бўлмоқда. Полистирол ва фенолформалдегид каби чакисимон моддаларни

олиш учун полимерлаш ва поликонденсациялаш жараёнлари қўлланилади ва улар реактор типидagi кўп секцияли колонналарда амалга оширилади.



9.21-расм. Ҳажмий-ясси алағали трубаги ўтхона конструкцияси:
а-горизонтал. 1-газ йиғич. 2-змеевик. 3-тушамма девор, 4- чикариш ойнаси, 5-иссиқлик қоплама, 6-каркас; 7-ёндирғичлар. **б**-вертикал; 1- каркас устуллари, 2- иссиқлик қоплама, 3-трубаги змеевик; 4-девор. 5-оқим бўлғич. 6-пурқағич амбразуралари

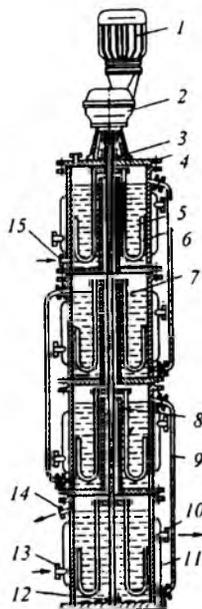
9.22-расмда ушбу қурилманинг конструкцияси келтирилган. Реактор кетма-кет бирлаштирилган секция 5 лардан иборат бўлиб, уларнинг ҳар бири иссиқлик элткични узатиш 13 ва ҳайдаш 10 штуцерли ғилоф 11 таркиб топган. Тепа секциянинг қолқоғи 4 да электр юриткич 4 ва редуктор 5 орқали ўк 7 га айланма ҳаракат берилади. Ўк 7 колоннанинг бутун баландлиги бўйича ўтган ва тепа 3 ва пастки 12 подшипниклардан маҳкамланган ва уларда айланади.



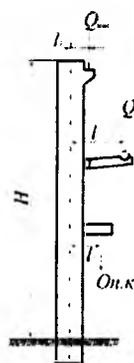
9.21а-расм. Цилиндрик трубаги ўтхона:
 1- конвекция камераси; 2,3-чикариш ва кузатиш ойнаси, 4-радиантли змеевик; 5-қоплама, 6-қобик; 7-иккиламчи хавони тақсимлагич, 8-тақсимлагич қопламаси; 9-тарқатғич-тақсимлагич, 10-ёндирғич; 11-вентилятор

Реакцияда иштирок этувчи суюқликларнинг четга чиқмаслиги учун секция дншчеларида сакловчи труба 8 лар ўрнатилган. Ушбу трубаларнинг баландлиги суюқлик

сатҳидан баланд бўлади. Ҳар секцияда ўқ 7 га аралаштиргич 6 лар маҳкамланган. Реакцион аралашманинг қуйилиши учун труба 9 хизмат қилади. Бошланғич моддалар тепа секциянинг пастки қисмидаги штуцер 15 га юббрилади, аралаштирилади ва труба 9 орқали қсийини секцияга оқиб тушади ва хоказо. Пастки секциядан штуцер 14 орқали маҳсулот тўкилади. Шундай қилиб, реактор узлуксиз ишлайдиган қурилмадир. Ушбу турдаги реакторларда кичик тезликда кечадиган кимёвий айланиш жараёнларини ўтказиш мақсадга мувофиқ. Ғилофли иссиқлик алмашилиш мосламасининг мавжудлиги ҳар секцияда зарур температура режимини таъминлайди.



9.22-расм. Қўп секцияли полимерлаш ёки поликонденсатлаш реактори:
1-қобик, 2-қопқоқ, 3-шарнир ўқи,
4-сақловчи ойна қопқоғи.

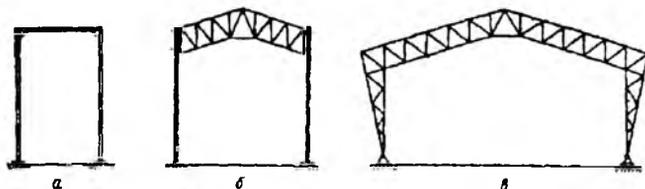


9.24-расм. Ўтхона қарқасининг устуни (колонна) га тушаётган юклама схемаси.

9.9. Ўтхона қисмлари ва деталлари

Трубади ўтхоналар пойдевори монолит ёки йиғма темир-бетондан қилинади. Улар ер ости сувларидан ишончли гидроизоляция билан ҳимояланган бўлиши керак. Маълумки, 300...400°C температурада бетон ўз таркибидаги кристаллизацион сувни йўқотади. Бундай ҳол бетоннинг укаланиб бузулишига олиб келади. Шунинг учун, пойдевор юқори температуралар зонасидан қалинлиги етарли бўлган иссиқликдан ҳимояловчи девор (оддий гиштдан) билан ажратилади.

Металл қарқаслар ўтхонанинг ташқи қўринишига мос шаклли фазовий рама сифатида тайёрланади. Металл қарқасга трубади змеевик, гарнитура, осма шифт, том, янги конструкцияларда эса ўтхона деворидан тушаётган юкламалари тушади ва уларга чидамли бўлиши шарт. Одатда, қарқас ясси рама ва фермалардан иборатдир (9.23-расм).



9.23-расм. Трубали ўтхона каркасларининг конструкциялари:
а-оддий тўсинли; б-тўсин устули ва шифти фермали; в-фермали.

Катта ўлчамли ўтхоналарда температура деформацияларини эркин қабул қилиш учун монтаж плиталарига ферма устуни шарнирда ҳаракатчан қилиб маҳкамланади.

Расмдан кўриниб турибдики, колонна (устун) га тушаётган юклама $Q_{кол}$. ён томондаги трубали экрандан тушаётган юклама $Q_{б.э}$ ва осма ғишт деворидан тушаётган юклама $Q_{н.к}$ лар колоннага симметрик эмас, эксцентрик равишда тушаяпти ва колонна бир вақтнинг ўзида ҳам сикилиш, ҳам эгилиш деформацияларига дуч келмоқда (9.24-расм). Колоннада ҳосил бўладиган умумий кучланишлар йиғиндиси σ куйидаги формуладан топилади:

$$\sigma = \frac{Q}{F_k \cdot \varphi} + \frac{M_n}{W_k} \quad (9.54)$$

бу ерда, Q – умумий сикиш кучи, F_k – колонна кўндаланг кесимининг юзаси, φ – колоннанинг бўйлама эгилишини инобатга олувчи рухсат этилган кучланишининг камайиш коэффициенти, M_n – эгувчи момент, W_k – колонна кўндаланг кесимининг қаршилик momenti.

$$Q = Q_{кол} + Q_{б.э} + Q_{н.к} \quad (9.55)$$

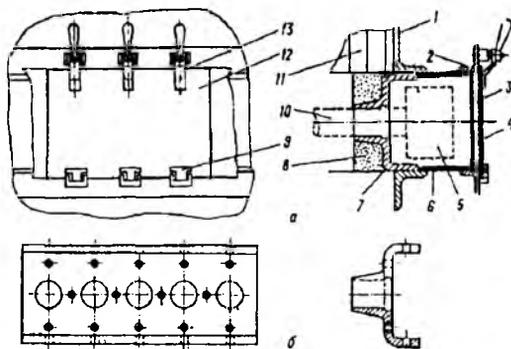
$$M_n = Q_{кол} \cdot l_1 + Q_{б.э} \cdot l_2 + Q_{н.к} \cdot l_3 \quad (9.56)$$

бу ерда, l_1, l_2, l_3 – таъсир этаётган кучлар текислигидан колонна ўқигача бўлган масофалар.

Агар умумий кучланишлар йиғиндиси σ рухсат этилган кучланишдан кичик бўлса ва колонна кўндаланг кесими ўқларига нисбатан эгилиувчанлиги 120 дан ошмаса, бундай колонна мустаҳкам ҳисобланади.

Каркасининг энг четки фермалари таркибий элементлари бўлиб, юкори температура таъсирида ишлайдиган, труба тешикли панжаралари ва ретурбенд камералари ҳисобланади (9.25-расм).

Ретурбенд камераларининг эшиклари очиладиган пўлат қутилар кўринишида бўлади. Иссиқлик йўқотилишларини камайтириш ҳамда эшикларни деформациялардан ҳимоялаш учун ички қисмидан коплама билан ўралади. Ретурбенд камераларининг эни унинг ичида ретурбенд ва кўп тешикли қувурлар эркин жойлашиши учун талаб этилган катта бўлмаслиги билан белгиланади.



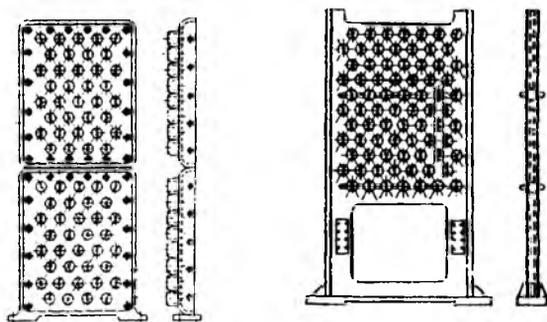
9.25-расм. Ретурбендли камера бўлаги:

а-умумий кўриниш; б-труба тешикли панжараси, 1-ферма; 2-камера четини ўраб турган уголниклар; 3-эшик копламаси; 4-копланин пўлат сирти; 5-ретурбенд; 6-камера; 7-панжара; 8-панжара копламаси; 9-сиртмоқ; 10-ўтхона трубаси; 11-осма шифт; 12-эшик; 13-эшик зулфини.

Кўп тешикли трубалар тўсатдан юз берган ёнғинни буг ёрдамида ўчириш (ўт ўчириш системаси) учун мўлжалланган. Қўшалок ретурбендлар ўрнатилган ўтхона трубалари иккала учи билан тешикли труба панжарасига таяниб туради. Тешикли труба панжараси кулранг чўян СЧ 21-40 дан (температура 800°С гача), иссиқликка чидамли чўян (температура 1000°С гача) ва иссиқликка бардош пўлатдан (нисбатан юкори температураларда) тайёрланади.

Тешикли панжаралар каркас элементларига ишончли килиб маҳкамланади. Алоҳида секциялардан тузилган конвекцион камеранинг труба панжараларини маҳкамлаш учун ўтхона ён томонига ферма элементларига пайвандланган рамалар ўрнатилади (9.26-расм).

Трубалар таянч юзасини ошириш учун труба панжараларида бўртиқликлар килинган; хар бир труба тешигида ҳалқасимон арикча бўлиб, «труба-панжара» системасини зичлаш учун асбестдан ясалган аркон билан тўлдирилган.



9.26-расм. Конвекцион камера трубаларнинг тешикли панжараси.

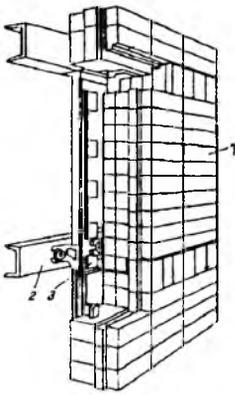
Панжаралар куйиб қолмаслиги учун иссиқлик қопламаси аланга ва тутун газлари томонидан ҳимояланади. Айрим ўтхоналарда панжараларни шамот кукуни, тупрок ва изоляция материаллардан таркиб топган махсус эритмалар билан торкретлаш қўлланилади.

Замонавий ўтхоналар деворлари блокли конструкцияга эга бўлиб, турли шаклдаги оловбардош ғиштлардан йигилади (9.27-расм). Масалан, икки нишабли ўтхона деворида 80 хил шакли ва ўлчамли блоklar қўлланилади.

Оловбардош блоklarнинг геометрик шакллари уларни ўтхона каркасларига маҳкамланган чивик ва тўсинларда йгиш имконини беради. Қўшни блоklarнинг бирлашиш юзалари тегишли бўртиқ ва ботиқликлари мавжуд бўлиб, кулф-лабиринтларини ташкил қилади. Ўтхона блоklarининг ичига қараган юзалари текислиги туфайли силлик девор ҳосил қилади. Бу турдаги деворлар коришмасиз йиғилгани туфайли монолит қопламалига қараганда бир қатор афзалликларга эга. Блок-ғиштлар орасида коришма йўқлиги учун иссиқлик деформациялари осон қабул қилинади ва тиркишлар чегарасида компенсация қила олади. Девор юқламаси фақат ўтхона металл каркасига тушади. Ғиштларнинг бирлашиш жойларидаги кулф-лабиринтлари унинг ишончли герметиклигини таъминлайди ва девор орқали иссиқлик йўқотишларини ва ташқаридан ҳаво сўрилишини кескин равишда қамайтиради.

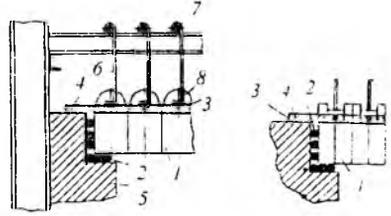
9.28-расмда илгакларга илинган осма шифт конструкцияси келтирилган. Унга қўйиладиган асосий талаблар: герметиклик ва узок муддат давомида бенуксон ишлашидир. Узок муддат давомида бенуксон ишлаши ғиштларнинг сифати ва осма илгаклар ишончилигига боғлиқ. Бунинг учун, уларни очиқ аланга ва тутун газларининг юкори температураларидан ҳимоялаш керак.

Ушбу конструкцияда жуфт қилиб бирлаштирилган ғиштлар ўтхона каркасига илгаклар ёрдамида илинади. Чокларни зичлаш системаси осма шифтнинг ишончли герметиклигини таъминлайди ва илгакларни куйишдан сақлайди.



9.27-расм. Трубапи ўтхона деворининг конструкцияси:

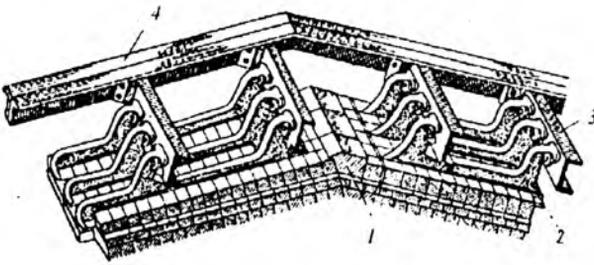
1-блоки ғишт, 2-горизонтал швеллерлар, 3-блоклар учун кронштейнлар



9.28-расм. Илгакларга илганига осма шифт блокли конструкцияси:

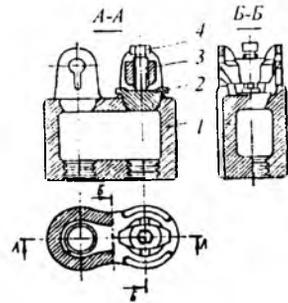
1-осма ғишт, 2-изоляцияюн аркон, 3-изоляцияюн катлам сувоғи, 4-изоляция, 5-девор копламаси, 6-осма илгак, 7-ушловчи чивиклар, 9-жуфт осилган ғиштларни бирлаштирувчи бармок

Энг юкори герметиклик ва узок муддат давомида бенуксон ишлайдиган конструкцияси 9.29-расмдан кўрсатилган. Бундай шифтлар кўпгина лабиринтли бирикмали шаклдор оловбардош блоклардан йиғилади. Ферманинг пастки қисмидаги боғловчи болтлар билан маҳкамланган шаклдор ғиштлар чўян осма илгакларга ўтказилади.



9.29-расм. Шаклдор элементли ўтхона шифтининг конструкцияси.

1-шаклдор ғишт блоклари, 2-блокларнинг чўян осгичлари, 3-осгичларни маҳкамлаш тўсиқлари, 4-ферма шифтининг пастки қисм элементи.



9.30-расм. Куйма ретурбент.

1-қобик, 2-тиккич, 3-траверса, 4-сиқувчи болт

Трубапи ўтхона змеєвики чоксиз диаметри 60...325 мм, қалинлиғи 4...15 мм ва узунлиғи 6...24 м ли трубалардан тайёрланади. Энг кўп қўлланиладиган трубалар диаметри 102, 127 ва 152 мм. Пиролиз ўтхоналарида, юкори температураларда эксплуатация қилинадиган трубалар махсус конструкцияли мосламалар ёрдамида бирлаштирилади ва пайвандланади. Трубаларни коксдан тозалаш буг-хаволи куйдириш усулида бажарилади, бунинг учун бир қисм хаво за ўн қисм сув буғидан таркиб топган аралашма узатилади. Лекин кокс ҳосил бўлиши интенсив сурьатлар билан борса ва тез-тез талаб этилса, пневматик мосламалар ёрдамида механик тозалаш ҳам режалаштириш мумкин. Бундай ҳолларда змеєвик тўғри трубалардан ясалади ва ретурбентлар ёрдамида бирлаштирилади.

Змеєвик трубасининг материали хом-ашёнинг коррозия хоссалари ва температура режимидан келиб чиққан ҳолда танланади. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, ўтхонанинг турли зоналарида ҳар хил конструкцион материал ишлатилади. Масалан, конвекцион зонадаги змеєвиклар 30...400°C температурада, радиант камерадаги трубалар эса 30...400°C температурада эксплуатация қилинади. Шу сабабли, биринчи катордаги конвекцион трубалар

20Г маркали углеродли пўлат трубалардан, охирги каторлари – 15Х5М, 12Х8ВФ, Х9М, Х13М1 маркали хроммолибденли ҳамда 15Х5ВФ, 12Х8ВФ молибденсиз пўлатлардан, юкори температурали пиролиз, конверсия жараёнлари учун иссиқликка бардош 12Х18Н10Т, 10Х23Н18, 45Х25Н20С маркали пўлатлар ва ХН32Т (19-20% Cr, 30-34% Ni) котишмасидан тайёрланади.

Трубанинг ички юзаси коррозия ва эрозиядан едирилиши мумкин. Коррозия кечишига кайта ишланаётган маҳсулотлар таркибида металл хлоридларининг мавжудлигидир. Эрозион емирилишга эса, хом-ашё таркибидаги механик аралашмалар ва мухитнинг катта тезликлари сабабчидир. Трубининг ташки юзаси тутун газлари таъсирида коррозион емирилишга дучор бўлади. Ўтхонада ишлатилган трубанинг ҳар бир партиясига ишлаб чиқарган завод томонидан сифат сертификати берилади ва унда металл сифатини баҳолаш учун маълумотлар келтирилади. Трубининг ички ва ташки томонлари силлик ва ҳеч қандай шикастланмаган бўлиши шарт. Трубадаги тирналишларнинг чуқурлиги 1 мм дан, четларида эса 0,5 мм дан ошмаслиги лозим. Трубининг нормал ўлчамларидан четлашиш ушбу ораликда бўлиши мақсадга мувофиқ: ташки диаметри бўйича 0,5...2,25% ва девор қалинлиги бўйича ±12,5%.

Трубалар икки хил усулда: ретурбэндлар (трубани кириш деталда развалцовка килиб) ва икки томони труба киришига мосланган втулкалар (пайвандлаш усулида) бирлаштирилиши мумкин. Агар, труба ичини тез-тез тозалаш талаб этилмаган ҳолларда пайвандлаб маҳкамлаш усулидан фойдаланиш керак. Ушбу усул содда, ихчам, арзон ва эксплуатация жараёнида ишончлидир. Айрим ҳолларда ўтхона змеевиклари комбинацияланган, яъни конвекцион камерада – пайвандланган, бошқа ҳамма участкаларда – ретурбэндлар ёрдамида маҳкамлаш усулида бириктирилиши мумкин. Охирги пайтда ретурбэндсиз ва ретурбэнд камерасиз ўтхоналар ҳам ишлаб чиқарилмоқда. Яхлит пайвандланган змеевик ўтхона камерасининг ичида тешикли панжара ўрнига бир нечта илгакларда ёрдамида ушлаб турилади. Ретурбэндлар пўлатдан куйма ёки болғалаб кутисимон кўринишда тайёрланиши мумкин.

Ретурбэндлар трубаларни куйидаги кадамда бирлаштиришни тавсия этади:

$$t = (1,7...2,0) \cdot d_{\text{н}} \quad (9.56a)$$

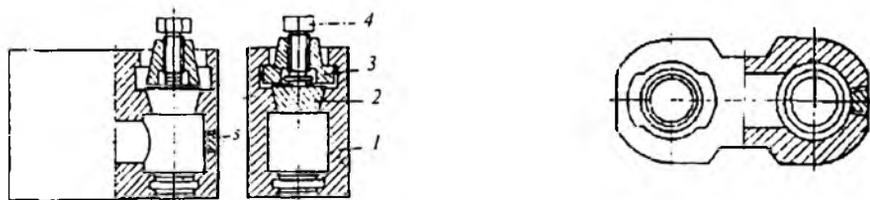
бу ерда, $d_{\text{н}}$ – трубанинг ташки диаметри

Бунинг учун ретурбэндда труба учун унинг диаметридан 1 мм катта тешик пармаланади ва чуқурлиги 1,5-2 мм бўлган иккита ариқча ўйилади. Ушбу тешикка трубалар развалцовка килинади. Развалцовка 560°C температурага бардош беради. Агар температура ундан юкори бўлса, трубалар пайвандлаб маҳкамланади.

9.30-расмда иккита труба учларини бирлаштириш учун куйма ретурбэнд тасвирланган.

Расмда бир оқимли ретурбэнд тасвирланган. Икки оқимли ретурбэндлар ёрдамида тўртта труба бирлаштирилади. Бу турдаги ретурбэндларда траверса қобикдаги тешикка кўйилади.

9.31-расмда болғалаб тайёрланган ретурбэнд келтирилган. Бу турдаги ретурбэндларда траверса болти тортилганда у қобикдаги тақасимон маҳсус бўртик жойга тиралади.



9.31-расм. Болғалаб тайёрланган ретурбэнд:

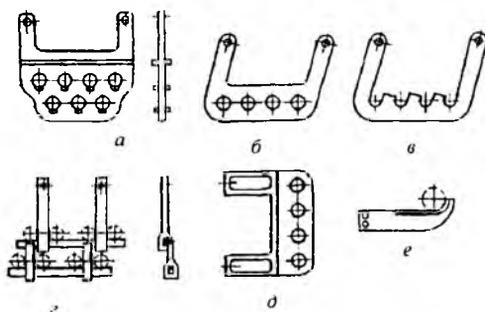
1-қобик; 2-тикин; 3-траверса; 4-сиқувчи болт; 5-ёпик, ен томонлама тикин.

Ўтхонада змеевик трубаларни маҳкамлаш учун турли конструкцияли осгич ва кронштейнлар қўлланилади. Худди шу мақсадда ўтхонада иккита трубалар учун тўғри тўртбурчак листдан ясалган тешикли панжаралар ўрнатилган. Тешикли труба панжаралари

ёниш камераси томонидан иссиқлик коплама билан химояланади. Труба температурасига қараб, осғич ва кронштейнлар 0,8...3,0 м ораликда ўрнатилади.

Трубали змеевиклар радиант камера экранларида бир ёки икки қатор қилиб йиғилади. Икки қатор қилиб ўрнатиладиган трубалар шахмат усулида жойлаштирилади.

Трубалар осилиб қолмаслиги таъминловчи деталлар шакли ва конструкцияси хилма-хиллиги билан ажралиб туради (9.32-расм).



9.32-расм. Труба осғичлари:

а-икки қаторли экран учун эпик осғич; б-бир қаторли экран учун эпик осғич; в-очик осғич; г-икки қаторли экран учун йиғма осғич; д-ён томонлама экраннинг эпик кронштейни; е-очик кронштейн.

Шифт экрани трубалари учун осғичлар, ён томон экранлари учун – кронштейнлар, остки экранлар учун – тагсинч (лежак), конвекцион камера трубалари учун – оралик трубали панжаралар ишлатилади. Одатда, панжаралар 40X9C2Л пўлатидан қуйилади. Ушбу деталлар сони ҳар бир трубанинг массаси ва узунлиги ҳамда эксплуатация шароитларига боғлиқ. Ҳисоблашлар қилинганда трубаларнинг массаси ва унинг ичидаги маҳсулот массалари инобатга олинади. Трубали осғичлар очик ёки эпик бўлиши мумкин ва улар жуда юқори температураларда (1000°C гача) ишлатилади (9.32-расм). Бу турдаги осғичлар 30X24Н12СЛ ва 25X23Н7СЛ пўлатлардан ясалди. Ёпик осғичлар мустақкамрок, лекин улар қуйган ҳолларда алмаштириш учун ўтхона трубаларини демонтаж қилиш зарур. Радиант камерада температура юқори бўлгани учун осғичлар иссиқликка бардош легирилган пўлатлардан ясалди. Ўтхона трубалари осилиб қолмайдиган ҳолатдаги кронштейн ва осғичлар сони n ушбу формуладан аниқланади:

$$n = \frac{L}{l} - 1 \quad (9.57)$$

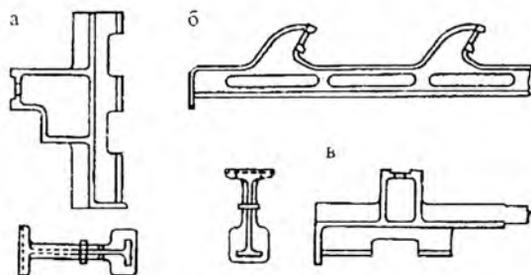
бу ерда, L – ретурбэнд камераси трубали панжаралари орасидаги масофа; l – осғич ва кронштейнлар орасидаги масофа.

$$l = \sqrt{\frac{8,73 \cdot \left(\sigma_{\text{дон}} - \frac{PD}{4\delta} \right) \cdot W}{q}} \quad (9.58)$$

бу ерда, $\sigma_{\text{дон}}$ – труба юзасининг температурасида эгилишга руҳсат этилган қучланиш, P – трубадаги муҳит босими, МПа, D – трубанинг ички диаметри, м; δ – труба деворининг қалинлиги, м; W – труба қесимининг инерция моменти; q – қом-ашё билан тўлган 1 м трубанинг оғирлиги, МН.

Радиант камера труба тешикли панжаралари, осғич ва кронштейнлар 1000°C гача бўлган температураларда эксплуатация қилингани учун иссиқликка бардош 20X23Н13 марқали пўлатдан қуйилади. Конвекцион камерадаги температура радиант камерага нисбатан пастроқ бўлгани учун осғичлар СЧ21 ёки 40X9C2 марқали пўлатдан ясалди. Ўтхона қарқасига осғич ва кронштейнлар болтлар ёрдамида маҳкамланади.

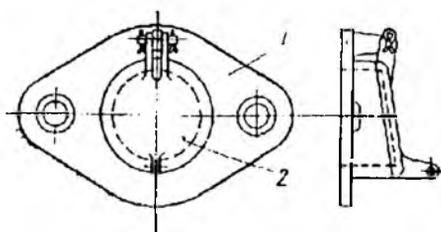
Осма шифт ва девор блокларини йиғиш ва ушлаб туриш учун турли конструкцияли осғич, илгак ва кронштейнлар қўлланилади ва уларнинг айримлари 9.33-расмда тасвирланган.



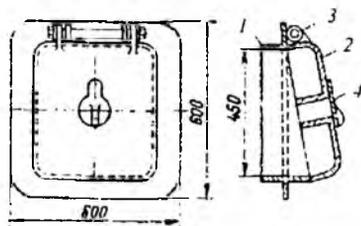
9.33-расм. Ўтхоналарни блоктардан йиғиш учун деталлар конструкциялари:
a – вертикал участкаларда, *б* – кия участкаларда, *в* – горизонтал участкаларда

Тўғри монтаж қилинганда кронштейн ва осгичлар юқори температурали зонасига тушмайди. Кузатиш ойналари эксплуатация жараёнида ўтхона трубалари ва пуркагичлар ишлашини (аланга ўлчами ва ёруғлиги) назорат қилиш учун мўлжалланган (9.34-расм).

Ушбу деталь чўяндан ясалади ва гишт девор устидан болтлар ёрдамида металл конструкцияга маҳкамланади. Кузатиш майдонини ошириш мақсадида ўтхона деворидаги тешик ичига қараб кенгаювчи конус шаклида қилинади.



9.34-расм. Ўтхона кузатиш ойнаси:
 1-қобик, 2-хлопушка.



9.35-расм. Ўтхонанинг сакловчи ойнаси:
 1-қобик, 2-қопқоқ, 3-шарнир ўқи, 4-сакловчи ойна қопқоғи.

Сакловчи ойналар кузатиш ойналаридан ўлчамининг катталиги билан фаркланади (9.35-расм). Бу ойнанинг асосий вазифаси ёниш камерасида нормал иш режими бузулиши оқибатида рўй берадиган портлаш зарбасини пасайтиришдир. Таъмирлаш даврида қурълмага ишчи кириб-чиқиши учун лаз ўрнида фойдаланилади.

Кузатиш ва сакловчи ойналар қопқоғи ишчи ҳолатида ўз массаси таъсири остида қобикка зич ёпилиши керак. Бунинг учун уларнинг бирлашиш юзаси бир оз кия қилиб ўрнатилади. Бу икки мослама қопқоқлари ички томонидан иссиқлик йўқотмаслиги учун ва деформацияга бардош бўлиши учун ҳимояловчи қоплама билан беркитилади.

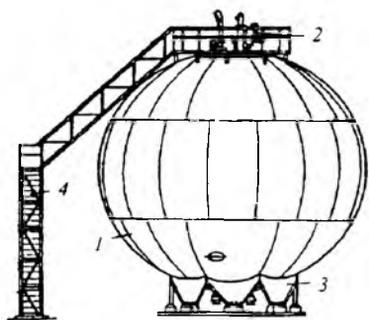
9.10. Резервуар ва газголдерлар

Томчисимон резервуарлар ўзининг ташки кўриниши, яъни ҳўлланмайдиган юзадаги суюқлик томчисининг шакли ўхшаш бўлгани учун шундай деб номланган.

Ушбу резервуарлар турли хилдаги буғларининг босими 0,2 МПа гача бўлган суюқликларни саклаш учун ишлатилади (9.36-расм). Резервуар шакли ҳамма мериодинал ва ҳалқасимон кўндаланг кесимларда чўзиш кучланишининг бир хилда бўлишини таъминлайди ва конструкциянинг самарадорлигини белгилайди. Лекин бу турдаги резервуарларни тайёрлаш қийинлиги учун, кенг қўламда қўлланилмайди.

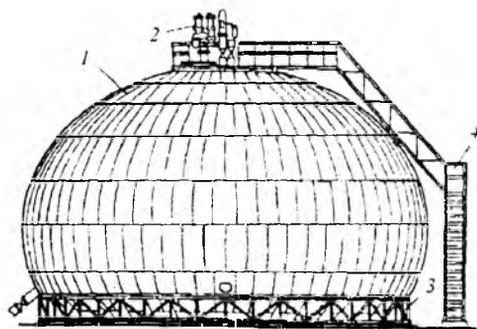
Шарсимон резервуарлар 1 МПа гача бўлган босим ва чуқур вакуум (500 мм.с.у.с.) остида бенуксон ишлайди (9.37-расм). Уларнинг диаметри чегараланмаган. Масалан, турли саноат корхоналарида диаметри 33 м ва 3 МПа босим остида ишлайдиган шарсимон

резервуарлар кўп ишлатилмоқда. Нефтни қайта ишлаш корхоналарида шарсимон резервуарларда метан, этилен, пропан-бутанли фракция ва бошқа газлар сақланади.



9.36-расм. Томчисимон резервуар:

1-қобик, 2-химояловчи мослама,
3-таянч, 4-зинапоя.



9.37-расм. Шарсимон резервуар:

1-қобик, 2-химояловчи мослама,
3-таянч, 4-зинапоя.

Бир хил эксплуатацион кўрсаткичларда цилиндрikka караганда шарсимон резервуарларга камроқ металл сарфланади. Аммо шарсимон резервуарларни тайёрлаш нисбатан мураккаброқ. Маҳаллий эгилиш ва таянч атрофидаги кучланиш йиғилишини инобатга олмаганда, оболочка қалинлиги S ни ушбу формуладан аниқлаш мумкин:

$$S = \frac{P \cdot D}{4 \cdot [\sigma]} + C \quad (9.59)$$

бу ерда, P – суюқлик гидростатик устуни ва муҳит босимларининг йиғиндис; D – резервуар ички диаметри; $[\sigma]$ – руҳсаат этилаган кучланиш; C – коррозияга қўшимча.

Таянч ўрнатиладиган ва экваториал қатордан ташқари ҳамма қатордаги оболочкалар бир хил қалинликда ясаллади. Юқорида кайд этилган икки қатор нисбатан қалинроқ қилиб тайёрланади. Резервуарнинг асосий элементлари, бу махсус шакл ва ўлчамли япроқчалардир. Уларни иссиқ ва совуқ штамплаш йўли билан яшаш мумкин. Япроқчалар бир-бирига бириктирилади, лекин пайвандлаш симметрик равишда бир вақтнинг ўзида бир нечта жойидан баробар қилиниши керак. Аввал меридионал, кейин эса ҳалқасимон чоклар пайвандланади. Пайванд чоклар сифати монтаж ва тайёрлаб бўлингандан кейин ҳам текширилади. Меридионал ва ҳалқасимон чокларнинг кесишган жойлари албатта 100% текширилса, қолган чокларнинг атиги 10% текширса бўлади.

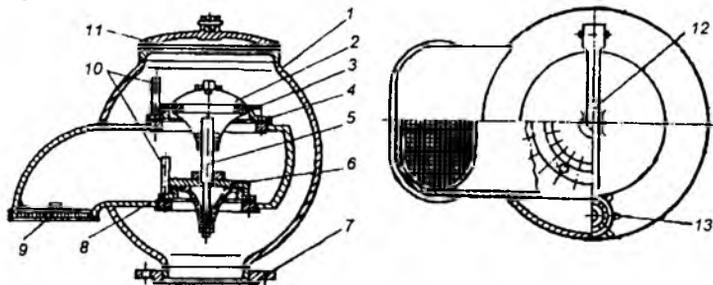
Резервуарлар эксплуатацияси. Резервуарни нормал эксплуатация қилиниши учун сақланаётган суюқликни юклаш ва чиқариш, исталган вақтда суюқликни ўлчаш, резервуарда номинал босимни ушлаб туриш, ишчи режимдан четлашганда тасодифий бузулишлардан химояловчи мосламалар билан жиҳозланган бўлиши керак. Резервуарлар унинг ичига кириб таъмирлаш ва ишлатиб бўлинган мосламаларини олиб чиқиш учун люк ва лазлар лойиҳаланади. Ундан ташқари, ҳар бир резервуар зарур металл конструкция ва зинопоялар билан жиҳозланади. Суюқликни юклаш ва чиқариш штуцерлари резервуарнинг пастки қисмида жойлаштирилади. Авария бўлган ҳолларда катта миқдордаги маҳсулот атроф-муҳитга оқиб кетмаслиги учун резервуар ичида сакловчи-ёпилувчи мослама ўрнатилади. Ушбу мослама бир зумда ёпиш қабилитига эга.

Резервуарнинг муҳим жиҳози бўлиб нафас олиш клапанлари ҳисобланади. Улар «катта» ва «кичик нафас олишни» таъминлайди. 9.38-расмда энг тарқалган нафас олиш клапани тасвирланган.

Гидравлик қаршиликни камайтириш мақсадида чўян ёки алюминийдан тайёрланган қобик 1 расмда келтирилган шаклда ясалган ва фланец 7 орқали резервуарга маҳкамланади. Қобик материали сақланаётган суюқлик билан пирофор бирикма ҳосил қилмаслиги ва ўз-ўзидан ёниб кетмаслигини таъминлашиши зарур. Қобик вертикал ўқи бўйлаб тепада вакуум

ва пастда босим тарелкалари жойлаштирилган бўлиб, улар ўз оғирлиги таъсирида 4 ва 8 эгарларга ўтиради. Эгарлар осон ечиладиган қилиб ясалади, чунки ишдан чиккан ҳолларда алмаштирилиши учун. Клапан ва эгар орасидаги зичланиш мой, бензин ва совукликка бардош резинали кистирма 3 ёрдамида амалга оширилади. Қаттик совук бўлганда клапан музлаб ёпишмаслиги учун марказий чивик 5 ва ташки йўналтирувчи чивик 10 ларнинг устки юзаси фторопласт пардаси билан копланди.

Клапан куйидагича ишлайди: резервуар ичида босим рухсат этилгандан кўп бўлганда пастки тарелка, вакуум ҳосил бўлганда эса тепа тарелка очилади ва натижада резервуар ички бўшлиғи атмосфера билан бирлашади. Қачонки, резервуар ичида босим нормал чегарага тушганда, тегишли клапан ўз оғирлиги таъсирида эгарга ўтиради ва резервуарни атроф-муҳит билан боғланишини узади. Шундай қилиб, резервуар ичидаги босим (ёки вакуум) клапан оғирлиги билан ростланади.

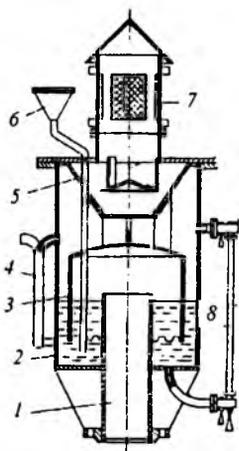


9.38-расм. Резервуарнинг нафас олиш клапани:

1-қобик, 2-клапанлар, 3-кистирма, 4,8-эгарлар. 5-марказий чивик, 7-бирлаштирувчи фланец; 9-металл тўр, 10-ташки йўналтирувчи чивик, 11-копқок, 12-копқокнинг ричаги, 13-болт.

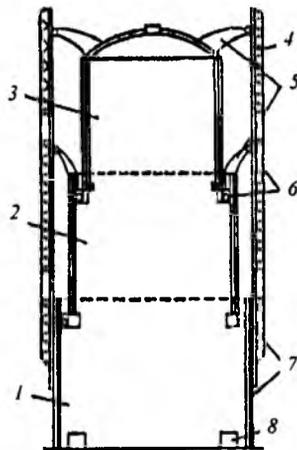
Агар резервуарнинг нафас олиш клапаннинг бузулиш ҳолатлари учун, қурилманинг тепасига сакловчи клапан ўрнатилади (9.39-расм).

Сакловчи клапанлар гидравлик затвор принципида ишлайди, яъни ундаги суюклик босим ёки вакуум рухсат этилгандан ортиб кетганда газ бўшлиғи атмосфера билан уланади. Ишчи босим ўрнатилгандан кейин суюклик яна затворни ёпиб қўяди.



9.39-расм. Сакловчи клапан:

1-штуцер, 2-стакан, 3-осма тўсиқ, 4-сакловчи трубка, 5-томчи ушлагич, 6-воронка, 7-тўрли вентиляцияцион патрубк, 8-сатх ўлчагич.



9.40-расм. Ҳўл газголдер:

1-резервуар, 2-телескоп, 3-харакатчан калпок, 4-девордаги йўналтирувчи каркаслар, 5-кронштейнлар, 6-йўналтирувчи роликлар, 7- ташки йўналтирувчи каркас, 8-телескоп ва харакатчан калпок учун пастки таянч.

Нафас олиш ва сакловчи клапаналар бир вақтда ишлаб кетмаслиги учун, сакловчи клапаннинг босими ва вакууми 5...10% га кўпроқ қилиб ўрнатилади.

«Нафас олиш» даврида атроф-муҳитдан резервуар ичига учкун ёки аланга тушиши мумкин. Бундай ҳолат олдини олиш учун турли конструкциядаги олов ва учкун тўсқичлар ўрнатилади. Одатда, тўсқичлар тор ва узун канал кўринишида бўлиб, резервуарни атмосфера билан боғлайди. Бу каналларни ўлчами ва конструкцияси газ ва суюқликларнинг хоссалари билан белгиланади.

Резервуар ичида таъмирлаш ишларини бошлашдан аввал албатта дегазация қилиш керак.

Резервуар албатта ўт ўчириш воситалари: кум, белкурак, челақ, ўт ўчиргич, кўпикли сув, шланг ва брендспойтлар билан таъминланган бўлиши зарур.

Газгольдерлар. Катта ҳажмдаги газларни паст босимлар (0.4 м.сув.уст.) да саклаш учун ўзгарувчан кўндаланг кесимли газгольдер-резервуарлар қўлланилади. Ишлаш принципига қараб газгольдерлар курук ва ҳўл қурилмаларга бўлинади.

Курук газгольдерлар камдан-кам қўлланилади. Конструктив жиҳатдан бу турдаги газгольдер устига сферик копкақ қўйилган цилиндрик вертикал резервуар кўринишида бўлади. Сферик копкақ ҳаракатчан тўсик (поршень) ли бўлиб, резервуар деворларига зич тегиб туради. Поршень остига газ ҳайдалганда у кўтарилади ва ҳажми кўпайиб боради; газ резервуардан чиқарилганда поршень пастга тушади. Газгольдердаги газ босими поршень массаси ва цилиндрик кобикнинг ички диаметри билан белгиланади. Бу турдаги газгольдерларни эксплуатация мураккаб ҳамда поршеннинг резервуар деворига мукамал зичланишини таъминлаш қийин.

Ҳўл газгольдерлар энг кенг тарқалган резервуар бўлиб, ҳажми 100...32000 м³ гача бўлади (9.40-расм). Газгольдер резервуар 1, телескоп 2, ҳаракатчан қалпок (колокол) 3 ва йўналтирувчи қаркас 4 лардан таркиб топган. Резервуарнинг пастки қисми текис копкақ билан ёпилган бўлса, тепа қисми очик; унга телескоп-иккала чети очик цилиндрик оболочка кириб туради; унга ости йўқ, сферик қаркас копкақли қалпок (колокол) кириб туради. Қалпок (колокол) ва телескоп ўз оғирлиги таъсирида резервуарнинг тубигача тушиши мумкин. Резервуарга ҳайдалаётган газ босими таъсирида эса, девор 1 га пайвандланган йўналтирувчи қаркас 4 бўйлаб энг тепасигача кўтарилиши мумкин.

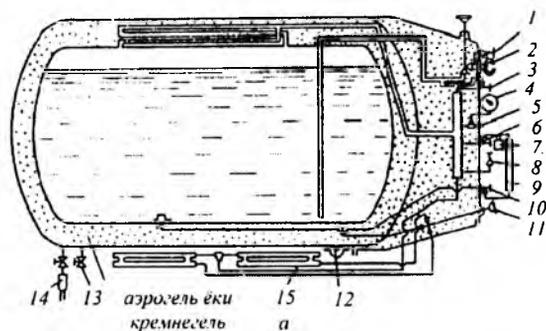
Қалпок (колокол)ни йўналтирувчилар телескоп ичида ҳам бўлиши мумкин. Йўналтирувчилар бўйлаб бир текисда ҳаракатланиш ролик 6 лар туфайли содир бўлади. Ушбу роликлар телескоп ва қалпок (колокол)га қронштейн 5 лар ёрдамида маҳкамланади. Айрим ҳолларда, йўналтирувчилар винтсимон чизик кўринишида ясалади. Ҳамма ташки йўналтирувчилар бир-бири ва кобик билан маҳкам бириктирилгани учун ишончли турғунликка эга. Резервуар ва телескоп ҳамда телескоп ва колокол орасидаги ишончли зичланиш сувли затвор ёрдамида таъминланади.

Резервуар тубидаги, телескоп ва қалпок (колокол)нинг ҳалқасимон затворларидаги сувнинг музлаши газгольдерга катта ҳавф туғдиради. Шунинг учун, маҳаллий шароит иклимидан келиб чиққан ҳолда ушбу ҳодисанинг олдини олиш ва тегишли тадбирлар қилиш зарур.

Суюлтирилган газлар учун танк ва резервуарлар. Кислородни суюқ ҳолатда саклаш қимматбаҳо, юқори босимли репициентлардан фойдаланмаслик имконини беради. Саклагичнинг ҳар 1 м³ да 1140 кг кислород бўлади, лекин 0,1 МПа ва 20°С да кислороднинг газ фазадаги микдори ~850 м³ ни ташкил этади. Бугланиш туфайли йўқотилишлар микдори кўп эмас. Ундан ташқари, ажралиб чиқаётган кислород буглари газгольдерда йигилади. Стандарт стационар сизимли идишлар ҳажми 8...80 т гача бўлади. Ҳажми 30 т гача бўлган идишлар цех ичига ўрнатилиши, ундан ортиқлари – цех ташқарисига жойлаштирилади. Ушбу идишлар ер остига ёки устига жойлангани мумкин.

Ҳамма турдаги саклагичлар авария ҳолатига тушганда, унинг ичидаги суюқликлар маҳсус ўраларга ёки йиғиш идишларига тушишини таъминлаш керак.

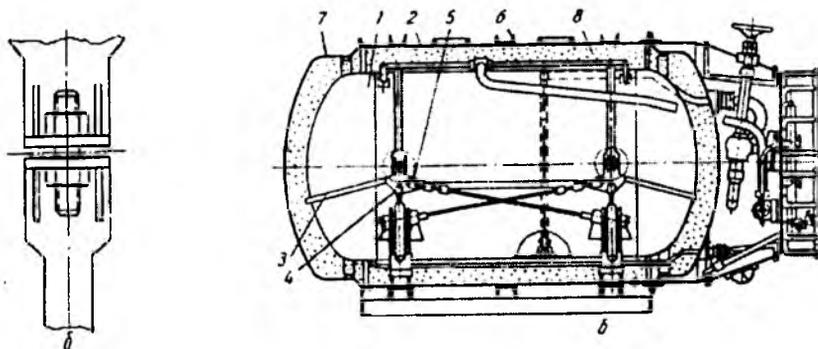
Юк учун мўлжалланган идиш (танк) лар ҳажми 1, 2, 6 ва 30 м³ бўлади. Бугланиш туфайли кислороднинг йўқотилиши ҳимояловчи коплама турига ва идишнинг ўлчамига қараб, суткасига 0,2...3% ни ташкил этади. Ундан ташқари, танкни совитиш, тўлдириш ва бўшатиш вақтидаги йўқотилишларни ҳам инобатга олиш даркор.



9.41а-расм. Суюлтирилган газ учун резервуар конструкцияси ва схемаси:

1-шлангдан газнинг чиқариш вентили, 2-тўлдириш ва тўкиш вентили, 3-газни чиқариш вентили, 4-манометр, 5-сакловчи мембрана, 6,10- сатҳ ўлчагич вентили, 7- суюклик ажраткич, 8-сакловчи клапан, 9-сатҳ ўлчагич, 11-буглаткич вентили, 12-қобикнинг сакловчи мембранаси, 13-вакуум силфонли вентил, 14-вакуумни ўлчаш ЛТ-ЧМ лампаси; 15-бугланиш қурилмаси.

Бугланиш туфайли йўқотилишларни камайтириш учун суюқ кислородни унинг қайнаш температурасидан 8...10°C паст температурагача совитиш керак. Бундай кислородни узок муддат давомида сақланади, чунки уни бугланиши учун ~210 кЖ/кг буг ҳосил қилиш иссиқлигидан ташқари, қайнаш температурасигача иситиш учун яна 15...17 кЖ/кг миқдорда иссиқлик узатиш лозим. Демак, ўша иссиқлик коплмасида орқали келаётган иссиқликда бугланиш туфайли йўқотилишлар ~8% га кам бўлади. Суюқ кислородни совитишнинг энг самарали усули, бу уни ажратиш қурилмасида газсимон азот ёрдамида амалга ошириш мақсадга мувофиқ, чунки газсимон азот температураси кислородникидан 12...13°C га пастроқ.



9.41б-расм. Суюлтирилган газ учун резервуар конструкцияси ва схемаси:

1-идиш, 2-қобик, 3-осғич, 4-вертикал занжирлар, 5-бўйлама занжирлар, 6-пайвандланган ферма, 7- днище, 8-азрогель.

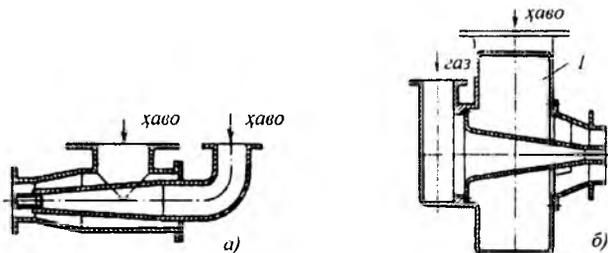
Турли газ ва суюлтирилган газларнинг сақлаш идишлари ва улардаги ёзув ранглари куйидаги жадвалда келтирилган.

№	Газ номи	Идиш ранги	Ёзув матни	Ёзув ранги	Чизик ранги
1.	Азот	Қора	Азот	Сарик	Жигар- ранг
2.	Аммиак	Сарик	Аммиак	Қора	-
3.	Аргон (техн.)	Қора	Аргон (техн.)	Қўқ	Оқ
4.	Аргон (тоза)	Кулранг	Аргон (тоза)	Яшил	Яшил
5.	Криптон-ксенон	Қора	Криптон-ксенон	Сарик	Сарик (2 чиз)
6.	Криптон (техн.)	Қора	Криптон	Сарик	Сарик
7.	Криптон (тоза)	Оранж	Криптон (тоза)	Қора	Қора
8.	Ксенон (тоза)	Оранж	Ксенон (тоза)	Қора	Қора
9.	Ацетилен	Оқ	Ацетилен	Кизил	-
10.	Водород	Тўқ яшил	Водород	---	-
11.	Ҳаво	Қора	Сиқилган ҳаво	Оқ	-
12.	Гелий	Жигарранг	Гелий	---	-
13.	Кислород	Ҳаво ранг	Кислород	Қора	-
14.	Углерод диоксиди	Қора	Углекислота	Сарик	-
15.	Бошқа ёнмайдиган газлар	---	Газ номи	---	-
16.	Бошқа ёнувчан газлар	Кизил	Газ номи	Оқ	-

Ёқилғи ёндирувчи мосламаларнинг конструкциялари. Газ ёндиргичларнинг тури ва конструкциялари ёқилғининг тури ва босими, оксидловчи модда тури ва физик хоссалари ва ёндиргичларга қўйилган талабларга боғлиқ.

Кўпчилик технологик талаблардан энг асосийси – бу ёқилғини оксидловчи модда билан аралаштиришдир. Аралаштириш усулига қараб ёндириш мосламалари ёнувчи компонентларни дастлабки аралаштирмайдиган, дастлабки тўлиқ аралаштирадиган, чала ва қисман дастлабки аралаштирадиган ёндиргичларга бўлинади.

Ёнувчи компонентларни дастлабки аралаштирмайдиган газ ёндиргичлари ёқилғи ва оксидловчиларни ёниш камерасига алоҳида-алоҳида узатилишини таъминлайдилар (9.42...9.44-расмлар). Компонентлари аралаштириш бевосита ёниш камерасида амалга оширилгани учун жуда узун аланга ҳосил бўлади.



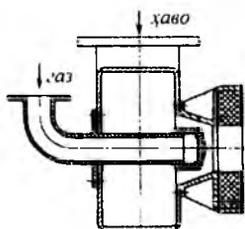
9.42-расм. «Труба ичида труба» типдаги ёндиргич конструкцияси:

а-тўғри окимчали, пуфловчи, б-бурама ҳаво окимли,
1-спиралсимон уюрмалагич

Ҳаво ортикчалиги $\alpha=1,1\dots1,15$ бўлганида ҳам тўлиқ ёнмайди, иссиқлик йўқотилиши катта ва иссиқлик ажралиб чиқишининг ҳажмий зичлиги паст. Бу турдаги газ ёндиргичларининг афзалликлари: катта иссиқлик қувватли ёндиргичларни лойиҳалаш имкониятлари чексиз; компонентларни юкори температурагача иситиш; аланганинг турғунлиги; газ ва оксидловчиларнинг босимлари паст бўлганда ҳам бенуксон ишлайди; тузилиши содда; эксплуатацияда ишончли ишлайди.

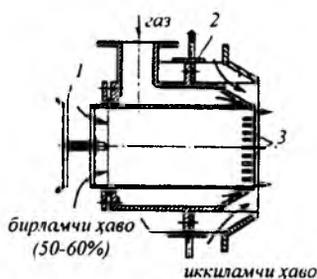
Бу турдаги ёндиргичларнинг афзалликлари: иссиқлик қуввати катта, ёнувчи компонентларни юкори температурагача исита олади, алангаси турғун, тузилиши содда эксплуатацияда ишончли.

Дастлабки тўлик аралаштирадиган инжекцион, атмосфера босимли (9.45-расм) ва оксидловчини мажбурий узатадиган (9.46-расм) ёндиргичлар ёнувчи аралашмани гомоген ҳолатга келтириш ва тезкор иситиш қобилиятига эга. Натижада, ёндиргичдан чиқишда аралашма юқори жадалликда ёнади ва калта юқори температурали аланга ҳосил қилади.



9.43-расм. Пуфловчи, кўп оқимчали ёндиргич конструкцияси:

а-тўғри оқимчали, пуфловчи, б-бурама ҳаво оқими, 1-спиралсимон уюрмалагич.



9.44-расм. Кўп оқимчали, пуфлагичли ёндиргич конструкцияси:

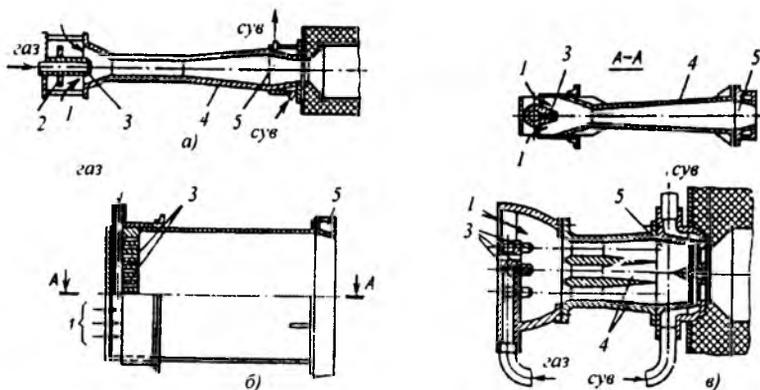
1-бирламчи ҳаво сарфини ростловчи диск, 2- иккиламчи ҳаво сарфини ростловчи халка, 3-газ оқимчаларини ҳаво оқимига киритиш тирқишлари.

Ҳаво ортикчалиги $\alpha=1,02...1,05$ бўлганида иссиқлик ажралиб чиқишининг ҳажмий зичлиги $6...60 \text{ МВт/м}^2$ ни ташкил этади ва ёқилгининг тўлик ёнишини таъминлайди.

Инжекцион, атмосфера босимли ёндиргичларнинг афзалликлари: иссиқлик қуввати ўзгарганда ҳам ҳаво ортикчалиги α нинг кийматини ўзгармас қилиб ушлаб тура олади. Камчиликлари: иссиқлик қуввати чегараланган ва жуда тор ораликда ростланади; газ ва оксидловчининг босимлари юқори бўлиши талаб этилади; компонентларни киздириш чегараланган; ёндиргичлар конструкцияси кўпол ва ишлаш жараёнида шовқин чиқаради.

Газ ва оксидловчиларни чала дастлабки аралаштирадиган ёндиргичлар юқорида қайд этилган конструкциялардан нисбатан ёмон аралаштириши билан фаркланади. Бундай конструкцияли ёндиргичларда аралаштириш жараёни унинг ташқариси, яъни ёниш камерасида содир бўлади. Ушбу ёндиргичларда аралаштириш жараёнининг самарадорлиги газ ёки оксидловчи оқимини майда оқимчаларга, газ ва оксидловчи оқимларнинг ҳаракат йўналишларини ўзгартириш, уларнинг учрашиш бурчагини ўзгартириб ошириш мумкин.

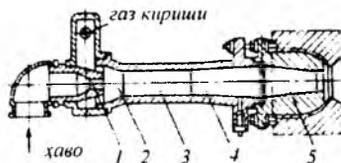
Газ ва оксидловчини қисман дастлабки аралаштирадиган ёндиргичлар юқорида қайд этилган конструкциялардан оксидловчини иккита оқимда узатилиши билан фаркланади.



9.45-расм. Инжекцион ёндиргичлар конструкцияси:

а-сув билан совутиладиган бир оқимли, б-ясси кўп соғлоли, в-кўп соғлоли бир оқимли.
1-ҳаво узатиш, 2- ҳаво сарфини ростловчи диск, 3-газ соғлоси, 4-диффузор-аралаштиргич, 5-конфузорли сув билан совутиладиган ёндиргичнинг соғлоси.

Оксидловчининг битта окими ёндиргичнинг аралашмиш зонасига бой ёнувчи аралашма ҳосил қилиш учун юборилади. Иккинчи окими эса, тўғридан-тўғри ёниш камерасига узатилади ва ёндиргичдан келаётган оким билан аралашади.



9.46-расм. Пуфловчи, нижекцион ёндиргич конструкцияси:
1-ҳаво соплоси, 2-кириш камераси-аралаштиргич;
3- аралаштиргичнинг цилиндрик қисми, 4-конфузорли сопо

Биринчи ва иккинчи окимчаларнинг нисбати ёниш сифатига ва бир қатор кўрсаткичларга, яъни аланга узунлигига, ёниш маҳсулотларининг температурасига, иссиқлик ажралиб чиқишнинг ҳажмий зичлигига таъсир этади. Ундан ташқари, бу турдаги ёндиргичлар конструкцияси аввалгиларига қараганда мураккаброк.

9.11. Реакторларни ҳисоблаш

Реакторнинг асосий ўлчамлари (ҳажми, фазаларнинг тўқнашиш юзаси) қуйидаги умумий нисбатдан аниқланади:

$$A = \frac{M}{DK} \quad (9.60)$$

бу ерда, M – қимевий ўзгаришга учраган ёки бир фазадан иккинчисига ўтган материал миқдори (узатилаётган ёки ажратиб олинаётган иссиқлик миқдори), D – жараённинг ҳаракатга келтирувчи кучи, K – жараённинг тезлик коэффициенти.

Қимёвий жараённинг қайси омили ҳал этувчи бўлишига қараб, реактор асосий ўлчами жараён давомийлиги (агар жараён кинетик зонада бўлса), модданинг бир фазадан иккинчисига тарқалиш тезлиги (агар жараён диффузион зонада бўлса) ёки иссиқлик узатилиши (ажратиб олиниши) орқали аниқланади. Охириги икки усулда эса, реактор худди иссиқлик ва масса алмашиниш қурилмаси каби ҳисобланади. Бундан кейин, фақат жараён давомийлиги орқали реакторларнинг асосий ўлчамини ҳисоблашни кўриб чиқамиз.

Даврий, идеал аралашмиш реакторлари. Энг оддий реактор змеевик ёки гилофли қозон ва аралаштиргичлардан таркиб топган бўлади. Аралаштиргич аралашмани интенсив қориштиради ва ҳажмнинг исталган нуктасида бир хил концентрация бўлишини таъминлайди, яъни концентрация фақат вақт ўтиши билан ўзгаради.

Реакторларни ҳисоблаш учун қуйидаги параметрлар берилган бўлади: вақт бирлигидаги иш унумдорлиги ва жараён давомийлиги $\Delta\tau$. Агар жараён давомийлиги $\Delta\tau$ топиб олинса, қурилмада бир суткада ишлаб чиқариладиган маҳсулот партияларининг сони β ни аниқлаш жуда осон.

$\Delta\tau$ ни соатда ифода қилиб, қуйидаги нисбатни оламиз:

$$\beta \Delta\tau = 24 \quad \text{ва} \quad \beta = \frac{24}{\Delta\tau} \quad (9.61)$$

Бир суткада ишлаб чиқариладиган партиялар сони α эса ушбу нисбатдан топилади:

$$\alpha = \frac{V_{\text{сум}}}{V_a} \quad (9.62)$$

бу ерда $V_{\text{сум}}$ – бир суткада қайта ишланаётган материалнинг ҳажми

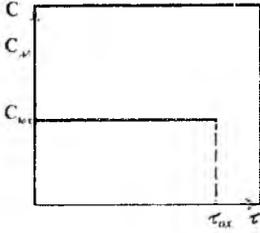
(9.61) ва (9.62) тенгламалардан қуйидаги боғлиқликни топиш мумкин:

$$\frac{\alpha}{\beta} = \left(\frac{V_{c,m}}{24} \right) \cdot \frac{\Delta \tau}{V_a} = n \quad (9.63)$$

бу ерда, n – параллел ишлаётган қурилмалар сони.

Агар қурилмаларнинг ишчи ҳажми V_a ни қабул қилиб олсак, қурилмалар сони n ни аниқлаш мумкин. Агар битта қурилма ($n=1$) қўллаш мақсадга мувофиқ бўлса, унда (9.63) тенгламадан унинг ишчи ҳажмини аниқлаш мумкин:

$$V_a = \frac{V_{c,m} \cdot \Delta \tau}{24} \quad (9.64)$$



9.47-расм. Идеал аралашини реакторида концентрация c нинг вақт τ га боғлиқлиги.

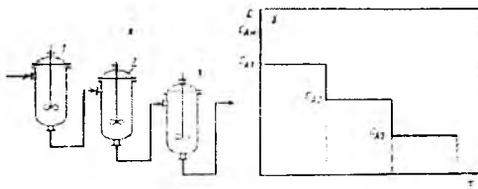
Узлуксиз ишлайдиган идеал аралашини реакторлари. Идеал аралашини реакторларида материал ҳажмининг ҳамма нукталарида ва вақт ўтиши билан концентрациялар ўзгармасдир. Бундай турдаги

реакторлар учун $c - \tau$ диаграмма 9.47-расмда келтирилган.

Расмдан кўриниб турибдики, бундай қурилмаларда концентрация бошланғич қиймат c_0 дан охириги концентрация $c_A=c_{ox}$ га бир зумда тушади. Ушбу ҳолат, биринчи даражали реакциялар учун моддалар ўзаро таъсир вақти ва реакторнинг ишчи ҳажми ушбу тенгламалардан топилади:

$$\tau_{ap} = \frac{x_{ox}}{K_1(1-x_{ox})}; \quad V_a = V_r \cdot \tau_{ap} \quad (9.65)$$

бу ерда, x_{ox} – қурилмадаги модда концентрацияси ($c_A=c_{ox}$); τ_{ap} – τ вақт ичида қайта ишланган ҳажм



9.48-расм. Идеал аралашини қурилмалар каскади (а) ва унда концентрация c нинг вақт τ га боғлиқлиги (б).

Маълумки, идеал аралашини қурилмалари жуда кичик фойдали иш коэффиценти билан характерланади. Демак, бошқа шароитлар бир хил бўлганда, унинг ҳажми максимал қийматга эга.

Идеал аралашини реакторлар каскади. Идеал аралашини қурилмаларининг фойдали иш коэффиценти ни ошириш мақсадида улардан каскад қилинади (9.48-

расм).

Каскаддаги реакторлар сонини аниқлаш учун график усулидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ (9.49-расм). Биринчи даражали реакция учун биринчи реакторда бошланғич айланиш даражаси x_0 дан x_1 гача ошади. Унда, abc учбурчакдан:

$$\frac{ac}{ab} = \frac{x_2 - x_1}{w} = tg \alpha \quad (9.66)$$

бу ерда, $w = \Delta c / \Delta \tau$ – реакция тезлиги, $tg \alpha - bc$ чизигининг реакция тезлиги ўкига қиялиги

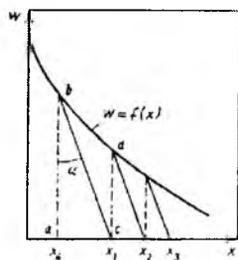
Нукта b дан абсцисса ўқи билан кесишгунча тўғри чизик ўтказиб, концентрация x_1 ни топамиз. Шу нуктадан тезлик эгри чизиги билан кесишгунча вертикал чизик ўтказиб d нуктани аниқлаймиз. Ҳосил қилинган d нуктадан α бурчак остида абсцисса ўқи билан туташгунча тўғри чизик ўтказиб x_2 топамиз. Худди шуни бир неча марта қайтарсак, $x_0 - x_{ox}$ оралиқда синик, поғонали чизик ҳосил бўлади.

Синик чизикдаги поғоналар сони каскаддаги реакторлар сонини билдиради. Графикдаги α бурчак куйидагича аниқланади:

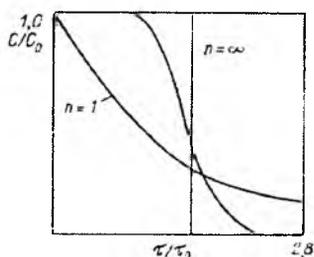
$$\frac{x_2 - x_1}{w} = tg \alpha = \tau \quad (9.67)$$

Лекин $\tau = V_a / V_r$, демак,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_a}{V_r}$$



9.49-расм. Каскададаги реакторлар сонини аниқлашнинг график усули.



9.50-расм. F - диаграмма (мавхум поғоналар сонини n бўлганда моддаларнинг ювилиб ажраш эгри чизиқлари).

Одатда, ҳисоблашларни ўтказиш учун V_r нинг қиймати берилган бўлади. V_a нинг қиймати эса, танлаб олинади, сўнг поғонали синик чизик қурилади ва ундан каскададаги реакторлар сонини топилади.

Идеал сиқиб чиқарувчи реакторлар. Бундай реактор модели сифатида узунлиги l нинг диаметри D нисбати жуда катта ($l/D > 20$) бўлган трубалар намуна бўла олади. Ушбу реакторнинг ҳар бир кўндаланг кесимининг радиуси бўйлаб концентрация бир текисда (идеал аралashiш) бўлади. Лекин реакторда бўйлама аралashiш юз бермайди. Бундай шароитда концентрация c_A нинг ўзгариши худди шу турдаги даврий ишлайдиган қурилманики каби ва сон жиҳатдан бир хил бўлади. Бунинг учун 9.50-расмдаги абсцисса ўқида τ эмас, реактор узунлиги l қўйилиши керак.

Қурилманинг ишчи ҳажми ушбу тенгламадан топилади:

$$V_a = V_{\text{свк}} \cdot \tau \quad (9.68)$$

бу ерда, τ – жараён давомийлиги ва юқорида келтирилган кимёвий кинетика тенгламаларидан аниқланади.

9.12. Сиғимли реактор-қозонларни ҳисоблаш

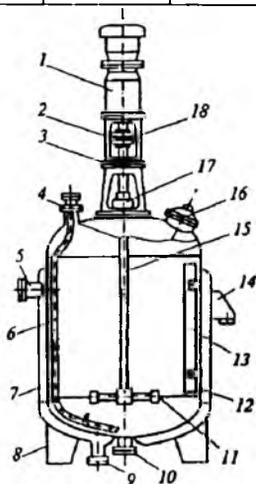
Нефть-газни қайта ишлаш, кимё ва саноатнинг бошқа соҳаларида сиғимли реактор-қозонлар кенг қўламда турли муҳитлар билан гомоген ва гетероген кимёвий реакциялар ўтказиш учун ишлатилади. Ушбу турдаги қурилмалар даврий ва узлуксиз ишлайдиган бўлади. 9.45-расмда энг кўп қўлланиладиган реактор-қозон конструкцияси тасвирланган. Бу қурилмалар 0,1 дан 200 м³ ҳажм оралигида стандартлаштирилган ва 0,1 дан 10 МПа босимга бардошли этиб тайёрланади. 9.3-жадвалда сиғимли реактор-қозонларнинг техник тавсифлари келтирилган.

Эллиптик динше ва қопқоқлик сиғимли реактор-қозонларнинг асосий техник кўрсаткичлари

9.3-жадвал

Номинал ҳажм V_n , м ³	Қурилма диаметри D , мм	Ғилоф иссиқлик алмашиниш юзаси F_p , м ²	Змеевик иссиқлик алмашиниш юзаси F_{Σ} , м ²		Аралаштигич ўқининг диаметри D_v , мм	Суюқлик сатҳнинг баландлиги H_k , м
			1-қатор	2-қатор		
1	2	3	4	5	6	7
0,1	500	0,7	-	-	40	0,42
0,16	600	0,9				0,47
0,25	700	1,3				0,50
0,4	800	1,9				0,66
0,63	1000	2,5			40; 50; 65	

1,00	1200	3,4	2,8		50; 65	0,68
1,25		4,4	-		50; 65; 80	0,76
1,60		5,8				0,93
2,00	1400	6,5	3,5			1,16
2,50		7,8	-			1,09
3,20	1600	8,5	5,2	9,5	65; 80	1,33
4,00	1600	11,3	-	-	65; 80	1,33
5,00	1800	12,0	4,9	9,1	65; 80; 95	1,63
6,30	1800	14,8	11,5	20,7		1,63
8,00	2000	17,0	-	-		2,01
10,0	2200	20,0	12,4	22,9	80; 95	2,08
12,5	2400	21,0	-	-	80; 95; 110	2,16
16,0	2400	25,5	13,4	24,6		2,27
20	2600	33,5	-	-		2,86
25	2800	38,0	12,8	24,9	95; 110; 130	3,04
32	3000	39,0	12,8	24,9		3,28
40	3200	54,0	-	-		3,64
50	3000	69,7	12,8	24,9		4,00
63	3200	82,8	-	-		5,57
						6,14



9.51-расм. Сигмалли реактор-козон:

1-мотор-редуктор; 2-устун; 3-подшипник таянчи; 4,5,9,10-реагент, махсулот ва иссиқлик элтирилган шланглар; 6-сикиб чиқариш труба; 7-иссиқлик алмашишигилофи; 8-таянч; 11-аралаштигич; 12-кобик; 13-кайтарувчи тўсик; 14-таянч; 15-аралаштиргич ўқи; 16-люк; 17-ўқ зичлагичи; 18-муфта.

9.12.1. Даврий сигмалли реактор-козонларни ҳисоблаш формуллари

Одатда кимёвий айланишларни таърифлаш учун реакциянинг стехиометрик тенгламаси куйидаги кўринишга эга:



бу ерда, A, B – бошланғич моддалар (реагентлар), C, D – реакция махсулотлари; a, b, c, d – реакция коэффициентлари.

Агар бирорта реагент ёки реакция махсулот массаси маълум бўлса, тўлиқ айланиш учун назарий жиҳатдан зарур бўлган реакциянинг колган компонентлар массасини (9.69) тенглама ёрдамида ҳисоблаш мумкин.

Даврий ишлайдиган реакторлар учун жараён давомийлиги τ (с) куйидагича аниқланади:

– ноль тартибли реакциялар учун

$$\tau_p = \frac{1}{K_{p0}} \cdot (x_{A0} - x_{Ac}) \quad (9.70)$$

бу ерда, K_{p0} – ноль тартибли реакция тезлигининг константаси, кмоль/(м³·с), $x_{Aн}$, x_{Ak} – системадаги A модданинг бошлангич ва охириги концентрациялари, кмоль/м³

– биринчи тартибли реакциялар учун

$$\tau_p = \frac{1}{K_{p1}} \cdot \ln \frac{x_{Aн}}{x_{Ak}} \quad (9.71)$$

бу ерда, K_{p1} – биринчи тартибли реакция тезлигининг константаси, с⁻¹;

– иккинчи тартибли реакциялар учун

$$\tau_p = \frac{1}{K_{p2}} \cdot \frac{1}{x_{Bн} - x_{Bк}} \cdot \ln \frac{(x_{Bн} - x_{Aн} + x_{Ak}) \cdot x_{Aн}}{x_{Ak} \cdot x_{Bн}} \quad (9.72)$$

бу ерда, K_{p2} – иккинчи тартибли реакция тезлигининг константаси, м³/(кмоль·с); $x_{Bн}$ – системадаги B реакцияда иштирок этаётган модданинг бошлангич, кмоль/м³.

Тайёр махсулотнинг массавий сарфи G (кг/соат) бўлганда, реактор-козон хажми (м³) куйидагича ҳисобланади:

$$V = \frac{G \cdot \tau_{\eta}}{\varphi \cdot \rho \cdot n} \quad (9.73)$$

бу ерда, τ_{η} – битта цикл давомийлиги, с, φ – реакторнинг тўлдирилиш коэффициенти, $\varphi=0,7-0,8$ кўпирмайдиган суюқликлар учун, $\varphi=0,4-0,6$ кўпирмайдиган суюқликлар учун, ρ – тайёр махсулот zichлиги, кг/м³, n – параллел ишлаётган реакторлар сони.

Реакторнинг якуний номинал хажми 9.3-жадвалдан танланади. Умумий ҳолда циклни давомийлиги ушбу йўл билан аниқланади:

$$\tau_{\eta} = \tau_p + \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5 \quad (9.74)$$

бу ерда, τ_p – реакция давомийлиги унинг тартиб рақимига боғлиқ бўлиб (9.72)-(9.73) формулалар ердамида аниқланади, τ_1 – реакторни янги циклга тайёрлаш вақти, одатда регламентда берилган бўлади ва у $\tau_1=10-60$ мин.; τ_2 – реакторни суюқлик билан тўлдирish вақти ва ушбу формуладан топилади:

$$\tau_2 = \frac{V_{жк}}{V_{ис}} \quad (9.75)$$

бу ерда, $V_{жк}$ – реактордаги суюқлик хажми, м³, $V_{ис}$ – реакторга суюқлик узатаётган насос унумдорлиги, м³/с; τ_3 , τ_4 – реактор ғилофи иссиқлик алмашиши юзасини иситиш ва совитиш давомийлиги куйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$\tau_{3,4} = \frac{Q_{3,4}}{F \cdot K_{3,4} (\Delta t_{\text{ср}})_{3,4}} \quad (9.76)$$

бу ерда, τ_3 – реакторнинг бушаш давомийлиги, суюқлик тўқиш усулига боғлиқ, (9.76) формулада F – иссиқлик алмашиши юзаси, м²; $K_{3,4}$ – иситиш ёки совитиш давридаги иссиқлик ўтказиш коэффициенти, Вт/(м²·К); $(\Delta t_{\text{ср}})_{3,4}$ – иситиш ёки совитиш жараёнидаги ўртача температуралар фарқи.

$Q_{3,4}$ -реактор ва унинг ичидаги моддаларни иситиш ёки совитиш учун сарфланаётган иссиқлик миқдори ушбу формуладан аниқланади:

$$Q_{3,4} = (m_p \cdot c_p + m_{жк} \cdot c_{жк}) \cdot \Delta t_{3,4} \quad (9.77)$$

бу ерда, m_p , $m_{жк}$ – реактор ва унга юкланган суюқлик массалари, кг; c_p , $c_{жк}$ – реактор ва унга юкланган суюқлик материалларининг солиштирма иссиқлик сизимлари, Ж/кг; $\Delta t_{3,4}$ – иситиш ёки совитиш жараёнидаги ўртача температуралар фарқи:

$$\Delta t_{3,4} = t_p - t_n; \quad \Delta t_4 = t_p - t_k;$$

бу ерда, t_p – реакция температураси; t_n – иситилгунга қадар суюқликнинг бошлангич температураси; t_k – совитилгандан кейинги суюқликнинг охириги температураси.

Δt_{cp} ни (9.76) формула бўйича ҳисоблаш нотурғун иссиқлик алмашиниш шартлари бўйича бажарилади, чунки реакцияда иштирок этувчи суюқликларни иситиш ёки совитиш жараёнида температура вақт бўйича ўзгариб туради.

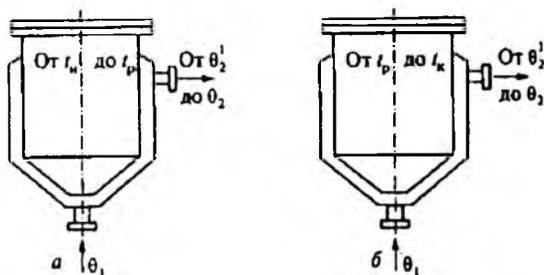
Агар иситиш жараёнида реакцияда иштирок этувчи суюқлик аралашмасининг температураси t_n дан t_p гача кўтарилганда агрегат ҳолати ўзгармаса, яъни иссиқлик элткич температураси θ_1 дан θ_2 гача ўзгаради. Унда, ўртача температуралар фарқи қуйидагича аниқланади (9.52-расм):

$$(\Delta t_{\text{cp}})_3 = \frac{t_p - t_n}{\ln \frac{\theta_1 - t_n}{\theta_1 - t_p}} \cdot \frac{A-1}{A \ln A}; \quad (9.78)$$

бу ерда

$$A = \frac{\theta_1 - t_p}{\theta_2 - t_p}.$$

Агар реакцияда иштирок этувчи суюқлик аралашмаси сув бўғи билан иситилганда $\theta_1 = \theta_2 = \theta$ бўлади ва $(\Delta t_{\text{cp}})_3$ ўртача арифметик ёки логарифмик фарқ сифатида ҳисобланади.



9.52-расм. Даврий ишлайдиган реакторда температура ўзгариши.

Агар реакцияда иштирок этувчи суюқлик аралашмаси, совуқлик элткич билан совутилганда θ_2 вақт бўйича ўзгаради ва $(\Delta t_{\text{cp}})_4$ қуйидагича ҳисобланади:

$$(\Delta t_{\text{cp}})_4 = \frac{t_p - t_k}{\ln \frac{t_p - \theta_1}{t_k - \theta_1}} \cdot \frac{A-1}{A \ln A}; \quad (9.79)$$

бу ерда $A = \frac{t_k - \theta_1}{t_k - \theta_2}.$

τ_s тахминий киймати ушбу формулада ҳисобланиши мумкин:

$$\tau_s = \frac{900 \cdot V_{\text{ж}}}{D^2} \quad (9.80)$$

Реакторни бўшатиш суюқликни остки тўқиш штуцери орқали ташкил этилганда:

$$\tau_s = \frac{1,1 \cdot 10^{-3} \cdot V_{\text{ж}}}{H_{\text{ж}}^{0,5} \cdot D^2} \quad (9.81)$$

бу ерда, $V_{\text{ж}}$ – реактордаги суюқлик ҳажми, м^3 ; D – қурилма диаметри, м ; $H_{\text{ж}}$ – қурилмадаги суюқлик сатҳининг бошланғич баландлиги, м .

Гилоф ичидаги ёки змеевик билан ўралган деворга суюқликдан тарқалаётган иссиқлик ушбу формула билан ифодаланади:

$$Nu = C \cdot Re_{\text{нб}}^a \cdot Pr^{0,33} \quad (9.82)$$

бу ерда, D – реактор ички диаметри, м; d_{zw} – змеевик трубагининг ташки диаметри, м; $Re_{\text{нб}}^a = n \cdot d_{zw}^2 / \nu_{ж}$ – Рейнольдснинг марказдан кочма критерийси; n – аралаштиргич айланниш частотаси, 1/с; d_w – аралаштиргич диаметри, м; $\nu_{ж}$ – суюклик кинематик ковшоклиги, м²/с.

Бунда, ғилофга таркалаётган иссиқлик $Nu = \alpha D / \lambda$ ва змеевикка узатилаётгани эса $Nu = \alpha d_{zw} / \lambda$ орқали ҳисоблаб топилади.

(9.82) формуладаги C ва a коэффициентларнинг сон кийматлари 9.4-жадвалда келтирилган.

Турбулент режимда ($Re > 10000$) ғилоф ёки змеевикда ҳаракатланаётган суюкликнинг иссиқлик бериш коэффициентини ушбу формуладан аниқланади:

$$Nu = 0,021 \cdot \varepsilon \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \quad (9.83)$$

бу ерда, $\varepsilon = 1 + (3,6d/D_{zw})$ – каналларнинг эгрилигини инобатга олувчи коэффициент, D_{zw} – змеевик диаметри, d – канал эквивалент диаметри

9.4-жадвал

Аралаштиргич тури	Тўсик борлиги	C	a
Ғилофли қурилма учун			
Турбинали (очик)	бор	0,760	0,67
	йўқ	0,350	0,67
Пропеллерли (уч парракли)	бор	0,514	0,67
	йўқ	0,380	0,67
Икки парракли	бор	0,526	0,67
	йўқ	0,360	0,67
Лангарли	-	1,000	0,50
	-	0,380	0,67
Змеевиклиқ қурилма учун			
Турбинали	йўқ	0,036	0,67
Пропеллерли (уч парракли)	бор	0,068	0,67
	йўқ	0,078	0,62
Икки парракли	йўқ	0,030	0,62

Одатда, цилиндрик ғилоф ичида иссиқлик тарқалиши табиий конвекция шаронтида кечади ва $Re < 2300$ бўлган ҳолларда ҳам қуйидаги формулада ҳисоблаш тавсия этилади:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot H_p}{\lambda} = C (Gr \cdot Pr)^a \quad (9.84)$$

бу ерда $10^3 < Gr \cdot Pr < 10^9$ да $C=0,76$; $a=0,25$, $Gr \cdot Pr > 10^9$ да $C=0,15$; $a=0,33$.

Агар иссиқлик элткич сифатида сув ишлатилса, $Gr \cdot Pr$ кўпайтмаси соддалашган формулада ҳисобланади:

$$(Gr \cdot Pr) = H_p^3 \cdot (t_{cm} - \theta_{yp}) \cdot B \quad (9.85)$$

бу ерда, H_p – ғилоф билан ўралган идиш деворининг баландлиги, м, t_{cm} – девор температураси, °С, θ_{yp} – ғилофдаги иссиқлик элткич температураси, °С; B – ушбу коэффициент θ_{yp} га боғлиқ ва қуйидаги жадалдан танланади

$\theta_{yp}, ^\circ\text{C}$	0	10	20	40	60	80	100	150	200
$B \cdot 10^{-9}$	2,64	15,5	27,0	39,0	68,0	102	147	290	493

Реакция даврида ушбу параметрни қуйидагича ҳисоблаш мумкин:

$$\theta_{yp} = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}; \quad t_{cm} = \frac{t_p + \theta_{yp}}{2}$$

Қурилмани совитиш даврида

$$\theta_{yp} = \frac{t_p + t_k}{\ln \frac{t_p}{t_k}} - (\Delta t_{yp})_4 \quad (9.86)$$

(9.85) тенгламада t_{cm} ни куйидагича аниклаш мумкин:

$$t_{cm} - \theta_{yp} = \frac{(\Delta t_{cp})_4}{2}$$

Аралаштиргич юриткичи қувватини ҳисоблаш. Ушбу мослама қувватини танлаш юриткич механик ф.и.к. ни инобатга олган ҳолда гидродинамик ҳисоблаш натижалари асосида амалга оширилади. Юриткичнинг ҳисобланган қуввати куйидагига тенг:

$$N_p = \frac{N}{\eta_{np} \cdot \eta_{yul}} \quad (9.87)$$

бу ерда, N – реакцияда иштирок этувчи суюкликларни аралаштириш учун зарур қувват, η_{np} – юриткич ф.и.к., η_{yul} – зичлагич ф и к

Юриткич қуввати ва тайёрланишига қараб $\eta_{np}=0.75-0.95$; $\eta_{yul}=0.9-0.98$.

N_p кийматига қараб, ҳисобланган қувват микдорига энг яқин катта қувватли стандарт юриткич танланади.

Ламинар режим ($Re_{no}<100$) да реакцияда иштирок этувчи суюкликларни аралаштириш учун зарур қувват ушбу формуладан аникланади:

$$N = C \cdot \mu \cdot n^2 \cdot d_m^3 \quad (9.88)$$

бу ерда, C – қурилма конструкцияси ва турига боғлиқ коэффициент, μ – динамик ковшоқлик, Па·с; n – аралаштиргич айланишлар сони, айл/с. d_m – аралаштиргич диаметри

C ва K_N коэффициентларнинг кийматлари ньютон суюкликлари учун махсус адабиётларда берилган [23].

Лентали ва шнекли аралаштиргичли қурилмалар учун турбулент режим ($Re_{no}>100$) да зарур қувват куйидаги формуладан аникланади:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_m^2 \quad (9.89)$$

9.13. Узлуқсиз ишлайдиган реактор-қозонларни ҳисоблаш

Реакторнинг номинал ҳажми куйидагича аникланади:

$$V = \frac{V_p \cdot \tau \cdot (1+a)}{\varphi} \quad (9.90)$$

бу ерда, V_p – ҳажмий сарф, м³/с; a – қувват захираси коэффициенти, юриткичли, зичлагичли ва аралаштиргичли реактор учун $a=0,1 \dots 0,2$, φ – қурилмани тўлдирилиш коэффициенти; τ – зарур айланиш учун керакли бўлган реакция вақти:

$$\tau = \frac{x_{Ar} - x_{Ai}}{r_A} \quad (9.91)$$

бу ерда, r_A – реакция тезлиги

$$r_A = K_p \cdot x_A^a \cdot x_B^b \quad (9.92)$$

бу ерда, K_p – кимевий реакция тезлигининг константаси; a, b – реакция коэффициентлари (9.69).

(9.92) формуладаги x_{Ak} ва x_{Bk} ларни топиш учун 1 тонна тайёр маҳсулот бўйича A ва B моддалар чиқишини ҳисоблаш керак.

Реакция тезлиги константаси тажриба йўли билан топилади. Гомоген муҳитда реактнинг концентрацияси кичик бўлган ҳолларда ушбу коэффициент Аррениус тенгламаси ёрдамида ҳисобланиши мумкин:

$$K_p = \kappa_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)$$

бу ерда, κ_0 – вақт бирлигида жуфт тўқнашишлар сонини тавсифловчи пропорционаллик коэффициенти; E – кимевий реакция фаоллаштириш энергияси, Ж/кмоль, $R=8314$ Ж/(кмоль К) – газнинг универсал доимийси; T – абсолют температура, К.

Реакцияда иштирок этувчи аралашманинг ҳажмий сарфи:

$$V = V_{y0} \cdot G \quad (9.93)$$

бу ерда, G – тайёр маҳсулот бўйича реакторнинг белгиланган унумдорлиги, т/с. V_{y0} – 1 т маҳсулотга тўғри келадиган реакция аралашма ҳажми, м³/т.

$$V_{y0} = \frac{\sum m_i}{\rho_{op}} \quad (9.94)$$

бу ерда, $\sum m_i$ – 1 тонна тайёр маҳсулотга тўғри келадиган, реакция аралашмани таркибига кирувчи маҳсулотлар массасининг йиғиндиси, кг/т.

Номинал ҳажм V қийматига қараб, 9.3-жадвалдан стандарт реактор танланади. Реакцион аралашмани аралаштириш учун зарур бўлган қувват даврий ишлайдиган реактор-қозонлар учун мўлжалланган формулалардан фойдаланиш тавсия этилади.

Мисол 9.1. Ғилофли реактор-қозон асосий элементларининг мустаҳкамлик ҳисоби қилинсин.

Бошланғич маълумотлар: Қозоннинг ички диаметри $D=1000$ мм, ғилофники – $D_f=1100$ мм (9.45-расм). Қурилма цилиндрик қисмининг узунлиги $l=960$ мм, қурилмадаги босим 0,3 МПа, вакуум эса – 0,08 МПа гача. Қурилма ичида температура 160°C, ғилофдаги – 160°C; ғилофдаги босим 0,6 МПа.

Обечайка ва эллиптик днишчелар учун ҳисобланган босим қуйидагича бўлади:

$$P_n = 0,6 + 0,08 = 0,68 \text{ МПа}$$

Қурилма ва ғилофдаги муҳитлар коррозия фаол эмаслиги туфайли реакторнинг материали ВСтЗсп деб танланади.

Қурилма ғилофининг цилиндрик обечайкасини ҳисоблаш. Ички босим остидаги цилиндрик обечайка деворининг қалинлиги ушбу формуладан ҳисобланади:

$$S_p = \frac{D_1 \cdot P}{2[\sigma] \cdot \varphi - P} + C = \frac{0,6 \cdot 1,1}{2 \cdot 149 \cdot 1 - 0,6} + 0,002 = 4,22 \text{ мм}$$

Олинган натижани яхлитлаб, $S_p=6$ мм деб қабул қиламиз.

Рухсат этилган ортиқча босим қуйидаги формуладан аниқланади:

$$[P] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi \cdot (S_p - C)}{D_1 + [S_p - C]} = \frac{2 \cdot 149 \cdot 1 \cdot (0,006 - 0,002)}{1,1 + (0,006 - 0,002)} = 1,08 \text{ МПа}$$

$P=0,6$ МПа < $[P]=1,08$ МПа бўлгани учун, мустаҳкамлик шarti бажарилмоқда.

Реактор қобиғи цилиндрик обечайкасини ҳисоблаш. Обечайка деворининг қалинлиги қуйидагича ҳисобланади:

$$S = \frac{D \cdot P}{2[\sigma] \cdot \varphi - P} + C = \frac{0,3 \cdot 1}{2 \cdot 149 \cdot 1 - 0,3} + 0,002 = 3,0 \text{ мм}$$

Қурилма қобигининг қалинлигини ғилоф обечайкасига тенг, яғни $S=6$ мм деб олиб, рухсат этилган ортикча босим микдорини топамиз:

$$[P] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi \cdot (S_p - C)}{D + (S_p - C)} = \frac{2 \cdot 149 \cdot 1 \cdot (0,006 - 0,002)}{1 + (0,006 - 0,002)} = 1,19 \text{ МПа}$$

$P=0,3$ МПа $< [P]=1,19$ МПа бўлгани учун, мустақкамлик шарти бажарилмоқда. Ташқи босим таъсири шартидан обечайка деворининг қалинлиги:

$$S = 1,18D \cdot \left(\frac{P_u \cdot l}{E \cdot D} \right)^{0,4} + C = 1,18 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,68 \cdot 0,96}{1,85 \cdot 10^5 \cdot 1} \right)^{0,4} + 0,002 = 9,8 \text{ мм}$$

$S=10$ мм деб қабул қиламиз.

Мустақкамлик шартлари бажарилишини кўриб чиқамиз:

$$1,5 \sqrt{\frac{2 \cdot (0,01 - 0,002)}{1}} < \frac{96}{1} < \sqrt{\frac{1}{2 \cdot (0,01 - 0,002)}}; \quad 0,19 < 0,96 < 7,9;$$

$$\frac{0,96}{1} > 0,3 \cdot \frac{1,85 \cdot 10^5}{250} \sqrt{\frac{2 \cdot (0,01 - 0,002)}{1}}; \quad 0,96 > 0,444.$$

бу ерда $\sigma=250$ МПа, мустақкамлик шартлари бажарилмоқда.

Демак, рухсат этилган кучланиш қийматини ҳисобламаса ҳам бўлади. Қурилма қобиги қалинлигини $S=10$ мм деб қабул қиламиз.

Эллиптик днишче ҳисоби. Ушбу днишче қалинлиги қуйидагича ҳисобланади:

$$S = \frac{R \cdot P}{2[\sigma] \cdot \varphi - 0,5 \cdot P} + C = \frac{0,6 \cdot 1}{2 \cdot 149 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,6} + 0,002 = 4,22 \text{ мм}$$

бу ерда $R=(D_1)^2/4H_0=1,12/(4 \cdot 0,25D_1)=D_1$.

Қурилма днишчеси қалинлигини ғилоф обечайкаси қалинлигига тенг, яғни $S_p=6$ мм деб қабул қиламиз.

Рухсат этилган ички ортикча босим ушбу формуладан аниқланади:

$$[P] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi \cdot (S_o - C)}{R + 0,5 \cdot (S_o - C)} = \frac{2 \cdot 149 \cdot 1 \cdot (0,006 - 0,002)}{1,1 + 0,5 \cdot (0,006 - 0,002)} = 1,08 \text{ МПа}$$

$P=0,6$ МПа $< [P]=1,08$ МПа бўлгани учун, мустақкамлик шарти бажарилмоқда.

$$S_o = \frac{R \cdot P}{2[\sigma] \cdot \varphi - 0,5 \cdot P} + C = \frac{0,3 \cdot 1}{2 \cdot 149 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,3} + 0,002 = 3,1 \text{ мм}$$

Қурилма қобигининг днишчеси қалинлигини қобик обечайкасига тенг, яғни $S_o=10$ мм деб олиб, рухсат этилган ички босим микдорини топамиз:

$$[P] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi \cdot (S_o - C)}{R + 0,5 \cdot (S_o - C)} = \frac{2 \cdot 149 \cdot 1 \cdot (0,01 - 0,002)}{1,1 + 0,5 \cdot (0,01 - 0,002)} = 2,16 \text{ МПа}$$

$P=0,3$ МПа $< [P]=2,16$ МПа бўлгани учун, мустақкамлик шарти бажарилмоқда.

Ташки босим таъсири шартидан днишче деворининг калинлиги:

$$S_{\sigma} \geq S_p + C$$

бу ерда $S_p = \max \left\{ \frac{K_2 \cdot R_1}{300} \cdot \sqrt{\frac{P_n}{10^{-6} \cdot E}}; \frac{P_n \cdot R_1}{2[\sigma]_1} \right\}$

Тахминий ҳисоблар учун $K_2=0,9$ деб қабул қиламиз.

$$\frac{0,9 \cdot 1000}{300} \cdot \sqrt{\frac{0,68}{1,85 \cdot 10^5 \cdot 10^{-6}}} = 5,75 \text{ мм}; \quad \frac{0,68 \cdot 1000}{2 \cdot 149} = 2,28 \text{ мм};$$

$$S_p = \max \{5,75; 2,28\} = 5,75 \text{ мм}. \quad S_{\sigma} \geq 5,75 + 2 = 7,75 \text{ мм}.$$

$S_{\sigma}=10$ мм деб қабул қиламиз ва ташки рухсат этилган босимни ҳисоблаймиз.

$$[P] = \frac{[P]_n}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_n}{[P]_E}\right)^2}} \geq P$$

бу ерда $[P]_n = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi \cdot (S_{\sigma} - C)}{R_1 + 0,5 \cdot (S_{\sigma} - C)} = \frac{2 \cdot 149 \cdot (10 - 2)}{1000 + 0,5 \cdot (10 - 2)} = 2,37 \text{ МПа};$

$$[P]_E = \frac{26 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_y} \cdot \left| \frac{100 \cdot (S_{\sigma} - C)}{K_2 \cdot R_1} \right|^2 = \frac{26 \cdot 10^{-6} \cdot 1,85 \cdot 10^5}{2,4} \cdot \left| \frac{100 \cdot (10 - 2)}{0,933 \cdot 1000} \right|^2 = 1,474 \text{ МПа}$$

бу ерда $H/D=0,25$ ва $D/(S_{\sigma}-C)=1000/(10-2)=1,25$ да $K_2=0,933$; $n_r=2,4$ – ишчи шаронда турғунлик захирасининг коэф-фициенти.

Унда,

$$[P] = \frac{2,37}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,37}{1,474}\right)^2}} = 1,25 \text{ МПа}$$

0,68 МПа < 1,25 МПа бўлгани учун, мустаҳкамлик ва турғунлик шартлари бажарил-моқда.

Аралаштиргич ўқини тебранишга бардошлигини ҳисоблаш. Суюқлик ковшоқлиги $\mu < 0,3$ Па·с ва $\rho_c < 1500$ кг/м³ бўлганда аралаштиргич ўқининг тебранишга бардошлик шар-ти $\omega \leq 0,7 \cdot \omega_{кр}$ кўринишга эга.

Ўқнинг айланиш частотасини 50 айл/мин. деб қабул қилиб бурчак тезликни ҳисоблаймиз:

$$\omega_p = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 50}{30} = 5,2 \text{ рад / с}$$

9.3-жадвалдан реактор-қозон диаметри $D=1$ м, ўқи $d_w=0,05$ м диаметрли қурилма танлаймиз ва ўқ кўндаланг кесимининг инерция моментини аниқлаймиз:

$$J = \frac{\pi \cdot d_w^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,05^4}{64} = 30,6 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

Номинал ҳажми 1 м³ ва диаметри $D=1$ м ли реактор-қозонга $l=1,8$ м ли ўқ қабул қиламиз. Консоль узунлиги $a=1,2$ м, аралаштиргич массаси 25 кг, ўқнинг консоль қисми-нинг массаси 18 кг.

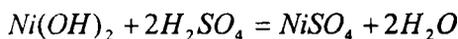
Ўқга маҳкамланган диск массаси $25 \text{ кг} + 18 \text{ кг} = 43 \text{ кг}$.

$$\omega_{\text{кр}}^2 = \frac{3E \cdot J}{m \cdot l \cdot a^2} = \frac{3 \cdot 2,2 \cdot 10^{11} \cdot 30,6 \cdot 10^{-8}}{43 \cdot 1,8 \cdot 1,2^2} = 1812;$$

$$\omega_{\text{кр}} = 42,6 \text{ рад / с}$$

$\omega_p = 5,2 \text{ рад/с} < 0,7 \cdot \omega_{\text{кр}} = 29,8 \text{ рад/с}$ бўлгани учун, тебранишга бардошлик шarti бажарилмоқда.

Мисол 9.2. Сульфат кислота ва никель гидроксиди билан қуйидаги реакция



бўйича ўзаро таъсирида никель сульфатини олиш учун узлуксиз ишлайдиган реактор-қозон ҳажми ва кимёвий реакция тезлиги ҳисоблансин.

Бошланғич маълумотлар: Қурилманинг сувсиз NiSO_4 бўйича унумдорлиги $G=2$ т/сутка. Айланиш даражаси $\chi=0,85$. Иккинчи тартибли реакция тезлигининг константаси $K_p=5,76 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/(\text{кмоль} \cdot \text{с})$. 1 тонна тайёр маҳсулотга тўғри келадиган суюқликлар аралашмасининг йиғиндиси $\sum m_i = 6257 \text{ кг / м}$. Суюқлик аралашмасининг зичлиги $\rho_{\text{с.м}}=1167 \text{ кг/м}^3$.

1 тонна C маҳсулотга зарур бўлган A ва B моддалар массаси қуйидаги формуладан аниқланади:

$$m_A = m_C \cdot \frac{a \cdot M_A}{c \cdot M_C} = 1000 \cdot \frac{93}{155} = 600 \text{ кг / м}$$

$$m_B = m_C \cdot \frac{b \cdot M_B}{c \cdot M_C} = 1000 \cdot \frac{98}{155} = 632 \text{ кг / м}$$

бу ерда $a=b=1$, M_A, M_B, M_C – $\text{Ni}(\text{OH})_2, \text{H}_2\text{SO}_4, \text{NiSO}_4$ ларнинг молекуляр оғирликлари.

Реагентларнинг айланиш даражасини ҳисобга олиб, уларнинг массаларини аниқлаймиз:

$$m_A^* = \frac{K_A \cdot m_A}{\chi} = \frac{1 \cdot 600}{0,85} = 706 \text{ кг / м}$$

$$m_B^* = \frac{K_B \cdot m_B}{\chi} = \frac{1,1 \cdot 632}{0,85} = 818 \text{ кг / м}$$

A ва B моддаларнинг реакцияга киришмаган ортиқча массаси

$$m_A^* = m_A^* - m_A = 706 - 600 = 106 \text{ кг / м}$$

$$m_B^* = m_B^* - m_B = 818 - 632 = 186 \text{ кг / м}$$

A ва B моддаларнинг чиқишдаги массаси

$$n_A^* = \frac{m_A^*}{M_A} = \frac{106}{93} = 1,14 \text{ кмоль / м}$$

$$n_H = \frac{m_H}{M_H} = \frac{186}{998} = 1,9 \text{ кмоль} / \text{т}$$

1 тонна маҳсулотга тўғри келадиган реакция аралашма ҳажми куйидаги формуладан аниқланади:

$$V_{\text{сум}} = \frac{\sum m_i}{\rho_{\text{сум}}} = \frac{6257}{1167} = 5,36 \text{ м}^3 / \text{т}$$

Курилмадан чиқишдаги реагентлар концентрацияси

$$x_{A_k} = \frac{n_{A_k}}{V_{\text{сум}}} = \frac{1,14}{5,36} = 0,213 \text{ кмоль} / \text{м}^3$$

$$x_{B_k} = \frac{n_{B_k}}{V_{\text{сум}}} = \frac{1,9}{5,36} = 0,354 \text{ кмоль} / \text{м}^3$$

A реагентнинг бошланғич концентрацияси

$$x_{A_k} = \frac{x_{A_k}}{1-x} = \frac{0,213}{1-0,85} = 1,42 \text{ кмоль} / \text{м}^3$$

Реакция тезлиги ушбу формуладан аниқланади:

$$r_A = K_p \cdot x_{A_k}^a \cdot x_{B_k}^b = 5,76 \cdot 10^{-4} \cdot 0,213 \cdot 0,354 = 4,34 \cdot 10^{-5} \text{ кмоль} / (\text{м}^3 \cdot \text{с})$$

Реакция учун зарур вақт

$$\tau = \frac{x_{A_k} - x_{A_k}}{r_A} = \frac{1,42 - 0,213}{4,34 \cdot 10^{-5}} = 2,78 \cdot 10^4 \text{ с}$$

Реакцияда иштирок этувчи суюкликларнинг ҳажмий сарфи:

$$V_p = V_{\text{сум}} \cdot G = 5,36 \cdot 2 = 10,72 \text{ м}^3 / \text{сутка} = 0,446 \text{ м}^3 / \text{соат}$$

Реакторни тўлдирилиш даражасини $\phi=0,75$ ва қувват захираси коэффициентини $a=0,15$ деб қабул қилиб, реакторнинг номинал ҳажмини топамиз:

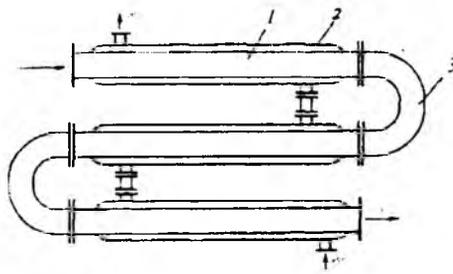
$$V' = \frac{V_p \cdot a \cdot (1+a)}{\phi} = \frac{0,446 \cdot 2 \cdot 2,78 \cdot 10^4 \cdot (1+0,15)}{3600 \cdot 0,75} = 5,28 \text{ м}^3$$

9.1-жадвалдан куйидаги техник параметрларга эга бўлган реактор-қозон танлаймиз:

ҳажми - $V=6,3 \text{ м}^3$;
 диаметри - $D=1,8 \text{ м}$;
 ғилоф юзаси - $F=14,8 \text{ м}^2$;
 суюклик сатҳининг баландлиги - $H=2,01 \text{ м}$.

9.14. Суюклик муҳитларида реакция ўтказиш учун трубали реакторларни ҳисоблаш

Трубали реакторлар юкори босимда кимёвий жараёнларни ўтказиш учун қўлланилади. Ушбу реакторлар идеал сиқиб чиқариш режимда ишлайди ва конструктив жиҳатдан содда (9.53-расм).



9.53-расм. Трубаи реактор тузилиши:
1-труба, 2-гилоф, 3-калач

Ушбу реактор ғилоф билан ўралган горизонтал ёки вертикал трубалардан змеевик кўринишида тайёрланади. Одатда, бу турдаги реакторларда трубалар узунлиги жуда катта бўлиб, унинг гидравлик қаршилигини юкори бўлишга сабабчи бўлади. Шунинг учун, лойиҳачилар минимал қаршиликда керакли режимни таъминлаш мақсадида трубанинг оптимал узунлигини ҳисоблаб аниқлашади. Тез ёки бир зумда кечадиган реакциялар учун реактор трубаларининг узунлиги кичик бўлади.

Суюкликнинг поршенли ҳаракат режимда реактор узунлиги қуйидагига тенг бўлади:

$$L = w \cdot \tau$$

бу ерда, w – оқим тезлиги, м/с, τ – реакция давомийлиги, с.

Диаметри d бўлган трубада муҳитнинг тезлиги:

$$w = \frac{4V_p}{\pi \cdot d^2}$$

бу ерда, V_p – реакцион муҳит ҳажмий сарфи, м³/с.

Мисол 9.3. Реакторда суюкликнинг ҳаракат режими турбулент бўлганда, реакция давомийлиги, реактор трубасининг диаметри ва суюкликнинг тезликлари ҳисоблансин. Реактордаги секциялар сони ва унинг гидравлик қаршилиги аниқлансин.

Бошлангич маълумотлар. Реакцион муҳит ҳажмий сарфи $V_p = 16$ м³/с. Компонентнинг бошлангич концентрацияси $Ax_{Au} = 16$ кмоль/м³, компонента $Bx_{Bu} = 1,8$ кмоль/м³. Реакция жараёнида айланиш даражаси $\chi = 0,85$. Реакция тезлигининг константаси $K_{p2} = 0,05$ м³/(кмоль·с). Муҳитнинг зичлиги $\rho = 980$ кг/м³, қовушқоклиги $\mu = 6 \cdot 10^{-3}$ Па·с. Реакция стехиометрик тенглама (9.1) бўйича кечмоқда.

A компонентнинг охириги концентрацияси

$$\chi = 1 - \frac{x_{Ak}}{x_{Au}}$$

бундан

$$\chi_{Ak} = \chi_{Au} \cdot (1 - \chi) = 1,6 \cdot (1 - 0,85) = 0,24 \text{ кмоль / м}^3$$

Иккинчи тартибли реакциялар давомийлиги қуйидаги тенгламадан топилади:

$$\tau = \frac{1}{K_{p2}} \cdot \frac{1}{x_{Bu} - x_{Au}} \cdot \ln \frac{(x_{Bu} - x_{Au} + x_{Ak}) \cdot x_{Au}}{x_{Ak} \cdot x_{Bu}} = \frac{1 \cdot 1}{0,05 \cdot (1,8 - 1,6)} \cdot \ln \frac{(1,8 - 1,6 + 0,24) \cdot 1,6}{0,24 \cdot 1,8} = 49 \text{ с}$$

Суюклик ҳаракатининг турбулент режими қуйидаги шароитда юз беради:

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu}$$

$Re = 20000$ деб қабул қиламиз ва трубанинг зарур диаметрини аниқлаймиз:

$$d = \frac{Re \cdot \mu}{w \cdot \rho}$$

Ундан ташкари, труба диаметрини ушбу формуладан ҳам топса бўлади:

$$d = \sqrt{\frac{4V_p}{\pi \cdot w}}$$

Охирги икки тенгламани биргаликда ечиб, куйидаги кўринишга келамиз:

$$d = \frac{4V_p \cdot \rho}{\pi \cdot Re \cdot \mu} = \frac{4 \cdot 16 \cdot 980}{3,14 \cdot 3600 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 6 \cdot 10^{-3}} = 0,046 \text{ м} = 46 \text{ мм}$$

Реактор трубаси учун стандарт 48x4 мм ли трубани танлаб, тезлик ва Рейнольдс сонларининг хақиқий қийматларини ҳисоблаб топамиз:

$$w = \frac{4V_p}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 16}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,04^2} = 3,54 \text{ м/с}$$

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{3,34 \cdot 0,04 \cdot 980}{6 \cdot 10^{-3}} = 21821 > 10000 - \text{турбулент режим.}$$

Реактор трубасининг узунлигини аниқлаймиз:

$$L = w \cdot \tau = 3,54 \cdot 49 = 173,5 \text{ м}$$

Битта секция узунлигини 6 м деб қабул қилиб, секциялар сонини ҳисоблаймиз:

$$n = \frac{L}{l} = \frac{173,5}{6} = 28,91 = 29 \text{ та секция}$$

Реактор труба бўшлигининг гидравлик қаршилигини ҳисоблаймиз.

Суюқлик труба ичида ҳаракатланганда босимнинг умумий йўқотилиши бу ишқаланиш қаршилиги ва маҳаллий қаршилиқларда йўқотилган босимлар йиғиндисига тенгдир.

$$\Delta p = \Delta p_{\text{иш}} + \Delta p_{\text{мак}}$$

Трубалар озгина коррозияга учраган пўлатдан ясалган деб қабул қиламиз. Труба деворининг ғадир-будурлиги $e = 0,2$ мм.

$$\varepsilon = \frac{e}{d_s} = \frac{0,2}{40} = 0,005$$

$$\frac{10}{\varepsilon} < Re < \frac{560}{\varepsilon}$$

$Re=21821$ ва $d_s/e = 200$ бўлган ҳол учун гидравлик қаршилиқ коэффициентни аниқлаймиз.

$$\lambda = \frac{1}{4 \cdot \left\{ \lg \left[\frac{\varepsilon}{3,7} + \left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right] \right\}^2} = \frac{1}{4 \cdot \left\{ \lg \left[\frac{0,005}{3,7} + \left(\frac{6,81}{21821} \right)^{0,9} \right] \right\}^2} = 0,035$$

Ишқаланиш қаршилигини энгиш жараёнидаги босимнинг йўқотилиши:

$$\Delta p_{\text{иш}} = \lambda \cdot \frac{L}{d_s} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} = 0,035 \cdot \frac{173,5}{0,04} \cdot \frac{980 \cdot 3,54^2}{2} = 930000 \text{ Па}$$

Босимлар фарқи жуда катта бўлгани учун труба диаметрининг катталаштирамиз, яъни стандарт 89x7 мм ли трубани танлаймиз, суюқлик тезлиги ва Рейнольдс сонини аниқлаштирамиз:

$$w = \frac{4V_p}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 16}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,075^2} = 1,007 \text{ м/с}$$

$$\text{Re} = \frac{w d \rho}{\mu} = \frac{1,007 \cdot 0,075 \cdot 980}{6 \cdot 10^{-3}} = 12335 > 10000$$

$$\varepsilon = \frac{e}{d_s} = \frac{0,2}{75} = 0,0027$$

$$\lambda = 0,032$$

Реактор трубасининг узунлигини қайтадан ҳисоблаймиз:

$$L = w \cdot \tau = 1,007 \cdot 49 = 49 \text{ м}$$

Битта секция узунлигини 4 м деб қабул қилиб, секциялар сонини ҳисоблаймиз:

$$n = \frac{L}{l} = \frac{49}{4} = 12,25 = 13 \text{ та секция} \quad \text{ва} \quad L = 13 \cdot 4 = 52 \text{ м}$$

Сўнг, босим йўқотилишини аниқлаймиз:

– ишқаланиш қаршилиги туфайли

$$\Delta p_{\text{иш}} = \lambda \cdot \frac{L}{d_s} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} = 0,032 \cdot \frac{52}{0,075} \cdot \frac{980 \cdot 1,007^2}{2} = 11024 \text{ Па}$$

– маҳаллий қаршиликлар туфайли

Маҳаллий қаршилик коэффициентлари:

а) бурилиш $R=2d$ ($n-1=13-1=12$ та) - $\xi_l = 1,5$;

$$\text{Жами: } \sum \xi = 18$$

$$\Delta p_{\text{мак}} = \sum \xi \cdot \frac{\rho w^2}{2} = 12 \cdot 1,5 \cdot \frac{980 \cdot 1,007^2}{2} = 8944 \text{ Па}$$

Босимнинг умумий йўқотилиши

$$\Delta p_{\text{yи}} = \Delta p_{\text{иш}} + \Delta p_{\text{мак}} = 11024 + 8944 = 19968 \text{ Па ёки } \approx 0,2 \text{ кг} \cdot \text{к/см}^2$$

9.15. Пиролиз жараёнининг трубаги ўтхоналарини ҳисоблаш

Кимёвий жараёнлар учун мўлжалланган трубаги ўтхона-реакторлар оддий қиздириш ўтхоналарда ишлаш шароити ва конструктив тузилиши билан фаркланади. Табiiйки, технологик ҳисоблашлар ҳам тубдан ажралиб туради.

Юқори температурали пиролиз жараёнлари хом-ашёли змеевикларга иссиқликни бир текисда узатишни талаб этади. Ўз навбатида, бу талаб радиация камераси конструкциясининг ноанъанавий бўлишини белгилаб берди, яъни кўп окимли змеевикларнинг яқинида оловбардош гиштардан тахланган ўта кизиган деворнинг орасида икки томонлама иссиқлик нурланиши орқали иситилади. Пиролиз ўтхонасининг энг кенг тарқалган конструкцияларидан бири 9.54-расмда келтирилган.

Пиролиз ўтхонасининг ҳисоби қуйидаги кетма-кетликда бажарилади:

1. Ёқилгини ёниш жараёни ҳисобланади.

2. Ўтхонанинг қувватини, хом-ашё ва пиролиз маҳсулотининг тарқибини билган ҳолда қуйидагилар аниқланади:

а) хом-ашёнинг молекуляр массаси ва зичлигини, ундаги ҳар бир компонентнинг бир соат ичидаги масса ва моль миқдорини;

б) пирогазнинг молекуляр массаси ва зичлигини (нормал шароитдаги), унинг ҳар бир компонентнинг бир соат ичидаги масса ва моль миқдорини;

в) буғ-газ аралашмасининг ўтхонага кириш ва чиқишдаги таркиби (масса ва моль улушда).

Олинган маълумотларни жадвалга йиғилади.

3. Пиролизга бериладиган газ таркибини билган ҳолда, реакция кетадиган змеевикли шаклидаги трубаининг охиридаги температурани аниқлаймиз. Бунинг учун газ аралашмасининг ўтхона трубаи ичида бўладиган умумий вақтини олдиндан белгилаб оламиз.

4. Ўтхонаниннг фойдали иссиқлик кувватини, ф.и.к. ва ёқилғининг соат ичида сарфланадиган миқдорини аниқлаймиз. Ҳисоблашни қуйидаги схема бўйича олиб борамиз:

а) хом-ашёнинг углеводород таркибини ҳисобга олган ҳолда, реактордан чиқишдаги температурани аниқлаймиз;

б) пиролиз жараёнидаги реакциянинг иссиқлигини ва бир соат ичида сарф бўладиган иссиқлик миқдорини аниқлаймиз;

в) хом-ашё ва сув буғини ўтхонага киришдаги температурадан реакция кечадиган трубага киришдаги температурагача иситиш учун керак бўлган иссиқликнинг бир соат ичидаги миқдорини аниқлаймиз (дастлаб қабул қилиб олинади);

г) реакция трубаидаги буғ-газ аралашмасини иситиш учун зарур бўлган иссиқликнинг бир соат ичида сарфланадиган миқдорини аниқлаймиз. Бунда буғ-газ аралашма реакция трубаидаги киришдан олдин хом-ашё ва сув буғидан, реакция трубаининг охирида пиролиз маҳсулоти ва сув буғидан иборат бўлиши назарда тутилади;

д) реакция трубаида сарф бўладиган иссиқликнинг бир соат ичидаги миқдори ҳисоблаб топилади;

е) ўтхонаниннг фойдали иссиқлигини аниқлаймиз;

ж) ўтхонадан чиқаётган тутун газларининг температурасини ва ташки муҳитга йўқотиладиган иссиқлик улушини қабул қилиб, ўтхонаниннг ф.и.к.ни топамиз;

з) бир соатдаги ёқилғи сарфини аниқлаймиз.

5. Радиант камерадан чиқаётган тутун газларининг температурасини аниқлаймиз. Бунинг учун ўтхонаниннг иссиқлик балансида реакция кечадиган трубаининг иссиқлик юкласини билган ҳолда, тутун газларининг ўтхонадан чиқишдаги энтальпиясини ва температурани аниқлаймиз.

6. Дастлаб мумкин бўлган иссиқлик кучланишини қабул қилиб, реакция кечадиган трубаининг иситиш юзасини аниқлаймиз. Трубаининг диаметрини ва фойдали узунлигини танлаб олиб, змеевикли шаклидаги трубаининг умумий узунлигини топамиз. Параллел уланган оқимлар сонини белгилаб оламиз ва трубаининг фойдали узунлигини, бир оқимдаги трубалар сонини топамиз. Битта трубаининг тўла узунлигини қабул қилиб олиб, бир оқимдаги реакция кечадиган трубаининг тўла узунлигини топамиз.

7. Буғ-газ аралашмасининг реакция трубаидан ўтадиган вақтини аниқлаймиз.

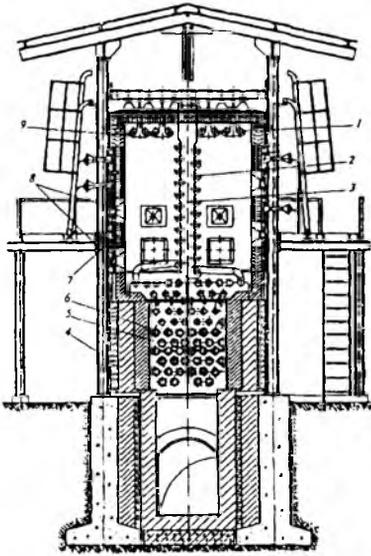
Ҳисоблаш қуйидаги схема бўйича олиб борилади:

а) реакция трубаининг охиридаги босимни қабул қилиб, трубадаги босим пасайишини белгилаб, труба бошидаги босимни топамиз;

б) трубаининг боши ва охиридаги буғ-газ аралашмасининг зичлигини ҳамда реакция трубаидаги ўртача зичликни топамиз;

в) змеевикли трубадаги буғ-газ аралашмасининг массавий тезлигини топамиз;

г) трубаининг боши ва охиридаги буғ-газ аралашмасининг чизикли тезлигини ҳамда реакция трубаидаги ўртача тезлигини топамиз;



д) бир окимдаги реакция трубагининг тўла узунлигини буғ-газ аралашмасининг ўртача тезлигига бўлиб, аралашманинг трубадаги вакти аниқланади. Бу вақт дастлаб қабул қилинган вақтдан кўп бўлмаслиги керак. Акс ҳолда ҳисобни қайтадан бажариш керак бўлади. Агар бунда ҳам вақт камаймаса, 3 банддан бошлаб яна қайта ҳисобланади.

9.54-расм. Унумдорлиги 6...8 т/соат бўлган икки томонлама нурланиш экранли пиролиз ўтхонаси:

1-тепа экран, 2-икки томонлама нурланадиган экран, 3- труба панжараси; 4-каркас. 5-конвекция камераси. 6-змеевик конвекция қисмининг труба панжараси, 7-панелли ендиргич, 8-кузатиш ойнаси, 9-тепа экран илгаклари

8. Дарси-Вейсбах тенгламасидан реакция труба-сидаги босимнинг йўқотилишини аниқлаймиз. Топилган қиймат дастлаб қабул қилингандан ошмаслиги керак. Акс ҳолда ҳисоблаш қайта бажарилади.

Пропан фракцияси учун пиролиз ўтхонасининг ҳисоби махсус адабиётда келтирилган [135].

Этан фракцияси учун пиролиз ўтхонасининг радиация камерасини ҳисоблаш. Пиролиз учун хом-ашё ва пиролиз маҳсулотининг (пирогоз) таркиблари 9.5 ва 9.6-жадвалда келтирилган. Пиролиз ўтхонасининг хом-ашё бўйича қуввати $G=7000$ кг/соат. Жараёнга $Z=700$ кг/соат (10% масс. хом-ашёга ҳисоблаганда) сув буғи берилмоқда. Ўтхонага қираётган хом-ашёнинг температураси $t=35^{\circ}\text{C}$. Ёндириладиган газ ёқилгининг таркиби қуйидагича: $\text{CH}_4 - 59\%$ ва $\text{H}_2=41\%$ (ҳажм.)

Бундай ўтхоналарни ҳисоблаш, киска вақт ичида реакция кечадиган ўтхона труба-ларини ҳисоблашдан иборат. Пиролиз жараёнида реакция кечадиган труба узунлиги бўйича температура, босим, ҳажм ва маҳсулот таркиби узлуксиз равишда ўзгариб туради. Шунинг учун реакция кечадиган трубагининг ҳисоби икки босқичдан иборат бўлади: биринчи босқич – дастлабки ҳисоблашдан, иккинчи босқич – трубагининг бўлақларини алоҳида ҳисоблашдан иборат.

Дастлабки ҳисоблашда иситиш юзаси, трубагининг сони ва узунлиги ҳамда реакция натижасида ҳосил бўлган маҳсулотнинг труба ичида бўлиш вакти аниқланади.

1. Ёниш жараянини ҳисоблаш.

Ёқилгининг ёниш иссиқлигини (кЖ/кг) қуйидаги формула орқали топамиз:

$$Q_p'' = \sum_{n=1}^m Q_{p,n}'' \cdot y_i = 10,8 \cdot 0,41 + 35,84 \cdot 0,59 = 25,574 \text{ МЖ} / \text{м}^3 = 55838,4 \text{ кЖ} / \text{кг}$$

Ёқилгининг нормал шароитдаги зичлиги:

$$\rho = \sum \frac{M_i}{22,4} \cdot y_i = \frac{2}{22,4} \cdot 0,41 + \frac{16}{22,4} \cdot 0,59 = 0,393 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Ёқилгининг ўртача молекуляр массаси:

$$M = \sum M_i \cdot y_i = 2 \cdot 0,41 + 16 \cdot 0,59 = 10,26 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Газсимон ёкилгининг элементар таркиби, % масс.:

$$C = \frac{12,01}{M} \sum_{i=1}^m n_{H_i} \cdot y_i = \frac{12,01}{10,26} \cdot 59 = 69$$

$$H = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^m n_{H_i} \cdot y_i = \frac{1}{10,26} \cdot (4 \cdot 59 + 2 \cdot 41) = 31$$

1 кг ёкилгини ёниши учун зарур бўлган хавонинг назарий сарфи:

$$L_o = 0,115C + 0,345H = 0,115 \cdot 69 + 0,345 \cdot 31 = 18,63 \text{ кг / кг}$$

Деворлари нур тарқатувчи ўтхоналар учун хавонинг ортикчалик коэффициентини $\alpha = 1,3$ деб қабул қ

иламиз. Бунда хавонинг ҳақиқий сарфи қуйидагича топилади:

$$L = \alpha \cdot L_o = 1,3 \cdot 18,63 = 24,22 \text{ кг / кг}$$

1 кг ёкилғи ёнганда ҳосил бўладиган маҳсулотнинг миқдорини, яъни тутун газ таркибини аниқлаймиз:

$$m_{CO_2} = 0,03667 \cdot C = 0,03667 \cdot 69 = 2,53 \text{ кг / кг}$$

$$m_{H_2O} = 0,09 \cdot H = 0,09 \cdot 31 = 2,79 \text{ кг / кг}$$

$$m_{O_2} = 0,232 \cdot L_o \cdot (a - 1) = 0,232 \cdot 18,63 \cdot 0,3 = 1,297 \text{ кг / кг}$$

$$m_{N_2} = 0,768 \cdot L_o \cdot a = 0,768 \cdot 18,63 \cdot 1,3 = 18,6 \text{ кг / кг}$$

Ёнганда ҳосил бўладиган барча маҳсулотларнинг миқдори:

$$G_{nc} = m_{CO_2} + m_{H_2O} + m_{O_2} + m_{N_2} = 2,53 + 2,79 + 1,297 + 18,6 = 25,21 \text{ кг / кг}$$

ёки

$$G_{nc} = 1 + a \cdot L_o = 1 + 1,3 \cdot 18,63 = 25,2 \text{ кг / кг}$$

Ҳаво таркибидаги намликни ҳисобга олмаймиз.

1 кг ёкилғи ёнганда ҳосил бўладиган барча маҳсулотларнинг ҳажмини ($\text{м}^3/\text{кг}$) топамиз (нормал шароитда):

$$V_{CO_2} = \frac{m_{CO_2} \cdot 22,4}{M_{CO_2}} = \frac{2,53 \cdot 22,4}{44} = 1,29 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

$$V_{H_2O} = \frac{m_{H_2O} \cdot 22,4}{M_{CO_2}} = \frac{2,79 \cdot 22,4}{18} = 3,47 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

$$V_{O_2} = \frac{m_{O_2} \cdot 22,4}{M_{O_2}} = \frac{1,297 \cdot 22,4}{28} = 1,03 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

$$V_{N_2} = \frac{m_{N_2} \cdot 22,4}{M_{N_2}} = \frac{18,6 \cdot 22,4}{28} = 14,88 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Ёнган маҳсулотлар ҳажмининг йиғиндиси:

$$V_{nc} = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{O_2} + V_{N_2} = 1,29 + 3,47 + 1,03 + 14,88 = 30,67 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Ёнганда ҳосил бўлган тутун газининг 273К ва $0,1 \cdot 10^6$ Па даги зичлиги:

$$\rho_{гс} = \frac{G_{гс}}{V_{гс}} = \frac{25,2}{30,67} = 0,82 \text{ кг/м}^3.$$

Хом-ашё ва пирогаз таркибининг ҳисоби – уларнинг физик-кимёвий хоссаларини билишни талаб этади (9.5 ва 9.6-жадваллар).

Хом-ашёнинг молекуляр массаси $M_c=29,3$ кг/кмоль, зичлиги $\rho_c=1,308$ кг/м³ (9.5-жадвал);

Пирогазнинг молекуляр массаси $M_n=7,16$ кг/кмоль, зичлиги $\rho_n=1,21$ кг/м³ (9.6-жадвал);

Топширикка биноан, хом-ашёни пиролиз қилиш жараёнида унга 700 кг/соат сув буғи қўшиб амалга оширилади. 9.7-жадвалда сув буғи-газ аралашмасини ўтхона змеевикига кириш (хом-ашё ва сув буғи) ва змеевикдан чиқишдаги (пирогаз ва сув буғи) таркиби берилган.

9.7-жадвалдаги маълумотларга таяниб буғ-газ аралашмасининг молекуляр массасини топамиз:

– ўтхона змеевикига киришда

$$M_{гс} = \frac{7700}{277,8} = 27,7 \text{ кг/кмоль};$$

– ўтхона змеевикдан чиқишда

$$M_{гн} = \frac{7700}{296,28} = 25,99 \text{ кг/кмоль};$$

Реакциянинг охириги температурасини ҳисоблаш ёки ўтхона змеевикдан чиқишдаги пирогаз температурасини аниқлаш чизикли интерполяция усулида олиб борилади:

Хом-ашё – этан фракцияси

9.5-жадвал

Хом-ашё компоненти	Мол. масса M_i	Массавий улуш y_i	$\frac{y_i}{M_i}$	Моль улуш $y_i = \frac{y_i / M_i}{\sum y_i / M_i}$	Хом-ашё ўртача моль массаси $M_c = \sum y_i M_i$	Микдор	
						$G_i = 7000 \cdot y_i$ кг/соат	$G_i = G_i / M_i$ кмоль/соат
CH ₄	16	0,1	0,00625	0,1832	2,9312	700	43,75
C ₂ H ₄	30	0,7	0,02333	0,6838	20,5140	4900	163,33
C ₃ H ₈	44	0,2	0,00454	0,1331	5,8564	1400	31,82
Жами		1,0	0,03412	1,000	29,30	7000	238,9

Пиролиз маҳсулотлари

9.6-жадвал

Хом-ашё компоненти	Мол. масса M_i	Массавий улуш y_i	q_i / G_i кмоль/кмоль хом-ашё	Моль улуш $y_i = \frac{y_i / M_i}{\sum y_i / M_i}$	Хом-ашё ўртача моль массаси $M_c = \sum y_i M_i$	Микдор	
						$G_i = 7000 \cdot y_i$ кг/соат	$G_i = G_i / M_i$ кмоль/соат
H ₂	2	0,025	0,0255	0,0018	0,05	12,6	6,100
CH ₄	16	0,22	0,2373	0,1296	3,52	907,2	56,700
C ₂ H ₆	30	0,26	0,2805	0,2872	7,80	2010,4	67,013
C ₂ H ₄	28	0,43	0,4639	0,4433	12,04	3103,1	110,825
C ₃ H ₈	42	0,02	0,0216	0,0309	0,84	216,3	5,150
C ₄ H ₆	54	0,012	0,0130	0,0239	0,65	167,3	3,098
C ₃ H ₁₂	72	0,029	0,0313	0,0769	2,09	538,3	7,476
CO ₂	44	0,004	0,0043	0,0064	0,18	44,8	1,018
Жами		1,000	1,077	1,000	27,16	7000	257,38

$$T = T_2x_2 + T_1x_3 + T_1x_3 + T_4x_4$$

бу ерда T_2, T_3, T_3, T_4 – тоза холдаги $C_2H_6, C_3H_6, C_3H_6, C_4H_{10}$ углеводородларни пиролиз қилишдаги реакциянинг охириги температураси; x_1, x_2, x_3, x_4 – хом-ашеда $C_2H_6, C_3H_6, C_3H_6, C_4H_{10}$ углеводородларнинг миқдори (масс улуш)

Углеродни ажратмасдан этан пиролиз қилиш жараёнидаги охириги температура оптимал контакт қилиш вақти билан боғлиқ ва ушбу формуладан топилади:

$$\lg \tau_{\text{опт}} = -12,75 + \frac{13700}{T_2} \quad (9.95)$$

Углеводород аралашмалари пиролиз қилинади, демак, ҳамма углеводородлар учун газ аралашмасининг реакция зонасида бўлишнинг умумий вақти бир хил ва оптимал контакт вақти билан қуйидаги боғлиқликда:

$$\tau_{\text{опт}} \leq (1,8 + 2,1) \cdot \tau_{\text{опт}}$$

Ўтхонага киришда ва чиқишдаги буғ-газ аралашмасининг таркиби

9.7-жадвал

Компонент	Ўтхонага киришдаги буғ-газ аралашмаси				Ўтхонага чиқишдаги буғ-газ аралашмаси			
	миқдор		улуш		миқдор		улуш	
	кг/соат	кмоль/соат	масс.	моль	кг/соат	кмоль/соат	масс.	моль
H ₂					12,6	6,10	0,0016	0,0206
CH ₄	700	43,75	0,0909	0,1576	907,2	56,70	0,1178	0,1914
C ₂ H ₆	490	163,13	0,6354	0,5879	2010,4	67,013	0,2611	0,2262
C ₂ H ₄	-	-	-	-	3103,1	110,825	0,4030	0,3741
C ₃ H ₆	-	-	-	-	216,3	5,150	0,0281	0,0174
C ₄ H ₆	-	-	-	-	167,3	3,098	0,0217	0,0104
C ₃ H ₁₂	-	-	-	-	538,3	7,476	0,0699	0,0205
CO ₂	-	-	-	-	44,8	1,018	0,0058	0,0034
C ₃ H ₈	1400	31,82	0,1818	0,1145	-	-	-	-
H ₂ O	700	38,90	0,0910	0,1400	700	38,9	0,091	0,1313
Жами	7700	277,8	1,000	1,000	7700	296,28	1,000	1,000

Пиролиз трубаги ўтхонаси эмеевикда газнинг умумий бўлиш вақти

9.8-жадвал

Углеводородлар пиролизи	Оралик		
	Жараён температураси, К	Жараён босими $P \cdot 10^{-3}$, Па	$\tau_{\text{опт}}$, с
C ₂ H ₆	1048-1113	208-319	0,7-1,30
C ₃ H ₆	1065-1095	208-319	0,5-0,80
C ₃ H ₈	883-1103	208-319	0,7-1,13
C ₄ H ₁₀	883-1103	208-319	0,7-1,13

Хом-ашё этан билан бойитилди, шунинг учун 9.8-жадвалдаги маълумотлар асосида қурилмада умумий бўлиш вақтини 0,7 с деб қабул қиламиз. Умумий вақт оптимал вақтдан 2,1 қарра ортиқлигини белгилаб олиб $\tau_{\text{опт}}$ ни топамиз:

$$\tau_{\text{опт}} = \frac{\tau_{\text{опт}}}{2,1} = \frac{0,7}{2,1} = 0,33$$

Олинган натижани (9.97) қўйсақ, қуйидагини оламиз:

$$\lg 0,33 = -12,75 + \frac{13700}{T_2}$$

Бундан, этаннинг реакция температурасини аниқлаймиз:

$$T_2 = 1117 \text{ K} = 844^\circ \text{C}$$

Углерод ҳосил қилмасдан пропанни этиленга пиролиз қилиш жараёнининг оптимал вақти ушбу формуладан аниқланади:

$$\lg \tau_{\text{опт}}^{\text{м}} = -10,96 + \frac{11038}{T_3}$$

яъни

$$\lg 0,33 = -10,96 + \frac{11038}{T_3}$$

бундан $T_3 = 1055 \text{ K} = 782^\circ \text{C}$.

C_2H_6 ва C_3H_8 углеводородларнинг аралашмадаги микдорининг ҳисоблаш натижалари 9.9-жадвалда келтирилган.

Хом-ашё аралашмаси таркибидаги C_2H_6 ва C_3H_8 углеводородларнинг микдори

9.9-жазвал

Компонент	Микдори G_i , кг/соат	Массавий улуш $\bar{y}_i = G_i / \sum G_i$
C_2H_6	4900	0,78
C_3H_8	1400	0,22
Жами:	6300	1,00

Ўтхона змеєвикадан чиқаётган пирогазнинг охири температурасини аниқлаймиз:

$$T = 1117 \cdot 0,78 + 1055 \cdot 0,22 = 1103,36 \text{ K} = 830^\circ \text{C}$$

Ўтхона иссиқлик юкламаси, ф.и.к ва ёқилги сарфини ҳисоблаш. Ҳамма ҳисоблашлар, яъни реакция змеєвика киришдан аввал хом-ашёнинг температураси пиролиз реакцияси бошланиш температурасидан паст деб қабул қилинади. Тажриба натижалари асосида хом-ашёнинг реакция змеєвика киришдан аввалги температурасини $T = 873 \text{ K} = 600^\circ \text{C}$ деб оламиз.

Ўтхонанинг фойдали иссиқлиги қуйидагига тенг:

$$Q_{\text{фойда}} = Q_1 + Q_2 + Q_{\text{тегиш}}$$

бу ерда

$$Q_1 = (G + Z) \cdot (i_{600} - i_{35}) = (7000 + 700) \cdot (1659,83 - 66,07) = 3408,9 \text{ кВт}$$

буғ-газ аралашмаси (хом-ашё ва сув буғи)ни ўтхонага киришдаги 35°C дан реакция змеєвика киришдаги 600°C гача иситиш учун сарфланаётган иссиқлик микдори.

Буғ-газ аралашмасини 600 дан 830°C гача қиздириш учун сарфланаётган иссиқлик микдори ушбу формуладан топилади:

$$Q_2 = (G + Z) \cdot (i_{830} - i_{600}) = (7000 + 700) \cdot (2389,5 - 1659,8) = 5618459 \text{ кЖ} / \text{соат} = 1560,68 \text{ кВт}$$

Тегишли температуралар учун энтальпия ушбу формуладан аниқланади:

$$i_i = \sum y_i i_i$$

бу ерда, i_i – i -компонент энтальпияси 9.10-жадвалдан олинади; \bar{y}_i – тегишли компонентлар массавий улушлари 9.6-жадвалдан олинади.

Масалан,

$$i_{35^\circ \text{C}} = 80,36 \cdot 0,0909 + 65,11 \cdot 0,6364 + 62,47 \cdot 0,1818 + 65,6 \cdot 0,0910 = 66,07 \text{ кЖ} / \text{кг}$$

Энтальпияни ҳисобланган натижалари 9.11-жадвалда келтирилган.

Реакциянинг иссиқлик эффекти қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$\Delta H = H_2 - H_1$$

бу ерда, H_1 ва H_2 – ҳом-ашё ва пирогазларнинг ҳосил бўлиш иссиқликлари, кЖ/кмоль

H_1 ва H_2 ларни ҳом-ашё ва пирогаз компонентларининг ҳосил бўлиш иссиқликларини реакциянинг охири ($T=1103\text{K}=830^\circ\text{C}$) температурасидаги уларнинг қийматларини қўйиш билан топамиз.

Газ ва углеводород бугларининг энтальпиялари (1 ккал=4,19 кЖ)

9.10-жадвал

t, °C	Водород H_2	Метан CH_4	Этен C_2H_4	Этилен C_2H_4	Пропан C_3H_8	Пропилен C_3H_6	Бутен C_4H_{10}	Бутилен C_4H_8	Этил-ацетилен C_4H_6	Пентан C_5H_{12}	Ацетилен C_2H_2	Углеводород оксиди CO_2	Сув буги
100	342,8	54,8	44,4	39,3	42,6	38,8	40,6	40,6	38,4	43,3	42,08	20,7	44,7
200	688,9	117,4	98,8	87,1	96,3	86,0	96,8	90,6	84,4	96,7	80,01	43,5	90,5
300	1035	188,8	162,6	142,9	159,1	141,4	159,5	148,9	136,6	158,8	139,5	68,0	137,5
400	1383	269,1	235,6	205,0	231,2	203,8	230,9	214,2	194,7	229,8	192,8	93,9	186,1
500	1733	357,1	316,2	273,2	309,2	272,4	308,0	285,4	257,9	306,3	248,4	121,0	236,2
600	2084	452,8	403,6	346,5	395,7	346,5	393,2	361,9	325,3	391,0	306,3	149,0	287,9
700	2439	555,2	496,9	423,4	486,4	425,3	482,6	442,9	396,1	479,5	366,0	177,9	341,4
800	2798	655,8	595,5	505,0	581,7	508,0	575,4	528,0	470,5	571,3	427,6	207,4	396,6
900	3161	781,6	698,8	589,4	680,9	594,4	672,7	616,6	547,6	667,3	490,8	237,4	453,5
1000	3529	900,8	806,5	677,0	784,5	683,5	774,1	707,6	627,3	767,6	555,4	268,1	512,0
1100	3902	1023	917,3	767,4	891,9	775,4	879,5	801,5	709,2	871,6	621,3	299,1	572,0
1200	4280	1147	1031	859,4	1003	869,8	988,0	897,7	792,7	979,2	688,5	330,5	633,6

Буг-газ аралашмаларининг энтальпиялари, кЖ/кг

9.11-жадвал

Компонент	t=35°C			t=600°C			t=830°C		
	Энтальпия i_i , кЖ/кг	Массавий улуш y_i	$\bar{i}_i y_i$	Энтальпия i_i , кЖ/кг	Массавий улуш y_i	$\bar{i}_i y_i$	Энтальпия i_i , кЖ/кг	Массавий улуш y_i	$\bar{i}_i y_i$
H_2	-	-	-	-	-	-	12179,1	0,0016	19,49
CH_4	80,36	0,0909	7,30	1896,8	0,0909	172,42	2905,9	0,1178	342,32
C_2H_6	65,11	0,6364	41,43	1691,1	0,6364	1076,21	2624,9	0,2611	685,36
C_2H_4	-	-	-	-	-	-	2222,9	0,4030	895,80
C_3H_6	-	-	-	-	-	-	2237,2	0,0281	62,86
C_3H_8	62,47	0,1818	11,36	1658,0	0,1818	301,42	-	-	-
C_4H_6	-	-	-	-	-	-	2068,3	0,0217	44,88
C_5H_{12}	-	-	-	-	-	-	2514,7	0,0699	175,8
CO_2	-	-	-	-	-	-	906,7	0,0058	5,259
H_2O	65,60	0,0910	5,97	1206,3	0,0910	109,77	1733,3	0,091	157,8
Жами		1,000	66,0673		1,000	1659,8		1,000	2389,5

Хом-ашё ва пирогаз компонентларининг $T=1103$ К даги ҳосил бўлиш иссиқликлари адабиётда келтирилган [25], H_1 ва H_2 ларни ҳисоблаш натижаларини 9.12-жадвалдан оламиз.

9.12-жадвал

Компонент	ΔH_f° ис- сиқлик ҳосил бўли- ши, кЖ/кмоль	Хом-ашё		Пирогаз	
		y_i моль улуши	ΔH_f° Ж/кмоль хом-ашё	q_i $\sum G_i$ кмоль/кмоль хом-ашё	$q_i \cdot \Delta H_f^\circ$ $\sum G_i$ кЖ/кмоль хом-ашё
H_2	-	-	-	0,0255	-
CH_4	- 90713,5	0,1832	- 16618,7	0,2373	- 21526,3
C_2H_6	- 106845	0,6838	- 73060,6	0,2805	- 29970,0
C_3H_4	- 37793,8	-	-	0,4639	+ 17532,5
C_3H_6	- 754,2	-	-	0,0216	-16,29
C_4H_6	+ 125406,7	-	-	0,0130	+ 1630,3
C_5H_{12}	- 181720,3	-	-	0,0313	- 5687,8
CO_2	- 395242,7	-	-	0,0043	- 1699,5
C_2H_8	- 90713,5	0,1331	- 12074,0	-	-
Жами			$H_1=-$ 101753,3	1,077	$H_2=-$ 39737,2

Пиролиз реакциясига сарфланаётган иссиқлик миқдори куйидаги формуладан топилади:

$$Q_{\text{реакц}} = 62016,15 \cdot 238,9 = 144815658 \text{ кЖ} / \text{соат} = 4115,5 \text{ кВт}$$

Ўтхона фойдали иссиқлиги

$$Q_{\text{пол}} = 3408,88 + 1560,68 + 4115,5 = 9085,06 \text{ кВт}$$

Ўтхонадан атроф-муҳит йўқотилаётган иссиқлик миқдорини $q_{\text{пот}}$ ни 7% (уларнинг 5% радиация, 2% эса конвекция камерасида) деб оламиз.

$$Q_{\text{йук}} = 0,07 \cdot Q_p''$$

бу ерда, Q_p'' – екилгининг ёниш иссиқлиги.

Ўтхонадан чиқаётган тутун газлари температурасини $t_{\text{ух}}=400^\circ\text{C}$ деб қабул қиламиз (улар кейин утилизатор қозонда совутилади). Ушбу температурадаги тутун газларининг энтальпияси куйидагига тенг:

$$i_{t=400^\circ\text{C}}^\circ = 2,53 \cdot 399,44 + 2,76 \cdot 779,8 + 1,297 \cdot 386,3 + 18,6 \cdot 419,42 = 11449,8 \text{ кЖ} / \text{кг}$$

Айрим ёниш маҳсулотларнинг энтальпияси 9.13-жадвалда берилган.

Маҳсулотларнинг энтальпияси ёниш температурасига боғлиқлиги.

9.13-жадвал

Температура, °C	CO_2	H_2O	O_2	N_2
100	20.68	44.73	22.05	24,85
200	43.48	90.46	44.68	49,84
300	68.00	137.5	68.00	75,10
400	93.90	186.1	92,2	100,1
500	121.0	236.2	116,9	127,3
600	149.0	287.9	142,3	154,2
700	177.9	341.4	168,0	181,7
800	207.4	396.6	194,1	209,7
900	237.4	453.5	220,5	238,1
1000	268.1	512.0	247,2	267,0
1100	299,1	572.0	274,1	296,1
1200	330.5	633.6	301.2	325.6

$$F_p = \frac{5676,2}{57,4} = 98,9 \text{ м}^2$$

Трубанинг диаметрини $d_n=140 \times 8$ мм, яъни девор калинлигини 0,008 м деб олиб, трубанинг умумий узунлигини топамиз:

$$l_p = \frac{F_p}{\pi \cdot d_n} = \frac{98,9}{3,14 \cdot 0,14} = 225 \text{ м}$$

Хом-ашё ўтадиган параллел окимларнинг сонини $m=3$ дан ортиқ олиш тавсия этилмайди. Лойихаланаётган ўтхона учун $m=2$ олинган.

Бир окимдаги трубаларнинг узунлиги куйидагича бўлади:

$$l_p^* = \frac{l_p}{m} = \frac{225}{2} = 112,5 \text{ м}$$

Битта трубанинг ишчи узунлигини $l_T = 11$ м деб танлаб оламиз. Унда битта окимдаги трубалар сони

$$N_p^* = \frac{l_p^*}{l_T} = \frac{112,5}{11} = 10,23 \text{ та}$$

Яхлитлаб 11 труба қабул қиламиз. Бурилишлар билан битта трубанинг тўлиқ узунлиги $l_T^* = 11,5$ м бўлса, бир окимдаги трубаларнинг умумий узунлиги

$$l_p' = N_p^* \cdot l_T^* = 11 \cdot 11,5 = 126,5 \text{ м}$$

Буғ-газ аралашмасининг реакцияон змеевикда бўлиш вақти.

Буғ-газ аралашмасини реакция кечадиган змеевикда бўлиш вақтини куйидаги тенгламадан топилади:

$$\tau_{\text{обш}} = \frac{l_p^*}{w_{yp}}$$

бу ерда, w_{yp} – реакция кечадиган трубалардан ўтаётган газнинг ўртача чизикли тезлиги, м/с.

Чизикли тезликни (w_{yp}) аниқлаш учун дастлабки ҳисоблашни бажарамиз.

Буғ-газ аралашмасининг массавий тезлигини аниқлаймиз:

$$U = \frac{4(G+Z)}{3600m \cdot \pi \cdot d_{\text{от}}^2} = \frac{4 \cdot (7000 + 700)}{3600 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,124^2} = 88,6 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$$

Реактордан чиқаётган босим P_0 кўпинча $112,82 \cdot 10^3$ Па, босимлар фарқини эса $\Delta P_{\text{реакц}} = 352,3 \cdot 10^3$ Па деб қабул қиламиз. Бунда реакцияон змеевикнинг бошланишидаги босим куйидагига тенг бўлади:

$$P_n = P_{\kappa} + \Delta P_{\text{реакц}}^{\text{шум}} = (112,82 + 352,2) \cdot 10^3 = 465 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Буғ-газ фазанинг реакцияон змеевик бошланишидаги зичлиги:

а) нормал шароитда

$$\rho_0 = \frac{M_{\text{ax}}}{22,4} = \frac{27,7}{22,4} = 1,24 \text{ кг}/\text{м}^3$$

б) $T_0 = 873$ К ва $P_0 = 465 \cdot 10^3$ Па бўлганда

$$\rho_n = \rho_n^0 \frac{P_n \cdot T_0}{P_0 \cdot T} = 1,24 \cdot \frac{465 \cdot 10^3 \cdot 273}{98,1 \cdot 10^3 \cdot 873} = 1,45 \text{ кг / м}^3.$$

Буг-газ аралашмасининг реакцияон трубасининг охиридаги зичлиги:

а) нормал шароитда

$$\rho_o = \frac{M_{\text{ар}}}{22,4} = \frac{26}{22,4} = 1,1607 \text{ кг / м}^3$$

бу ерда, $M_{\text{инк}} = 26$ – реакция трубасидан чиқётган буг-газ аралашмасининг ўртача молекуляр массаси

б) $T = 830^\circ\text{C} = 1103\text{K}$ ва $P_o = 112,82 \cdot 10^3 \text{ Па}$ бўлганда

$$\rho_k = \rho_o^0 \frac{P_n \cdot T_0}{P_0 \cdot T} = 1,1607 \cdot \frac{112,82 \cdot 10^3 \cdot 273}{98,1 \cdot 10^3 \cdot 1103} = 0,33 \text{ кг / м}^3$$

Реакцион змеевикдаги аралашманинг ўртача зичлиги:

$$\rho_{\text{ур}} = \frac{\rho_n + \rho_k}{2} = \frac{1,45 + 0,33}{2} = 0,89 \text{ кг / м}^3$$

Буг-газ аралашмасининг чизикли тезлиги:

а) реакцияон змеевикнинг бошида

$$w_n = \frac{U}{\rho_n} = \frac{88,6}{1,45} = 61,1 \text{ м / с}$$

б) реакцияон змеевикнинг охирида

$$w_k = \frac{U}{\rho_k} = \frac{88,6}{0,33} = 268,5 \text{ м / с}$$

в) ўртача тезлик

$$w_{\text{ур}} = \frac{w_n + w_k}{2} = \frac{61,1 + 268,5}{2} = 164,8 \text{ м / с}$$

Топилган кийматларни формулага қўйиб, аралашманинг реакцияон змеевикда бўладиган умумий вақтини топамиз:

$$\tau_{\text{ум}} = \frac{126,5}{164,8} = 0,768 \text{ с}$$

Топилган киймат дастлаб қабул қилингандан ошмайди $\tau_{\text{умум}} = 0,768 \text{ с}$, аралашманинг реакцияон змеевикда амалий бўлиш вақти $0,8...1,0 \text{ с}$ дан ортик эмас, шунинг учун қайтадан ишлаб чиқишга ҳожат йўқ.

Ўтхонанинг реакцияон (радиант) змеевикда босимнинг йўқотилишини ҳисоблаш.

Босимни йўқотилиши ушбу формуладан аниқланади:

$$\Delta P_{\text{ум}} = \Delta P_{\text{реакц}}^{\text{инк}} + \Delta P_{\text{реакц}}^{\text{мк}}$$

бу ерда. $\Delta P_{реакц} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho_{ур} \cdot v_{ур}^2}{2}$, Па; λ – гидравлик каршилик коэффициентни. одатда Рейнольдс критерийсига

боглик, $l_{экв}$ – радиант змеевик бир оқими трубаларининг эквивалент узунлиги, м, λ – гидравлик каршилик коэффициентни; $l_{экв}$ – бир оқимдаги трубалар эквивалент узунлиги, м.

Гидравлик каршилик коэффициентини топиш учун Рейнольдс сонини ҳисоблаймиз:

$$Re = \frac{w_{ур} \cdot d_{ув} \cdot \rho_{ур}}{\mu_{ур}}$$

бу ерда, $\mu_{ур}$, $\rho_{ур}$ – реакция змеевикдаги буг-газ аралашмасининг кинематик ковшоқлиги ва зичлиги.

Ушбу параметрларни ҳисоблаш учун дастлаб реакция змеевикдаги буг-газ аралашманинг ўртача температурасини аниқлаймиз:

$$t_{ур} = \frac{600 + 830}{2} = 715^\circ C = 988 K$$

Углеводород газларининг ўртача молекуляр массасини аниқлаймиз:

$$M_{ур} = \frac{M_c + M_n}{2} = \frac{29,3 + 27,16}{2} = 28,23$$

Ҳисобни соддалаштириш учун углеводород газларининг ўртача молекуляр массаси этиленнигига тўғри келади деб қабул қиламиз ва пирогаз ва сув буғи аралашмаларининг динамик ковшоқлигини аниқлаймиз.

Сув бугининг 968K даги кинематик ковшоқлигини жадвалдан аниқлаймиз [56]: $\nu_{сув} = 120,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Сув бугининг буг-газ аралашмасидаги ўртача микдори (9.7-жадвал):

$$y_{ур}^{св} = \frac{0,14 + 0,1313}{2} = 0,136$$

$$y_{C_2H_4} = 1 - 0,136 = 0,864$$

Реакция змеевикдаги буг-газ аралашмаси (сув буғи-этилен) нинг кинематик ковшоқлиги:

$$\frac{M_{ур}}{\mu_{ур}} = \sum \frac{M_i \cdot y_i}{\mu_i}$$

Температура $t=715^\circ C$ да аралашма динамик ковшоқлигини ҳисоблаймиз, яъни

$$\frac{28,23}{\mu_{ур}} = \frac{18 \cdot 0,136}{0,325 \cdot 10^{-3}} + \frac{28 \cdot 0,864}{0,026 \cdot 10^{-3}}$$

Бундан $\mu = 0,028 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Рейнольдс сони:

$$Re = \frac{w_{ур} \cdot d_{ув} \cdot \rho_{ур}}{\mu_{ур}} = \frac{159,1 \cdot 0,124 \cdot 1,084}{0,028 \cdot 10^{-3}} = 763770$$

Турбулент режим учун гидравлик каршилик коэффициенти куйидагига тенг:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{\text{Re}}} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{763770}} = 0,0107$$

Бир окимдаги трубаларнинг эквивалент узунлигини аниқлаймиз:

$$l_{\text{эки}} = N_p \cdot l_T^2 + (N_p - 1) \cdot 50 \cdot d = 11 \cdot 11,5 + 10 \cdot 50 \cdot 0,124 = 188,5 \text{ м}$$

Юкоридаги топилган кийматларни формулага кўйиб, йўқотилган босимни топамиз:

$$\Delta P_{\text{реакц}}^{\text{шк}} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho_{\text{сп}} \cdot w_{\text{сп}}^2}{2} = 0,0107 \frac{188,5 \cdot 159,1^2 \cdot 1,084}{0,124 \cdot 2} = 223160 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{\text{реакц}}^{\text{м.к}} = \xi_{\text{м.к}} \cdot \frac{\rho_{\text{сп}} \cdot w_{\text{сп}}^2}{2} = 0,64 \cdot (11 - 1) \cdot \frac{159,1^2 \cdot 1,084}{2} = 87800 \text{ Па}$$

бу ерда $\xi_{\text{м.к}}=0,64$ 180° бурилишнинг маҳаллий каршилик коэффициенти

$$\Delta P_{\text{ум}} = \Delta P_{\text{реакц}}^{\text{шк}} + \Delta P_{\text{реакц}}^{\text{м.к}} = 223160 + 87800 = 310960 \text{ Па}$$

Топилган $\Delta P_{\text{ум}}=310960$ Па нинг киймати дастлаб кабул қилинган ΔP_p кўп фарк қилмайди, шунинг учун қайтадан ҳисобланмайди.

9-боб. Кимёвий жараёнлар бўйича

Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Қандай жараёнлар кимёвий жараёнлар деб аталади?
2. Реакторлар қандай қурилмалар?
3. Массалар таъсир қонунини нимани ифодалайди?
4. Вант-Гофф тенгламасини ёзинг.
5. Кимёвий жараён моддий балансини тузинг.
6. Кимёвий жараён иссиқлик балансини тузинг.
7. Кимёвий жараён принципл схемасини чизинг.
8. Даврий реактор конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
9. Узлуксиз ишлайдиган реактор конструкцияси, ишлаш принципи афзаллик ва камчиликлари.
10. Аралаштириш реакторининг конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
11. Газлифтли реакторлар конструкциялари, афзаллик ва камчиликлари.
12. Қобик трубага газлифтли реакторлар конструкциялари, афзаллик ва камчиликлари.
13. Барботаж змеевикли реакторлар конструкциялари, афзаллик ва камчиликлари.
14. Марказий барботаж трубага газлифтли реактор конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
15. Секциялаштирилган газ таксимловчи патрубкали реактор конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
16. Элаксимон тўсиқли секциялаштирилган реактор конструкцияси, афзаллик ва

- камчиликлари.
17. Барботаж трубаси ташкарига олиб чиқилган реактор конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
 18. Қобик трубали газлифтли реактор конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
 19. Змеевикли реакторлар конструкцияси, афзаллик ва камчиликлари.
 20. Реакторларнинг аралаштириш ва иссиқлик алмашилиш мосламаларининг конструкциялари.
 21. Пиролиз ўтхоналарнинг конструкциялари, афзаллик ва камчиликлари.
 22. Крекинг ўтхоналарнинг конструкциялари, афзаллик ва камчиликлари.
 23. Панелли алангали ёндиргич тузилиши ва ишлаш принципи.
 24. Ҳажмий-алангали трубали ўтхона тузилиши ва ишлаш принципи.
 25. Икки камерали трубали ўтхоналарнинг конструкциялари, афзаллик ва камчиликлари.
 26. Кўп секцияли полимерлаш ўтхона тузилиши ва ишлаш принципи.
 27. Ўтхона қисмлари ва деталларининг тузилиши.
 28. Ретурбендлар конструкциялари.
 29. Труба осгичлар конструкциялари.
 30. Резервуар ва газгольдерлар конструкциялари ва уларнинг деталлари.
 31. Ёқилги ёндирувчи мосламалар конструкциялари.
 32. Сиғимли реактор-қозонларни ҳисоблаш кетма-кетлиги.
 33. Трубали реакторларни ҳисоблаш.
 34. Пиролиз жараёнининг трубали ўтхонасини ҳисоблаш.
 35. Реакторларни ҳисоблаш кетма-кетлиги.
 36. Суюқлик муҳитида реакция ўтказиш учун трубали реакторларни ҳисоблаш.

10 - боб. СОВИТИШ ЖАРАЁНЛАРИ

10.1. Умумий тушунчалар

Кимё саноатининг бир қанча жараёнлари анча паст температурада олиб борилади. Совуклик элткич сифатида ҳаво, сув ва музни ишлатиб бундай жараёнларни амалга ошириб бўлмайди.

Сунъий совитиш йўли билан борадиган жараёнлар каторига баъзи бир абсорбция, кристалланиш, газларни ажратиш, сублимацияли қуритиш ва бошқа жараёнлар киради. Шунингдек, бу турдаги совитишдан кишлоқ хўжалик маҳсулотларини сақлаш, ер қатламларини музлатиш, ҳавони кондициялаш ва бошқаларда кенг фойдаланилади.

Сунъий совитиш доимо паст температурали муҳитдан юқорирок температурали муҳитга иссиқликни узатиш билан боғлиқ. Термодинамиканинг иккинчи қонунига биноан, бундай узатиш энергия сарфини талаб қилади. Шунинг учун ҳам, системага энергия киритилиши совуклик олишнинг зарурий шартин ҳисобланади.

Совуклик ишлаб чиқариш усуллари маълум даражада талаб этилаётган температура ва қурилманинг ишлатилиш қўлами билан аниқланади.

Шартли равишда жараён: 1) ўрта совитиш (атроф-муҳит температурасидан - 100°C гача) ва 2) чуқур совитиш (-100°C дан паст температура) ларга бўлинади.

Ўз навбатида -100°C дан паст температуралар олиш шартли равишда қуйидагича классификацияланади:

- а) чуқур совитиш техникаси (45 К...273 К);
- б) криоген техникаси (40 К...0,3 К);
- в) ультра-паст температуралар техникаси (0,00002 К гача);

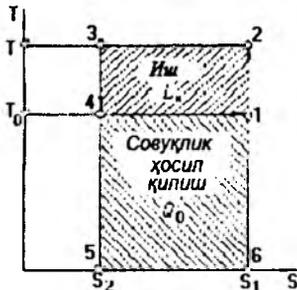
2 К дан юқори температуралар олиниши техникада қўлланилади. Ундан пастрок температураларни олиш эса, илмий тажрибалар қилиш техникасига тўғри келади.

Чуқур совитишга тўғри келадиган температураларни олиш газ аралашмаларини қисман ёки тўлиқ суюлтириш йўли билан уларни ажратиш имконини беради. Натижада азот, кислород, водород, пропан, бутан, этилен ва бошқа газларни олиш мумкин бўлади.

10.2. Совуклик олишнинг термодинамик асослари

Асосий тушунчалар. Термодинамика курсидан маълумки, энергиянинг паст температурали жисмдан юқори температурали жисмга олиб ўтилиши энтропия S нинг камайишига олиб келади ва шунинг учун бу жараённи амалга ошириш учун иш бажарилиши керак (яъни энергия сарфланади).

Совитиш қурилмаларида иссиқликни паст температурали муҳитдан юқори температурали муҳитга ўтказиш совуклик элткич деб номланувчи ишчи жисм ёрдамида амалга оширилади.



10.1-расм. Карнонинг тесқари цикли энтропия диаграммаси.

Совуклик олиш айланма жараён ёки цикл сифатида амалга оширилиб, компрессорда совук элткич бугларини сиқиш учун ташқаридан энергия келтирилади.

Термодинамиканинг қонунларига биноан, юқори T - температурали муҳитдан пастрок T_0 температурали муҳитга иссиқлик ўтказилишида шу иссиқликнинг ишга айланишининг энг юқори даражаси Карно тесқари циклининг фойдали иш коэффициентига тўғри келади. Шунинг учун паст температурали муҳитдан юқори температурали муҳитга иссиқлик ўтказиш жараёни қўрилганда шу циклдан

фойдаланиш мумкин (10.1-расм).

Бу цикл куйидаги жараёнлардан иборат:

1-2-Бугсимон совуклик элткичини адиабатик сиқиш;

2-3-Совук элткич буғларининг изотермик конденсацияланиши. Бу жараён T температурадан ташки мухитга Q конденсация иссиқлигини бериш билан боради;

3-4-Суюк совуклик элткичининг адиабатик кенгайиши (кенгайишининг якуний температураси T_0);

4-1- Суюк совуклик элткичининг T_0 температурасидаги буғланиши. Бунда совутилаётган мухитдан Q_0 буғланиш иссиқлиги олиб кетилади.

Бундай цикли системанинг энтропияси ўзгаришсиз колганида амалга ошириш мумкин. Шунинг учун совитиш элткичининг буғланишида совутилаётган мухит энтропияси сиқишда Q_0/T_0 микдорга камайса, иссиқлиги ҳамда совуклик элткични сиқишда сарфланган L_k ишга эквивалент иссиқлигини ўзига олаётган иссиқроқ мухит (масалан сув) нинг энтропияси ҳам шундай даражага ортиши керак. Натижада иссиқроқ мухит энтропиясининг ортиши куйидагича бўлади:

$$(Q_0 + L_k)/T \quad (10.1)$$

Энергетик балансга мувофик:

$$\frac{Q_0}{T_0} = \frac{Q_0 + L_k}{T} \quad (10.2)$$

бундан, Карно тескари цикли бўйича ишлаётган совитиш қурилмасида сарфланган иш:

$$L_k = Q_0 \left(\frac{T - T_0}{T_0} \right) \quad (10.3)$$

Совуклик элткич томонидан $T_0 < T$ температурада совутилаётган мухитдан олиб кетиладиган Q_0 иссиқлиги циклининг ёки совитиш қурилмасининг совуклик унумдорлигини белгилайди. T - S диаграммада (10.1 - расм) совуклик унумдорлиги 1-4-5-6 юза орқали кўрсатилган 2-3-5-6 юза эса иссиқроқ мухитга бериладиган иссиқликка эквивалент. 2-3-5-6 ва 1-4-5-6 юзаларнинг айирмаси сарф этилган иш L_k ни беради (2-3-4-1 юза.).

Шундай қилиб, Карно тескари цикли мисолида ҳар қандай совитиш машинасининг энергетик балансини кўрсатиш мумкин:

$$Q_0 + L = Q \quad (10.4)$$

бу ерда, L – ҳақиқий циклининг иши.

Совитиш цикларининг термодинамик самарадорлигини совитиш коэффициентини ε ифодалайди. Совитиш коэффициентини совуклик унумдорлиги Q_0 ни сарфланган иш L га нисбати орқали топилади:

$$\varepsilon = \frac{Q_0}{L} = \frac{Q_0}{Q - Q_0} \quad (10.5)$$

Бу коэффициент сарфланган бирлик ишга нисбатан совуклик элткич олган совуклик унумдорлигини кўрсатади.

T - S диаграммага кўра (10.1-расм), $Q_0 = T_0(S_1 - S_2)$ ва $Q = T(S_1 - S_2)$. Q_0 ва Q ларни (10.5) формулага қўйиб, Карно цикли учун куйидагини оламир:

$$\varepsilon_k = \frac{Q_0}{Q - Q_0} = \frac{T_0(S_1 - S_2)}{T(S_1 - S_2) - T_0(S_1 - S_2)} = \frac{T_0}{T - T_0} \quad (10.6)$$

Совитиш коэффициентини сунъий совуклик олиш учун механик ишдан фойдаланиш даражасини кўрсатади ва (10.6) формуладан кўришиб турганидек, совуклик элткичининг хусусиятлари ҳамда совитиш қурилмасининг ишлаш схемасига боғлиқ эмас, балки T_0 ва T температураларнинг функцияси. Бунда T ва T_0 температуралар фарқи қанчалик кичик бўлса, совитиш коэффициентини шунчалик юкори бўлади.

Совитиш коэффициентини совитиш машинасининг фойдали иш коэффициентини сифатида қабул қилиб бўлмайди. Фойдали иш коэффициентини иссиқликнинг ишга айланиши мумкин бўлган қисмини тавсифлайди, шунинг учун у доим бирдан кичкина бўлади. Юкоридаги хо-

латда эса, сарфланаётган иш иссиқликка айланмайди, балки паст температурали муҳитдан юқори температурали иссиқликни ўтказишда (қўтаришда) воситачи вазифасини бажаради. Шунинг учун кўпинча Q_0 микдор иш L дан катта, натижада $\varepsilon > 1$. (10.6) формулага мувофиқ, T_0 температуранинг пасайиши сарфланаётган ишнинг кескин ортишига олиб келади, натижада олинаётган совуқликнинг ҳам нархи ортади. Ундан ташқари, бу температуранинг пасайиши термодинамик фойдали иш коэффициентининг камайишига олиб келади. Бу коэффициент η ҳақиқий цикл совитиш коэффициенти ε ни Карно цикли совитиш коэффициенти ε_k га нисбати билан аниқланади:

$$\eta = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_k} \quad (10.7)$$

η нинг пасайиши ҳақиқий жараёнларда T_0 температура камайганда совуқликнинг кайтмас йўқотилишларининг ортиши билан тушунтирилади.

10.3. Сунъий совитиш усуллари

Сунъий совитиш жараёнларида совуқлик элткич температураси куйидаги йўллар билан пасайтирилади:

- 1) паст температурада қайнайдиған суюқликларни буглатиш;
- 2) сиқилған ҳар хил газларни кенгайтириш.

Газларни куйидагича кенгайтириш мумкин:

а) газни дросселловчи қурилма (тешикли шайба, вентиль ва шунга ўхшаш) ичидан ўтказиш. Дросселланишдаги кенгайтиш адиабатик ва ташқи иш бажаришсиз амалга ошади.

б) тузилиши жиҳатдан поршенли ёки турбокомпрессорга ўхшаш машина – детандерда газни кенгайтириш.

Паст температурада қайнайдиған суюқликларни буглатиш. Паст, манфий қайнаш температурасига эга бўлған ҳар хил суюқликларни буглатиш совуқлик олишда кенг қўлланилади. Бугланишда бундай суюқликларнинг энтальпияси камаяди, натижада улар қайнаш температурасигача совийди. Масалан, суюқ аммиак 1 атм. босимда бугланса, унинг температураси – 34°C гача пасаяди, бу температура аммиак учун шу босимдаги қайнаш температураси ҳисобланади. Бу ҳолатда аммиакни ҳар хил муҳитларни – 30°C гача совитишга ишлатиш мумкин. Юқорирок босимда аммиак буглатилса, қайнаш температураси ҳам юқори бўлади.

Газларни дросселлаш. Дросселлашда газ томонидан бажариладиған иш дросселловчи қурилма тешигининг қаршилигини енгиш учун сарфланади ва иссиқликка айланади, натижада кенгайтиш жараёни энтальпиянинг ўзгаришисиз кечади (изоэнтальпик).

Идеал газ бўлганда энтальпиянинг ўзгармас бўлиши газ температураси ҳам ўзгаришсиз қолишига олиб келади. Реал газларни дросселлашда эса, энтальпиянинг ўзгаришсиз қолишига қарамай газ температураси ўзгаради.

Ҳақиқий газларда бундай ҳолатнинг бўлишига сабаб, уларнинг энтальпияси нафақат температура T нинг, балки босими P нинг ҳам функциясидир:

$$i = u + pV = c_v T + u_{ном} + pV \quad (10.8)$$

бу ерда, u – ҳақиқий газнинг ички энергияси; V – солиштирма ҳажм, c_v – ўзгармас ҳажмдаги солиштирма иссиқлик сизими; $c_v T$ – газ молекулаларининг ички кинетик энергияси; $u_{ном}$ – газнинг ички потенциал энергияси; pV – газнинг ҳажмий энергияси.

Ташқи муҳитдан системага иссиқлик оқими бўлмаганда, дросселлаш мобайнида газнинг кенгайтиши учун керак бўлған энергия фақат газнинг ички энергияси ҳисобига олиниши мумкин.

(10.8) формулага дросселлашдан олдин ва кейинги ҳолатлар учун 1 ва 2 индексларни қўйсақ, ҳамда энтальпиянинг ўзгаришсиз қолишини эътиборга олсақ:

$$c_v T_1 + u_1 + p_1 V_1 = c_v T_2 + u_2 + p_2 V_2$$

бу ердан:

$$c_v (T_1 - T_2) = (u_2 - u_1) - (p_1 V_1 - p_2 V_2) \quad (10.9)$$

Охирги ифода дросселланишда ўзини кандай тутишини кўрсатади: агар $p_2V_2 > p_1V_1$ бўлса, $T_1 - T_2 > 0$ бўлади ва натижада дросселланишда газнинг температураси пасаяди. Агар $p_2V_2 < p_1V_1$, лекин $(u_2 - u_1) > (p_1V_1 - p_2V_2)$ бўлганда ҳам газ температураси пасаяди ($T_2 < T_1$). Ва ниҳоят, $(u_2 - u_1) < (p_1V_1 - p_2V_2)$ бўлганда, дросселланишдан кейин газнинг температураси кўтарилади $T_2 > T_1$.

Ҳақиқий газнинг дросселланишидаги температураси ўзгариш ҳолати **дросселланиш эффекти** ёки **Жоуль-Томсон эффекти** номини олган. Дросселланишда газ совитилса, бу эффект **мусбат эффект** дейилади, акс ҳолда **манфий эффект** дейилади.

$(u_2 - u_1) = (p_1V_1 - p_2V_2)$ бўлганда, (10.9) формулага мувофиқ, $c_v (T_1 - T_2) = 0$, яъни дроссель эффекти нолга тенг.

Температуранинг кўтарилиши билан дроссель эффекти камайиб боради. Дроссель эффекти нолга айланадиган температура **инверсион температура** дейилади ($t_{инв}$). Кўпгина газлар юқори инверсион температурага эга ва дросселланишда совийди. Водород ва гелий манфий дросселланиш эффектига эга ва бошқа газлардан фарқли равишда дросселланиш вақтида температураси кўтарилади. Лекин улар ҳам инверсион температурадан пастроқ температураларда (водород учун $t_{инв} = 73^\circ\text{C}$, гелий учун $t_{инв} = 243^\circ\text{C}$) дросселланганда совийди.

Температуранинг жуда кичик ўзгаришини уни келтириб чиқарган жуда кичик босим ўзгаришига нисбати дифференциал **дроссель эффекти** дейилади.

$$j = \left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)_{i=\text{const}} \quad (10.10)$$

Лекин амалий ҳисобларда дифференциал дроссель эффекти деганда ҳақиқий газнинг босими бир бирликка ўзгарганда, унинг температурасини ўзгариши тушунилади.

Интеграл дроссель эффектига газ босимининг бошланғич P_1 дан охирги P_2 га ўзгаргандаги температура ўзгариши тўғри келади:

$$j_{инв} = \int_{P_1}^{P_2} o \, dp = \int_{P_1}^{P_2} \left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)_{i=\text{const}} \quad (10.11)$$

Интеграл дроссель эффекти энтальпия диаграммаси **i - T** ёки энтропия диаграммаси **T - S** оркали аниқланиши мумкин. 10.2-расмда ҳаво учун энтропия диаграммаси тасвирланган.

Масалан, температура $T_1 (T_1 = 205^\circ\text{K})$ ва босим $P_1 (P_1 = 100 \text{ атм})$ бўйича дросселланишдан олдинги нукта 1 топилади. Кейин $i_1 = \text{const}$ чизиғи ва охирги босим $P_2 = 1 \text{ атм}$ изобара чизиғининг кесишишида 2 нукта аниқланади. Нукта 2 га дросселланишдан кейинги температура $T_2 = 150\text{K}$ тўғри келади. Дроссель эффекти $\Delta T = T_1 - T_2 = 55\text{K}$ ни ташкил этади.

Иссиклик бирликларида ифодаланган дроссель эффектини **изотермик** дроссель эффекти дейилади. Изотермик дроссель эффектини аниқлаш учун $P_2 = \text{const}$ изобара бўйича (10.2-расм) 2-нуктадан T_1 изотермада ётган 3-нуктага кўтариламыз. 3-нуктага $i_3 \approx 100 \text{ ккал/кг} = 4,19 \cdot 10^5 \text{ Ж/кг}$ энтальпия тўғри келади.

Шунга кўра, изланилаётган эффект 1-ва 2- нукталар энтальпияларининг айирмасига тенг ва манфий кийматга эга, чунки $i_3 > i_1$:

$$\Delta i = i_1 - i_3 = 86 - 100 = -14 \text{ ккал/кг} \approx -16,8 \text{ Ж/кг}$$

Дросселланишда эришилаётган совуқлик унумдорлиги Q_0 газни изотермик сиқилшдан олдинги ва кейинги энтальпиялари фарқи билан аниқланади.

Яна ҳам пастроқ температура олиш учун дросселланиш эффектини **регенератив иссиқлик алманиши** билан боғлашади. Бунда девор оркали дросселланишга келаётган газ билан дросселланишдан совуган газ ўзаро иссиқлик алмашади. Бундай дросселланишдан олдинги совитиш жараёни газларни суюлтиришга олиб келиши мумкин.

Газларни детандерда кенгайиш туфайли совитиши. Бу ҳолатда олдиндан сиқилган газ ташки иш бажараётган газ машинасида кенгайди. Бу иш ихтиёрий мақсадларда ишлатилиши мумкин. Масалан, суюқлик ва газларни ҳайдаш учун. Сиқилган газнинг детандерда кенгайиши ташки муҳит билан иссиқлик алманиши сиз амалга оширилади ва газ томонидан

бажарилаётган иш унинг ички энергияси туфайли содир бўлади, шунинг учун газ совиёди. Идеал газнинг чегаравий совиш температураси куйидаги формула орқали аниқланади:

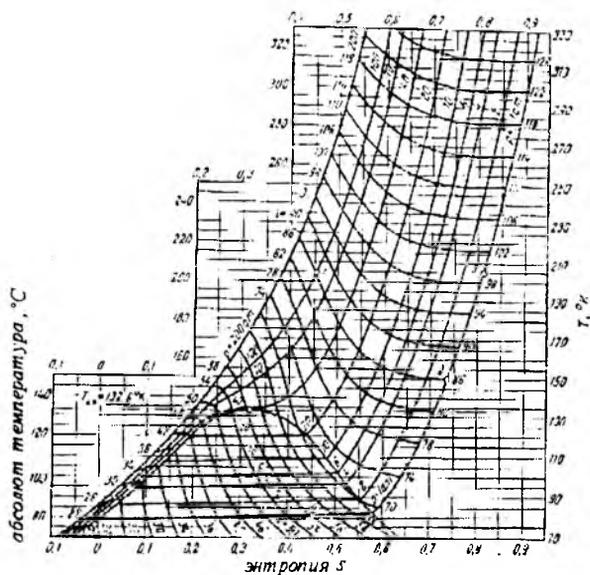
$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (10.12)$$

Бу формула адиабатик жараён учун тўғри. Ҳақиқатда эса, эришилаётган температура пасайиши камроқ бўлади ва ҳақиқий политропик жараёнга тўғри келади.

Бу усулда газ совиғанда олинаётган иссиқлик ва температура пасайишини $T-S$ диаграммасидан аниқлаш мумкин (10.2-расм).

Фараз қилайлик, сиклиланган газнинг детандердан олдинги ҳолати $T_1=205\text{ K}$ ва $P_1=100\text{ атм}$ – нукта 1 бўлсин. Газнинг ташқи иш бериши билан адиабатик кенгайиши $S=const$ бўйича амалга ошади. Шунинг учун 1- нуктадан берилган охириги босим $P_2=1\text{ атм}$ изобара чизигига ча вертикал тушириб, детандерлашнинг охириги ҳолатини белгилловчи 4- нуктани аниқлаймиз. Бу нуктага тўғри келувчи температура $T_4 \approx 82\text{ K}$ ва температура пасайиши $\Delta T = T_1 - T_4 = 205 - 82 = 123\text{ K}$. Газдан олиб кетилаётган иссиқлик бўйича ($Q = i_1 - i_4 = 86 - 58 = 26\text{ ккал/кг} = 10,9 \cdot 10^4\text{ Ж/кг}$) газнинг кенгайиш иши аниқланади.

$T-S$ диаграммадан кўриниб турибдики, дросселланишга караганда газнинг детандерда кенгайишида совитиш эффекти анча юқори. Бундан гашқари, детандерда ташқи иш олиш ҳисобига циклниң умумий энергия сарфи камаяди.



10.2-расм. Ҳаво учун $T-S$ диаграмма.

Лекин амалиётда детандерлашнинг дросселланишдан устуворлиги унчалик катта эмас. Идеал газнинг адиабатик кенгайишдаги иш формуласига кўра:

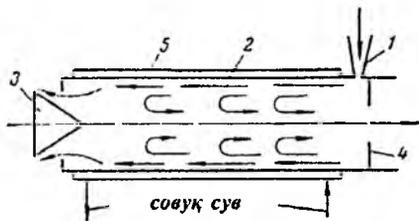
$$l_{\text{иде}} = \frac{k}{k-1} P_1 V_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (10.13)$$

бу иш газ абсолют температурасининг 1- даражасига тўғри пропорционал. Детандерда газларнинг кенгайиши компрессордаги сикиш температурасидан анча пастрок температура-ларда амалга оширилади ва шунинг учун ҳам детандер иши туфайли энергия сарфининг ка-майиш микдори унчалик катта эмас. Агар детандерда газнинг суюлиши ҳосил бўлса, бу микдор яна камаяди. Гидравлик зарба, уюрмалар ҳосил бўлишида ҳам совитиш унумдорлиги пасаяди.

Юкориди кўрсатилган камчиликларни инобатга олган ҳолда, совитиш унумдорлигини ошириш мақсадида газни детандерда кенгайтиши ва дросселланиш усуллари бир-бирини алмаштириб туради.

10.4. Паст температура олиш усуллари

Дросселланиш ва сикилган газни детандерда кенгайтишидан бошқа усуллар билан ҳам совуклик олиш мумкин. Бу усуллар ичига фазавий ўзгариш (эриш, кайнаш, сублимация ва б.) жараёнлари киради. Аммиак, фреон каби паст температурада кайнайдиған суюкликларни буғлатишдан ташқари, совуклик олиш учун музни эритиш ҳам ишлатилади. Лекин тоза сув яхини эритиб олишда фақат 0°C гача температура пасайиши мумкин. Эриш температурасини пасайтириш учун майдаланган муз ва туздан (масалан NaCl ёки CaCl_2) ташкил топган аралашмалар қўлланилади. Кальций хлорид тузи билан муз аралашмасини -55°C температурагача совуклик олиш учун ишлатиш мумкин.



10.3-рasm. Уюрмавий труба:

1-сопло, 2- кувур, 3- дроссель вентил, 4- диафрагма, 5-совук катлам.

Куйида келтирилган усуллар саноатда кам қўлланилсада, улар ҳақида тўхталиб ўтиш лозим.

Уюрмавий эффект. Бу эффект оддийгина қурилма – уюрмавий труба ёрдамида газ температура-

сини - 10°C дан - 60°C гача пасайтириш учун қўлланилади (10.3-рasm).

Юкори тезликда ($200..400$ м/с) сикилган газ (ҳаво) кувур 2 нинг соплоси 1 га тангенциал ҳолатда киритилади ва у ердаги мураккаб уюрмавий ҳаракат туфайли газ иссик ва совук оқимларга ажратилади. Газнинг исиган ташки оқими ўнгдан чапга ҳаракатланади ва дроссель вентили 3 орқали $50..100^{\circ}\text{C}$ температура билан чиқиб кетади, совуган ички оқим эса қарама-қарши томонга ҳаракатланиб, соплодан ўнг томонда жойлашган диафрагма 4 нинг тешигидан чиқиб кетади.

Оқимларнинг температураси вентил 3 ни очилиб-ёпилиши орқали ростланади.

Нисбатан кичик термодинамик самарадорликка эга бўлишига қарамай, бу усул бир йўла иссиклик ва совуклик олишда, вақти-вақти билан совуклик олиш талаб қилинганда қўлланилади. Сикилган газларнинг арзон ресурслари бўлган ҳолларда бу усулни ишлатиш мумкин. Уюрмавий усулда совитишнинг асосий афзаллиги қурилманинг оддийлиги ва ишлатишдаги ишончлилиги.

Магнит-калорик эффект. Жуда паст температураларни парамагнит материалларни адиабатик магнитсизлантириш йўли билан олиш мумкин. Бунда газларни адиабатик кенгайтиш жараёни каби, ички энергия сарфланиб, ташки кучлар устидан иш бажарилади, натижада температуранинг кескин пасайиши содир бўлади.

Бу усулда совуклик олишда парамагнит моддаси ўзгармас температурада чуқур вакуумда, масалан, кайнаётган гелийли ваннада, ушланиб турилади.

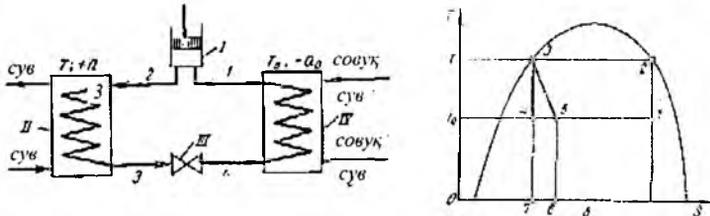
Модда кучли магнит майдони остида бўлади. Майдон узилганда (ўчирилганда) адиабатик магнитсизланиш юзага келади ва натижада парамагнит модда абсолют нолга яқин температурагача совийди. Ҳозирги вақтга келиб 10K дан пастроқ температура олиш имконини берадиган (жуда кичик совуклик унумдорлигида) магнит совитиш машиналари яратилган.

Термоэлектрик эффект. Бир-бирига кавшарланган икки ҳар хил ўтказгичдан тузилган занжир орқали электр токи ўтказилганда кавшарланган бир томон исийди, бошқаси совийди (*Пельтье эффекти*). Оддий ўтказгичлар ўрнига яримўтказгичлар қўлланилса, паст температуралар олиш имкони яратилади. Бунинг учун самарали термоэлементлардан тузилган батареялар яратилиши керак. **Ўртача температурагача совитиш.** Бундай совуклик олишда совуклик элткичи сифатида критик температураси атроф-муҳит температурасидан юкори бўлган газлар ишлатилади. Бу усул билан куйи чегараси -100°C температурани олиш мумкин.

10.5. Компрессор буг совитиш машиналари

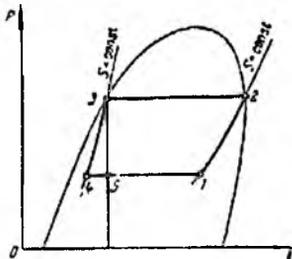
Ўртача температурали совуклик олишда компрессор буг совитиш машиналари кенг қўлланилади. Бундай машиналарда совутувчи элткич сифатида паст температурада кайнайди-ган суюкликлар ишлатилади.

Идеал машина цикли. Карнонинг тескари цикли бўйича ишлайдиган идеал компрессор совитиш машинасида (10.4-расм) компрессор I совитиш элткичи буғларини сўриб, уларни сув билан совитишда суюкликка айланиш мумкин бўлган босим даражасигача сиқади ва конденсатор II га ҳайдайди. $T-S$ диаграммада (10.4б-расм) буғларнинг адиабатик сиқиш жараёни вертикал адиабатик чизиғи 1-2 билан тасвирланган. Сиқиш буғнинг температурасини T_0 (1 нукта) дан T (нукта 2) гача кўтарилишига олиб келади. Конденсатор II да суюкланиш жараёни ўзгармас T температурада бориши учун, сиқиш жараёни суюклик - буғ мувозанат чизиғи билан чегараланган соҳада амалга оширилиши керак. Идеал машинада компрессордан чиқаётган буғ қуруқ тўйинган ҳолатда P босимда бўлади.



10.4-расм. Компрессор совитиш машинаси:
а-қурилма схемаси; б-жараённинг $T-S$ диаграммадаги кўриниши;
I-компрессор; II-конденсатор; III-дрессель вентили; IV-буғлаткич.

Конденсатор II даги суюкланиш (конденсацияланиш) жараёни T температурада изотер-мик равишда боради (горизонтал 2-3-чизиқ). Конденсатордан суюқ совитиш элткичи кенгайтирувчи цилиндрга келади (10.4а-расмда идеал циклда қўлланиладиган кенгайтирувчи цилиндр ўрнига реал циклда қўлланиладиган дрессель вентили III кўрсатилган). У ерда адиабатик кенгайиб, кайнаш босимига тўғри келадиган T_0 температурага эга бўлади (3-4 адиабатик чизиғи). Сўнг суюқ совитиш элткичи буғлаткич IV да буғланиб (кайнаб), совутиллаётган муҳитдан ис-сикликни олади. T_0 температурадаги буғланиш жараёни 4-1 изотерма чизиғи билан ифодаланади.



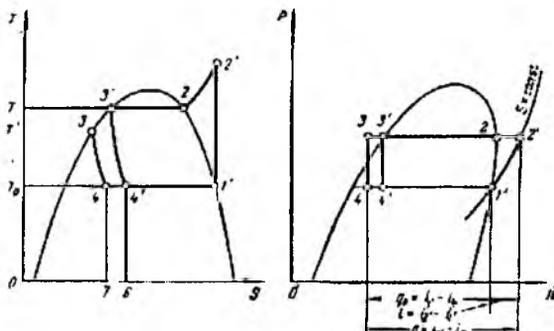
10.5-расм. $p-i$ диаграммадаги компрессор

T_0 температурадаги буғларни (1 нукта) компрессор сўриб олади ва цикл такрорланади. Шундай қилиб, бутун жараён 2 та адиабата (1-2 ва 3-4 кесмалар) ҳамда иккита изотерма (2-3 ва 4-1 кесма) лардан иборат.

10.5-расмда $p-i$ диаграммадаги идеал компрессор совитиш машинасининг цикли кўрсатилган. Бу диаграммада совуклик унумдорлиги Q_0 ва сарфланган иши L диаграммадаги каби юзалар оркали эмас, балки тўғри чизикли кесмалар оркали аниқланади. 1-2 кесма компрессор I даги совитиш элткичи буғларининг адиабатик сиқилиши; 2-3 кесма шу буғларнинг II конденсатордаги суюкланиши; 3-4 кесма суюқ совитиш элткичининг кенгайтириш цилиндридаги кенгайиши; 4-1 кесма суюқ совитиш элткичининг буғлаткич IV даги буғланиши.

Ҳақиқий машина цикли. Идеал совитиш машинаси конструктив ясалиши мураккаб бўлгани учун кенгайиш цилиндри дрессель ростловчи вентил билан алмаштирилган. Бундан ташқари $T-S$ ва $p-i$ диаграммаларидаги (10.6-расм) ҳақиқий машина цикли идеал машина циклидан қуйидаги 2 та ўзгариш билан фарқланади:

а) совитиш элткичи буғларининг компрессор томонидан сиқилиши нам-буғ соҳасида эмас, балки ўта кизиган буғ соҳасида амалга оширилади ва компрессор курук тўйинган, баъзида ўта кизиган буғларни сўради;



10.6-расм. Ҳақиқий компрессор совитиш машинаси циклининг T-S ва p-i диаграммалардаги кўриниши.

б) конденсаторда суюқланган совитиш элткичи конденсация температурасидан пастрок температурагача ўта совитилади.

Назарий томондан қаралганда, курук тўйинган буғларни сиқиш энергия сарфини оширишга олиб келсада, амалиётда компрессорнинг «курук юриши» фойдалирокдир. Буғ курук тўйинган ҳолатда сўрилади (1-нуқта) ва берилган босимгача адиабатик сиқилади (2-нуқта). Бунда компрессор цилиндри деворлари билан нам – буғ орасидаги интенсив иссиқлик алмашилишга асосланган совуқлик йўқотилиши камаяди. Бундан ташқари, компрессорнинг «нам юришида» совитиш элткичи цилиндр ичида буғланади, бу эса компрессорнинг фойдали иш ҳажмий ва узатиш коэффициентининг камайишига ва ўз навбатида циклининг совуқлик унумдорлигини пасайишига олиб келади.

Конденсаторга кираётган ўта кизиган совитиш элткичи буғлари ўзгармас босимда конденсация температурасигача совийди (2-2 изобара чизиги), сўнг иш босими ва ўзгармас температурада конденсацияланади (2-3 горизонтал чизиги). Агар совитиш элткичи ўта совитилмаганда эди, дроссель вентилидаги унинг кенгайиши 3'-4' изоэнтальпия чизиги орқали кўрсатиш мумкин бўлар эди. Совитиш элткичи T температурасигача ўта совитилса, дросселланиш жараёни 3-4 энтальпия чизиги бўйлаб боради. Натижада циклининг совитиш унумдорлиги ортади 4-5-6-7 юза). Цикл, совитиш элткичини буғлаткичда, $T_0 = const$ температурада буғланиш билан тугайди (4-1 изотермаси).

T-S ва p-i диаграммалар орқали ҳақиқий совитиш циклини характерловчи асосий катталикларни аниқлаш мумкин: компрессордаги сиқиш иши, конденсаторнинг иссиқлик юкламаси ва совитиш коэффициенти. P-i диаграммада 1кг совитиш элткичи буғларини сиқиш учун компрессорда сарфланган солиштирма иши қуйидагича:

$$l = i_{2'} - i_{1'} \quad (10.14)$$

бу ерда $i_{2'}$, $i_{1'}$ - 2' ва 1' нуқталардаги энтальпиялар.

Конденсаторга тушаётган солиштирма иссиқлик юкламаси:

$$q = i_{3'} - i_{3} \quad (10.15)$$

бу ерда $i_{3'}$ - совитиш элткичининг 3-нуқтадаги энтальпияси

q нинг миқдорига қараб, конденсаторнинг иссиқлик алмашилиш юзасини ҳамда совитиш элткичи буғларини суюлтириш учун керак бўлган сувнинг сарфий миқдори аниқланади.

Циклининг солиштирма совитиш унумдорлиги q_0 жараёндаги совитиш элткичи энтальпиясининг ўзгаришига тенг:

$$q_0 = i_{1'} - i_4 \quad (10.16)$$

бу ерда, i_4 - совитиш элткичининг 4-нуқтадаги энтальпияси.

Ҳақиқий совитиш циклининг совитиш коэффициенти қуйидагича аниқланади:

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l} = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1} \quad (10.17)$$

Совитиш машинаси томонидан таъминланаётган совуклик унумдорлиги шу машинанинг температура режимига боғлиқ.

Компрессор совитиш машиналарининг номинал совитиш унумдорлиги маълум бир температура даражасига нисбатан олинади. Халқаро амалиётда шундай «стандарт» ёки «нормал» режим сифатида (бунда компрессор курук тўйинган буғларни сўради деб қабул қилинади): буғланиш температураси $t_0 = -15^\circ\text{C}$, суюқланиш (конденсация) температураси $t_k = +30^\circ\text{C}$, ўта совитиш температураси $t_n = +25^\circ\text{C}$ қабул қилинган.

Ҳақиқий совитиш машиналарининг схемалари 10.6-расмдаги машинага караганда бир-мунча мураккаблашган бўлади. Масалан, суюқ совитиш элткичи конденсаторда ўта совий олмаса, дроссель вентилидан аввал схемага қўшимча иссиқлик алмашилиш қурилмаси - ўта совиткичлар ўрнатилади. Компрессорнинг «курук юриш»ини таъминлаш учун буғлаткич ва компрессор орасига суюқлик ажраткич (томчи ушлагич) қўйилиб, совитиш элткичи буғидан ажраган суюқлик буғлаткичга қайтарилади, қуриган буғ эса компрессорга йўналтирилади.

10.6. Икки ва уч босқичли совитиш машиналари

Баъзи бир паст температура олиш талаб қилинган технологик жараёнларда бир босқичли машиналарни эффектив ишлатиб бўлмайди. Масалан, аммиак учун 1 атм. босимда қайнаш температураси $t_0 = -34^\circ\text{C}$. Агар бундан паст буғланиш температурасини олиш талаб қилинса, бир босқичли совитиш машинаси иктисодий кўрсаткичи кичик ёки умуман ишла-тишга яроқсиз бўлиши мумкин. Чунки бу ҳолатда конденсация ва қайнаш температуралари фарқи ортганлиги туфайли сиқилиш даражаси ҳам ортади, натижада компрессорнинг фойда-ли сиқилиш коэффициенти камаяди. Бундан ташқари, совитиш элткичи буғларининг сиқилиш даражаси ортганда уларнинг температураси ҳам ортади, бу эса буғларнинг ажрали-шига олиб келиши мумкин.

Шу сабабларга кўра, нисбатан паст температураларни олиш учун мураккаброк бўлган икки босқичли (10.7-расм) ва уч босқичли машиналар қўлланилади. Аммиак буғларини сиқиб натижасида икки босқичли машиналарда -50°C гача, уч босқичлида эса -70°C гача температура пасайтирилиши мумкин.

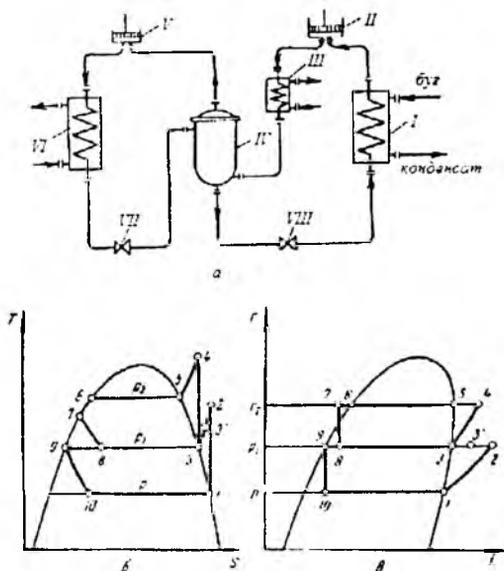
Икки босқичли компрессор совитиш машинасида P босимдаги совитиш элткичи буғла-ри буғлаткич I дан сўрилиб олинади ва паст босим компрессор цилиндрида оралик P_1 босим-гача сиқилади. Сиқилган буғ совиткич III дан ўтиб ажраткич идиш IV га келтирилади. У ерда буғлар қайнаётган суюқ совитиш элткичи ичидан юқориға ўтиб (барботаж), совийди ва қурук тўйинган ҳолда юқори босим цилиндри V ёрдамида сўриб олинади. У ерда P_2 босимгача сиқилиб, конденсатор VI га йўналтирилади. Конденсацияланиш туфайли ҳосил бўлган суюқ совитиш элткичи дроссель вентил VII да P_1 босимгача дросселланади. Шу босимда суюқ со-витиш элткичи ажраткич-идиш IV га кириб, шу босимда совиткич III дан келаётган совитиш элткичи буғларини совитади ва бир қисми буғланади. Суюқ совитиш элткичининг қолган қисми эса VIII дроссель вентилида P босимгача дросселланиб буғлаткич I га келади, у ерда совутилаётган муҳитдан иссиқликни олиб буғланади. Ҳосил бўлган совитиш элткичи буғла-рини P босимда паст босим цилиндри II сўриб олади.

$T-S$ ва $p-i$ диаграммаларда (10.7б,в-расмлар) икки босқичли компрессор совитиш ма-шинасининг цикли кўрсатилган. Совук элткич буғлари паст босим цилиндрида 1-2 адиабата бўйича сиқилади, совиткич III да 2-3' изобара чизиғи бўйлаб бир оз совийди, кейин ажраткич идиш IV да ўта қизиш иссиқлигини тўлиқ йўқотади ва тўйиниш температурасигача совийди (3'-3 изобараси).

Кейин тўйинган буғлар юқори босим цилиндрида 3-4 адиабата бўйича 4 - ўта қизиган ҳолатигача сиқилади. Конденсатор IV ўта қизиган совуклик элткич буғлари 4-5 бўйича тўйи-ниш ҳолатигача (5 нукта) совийди ва шу қурилманинг ўзида 5-6 изобара (ҳам изотерма)

чизиги бўйлаб конденсацияланади ҳамда 6-7 изобара бўйича ўтказилган VII дроссель вентилидаги дросселланиш жараёни 7-8 — изоэнтальпия чизиги билан ифодаланadi. Кенгайишдан кейин ҳосил бўлган нам буғ (8-нукта) IV ажраткич идишда буғ (3- нукта) ва суюқ фазага (9-нукта) ажралadi. Суюқ совуқлик элткич VIII дроссель вентилида 9-10 изоэнтальпия бўйича P босимгача дросселланади ва буғлаткич I да 10-1 изотерма бўйича буғланади.

Икки босқичли совитиш машинасининг паст ва юкори босим цилиндрларидаги сикилиш даражаси бир босқичлига караганда кичик, шунинг учун ҳам компрессорнинг хажмий фойдали иш коэффиценти юкори бўлади.



10.7-расм. Икки босқичли компрессор совитиш машинаси:
 а-қурилма схемаси, б, в-жараённинг $T-S$ ва $p-i$ диаграммаларда кўриниши.
 I-буғлаткич; II-паст босим цилиндри, III-совуткич, IV-ажраткич идиш,
 V-юкори босим цилиндри, VI-конденсатор; VII, VIII-ростловчи вентиллар.

10.7. Совуқлик элткичлар

Юкорида кўрсатиб ўтилганидек совитиш коэффицентининг миқдори совуқлик элткичининг хусусиятларига боғлиқ эмас. Лекин совитиш машинасининг ўлчамлари, конструкцион материалнинг тури, ишчи босимлар, совуқлик элткичининг хусусиятларига боғлиқ. Шунинг учун совуқлик элткичларига қуйидаги талаблар қўйилади:

1) Конденсаторда совуқлик элткич буғларини табиий совутувчи моддалар (сув, ҳаво) билан суюлтиришга имкон бўлиши учун, совуқлик элткичи юкори критик температурага эга бўлиши керак.

2) Юкори буғланиш иссиқлигига эга бўлиши керак. Бу совитиш унумдорлиги юкори бўлиши ҳамда совуқлик элткич сарфининг камайишига олиб келади.

3) Кичик солиштирма хажмга эга бўлиши керак. Бу ўз навбатида совитиш машинасининг ўлчамларини камайтиради.

4) Буғланиш (сўриш) босими атмосфера босимидан юкорирок бўлгани маъқул. Чунки совуқлик элткич йўқотилишини тўхтатиш, ҳаво сўрилишини тўхтатишдан осонроқ. Системага сўрилган ҳаво буғлаткич, конденсаторда иссиқлик алмашилиш жараёнини ёмонлаштиради, сув буғлари киргани сабабли ростловчи вентилда музлаб қолиш хавфи ҳамда кимёвий фаол бирлашмаларининг ҳосил бўлишига сабаб бўлади.

5) Суюқланиш (конденсацияланиш) босимининг жуда юкори бўлмаслиги керак. Акс ҳолда қурилма конструкцияси мураккаблашади ва нархи ортиб кетади. Ундан ташқари, со-

вуклик элткич кимёвий агрессив бўлмаслиги ва инсон организмга зарарли таъсир кўрсатмаслиги керак; ёнгин ва портлашга хавфсиз, олиниши (тайёрланиши) осон ва арзон бўлиши керак.

Қўйилган талабларнинг иккинчиси факат поршенли компрессорларга тегишли. Турбокомпрессор қурилмалари учун совуклик элткичлар кичик буғланиш иссиқлигига эга бўлиши керак. Чунки турбокомпрессорлар кўп миқдордаги совуклик элткичини сиқиш учун мўлжалланган. Ҳозирги пайтда юқоридаги талабларнинг кўпига мувофик келган совуклик элткичлари – аммиак ва фреонлар. Жуда кам ҳолларда совуклик элткичи сифатида углерод икки оксиди, олтингугурт ангидриди ва хлорли метил ишлатилади. Пропан, этан ва этилен моддаларини -70°C дан паст температурани олиш учун ишлатилади.

Аммиакнинг афзалликлари қуйидагилар: юқори буғ ҳосил бўлиш иссиқлиги, буғлаткичдаги унча катта бўлмаган ортикча (атмосферадан) босим ва юқори бўлмаган конденсация босими. Шу билан бирга аммиак, ёнувчан, заҳарли, ҳаво билан аралашиб портловчи аралашма ҳосил қилиши мумкин ва намлик бўлганда мис ва унинг қотишмаларини емириши (коррозия) мумкин.

Фреонлар – бу метаннинг фтор-хлор бирикмаларидир. Фреонлар юқори бўлмаган суюқланиш ва буғланиш босимига эга, зарарсиз, ёнгин ва портлашга хавфсиз, конструкцион материалларни емирмайди. Камчиликларга эса, совуклик элткичининг йўқотилишига сабаб бўладиган жуда кичик қовушоклик ва мойлар билан яхши аралашishi киради.

Углерод диоксиди – юқори солиштирма ҳажмий унумдорликка эга, бу эса ўз навбатида компрессор цилиндрларининг ихчам бўлишига олиб келади. Лекин жуда паст критик температура ва юқори конденсацияланиш босимига эга бўлгани учун унинг ишлатилиши соҳаси чегараланган.

Хлорли метил ва олтингугурт ангидридининг асосий камчиликлари паст буғланиш босими ва олтингугурт ангидридининг коррозия фаоллиги ва заҳарлилигидир.

Ишлаб чиқариш шароитларида совитиш қурилмалари бошқа бир қанча қурилмаларга хизмат кўрсатиши мумкин ва бу қурилмалар **оралиқ совуқлик элткичлар** орқали совитилади. Оралиқ совуқлик ташувчилар сифатида паст температурада музлайдиган эритмалар – натрий хлорид, кальций хлорид ёки магний хлорид тузларининг сувдаги эритмалари қўлланилади. Совитиш эритмалари насос ёрдамида совитиш машинасининг буғлаткичи ва қурилмалар орасида айланма ҳаракат (циркуляция) қилади. Буғлаткичда эритма совийди ва қурилмаларда иссиқликни ўзига олиб исийди. Эритма ва унинг концентрациясини танлаш талаб қилинаётган совитиш температурасига боғлиқ. Бу температура эритманинг музлаш температураси – **криогидрат нуқта** температурасидан юқори бўлиши керак.

10.8. Каскадли цикл

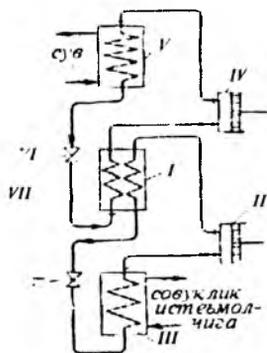
Битта совуқлик элткичида ишлаб суюқликларни буғлатишга асосланган совитиш цикллари ёрдамида -70°C дан паст температура олиб бўлмайди. Бу температура чегараси совуқлик элткичининг хусусиятлари билан белгиланган.

Янада пастроқ температура олиш мақсадида иктисодий самарадорлиги юқори бўлган **каскадли цикл** қўлланилиши мумкин. Бунда ҳар хил хусусиятли бир қанча совуқлик элткичлари қўлланилиб, юқори қайнаш температурасига эга совуқлик элткичи буғланиб, пастроқ қайнаш температурасига эга бўлган совуқлик элткичининг конденсацияланиш иссиқлигини олади. Шунда иккинчи совуқлик элткичининг суюқланишида биринчисига нисбатан пастроқ температура олинади. Демак, каскадли цикл бу бир қанча ҳар хил оралиғида ишловчи совуқлик элткичларига эга бўлган цикллarning комбинацияси.

10.8-расмда икки совитиш циклидан иборат бўлган каскад цикли тасвирланган. Иккала циклни бирлаштириб турувчи иссиқлик алмашилиш қурилмаси I буғлаткич – конденсатор деб аталади. Каскаднинг қуйи совитиш циклида (компрессор II ва конденсатор III) пастроқ температурада қайнай-диган совуқлик элткичи қўлланилган бўлиб, у буғлаткич конденсатор-

да ўз конденсацияланиш иссиқлигини юқори совитиш циклида ишловчи қайнаётган совуқлик элтқичига беради (компрессор IV ва конденсатор V).

Бир қанча совитиш циклларидан иборат каскад қурилмаларида қийин суюладиган газларни суюлтириш мумкин. Масалан, азотни суюлтириш учун аммиак, этилен, метан ва азот совитиш цикли каскад қурилмасини қўллаш мумкин.



10.8-расм. Каскадлы цикл схемаси:

I – буглатқич (юқори цикл) – конденсатор (қўйин цикл), II – қўйин цикл компрессори; III – қўйин цикл буглатқичи; IV – юқори цикл компрессори; V – юқори цикл конденсатори; VI – юқори цикл дроссель вентили; VII – қўйин цикл дроссель вентили

Газсимон азот -161°C да қайнаётган (атмосфера босимида) метанга ўз иссиқлигини бериб, $182 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ ($18,6 \text{ ат}$) босимда суюкланади. Бугланган метан $242 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ ($24,7 \text{ ат}$) босимгача сиқилади ва -104°C да қайнаётган этиленга ўз иссиқлигини бериб, суюкланади.

Бугланган этилен $186 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ (19 ат) босимгача сиқилади ва -33°C (атмосфера босимида) қайнаётган аммиакка конденсацияланиш иссиқлигини бериб, суюқликка айланади. Буғсимон аммиак эса 10^6 Н/м^2 ($10,2 \text{ ат}$) босимгача сиқилади ва сув томондан суюқликка айланади.

Каскадлы қурилманинг алоҳида циклларида қайтмаслик даражаси кичик бўлгани учун уларда энергия сарфи ҳам камаяди.

10.9. Компрессор қурилмаларининг жиҳозлари

Совитиш қурилмаси таркибига компрессорлар ва ҳар хил турдаги иссиқлик алмашиниш қурилмалари қиради.

Компрессорлар. Компрессор совитиш қурилмаларида поршенли, роторли, турбокомпрессорлар ва винтли компрессорлар қўлланилади. Шулардан энг кенг тарқалгани - поршенли компрессорлардир. Юқори ва ўртача унумдорликда V- ва W- симон компрессорлар қўлланилади. Кичик унумдорликда ишловчи фреонли компрессорлар электр юритқич билан бир қобикда жойлаштирилиб, сальниксиз ва герметик равишда ишлаб чиқарилади.

Юқори сиқил даражаларига эришиш учун кўп босқичли компрессорлар билан бир қаторда кўп босқичли агрегатга уланган бир босқичли компрессорлар ҳам қўлланилади. Масалан, паст босим босқичида махсус сиқиб берувчи қўлланилса, юқори босимгача эса бир босқичли компрессор қўлланилади. Саноатда икки босқичли компрессорлар ҳам ишлатилади. Юқори совитиш унумдорлигида икки ва уч босқичли турбокомпрессорлар қўлланилади.

Иссиқлик алмашиниш қурилмалари. Совитиш қурилмаларида қўлланиладиган конденсаторлар иссиқликни ажратиб олиши бўйича қуйидагиларга бўлинади:

1) Иссиқлик сув томонидан олиб кетиладиган оқимли конденсаторлар; 2) Иссиқлик сув томонидан олиб кетилиб ҳавога бугланадиган, ювилиб турувчи – буглатқичли конденсаторлар; 3) Ҳаволи конденсаторлар.

Юқори ва ўрта унумдорликда ишловчи қурилмаларда конденсаторларнинг биринчи турига мансуб бўлган қобик - трубади конденсаторлар қўлланилади. Кичик қурилмаларда эса, кўпинча ҳаволи конденсаторлар қўлланилади. Буглатқич сифатида кўпчилик ҳолларда чўқтирилган ва қобик-трубади иссиқлик алмашиниш қурилмалари қўлланилади.

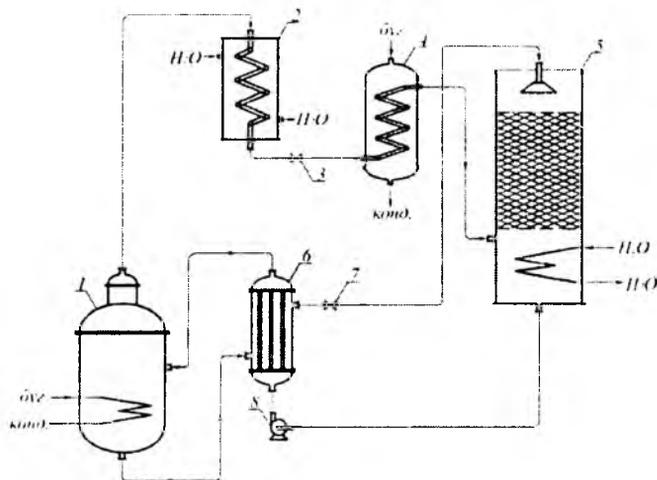
10.10. Абсорбцион совитиш машиналари

Компрессор совитиш машиналаридан фарқли, абсорбцион совитиш машиналарида совуқлик олиш учун механик энергия эмас, балки юқори потенциалли иссиқлик сарфланади.

Абсорбцион совитиш машинасининг ишчи совуқлик элтқичи бугларининг P_0 босимда абсорбент томонидан ютилиши (абсорбция) ва кейин қиздиришда P конденсация босимида чиқа-

рилишига асосланган. Совуклик элткичини суюлтириш учун сиқиш ўрнига, бу ерда ортиқча босим остида ҳайдаш қўлланилади. Абсорбцион совитиш машиналарида кенг тарқалган совуклик элткичи сифатида аммиак, ютувчи (абсорбент) сифатида эса сув қўлланилади. Маълумки, аммиак сув томонидан яхши ютилади ва бу аралашманинг кайнаш температураси тоза аммиакнинг кайнаш температурасидан анча юқори.

Сув-аммиак абсорбцион совитиш машинасида (10.9-расм) 50% аммиак бўлган сув-аммиак аралашмаси юқори P босимда ишловчи қайнаткич 1 га келади. Аралашмадан ажраган аммиак конденсатор 2 да суюқланиб, вентил 3 дан P_0 босимгача дросселланиб ўтади. Буғлаткич 4 га кириб, сув буғидан иссиқликни олиб буғланади. Машинанинг совитиш унумдорлиги олиб кетилаётган иссиқлик билан белгиланади.



10.9-расм. Сув-аммиак абсорбцион совитиш машинасининг схемаси:

1 - қайнаткич; 2 - конденсатор; 3, 7 - розетковчи вентиллар;
4 - буғлаткич; 5 - абсорбер; 6 - иситкич; 8 - насос.

Аммиак буғлари буғлаткичдан абсорбер 5 га келади ва қайнаткич 1 дан келиб пуркалаётган кучсиз аралашма томонидан ютилади. Ютилиш даражасини ошириш мақсадида қайнаткич ва абсорбер орасига 6 иситкич ўрнатилган. Бу иссиқлик иситкичдан чиққан кучсиз аралашма 7 дроссель вентилида дросселланиб совийди, кейин абсорберга киради. Абсорбердаги абсорбция иссиқлиги сув томонидан олиб кетилади.

Қайнаткич 1 га иссиқлик элткич (қўпинча, кизиган буғ) томонидан сув аммиак аралашмасини қайнатиш учун иссиқлик киритилади. Бу иссиқлик совитиш циклини амалга ошириш учун керак бўлган ишга эквивалент. Қурилманинг иқтисодий самарадорлигини ошириш учун амалиётда қайнаткични узлуксиз ишлайдиган ректификацион колонна билан алмаштирилади.

Абсорбцион совитиш машинасининг иссиқлик баланси куйидагича:

$$Q_k + Q_0 = Q_{конд} + Q_{абс}$$

бу ерда, Q_k – иссиқлик элткич томонидан қайнаткичда сув-аммиак аралашмасига келтирилган иссиқлик; Q_0 – буғлаткичда совуқ элткич томонидан қабул қилинган иссиқлик миқдори (қурилманинг совитиш унумдорлиги); $Q_{конд}$ – совуқ сув томонидан конденсаторда олиб кетилаётган иссиқлик миқдори; $Q_{абс}$ – совуқ сув томонидан абсорберда олиб кетилаётган иссиқлик

Абсорбцион совитиш машинасининг совитиш коэффициентини куйидагича топилади:

$$\varepsilon = \frac{Q_0}{Q_k}$$

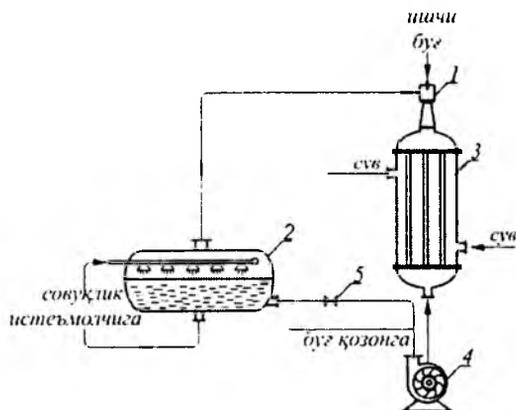
Абсорбцион совитиш машинасининг совитиш коэффициенти компрессор совитиш машинасининг совитиш коэффициентидан кичик. Лекин бу машиналарнинг нисбий самарадорлиги на фақат сарфланган энергиянинг миқдори, балки унинг турига ҳам боғлиқ. Абсорбцион совитиш машиналарида компрессор ишлатадиган электр энергия ўрнига, иккиламчи, арзон энергия сарфланади.

10.11. Сув буг-инжектор совитиш машиналари

Компрессор буг совитиш машиналарида сувни совутувчи элткич сифатида ишлатиб бўлмайди. Чунки паст температураларни олиш учун жуда паст босимлар ҳосил қилиниши керак. Маълумки, сув буғларининг солиштира ҳажми юкори бўлади ва уларни сикиш учун керак бўладиган поршенли компрессор ўлчамлари ясаб бўлмайдиган даражада катта бўлиши керак.

Лекин поршенли компрессорлар ўрнига буг-оқимчали инжекторлар қўлланилса, сувни совутувчи элткич сифатида ишлатиш мумкин.

Бундай машинада $40 \cdot 10^4 \dots 60 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ ($\sim 4 \dots 6$ ат) босимидаги сув буғи инжектор соплоси I га киради (10.10-расм).



10.10-расм. Сув-буг инжектор совитиш машинасининг схемаси:

- 1 - инжектор, 2 - буғлаткич, 3 - конденсатор, 4 - насос;
5 - ростловчи вентил.

Буғнинг инжектордаги кенгайишидан буғлаткич 2 даги босимга тўғри келадиган вакуум ҳосил бўлади. Буғлаткичдан инжекторга совук сув буғлари сўрилади. Инжекторнинг диффузорида буғлар аралашмасининг тезлиги пасаяди, босими буғлаткичникидан конденсатор 3 даги босимгача кўтарилади. Бу ерда совитилаётган сув ёрдамида буғлар аралашмаси суюлтиради. Ҳосил бўлган конденсат насос 4 ёрдамида сўриб олиниб, иккинчи қисми буғ қозонига, бир қисми эса, дроссель вентили 5 орқали буғлаткич 2 га, унда буғланиш ҳисобига камайишини компенсация қилиш учун берилади.

Буғлаткичда совитилган сув истеъмолчисига узатилади. У ердан исиб қайтган сув, яна буғлаткичга қайтади.

Бундай машиналарни -10 дан $+10^\circ\text{C}$ гача буғланиш (кайнаш) температурасини олиш учун ишлатиш мумкин.

Сув-буг инжектор машиналарининг камчиликларидан бири конденсаторда сув сарфи катта ҳамда унумдорликни ростлаш мураккаб.

10.12. Ўта паст температурали совуқлик олиш

Техник жиҳатдан муҳим газ аралашмаларини ректификация йўли билан ажратиш учун зарур бўлган жуда паст температураларни юкорида айтиб ўтилган усуллар билан олиб бўлмайди. Чунки юкоридаги усуллар билан олинган кайнаш температуралари газ аралашмаларини ажратиш жараёнлари учун юкори. Чуқур вакуум ҳосил қилиниб, температура пасайтирилиши баъзи бир совуқлик элткичларининг музлаб қолишига ҳамда ҳаво сўрилишига ва компрессор ишлашининг қийинлашишига олиб келади.

Жуда паст температура олишда кислород (кайнаш температураси - 183°C) ёки азот (кайнаш температураси - 196°C) ни буғлатиш усули ҳам ярамайди. Чунки уларнинг критик температуралари ҳам жуда паст, сув билан суюлтириб бўлмайди.

Критик температураси - 100°C дан паст бўлган газларни (кислород, азот, водород, гелий ва бошқалар) суюлтириш куйидаги усуллар билан амалга ошириш мумкин:

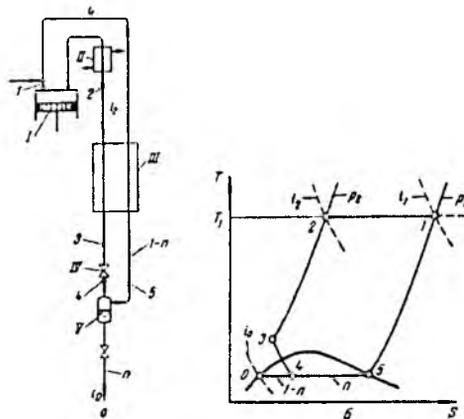
1. Газни дросселлаш усули билан.
2. Газни детандерда ташки иш бажариш йўли билан кенгайтириш.
3. Дросселлаш ва детандерда кенгайтириш усулларини бирга қўллаш йўли билан.

Газни детандерда кенгайтириш цикли, дросселланиш циклига караганда, иктисодий жиҳатдан самарали. Лекин энг самарадори учинчиси, яъни комбинацияли усул ҳисобланади.

10.13. Газни дросселлаш цикллари

Газларни дросселлаш цикллари техникада *Линде цикли* дейилади. Бу цикллarning хаммасида *регенератив* усул қўлланилади. Дросселлаш усули билан газни суюлтириб бўлмайди. Қарама-карши йўналишли регенератив иссиқлик алмашилиш қурилмаси қўлланилса, газни дроссель вентили олдида дросселланиш жараёнида температураси пасайтирилган газ билан совитилса, газ суюкликка айланади.

Бир қарра дросселланишли юқори босим цикли. p_1 босим ва T_1 температурага эга бўлган газ компрессор *I* томонидан сўриб олинади ва p_2 босимгача сиқилиб *II* совиткичга ҳайдалади. У ерда сув томонидан иссиқлик ажратиб олинади ва газнинг температураси бошланғич T_1 ҳолатига келтирилади (10.11-расм). Сиқиш жараёни *T-S* диаграммада 1-2 изо-терма билан тасвирланган.



10.11-расм. Бир қарра дросселланишли, юқори босимли регенератив цикл:
 а - схеманинг принципал кўриниши; б - жарасиннинг *T-S* диаграммадаги тасвири; I - компрессор, II - совиткич, III - регенератив иссиқлик алмашилиш қурилмаси, IV - дроссель, V - суюк маҳсулот йиғинч.

Кейин сиқилган газ қарама-карши йўналишли регенератив иссиқлик алмашилиш қурилма III да «тескари» газлар ҳисобига ўзгармас босим (изобара 2-3) бўйича совийди. p_2 босимга эга бўлган, совуқ сиқилган газ дроссель IV орқали ўтади. Дросселланиш натижасида газ босими бошланғич p_1 ҳолатга келади, 3-4 изоэнталпия чизиги бўйлаб температураси пасайиб, суюқ фазага ўтади. Газнинг суюлмаган қисми иссиқлик алмашилиш қурилмаси III га ўтиб сиқилган газни совутади. Бу жараёнда «кайтаётган» газ T_1 температурагача p_1 ўзгармас босимда (5-1 изобара) исийди ва компрессор *I* орқали сўриб олинади, цикл қайтарилади.

Суюлтирилган газ миқдори n нинг суюлмаган $n-1$ қисмига нисбати (1 кг сиқилган газ миқдорига тўғри келувчи) *T-S* диаграммада 4-5 ва 0-4 кесмалар нисбати билан аниқланади.

Совитиш коэффиценти куйидаги формула орқали аниқланади:

$$\varepsilon = \frac{i_1 - i_2}{1.69RT_1 \ln \frac{\rho_2}{\rho_1}}$$

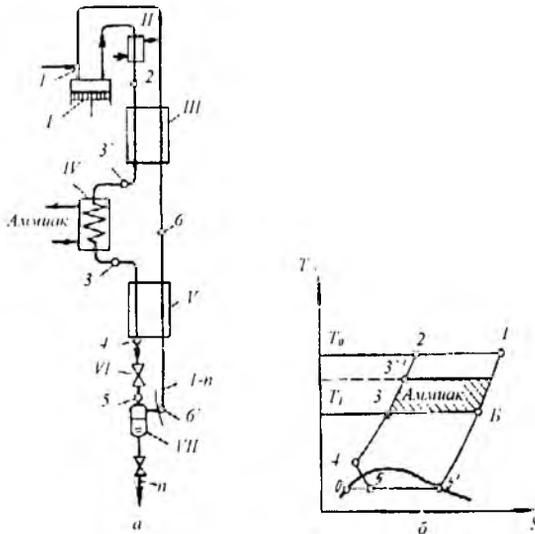
бу ерда, i_1 ва i_2 – 1 ва 2 нукталардаги газнинг энтальпиялари. R – газ доимийси.

Юкори босим бир каррали дросселланиш циклининг совитиш коэффициенти кичик бўлади. Уни кўтариш мақсадида *Линден*нинг такомиллаштирилган циклари ишлаб чиқарилган. Бу циклларда самарадорликни ошириш мақсадида қуйидаги усуллар қўлланилади:

- 1) регенератив иссиқлик алмашилиш қурилмасига киришдан аввал аммиакни сунъий совитиш;
- 2) юкори босимгача сиқилган газни икки карра дросселланиш, газ циркуляциясини кўллаш.

10.14. Бир карра дросселланишли ва аммиакли совитиш цикли

Бу циклни аввалгисидан фарқи (10.11-расм) шундаки, регенератив иссиқлик алмашилиш қурилмаси III бу ерда иккита-бирламчи иссиқлик алмашилиш III ва асосий иссиқлик алмашилиш қурилма V лар билан алмаштирилган (10.12-расм). Улар орасидаги қўшимча совуткич IV ўрнатилган бўлиб, у ерда газ дросселланишдан олдин аммиак томонидан совитилади.



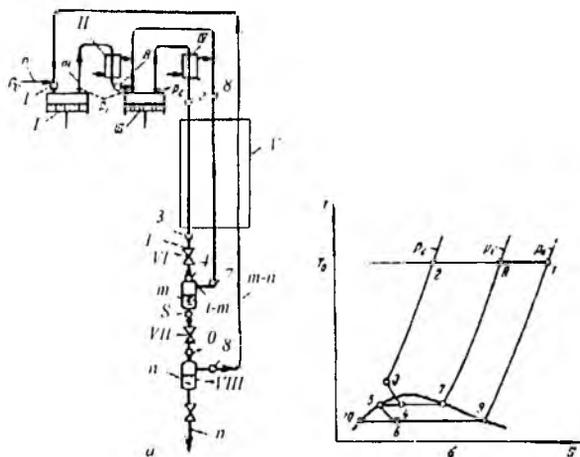
10.12-расм. Бир карра дросселланишли ва қўшимча совитишли регенератив цикл: а - қурилманинг принципал схемаси, б - T-S диаграммадаги жараённинг қўриниши, I - компрессор; II - компрессор совуткичи, III - бирламчи регенератив иссиқлик алмашилиш қурилмаси, IV - компрессор совитиш машинасининг аммиак совиткичи, V - асосий регенератив иссиқлик алмашилиш қурилмаси; VI - дроссель; VII - суюқ маҳсулот йиғичи.

Кўриниб турибдики, газ компрессор I томонидан изотермик жараёнда сиқилади (T-S диаграммадаги 1-2 кесма) ва бирламчи иссиқлик алмашилиш қурилма III да «қайтган» (дросселланишдан кейин) газ ёрдамида совутилади (2-3 кесма). Бундан «қайтган» газ бошланғич T_0 температурагача исийди (6-1 кесма). Шундан сўнг, сиқилган газ аммиак совуткич IV да совийди (3'-3 кесма) ва асосий иссиқлик алмашилиш қурилма V дан ўтиб «қайтган» газ томонидан совутилади (3-4 кесма). Иссиқлик алмашилиш қурилма V да «қайтган» газ исийди (5-6 кесма). Сиқилган газ иссиқлик алмашилиш қурилма V дан сўнг, дроссель VI орқали ўтади ва дросселланиш туфайли (4-5 кесма) қисман суюқланади. Газнинг суюлмаган қисми эса (0-5 кесма), V ва III – иссиқлик алмашилиш қурилмаларда совуқлик

элткич сифатида ишлатилади. Аммиак совитиш машинасидаги газни қўшимча совитилиши дроссель цикли самарадорлигини оширади. Бугланаётган аммиак билан совитиш асосан -20 дан -45°C температурагача амалга оширилади.

10.15. Икки қарра дросселланишли ва газнинг босим остидаги айланишли цикли

Дросселланиш туфайли олинаётган суюклик микдори дросселланишдан олдинги ва кейинги босимлар фарқи p_1-p_2 га тўғри пропорционал. Изотермик сикишдаги сарфланаётган иш эса, босимлар нисбати p_2/p_1 нинг логарифмига пропорционал. Демак, газни 200 дан 50 ат гача ёки 150 дан 1 ат гача дросселланса, бир хил совуклик эффекти олинаши керак. Лекин биринчи ҳолатдаги бажарилган иш $ln200/50$, иккинчи ҳолатда $ln150/1$ га пропорционал бўлади, яъни иккинчи ҳолатда сарфланган иш катта. Агар газ қуйи чегаравий босимгача эмас, балки оралик босимгача дросселланса ҳамда суюкликка айланмаган қисмини юқори босимгача сикишга қайтарилса, газни сикиш учун кетган умумий энергия сарфи тежалди. Бу усул қуйида келтирилган циклда қўлланилган (10.13-расм).



10.13-расм. Икки қарра дросселланишли ва газнинг босим остидаги айланишли цикл:

а - қурилманинг принципал схемаси; б - T-S диаграммадаги жараённинг тасвири; I - паст босимли компрессор, II - паст босимли компрессор совиткичи; III - юқори босим компрессори; IV - юқори босим компрессорининг совиткичи, V - регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмаси; VI, VII - дросселлар; VIII - суюқ маҳсулот йиғинчи.

Компрессор I да газ атмосфера босими p_0 дан оралик босим p_1 гача изотермик сикилади. Компрессор III да эса, p_1 дан p_2 босимгача сикилади. II ва IV совиткичлар T_0 бошланғич температурагача совитилган газ қарама-қарши йўналишли регенератив иссиқлик алмашиниш қурилмасидан ўтади. У ерда дросселланишдан кейинги суюлмаган газ ҳисобига совийди ва дроссель VI дан ўтиб босими p_1 гача пасаяди. Суюлтирилган қисми иссиқлик алмашиниш қурилма V дан ўтиб, ўз совуқлигини юқори босим газига бериб температураси T_0 гача қўтарилади ва компрессор III томонидан яна сўриб олинади.

Газнинг биринчи дросселланишидан кейинги суюқланган қисми дроссель VII орқали ўтиб, босими p_0 гача пасаяди ва бир қисми бугланади. Газнинг бугланган қисми иссиқлик алмашиниш қурилма V га йўналтирилади. У ерда юқори босим газидан иссиқлик олиб, температураси T_0 гача қўтарилади ва компрессор I томонидан яна сўриб олинади.

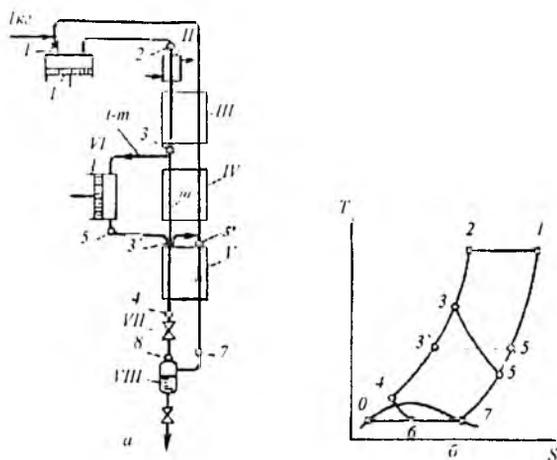
Иккинчи дросселланишда суюқланган газ қурилмадан тайёр маҳсулот сифатида чиқарилади. Унинг ўрнига шунча n микдордаги газ компрессор I томонидан сўрилади.

T - S диаграммада 1-2 чизик аввал p_1 (8-нукта) босимгача, кейин p_2 босимгача (2-нукта) изотермик сиқилишни кўрсатади; 2-3 чизик иссиқлик алмашилини қурилма V даги совитиш жараёни; 3-4 чизик дроссель VI даги биринчи дросселланиш; 7-8 - биринчи дросселланишда суюқланмаган газнинг V – иссиқлик алмашилини қурилмада исиши; 5-6 чизик дроссель VII да иккинчи дросселланиш; 9-1 чизик иккинчи дросселланишда буғланган газнинг иссиқлик алмашилини қурилма V да исиши. Нукта 10 қурилмадан тайёр маҳсулот сифатида чиқарилаётган суюқланган газнинг ҳолатини ифодалайди.

10.16. Дросселланиш ва газни детандерда кенгайтишига асосланган циклар

Агар босимлар фарқи катта бўлса, масалан, газ босими 200 дан 1 ат гача пасайтирилса, Жоуль-Томсон эффекти газ температурасини анча пасайтириш имконини беради. Газни детандерда кенгайтириб, ундан ҳам пастроқ температура олиш мумкин. Лекин газни суюлтириш учун керак бўлган жуда паст температураларни олиш учун, фақат детандерда кенгайтишига асосланган циклар қўлланилмайди. Бунга сабаб, газ суюқланиш температурасига яқин температураларда бўлганда, унинг ҳолати идеал газ ҳолатидан катта фарқ қилади. Газ ҳажми кескин камаяди, натижада кенгайтиш хусусияти ҳам камаяди. Бундан ташқари, суюқланиш бошланишида детандерда гидравлик зарба ҳолати вужудга келади ва совуқлик йўқотилиши ортади. Натижада жуда паст температураларда газни детандерда кенгайтириш самарадорлиги ёмонлашади. Шуларни ҳисобга олган ҳолда, ҳаво ва бошқа газларни суюлтиришда детандерда кенгайтириш фақат маълум даражада, совитиш (суюқлангунча) дросселланиш йўли билан амалга оширилади. Бундай бирлашган циклар газнинг сиқилиш босими бўйича ва детандер конструкцияси (поршенли детандерлар, турбодетандерлар) бўйича фарқланади.

Ўрта босим цикли (Клод цикли). Ўрта босим циклида (10.14-расм) компрессор I да газ $245 \cdot 10^4 \dots 392 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ (25...40 атм) босимгача сиқилиб, совиткич II да сўриш босимигача совийди.



10.14-расм. Бирлашган дросселли ва детандерли регенератив циклар:
 а - қурилманинг принципал схемаси, б - жараённинг T - S диаграммадаги тасвири,
 I - компрессор, II - компрессор совиткичи, III-V - регенератив иссиқлик алмашилини қурилмалар, VI - детандер, VII - дроссель, VIII - суюқ маҳсулот йиғичи.

Сиқилиш жараёни T - S диаграммада 1-2 изотерма чизиги билан тасвирланган. Газ регенератив иссиқлик алмашилини қурилма III да (2-3 изобара бўйича) совийди ва ундан чиқиб, газ икки қисмга бўлинади. Бир қисми регенератив иссиқлик алмашилини қурилма IV да (3-3' изобара бўйича) ва V да (3-4 изобара бўйича) совитишни давом эттиради. Бошқа қисми детандер VI да кенгайтириб (3-5 кесма), ташқини бажарилади. Бу иш компрессор I нинг ўқига узатилади (10.14-расмда детандер ва компрессор шартли равишда бир-бири билан боғланмаган ҳолда

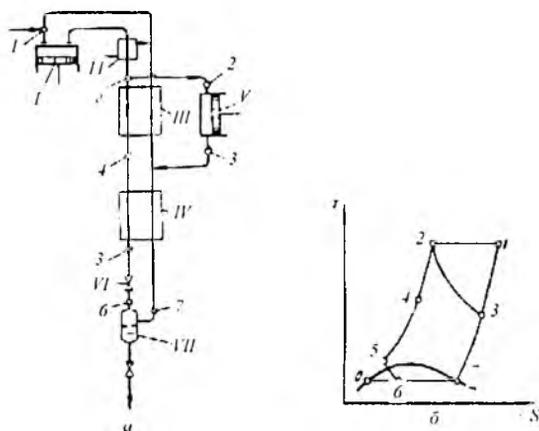
кўрсатилган). Детандердан чиқаётган паст босимли (1 атм атрофида) совук газ кетма-кет IV ва III исиклик алмашилиш қурилмалардан ўтиб, сиқилган газ исиклигини ўзига олади ва бошланғич температурагача исийди (5-1 кесма). Сиқилган ва совуган газ исиклик алмашилиш қурилма V дан чиқиб, дроссель VII да атмосфера босимигача кенгайиб, қисман суюкланади (4-6 кесма). Газнинг суюкланмаган қисми (7-нуқта) сиқилган газни совитиш учун исиклик алмашилиш қурилма V (7-5' изобара бўйича), сўнг детандердан чиққан газ билан аралашиб, биргаликда IV ва III исиклик алмашилиш қурилмалардан ўтади. Буларда бўладиган исик алмашилиш жараёни изобара 5'-1 билан тасвирланган.

Бу циклда детандер жуда паст температураларда ишлайди, чунки унда кенгаётган газ (хаво) тахминан -140°C гача совийди. Шунинг учун детандернинг фойдали иш коэффициентини $-0,6-0,65$ дан ортмайди. Бундан ташқари, юриткични ишлатишда қийинчиликлар пайдо бўлади, чунки бундай шароитларда оддий мойларни қўллаб бўлмайди.

Юкори босим цикли (Гейландт цикли). Бу цикл аввалгисидан унча катта фарк қилмайди. Фақат бу циклда сиқилган газ регенератив исиклик алмашилиш қурилмада совумасдан илгари, юкорирок температурада ишлайди ва фойдали иш коэффициентини ҳам ортади. Лекин бу ҳолатда дросселлаб етарли совуқлик олиш учун газни юкорирок босимгача сиқиш керак (~ 200 ат).

10.15-расмда кўриниб турибдики, газ компрессор I да сиқилгандан сўнг (изотерма 1-2) икки қисмга бўлинади. Бир қисми совитиш учун аввал регенератив исиклик алмашилиш қурилма III (жараён 2-4 изобара бўйича боради) дан сўнг иситкич IV (4-5 чизик) дан ўтади. Газнинг бошқа қисми эса детандер V да кенгайиб (2-3 чизик бўйича), ташки иш бажаради ва бу иш компрессор I нинг ўқиға узатилади.

Сиқилган ва III, IV исиклик алмашилиш қурилмаларида совиган газ дроссель VI да атмосфера босимигача дросселланади (5-6 изоэнтальпия чизиғи бўйлаб) ва қисман эса, совутувчи элткич сифатида аввал исиклик алмашилиш қурилма IV да, сўнг детандердан чиқаётган газ билан аралашиб, исиклик алмашилиш қурилмаси III да сиқилган газдан исиклик олади ва бошланғич температурагача исийди (7-1 изобара бўйлаб).



10.15-расм. Бирлашган дросселли ва детандерли регенерациясиз цикл: а - қурилманинг принципал схемаси, б - жараённинг T-S диаграммадаги тасвири, I - компрессор, II - компрессор совиткичи, III-V - регенератив исиклик алмашилиш қурилмалар, VI - детандер, VII - дроссель, VIII - суюқ маҳсулот йиғиги.

10.16.1. Детандер ва турбодетандерлар

Ҳавони ажратиш жиҳозларида қўлланиладиган машиналар 4 гуруҳға бўлинади:

1. Ҳаво компрессорлари (поршенли ва марказдан қочма) ажратиш блокига зарур босимда ҳаво узатиш учун хизмат қилади.

2. Детандерлар (поршенли ва турбинали-турбодетандерлар) ташки иш бажариб аднабатик кенгайишда ҳаво ва бошқа газларни совитиш учун хизмат қилади; ушбу усул факат паст температуралар техникасида ва ректификация усулида газ аралашмаларини (хусусан, хавони) фракцияларга ажратишда ишлатилади.

3. Суолтирилган газлар насослари суюқ газларни босим остида узатиш учун мўлжалланган.

4. Кислород, азот ва аргон компрессорлари труба қувурлари орқали узатиш ёки баллонларга қўйиш учун газларни сиқишда қўлланилади.

Детандерлар – ташки иш бажариб газнинг кенгайиши жараёнида температурани максимал пасайтириш учун хизмат қилади. Детандернинг самарали ишлаши ҳаво ажратиш жихозининг тежамкорлигини белгилайди.

Буг ва газ юриткичларига ўхшаб детандерлар 2 га бўлинади: поршенли ва турбодетандерли.

Биринчиси – ўрта ва юкори босимда унумдорлиги кичик жихозларда қўлланилади.

Иккинчиси – катта жихозларда паст босимли (0.5...0.6 МПа) газларни кенгайишига асосланган.

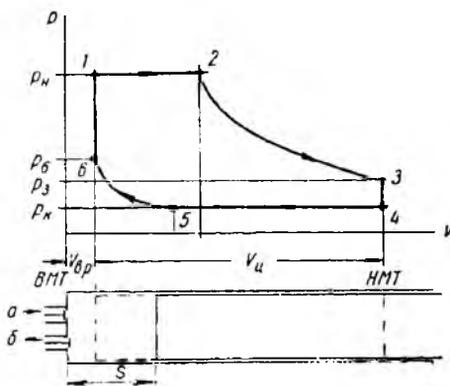
Поршенли детандерлар юкори бошланғич температурадан атроф-мухит температурасигача (Гейландт жараёни) бўлган оралиқда ишлаши мумкин.

Умуман олганда, ишга тушириш даврини ҳисобламаса нисбатан паст температураларда ишлайди.

Детандер бажарган иш электр энергия ишлаб чиқариш учун қўлланилади. Ушбу ходиса хавони сиқиш учун сарфланадиган энергия сарфини 3...4% га камайтириш имконини беради.

Поршенли детандерлар. Газсимон кислороднинг поршенли детандерлари нисбатан кам миқдордаги хавони катта кенгайиш (\leq дан 30 гача) даражаларида совитиш учун мўлжалланган. Ушбу детандер ишлаш принципи цилиндрда кенгайган газ ишини кривошип-шатун механизми орқали машинанинг поғонали ўқиға узатишга асосланган. Поршенли детандерлар вертикал ва горизонтал русумли, хавонинг бошланғич параметрларига қараб юкори ёки ўрта босимли машиналарга бўлинади.

Поршенли детандердаги жараённи индикатор диаграммаси ёрдамида ифодалаш мумкин (10.16-расм). Ушбу расмда детандер цилиндри схемаси ҳам келтирилган. Сиқилган хавони кириши ва кенгайган хавони чиқариш кириш *a* ва чиқиш *b* клапанлари орқали амалга оширилади.



10.16-расм. Поршенли детандернинг назарий индикатор диаграммаси.

Компрессорларда клапанлар автоматик равишда очилиб ёпилади, детандерларда эса клапанлар махсус мосламалар ёрдамида мажбурий равишда ҳаракатга келтирилади. Индикатор диаграмманинг ордината ўқи босимга, яъни поршеннинг бирлик қўндаланг кесим юзасига газ босаётган кучни, абсцисса эса – поршень босган йўлни ифодалайди. Шунинг учун, тегишли масштабда индикатор диаграмма юзаси детандер бир циклда бажарган ишга тенг.

Индикатор диаграммаси ёрдамида детандернинг ишлашини таҳлил қиламиз. Ушбу диаграмма куйидаги идеаллаштирилган шароитлар учун қурилган:

– кириш ва чиқиш клапанлари бир зумда очилади ва ёпилади; клапанлардаги гидравлик қаршиликлар нолга тенг;

– клапанлар зичланмасликлари ва поршень зичланишлари чиқиб кетишлар йўқ;

– кенгайиш ва сиқиш жараёнлари ўзгармас энтропияда кечади: қолган ҳамма жараёнлар адиабатик жараёнда боради.

Детандердаги ишчи жараён 6 та босқичдан таркиб топган:

1-2 жараён (тўлдириши) поршеннинг кириш клапани очик ҳолатда ВМТ дан нукта 2 гача, яъни кириш клапаннинг ёпилиш моментига тегишли ҳолатгача кечади. Нукта 2 газ кириш жараёнини чўрт кесиш нуктаси деб аталади. Кириш йўлидан p_n босимда газ цилиндрга йўналади ва у ерда унинг микдори ортади. Босим p_n ўзгармасдан қолади. Газнинг температураси ҳам ўзгармайди.

2-3 жараён (кенгайиши) клапанларнинг ёпик ҳолатида кечади; цилиндрдаги газнинг микдори ўзгармас. Адиабатик шароитда ва қайта кечаётган кенгайиш жараёнида газнинг ҳажми ортади, температураси эса пасаяди. Кенгайиш $p_3 > p_k$ бўлганда нукта 3 да якунланади. Бу эса ўз навбатида поршень юришини камайтириш имконини беради, лекин бирмунча ишдан йўқотилади.

3-4 жараён (чиқариши) поршень НМТ да бўлганда содир бўлади. Кенгайган газ очик чиқариш клапани орқали чиқади. Бунда, цилиндрдаги газ микдори камаяди ва босими p_k гача камаяди.

4-5 жараён (сиқиб чиқариши) поршеннинг НМТ дан бошлаб қилган ҳаракатида содир бўлади. Ўзгармас босими кенгайган ва совитилган газ цилиндрдан детандер ортидаги труба қувурига ҳайдалади. У ерда ушбу газ цилиндрнинг 3-4 жараёнида чиққан газ билан аралашади. Сиқиб чиқариш жараёни нукта 5 да, яъни чиқиш клапани ёпилган пайтда якунланади.

5-6 жараён (қайта қисмини сиқishi) ушбу жараёнда цилиндрда қолган газ поршеннинг ВМТ га бўлган тесқари ҳаракатида сиқилади. Бунда газнинг босими ва температураси ортади.

6-7 жараён (кириши) ушбу жараён кириш клапани очилганда, нукта 6 да бошланади.

Ҳайдаш йўлидан p_n босимда бир қисм газ чиқади. «Зарарли бўшлиқда» қолган газ p_6 дан p_n босимгача сиқилади. Натижада газнинг умумий температураси кўтарилади.

Ҳақиқий детандерда юқорида келтирилган шароитларнинг ҳаммаси ҳам бажарилмайди.

Детандер ишлашига идеаллашган жараёндан четлашиш, яъни 1 ва 3 бандларнинг бажарилмаслиги, салмоқли таъсир кўрсатади. Замонавий сифатли тайёрланган ва тўғри эксплуатация қилинадиган ҳавони ажратиш қурилмаларининг детандерларида клапан ва поршень зичлагичлари орқали газнинг йўқотилишлари йўқ.

Детандернинг самарали ишлашига таъсир этувчи асосий омиллар. Детандер самарадорлиги адиабатик ф.и.к. қиймати билан баҳоланади. Нормал иш шароитида детандер самарадорлигига таъсир этувчи омилларни кўриб чиқамиз.

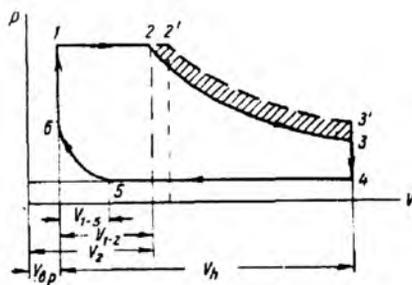
Тўлдириш даражаси. Детандер цилиндрининг газ билан тўлиши поршеннинг нукта 2 га етиши билан белгиланади (10.16-расм). Ушбу моментгача цилиндрга қирган газ ҳажми V_2 .

Тўлдириш даражаси ушбу формуладан аниқланади:

$$\delta_2 = \frac{V_2}{V_h + V_{cp}} \quad (10.21)$$

Газ киришини чўрт кесиш даражаси куйидаги нисбатдан топилади (10.17-расм):

$$\varepsilon_2 = \frac{V_{1-2}}{V_h + V_{cp}} \quad (10.22)$$



10.17-расм. Турли тўлдириш даражасида детандернинг идеаллаштирилган индикатор диаграммаси.

«Зарарли» бўшлик a_{ap} нинг нисбий миқдори ушбу нисбатдан аниқланади:

$$a_{ap} = \frac{V_{ap}}{V_h + V_{ap}} \quad (10.23)$$

Одатда, $a_{ap} = 0,03 \dots 0,05$.

Унда

$$\delta_2 = \frac{V_{1-2}}{V_h + V_{ap}} + \frac{V_{ap}}{V_h + V_{ap}} = \varepsilon_2 + a_{ap} \quad (10.24)$$

Бу ерда

$$V \cdot h = F \cdot S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot S \quad (10.25)$$

Детандер цилиндрининг тўлдириш даражаси оширилса, қайта ишланаётган ҳаво миқдори кўпаяди. Қайта ишланиётган ҳаво миқдорининг ортиши, 2-3 жараёндаги таркалаётган иссиқлик туфайли солиштирма йўқотилишлар камайишига олиб келади. Шу билан бирга цилиндр орқали ўтаётган ҳаво миқдори кўпаяди. Натижада, совитиш эффекти ортади.

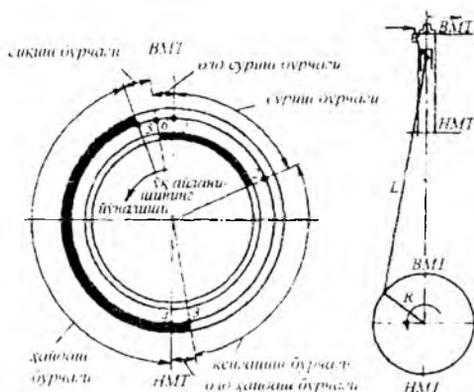
Детандергача бўлган босим ва қарши босим. Газнинг детандердан чиқишдаги босим p_k қарши босим деб аталади. p_k қарши босим ҳамда p_n босим кийматларининг ўзгариши детандер ишчи кўрсаткичларига салмоқли таъсир этади. Агар, p_n босим киймати канчалик юқори бўлса, шунчалик босим пасайиш даражаси p_n/p_k нинг киймати катта бўлади. Шу сабабли, детандерга киргунча босимнинг канчалик юқори бўлса, қурилманинг совитиш эффекти шунчалик катта бўлади. Босим p_n нинг ортиши индикатор диаграммаси юзаси (яъни детандер бажараётган иш) нинг ўсишига олиб келади. Маълумки, p_n нинг кўпайиши билан қайта ишланаётган ҳаво миқдори ортади.

Қарши босим p_k камайиши ҳам босим (нисбат p_n/p_k) пасайиш даражасининг ўсишига олиб келади, оқибатда детандердан чиқаётган газ температураси пасаяди. Шундай қилиб, ушбу турдаги қурилмаларни эксплуатация қилганда детандерда чиқишдаги босим имкон доирасида минимал бўлишига интилиш керак. Ушбу ҳолат детандердан чиқиш (бошка бир хил шароитларда) да нисбатан паст температура олиш мумкин. Шу билан бирга шуни таъкидлаш керакки, ушбу ҳолатда детандернинг ф.и.к. бирмунча пастроқ бўлади.

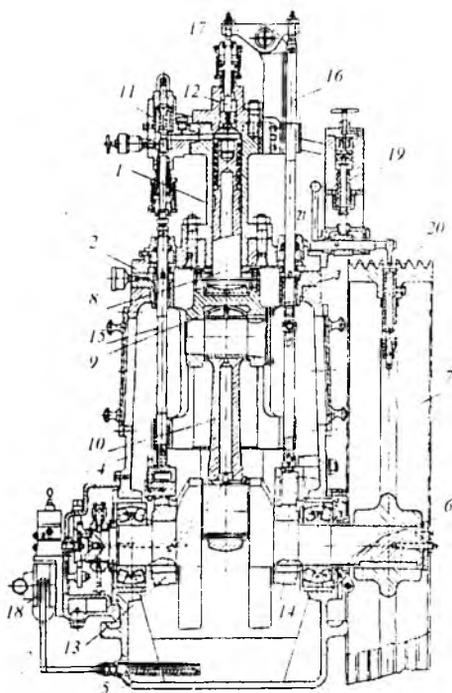
Детандердан чиқишда босим канчалик юқори бўлса, энг фойдали тўлдириш даражаси шунчалик катта бўлади. Бундай ҳолат p_k нинг юқори кийматларида зарур кенгайиш даражаси кичиклиги билан белгиланади (10.17-расм).

Таксимлаш фазалари. Детандернинг иш кўрсаткичларига юқорида келтирилган кириш ва чиқиш босимларидан ташқари, клапанларни очиш ва ёпиш онлари ўрнатиш билан боғлиқ параметрлар ҳам таъсир этади. Ҳар бир фазанинг таксимланиш вақтини поршень ҳолати билан эмас, балки унга тегишли кривошип бурилиш бурчаги билан боғлаш амалий

жиҳатдан қулайдир (10.18-расм). Айланиш диаграммасидаги нуқталар тартиб рақамлари 10.16-расмдаги нуқталарга мос келади. Диаграммадаги иккита концентрик айланалар кириш ва чиқиш клапанлар ҳолатини ифодалайди.



10.18-расм. Детандер фазалар тақсимланishiнинг айланали диаграммаси.



10.19-расм. Юқори босимли детандер қирқими: 1-цилиндр, 2-таянч, 3-оралик плита, 4-ўрта қобик, 5-қартер, 6-поғонали ўқ, 7-маховик, 8-поршень, 9-ползун, 10-шатун, 11-сўриш клапани, 12-хайдаш клапани, 13,14-мураккаб шакли кулачок, 15,16-шток-турткич, 17-қоромисло, 18-шестерняли насос, 19-автоматик ўчирини клапани, 20-марказдан қочма ўчирини ричаги, 21-фавкулдада тормозлаш ричаги.

бармоғи шатун 10 орқали поғонали ўқ 6 билан уланган. Сўриш клапани 11 цилиндр блокнинг ён томонида, хайдаш клапани 12 эса цилиндр копоғида жойлашган. Иккала клапанлар поғонали ўқ 6 да ўрнатилган шток-турткич 15 ва 16 орқали мураккаб шакли кулачок 13 ва 14 лар ёрдамида ҳаракатга келтирилади. Сўриш клапани турткич билан

Ҳар бир ҳалқанинг қорайтирилган қисмлари клапаннинг очик ҳолатига тўғри келади.

Қурилманинг тўлдириш даражасини ўзгартириб, детандер ишлаш жараёнини ростлаш мумкин ва ушбу усулдан жуда кўп фойдаланилади. Газнинг кириш бурчагини детандернинг ишлаб турган ҳолатида махсус ростлагичлар ёрдамида амалга оширилади. Детандерни эксплуатация қилиш даврида уни ростлаш босимни ўзгартириш йўли билан ҳам бажарилиши мумкин. Лекин детандер поғонали (коленвал) ўқнинг айланишлар сонини ростлаш энг самарали усул, чунки бунда фақат унумдорлик ўзгаради ва бошқа кўрсаткичлар умуман олганда сакланиб қолади.

Поршенли детандерлар конструкциялари. Юқори босимли вертикал детандернинг қирқими 10.19-расмда келтирилган.

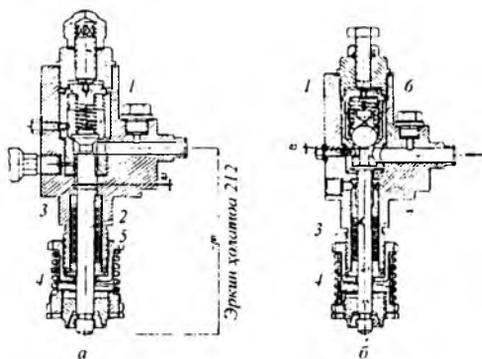
Детандернинг цилиндри 1 таянч 2 га маҳкамланади ва у оралик плита 3 орқали ўрта қобик 4 билан боғланган бўлиб қартер 5 га жойланган. Поғонали ўқ 6 маховик 7 билан икки каторли ролликли подшипникларда қартерга ўрнатилган. Поршень 8 ползун 9 билан бирлаштирилган бўлиб, у ўрта қобикнинг бир қисми бўлган йўналтирувчиларда ҳаракатланади. Ползун 9 нинг

бевосита, хайдаш клапани эса коромисло 17 оркали бирлаштирилган. Детандернинг кривошип-шатун механизмини мойлаш шестерняли насос 18 ёрдамида амалга оширилади. Детандер бузулмаслиги учун автоматик ўчириш клапани 19, марказдан қочма ўчиргич 20 ва фавкуллда тормозлаш ричаглари 21 лар хизмат қилади. Детандер тўхтатилганда клапандан сикилган ҳавони чиқариш учун махсус винт мўлжалланган.

Детандернинг клапан ва турткичлари орасидаги тиркиш микдори тахминан 0,3 мм ли, сўриш клапани «қиркимли» қилиб тайёрланади (90-расм). Ушбу конструкция клапанни эгарга тўғри ўтиришини таъминлайди. Клапаннинг эгарга аниқ ўтириши пулат пружина ёрдамида ростланади. Клапаннинг «қиркимли» конструкцияли қилиб ясалганда сакловчи клапанга ҳожат қолмайди, чунки цилиндрда босим 22 МПа дан ошиб кетса, сикилган ҳаво детандернинг сўриш йўлига ўтказиб юборилади. Клапан ва турткичларнинг йўналтирувчи втулкалари бронзадан, ҳалка шаклидаги сальник зичлагичлари эса Б-16 маркали баббитдан ясалади.

Ушбу турдаги клапанларнинг камчилиги: конуссимон юзанинг нисбатан тез едирилиши.

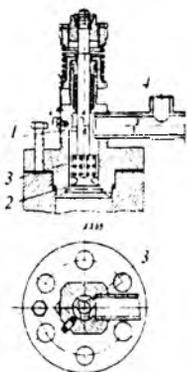
10.20б-расмда кўрсатилган конструкцияда конус ўрнига подшипник шарик қўлланилган. Шариксимон клапан ҳеч қандай едирилишсиз 1200 соатгача узлуксиз ишлай олади ва таъмирланиши осон.



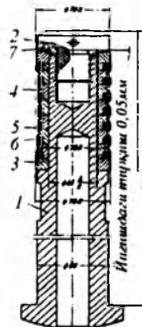
10.20-расм. Детандер сўриш клапанларининг конструкциялари:

- а - конуссимон зичлагичли, б - шариксимон зичлагичли,
1- клапан қобиғи, 2- турткич, 3-стержень,
4- пружина, 5- сальник, 6-шарик.

Ҳайдаш йўлидаги клапан диаметри сўриш йўлидагига қараганда анча катта бўлади (10.21-расм).



10.21-расм. Детандернинг ҳайдаш йўлидаги клапан: 1- клапан қобиғи; 2- клапан; 3- йўналтирувчи қирралар, 4- сакловчи мембрана штуцери



10.22-расм. Детандер поршени: 1- поршень; 2-қаллак; 3-таянч ҳалка; 4-оралик ҳалка, 5- зичловчи ҳалка, 6-пружинасимон ҳалка; 7- беркитувчи шайба

Клапанга маҳкамланган бронзали йўналтирувчи кирралар уни эгарга аниқ ўтиришини таъминлайди. Клапан ортида сакловчи мембрана ўрнатилган бўлиб, босимнинг микдори 1,2 МПа дан ошганда у йиртилади.

Детандер поршени йиғма килиб ясалади (10.22-расм). Поршеннинг зичланиши кўшалок поршень халқаларининг еттига комплекти ёрдамида амалга оширилади. Комплектнинг ҳар бири битта оралик халқа, битта пружинасимон ва иккита яхлит чўяндан ясалган зичловчи халқалардан таркиб топган. Зичловчи халқалар цилиндр диаметрига мос равишда тайёрланади. Кўшалок поршень халқаларининг афзалликлари: поршеннинг нисбатан кичик участкасида кўп микдорда халқалар ўрнатиш мумкин; бирлашиш жойидан газ фазанинг чиқиши ва йўкотилишлари жуда кам.

Детандер жуда паст температураларгача совиши жараёнида поршень ўлчамлари камаяди. Бунинг оқибатида, резьбада ҳосил бўладиган кучланишларни камайтириш мақсадида, детандерни йиғиш пайтида каллак ва мисли шайба орасида 0,05 мм ли тиркиш колдирилади.

Турбодетандерлар – сикилган газ оқимининг энергиясининг бир қисмини детандер ўқидан олиб ишга айлантирувчи машиналардир. Шуни алоҳида таъкидлаш керакки, бунда энгальпия пасаяди ва кенгаювчи газ совийди. Турбодетандерларда ушбу айланиш йўналтирувчи қурилма ва ишчи ғилдиракда рўй беради.

Газ оқими энергиясини ишга айланиш усулига қараб турбодетандерлар 2 хил бўлади: актив ва реактив ёки актив-реактив. Иккала турдаги турбодетандерлар радиал бўлиб, оқим четдан марказга қараб йўналтирилади.

10.23-расмда актив типдаги турбодетандернинг схемаси келтирилган. Расмда йўналтирувчи қурилма ва ишчи ғилдирак куракчалари орасидаги каналлардан газ ўтганда босимнинг ўзгариши ҳам тасвирланган.

Бошланғич босими p_1 бўлган газ йўналтирувчи қурилма соплolari орқали ўтиб охириги босим p_2 га тенг босим p_m гача адиабатик кенгаяди. Ушбу даврда абсолют тезлик ортади ва соплодан чиқишда критик тезликдан юқори бўлади. Йўналтирувчи қурилма каналларига Лаваль соплосининг шакли берилади. Детандернинг ишлаши даврида ҳаво ва азотнинг критик тезликлари тахминан 180...200 м/с бўлади.

Ишчи ғилдирак каналларининг қўндаланг кесими ўзгармасдир. Каналларда бурилиши натижасида куракчалар юзасига газ оқимчалари босади. Ушбу кучланиш таъсири оқибатида ишчи ғилдирак айланади.

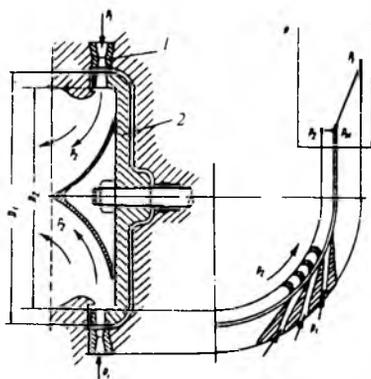
Йўналтирувчи қурилмадан чиқаётган газнинг кинетик энергияси ўзгармас босимда ишчи ғилдиракларда механик ишга айланади. p_2 га босимгача кенгайтирилган ва совутилган газ турбодетандернинг ҳайдаш патрубкasi орқали чиқарилади. Ишчи ғилдиракнинг айланиш энергияси редуктор орқали мотор-генераторга узатилади.

10.24-расмда актив-реактив типдаги турбодетандернинг схемаси келтирилган. Газнинг кенгайиши ва босимнинг p_1 дан p_2 гача пасайиши йўналтирувчи қурилма 1 ва ишчи ғилдирак 2 да содир бўлади.

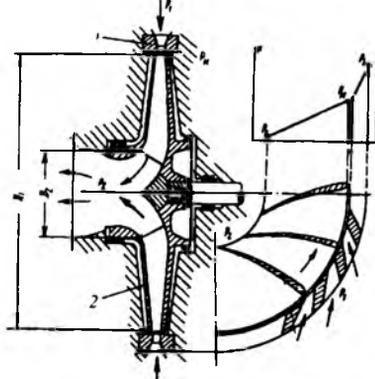
Абсолют тезлик эса актив детандердагига ўхшаб, йўналтирувчи қурилмада ортади ва ишчи ғилдирак каналларида камаяди. Лекин унинг максимал киймати критик тезликдан кам бўлади. Босимлар фарқи $\Delta p = p_1 - p_2$ мавжудлиги ва уни ишчи ғилдирак куракчалари орасида оқимча тезлигига айланиб куракчаларга нисбатан тезланиш билан ҳаракатланади. Бунинг оқибатида оқимча реакцияси пайдо бўлади ва роторда қўшимча айланма кучланиш ҳосил қилади. Иш нафақат йўналтирувчи қурилмадан катта тезликда чиқаётган газнинг йўналиши ўзгарганда, балки куракчаларо каналлардан оқиб чиқаётган оқимчалар реакцияси таъсирдан ҳам бажарилади. Шунинг учун реактив турбодетандерларда $D_2/D_1 \approx 0,3 \dots 0,4$.

Актив ва реактив турбодетандерларда газ тезликларининг ўзгариш характери 10.25-расмда тасвирланган. Газнинг абсолют тезлиги c ишчи ғилдиракка киришдаги тезлиги йўналтирувчи қурилмадан чиқишдагига қараганда анча кичикдир. Расмдаги тезликлар графикадан кўриниб турибдики, актив турбодетандер учун ушбу кўрсаткич актив-реактивниқига қараганда анча катта.

Ушбу расмда йўналтирувчи қурилма ва ишчи ғилдиракдан ўтаётган газ температурасининг ўзгариши ҳам келтирилган. Чизиклар – машина турли қисмларида оқимнинг ҳақиқий (термодинамик) температурасини, штрих чизиклар эса тормозланиш температурасини ифодалайди. Графикдан кўришиб турибдики, ишчи ғилдиракдан чиқишда ҳам актив, ҳам актив-реактив турбодетандерларда тормозланиш температураси термодинамик температурадан бирмунча юқори, чунки бундай ҳол c_2 нинг қиймати билан белгиланади. Актив турбодетандерларда йўналтирувчи қурилма ва роторлар температураси газнинг температурасидан анча юқори. Шу сабабли, газни совитишда ажралиб чиқаётган углеводород диоксидининг қаттиқ ёки муз заррачалари қурилма деворларида ўтириб қоламайди.



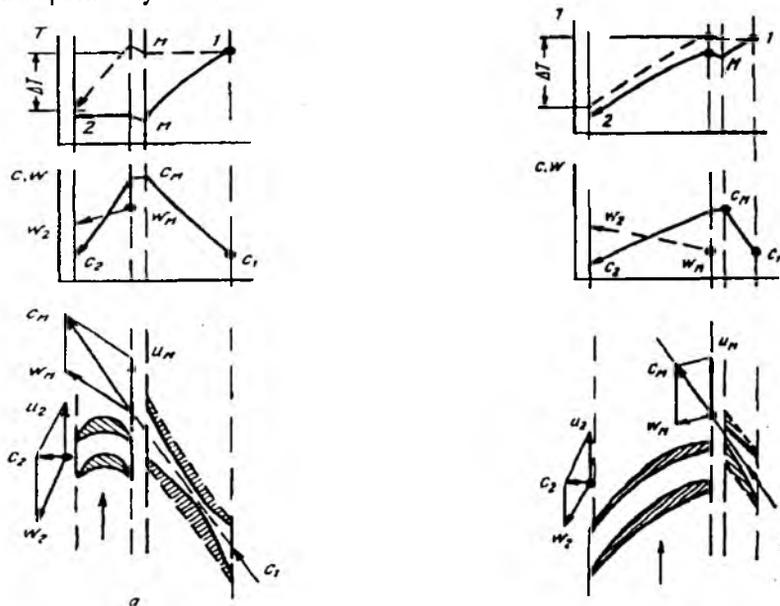
10.23-расм. Актив типдаги турбодетандер:
1- йўналтирувчи қурилма. 2- ишчи ғилдирак.



10.24-расм. Актив-реактив типдаги турбодетандер схемаси:
1- йўналтирувчи қурилма, 2- ишчи ғилдирак.

Актив ва реактив турбодетандерлар бир-биридан йўналтирувчи қурилма ва ишчи ғилдиракларнинг конструкциялари билан фарқланади.

Актив ва реактив турбодетандерларнинг самарадорлиги йўқотилиш қийматларининг йиғиндиси билан белгиланади. Йўқотилишларни шартли равишда 2 га, яъни *ички* ва *ташқи*ларга ажратиш мумкин.



10.25-расм. Турбодетандерда газнинг тегилиги ва температурасининг ўзгариши:
а-актив турбодетандер, б-актив-реактив турбодетандер

Ички йўқотилишлар – бу машинадаги газ энтальпиясини ўзгартирмайдиган (подшипник, редукторларда механик ва тормоз генераторидаги электромеханик) йўқотилишлар.

Ташки йўқотилишлар – бу машинадаги газ энтальпиясининг ўсишига олиб келадиган йўқотилишлар. Ушбу йўқотилишлар 4 гуруҳга бўлинади: гидравлик; ротор дискларининг ишқаланиши туфайли; тирқишли; атроф-муҳитдан иссиқлик келиши туфайли.

Гидравлик йўқотилишлар – газ абсолют тезлигининг йўналиши ва катталиги билан боғлиқ. Йўналтирувчи қурилма ва ишчи ғилдирак куракчаларининг орасидан ҳаракатланганда деворларга ишқаланиш туфайли кинетик энергиянинг бир қисми йўқотилади. Каналларда ҳаракат вақтида ва ишчи ғилдиракдан чиқишда тезлик йўналишининг ўзгариши ҳам кинетик энергиянинг йўқотилишлари содир бўлади. Реактив турбодетандердаги гидравлик йўқотилишлар актив машинаникига караганда 25...35% га камрок.

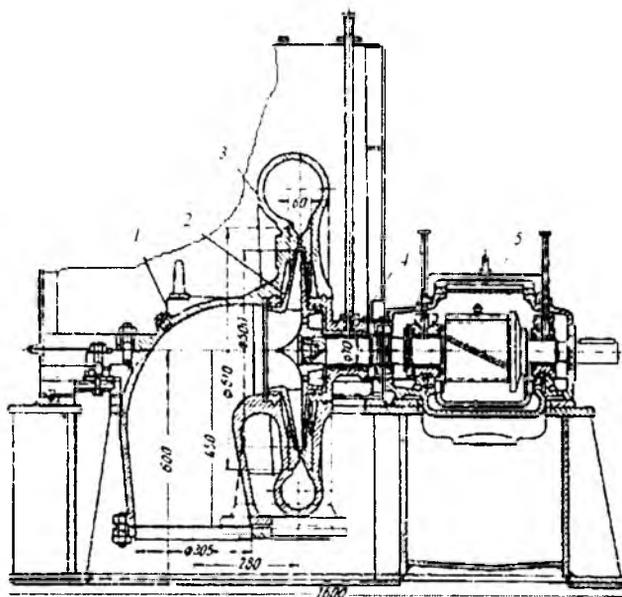
Механик йўқотилишлар – газнинг турбина ишчи ғилдирак дискларининг юзасига ишқаланиши туфайли пайдо бўлади. Газнинг зичлиги буғниқига караганда анча катта бўлгани учун турбодетандерларда механик йўқотилишлар салмоқли бўлади.

Тирқишли йўқотилишлар – бу йўқотилишлар газнинг ишчи ғилдирак ва йўналтирувчи қурилма орасидаги бўшлиқдан чиқариш патрубкасига ўтиш туфайли рўй беради. Ушбу йўқотилишларни лабиринт зичлагичлари ва ундаги тирқишларни камайтириб эришилади.

Атроф-муҳитдан иссиқлик келиши туфайли йўқотилишлар – нисбатан катта эмас, агар замонавий турбодетандерлар иссиқлик копламасини инобатга олсак, бу йўқотилишларни ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

Турбодетандер конструкциялари

Паст босимли кислород ажратиш блоки учун мўлжалланган реактив турбодетандер 10.26-расмда тасвирланган. Ушбу машина унумдорлиги $V=15000 \text{ м}^3/\text{соат}$; газнинг киришдаги босими $p=0.58 \text{ МПа}$; ишчи ғилдирак айланиш тезлиги $n=5500 \text{ айл/мин}$; адиабатик ф.и.к. $\eta=0,8...0,82$.

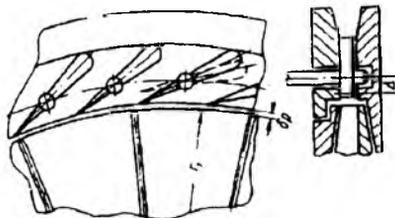


10.26-расм. ТРД-14 русумли реактив турбодетандер:

- 1 - кобик, 2 - ишчи ғилдирак, 3-йўналтирувчи қурилма,
- 4 - лабиринтли втулка, 5 - редуктор.

Машина қобиғи ЛК-80-3Л русумли латундан, ишчи ғилдирак эса АК-6 қотишмадан ясалган. Ҳаво спиралсимон патрубкка оркали машинага сўриб олинади. Машина қуввати редуктор ва эластик узатма оркали генератор режимида ишлаётган асинхрон электр юриткичга узатилади.

Охирги йилларда мукаммал ростлаш усулларга эга турбодетандерлар яратилган. Улардан бири – йўналтирувчи қурилма энини ўзгартириб ростлаш. Бу усулнинг энг содда йўли – йўналтирувчи қурилмани алмаштиришдир, яъни ёзда энли куракчалар, кишда эса энсиз куракчалар ўрнатиш лозим. Иккинчи усул – йўналтирувчи қурилма куракчаларини буриш оркали ростлаш (10.27-расм). Ушбу усул ф.и.к. сезиларли даражада пасайтирмасдан машина унумдорлигини ўзгартириш имконини беради.



10.27-расм. Буралувчи куракчали йўналтирувчи қурилма.

Турбодетандерлар эксплуатацияси. Паст босимли турбодетандерлар эксплуатацияда жуда содда ва ишончли. Бундай кўрсаткичлар турбодетандер конструкциясининг соддалиги, поршенли машиналарга хос илгарилама-кайтма ҳаракатланувчи қисмлар, клапанлар ва бошқа бўлақлар йўқлиги билан белгиланади.

Актив турбодетандерлар ишчи ғилдирагига суюқ ҳаво тушиши ман этилади, чунки бунда машинанинг температура режими бузилади. Реактив машиналарда суюқ ҳавонинг тушиши катта тебраниш олиб келмайди ва сезиларли хавф туғдирмайди. Углерод диоксида ва муз заррачаларининг ажралиб чиқиши активга караганда, реактив турбиналар учун хавфли. Қаттиқ заррачаларга нафақат марказга йўналтирувчи газ оқими, балки уларни четга ва ишчи ғилдирак ҳамда йўналтирувчи қурилма орасидаги тирқишга улоқтирувчи инерция кучлари ҳам таъсир этади. Натижада, куракчилар эрозияси туфайли ажралиб чиққан металл майда дисперс чанг билан бирга каттиқ заррачалар каналларда циркуляция қилиб едирилишга олиб келади. Бундай ҳолларда, турбодетандерни иситиш учун мотор-генератор ўчирилган ҳолатда қисқа муддатга газнинг кириш ва чиқиш патрубккалари ёпилади. Газни аралаштириш натижасида кизийди ва оқибатда ротор каналлари тозаланади.

10.17. Паст босим цикли (Капица цикли)

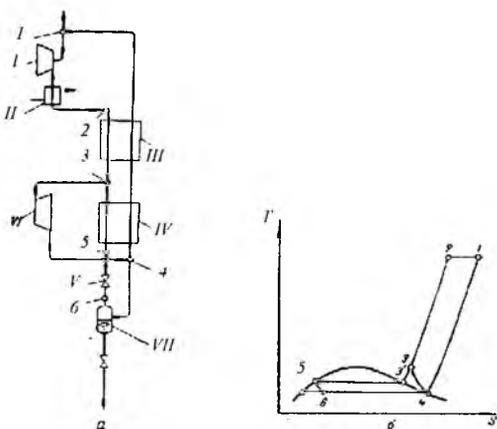
Детандерда газни кенгайтириш самарадорлигини оширишнинг бошқа усули – бу поршенли машиналар ўрнига турбомашиналарни қўллаш.

Академик П.Л. Капица томонидан паст температураларда юкори фойдали иш коэффициентга эга бўла оладиган ($\eta_{\text{дем}}=0,8$) бир боскичли турбодетандер кашф этилди. Бу турбодетандерни ишлатиб, 6 атм дан ошмайдиган босимда газни (ҳавони) суюлтириш имкони яратилди. Циклда фақат турбомашиналарни ишлатиб, битта агрегатда жуда катта унумдорликларни олиш мумкин.

Паст босим циклда газ турбокомпрессор I томонидан (изотерма 1-2 бўйлаб) тахминан $59 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ (6 атм) гача сикилади, сўнг шу босимда регенератор III да совутилади (10.28-расм).

Газ иссиқлик алмашилиш қурилмасидан чиқиб икки қисмга бўлинади. Камрок қисми регенератор 4 га кириб, пастрок температурагача совийди ва суюқликка айланади (совиш ва

суюкланиш жараёнлари 3-3'-5 чизиклари билан тасвирланган). Суюкланган газ дроссель 5 оркали ўтиб бошлангич босимгача дросселланади (кесма 5-6).



10.28-расм. Бирлашган дроссель ва детандерли паст босим цикллари:
 а - қурилманинг принципал схемаси; б - жараённинг T-S диаграммадаги тасвири,
 1 - турбокомпрессор, 2 - турбокомпрессор совуткичи, 3,4 - регенераторлар;
 5 - дроссель; 6 - турбодетандер; 7 - суюк маҳсулот йиғичи.

Газнинг кўп қисми турбодетандер 4 да кенгайиб (кесма 3-4), ташки иш бажаради. Турбодетандердан чиқаётган совук газ дросселланишида буғланган газ билан (нукта 4) аралашиб, кетма-кет IV ва III иссиқлик алмашиниш қурилмаларидан ўтади. У ерда сикилган газ иссиқлигини ўзига олиб, бошлангич температурагача исийди (4-1 изобара чизиги).

10.18. Чуқур совитиш циклларини солиштириш

Юқорида чуқур совитиш циклларининг асосий турлари кўриб ўтилди. Бу циклларнинг энергетик кўрсаткичларини солиштириш учун у ёки бу газни суюлтиришнинг аниқ ҳолатини кўриб чиқиш керак. Ҳозирги пайтда суюк кислород ва ҳаво олиш учун нисбатан иқтисодий жиҳатдан самарадор цикл деб юқори босим цикли (Гейландт цикли) ҳисобланади. Шунинг учун суюк кислород олиш учун поршень детандерли, юқори босим қурилмалари ($p = 19,62 \text{ Н/м}^2$ ёки 200 атм.) кўпроқ қўлланилади. Улардаги солиштирма энергия сарфи 1,2...1,4 кВт·соат/кг ни ташкил этади.

Йирик қурилмаларда циклнинг иқтисодий самарадорлигини ошириш учун сунъий аммиак совитишли циклларни қўллаш мақсадга мувофиқ.

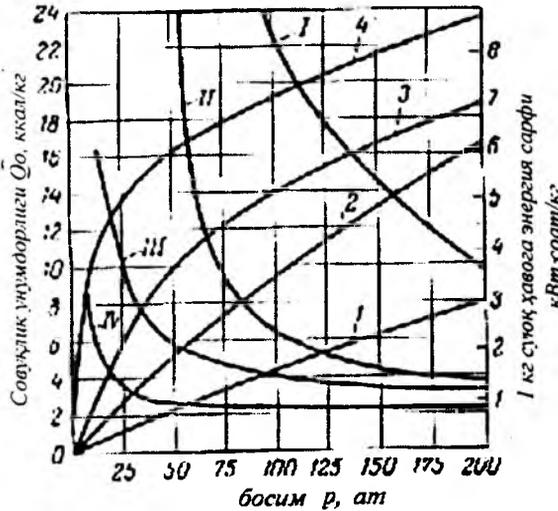
Паст босим қурилмалари (Капица цикли) самарадорлиги камрок бўлгани билан, юқори босим қурилмаларидан фарқли равишда ҳавони углерод икки оксиддан тозалашни талаб қилмайди ва таркибиди мой бўлмаган суюк кислород олиш имконини беради, Шу билан бирга регенераторлар ёрдамида тоза маҳсулот олиш имкони йўқ. Шунинг учун олинadиган кислород асосан технологик мақсадларда ишлатилади.

10.29-расмда суюк ҳаво олишда ишлатилadиган асосий совитиш циклларининг солиштирма характеристикалари келтирилган.

Юқори унумдорлик қурилмаларда газсимон кислород ва азот олиш учун икки қарра дросселланишли ва аммиак совитишли ҳамда детандерли ўрта босим (Клод цикли) цикллари кенг қўлланилади. Уларда энергия сарфи тахминан 0,7...0,8 кВт·соат/м³ кислородни ташкил этади. Унумдорлиги 100 м³/соат кислороддан ортмайdиган қурилмаларда нисбатан энергия сарфи юқори бўлишига қарамай, мураккаб бўлмаган қурилма ва ишлатишга осон бўлган бир қарра дросселланишли цикл қўлланилади.

Графиклар ёрдамида 1 кг суюқ хаво олиш учун керак бўлган совуқлик унумдорлиги ва энергия сарфини аниқлаш мумкин. Кўрилатган ҳамма циклларда газнинг детандердаги кенгайиш босим $59 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ (6 атм); хаволи компрессорнинг изотермик фойдали иш коэффициенти $\eta_{из}=0,59$; детандернинг фойдали иш коэффициенти $\eta_{дет}=0,65$ бўлган ҳолатлар учун олинган.

Расмдан кўришиб турибдики, олинаётган совуқлик ва энергетик сарфлар бўйича энг самарадор цикл – детандерли ва аммиак совитишли цикллардир. Бир хил шароитларда ҳавони



10.29-расм. Суюқ хаво олишда ишлатиладиган асосий совитиш циклларининг солиштирма характеристикалари:

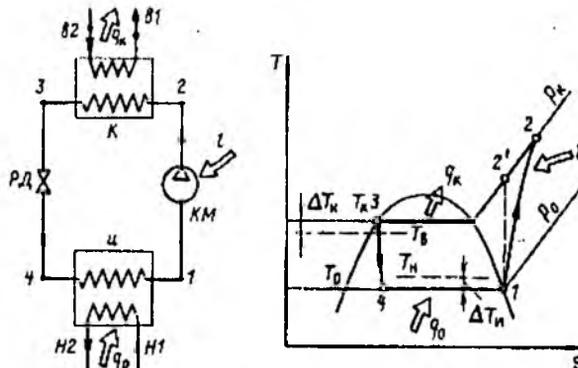
бир қарра дросселланишли цикл: 1 - Q_0 , I - N, бир қарра дросселланишли ва аммиак совитишли цикл, 2 - Q_0 , II - N, газни детандерда кенгайишли цикл, 3 - Q_0 , III - N, газни детандерда кенгайишли ва аммиак совитишли цикл, 4 - Q_0 , IV - N.

сиқиш босими ортган сари, циклларнинг иқтисодий самарадорлиги ҳам ортади.

10.19. Совитиш жараёни ва машиналарини ҳисоблаш

10.1-мисол Қуйидаги шартлар учун бир босқичли аммиак компрессор совитиш қурилмасининг схемаси ҳисоблансин: совитиш унумдорлиги $Q_0=17,45 \text{ кВт}$; совуқлик элткичининг буғлаткичга кириш ва чиқишдаги температуралари $t_{H1}=-15^\circ\text{C}$, $t_{H2}=-22^\circ\text{C}$;

Совутувчи сувнинг конденсаторга кириш ва чиқишдаги температураси $t_{B2}=+20^\circ\text{C}$, $t_{B1}=25^\circ\text{C}$. Қурилма оралик совуткичсиз ишлайди. Қурилма схемаси 10.30-расмда берилган.



10.30-расм. Буғ ва суюқлик компрессор совитиш қурилмасининг схемаси ва жараёнинг T-S диаграммадаги тасвири.

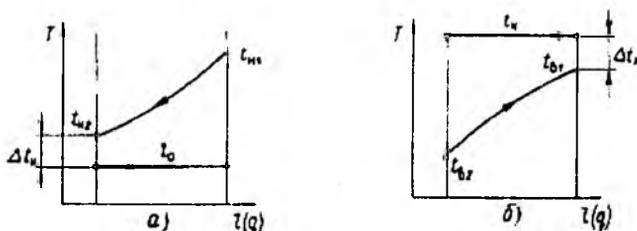
Ҳисоблаш ишларидан схеманинг характерли нукталарининг параметрлари, қурилмаларнинг иссиқлик юқламалари, компрессор қуввати, қурилманинг совитиш коэффициентлари ва эксергетик фойдали иш коэффициентлари аниқлаштирилади.

Буглаткичдаги температуралар минимал фарқини $\Delta t_n = t_{n2} - t_{n1} = 3^\circ\text{C}$ деб қабул қилиб, ҳисобий қайнаш температурасини аниқлаймиз (10.31-расм).

Конденсатордаги температуралар минимал фарқини $\Delta t_k = t_k - t_{B1} = 5^\circ\text{C}$ деб қабул қилиб, ҳисобий конденсация температурасини аниқлаймиз:

$$t_k = t_{B1} + \Delta t_k = 25 + 5 = 30^\circ\text{C}$$

Аммиакнинг $T-S$ – диаграммаси ёки термодинамик жадваллардан ишчи элткичнинг қуйидаги характерли нукталардаги параметрларини топаемиз:



10.31-расм. Оқимлар температурасининг ўзгариш графиклари
а) буглаткичдаги; б) конденсатордаги

$$t_0 = t_{n1} + \Delta t_n = -25 - 5 = -30^\circ\text{C}$$

1-нукта $t_1 = t_0 = -25^\circ\text{C}$; $p_1 = 0,5 \text{ МПа}$; $i_1 = 1652 \text{ КЖ/кг}$; $V = 0,78 \text{ м}^3/\text{кг}$.

2-нукта $t'_2 = 126^\circ\text{C}$; $p_2 = 1,2 \text{ МПа}$; $i'_2 = 1960 \text{ КЖ/кг}$;

3-нукта $t_3 = 30^\circ\text{C}$; $p_3 = 1,2 \text{ МПа}$; $i_3 = 562 \text{ КЖ/кг}$;

4-нукта $t_4 = -25^\circ\text{C}$; $p_4 = 0,15 \text{ МПа}$; $i_4 = 562 \text{ КЖ/кг}$;

Буглаткичнинг нисбий иссиқлик юқламаси:

$$q_0 = i_1 - i_4 = 1652 - 562 = 1090 \text{ КЖ/кг}$$

Аммиакнинг массавий сарфи:

$$G = 17,45 / 1090 = 0,016 \text{ кг/с}$$

Компрессорнинг электромеханик ва ички фойдали иш коэффициентларини мос равишда $\eta_{ам} = 0,9$ ва $\eta_i = 0,8$ деб қабул қилиб, совуtuvчи элткичнинг компрессордан чиқишдаги энгальпиясини аниқлаймиз:

$$i_2 = i_1 + \frac{l_a}{\eta_i} = i_1 + \frac{(i'_2 - i_1)}{\eta_i} = 1652 + \frac{1960 - 1652}{0,8} = 2040 \frac{\text{КЖ}}{\text{кг}}$$

Компрессорнинг нисбий ички иши:

$$l_B = i_2 - i_1 = 2040 - 1652 = 388 \text{ КЖ/кг}$$

Конденсаторнинг нисбий иссиқлик юқламаси:

$$q_k = i_2 - i_3 = 2040 - 562 = 1478 \text{ КЖ/кг}$$

Қурилма балансини текшираемиз:

$$q_k = l_B + q_0 = 388 + 1090 = 1478 \text{ КЖ/кг}$$

Компрессорнинг хажмий унумдорлиги:

$$V_0 = G \cdot v_1 = 57,7 \cdot 0,78 = 45 \text{ м}^3/\text{соат} = 0,0125 \text{ м}^3/\text{с}$$

Конденсаторнинг иссиқлик юкламаси:

$$Q_k = 0,016 \cdot 1478 = 23,7 \text{ кЖ/с}$$

Компрессорнинг нисбий иши:

$$l_k = \frac{l_B}{\eta_{\text{м}}} = \frac{388}{0,9} = 432 \text{ кЖ/кг}$$

Олинган совуқлик бирлигига тўғри келувчи электр энергиянинг нисбий сарфи:

$$\mathcal{E}_x = \frac{l_k}{q_0} = \frac{l_0}{\eta_1 \eta_{\text{м}} q_0} = \frac{432}{1090} = 0,3955$$

Компрессорнинг электр куввати:

$$N_3 = l_k G = 432 \cdot 0,016 = 6,92 \text{ кВт} \approx 7 \text{ кВт}$$

Совитиш коэффициентини:

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l_k} = \frac{1}{\mathcal{E}_x} = \frac{1090}{432} = 2,53$$

Совуқликнинг ишга яроқлилик коэффициентини аниқлаш учун совуқлик элткичининг ўртача температурасини аниқлаймиз:

$$T_{\text{н.ср.}} = \frac{T_{\text{н1}} - T_{\text{н2}}}{\ln \frac{T_{\text{н1}}}{T_{\text{н2}}}} = \frac{258 - 251}{2,31 \lg \frac{258}{251}} = \frac{7}{2,3 \cdot \lg 1,027} = \frac{7}{2,3 \cdot 0,0118} = 254 \text{ К}$$

Совуқликнинг ишга яроқлилик коэффициентини:

$$(\tau_q)_{\text{н}} = 1 - \frac{T_{\text{о.с.}}}{T_{\text{н.ср.}}} = 1 - \frac{293}{254} = -0,153$$

$\mathcal{E}_n = (\tau_q)_{\text{н}}$ бўлгани учун, идеал циклдаги электр энергиясининг нисбий сарфи 0,153 га тенг бўлади.

Совитиш қурилмаси буглаткичидаги энергия йўқотилишлари (совуқлик элткичи бўйича) ни назарда тутган фойдали иш коэффициентини:

$$\eta'_c = \frac{q_0 (\tau_q)_{\text{н}}}{l_k} = \frac{Q_0 (\tau_q)_{\text{н}}}{N_3} = \frac{1090 \cdot 0,153}{432} = 0,387 (\approx 39\%)$$

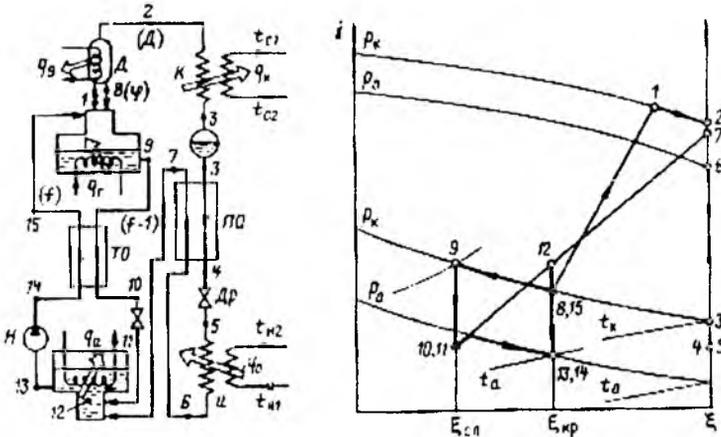
Совитиш қурилмаси буглаткичидаги энергия йўқотилишлари (совуқлик элткич бўйича) назарда тутган фойдали иш коэффициентини:

$$\eta''_c = \frac{\bar{q}_0 (\tau_0)_0}{l_c} = \frac{1090 \cdot 0,182}{432} = 0,46 (\approx 46\%)$$

бу ерда

$$(\tau_q)_0 = 1 - \frac{T_{\text{о.с.}}}{T_0} = 1 - \frac{293}{248} = -0,182$$

10.2-мисол. Бир боскичли абсорбцион совитиш курилмасининг совитиш унумдорлиги $Q_u=1000$ кВт. Намоқобнинг буғлаткичга кириш температураси $t_{n1}=-20^{\circ}\text{C}$ ва чиқиш температураси $t_{n2}=-30^{\circ}\text{C}$; совутувчи сувнинг курилмага кириш ва чиқиш температуралари $t_{B2}=-20^{\circ}\text{C}$, $t_{B1}=-25^{\circ}\text{C}$. Иситувчи сув буғининг босими $p=0,275$ МПа ($t_s=130^{\circ}\text{C}$). Ишчи элткич - аммиак; абсорбент - сув. Буғлаткич ва конденсатордаги температуралар фарқи мос равишда $\Delta t_u=3^{\circ}\text{C}$, $\Delta t_k=5^{\circ}\text{C}$; температуралар фарқи: абсорберда- $\Delta t_a=5^{\circ}\text{C}$; генераторда- $\Delta t_r=6^{\circ}\text{C}$; совуткичда- $\Delta t_3=7^{\circ}\text{C}$; аралашма иссиқлик алмашиниш курилмасида $\Delta t_{14-10}=10^{\circ}\text{C}$: дефлегматорда $\Delta t_d=15^{\circ}\text{C}$ (10.32-расм).



10.32-расм. Сув - аммиак совитиш курилмасининг схемаси ва $i-x$ диаграммада жараён тасвири.

Жараённинг характерли нукталаридаги параметрларни аниқлаймиз ва жараённи $i-x$ диаграммада курамиз. Курилмаларнинг иссиқлик юқламалари, энергиянинг нисбий сарфи, курилманинг совитиш ва эксергетик фойдали иш коэффициентларини топамиз. Совутувчи элткичнинг қайнаш температураси:

$$t_0 = t_{n2} - \Delta t_u = -30 - 3 = -33^{\circ}\text{C}$$

Бу температурага мос келувчи босим $p_0=0,1$ МПа. Конденсатордаги босим $p_k=1,2$ МПа. Конденсацияланиш температураси:

$$t_k = t_{B1} + \Delta t_k = 25 + 5 = 30^{\circ}\text{C}$$

Паст концентрацияли эритманинг генератордан чиқиш температураси:

$$t_9 = t_s - \Delta t_r = 130 - 6 = 124^{\circ}\text{C}$$

Паст концентрацияли эритманинг параметрлари:

$$\xi_{c1} = 0,0225; \quad i_9 = 462 \text{ кЖ/кг}$$

Юқори концентрацияли эритманинг абсорбердан чиқиш температураси:

$$t_{13} = t_{B2} + \Delta t_a = 20 + 5 = 25^{\circ}\text{C}$$

Юқори концентрацияли эритманинг параметрлари:

$$\xi_{13} = 0,315; \quad i_{13} = 0 \text{ кЖ/кг}$$

Эритманинг циркуляция карралиги:

$$f = \frac{G_{kp}}{D} = \frac{G_{15}}{G_2} = \frac{\xi_2 - \xi_{ct}}{\xi_{kp} - \xi_{ct}} = 1 - \frac{0,225}{0,315 - 0,225} = \frac{0,775}{0,09} = 8,62$$

Дефлегматордан чиқишдаги бугнинг параметрлари:

$$t_2 = t_{н1} + \Delta t_D = 25 + 15 = 40^\circ C; \quad \xi_2 = 1; \quad i_2 = 1660 \text{ кЖ/кг}$$

Генератордан чиқишда мувозанат ҳолдаги буг параметрлари:

$$p_1 = 1,2 \text{ МПа}; \quad t_1 = 105^\circ C; \quad \xi_1 = 0,925; \quad i_1 = 1890 \text{ кЖ/кг}$$

Дефлегматордан флегманинг нисбий чиқиши (флегма нисбати):

$$\varphi = \frac{G_8}{G_2} = \frac{\xi_2 - \xi_1}{\xi_1 - \xi_8} = \frac{1 - 0,925}{0,925 - 0,315} = \frac{0,075}{0,61} = 0,123$$

Дефлегматорни нисбий иссиқлик юкламаси:

$$q_D = (i_1 - i_2) + \varphi(i_1 - i_8) = (1890 - 1660) + 0,123(1890 - 377) = 416 \text{ кЖ/кг}$$

Паст концентрацияли эритманинг иссиқлик алмашилиш қурилмасидан кейинги параметрлари:

$$t_{10} = t_{14} + \Delta t_{mo} = t_{14} + \Delta t_{14-10} = 25 + 10 = 35^\circ C; \quad i_{10} = 62 \text{ кЖ/кг}$$

Юқори концентрацияли эритманинг генераторга киришидаги энтальпияси:

$$i_{15} = i_{14} + \frac{f-1}{f}(i_9 - i_{10}) = 0 + \frac{8,62-1}{8,62}(462 - 62) = 352 \text{ кЖ/кг}$$

Флегманинг $\xi_8=0,315$ даги энтальпияси:

$$i_8 = 377 \text{ кЖ/кг}$$

$i_8 > i_{15}$ бўлгани учун топилган i_{10} қиймат кейинги ҳисоблашлар учун ишлатилади. Иссиқлик алмашилиш қурилмасининг нисбий иссиқлик юкламаси:

$$q_k = i_1 - i_2 = 1660 - 500 = 1160 \text{ кЖ/кг}$$

Совуқлик элткичи бугларининг совуткичдан кейинги температураси:

$$t_7 = t_3 - \Delta t_{so} = t_k - \Delta t_{3-7} = 30 - 10 = 20^\circ C$$

Аммиакнинг $T-S$ диаграммасидан $i_7=1760$ кЖ/кг эканини аниқлаймиз. $T-S$ ва $I-\xi$ диаграммаларидаги энтальпия қийматлари ўртасидаги фарқнинг тузатиш катталигини $\Delta i=285-210=75$ кЖ/кг эътиборга олиб $i_7=1760-75=1685$ кЖ/кг ни топамиз.

Совуткичнинг нисбий иссиқлик юкламаси:

$$q_{н.о} = i_7 - i_6 = 1685 - 1574 = 111 \text{ кЖ/кг}.$$

Суюк аммиакнинг дросселдан олдинги энтальпияси:

$$i_4 = i_3 - q_{н.о} = 500 - 111 = 389 \text{ кЖ/кг}.$$

Курилманинг нисбий совитиш унумдорлиги:

$$q_0 = 1574 - 389 = 1185 \text{ кЖ/кг}.$$

Абсорбция жараёнида ажраб чиқаётган нисбий иссиқлик миқдори:

$$q_a = (i_7 - i_{10}) + f(i_{10} - i_{13}) = (1685 - 62,8) + 8,62 = (62,8 - 0) \approx 2160 \text{ кЖ/кг}$$

ёки

$$q_a = f(i_{12} - i_{13}) = 8,62(2,51 - 0) \approx 2160 \text{ кЖ/кг}.$$

Генераторнинг нисбий иссиқлик юкламаси:

$$\begin{aligned} q_r &= (i_1 - i_9) + f(i_9 - i_{15}) + \varphi(i_1 - i_9) = \\ &= (1890 - 462) + 8,62 = (462 - 352) + 0,123(1890 - 377) = 25560 \text{ кЖ/кг} \end{aligned}$$

Курилманинг иссиқлик баланси:

$$q_{уқт} = q_{ажр}$$

$$q_{уқт} = q_r + q_0 = 2550 + 1185 = 3735 \text{ кЖ/кг}$$

$$q_{уқт} = q_a + q_k + q_D = 2160 + 1160 + 416 = 3736 \text{ кЖ/кг}$$

Ишчи элткич (аммиак) сарфи:

$$G = 1000/1175 = 0,85 \text{ кг/с}$$

Курилмаларнинг иссиқлик юкламалари:

а) генераторники: $Q_r = Gq_r = 0,85 \cdot 2550 = 2170 \text{ кВт}$;

б) абсорберники: $Q_a = 0,85 \cdot 2160 = 1835 \text{ кВт}$;

в) совуткичники: $Q_{н.о} = 0,85 \cdot 111 = 94,5 \text{ кВт}$;

г) конденсаторники: $Q_k = 0,85 \cdot 1160 = 985 \text{ кВт}$;

д) дефлегматорники: $Q_D = 0,85 \cdot 416 = 354 \text{ кВт}$.

Иссиқликнинг нисбий сарфи:

$$\varepsilon = \frac{q_r}{q_0} = \frac{Q_r}{Q_0} = \frac{2170}{1000} = 2,17$$

Совитиш коэффициенти:

$$\varepsilon = \frac{q_0}{q_r} = \frac{1000}{2170} = 0,463$$

Курилманинг совук элткич бўйича эксергетик фойдали иш коэффициенти:

$$\eta_c = \frac{q_0 (\tau_q)_0}{q_0 (\tau_q)_H} = \varepsilon \frac{(\tau_q)_0}{(\tau_q)_H} = 0,463 \frac{0,22}{0,273} = 0,373$$

бу ерда

$$(\tau_q)_0 = \frac{T_0 - T_{0,c}}{T_0} = \frac{240 - 293}{240} = -0,22$$

$$(\tau_q)_H = \frac{T_H - T_{0,c}}{T_H} = \frac{403 - 293}{430} = 0,273$$

ёкин

$$\eta_2 = \frac{e_k''}{e_k''} = \frac{0,22}{0,592} = 0,373; \quad e_k'' = \frac{q_0 (\tau_q)_H}{q_0} = \varepsilon (\tau_q)_H = 2,17 \cdot 0,273 = 0,592;$$

$$e_k'' = \frac{T_m - T_0}{T_0} = \frac{293 - 240}{240} = 0,22.$$

Қурилманинг совук элткич бўйича фойдали иш коэффициентини:

$$\eta_c = \varepsilon \frac{(\tau_q)_0}{(\tau_q)_H} = 0,463 \frac{0,181}{0,273} = 0,306 \approx 31\%$$

бу ерда

$$(\tau_q)_0 = 1 - \frac{T_{0,c}}{T_H} = 1 - \frac{293}{248} = -0,181, \quad T_H'' = \frac{253 + 243}{2} = 248K$$

10-боб. Совитиш жараёнлари бўйича Мустикал тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Совитиш жараёнлар қайси температуралар оралигида мавжуд?
2. Шартли равишда совитиш жараёнлари классификациясини изохлаб беринг.
3. Совуклик олишнинг термодинамик асослари.
4. Сунъий совитиш усуллари.
5. Газларни дросселлаш нима?
6. Инверсион температура нима?
7. Паст температура олиш усуллари.
8. Уюрмавий эффект нима ва уюрмавий кувур конструкцияси қандай бўлади?
9. Магнит-калорик ва термоэлектрик эффектларни таккосланг?
11. Идеал ва ҳақиқий машина цикллари.
12. Ҳақиқий машина циклининг совитиш коэффициенти қандай аникланади?
13. Совуклик элткичлар турлари.
14. Каскадли цикл машиналари қачон қўлланилади?
15. Совитиш қурилмаси таркибига қайси жиҳозлар қиради?
16. Абсорбцион совитиш машиналарининг схемаси, афзаллик ва камчиликлари.
17. Сув буг-нижектор совитиш машиналарининг схемаси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.

18. Ўта паст температуралар олиш усуллари.
19. Бир карра дросселланишли юкори босим циклини схематик тасвирланг ва мохиятини тушунтиринг.
20. Икки карра дросселланишли ва газнинг босим остидаги айланишли циклини схематик тасвирланг ва мохиятини тушунтиринг.
21. Капица цикли ва унинг мохияти.
22. Детандер нима учун хизмат килади?
23. Турбодетандер нима учун хизмат килади?
24. Поршенли детандер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
25. Поршенли детандер индикатор диаграммаси.
26. Тўлдириш даражасининг изоҳи.
27. Детандер фазалар таксимланишининг айланали диаграммаси.
28. Юкори босимли детандер конструкциясининг ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
29. Детандер клапани ва поршенларининг конструкциялари.
30. Актив типдаги турбодетандер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
31. Актив-реактив типдаги турбодетандер конструкцияси, ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
32. Турбодетандерда газнинг тезлиги ва температурасининг ўзгариши.
33. Турбодетандер конструкциясининг ишлаш принципи, афзаллик ва камчиликлари.
34. Совитиш машиналарини ҳисоблаш усуллари.

11-боб. ТЕХНОЛОГИК ТРУБА ВА ҚУВУРЛАР

11.1. Технологик трубалар ва уларнинг категорияси

Кимё саноати корхоналаридаги технологик қурилмаларнинг ажралмас қисми бўлиб технологик труба қувурлари ҳисобланади.

Технологик қувурлар цех ичидаги ва цехлараро қувурларга бўлинади. Цех ичидаги айрим қурилмаларни, машина ва ускуналарни бирлаштирувчи труба қувурлари, цехларарога эса – турли цехлардаги қурилмаларни бирлаштирувчи трубалар қиради.

Жойлашишига қараб, ер ости ва ер устидаги труба қувурлари бўлади. Ер устида жойлашган труба қувурлари кенг тарқалган, чунки уларни техник назорат қилиш осон.

Технологик труба қувурлари бир қатор элементлар ўзаро ажралмас ва ажралувчан бирикмалар билан бирлаштирилган труба, труба деталлари ва арматуралардан таркиб топган.

Труба қувурларини лойиҳалаш, стандарт ва нормаллар асосида труба қувурлари элементларини танлашдан иборат. Танлашда асосан труба қувурининг иккита ҳарактеристикаси қатта аҳамиятга эга: шартли ўтиш диаметри ва шартли босим.

Труба ёки арматурадаги муҳит ўтиши учун мўлжалланган тешикнинг номинал диаметри – *шартли ўтиш диаметри* ёки *шартли диаметр* дейилади ва у D_p деб белгиланади. Агар труба қувурининг истилоҳи иккита элементи бир хил D_p га эга бўлса, унда уларнинг қўидаланг қесим юзалари ва бирлаштирувчи ўлчамлари ҳам бир хил бўлади. Шартли диаметр қатори Давлат Стандарт томонидан белгиланган. Технологик қувурларда кенг қўлланиладиган труба ва арматуралар учун қуйидаги труба шартли диаметрлари (мм) тавсия этилган: 3; 5; 10; 15; 20; 25; 32; 40; 50; 65; 80; 100; 125; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 500; 600; 800; 1000; 1200; 1400; 1600; 200; 2400; 3000; 3400; 4000.

20⁰С температурали муҳитнинг максимал муҳитнинг ортиқча босимида труба ва труба қувурлари элементларини хавфсиз ва узок муддатли эксплуатациясини таъминловчи босим – бу шартли босим P_p .

200⁰С температурагача муҳитнинг шартли босими ва ишчи босими бир-бирига мос тушади. Ундан юқори температурада шартли босим қиймати ишчи босим қийматидан қатта бўлиши керак.

Давлат стандарт қуйидаги шартли босимлар – қатори белгиланган (МПа): 0.1; 0.25; 0.4; 0.6; 1; 1.6; 2.5; 4; 6.4; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 64; 80; 100.

Ишлаш шаронтига қараб гуруҳларга бирлаштириш учун қуйидаги 3 асосий параметр бўйича классификация қилинган (11.1-жадвал): ишчи босим; ишчи температура; муҳит хоссалари ва параметрлари.

Узатилаётган муҳит хоссаларига қараб труба қувурлари 5 гуруҳга ажратилган (**A**, **B**, **B**, **Г**, **Д**), муҳит параметрлари (босим ва температура)га қараб 5 та категорияга бўлинади (I, II, III, IV, V) (11.2-жадвал).

A – Д гуруҳ труба қувурлари: суюқ ва газсимон захарли маҳсулотлар учун;

B – ёнувчан ва фаол газлар, ёнувчан ва енгил аланга олувчан суюқликлар учун;

B – ўта қизиган сув буғи учун;

Г – тўйинган сув буғи, иссиқ сув, конденсат;

Д – қийин ёнувчан, ёнмайдиган газ, суюқлик ва буғлар учун.

Ҳар бир гуруҳ ичида, труба қувурлари яна категорияларга ажратилган. Чунончи, **B** гуруҳида 350-700⁰С да енгил аланга олувчи суюқликлар учун I категорияли труба қувури зарур, - 150 дан +120⁰С температурагача IV категорияли труба қувури керак. Ҳар бир

Труба қувурларининг гурухи ва топфаси (СНиП 527-80)

11.1-жадвал

Гу- рух	Узатилаётган модда	Труба қувурининг топфаси									
		I		II		III		IV		V	
		$P_{и\dot{ш}}$ МПа	$t_{раб}$ °C	$P_{и\dot{ш}}$ МПа	$t_{раб}$ °C	$P_{и\dot{ш}}$ МПа	$t_{раб}$ °C	$P_{и\dot{ш}}$ МПа	$t_{раб}$ °C	$P_{и\dot{ш}}$ МПа	$t_{раб}$ °C
А	Зарарли: а) 1 ва 2 хавfli синф	богликмас		<1,6	<300						
	б) 3 хавfli синфга оид	>1,6	>300								
Б	Портловчи ва ёнгин хавfli: а) портловчи ва ёнувчи газ	>2,5	>300	<2,5	<300						
	б) осон ёнувчан моддалар	>2,5	>300	>1,6 <2,5	>120 <300	<1,6	<120				
	в) ёнувчан суюк. ва модда.	>6,3	>350	>2,5 <6,3	>250 <350	>1,6 <2,5	>120 <250	<1,6	<120		
В	Кийин ёнувчан ва ёнмайдиған			>6,3	>350 <450	>2,5 <6,3	>250 <350	>1,6 <2,5	>120 <250	<1,6	<120

Буг ва иссик сув учун труба қувурларининг гурухи ва топфаси

11.2-жадвал

№	Узатилаётган модда	Труба қувурининг топфаси							
		I		II		III		IV	
		$P_{и\dot{ш}}$ МПа	$t_{раб}$ °C	$P_{и\dot{ш}}$ МПа	$t_{раб}$ °C	$P_{и\dot{ш}}$ МПа	$t_{раб}$ °C	$P_{и\dot{ш}}$ МПа	$t_{раб}$ °C
1.	Ўта кизиган сув буги А)	Боғлик эмас	>580	<3,9	>300 <450	<2,2	>250 <350	>0,07	>115
	Б)	Боғлик эмас	>540 <580	>2,2 <3,9	<350	<1,6 <2,2	<250		
	В)	Боғлик эмас	>450 <540						
	Г)		>3,9	<450					
2.	Тўйинган сув буги: А)							>0,07 <1,6	>115 <250
	Б)			>3,9 <8,0	>115	>1,6 <3,9	>115		
	Д)		>8,0	>115					
3.	Иссик сув: А)							<1,6	>115
	Б)			>3,9 <8,0	>115	>1,6 <3,9	>115		
	Д)		>8,0	>115					

категория труба қувурлари учун лойиҳалаш, монтаж, эксплуатация ва таъмирлаш нормалари ўрнатилган.

11.2. Трубалар, бирлаштириш деталлари, компенсатор ва таянчлар

Технологик қувурларда пайвандланган ва чоксиз пўлат трубалар кўп миқдорда ишлатилади. Пайвандланган трубалар бўйлама ёки спиралсимон чокли бўлади ва улар пухталиги чоксиз трубаларникидан анча паст. Чексиз трубалар асосан заҳарли, портловчи ва коррозион фаол моддаларни, колган ҳолларда эса – пайвандланган трубалар қўлланилади.

Пўлат трубалар турли маркали пўлатлардан ясалади. Кенг қўламда қўлланиладиган трубалар Ст.10 ва Ст.20 маркали пўлатдан. махсус трубалар эса – легиранган, юкори легиранган, кислота бардош ва иссиқликка бардош пўлатлардан ясалади. Ундан ташқари, чўян, мис, латун, кўрғошин, керамика, алюминий, титан, стеклопластик, шиша, фарфор, пластмасса ва бошқа материаллардан тайёрланиши мумкин. Ҳозирги кунда рангли металл ва кўрғошиндан ясалган трубалар пластмассадан қилинган трубаларга алмаштирилган. Охириги пайтда винипласт, фаолит, полиэтилендан ясалган трубалар кенг миқёсда ишлатилмоқда. Бу трубалар агрессив муҳитларга ўта бардош, лекин муҳит температураси ортиши билан қўллаш чегараси камаяди. Масалан, винипласт трубаларни 40°C гача, полипропилен трубаларни 100°C гача ва фаолитдан ясалган трубаларни 110°C гача қўллаш мумкин.

Ҳозирги кунда кимё ва бошқа саноатларда титан трубалар кенг қўламда ишлатилмоқда. Худди шундай, труба ички қисм полиэтилен, винипласт, эмаль, шиша ёки резина билан қопланган трубаларни ишлаш чикариш яхши йўлга қўйилган.

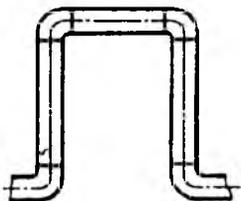
Бирлаштирувчи деталларга турли конструкцияли тирсақлар, бир диаметрдан иккинчисига ўтувчи мосламалар, тройниклар ва бошқалар кирди. Одатда, труба қувурларининг элементлари (тирсақлар, трубалар) бир-бирига пайвандлаб бирлаштирилади.

Агарда, трубаларни пайвандлаш мақсадга мувофиқ бўлмаса, унда трубалар фланешли бирикмалар ёрдамида бирлаштирилади. Кўпинча, пайвандланган фланешлар қўлланилади. Резьбали фланешлар асосан юкори босимли труба қувурларида ишлатилади.

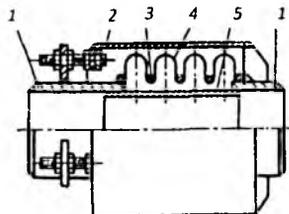
Маълумки, атроф-муҳит ва труба орқали узатилаётган муҳит температуралари ўртасидаги фарқ катта бўлса, труба қувурлари температура деформацияси дуч келади. Одатда, труба қувурлари узун бўлади ва ишлаб чикаришда умумий температура деформациясининг миқдори катта бўлиши мумкин. Натижада, труба узилиши ёки шишиб қолиш ҳоллари рўй беради. Шу сабабли, ушбу деформацияларни компенсация қилиш зарур.

Технологик труба қувурларидаги температура деформацияларини бартараф қилиш учун П-симон, линзали, тўлқинсимон ва сальникли компенсаторлар ишлатилади.

Труба қувурларининг диаметридан катти назар ер устидаги конструкцияларда П-симон компенсаторлар жуда кўп ҳолларда қўлланилади (11.1 - расм).



11.1-расм П-симон компенсатор.



11.2 -расм. Тўлқинсимон компенсатор.

1-патрубка, 2-қобик, 3-қалқа,
4-гофриланган элемент, 5-стақан.

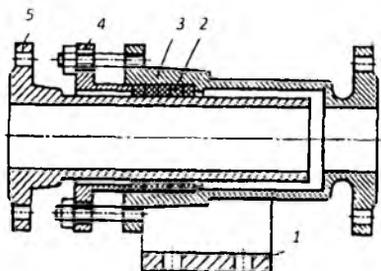
Бу турдаги мосламалар компенсация килиш кобилияти катта, исталган босимларда ишлатиш мумкин. Лекин улар кўпол ва махсус таянчлар ўрнатилишини талаб қилади. Одатда, улар горизонтал ҳолатда жойлаштирилади ва дренаж мосламаси билан таъминланади.

Ишчи босим 1.6 МПа бўлган газ қувурларида линзали компенсаторлар ўрнатилади.

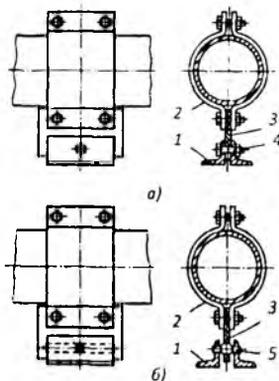
Тўлкисимон компенсаторлар босими 6.4 МПа гача бўлган агрессивмас ва ўртача агрессив мухитлар узатиладиган труба қувурларида ишлатилади (11.2-расм).

Бундай компенсатор патрубкка 1 га пайвандланган гофриланган элемент 4 дан таркиб топган. Чегараловчи халка 3 элемент шишиб кетиш ва элемент деворининг эгилиш олдини олади. Элемент ташки томони кобик 2 ёрдамида химояланган. Компенсатор гидравлик қаршилигини камайтириш учун ички томонида стакан 5 ўрнатилади.

Чўян ва металлмас материаллардан ясалган труба қувурларида сальникли компенсаторлар ўрнатилади (11.3-расм). Ушбу компенсатор таянч 1 маҳкамланган кобик 3, зичловчи кистирма 2 ва грундебукса 4дан таркиб топган. Температура деформациясини компенсация килиш кобик 3 ва труба 5 ларнинг силжиши туяфайли амалга ошади.



11.3 - расм. Сальникли компенсатор:
1-таянч; 2-зичловчи кистирма;
3-кобик, 4-грундебукса, 5-труба



11.4 - расм. Труба учун таянчлар:
1-угольник; 2-хомут; 3-ясси
пластина; 4-болт; 5-гилдирак.

Бу турдаги компенсаторлар жуда катта температура деформацияларини компенсация қила олади. Лекин зичлаш кийин бўлгани учун ёнувчан, заҳарли ва суюқ газларни узатишда ишлатиб бўлмайди.

Труба қувурлари таянчларга ўрнатилади. Улар орасидаги масофа труба диаметри 250 мм бўлса, таянчлар орасидаги масофа 3-6 м га тенг қилиб ўрнатилади.

Таянчлар кўзгалмас (11.4а-расм) ва ҳаракатчан (11.4б-расм) бўлиши мумкин. Ҳаракатчан таянчлар температура деформацияси яхши компенсация қилади. Кўзгалмас таянчларда угонлик 1, хомут 2 ва ясси пластина ўзаро мустаҳкам бириктирилган. Ҳаракатчан таянчларда болт 4 ўрнига гилдирак 5 ўрнатилган. Ушбу ролик таянч пластина тешигида эркин ҳаракат қилади. Бундай таянчларни вақти-вақти билан мойлаб туриш керак.

Фланецли бирикмалар. Фланецлар труба қувурлари, арматура ва қурилма кобикларини бир-бирига бирлаштирувчи ажралувчан бирикмаларининг асосий қисмидир. Фланец диск кўринишида бўлиб, четларида айлана бўйлаб бириктирувчи болтлар учун тешиклар қилинган. Думалок дисklarни ясаш осон бўлганлиги учун асосий фланецлар ушбу шаклли қилиб ясалади. Махсус шароитларда бошқа шаклдаги (учбурчак, тўртбурчак) фланецлар конструктив ёки технологик шароитлардан келиб чиққан ҳоллардагина қўлланиши мумкин. Қуйма қурилмаларда фланец қурилма кобиғи билан битта, яхлит қилиб тайёрланади. Пайвандланадиган қурилма ва труба қувурлари учун фланецлар штамповка ёки механик ишлов бериш йўли билан ясалади ва сўнг трубага ёки обечайкага пайвандлаш усулида бириктирилади. Зарур бўлган ҳолларда трубага фланецни резьба ёрдамида ҳам улаш мумкин. Фланц конструкцияси ва материали унинг ишлаш

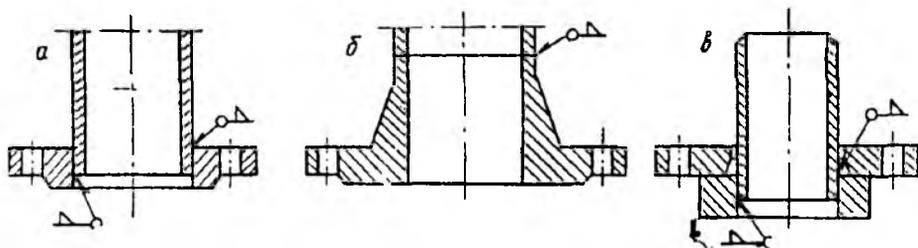
шароити ва муҳитига боғлиқ. Шунинг учун фланецлар ГОСТ ёки нормаллар асосида шартли босим, температура ва муҳитнинг агрессивлигига қараб танланади. ГОСТ, ОСТ ёки нормалларда фланец типлари, ўлчамлари ва шартли белгиланиши ҳам берилади. Масалан, нефть маҳсулотлари учун ишчи босим қанча бўлишидан қатъи назар, 1,6 МПа дан юқори босимга ҳисобланган фланецлар қўлланилади.

Конструкциясига қараб фланецлар патрубкка ёки обечайкага маҳкамланиши билан фарқланади. Ўзаро фланецлар зичловчи кистирма ёрдамида бириктирилади. 11.5 - расмда фланецларни патрубкка пайвандлаш усуллари кўрсатилган.

Энг оддий – ясси пайвандланган фланецлар бўлиб, температура 300°C ва шартли босим 2,5 МПа гача бўлган шароитда ишлатилади. Учма-уч пайвандланган фланецлар исталган босим ва температурали муҳитларда қўлланиши мумкин. Ҳалқада эркин айланувчи фланецлар шартли босим 2,5 МПа гача бўлган шароитларда ишлатилади.

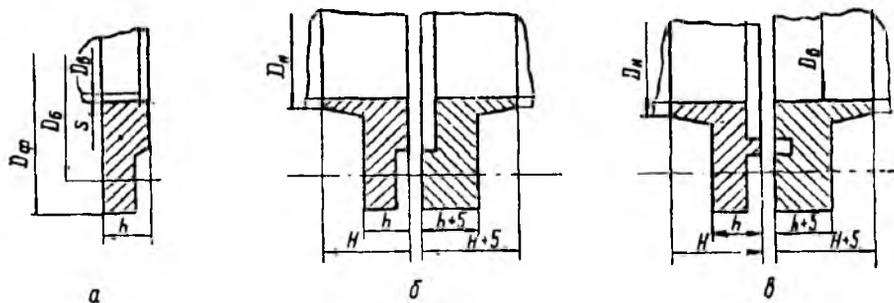
11.6 - расмда фланецларнинг бирлашувчи юзаларининг энг кўп қўлланиладиган шакллари кўрсатилган.

Ясси юзали, тўртбурчак кўндаланг кесимли кистирмали фланец бирикмаси шартли босим 2,5 МПа дан ошмаган шароитларда ишлатилади. Ботик-бўртик юзали, тўртбурчак кўндаланг



11.5 - расм. Фланецлар конструкцияси:

а - ясси пайвандланган, б - учма-уч пайвандланган, в - пайвандланган ҳалқада эркин айланувчи.



11.6 - расм. Фланецлар бирлашувчи юзаларининг шакллари:

а - ясси, б - бўртик-ботик, в - шип-паз.

кесимли кистирмали фланецлар (11.6б-расм) эса – 4 МПа гача; Шип-паз юзали, тўртбурчак ёки думалок кўндаланг кесимли кистирма билан зичланган фланецлар (11.6в-расм) эса – 6,3 МПа гача бўлган ҳолатларда қўлланилади. Агар босим 6,3 МПа дан ортиқ бўлса, эллипс ёки саккиз бурчак кўндаланг кесим шаклли металл кистирмалар ишлатилиши зарур; бундай ҳолатларда фланец бирлашувчи юзаларида бир хил, фасонли ариқчалар қилинади.

Агарда эксплуатация шартлари бўйича кистирма қўллаб бўлмаса, унда фланецлар бирлашувчи юзалари орасини зичлаш махсус обтюрация усулида амалга оширилади. Бунда бирлашувчи юзаларга маълум шакл ва алоҳида механик ишлов (шлифовка) берилади. Ушбу юзалар ясси, сферик ёки конуссимон бўлиши мумкин.

Қистирмалар турлари

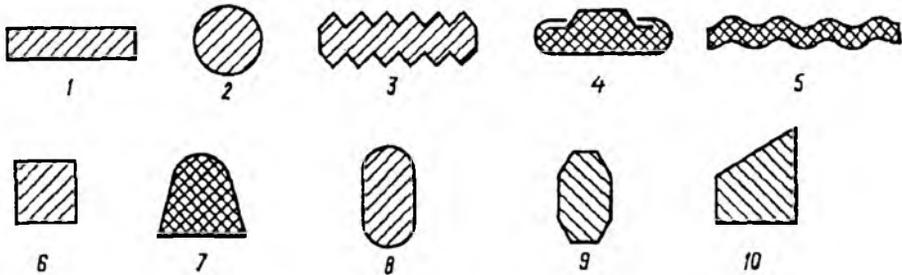
Фланецли бирикмани зичлаш учун, одатда, улар орасига кистирмалар ўрнатилади. Қистирма пластик, эластик, муҳитга бардошли, эксплуатация даврида мустаҳкам ва узок муддат хизмат қилиши керак. Қистирма материали ва тури эксплуатация шароити – босим, температура ва муҳит хоссаларидан келиб чиққан ҳолда танланади. Қистирма ўлчами ва шакли фланецларнинг бирлашиш юзаси конфигурациясига боғлиқ.

11.3-жадвалда қурилмасозликда ишлатиладиган кистирмалар материаллари келтирилган.

11.3-жадвал

Т/р	Материал	Параметрларнинг тавсия этиладиган чегаралари		
		D_r , мм	P_r , Па	t , °С
1.	Картон, резина	3000 гача	0,6 гача	-300 дан +100 гача
2.	Резинали мато	3000 гача	1,0 гача	-30 дан +100 гача
3.	Асбестли картон	3000 гача	1,6 гача	+500 гача
4.	Пластикат, полиэтилен	3000 гача	4,0 гача	-30 дан +60 гача
5.	Паронит	3000 гача	10,0 гача	-200 дан +400 гача
6.	Фторопласт	1000 гача	10,0 гача	-200 дан +250 гача
7.	Алюминий, мис, латунь, монель, кўргошин, никель	800 гача	40,0 гача	-200 дан +300 гача
8.	Углеродли, легирилган ва юкори легирилган пўлатлар	1600 гача	20,0 гача	-200 дан +540 гача

11.7-расмда энг кўп қўлланиладиган кистирмаларнинг кўндаланг кесимлари келтирилган. Тўғри тўртбурчак шаклли кистирмалар исталган материалдан ясалиши мумкин. Думалоклар – металлдан; эллипс ва саккиз бурчакли кўндаланг кесимли, гофриланган кистирмалар эса пўлатлардан ясалади.



11.7-расм. Қистирмаларнинг кўндаланг кесимлари:

1-ясси; 2-думалок; 3-гофриланган; 4,5-комбинациялашган (металл қобикли), 6-квадрат, 7,8,9,10-фасонли металлдан.

Алюминий, мис, латунь, никель, монель қобикли асбест, картон, ясси ва гофриланган кистирмалар жуда кўп қўлланилади ва саноатда кенг тарқалган. Одатда, улар муҳит температураси 540°С ва босим 6,3 МПа гача бўлган қурилмаларда ўрнатилади. Ундан ташқари, нометалл қобикли металлдан ясалган комбинациялашган кистирмалар ҳам қўлланилади. Бундай ҳолларда кистирма қобиғи фторопласт плёнкадан қилинади, чунки у фланец бирлашувчи юзасининг ҳамма нотекистикларини тўлдириб туради.

Металл ва комбинациялашган кистирмаларни танлашда, фланец ва кистирма гальваник жуфтликни ҳосил қилмаслигини инобатга олиш керак, бўлмаса, зичланувчи юзада интенсив равишда электрохимий коррозия бошланади.

Қистирмаларни турли муҳитларда қўллаш соҳалари 11.4-жадвалда келтирилган.

Болт ва шпилькаларни ҳисоблаш

Фланецли бирикмалар учун болт (шпилька)лар ва гайкалар нормаллашган ва стандартлашган бўлиши керак. Фланецли бирикма лойиҳаланаётганда қуйидаги тавсияларни инобатга олиш керак: болт (шпилька) диаметри имкон доирасида кичик бўлиши керак, лекин 10 мм дан кам бўлмаслиги даркор; болтлар ўрасидаги масофа (2,5...5)· d_b бўлиши керак; болтлар иложи борича зичланиш юзасига яқин бўлиши

11 4-жадвал

Г/р	Мухит	Чегаравий ишчи босим. МПа	Чегаравий температура. °С	Кистирма
1.	Нефть (домашё) ва нефть маҳсулотлари	1,0	40	Мойланган картон
		5,0	450	Паронит
		10,0	300	Гофриланган алюминий кобикли асбест
		6,4...40,0	550	0X18H9 ёки X18H9T пўлатдан эллине кўндаланг кесимли ҳалқасимон кистирма
2.	Агрессив буг ва газлар	0,6	300	Асбестли картон
		2,5	300	Паронит
		15,0	450	Гофриланган 0X18H9 ёки X18H9T пўлат кобикли асбест
		6,4...40,0	550	0X18H9 ёки X18H9T пўлатдан эллине кўндаланг кесимли ҳалқасимон кистирма
3.	Ҳаво ва нейтрал газ	0,3	30	Резина
		10,0	300	Гофриланган алюминий кобикли асбест
		6,4...40,0	550	0X18H9 ёки X18H9T пўлатдан эллине кўндаланг кесимли ҳалқасимон кистирма
4.	Сув буги (тўйинган ва ўта кизиган)	0,4	150	Графитланган асбестли картон
		5,0	450	Паронит
		6,4...40,0	550	0X18H9 ёки X18H9T пўлатдан эллине кўндаланг кесимли ҳалқасимон кистирма
5.	Концентрацияланган H ₂ SO ₄ (40% гача)	0,3	65	Резина
		0,6	50	C2 турдаги кўрғошин
		0,6	100	Кислотабардош асбестли картон
6.	Аммиак ва ишқор эритмалари	0,15	400	Графитланган асбестли картон
		4,0	300	Паронит
		6,4...40,0	550	Армко темирдан, эллине кўндаланг кесимли ҳалқасимон кистирма

максадга мувофиқ. Болт узунлиги фланецли бирикма йиғилгандан сўнг, яъни гайка қуйилиб, тортилгандан сўнг гайка устидан яна (2,5...5)· d_b масофага чиқиб туриши керак.

Мухит босими остидаги фланецли бирикма болтига тушаётган юклама қуйидаги формуладан топилади:

$$Q_z = \frac{\pi}{4} (D_e + \frac{2}{3} b)^2 \cdot P + \pi \cdot D_c \cdot b_0 \cdot m \cdot P \quad (11.1)$$

бу ерда, Q_z – болтларга тушаётган умумий юклама, D_c – кистирма ички диаметри, b – кистирма қалинлиги; P – мухит ишчи босими, D_e – кистирма ўртача диаметри ($D_e = D_c + b$); b_0 – кистирманинг ҳисобий қалинлиги, унинг конструкториясига қараб аниқланади, яъни кистирмалар учун $b < 0,012$ м бўлганда $b_0 = b$; $b > 0,012$ м бўлганда $b_0 = \sqrt{b}$, эллине шаклидаги кистирмалар учун $b_0 = b/4$; m – кистирмага таъсир этаётган солиштирма босим коэффициент, яъни асбест ёки асбест композицияли кистирмалар учун $m=2,5$, гофриланган металл кобикли асбест кистирма учун $m=3$ алюминий кистирма учун $m=4$, юмшоқ пўлат кистирма учун $m=5,5$

Мухит босими остида бўлмаган, лекин фланецли бирикмани ишончли зичланишини таъминловчи болтларга тушаётган юклама микдори қуйидаги формуладан аниқланади:

$$Q_{\sigma} = \frac{\pi \cdot D_c \cdot b_o \cdot q_{kp}}{2} \quad (11.2)$$

бу ерда, q_{kp} – кистирма юзасига тушаётган босим; яъни асбест ёки асбест композицияли кистирма учун $q_{kp}=30$; гофриланган металл қобикли асбест кистирма учун $q_{kp}=40$; алюминий кистирма учун $q_{kp}=70$. юмшоқ пулат кистирма учун $q_{kp}=125$

Q_{σ} ва Q_{σ} юкламаларидан энг каттаси ҳисоблашлар учун олинади. Тўртта қаррали (4,8,12,16 ва х.) болтлар сонини танлаб, битта болтга тушаётган юклама (МН) аниқланади:

$$q_{\sigma} = \frac{Q_{\sigma}}{n_{\sigma}} \quad \text{ёки} \quad q_{\sigma} = \frac{Q_{\sigma}}{n_c} \quad (11.3)$$

Болт ёки шпилька резьбасининг ички диаметри d_1 ушбу тенгламадан топилади:

$$q_{\sigma} = \frac{\pi \cdot (d_1 - C_1)^2 \cdot [\sigma]}{4} \quad (11.4)$$

бу ерда, C_1 – конструктив қўшимча, одатда $C_1=0,001 \dots 0,002$ мм, $[\sigma]$ – тўрт-беш қаррали мустаҳкамлик заҳирасида руҳсат этилган қучланиш

Болт ёки шпилька диаметри ГОСТ тўғри келиши керак. Шунинг учун, болт диаметрини (11.4) формуладан аниқлангандан сўнг, q_{σ} топилади. Болтларга тушаётган максимал юклама ушбу формуладан ҳисоблаб топилади:

$$Q_{\max} = n \cdot q_{\sigma} \quad (11.5)$$

Фланец параметрлари (диск қалинлиги, пайвандлаш чоклари) ҳисобланган юкламаси Q_p га нисбатан аниқланади:

$$Q_p = \frac{Q_{\max} + Q_{\sigma \min}}{2} \quad (11.6)$$

бу ерда, Q_{\max} – (11.1) ва (11.2) формулалар ердамида ҳисобланган қучланишларнинг энг каттаси

11.3. Труба қувурлар арматураси ва уни танлаш

Труба қувурлари, қурилма, идишларда ўрнатиладиган ва ишчи муҳит оқимларини бошқаришни таъминлайдиган мосламалар арматура деб номланади.

Функционал иш бажаришга қараб арматура қуйидаги синфларга бўлинади: (ёпувчи) арматура, муҳит оскимини тўхтатувчи; ростловчи арматура, муҳит параметрларини ўзгартирувчи; сакловчи арматура, системада босим ортишини тўхтатувчи; химояловчи арматура, тўсатдан муҳит параметрларини ўзгариши туфайли қурилмаларни бузилиш олдини олувчи; фаза ажратувчи арматура - буг ва газ қувурларидан конденсатни чиқариб турувчи.

Исталган класс арматураси 3 та асосий элементдан таркиб топган: қобик, узатма ва ишчи орган. Ишчи орган эгарсимон асос ва унга нисбатан айланувчи золотникдан тузилган.

Арматура трубага фланец, муфта ёрдамида ёки пайвандлаб маҳкамланиши мумкин. Кимё саноатида асосан фланецли арматура кенг тарқалган. Труба қувурлари диаметри 80 мм дан кам бўлганда муфтали арматура ишлатилади. Бундай қувурларда нейтрал ва ёнмайдиган муҳитлар узатилади. Бирлаштириш усулига катъий талаб қўйилганда пайвандланувчи арматурани қўллаш мақсадга мувофиқ.

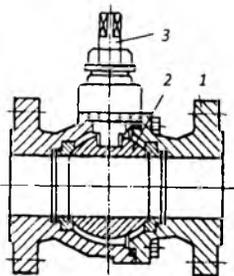
Кобикнинг конструкциясига қараб ўтиш ва бурчакли арматураларга бўлинади. Ўтиш арматурасида муҳит ўз йўналишини ўзгартирмасдан ҳаракатланса, бурчакли арматурада эса ҳаракат йўналиши 90° га ўзгаради.

Арматура ишчи қисмини қобикка зичлаш усулига қараб сальникли, сальфонли ва мембранали арматураларга бўлинади. Ишчи орган узатмаси конструкциясига қараб арматуралар қуйидагиларга бўлади: автоматик; бошқарилувчи (электр, пневматик узатмалар ёрдамида).

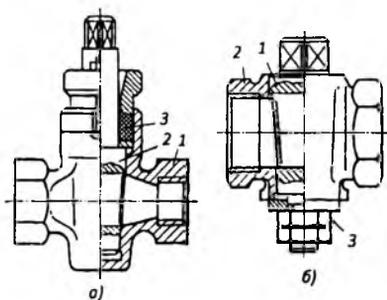
Тиқинли арматура. Катта серияли қилиб қуйидаги тиқинли арматуралар ишлаб чиқарилади.

Тиқинли арматуралар шарсимон ва пробкасимон кранларга бўлинади. Шарсимон кран – кобик 1, шарсимон тиқин 2 ва шпиндел 3 лардан иборат (11.8 - расм). Тиқинли кранлар зичлаш усулига қараб сальникли ёки тортилувчан бўлади. Сальникли кранда пробка 2 ва кобик 1 лар конуссимон юзасида зарур зичлаш босимини сальник 3 ни сиқиб ҳосил қилинади.

Тортилувчан кранларда пробка 1 ни кобик 2 да зичлаш гайка 3 ни бураш йўли билан амалга оширилади (11.9б-расм). Ушбу кранлар камчилиги: босим мегапаскалнинг юздан бир улушларидан юкори бўлганда зарур зичлашни таъминлай олмайди. Шунинг учун, қимё саноатида бундай кранлар камдан-кам ишлатилади.

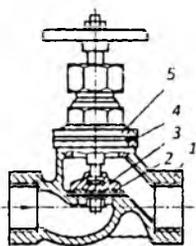


11.8-расм. Шарсимон кран:
1- кобик; 2-шарсимон тиқин; 3-шпиндель

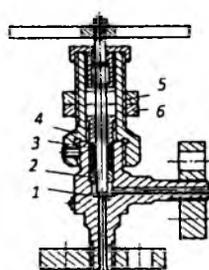


11.9-расм. Пробкали кранлар:
1-кобик, 2-конуссимон пробка, 3-сальник.

Кранлар кичик ўлчамли, ихчам ва гидравлик қаршилиги кам бўлади. Уларни, труба қувурларида исталган ҳолатда ўрнатиш мумкин. Лекин вақти-вақти билан уларни мойлаб туриш керак, бўлмаса – кобикка «ёпишиб» қолиши мумкин.

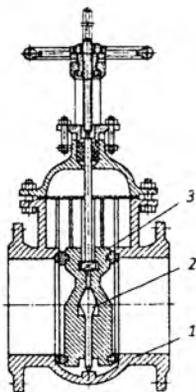


11.10-расм. Ўтказувчи вентил:
1-кобик; 2-зичловчи халка;
3-юлонник; 4-қистирма; 5-қопқок

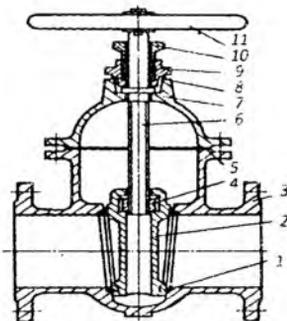


11.11-расм. Тиқинли, бурчакли вентил:
1- кобик; 2-игна; 3-сальникнинг зичловчи материали; 4-стойка; 5-контр гайка; 6-сиқувчи гайка.

Кранни тезда ёпиш мумкин. Шу сабабли, труба қувурларида гидравлик зарба ҳосил бўлади. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, ушбу кранларни буг ва иссиқ суюқлик узатувчи труба қувурларида қўллаш мумкин эмас, чунки кобик деформацияланади ва тиқин унга ёпишиб қолиши мумкин.



11.12-расм. Харакатчан шпинделли параллел задвижка:
1- кобик, 2-пона, 3-шпбер

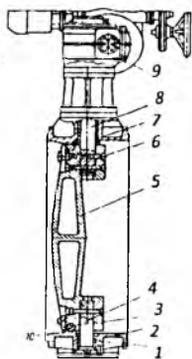


11.13-расм. Қўзғалмас шпинделли понасимон задвижка:

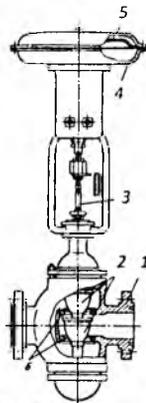
1-эгар, 2-пона, 3- кобик, 4-харакатчан гайка,
5,8-кистирма, 6-шпиндель, 7-копкок, 9-сальник,
10-сикувчи гайка, 11-маховик

Кранлар чўян, пўлат ва латундан тайёрланади. 11.10-расмда золотникда ўрнатилган фторопласт (чарм ёки резина) зичловчи халкали 2 ўтказувчи вентил конструкцияси келтирилган. Кобик 1 ва копкок 5 лар узаро паронит кистирма 4 ёрдамида зичланади. Сальник остига эса, асбест аркондан ясалган кистирма қўйилади.

Тикинли, бурчакли вентиллар ўлчаш системасида тикинли элемент ва юкори босимли синтез курилмаларида модда олувчи системаларда ишлатилади (11.11- расм). Ушбу вентилларни исталган ҳолатда ўрнатиш мумкин, факат муҳит золотник осгидан кириши керак. Бунда, «ёпик» ҳолатида шпиндель сальники босим остида бўлмайди. Шунда, сальник таъмирлаш труба қувуридаги суюкликни тўқмасдан олиб борса бўлади.



11.14-расм. Дискли тўсик (заслонка):
1,7-подлинниклар, 2-кобик, 3-сикувчи халка,
4-ўк, 5-диск, 6-штифт, 8-ўк, 9-электр узатма,
10-резинали халка



11.15-расм. Мембранали ижрочи механизми ростловчи клапан:

1-кобик, 2-затворлар, 3-шток, 4-ижрочи механизм, 5- мембрана, 6-эгар.

Вентилларни қўллаш соҳаси жуда кенг. Улар буг ва сув қувурларида, каттик заррачаларсиз суюкликларни узатиш линияларида ўрнатилади. Агарда, суюклик таркибида каттик заррачалар бўлса, вентилларнинг зичланишига ёки ёпилишига халакит беради.

Задвижкаларда диск ёки пона шаклидаги затвор зичланувчи юза бўйлаб ҳаракатланади. Муҳит оқими затворга нисбатан перпендикуляр йўналишда бўлади. Трубада муҳит босими паст бўлса, параллел задвижкалар, босим юкори бўлса – понасимон задвижкалар ўрнатилади.

Параллел задвижкларда ёпувчи ким бўлиб 2 бўлакдан иборат шибер хизмат килади. Иккала шибер орасида пона 2 ўрнатилган. Агар пона пастга тушса, шибер иккала бўлагини йиғади ва зичловчи юзага сикади (11.12-расм).

Понасимон задвижкларда пона 2 пастга туширилса ёки юкорига кўтарилса, эгар 1 нинг зичловчи ҳалқалари бўйлаб ҳаракатланади ва задвижкани ёпади ёки очади. Шпиндель 6 айлантирилганда пона илгарилама ҳаракатланади. Шпиндель сальник ёрдамида зичланади (11.13 - расм). Задвижклар очиш ёки ёпиш учун шпиндель жуда кўп айлантрилиши керак. Шунинг учун, катта диаметрли задвижклар электр узатма ёрдамида очилади ёки ёпилади. Параллел задвижклар, олатда сув узатиш қувурларида ўрнатилади ва улар пневмо- ёки гидроузатмали қилиб тайёрланади.

Суюклик окимига перпендикуляр ўқда айланувчи диск кўринишидаги затворли задвижка – заслонка дейилади. Бу турдаги мосламалар муҳитнинг босими паст ва тикинли органнинг зичланишига талаблар юкори бўлмаганда ҳамда катта диаметрли труба қувурларида ишлатилади.

Заслонкалар қўл ёрдамида, гидро-, пневмо- ёки электр узатмалар ёрдамида бошқарилади.

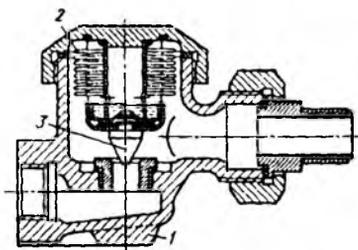
11.14-расмда сув қувурларида ўрнатиладиган пўлат дискли заслонка (тўсиқ) келтирилган. Ушбу мослама вертикал ва горизонтал труба қувурларида ўрнатиш мумкин. Унда ишчи орган диск 5 ўк 4 атрофида айланади. Сиқувчи ҳалқа 3 диск ариқчасига қўйилган резина кистирма 10 ни маҳкамлайди ва унинг ёрдамида зичланади.

Ўк 8 нинг ҳаракатчан бирлашмаси – қобик 2 билан сальник ёрдамида зичланади.

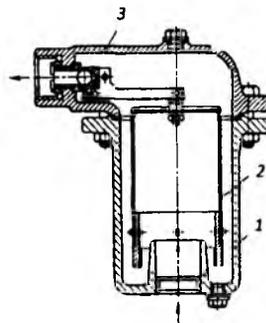
Ростловчи арматура – бу аввалам бор, ростловчи клапан ва вентил, аралаштирувчи клапан, редуцияли клапан ва сатҳ ростлагичлардир. Автоматик ростлаш системаларида ростловчи клапан ишчи муҳит сарфини бошқаради. 11.15-расмда мембранали ижрочи механизмли ростловчи клапан келтирилган. Клапанни бошқариш масофавий: импульс бевосита ижрочи механизм 4 нинг мембранаси 5 га узатилади ва маълум куч натижасида шток 3 ни (затвор 2 билан) ҳаракатга келтиради. Турли муҳитларни маълум пропорцияларда аралаштириш учун аралаштирувчи клапанлар ишлатилади. Ростловчи ва аралаштирувчи клапанлар электр ёки пневматик механизмларга эга.

Фаза ажратувчи арматура асосан конденсат ажратгичдан иборат бўлиб, труба қувурларидан конденсатни чиқариб олиш учун ишлатилади. Ушбу мосламалар автоном ҳолда ишлайди, яъни труба қувурларида йиғилиб қолган конденсатни вақти-вақти билан чиқариб туради. Ишлаш принципи конденсат ва бугнинг температура ёки зичликлари фарқига асосланган (11.16 - расм).

Ҳозирги кунда асосан термостатик ва қалқовичли (поплавокли) конденсат ажратгичлар қўлланилади (11.16, 11.17 - расм). Мослама қобиги 1 да тикинли орган 3 золотники билан боғланган суюклик тўлдирилган сиффонли термостат 2 жойлаштирилган.



11.16-расм. Термостатик конденсат ажратгич:
1-қобик, 2-сиффонли термостат, 3-золотник.



11.17-расм. Қалқовичли конденсат ажратгич:
1-қобик, 2-қалқович, 3-қопкок.

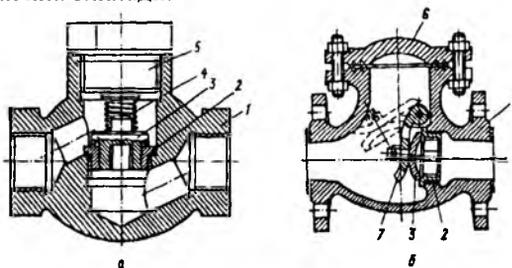
Мослама ичига конденсат тўлиши билан унинг температураси пасаяди. Натижада, сильфон ичидаги босим камаяди, золотник кўтарилади ва системадан конденсат оқиб чиқа бошлайди. Конденсат тўлик чиқиб бўлгандан сўнг, мосламага буғ қира бошлайди. Сўнг, температура кўтарилади ва натижада босим ортади. Босим ортиши золотник тушишига сабабчи бўлади ва конденсат чиқиш тешигини ёпади.

Сакловчи ва химояловчи арматура. Сакловчи арматура труба қувурлари ва қурилмаларда рухсат этилмаган юқори босим ҳосил бўлиши олдини олади. Кўпинча сакловчи клапан ва йиртилувчи мембраналар қўлланилади.

Клапанлар

Тескари клапанлар. Кўпинча, қимё ва нефть-газни қайта ишлаш технологик тизимларида муҳитни орқага ҳаракатланиш олдини олиш керак. Бундай ҳолларда тескари клапанлар ишлатилади. Бу турдаги мосламалар муҳитни фақат бир томонга ўтказиши, яъни муҳит йўналиши тескари томонга ҳаракатланса – ушбу клапан труба қувури автоматик равишда тўсиб қўяди. Ҳамма тескари клапанлар конструкциясига қараб иккига бўлинади: кўтарилувчи ва бурилувчи (11.18 - расм).

Сакловчи клапанлар. Технологик қурилма ва машиналарда, босим рухсат этилгандан юқорига кўтарилиши мумкин эмас. Бунинг учун қурилмаларда ва технологик тизимларда сакловчи клапанлар ўрнатилади ва улар қурилмадан маълум миқдордаги муҳитни чиқариб юбориши ва натижада босим ростланади. Қурилмада зарур босим ўрнатилгандан сўнг клапан яна ёпилади.



11.18 - расм. Тескари клапанлар:

а - кўтарилувчи; б - бурилувчи; 1 - қобик; 2 - эгар; 3 - клапан; 4 - пружина; 5 - клапан кўтарилишини чегараловчи пробкали қопқоқ; 6 - қобик қопқоғи; 7 - буриш ричағи.

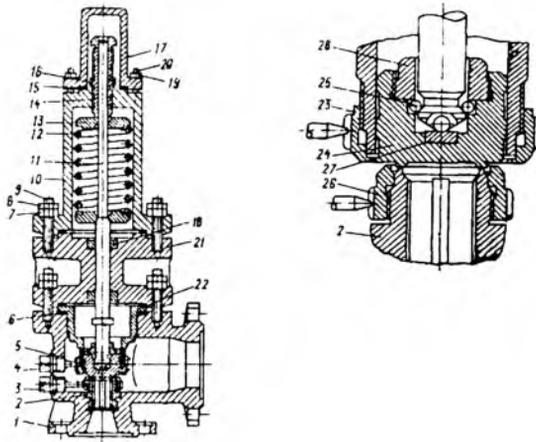
Клапанлар ричағли ва пружинали (11.19-расм) бўлади. Буғ қозонлари ва труба қувурларида асосан ричағли клапанлар қўлланилади. Портловчи ва захарли муҳитлар учун мўлжалланган қурилмаларда бу турдаги клапанларни қўллаш ман этилади. Монтаж даврида клапан ричағи горизонтал ҳолатда бўлишига қатъий риоя қилиш керак.

Ёпик турдаги пружинали клапанлар чиқарилаётган муҳитни атмосферага тарқалишига йўл қўймайди. Бунда, ортиқча муҳит махсус конденсацион системага тушади ёки ёндириб юбориш учун факелга йўналтирилади.

Ушбу клапаннинг энг асосий деталлари – бу пружина. Одатда, у 50ХФА маркали пўлатдан ясалади. Унинг температураси 200°С дан ошмаслиги керак, шунинг учун муҳит температураси 300...600°С бўлганда махсус тўсик билан иссиқлик манбаидан ажратиб қўйиш зарур. Пружинали клапанлар 15; 25; 40; 50; 80; 100; 150 мм шартли диаметр ва 1,6; 2,5; 4,0; 6,4; 10,0; 16,0 МПа шартли босимли қилиб тайёрланади.

11.4. Арматураларни танлаш

Труба қувурларининг диаметри 50 мм ва ундан юқори бўлганда асосан задвижка ишлатилади. Бунга сабаб, унинг минимал гидравлик қаршилиги, затворнинг мукамал



11.19 - раем. Пружинали сакловчи клапан:

1 - кобик, 2 - соқло; 3,4 - маҳкамловчи винт; 5,15 - кистирма; 6 - гофриланган кистирма, 7,19 - гайкалар; 8,16 - контр гайкалар; 9,20 - шпилькалар; 10 - копоқ; 11 - шток; 12 - пружина; 13 - таянч шайба, 14 - ростловчи шайба, 17 - калпок, 18 - втулка, 21 - ажратгич, 22 - йўналтирувчи втулка; 23,26 - ростловчи втулкалар, 24 - золотник, 25 - кесувчи халка; 27 - таглик, 28 - гайка.

зичланиши ва муҳит йўналиши ўзгаришига мойиллиги.

Труба қувурлари диаметри 50 мм дан кам бўлганда вентиллар қўлланилади. Вентилларнинг асосий афзалликлари – бу зичловчи юзалар ишқаланиш йўқлиги, муҳит таркибидаги каттик заррачалар билан шикастланмаслиги кафолати; юкори босимларда ҳам қўллаш мумкинлиги.

Дискли заслонка(тўсиқ)лар температураси $\leq 80^{\circ}\text{C}$, шартли диаметр ≤ 2000 мм ва шартли босим 1,6 МПа гача бўлган суюқ ва газсимон, нейтрал муҳитни узатувчи трубада ўрнатилади.

Арматурани танлашда узатилаётган муҳитнинг коррозион фаоллиги, ёнувчанлиги ва захарлигига аҳамият бериш зарур.

Ёнувчан, захарли, портлаш хавфи бор муҳитлар, суюлтирилган газларни узатувчи труба қувурларида факат пўлат задвижкалар қўлланилади.

Чўяндан ясалган арматурани ёнувчан газ ишчи температураси -30 дан $+150^{\circ}\text{C}$ гача, босими $\leq 1,6$ МПа, кулранг чўяндан ясалгани эса температураси -10 дан $+100^{\circ}\text{C}$ гача, босими $\leq 0,6$ МПа бўлган газ қувурларида ишлатиш тавсия этилади.

Меъёрий талабларга биноан, муҳит ишчи босими ва температурасидан катъи назар чўян арматураларни куйидаги ҳолларда ишлатиш тавсия этилмайди: А гуруҳидаги захарли моддалар учун; кайнаш температураси 45°C дан паст энгил ёнувчан ва суюлтирилган углеводородлар учун; труба қувурларида тебраниш уйғотадиган газлар учун; труба девори 0°C дан паст бўлганда музлайдиган сув буғи ва бошка суюкликларни узатиш учун; атроф-муҳит температураси -30°C дан паст температураларда.

Агар труба қувурлари атроф-муҳит -40°C дан паст температураларда ишлатилаётган бўлса, легирланган пўлат ва махсус котишмалардан ясалган арматура қўлланиши зарур.

Юкори коррозион фаол суюкликлар узатилганда, коррозион бардош материаллардан ясалган арматура ишлатилиши мақсадга мувофиқ.

Захарли, олов ва портлаш хавфи бор муҳитларни труба қувурлари оркали ҳайдалганда, сильфонли арматурани ўрнатиш керак.

Арматура камдан-кам очиб-ёпилганда қўл ёрдамида бошқариш мумкин. Агарда арматура тез-тез очиб-ёпилса электр-, пневмо- ва гидроузатмали арматура қўлланилади. Очик майдон, намлиги юкори кудукларда ва атроф-муҳит температураси -40°C дан паст бўлган ҳолларда электр узатмали арматурани ишлатиб бўлмайди.

Труба диаметри 80 мм дан кам бўлса, арматура резьбали бирикма ёрдамида бирлаштирилади, чунки резьбали бирикмаларда элементлар сони минимал ва конструкцияси содда бўлади. Агар труба қувурлари тез-тез тозалашни талаб этса, кичик диаметри қувурларда фланец бирикмалар қўлланилади. Лекин арматурани трубага маҳкамлашнинг энг пухта усули – бу пайвандлашдир. Шунинг учун, ёнувчан, захарли, портловчи мухитлар узатиладиган қувурларда имкони борича пайвандлаш усулида бирлаштирилади.

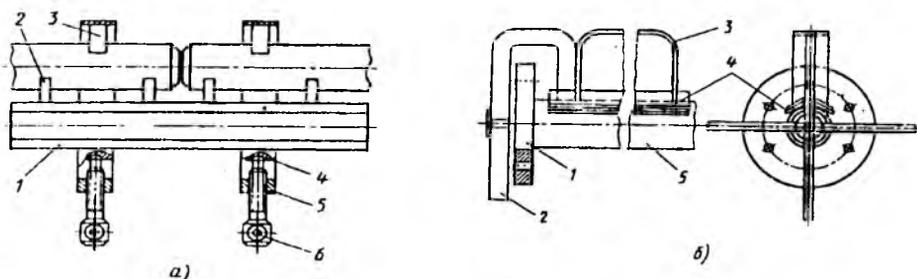
Босими ва температурасидан қатъи назар, кучли таъсир этувчи захарли моддалар ва тувовчи кислоталар труба қувурлари орқали узатилганда, ҳамма фланецли бирикмаларнинг зичловчи конструкцияси «шип-паз» бўлиши мақсадга мувофиқ.

11.5. Труба қувурларини монтаж қилиш

Технологик труба қувурларини монтаж қилиш ишларининг ҳажми, саноат иншоотларини қуришдаги монтаж ишлари умумий ҳажмининг салмоқли қисмини ташкил этади. Масалан, кимё саноатида 35-40% ни, нефть-газни қайта ишлаш саноатида 55-60%.

Монтаж ишлари бошланишдан аввал, даставвал труба тайёрлаш корхоналарида қатта тайёрлов ишлари ўтказилади, яъни труба ўлчанади, кесилади, қайилтирилади, учларига механик ишлов берилади ва унда тешиқлар қилинади, труба қувури элементлари йигилади ва пайвандланади, синовдан ўтказилади, маркировка қилинади ва ҳоказо.

Трубалар махсус йиғиш стендларида мосламалар ёрдамида йигилади ва пайвандланади. Қатта бўлмаган диаметри трубаларни пайвандлаш даврида марказлаштириш учун махсус мосламадан фойдаланилади (11.20а-расм). Бунинг учун хомут 5 ўлчамли винт 6 ёрдамида ростланади.



11.20- расм. Труба қувурлари деталларини йиғиш учун қўлланиладиган мосламалар:
 а- трубаларни марказлаштириш учун (1-асос; 2-таянч призма, 3-сиккиш призмаси,
 4 - тиргович, 5-хомут, 6-винт, б- труба ва фланецни марказлаштириш учун
 (1-фланец, 2-назорат крестовинаси, 3-ушлагич, 4-угольник, 5-труба)

Трубаларни марказлаштириш таянч 2 ва сиқувчи 3 призмалар ёрдамида амалга оширилади.

Йиғма бирикмаларни монтаж қилишда, кўпинча фланецни трубага бирлаштириш керак.

Фланецни труба ўкига нисбатан перпендикуляр бўлишини таъминлаш зарур. Ушбу жараёни амалга ошириш учун 11.20 б-расмда кўрсатилган мослама хизмат қилади. Фланецни труба ўкига перпендикулярлигини бир вақтнинг ўзида иккита ўзаро перпендикуляр юзалар бўйича текширилади. Бунинг учун крестовина 2 ва фланец 1 орасидаги тиркиш махсус шчуп ёрдамида ўлчанади.

Трубаларни дискли ёки токар дастгоҳларида кесилади. Ундан ташқари, маятникли арра ёки газ- алангали қурилмаларда ҳам кесиш мумкин. Кесилган трубалар учи ва кирраларига махсус дастгоҳларда пневмо- ёки электр жилвирлаш машиналарида механик ишлов берилади. Диаметри 200 мм гача бўлган трубаларни совук ҳолатида труба букиш

дастгоҳларида, диаметри 200 мм дан катта бўлган трубаларни иссик ҳолатда букилади. Букиш вақтида деформация бўлмаслиги учун труба ичи курук қум билан тўлдирилади.

Йиғиш олдида труба ва деталлар ифлосликлардан тозаланади ва сикилган ҳаво билан пуфлаб юборилади. Мойли деталлар камерада иситиш ёки 100-120°C ли минерал мойли ванналарда тозаланади. сўнг бензин ёки уайт-спирт билан артилади ва ундан кейин иссик сув ёки ювувчи суюқликлар билан ювилади.

Труба қувурларининг трассага ётқизишдан аввал, ҳар 50-200 м да капрон ёки пўлат ингичка сим ёрдамида трасса горизонтал, тўғри участкалари ва труба вертикал баландлиги белгиланади. Сўнг, кўзгалмас ва ҳаракатчан таянчлар, арматура, шахобчалар ўрни аниқланади ва белгиланади. Шундан кейин, таянч конструкциялар ўрнатишга киришилади ва уларнинг тўғри жойлашганлиги, яъни сатҳи ва вертикаллиги текширилади. Труба қувурларининг монтаж қилишда таль, труба ётқизиш кранлари ва юк кўтарувчи механизмлардан фойдаланилади. Цех ичидаги труба қувурларининг пайвандлаш чоклари назорат учун қулай бўлиши ва таянчлардан энг камида 50 мм масофада бўлиши ҳисобга олинishi керак. Бўйлама чок шундай ўрнатилиши керакки, уни ҳар доим кузатиш имкони бўлиши керак. Фланешли бирикмалар бевосита таянчларга яқин жойлаштирилиши керак. Ундан ташқари, труба қувурлари эшик ва деразаларни ёпиб қўймаслиги зарур. Эшик ва деразалар устида арматура, фланешли ва резьбали бирикмалар ўрнатилиши ман этилади.

Труба қувурлари девордан 50...100 мм масофада, монтаж қилишдан аввал уларга махсус цилиндрик *патрон*лар кийгизиб, сўнг ўрнагилиши керак.

Труба қувурлари йиғма бирикмаларни кўринишида монтаж қилинади. Йиғма бирикма узун труба, унга маҳкамланган арматура, компенсатор ва иссиклик копламалари бўлади. Охириги пайтда блокли (йирик блокли монтаж технологияси) усул кенг қўламда қўлланилмоқда. Бунда, ускуналарнинг бир нечтаси бирлаштирувчи труба билан уланган, арматура, назорат ва бошқариш асбоблари ўрнатилган, монтаж учун тайёр ҳолатда заводдан олиб келинади.

Монтаж ишлари якунлангандан сўнг, труба қувурининг зичланиши ва мустаҳкамлигини текшириш учун гидравлик ёки пневматик синовдан ўтказилади. Гидравлик синов ўтказиш мумкин бўлмаган ҳолларда (атроф-муҳит температура 0°C дан паст ёки майдонда сув бор бўлса), пневматик синов ўтказилади. Синов босимида труба қувури 5 дақиқа давомида ушлаб турилади, сўнг босим миқдори ишчи босимгача туширилади ва пайванд чокларига болға билан уриб, труба қувури назорат қилинади. Назорат даврида аниқланган камчиликлар бўр ёки бўёк билан белгиланади. Камчиликларни бартараф этиш, системада босим туширилгандан кейин амалга оширилади. Агар синов даврида босим пасаймаса ҳамда пайванд чоклари, фланешли бирикма ва бошқа бирлашган жойлардан суюқлик окмаса, зичланиш ва мустаҳкамлик синовлари қоникarli деб ҳисобланади.

11.6. Труба қувурларининг синаш

Монтаж ёки таъмирлашдан чиққан ва эксплуатацияга туширишдан аввал ҳамма труба қувурлари мустаҳкамлик ва зичлик синовларидан ўтказилиши шарт. Кўпинча, труба қувурлар синашда гидравлик, камрок пневматик синовлар қўлланилади. Синаш босими, одатда труба қувурининг паспортида берилади; агар босим берилмаган бўлса, босим остида ишлайдиган қурilmаларининг синовдан ўтказиш йўриқномасига таяниб амалга оширилади. Труба қувури синов босими остида 5 дақиқа давомида ушлаб турилади ва ундан кейин ишчи босимгача аста-секин пасайтирилади ва қузатувдан ўтказилади.

Умумий синовдан ташқари, алоҳида пайванд чоклари рентген нури ёки ультратовуш ёрдамида сифати текширилади. Агарда пайвандлаш ишлари атроф-муҳит температураси 0°C дан паст бўлганда қилинган бўлса, 100% пайванд чоклари рентген нури назоратидан ўтказилади.

Шу билан бирга, ҳамма пайванд чоклари ташқи қузатув орқали сифати аниқланади.

Эксплуатацияга топшириладиган труба қувурининг схемаси, текширув акти, мустаҳкамлик ва зичлик синовлари актларини ўзига мужассам қилган паспорти бўлиши шарт.

11.7. Труба қувурларини эксплуатация қилиш

Труба қувурларини эксплуатация қилишда температура ва босим ҳисобланган кўрсаткичлардан ортиб кетмаслиги керак. Агар труба қувури зичланиши бузулганда, у дархол муҳит узатувчи ҳамда сиқувчи системадан узилиши ва камчиликлари бартароф қилиниши керак. Ҳар труба қувурида ўтказилган ҳамма ишлар эксплуатация журналида қайд этилиши шарт.

Труба қувурини назорат қилувчи ходимлар қувур ташки томони ҳолатини ҳамда таянч, осма мослама, компенсатор, иссиқлик коплама ва бошқаларни текширувдан ўтказишади.

Ундан ташқари, пайванд чокларининг мустаҳкамлиги ва зичланиши, фланецли бирикма ва бошқалар ҳолати назорат қилиниб, сўнг эксплуатация қилиш мумкинлиги белгиланади. Одатда, труба қувурида оқим йўналиши ўзгарувчи жойларда энг кўп емрилади ва у ерда маҳаллий гидравлик қаршиликлар ҳосил бўлади.

Арматуралар ҳолати алоҳида назоратда бўлиши керак. Уларнинг ҳар доим герметик ва шпинделларни зичлаш мосламаларининг мунтазам кузатилиши бузулмасдан ишлашининг қафолатидир.

Арматура маховики қўшимча ричаг ва мосламалар ёрдамида эмас, балки ишончли ва ортикча кучсиз осон очилиб ёпилиши керак.

11.8. Труба қувурларини ҳисоблаш

Труба қувурларининг диаметрини тўғри аниқлаш, уларни қўриш ва монтажга ҳамда энергетик ва эксплуатацион сарфлар қанча бўлишини белгилайди. Труба диаметрини аниқлашда асос бўлиб, иш унумдорлик ва узатилаётган муҳитнинг тезлигидир. Труба диаметри секундли сарф тенгламасидан аниқланади:

$$V_c = w \cdot F = w \cdot \frac{\pi \cdot D_*^2}{4} \quad (11.7)$$

$$D_* = \sqrt{\frac{4 \cdot V_c}{\pi \cdot w}}$$

бу ерда, D_* – труба ички диаметри, V_c – ҳажмий сарф, w – суюқликнинг ўртача тезлиги.

Шундай қилиб, труба диаметри нархи унда ҳаракатланаётган суюқлик тезлиги билан белгиланади. Лекин суюқлик тезлиги қанча кўп бўлса, напор йўқотилиши шунча катта бўлади. Бу эса, ўз навбатида суюқликни узатиш учун кетаётган энергетик сарфларни ортишига олиб келади. Шунинг учун, берилган эксплуатация шароитлари учун труба диаметрини ҳисоблашдан аввал, суюқликнинг оптимал тезлигини аниқлаш керак. Бунинг учун труба қувури гидравлик қаршилигини, яъни ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликларни билиш керак.

Труба қувурларида ишқаланиш қаршилиги босимнинг йўқотилиши ушбу формуладан топилади:

$$\Delta P_{н.к} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (11.8)$$

бу ерда, l – труба қувури узунлиги, λ – ишқаланиш коэффициенти

Суюқлик ламинар ҳаракат режимида ишқаланиш коэффициенти ушбу формуладан аниқланади:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Турбулент режим ($Re=4 \cdot 10^3 \dots 10^5$)да эса

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}$$

Маҳаллий каршилиқлар туфайли напорнинг йўқотилиши куйидаги формуладан топилади:

$$\Delta P_{\text{ма}} = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (11.9)$$

Труба кувурларининг турли конструкциядаги элементлари маҳаллий каршилиқ коэффициентларининг кийматлари турли адабиётларда келтирилган [2.4.6.7].

Юқорида келтирилган формулалардан кўриниб турибдики, трубанинг оптимал диаметрини аниқлаш учун суюқлик тезлигини белгилаб олишимиз керак. Албатта, бу тезлик техник-иктисодий ҳисоблашлар асосида бажарилиши лозим. Куйидаги жадвалда газ, буг ва суюқликларнинг тавсия этилган тезликларининг ўзгариш чегаралари келтирилган.

11.5-жадвал

Суюқликлар	w, м/с	Газлар	w, м/с
ковушқоклиги паст	<3	0,1 МПа дан паст босимда	8-15
ковушқок	<1	0,1 МПа дан юқори босимда	20-30
эркин ҳаракатланувчи	0,2-1	ўта кизиган сув буги	30-50
мажбурий ҳаракатланувчи	1-3		

Труба кувурларига эксплуатация даврида муҳит босими, ўз массаси, температура деформацияси, ҳаракатчан таянч ва сальникли компенсаторларда ишқаланиш, шамол юқламаси таъсир этади. Ушбу юқламаларни ҳисобга олган ҳолда труба кувури мустаҳкамлигини таъминловчи ҳисоблаш ўтказилади.

Труба диаметри D ва ундаги босим P лар маълум бўлса, труба деворининг калинлигини куйидаги формуладан аниқлаш мумкин:

$$s = \frac{P \cdot D_B}{(2,3 \cdot [\sigma] - P) \cdot \varphi} + C \quad \text{ёки} \quad s = \frac{P \cdot D_B}{2,3 \cdot [\sigma] \cdot \varphi + P} + C \quad (11.10)$$

бу ерда, $[\sigma]$ – рўхсат этилган кучланиш; φ – бўйлама пайванд чокининг мустаҳкамлик коэффициенти; C – коррозияга кўшимча, одатда 0,5-5 мм ораликда қабул қилинади

Труба девори калинлиги аниқлангандан сўнг, эгилмаслик шартидан келиб чиққан ҳолда, таянчлар орасидаги энг максимал оралик l ушбу формуладан топилади:

$$l = \sqrt{\frac{12 \cdot [\sigma] \cdot W}{100 \cdot q_p}} \quad (11.11)$$

бу ерда, $[\sigma]$ – труба материали эгилмишига рўхсат этилган кучланиш, $[\sigma]=45-40$ МПа; W – труба кўндаланг кесмиининг каршилиқ momenti; q_p – эгишга олиб келувчи ҳисоб юқламаси.

$$q_p = n_1 \cdot q_{mp} + n_2 \cdot q_{np} + n_3 \cdot q_{ns} + n_4 \cdot q_u \quad (11.12)$$

бу ерда, q_{mp} – бир метр труба массаси; q_{np} – бир метр трубадаги маҳсулот массаси; q_u – бир метр иссиқлик қоплама массаси, q_s – бир метр трубага тушаётган шамол юқламаси, n – юқлама коэффициенти (одатда $n_1=n_2=1,1$; $n_3=n_4=1,2$).

Ички босимни ҳисобга олган таянчлар орасидаги энг максимал масофанинг аниқ кийматини l ушбу формуладан ҳисобланади:

$$l = \sqrt{\frac{\left(R_2 - \frac{P \cdot D_n}{4 \cdot s_w} \right) \cdot W_m}{8,33 \cdot q_p}} \quad (11.13)$$

бу ерда, s_w – коррозияни ҳисобга олмаган ҳолатдаги труба деворининг қалинлиги, m – иш шаришти коэффициентини одатда $m=0.8$

Труба қувури таянчларнинг ўртасидаги максимал эгилиш ушбу формуладан топилади:

$$f = \frac{q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad (11.14)$$

бу ерда, E – труба материалнинг эластиклик модули, I – труба қўндаланг кесимининг инерция моменти

Кўпчилик труба қувурлари учун таянчлар орасидаги масофа нормallasштирилган ва махсус адабиётларда келтирилган.

Труба қувурлари таянч ва осма мосламалари қурилиш ёки металл конструкцияларга ўрнатилади. Албатта, иккала конструкция ҳам ёнмайдиган ва оловбардош бўлиши керак. 11.21- расмда таянч ва осма мосламаларнинг айрим конструкциялари келтирилган.

Таянчларни танлаш учун асосий мезон – бу ҳисобланган юклама қийматидир. Таянчлар учун ГОСТ ва нормаллар ишлаб чиқилган.

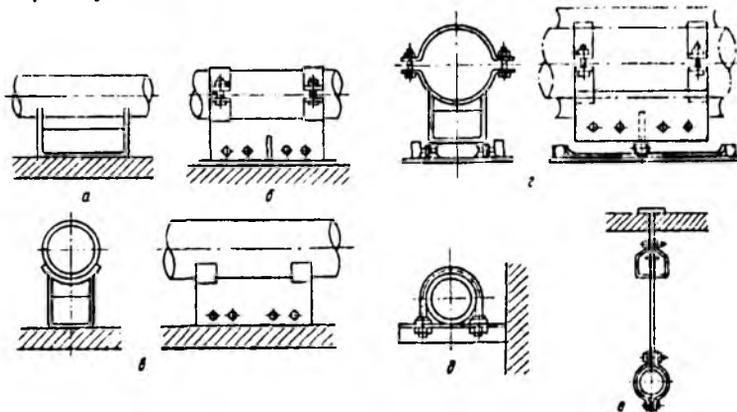
Таянчга тушаётган вертикал юклама (11.15) ва шамол юкласини эса (11.16) формуладан аниқланади:

$$Q_H = 1,5 \cdot q_p \cdot l \quad (11.15)$$

$$Q_{H2} = q_w \cdot D \cdot l \quad (11.16)$$

бу ерда, q_p – шамолнинг теълик напори, D – иссиқлик қопламаси труба диаметри

Агар атроф-муҳит температураси 0°C дан паст бўлганда, узатилаётган муҳитларнинг труба қувурлари махсус хомутли таянчларга ўрнатилади. Хомут ва труба орасига ёғоч кистирма қўйилади.



11.21 - расм. Труба қувурлари таянчлари:

а - қўзғалмас, пайвандланган, б - қўзғалмас, хомутларга маҳкамланган, в - ҳаракатчан, г - фишпиракларга ўрнатилаган, д - кронштейнга ўрнатилаган, е - осма

Нометалл труба қувурларига эса, эластик кистирмалар (масалан, резина) қўйиш тавсия этилади. Эксплуатация жараёнида технологик труба қувурлари тебранишларга дучор бўлиши мумкин. Ушбу ҳодисанинг олдини олиш учун махсус амортизатор ва қўшимча таянчлар ўрнатилади. Одатда, таянчлар оғир, массив пойдеворларга ўрнатилади.

чунки бунда тебранишлар технологик курилмаларнинг бошка конструкцияларига ўтмайди.

11.9. Босими 10 МПа гача бўлган технологик пўлат труба қувурларнинг мустаҳкамлик ҳисоби

Рухсат этилган қучланиш $[\sigma]$ ни ҳисоблаш. Труба қувурларнинг элемент ва бирикмаларини статик мустаҳкамлик ҳисоби ушбу формула ёрдамида аниқланади:

$$[\sigma] = \min \left[\frac{\sigma_{0.2}}{n_y}, \frac{\sigma_b}{n_b}, \frac{\sigma_z}{n_z} \right]$$

бу ерда, n_y, n_b, n_z – вақтинчалик қаршилиқ, оқувчанлик чегараси ва узок муддатли мустаҳкамлик захира коэффициентлари

Ушбу коэффициентлар қуйидагича топилади:

$$n_y = n_z = 1,3 \cdot \gamma \quad (11.17)$$

$$n_b = 2,1 \cdot \gamma \quad (11.18)$$

Труба қувурининг ишончлилик коэффициенти γ 11.6-жадвалда келтирилган.

11.6-жадвал

Узатилаётган молда	Қуйидаги тоифадаги труба қувурларининг ишончлилик коэффициенти γ		
	І.П	Ш. IV	V
Ҳамма гуруҳ газлари, суюлтирилган газлар, А гуруҳидаги моддалар	1.25	1.15	1.10
Б ва В гуруҳидаги моддалар, газлардан ташқари	1.15	1.05	1.00

Ҳамма турдаги пўлатлар учун рухсат этилган қучланиш ушбу формуладан аниқланади:

$$[\sigma] = [\sigma^{20}] \cdot A_t \quad (11.19)$$

бу ерда, A_t – температура коэффициенти (11.7-жадвал)

A_t – температура коэффициенти

11.7-жадвал

№	Пўлат тури	Ҳисобланган температура t_b , °C	Температура коэффициенти A_t
1.	Ст 3; Ст 10; 20; 25; 09Г2С; 10Г2С1; 15ГС; 16ГС; 17ГС; 17Г1С;	<200	1,00
		250	0,9
		300	0,75
		350	0,66
		400	0,52
		420	0,45
		430	0,38
		440	0,33
		450	0,28
2.	15X5M	<200	1,00
		325	0,9
		390	0,75
		430	0,66
		450	0,52
3.	08X18H10T, 08X22H6T, 12X19H10T, 45X14H14B2M, 10X17H13M2T, 10X17H13M3T,	<200	1,00
		300	0,9

4.	08X17H1M3T, 15XM. 12MX 12X1MΦ, 15X1MΦ	400	0,75
		450	0,69
		<200	1,00
5.	20X3MBΦ	450	0,9
		<200	1,00
		320	0,9
		450	0,69

Труба деворининг қалинлигини ҳисоблаш учун обечайка девори қалинлигини аниқлаш формуласидан фойдаланса бўлади, лекин геометрик ўлчам сифатида трубанинг ташки диаметрини қўллаш мақсадга мувофиқ:

$$S_R = \frac{P \cdot D_a}{2\varphi \cdot [\sigma] + P} + C \quad (11.20)$$

бу ерда, P – ҳисобланган ички босим, МПа; D_a – труба ташки диаметри, м; φ – пайванд чокиннинг мустаҳкамлик коэффициентини, $[\sigma]$ – рухсат этилган кучланиш, МПа, C – конструктив қўшимча, м

Ички босим остидаги ҳисобланган кучланиш куйидагича аниқланади:

$$\sigma = \frac{P[D_a - (S - C)]}{2A_i \cdot \varphi \cdot (S - C)} \quad (11.21)$$

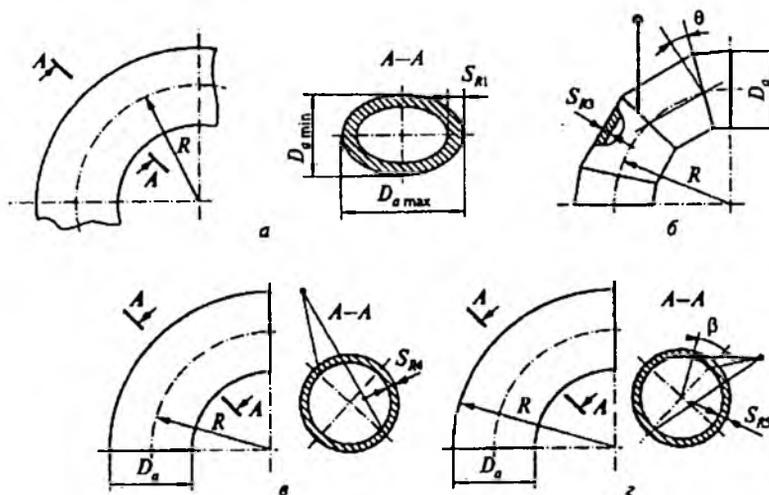
Агар D_b ни D_a алмаштирсак, рухсат этилган ички босим ушбу формуладан топилади:

$$[P] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - C)}{D_a \cdot (S - C)} \quad (11.22)$$

Букилган тирсак девори қалинлигини ҳисоблаш. Агарда $R/(D_i - S) \geq 1,7$ бўлса, бу турдаги тирсаклар (11.22-расм) учун S_{R1} ҳисоблаш учун (11.20) формулани қўллаш мақсадга мувофиқ.

Девори ўзгармас қалинликда бўлган чоксиз тирсакларни ҳисоблаш. Девор қалинлиги ушбу формуладан ҳисоблаб топилади:

$$S_{R2} = k_2 \cdot S_R \quad (11.23)$$



11.22-расм. Тирсаклар:

а - букилган, б - секторли, в - штамплаб пайвандланган.

k_2 – коэффициент кийматлари 11.8-жадвалда келтирилган.

$R/(D_a \cdot S)$	>2	1,5	1,0
k_2	1,0	1,15	1,30

11.8-жадвал

Секторли тирсақлар деворининг қалинлигини ҳисоблаш (11.22а-расм) ушбу формула ёрдамида аниқланади:

$$S_{R3} = k_3 \cdot S_R \quad (11.24)$$

Сектор ва ярим секторлардан таркиб топган отводлар учун k_3 коэффициент кийматлари қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\text{кесилиш бурчаги } \theta < 15^\circ \text{ да} \quad k_3 = \frac{4R - D_a + S_R}{4R - 2D_a - 2S_R} \quad (11.25)$$

$$\text{кесилиш бурчаги } \theta > 15^\circ \text{ да} \quad k_3 = 1 + 1,25 \operatorname{tg} \theta \cdot \sqrt{\frac{D_a - S_R}{2S_R}} \quad (11.26)$$

Шталтлаб пайвандланган тирсақлар деворининг қалинлигини ҳисоблаш пайванд чокнинг жойлашганлигига қараб амалга оширилади:

– пайванд чоки букилиш текислигида (11.22в-расм)

$$S_{R4} = \frac{k_3 \cdot S_R}{\varphi} \quad (11.27)$$

– пайванд чоки нейтрал текислигида бўлиб (11.22г-расм), қуйидаги икки кийматдан каттаси танланади

$$S_{R5} = \frac{S_R}{\varphi} \quad (11.28)$$

$$S_{R5} = k_3 \cdot S_R \quad (11.29)$$

– пайванд чоки нейтрал текислигига β бурчаги остида бўлиб (11.22г-расм), S_{R12} ва (11.29) формуладан ҳисобланган S_{R3} кийматлардан энг каттаси танланади.

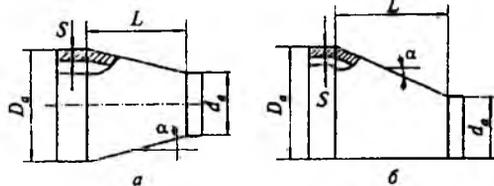
$$S_{R12} = \frac{1 + \frac{D_a - S_R}{4R} \cdot \sin \beta \cdot S_R}{1 + \frac{D_a - S_R}{2R} \cdot \sin \beta \cdot \varphi} \quad (11.30)$$

Ҳар бир пайванд чоки учун β бурчагини аниқлаш 11.22г-расмда келтирилган.

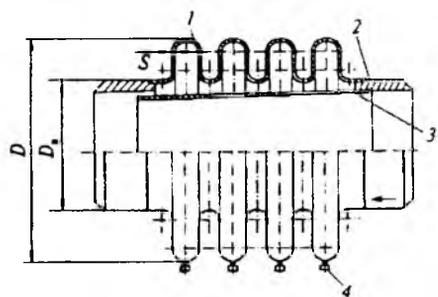
Торайгичлар деворининг қалинлигини ҳисоблаш. Конуссимон торайгичнинг ҳисобланган қалинлиги ушбу формуладан аниқланади (11.23-расм):

$$S_{R6} = \frac{P \cdot D_a}{2 \cdot [\sigma] \cdot \cos \alpha + P} \quad (11.31)$$

бу ерда, φ – бўйлама пайванд чокнинг мустақамлик коэффициенти



11.23-расм. Торайғичлар:
а - конуссимон; б - эксцентрик



11.24-расм. КЛО турдаги компенсатор:
1-линзалар (штампланган ярим гофрлардан пайвандалаб ясалган), 2-патрубкка, 3-ички обечайка, 4-дренаж

11.10. Труба қувурларининг компенсаторларини ҳисоблаш учун асосий формулалар

Оддий труба қувурларининг компенсациялаш қобилиятини 11.25-расмда кўрсатилган X ва Y критериял параметрлар ёрдамида баҳоланади.

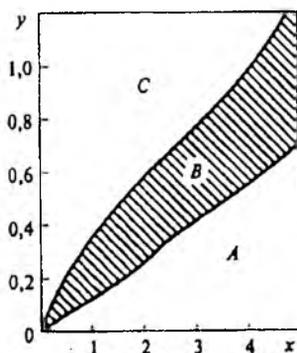
x – параметри труба қувури бутун узунлиги L нинг қўзғалмас таянчлар орасидаги массага l га нисбати сифатида топилади:

$$x = \frac{L}{l} - 1 \quad (11.32)$$

y – параметри температура деформациясининг труба қувури бутун узунлиги келтирилган функцияси:

$$y = \frac{E \cdot D_a}{[\sigma] \cdot L} \cdot \left(\alpha \cdot \Delta t \pm \frac{C_m}{l} \right) \quad (11.33)$$

бу ерда, E – пўлатнинг эластиклик модули, МПа; $[\sigma]$ – номанал руҳсат этилган кучланиш, МПа, α – ҳисобланган температурада пўлатнинг чизикли узайишнинг температура коэффициентини, $1/^\circ\text{C}$, Δt – труба деворининг ҳисобланган температураси ва монтаж температуралари орасидаги фарқ, $^\circ\text{C}$, C_m – монтаж чўзилиши, м



11.25-расм. Оддий труба қувурининг компенсациялаш қобилиятини баҳолаш графиги.

А – температура таъсирида узайишни труба қувури компенсация қилади; В – компенсаторни ҳисоблаш талаб этилади; С – температура таъсирида узайишни труба қувури компенсация қилмаслиги сабабли унинг шаклини ўзгартириш керак.

Труба қувурларини лойиҳалашда уни температура блокларига бўлишади. Ҳар бир блокда температура деформациялари компенсация қилинади. Труба қувури ва таянчлар (шу жумладан, қурилма штуцерлар) даги жуда катта кучланишлар туфайли температура

деформацияларини ўз-ўзидан компенсация қилинмаса, бундай ҳолларда компенсаторлар ўрнатилади.

Труба қувурларидаги иссиқлик деформацияларини компенсация қилиш қуйидаги турдаги компенсацияловчи мосламалар қўлланилади: пўлатдан ясалган эгилувчан компенсаторлар (хилма-хил шакли) ва труба қувурларининг бурилиш мосламалари; линза ва сифонли компенсаторлар; сальникли компенсаторлар.

Эгилувчан компенсаторларни ҳисоблаш. Бу турдаги компенсаторлар узунлигини топиш учун труба қувурининг иссиқлик таъсирида чўзилиши Δl ҳисобланади:

$$\Delta l = \varepsilon \cdot \Delta t \quad (11.34)$$

бу ерда, ε – компенсатор дастлабки чўзилиши ва компенсацион кучланиш релаксациясини инobatга олувчи коэффициент иссиқлик элтич температураси $t \leq 400^\circ\text{C}$ тўлиқ иссиқлик чўзилиш Δl нинг 50% ва $t \geq 400^\circ\text{C}$ - Δl нинг 100%. ушбу коэффициентнинг сон қийматлари 11.9-жадвалдан олинди. Δt – труба қувури ҳисобланган участкасининг тўлиқ иссиқлик чўзилиши мм

$$\Delta l = \alpha \cdot \Delta t \cdot L \quad (11.35)$$

бу ерда, α – нулагини 0 дан t ($^\circ\text{C}$) гача қиздирилганди ўртача чизикли кенгайиш коэффициенти, мм/(м·К); Δt – ҳисобланган температуралар фарқи бўлиб, иссиқлик элтич ва атроф-муҳит температуралари орасидаги фарқка тенгдир, $^\circ\text{C}$; L – труба таянчлари орасидаги масофа, м

Коэффициент ε нинг қийматлари

11.9-жадвал

№	Иссиқлик элтич температураси t , $^\circ\text{C}$	Монтаж вақтида	Ишчи ҳолатда
1.	<200	0.5	0.5
2.	251-300	0.6	0.5
3.	301-400	0.7	0.5
4.	401-450	1.0	0.35

Таянчлар орасидаги масофа (оралик)ни ҳисоблаш. Бевосита кўзгалмас таянч ёки компенсатор (П-симон, сифонли, сальникли ва ҳ.) га ёндашиб турган масофа четки оралик, колганлари эса ўртача оралик деб номланади. Ўртача оралик ушбу (11.36) ва (11.37) формулалардан аниқланади ва иккитасидан энг кичиги ҳисобланган оралик деб қабул қилинади:

$$l_{sp} = (D_o - S) \cdot \sqrt{\frac{3.75\pi \cdot S \cdot \varphi_{bn} \cdot (1.1[\sigma] - \sigma_{nr})}{g}} \quad (11.36)$$

$$l_{sp} = \sqrt[3]{\frac{12E \cdot J \cdot i}{g \cdot y(1-y) \cdot (1-2y)}} \quad (11.37)$$

бу ерда, J – труба қўндаганг кесимининг инерция моменти, м⁴; i – қиялик, одатда 0.002 кам бўлмаган қиймат қабул қилинади, σ_{nr} – ички босим туфайли ҳосил бўлган бўйлама кучланиш, y – ўлчамсиз параметр, одатда $y=0,33-0,5$.

Амалда четки оралик узунлиги ўртача ораликнинг 80% ни ташкил этади.

Линзали компенсаторларни ҳисоблаш. Линзали компенсаторлар вертикал ва горизонтал труба қувурларида қўлланилади. Улар одатда шартли диаметр, шартли босим ва линзанинг компенсация қилиш қобилиятига қараб танланади (11.24-расм).

Компенсатордаги ҳисобланган линзалар сони ушбу формуладан аниқланади:

$$z = \frac{\Delta_k}{\Delta_d} \quad (11.38)$$

Ҳисоблаш натижасида олинган сон энг яқин катта сонгача яхлитланади.

Компенсатор деформацияси Δ_k қуйидагича ҳисобланади:

$$T_m > t_e \text{ бўлганда} \quad \Delta_s = \Delta_s - \Delta_{\rho_1} + \Delta_{\rho_2} \quad (11.39)$$

$$t_m < t_e \text{ бўлганда} \quad \Delta_s = \Delta_s - \Delta_{\rho_1} - \Delta_{\rho_2} \quad (11.40)$$

бу ерда, Δ_s – труба температура деформацияси бўлиб, (11.30) формуладан аникланади, м. $\Delta_{\rho_1} = \frac{P \cdot l}{E_s \cdot F_s}$ – компенсатор ҳаракат реакцияси туфайли труба деформацияси, м, $\Delta_{\rho_2} = \frac{P \cdot l}{E_s \cdot F_s}$ – кенгайтирувчи куч таъсиридаги труба деформацияси, м, E_s – труба материалнинг эластиклик модули, МПа, F_m – труба қундаланг кесимининг юзаси, м², t_m ва t_e – труба ва давонинг температуралари, °С

Агар қандайдир сабабларга кўра стандарт компенсатор танлаш имкони бўлмаса, линзали компенсатор лойиҳаланади.

Компенсатор ҳисоби маълум кетма-кетликда олиб борилади:

– линза деворининг номинал ҳисобланган қалинлиги аникланади, м

$$S_R = 0,895 K \cdot D_n \cdot \sqrt{\frac{P}{[\sigma]}} \quad (11.41)$$

– компенсатор реакцияси P_R , МН

$$P_R = 4,9 \cdot \frac{[\sigma] \cdot S^2}{1 - \beta} \quad (11.42)$$

– линзадаги муҳит босими таъсирида кенгайиш P_p , МН

$$P_p = 0,8 K_1 \cdot P \cdot D_n^2 \quad (11.43)$$

бу ерда, D_n – линзанинг ички диаметри, трубаининг ташқи диаметрига тенг қилиб олинади, $\beta = D_n/D$; D – линзанинг ташқи диаметри, м, S – линза деворининг қабул қилинган қалинлиги, м, $[\sigma]$ – линза материалнинг букилишга руҳсат этилган кучланиш, МПа, P – трубадаги ҳисобланган босим, МПа

$$K = \sqrt{\frac{(1-\beta) \cdot (1-\beta)^2}{8\beta^2 \cdot (3+\beta)}}; \quad K_1 = \frac{\pi}{12} \cdot \frac{(1-\beta) \cdot (1+2\beta)}{\beta^2}$$

Битта линзанинг деформацияси ушбу формуладан топилади:

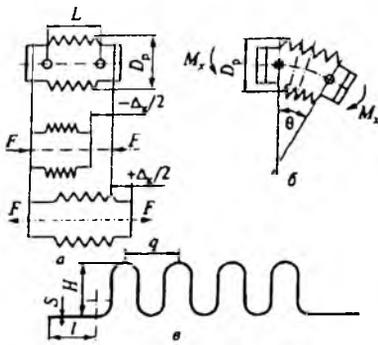
$$\Delta_s = 0,075 K_2 \cdot \frac{[\sigma] \cdot D_n^2}{E \cdot S} \quad (11.44)$$

$$\text{бу ерда} \quad K_2 = \frac{6,9}{1-\beta} \cdot \left(\frac{1-\beta^2}{\beta^2} - \frac{4 \ln^2 \beta}{1-\beta^2} \right).$$

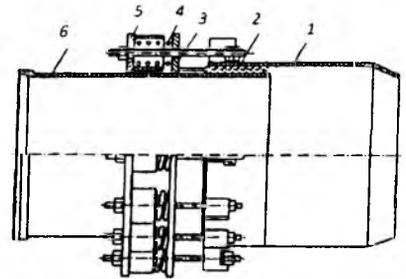
Сильфонли компенсаторларни ҳисоблаш. Линзали компенсаторларга қараганда сильфонлар кичик диаметри ва гофрлар сонининг кўплиги ҳамда деворининг жуда юққалиги билан ажралиб туради. 11.26-расмда сильфонли компенсаторларнинг асосий турлари келтирилган.

Сальникли компенсаторларни ҳисоблаш. Сальникли компенсаторларни муҳитнинг босими $P_s \leq 2,5$ МПа ва температураси $t \leq 300^\circ\text{C}$, труба қувурининг диаметри 100 дан 1000 мм гача бўлган ҳолларда қўллаш мумкин (11.27-расм). Бунда труба қувури ер остида ёки паст таянчларда ўтказилган бўлиши даркор.

Сальникли компенсаторларни ҳисоблаш қалинликни ва сальник зичловчи материал (мой шимдирилган юмшоқ мато ёки аркон) ни сиқиш кучини, сальник детали ва элементларининг асосий ўлчамларини аниқлашни ўз ичига камраб олган:



11.26-расм. Сильфонли компенсаторларнинг асосий турлари:
а-ўқли, б-универсал, в-сурилувчи, г-буралувчи.



11.27-расм. Сальникли компенсатор:
1-кобик, 2-зичловчи материал, 3-босиб турувчи втулка, 4-компенсацияловчи пружина, 5-босувчи халка; 6-втулка.

– сальникнинг юмшоқ зичловчи материалнинг ҳисобланган қалинлиги S_c , мм:

$$S_c = 1.4 \sqrt{D_c} \quad (11.45)$$

бу ерда, D_c – сальник қобигининг диаметри, ҳисоблаб топилган S_c нинг қиймати бутун сонгача яхлитланади ва 3-25 мм оралиқда қабул қилинади.

– зичловчи материалнинг баландлиги h муҳитнинг босимига боғлиқ ва 11.10-жадвал танланади.

Сальникли компенсаторларнинг юмшоқ зичловчи материал h шинг тавсия этилиши ... баландлиги

11.10-жадвал

P , МПа	0,6 дан кам эмас	0,6 дан 1,6 гача	1,6 дан 2,5 гача	2,5 дан катта
h , мм	$3S_c$	$4S_c$	$5S_c$	$63S_c$

11.11. Юқори босимли технологик пўлат труба қувурларнинг мустаҳкамлик ҳисоби

Труба қувурларини ҳисоблашда ички босим асосий юклама деб юритилади. Ҳисобланган ички босим P ўрнида, одатда ишчи босим P_n қабул қилинади. Мустаҳкамлик ҳисобларда труба қувури ичида ҳаракатланаётган ишчи муҳит температураси инобатга олинади.

Одатда, труба қувурлари чоксиз трубалардан йиғилади. Нефть-газ ва кимё саноатларида қуйидаги турдаги пўлатлардан ясалади: Ст.20, 15ГС, 15ХМ, 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 12Х2МФСР, 12Х11В2МФ ва 12Х18Н12Т ва ҳ.к.

Ички босим p остида ишлайтган труба ўлчамларини ҳисоблаш. Бунда труба деворининг қалинлиги аниқланади:

$$S_p = K_1 \cdot (S_p + C) \quad (11.46)$$

бу ерда, $K_1 = 1/(1 - 0,01\delta)$ – δ нинг маъний қўйиниға боғлиқ коэффициент, %, S_p – деворининг минимал ҳисобланган қалинлиги $S_p = 0,5D(\beta - 1)/\beta$, β – трубаининг қалин деворлик коэффициентини, C – конструктив қўшимча

Трубаининг қалин деворлик коэффициентини аниқлаш:

$$\beta_p = \exp\left(\frac{P}{\phi[\sigma]}\right) \quad (11.47)$$

бу ерда, P – ҳисобланган босим; ϕ – пайванд чоқининг мустаҳкамлик коэффициентини; $[\sigma]$ – материал руҳсат этилган қучланиши.

Труба ташки диаметри ушбу формулада ҳисобланади:

$$D_T = d + 2S_T \quad (11.48)$$

бу ерда, d – труба ички диаметри.

Трубада рухсат этилган босим

$$[P] = \varphi \cdot [\sigma] \cdot \ln \frac{D - 2C_2}{d + 2C_1} \quad (11.49)$$

(11.36) ва (11.38) формулар ёрдамида ҳисоблаб топилган девор калинлиги S_m ва диаметри D_m ларнинг кийматлари саноатда ишлаб чиқариладиган трубаларнинг энг яқин калинлиги ва диаметригача яхлитланади ва танланади. Труба қувурларини ҳисоблаш ва танлашда температура юқламаларини ҳам инобатга олиш даркор.

Эгри чизикли элементларни ҳисоблаш. Бу турдаги элементларга тирсак, қўшалок тирсаклар қиради (11.28-расм). Уларнинг айрим қўндаланг кесимлардаги девор калинликларини аниқлаш эгри чизикли элементнинг чегаравий критик ҳолатини баҳолаш асосида олинади.

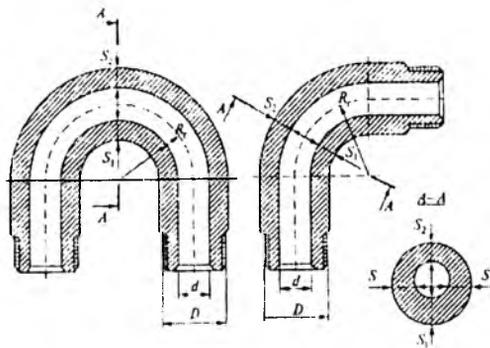
Эгри чизикли элементнинг эгилган бўлимидаги калинлиги қуйидагидан кам бўлмаслиги керак:

$$\text{– ён томон юзасида} \quad S = 0.5 \cdot (d + 2C_1) \cdot (\beta_p - 1) + C \quad (11.50)$$

$$\text{– ботик юзасида} \quad S_1 = 0.5 \cdot (d + 2C_1) \cdot (J_1 \cdot \beta_p - 1) + C \quad (11.51)$$

$$\text{– бўртиқ юзасида} \quad S_2 = 0.5 \cdot (d + 2C_1) \cdot (J_2 \cdot \beta_p - 1) + C \quad (11.52)$$

бу ерда, β_p – (11.47) формулада ҳисоблаб топилган элементнинг калли деворлик коэффициентини, $J_1, J_2 - S_1$ каллиликдаги девор қўндаланг кесимида йўғонлаштириш ва S_2 каллиликдаги девор қўндаланг кесимида текис трубага нисбатан юқкалштириш зарурлигини инодаловчи коэффициент (11.29-расм). C_1 – ички юзани коррозия емирилишига қўшимча.



11.28-расм. Эгри чизикли элемент девори каллилигини ҳисоблаш схемаси.

Конуссимон торайғичларни ҳисоблаш. Торайғичнинг S_1 ва S_2 девор каллиликлари текис труба девори каллилигидан кам бўлмаслиги керак ва улар ушбу формулалардан аниқланади (11.30-расм):

$$S_1 = 0.5 \cdot (d_1 + 2C_1) \cdot (\beta_{\text{рк}} - 1) + C \quad (11.53)$$

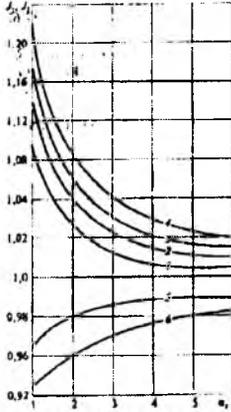
$$S_2 = 0.5 \cdot (d_2 + 2C_1) \cdot (\beta_{\text{рк}} - 1) + C \quad (11.54)$$

бу ерда, d_1, d_2 – катта ва кичик цилиндрларнинг ички диаметрлари, $\beta_{\text{рк}} = \exp[p/(\varphi[\sigma] \cos \alpha_k)]$ – торайғичнинг калли деворлик коэффициентини, α_k – конусе ташкил этувчиси ва ўқи орасидаги бурчак, одатда $\alpha_k \leq 45^\circ$

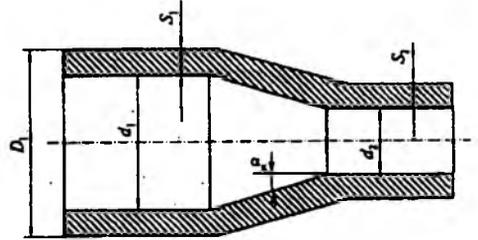
Тайёр деталдаги рухсат этилган ишчи босим

$$[\rho] = \varphi[\sigma] \cdot \ln \frac{D_1}{d_1 + 2C_1} \quad (11.55)$$

бу ерда $D_1 = d_1 + 2S_1$.



11.29-расм. J_1 (1-4 чизиклар) ва J_2 (5-6 чизиклар) коэффициентларнинг α_r турли β_p га боғлиқлиги.
 1-1,10 ≤ β_p ≤ 1,20; 2-1,20 ≤ β_p ≤ 1,35; 3-1,35 ≤ β_p ≤ 1,55;
 4-1,55 ≤ β_p ≤ 2,00; 5-1,10 ≤ β_p ≤ 1,55; 6-1,55 ≤ β_p ≤ 2,00



11.30-расм. Конуссимон торайғич.

11-боб. Технологик труба ва қувурлар бўйича Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Технологик труба нима?
2. Шартли диаметр деб нимага айтилади ва унинг стандарт қатори?
3. Труба қувурлари неча гуруҳга бўлинади?
4. Шартли босим деб нимага айтилади ва унинг стандарт қатори?
5. Труба қувурларини бирлаштирувчи деталлари.
6. Болт ва шпилькалар ҳисоби.
7. Компенсаторлар турлари ва конструкциялари.
8. Труба ва қувурлар таянчлари.
9. Фланецли бирикмалар конструкциялари.
10. Қистирмалар турлари ва конструкциялари.
11. Болт ва шпилькаларни ҳисоблаш кетма-кетлиги.
12. Арматуралар турлари ва конструкциялари.
13. Клапанлар турлари ва конструкциялари.
14. Труба қувурларини монтаж қилиш, синаш ва эксплуатация қилиш.
15. Труба қувурларини ҳисоблаш.
16. Труба қувур компенсаторларини ҳисоблаш.
17. Юқори босимли труба қувурларининг мустаҳкамлик ҳисоби.

**12 - боб. МОНТАЖ ИШЛАРИНИНГ ТЕХНОЛОГИК
ЖИҲОЗ ВА МОСЛАМАЛАРИ**

**12.1. Қурилмани вертикал мачталарда кўтариш
мосламаларни ҳисоблаш**

Қурилма ва жиҳозларнинг ўлчамлари ва массаси катта бўлмаганда, уларни монтаж қилиш учун ўзи юрар ўкли кранлар қўлланилади.

Агар оғир ва баланд қурилмаларни ўзи юрар ўкли кранлар ёрдамида монтаж қилиш мумкин бўлмаса, унда мачтали кўтаргич (мачта, портал, шевр) ларни қўллаш мақсадга мувофиқ.

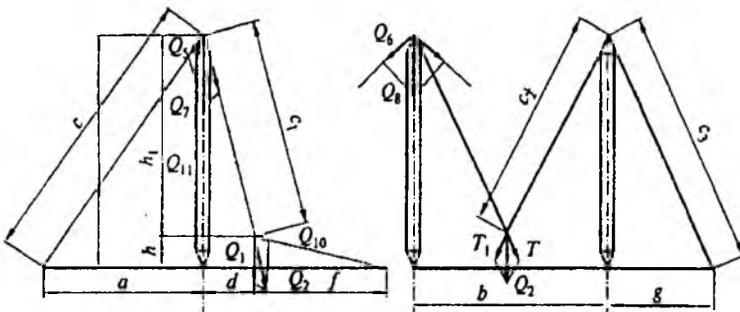
Қурилмаларни кўтариш конструкцияларига ва такелаж мосламаларига жуда катта юклама тушади. Тегишли ҳисобланган схемани ва тушаётган юкламани аниқлаш зарур жиҳозни тўғри танлаш имконини беради. Натижада хавфсиз ва ишончли монтаж қилиш усули тавсия этилади.

Қуйида колоннали қурилмаларни кўтариш ва ўрнатишнинг энг кенг тарқалган усуллари ва ҳосил бўладиган юкламаларни ҳисоблаш тартиби келтирилган.

Мачталар ёрдамида монтаж қилиш қуйидаги усуллари қўллаб амалга оширилади: қурилма пастки қисмини ердан кўтариб ёки кўтармасдан сирпантириш; пойдеворга ўрнатишда қурилма пастки қисмини торттиб ердан кўтармасдан сирпантириш; қурилмани шарнир атрофида айлантириш. Қайд этилган усулларнинг фарқи шундаки, қурилмани горизонтал ҳолатдан вертикалга кўтариш жараёнида унинг ҳаракатланиш усули турлича бўлади.

12.1-мисол. Қурилма пастки қисмини ердан кўтариб иккита мачтада сирпантириш усулида колоннали қурилмани лойиҳа нуктасига ўрнатиш учун такелаж мосламаси ҳисоблансин.

Бошланғич маълумотлар: Колонна оғирлиги $P=0,8$ МН; мачта оғирлиги $P_m=0,05$ МН; юк кўтариш полиспастрлар оғирлиги $P_{pn}=4$ кН; битта мачтадаги вантлар сони $n=4$; мачта узунлиги $l=50$ м; колонна баландлиги $H=42$ м; пойдевордан масса марказигача бўлган масофа $l_{cm}=18$ м; колонна диаметри $D=2$ м; мачта ўқидан орка вантнинг лангаригача бўлган масофа $a=50$ м; мачта ўқлари орасидаги масофа $b=4$ м; мачта ўқидан ён томондаги вантнинг лангаригача бўлган масофа $g=50$ м; қурилма ердан узилиш пайтида масса марказидан мачта ўқигача бўлган горизонтал масофа $d=20$ м; тормоз торткичининг узунлиги $f=40$ м; қурилма ердан узилиш пайтида масса марказидан мачта ўқигача бўлган вертикал масофа $h=15$ м; полиспастр карралиги $m=8$; динамиклик коэффиценти $k_d=1,1$. Ҳисоблаш схема 12.1-расмда берилган.



12.1-расм. Иккита мачтада юкни торттиб кўтариш даврида ҳосил бўладиган қучланишни ҳисоблаш схемаси.

Даставвал орка вантнинг узунлигини аниқлаймиз:

$$c = \sqrt{l^2 + a^2} = \sqrt{50^2 + 50^2} = 70,711 \text{ м} \quad (12.1)$$

Полиспасть, торткич ва юк масса маркази ўқларининг мачта учигача бўлган вертикал масофа:

$$h_1 = l - h = 35 \text{ м}$$

$$c_1 = \sqrt{d^2 + h_1^2} = \sqrt{20^2 + 35^2} = 40,311 \text{ м}$$

$$c_2 = \sqrt{c'^2 + (b/2)^2} = \sqrt{70,711^2 + (4/2)^2} = 70,739 \text{ м}$$

Ён томондаги вантнинг узунлигини куйидаги формуладан аниқланади:

$$c_3 = \sqrt{l^2 + g^2} = \sqrt{50^2 + 50^2} = 70,711 \text{ м}$$

Сўнг, кетма-кет куйидагиларни ҳисоблаймиз:

– полиспасть ва вантлар учун ҳисобланган кучланиш

$$Q_1 = \left(P + \frac{P \cdot m}{2} \right) \cdot k_o = \left(0,8 + \frac{0,004}{2} \right) \div 1,1 = 0,882 \text{ МН}$$

– дастлабки таранглаш натижасида ҳосил бўлган кучланишнинг вертикал ташкил этувчиси

$$P_o = S_1 \frac{l}{c} n = 0,01 \frac{50}{70,711} 4 = 0,028 \text{ МН}$$

– юк полиспастьларида ҳосил бўлган кучланишнинг умумий ташкил этувчиси

$$Q_2 = Q_1 \frac{fc_1}{fh_1 - dh} = 0,882 \frac{40 \cdot 40,311}{40 \cdot 35 - 20 \cdot 15} = 1,293 \text{ МН}$$

Мачта ўқиға нисбатан юк симметрик равишда осилганда полиспастьлардаги кучланиш ушбу формуладан топилади:

$$T = T_1 = Q_2 \frac{c_2}{2C_1} = 0,802 \frac{70,739}{2 \cdot 40,311} = 1,135 \text{ МН}$$

Полиспасть текислигидаги кучланишнинг горизонтал Q_3 ва вертикал Q_4 ташкил этувчиси куйидаги формулалардан аниқланади:

$$Q_3 = T \frac{\sqrt{d^2 + (b/2)^2}}{c_2} = 1,135 \frac{\sqrt{20^2 + (4/2)^2}}{70,739} = 0,322 \text{ МН}$$

$$Q_4 = T_1 \frac{h}{c_2} = 1,135 \frac{35}{70,739} = 0,561 \text{ МН}$$

Орка томон вантидаги кучланиш

$$Q_5 = Q_3 \frac{dc}{a\sqrt{d^2 + (b/2)^2}} = 0,322 \frac{20 \cdot 70,711}{50\sqrt{20^2 + (4/2)^2}} = 0,454 \text{ МН}$$

Ён томон вантидаги кучланиш

$$Q_6 = Q_3 \frac{bc_3}{g\sqrt{d^2 + (b/2)^2}} = 0,322 \frac{4 \cdot 70,711}{50\sqrt{20^2 + (4/2)^2}} = 0,091 \text{ МН}$$

Мачта ўқи бўйлаб таъсир қилаётган Q_5 ва Q_6 мос вертикал ташкил этувчилар Q_7 ва Q_8 қуйидагича ҳисобланади:

$$Q_7 = Q_5 \frac{l}{c} = 0,454 \frac{50}{70,711} = 0,321 \text{ МН}$$

$$Q_8 = Q_6 \frac{l}{c_3} = 0,091 \frac{50}{70,711} = 0,064 \text{ МН}$$

Юк оғирлиги туфайли мачта учига таъсир этаётган кучланиш ушбу формуладан топилади:

$$Q_9 = Q_4 + Q_7 + Q_8 = 0,561 + 0,321 + 0,064 = 0,946 \text{ МН}$$

Тормозли торткичдаги кучланиш

$$Q_{10} = Q_1 \frac{d\sqrt{h^2 + f^2}}{fh_1 - dh} = 0,882 \frac{20\sqrt{15^2 + 40^2}}{40 \cdot 35 - 20 \cdot 15} = 0,685 \text{ МН}$$

Мачта ўртасида кучланишлар йиғиндиси ушбу формуладан топилади:

$$Q_{11} = Q_9 + P_{\text{в}} / 2 + P_0 = 0,946 + 0,05 / 2 + 0,028 = 1 \text{ МН}$$

Полиспастан лебедкага кетаётган чизимчадаги кучланиш қуйидагича топилади:

$$S = T \frac{1 - \eta}{1 - \eta^m} = 1,135 \frac{1 - 0,98}{1 - 0,98^2} = 0,152 \text{ МН}$$

бу ерда, η – блокдаги битта гилдирак ф.и.к. ($\eta=0,96$ – гилдирак сирпаниш подшипникка ўрнатилганда; $\eta=0,98$ – гилдирак чайкалиш подшипникка ўрнатилганда)

Мачта асосидаги кучланишлар йиғиндиси:

$$Q_{12} = Q_9 + P_0 + P_{\text{в}} = 0,946 + 0,028 + 0,05 = 1,025 \text{ МН}$$

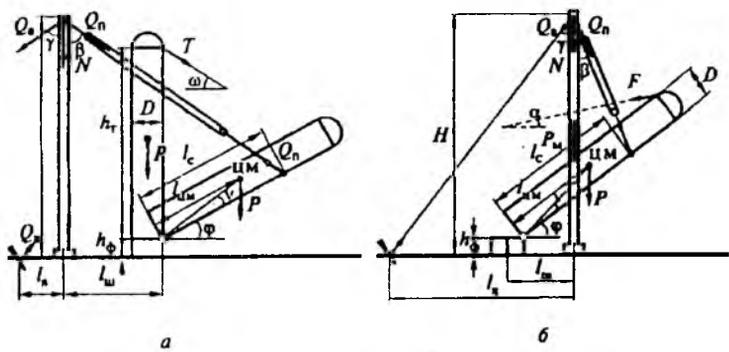
12.2. Қурилман мачтада шарнир атрофида айлантириш усулида кўтариш учун такелаж мосламаларини ҳисоблаш

Ушбу усул фақат мачта баландлиги кўтарилаётган қурилма баландлигидан катта бўлганда қўллаш тавсия этилади. Мачта ва кўтарилаётган қурилма жойлашининг иккита варианты бўлиши мумкин.

1-вариант. Мачта буралувчи шарнир орқасига ўрнатилади (12.2а-расм). Бунда қурилма бир босқичда нейтрал ҳолатгача кўтарилади ва сўнг эса, тормозли торткич

ёрдамида лойиха вертикал ҳолатига аста-секин ўз оғирлиги таъсирида пойдеворга туширилади.

2-вариант. Мачта буралувчи шарнир ва кўтарилаётган қурилма масса маркази орасига ўрнатилади (12.2б-расм). Бунда қурилма икки босқичда кўтарилади: аввал мачталар ёрдамида максимал мумкин бўлган бурчаккача, сўнг эса тортиш системаси орқали нотурғун мувозанатгача кўтарилади ва лойиха нуктасига ўрнатилади. Бу усулда полиспастр, мачта ва ишчи вантлар биринчи усулга караганда кам.



12.2-расм. Қурилмани шарнир атрафида буриб кўтаришнинг ҳисоблаш схемаси: а-мачта буралувчи шарнир орасига ўрнатилган; б- мачта буралувчи шарнир ва кўтарилаётган қурилма масса марказининг орасига ўрнатилган.

12.2-мисал. Иккита вертикал мачта ёрдамида шарнир атрафида айлантириш усулида колонна қурилмани кўтариш учун такалаж мосламаси ҳисоблансин.

Бошланғич маълумотлар: Колонна оғирлиги $P=0,4$ МН; мачта оғирлиги $P_m=15$ кН; қурилма узунлиги $L_{qm}=45$ м; колонна баландлиги $H=25$ м; пойдевордан масса марказигача бўлган масофа $l_{qm}=15$ м; колонна диаметри $D=1,2$ м; мачта ўқидан шарнир ўқигача бўлган масофа $l_m=8$ м; қурилма трос илинган жойидан унинг остигача бўлган масофа $l_c=22$ м; мачта ўқидан вантнинг лангаригача бўлган масофа $l_n=25$ м; пойдевор баландлиги $h_p=1$ м; шарнир ўқидан тормоз торткичи маҳкамланган нуктагача бўлган масофа $h_m=25$ м; горизонт ва тормоз торткичи орасидаги бурчак $\omega=45^\circ$; вантларни дастлабки таранглаш қучланиши $\delta_s=10$ кН; блокдаги битта ғилдирак ф.и.к. $\eta=0,975$; полиспастр карралиги $m=5$. Ҳисоблаш схема 12.2-расмда берилган.

Қурилма оғирлик маркази ва шарнир орасидаги масофа ушбу формула орқали ҳисобланади:

$$l = \sqrt{l_{qm}^2 + (0,5D)^2} = \sqrt{15^2 + (0,5 \cdot 1,2)^2} = 15,012 \text{ м}$$

Қурилманинг ташкил этувчиси ва оғирлик марказини бирлаштирувчи чизиклар орасидаги бурчак қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\nu = \arctg\left(\frac{D}{2l_{qm}}\right) = \arctg\left(\frac{2}{2 \cdot 15}\right) = 2,291^\circ$$

Мачта ва полиспастр орасидаги бурчак ушбу формула ёрдамида топилади: мачта 1-вариант бўйича ўрнатилганда

$$\beta_1 = \arctg\left(\frac{l_c \cos \varphi + l_m}{H - h_p - l_c \sin \varphi}\right) = \arctg\left(\frac{22 \cos 0^\circ + 8}{25 - 1 - 22 \sin 0^\circ}\right) = 51,34^\circ$$

мачта 2-вариант бўйича ўрнатилганда

$$\beta_2 = \arctg\left(\frac{l_c \cos \varphi - l_m}{H - h_\varphi - l_c \sin \varphi}\right) = \arctg\left(\frac{22 \cos 0^\circ - 8}{25 - 1,0 - 22 \sin 0^\circ}\right) = 30,256^\circ$$

Мачта ва вант орасидаги бурчак график усулда ёки куйидаги ҳисоблаш формуласи оркали аниқлаш мумкин:

$$\gamma = \arctg\left(\frac{l_a}{H}\right) = \arctg\left(\frac{25}{25}\right) = 45^\circ$$

Мачталар 2-вариант бўйича ўрнатилганда ва $\varphi=0^\circ$ да полиспахтадаги ҳисобланган кучланиш ушбу формуладан топилади:

$$Q_n = \frac{Pl \cos(\varphi + \nu) \cdot k_n \cdot k_o \cdot k_u}{2(H \sin \beta_2 - h_\varphi \sin \beta + l_m \cos \beta)} = \frac{0,4 \cdot 15,012 \cos(0^\circ + 2,291^\circ) \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,1}{2(25 \sin 30,256^\circ - 1,0 \sin 30,256^\circ + 8 \cos 30,256^\circ)} = 0,21 \text{ МН}$$

бу ерда, $k_n=1,1$ – ортикча юк коэффициентлари, $k_o=1,1$ – динамиклик коэффициентлари, $k_u=1,1 \cdot 1,2$ – юкларнинг бир хилда тарқалмаганлик коэффициентлари.

Мачталарнинг каерда жойлашганлигидан қатъи назар орка вантдаги кучланиш куйидагича аниқланади:

$$Q_o = Q_n \frac{\sin \beta_2}{\sin \gamma} = 0,21 \frac{\sin 30,256^\circ}{\sin 45^\circ} = 0,15 \text{ МН}$$

Q_o кучланиш қийматиға қараб орка вант учун пўлат трос тури ва диаметри танланади ҳамда унга лангар ҳисобланади, яъни лангар оғирлиги ёки анкер болтлардаги кучланиш ва лангарнинг ағдарилишға бардошлиги текширилади.

Тормоз торткичидаги кучланиш бўйича унга трос куйидаги формуладан топилади:

$$T = \frac{P \cdot D}{2h_T \cdot \cos \omega} = \frac{0,4 \cdot 1,2}{2 \cdot 25 \cdot \cos 45^\circ} = 0,014 \text{ МН}$$

ва унга мос чигир танланади.

Мачтаға таъсир этаётган кучланишлар йиғиндиси:

$$N = Q_n \cdot \cos \beta_2 + (Q_o + n \cdot S_o) \cdot \cos \gamma + S_n + P_u \cdot k_u = 0,21 \cos 30,256^\circ + (0,21 + 2 \cdot 0,02) \cdot \cos 45^\circ + 0,044 + 0,015 \cdot 1,1 = 0,376 \text{ МН}$$

бу ерда, $S_o=10-30$ кН – вантларни дастлабки таранглаш кучланиши; n – мачтанинг вантлар сони (орка вантдан ташқари).

$$S_n = Q_n \frac{1-\eta}{1-\eta^m} = 0,21 \frac{1-0,975}{1-0,975^2} = 0,044 \text{ МН}$$

полиспахта тросидаги кучланиш оркали мачтанинг сикилишға мустақамлиги ва турғунлиги текширилади.

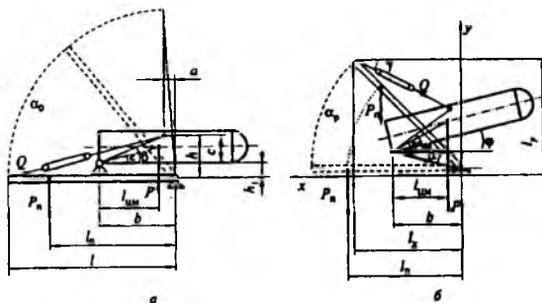
Агар максимал кучланиш F нинг қиймати $F < 147$ кН бўлса, трактор ёки чигир танланади ва тортувчи трос ҳисобланади; максимал кучланиш F нинг қиймати $F > 147$ кН бўлса, унда тортувчи полиспахта ва лангар ҳисобланади.

12.3. Қурилмани порталда (лангарсиз усулда) кўтариш учун такелаж мосламаларини ҳисоблаш

Лангарсиз қурилмани кўтаришнинг афзалликлари: вант ва лангарларнинг зарур эмаслиги; керакли монтаж майдончаси қурилманикидан озгина фарқланади; кўшимча

кран ва такелаж мосламалари ёрдамида матчали кўтаргичларни ишчи ҳолатга кўтариш ва ўрнатиш зарурати йўқлиги; пойдеворга монтажли горизонтал юкламаларнинг йўқлиги.

Ушбу усулнинг камчиликлари: портал таянчининг чўкиши жуда каттик таъсир этади; қурилма массаси 250 т дан ортик бўлганда, портал таянчи остига пойдевор қуриш керак. Лангарсиз кўтариш усулининг ҳисоблаш схемаси 12.3-расмда келтирилган.



12.3-расм. Такелаж мосламаси элементларидаги кучланишларни аниқлаш схемаси:

а - портални кўтаришнинг бошланғич оннда;
б - қурилмани кўтаришнинг бошланғич оннда.

12.3-мисол. Колоннани портал ёрдамида кўтаришда такелаж мосламанинг элементларидаги кучланишни аниқланг.

Бошланғич маълумотлар: Қурилма оғирлиги $P=1,0$ МН; портал оғирлиги $P_n=60$ кН; қурилма ўқи бўйлаб унинг шарниридан оғирлик марказигача бўлган масофа $l_{\text{қу}}=9$ м; қурилма узунлиги $l=35$ м; колонна баландлиги $H=25$ м; портал ўқи бўйича унинг шарниридан портал оғирлик марказигача бўлган масофа $l_n=30$ м; портал шарнири ва қурилмани илиш жойигача бўлган масофа $h=2,5$ м; пойдевор баландлиги $h_1=1$ м; монтаж штуцерлари ва оғирлик маркази орасида бўлган масофа $\Delta l=7$ м; портал таянчи ва илиш жойи орасидаги масофа $a=2$ м; қурилма эни бўйича шарнирдан оғирлик марказигача бўлган масофа $r=1,3$ м. Ҳисоблаш схема 12.3-расмда берилган.

Қурилмани ташкил этувчидан уни илиш жойигача бўлган масофа:

$$c = h - h_1 = 2,5 - 1 = 1,5 \text{ м}$$

Қурилмани шарниридан порталгача бўлган масофа:

$$b = l_{\text{қу}} + \Delta l + a = 9 + 7 + 2 = 18 \text{ м}$$

Қурилмани ташкил этувчиси ва шарнирни илиш жойи билан бирлаштирувчи чизик орасидаги бурчак ушбу формуладан топилади:

$$\beta = \arctg\left(\frac{c}{b}\right) = \arctg\left(\frac{1,5}{18}\right) = 4,764^\circ$$

Қурилмани ташкил этувчиси ва шарнирни оғирлик маркази билан бирлаштирувчи чизик орасидаги бурчак ушбу формуладан топилади:

$$\varepsilon = \arctg\left(\frac{r}{l_{\text{қу}}}\right) = \arctg\left(\frac{1,3}{9}\right) = 8,219^\circ$$

$$l_o = \sqrt{c^2 + (b - a)^2} = \sqrt{1,5^2 + (18 - 2)^2} = 16,07 \text{ м}$$

Қиялик бурчагини аниқлаймиз:

Қурилмани кўтариш бошланганда, $a=0$ ҳолат учун

$$\alpha_v = \arcsin \left[\left(\frac{Pl_{uv}l}{P_n l_n b} + 1 \right) \frac{hb}{l\sqrt{c^2 + b^2}} \right] - \beta = \arcsin \left[\left(\frac{1 \cdot 9 \cdot 35}{0,06 \cdot 30 \cdot 18} + 1 \right) \frac{2,5 \cdot 18}{35\sqrt{1,5^2 + 18^2}} \right] - 4,764^\circ = 44,986^\circ$$

Портал-қурилма системасининг нотургун мувозанат ҳолатида қурилманинг горизонт билан ташкил қилган бурчаги:

$$\varphi_1 = \arcsin \left(\frac{bh_1}{l^2} \right) + \sqrt{\frac{P^2 l_{uv}^2 - P_n^2 l_n^2}{P^2 l_{uv}^2 - P_n^2 l_n^2 b^2 / l^2}} - \beta = \arcsin \left(\frac{18 \cdot 1}{35^2} + \sqrt{\frac{1^2 \cdot 9^2 - 0,06^2 \cdot 30^2}{1^2 \cdot 9^2 - \frac{0,06^2 \cdot 30^2 \cdot 18^2}{35}}} \right) - 4,764^\circ = 88,866^\circ$$

Портални кўтарилиши билан полиспастрнинг ҳисобланган узунлиги қуйидагича аниқланади:

$$L = \sqrt{(l \sin \alpha - h^2)^2 + (l \cos \alpha - a^2)^2}$$

Портал-қурилма системаси мувозанатда бўлганда, қурилманинг маълум бир қиялигида портални кўтариш бурчаги α_p нинг қийматлари 12.1-жадвалда келтирилган.

12.1-жадвал

φ , град	0	9	18	27	36	45	54	63	72
α_p , град	29,7	47,9	55,7	57,2	53,0	48,9	42,9	27,9	-
γ , град	27,6	44,9	52,6	53,8	51,7	47,6	41,2	30,1	-1,15
Q_1 , МН	1,211	0,665	0,534	0,462	0,397	0,328	0,253	0,171	-
L , м	32,04	29,71	27,12	24,58	22,11	19,74	17,54	15,70	-

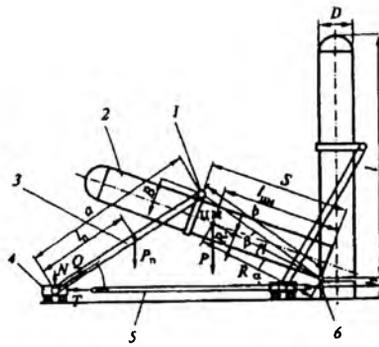
Кўтаришнинг бошланғич ониди $\varphi=0^\circ$ да портални кўтариш бурчаги $\alpha_p=29,674^\circ$ ни ташкил этади, яъни кўтариш бурчаги $44,986^\circ$ дан анча кичик. Қурилмани кўтариш билан бирга портал кўтариш бурчаги α_p ҳам ортади ва максимал микдори 57° га чиқади. Қурилма яна кўтарилганда портал пастга туша бошлайди. Агар қурилма нотургун мувозанат соҳасига $\varphi=\varphi_1=88,866^\circ$ келганда, портал ишламайди. Шунинг учун тормозли тортикч механизми ишга туширилиши керак.

12.4. Қурилмани тортиб кўтариш усули учун такелаж мосламаларини ҳисоблаш

Ушбу усул лангарсиз кўтаришнинг бир тури бўлиб, колоннали қурилмаларни шарнир атрофида буриб кўтаради (12.4-расм).

12.4-мисол. Колоннани тортиб кўтаришда такелаж мосламасининг элементларидаги қучланишни аниқланг.

Бошланғич маълумотлар: Қурилма оғирлиги $P=1.0$ МН; қурилма диаметри $D=2$ м; қурилма ўқи бўйлаб унинг шарниридан оғирлик марказигача бўлган масофа $l_{uv}=9$ м; қурилма оғирлик марказидан ўтайдиган ўқдан шарниргача бўлган масофа $R_2=1,2$ м; колонна бўйича шарнирдан бурилиш цапфасигача бўлган масофа $S=12$ м; қўшимча таянч оғирлиги $P_n=0,04$ МН; қўшимча таянчнинг пастки учидан оғирлик марказигача бўлган масофа $l_n=15$ м; қўшимча таянч узунлиги $a=30$ м; қурилманинг эни бўйича унинг шарнири ўқидан бурилиш цапфасигача бўлган масофа $B=2,4$ м; арава шарнирдан пойдевор баландлиги $h=1$ м. Ҳисоблаш схема 12.4-расмда берилган.



12.4-расм. Битта ромли таянчда қурилмани кўтаришдаги кучланишларни ҳисоблаш схемаси:
1-бурилиш цапфаси, 2-қурилма, 3-ромли таянч,
4-каретка; 5-полиспаст, 6-бурилиш шарнири.

Қурилма шарнири ўқидан оғирлик марказигача бўлган энг қисқа масофа куйидагича ҳисобланади:

$$R = \sqrt{l_{\text{чм}}^2 + R_2^2} = \sqrt{9^2 + 1,2^2} = 9,08\text{ м}$$

Қурилма шарнири ўқидан қўшимча таянчгача бўлган энг қисқа масофа куйидагича ҳисобланади:

$$b = \sqrt{S^2 + B^2} = \sqrt{12^2 + 2,4^2} = 12,238\text{ м}$$

$$\beta = \arctg\left(\frac{B}{S}\right) = \arctg\left(\frac{2,4}{12}\right) = 11,31^\circ$$

$$\gamma = \arctg\left(\frac{R_2}{l_{\text{чм}}}\right) = \arctg\left(\frac{1,2}{9}\right) = 7,595^\circ$$

$$\nu = \arctg\left(\frac{D}{2l_{\text{вр}}}\right) = \arctg\left(\frac{2}{2 \cdot 9}\right) = 6,34^\circ$$

Қурилманинг нотурғун мувозанат бурчаги

$$\alpha_{\text{нр}} = 90^\circ - \gamma = 90^\circ - 7,595 = 82,405^\circ$$

12.5. Такелаж мосламаларини танлаш

Юк кўтариш механизмлар классификацияси. Механизмни қўллаш синфи тахмин қилинаётган умумий эксплуатация давомийлиги ва номинал синфлар (12.2-жадвал) билан таърифланади.

Максимал умумий эксплуатация давомийлиги суткасига ўртача неча соат ишлатилиши, бир йилдаги иш кунлари ва қутилаётган ишлаш муддатлари асосида аниқлаш мумкин.

Қўллаш синфи	Умумий синаш давомийлиги, соат	Эслатма
T ₀	300	Вакти-вакти билан ишлатиш
T ₁	400	
T ₂	800	
T ₃	1600	
T ₄	3200	Енгил шароитда узлуксиз ишлатиш
T ₅	6300	Енгил шароитда узлукли ишлатиш
T ₆	12500	Узлуксиз интенсив ишлатиш
T ₇	25000	Интенсив ишлатиш
T ₈	50000	
T ₉	100000	

Юклаш режимлари нисбий давомийликни белгилайди, яъни бунда механизм максимал ёки камайтирилган юклама остида ишлаганини ифодалайди (12.3-жадвал).

Юклашнинг номинал режимлари

12.3-жадвал

Юклаш режимлари		Эслатма
белгилаш	тури	
L1	Енгил	Узлуксиз кичик юклама, камдан-кам энг катта юклама остида ишлайдиган механизмлар
L2	Ўртача	Узлуксиз ўртача юклама, тез-тез энг катта юклама остида ишлайдиган механизмлар
L3	Огир	Узлуксиз катта юклама, тез-тез энг катта юклама остида ишлайдиган механизмлар
L4	Жуда огир	Узлуксиз энг катта юклама остида ишлайдиган механизмлар

Полиспаст, блок ва тросларни ташлаш. Канатлар юкларни кўтариш, тушириш, тортиш ва ҳоказолар учун мўлжалланган. Канатлар эгилувчан тортувчи элемент бўлиб, пўлатдан, синтетик, пахта-коғозли ва канопли материаллардан тайёрланиши мумкин.

Юк кўтариш машиналарида юкори мустаҳкамликка эга бўлган пўлат симлардан ясалган канатлар қўлланилади. Симлар диаметри 0,2...3 мм бўлиб, узилишга вақтинчалпк каршилиги $\sigma_{вр} = 1400...2000$ МПа олий (В), биринчи (I) ва иккинчи (II) маркали пўлатдан тайёрланади.

Юк кўтариш машиналарининг канатлари бир ва қўшалок ўрилган бўлади (12.5-расм). Битта ўрамли канат бир даста қилиб ўрилган симлардан иборат. Қўшалок ўрилганда эса, аввал симлар тўплами қилиб ўрилади, сўнг эса марказий узак атрофида канат қилиб ўрилади. Ўзак канофли, асбестли, металл ёки синтетик бўлиши мумкин. Канопли ўзак куюк мой билан шимдирилган бўлади ва иш жараёнида сиқилади ва ўзакдан чиқиб канатни мойлайди. Бундай ҳол канатни эксплуатация қилиш вақтини узайтиради. Асбест ўзакли канатлар иссиқ цехларда, металл ёки синтетик ўзаклилар эса – канатларни кўп қатламли қилиб барабанга ўралганда қўллаш мақсадга мувофиқ.

Ўрилган канатларнинг қатламлар бўйлаб симларнинг бир-бирига тегиб туришига қараб қуйидаги:

- ЛК – чизикли тегиб турувчи;
- ТК – нуктада тегиб турувчи;
- ТЛК – нукта-чизикли тегиб турувчи турларга бўлинади.

ЛК туридаги канатлар бир неча хил:

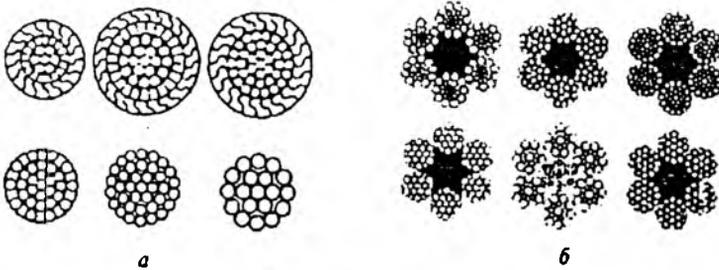
- ЛК-О – ташки қатламдаги симларнинг диаметри бир хил;

- ЛҚ-Р — ташки қатламдаги симларнинг диаметри ҳар хил;
- ЛҚ-РО – бир хил диаметрли симлардан ва айрим қатламлардаги симларнинг диаметри турлича;
- ЛҚЗ – симлар қатламлараро масофасига кичик диаметрли симлар жойлаштирилган бўлади.

-ЛҚ-РО 6x36 [1+7+7/7+14]+1 о.с. – русумли канат куйидагини билдиради: «6» - ўрамлар сони; «36»- ўрамдаги симлар сони; квадрат ковус ичидаги сонлар – ўрамдаги қатламлар сонини ва қатламдаги симлар сонини кўрсатади; «1 о.с.» - канат ўртасида битта органик ўзақ борлигини билдиради.

Полиспаcт деб кўзгалмас ва ҳаракатчан блоклардан, эгилувчан канат билан ўралган жисмлардан таркиб топган, куч ёки тезликдан ютишни таъминловчи мослама. Полиспаcтлар куйидаги афзалликларга эга:

- канатлардаги кучланишни камайтиради, бу эса канат, блок ва барабан диаметрини кичрайтириш имконини беради;



12.5-раем. Пулат трослар тузилиши:

а - бир ўрамли; б - кўшалок ўрамли

- юк туфайли барабанда ҳосил бўладиган статик моментни камайтиради;
- редукторнинг талаб этилган узатиш сонини камайтириш, оқибатда уни ихчамлаштириш имконини беради;

--динамик юкламаларни камайтириш ва механик тебранишларни бартараф қилиш.

Полиспаcтнинг асосий характеристикалари бўлиб карралик ва ф.и.к. ҳисобланади.

Полиспаcт карралиги деб юк осилиб турган ўрамлар сонининг барабанга тахланаётган ўрамлар сони нисбатига айtilади. Полиспаcт карралиги кучдан ёки тезликдан канчалик ютилганини кўрсатади. Максимал таранглик S_{max} полиспаcт карралиги $i_{пол.}$ га боғлиқ бўлиб, юкни кўтараётган механизм учун ушбу формуладан аниқланади:

$$S_{max} = \frac{G_{op} + G_{под}}{i_{пол.} \cdot \eta_{пол.} \cdot a} \quad (12.2)$$

бу ерда, G_{op} – кўтарилаётган юк оғирлиги, Н; $G_{под}$ – юк ушлайдиган бўлак оғирлиги, Н; $\eta_{пол.}$ –полиспаcт ф.и.к.; a – барабанга ўралаётган канат ўрамнинг сони.

Тахминий ҳисоблар учун полиспаcт карралиги $i_{пол.}$ нинг қийматларини 12.4-жадвалдан олиш мумкин.

Полиспаcт карралиги

12.4-жадвал

Барабанга ўраш тури	Полиспаcт тури	$i_{пол.}$ нинг қиймати юк кўтарилганда, т				
		<1	2-6	10-15	20-30	40-50
Бевосита	бир карра	1	2; 3	3; 4	4-6	-
	кўшалок	2	2	2; 3	3; 4	4; 5
Йўналтирувчи блоклар орқали	бир карра	1; 2	2; 3	3; 4	5; 6	-
	кўшалок	-	2	2; 3	3; 4	-

Полиспаста ф.и.к. блокларда канатнинг чўзилиши ва унинг ўқида ишқаланиши туфайли йўқотилишларни ифодалайди ва ушбу формуладан аниқланади:

$$\eta_{\text{пол}} = \frac{1 - \eta_{\text{бл}}^{\text{пол}}}{i_{\text{пол}} (1 - \eta_{\text{бл}})} \quad (12.3)$$

бу ерда $\eta_{\text{бл}}$ - блок ф.и.к. чайкалш подшипнигида утирган блоклар учун $\eta_{\text{бл}} = 0.97-0.98$, сирпаниш подшипнигидаги учун $\eta_{\text{бл}} = 0.94-0.96$

Мухандислик ҳисоблаш ишларини камаййтириш ва ихчамлаштириш учун юк кўтариш машиналарини лойиҳалаш жараёнида $\eta_{\text{пол}}$ кийматларини 12.5 ва 12.6-жадваллардан олиш тавсия этилади.

Полиспаст ф.и.к. $\eta_{\text{пол}}$

12.5-жадвал

$\eta_{\text{бл}}$	Полиспаст карралиги							
	2	3	4	5	6	8	10	12
0,96	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,96	0,82	0,78
0,98	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,89

Йўналтирувчи блок ф.и.к. $\eta_{\text{бл}}$

12.6-жадвал

$\eta_{\text{бл}}$	Полиспаст карралиги						
	2	3	4	5	6	7	8
0,96	0,92	0,88	0,85	0,81	0,78	0,75	0,69
0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,87	0,85

Блоклар – эгилувчан канатлар йўналишини ўзгартириш учун хизмат киладиган юк машинасининг элементи.

Блоклар ҳаракатчан, яъни уларнинг ўқи фазода ҳаракатланади ва кўзгалмас – кран металл конструкцияси каттик маҳкамланган бўлади. Блоклар уч турга: йўналтирувчи, тенглаштирувчи ва ушлаб турувчиларга бўлинади.

Йўналтирувчи блок диаметри ўралаётган канат ўрта чизиғи бўйича олинади ва ушбу формуладан аниқланади:

$$D_{\text{бл}} \geq d_{\text{к}} \cdot k \quad (12.4)$$

бу ерда, $D_{\text{бл}}$ – блокнинг диаметри; k – блок диаметрига боғлиқ коэффициент (12.7-жадвал).

Блок диаметрини танлаш коэффициенти

12.7-жадвал

Машина тури	Иш режими	k киймати
Юк кўтариш машиналарининг ҳамма турлари, чигирик ва электр талдан ташқари	M1, M2, M3	16, 18, 20
	M4	22,4
	M5	25
	M6	18
	Ўқли кранлар, чигирик ва электр таллар	M1-M6

Блокларнинг аниқ диаметр ўлчамларини қуйида келтирилган нормал катордан қабул қилиш керак: 160, 200, 250, 320, 400, 450, 560, 630, 710, 800, 900, 1000 мм.

Тенглаштирувчи блоклар қўшалок полиспастли механизмларда канат узунлигини ва шахобчалардаги юкламани текислаш учун қўлланилади.

Ушлаб турувчи блоклар канатнинг текис узун трассаларида ўрнатилади. Шунга алоҳида эътибор бериш керакки, бу блокнинг канат билан илашиш бурчаги жуда кичикдир. Ушбу блок диаметри $(8...10) \cdot d_{\text{к}}$ ораликда қабул қилинади.

Етакловчи блоклар айланма кучланишни узатиш учун хизмат килади. Ушбу блок ариқчалари ярим доира шаклида бўлиб, диаметри эса $D_{\text{бт}} > (0...80) \cdot d_k$ нисбатдан олинади.

Электр чигирикнинг техник характеристикалари

12.8-жадвал

Параметр	Чигирик ЛМ2	Чигирик ЛМ3.2	Чигирик ЛМ5	Чигирик ЛМ8
Канатдаги номинал тортиш кучланиши, кН(кг)	20 (2000)	32 (3200)	50 (5000)	80 (8000)
Барабанинг канат бўйича сигими, м	250	250	250	185
Канатнинг ўралиш тезлиги, м/с	0,3	0,28	0,18	0,22
Ўралиш қатламининг сони	8	5	-	3
Канат диаметри, мм	13,5	17,5	22-22,5	28
Электр юриткич қуввати, кВт	8,5	11,0	15,0	-
Кучланиш, В	380	380	380	380
Масса (канатсиз), кг	585	980	1945	3620
Ўлчамлари, мм: узунлиги	1170	1365	1640	2480
эни	1140	1220	1375	1835
баландлиги	675	745	946	1066

ГЭЛ5 электр чигирикнинг техник характеристикалари

12.9-жадвал

Параметр	Қиймат
Канатдаги номинал тортиш кучланиши, кН(кг)	55 (5000)
Барабанинг канат бўйича сигими, м	220
Канатнинг ўралиш тезлиги, м/с	0,28
Ўралиш қатламининг сони	8
Канат диаметри, мм	22,5
Электр юриткич қуввати, кВт	4,3
Кучланиш, В	380
Масса (канатсиз), кг	1000
Ўлчамлари, мм: узунлиги	1765
эни	1625
баландлиги	875

Чигириклар қурилиш, монтаж ва бошка ишларни бажаришда кўтариш-узатиш жараёнларини амалга ошириш учун хизмат килади. Чигирикларда ишчи ва хизматчиларни кўтариш ман этилади. Чигирикларнинг техник характеристикалари 12.8-12.9-жадвалларда берилган. Чигирик номинал тортиш кучланиши бўйича танланади.

Чигирикларнинг маҳкамлаш мосламалари ҳисобланганда, ромдаги тенглаштирувчи зарур юк массаси ёки анкер болтлардаги кучланиш унинг юк турғунлиги шартидан келиб чиққан ҳолда аниқланади:

$$K_r = \frac{M_u}{M_o} \geq 1,4 \quad (12.5)$$

бу ерда, K_r – юк турғунлик коэффициентини, M_u – қайта тиклаш моменти; M_o – ағдарувчи момент

$$M_o = Q \cdot h \quad (12.6)$$

$$M_u = G_1 a + G_2 b \quad (12.7)$$

Суриш кучи таъсири остида горизонтал силжишга қарши чигирик лангарининг мустақамлик ва турғунлик ҳисоби қуйидаги формулада амалга оширилади:

$$N = Q - F_{mp} \quad (12.8)$$

бу ерда, $F_{mp}=f \cdot G_I$ – ромнинг ерга ишқаланиш кучи, $f=0.3$. 0.5 – ромнинг ерга ишқаланиш коэффициенти

12.5-мисол. Иккита вертикал мачта ёрдамида шарнир атрофида айлантириш усулида колоннали курилмани кўтариш учун такелаж мосламаси ҳисоблансин (мисол - 12.2 шартлари асосида). Мачта курилма огирлик маркази ва буралувчи шарнир орасига ўрнатилган.

Бошланғич маълумотлар: мачтанинг орка вантидаги максимал кучланишлар $Q_n=0,15$ МН ва юк кўтарувчи полиспахтада $Q_n=0,21$ МН курилманинг кўтарилиш бошланган даврига тўғри келади.

12.4 ... 12-6-жадвалларга таяниб М2 кўтариш мосламасини танлаймиз.

Мачтанинг орка вантига канатни танлаш ҳисобланган узилиш кучланиши асосида аникланади:

$$S_p = K \cdot S_{\max} = 3,5 \cdot 0,15 = 0,161 \text{ МН}$$

бу ерда, $K=3,5$ деб 12 8-жадвалга қараб олинади, $S_{\max}=Q_n$ – орка вантдаги максимал кучланишга тенг деб олинади.

12.7-жадвалдан ЛК-Р 6х19 (1+6+6/6)+1 о.с. русумли, диаметри $d_k=16,5$ мм ли канат танлаймиз.

Юк кўтарувчи полиспахтага тушаётган юклама 0,21 МН ни ташкил этади. Полиспахтанинг характеристикалари: $z=2$; $i_{\text{нол}}=5$; $\eta_{\text{б.т}}=0,975$. Унда, полиспахт ф.и.к. куйидагига тенг бўлади:

$$\eta_{\text{нол}} = \frac{(1 - \eta_{\text{б.т}}^{i_{\text{нол}}}) \cdot \eta_{\text{б.т}}^z}{i_{\text{нол}}(1 - \eta_{\text{б.т}})} = \frac{(1 - 0,975^5) \cdot 0,975^2}{5(1 - 0,975)} = 0,904$$

Максимал таранглиниш ушбу формуладан аникланади:

$$S_{\max} = \frac{Q_n}{i_{\text{нол}} \cdot \eta_{\text{нол}} \cdot a} = \frac{0,21}{5 \cdot 0,904 \cdot 1} = 0,046 \text{ МН}$$

Канатнинг узилиш кучланиши (12.1) формуладан топилади:

$$S_p = K \cdot S_{\max} = 4 \cdot 0,046 = 0,184 \text{ МН}$$

бу ерда $K=4$ деб 12 8-жадвалдан танланади.

12.7-жадвалдан ЛК-Р 6х19 (1+6+6/6)+1 о.с. русумли, диаметри $d_k=18$ мм ли канат танлаймиз.

Йўналтирувчи блок диаметри (8.5) формуладан аникланади:

$$D_{\text{б.т}} \geq d_k \cdot k = 0,018 \cdot 18 = 0,324 \text{ м}$$

Диаметри 320 мм ли блок қабул қиламиз.

12.13-жадвалдан монтаж учун мўлжалланган ЛМ5 русумли электр чигирик танлаймиз: $G_I=35,5$ кН; $a=0,645$ м; $b=1,835$ м; $h=0,73$ м.

Пойдевор болтларига тушаётган ҳисобланган юкламани куйидаги формуладан топамиз:

$$G_2 = \frac{Q \cdot h \cdot K_s - G_1 a}{b} = \frac{46 \cdot 0,73 \cdot 1,5 - 35,5 \cdot 0,645}{1,835} = 14,971 \text{ кН}$$

Ушбу юклама пойдеворнинг иккита болтига тушаяпти. Юкламани нотекис таркалаётганини 1,1 га тенг деб, болт резьбасининг диаметрини ҳисоблаймиз:

$$d_6 = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,1 \cdot G_2}{\pi \cdot [\sigma]}} + c = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,1 \cdot 0,014971}{3,14 \cdot 230}} + 0,002 = 0,008752 \text{ м}$$

бу ерда $[\sigma]=230$ МПа – болт материалнинг рухсат этилган кучланиши; $c=0,002$ м – коррозияга кўшимча.

Ўрнатиш учун М24 болтни қабул қиламиз.

Чиғирик лангарига таъсир этаётган силжиш кучланиши (12.8) формуладан аниқланади:

$$N = Q - F_{nj} = 46 - 0,4 \cdot 35,5 = 31,3 \text{ кН}$$

Лангар оғирлиги ерга катта чуқурликка ўрнатилган ҳоллар учун $(2...3)N$, юзаки ўрнатилганлари учун эса $5N$ деб қабул қиламиз.

12-боб. Монтаж ишларининг жихоз ва мосламалари бўйича Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. Мачталарни кўтариш мосламаларини ҳисоблаш.
2. Турли конструкцияли такелаж мосламаларини ҳисоблаш.
3. Такелаж мосламаларини танлаш.
4. Пўлат трослар тузилиши.
5. Полиспаст ва блоклар нима учун хизмат қилади?

13-боб. ГАЗЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИДА ТЕХНИКА ХАВФСИЗЛИГИ ВА АТРОФ-МУҲИТНИ ҲИМОЯЛАШ

13.1. Газни қайта ишлашда техника хавфсизлиги

Ҳозирги замонда газ-кимё мажмуалар ишлаб чиқариш иншоотларининг саноат хавфсизлиги таъминлаш муаммоси инсон фаолияти ҳимоялаш соҳасида энг асосий йўналиш бўлиб, ёкилғи-энергетик мажмуасининг энергетик самарадорлиги белгиловчи асосий омиллардан биридир. Табиий углеводородларнинг янги конларини эксплуатацияга тушириш ва технологик қурилмалар бирлик қуввати ва концентрациясини ошириш, ҳамда ишлаб чиқаришга капитал сарфлар ҳажминини кўпайтириш, ҳамда хавфли ишлаб чиқариш объектларида авария ҳолатларидан қелиши мумкин бўлган зарарларнинг ортиши юқори самарали технологияларни тадбиқ қилишни тақозо этмоқда.

Худди шундай газ-кимё мажмуалар учун техноген авариялар ва уларни бартараф қилиш билан боғлиқ йиллик моддий зарар жуда катта маблағларни талаб қилади. Нефть ва газни қайта ишлаш саноатларидаги техноген авариялар динамикасининг таҳлили шуни кўрсатдики, охириги ўн йилда иктисодий зарар 2 маротабадан кўп ортди. МДХ статистик маълумотларига кўра, ҳар йили нефть ва газ саноатларида бир неча минг авариялар содир бўлади ва оқибатда атроф муҳит, табиий сув ҳавзалари ифлосланади.

Маълумки, таркибида кўп водород сульфид ва бошқа зарарли моддалар бўлган нефть ва газ конларини эксплуатацияга тушириш техноген ҳалокатлар бўлиш эҳтимолини оширади. Водород сульфиднинг заҳарлилиги, ҳамда унинг таркибида ушбу модда ушлаган табиий хом-ашёларнинг ёнғин ва портлаш хавфи борлиги водород сульфидли табиий газларни қайта ишлаш технологик жараёнлари хизматчи ва ходимлар, корхона атрофида истикомат қилувчи аҳоли, ҳамда атроф муҳитга катта хавф туғдиради.

Бундай шароитларда ёкилғи-энергетик мажмуасининг иктисодий турғунлигини белгиловчи муҳим ва асосий омиллардан бири саноат ва экологик хавфсизлик ҳисобланади. Шунинг учун, юқорида қайд этилган хавфлар бўлмаслигини таъминлаш учун техноген хавфларни бошқаришнинг самарадор усул ва техник мосламаларини яратишни ва саноатда тадбиқ этишни тақозо қилади.

Полиэтилен, пропилен ва бошқа полиолефинларни ишлаб чиқаришда портлаш ва ёнғин хавфи бор. Бу турдаги маҳсулотларни олиш технологиялари А категориясига мансубдир. Ушбу технологияда қўлланиладиган моддаларнинг ҳаво билан аралашмаларининг портлаш концентрациялари % (ҳажм.) куйидагича (13.1-жадвал):

13.1-жадвал

№	Модда номи	Конц. %(ҳажм.)	Модда номи	Конц. %(ҳажм.)
1	Этилен	3,0...32	Изопропил спирт буғлари	2,0...12
2	Пропилен	2,2...10		
3	Бензин буғлари	1,2...7,0		

Олефинлар накротик сифатида таъсир этиш қобилиятига эга. Кукунсимон олефинлар эса ҳаво билан бирга портловчи аралашмалар ҳосил қилади. Бирор каттик юзага ишқаланганда олефин кукунлари электр зарядланади. Шунинг учун, уларни труба қувурлари орқали азот муҳитида транспортировка қилинади, труба қувури эса ерга улаб қўйилади.

Паст зичликка эга полиэтилен олишда юқори босим ва температураларда этиленнинг портлаб парчаланиш ҳоллари юз бериши мумкин. Бундай ҳодисалар рўй бермаслиги учун реакторлар алоҳида ёпиқ кабиналарда жойлаштирилган автоматик блокировка мосламалари ёки уриб чиқариладиган мембраналар билан жиҳозланади.

Циглер-Натта катализаторларида компонент сифатида ишлатиладиган диэтилалюминий хлорид ва бошқа металл органик бирикмалар ҳаво билан аралашмаси ёниши ва сув, спирт ҳамда бошқа гидроксилли бирикмалар билан аралашганда ёниши ёки портлаши мумкин. Ушбу катализаторларни бензинли эритмада герметик ёпик азот билан тўлдирилган мухитда сақлаш лозим. Улар захарли, айниқса, триэтилалюминийнинг буғлари ўпкага салбий таъсир этади ва инсон терисига томганда куйдиради.

Полиэтилен ва полипропиленларни ювишда ҳосил бўлган окова сувлар махсус қурилмаларда нейтралланади ва тозаланади. Атроф-мухитни газ чиқиндилари билан ифлослантирмаслик учун чангсимон полиолефинлар ва зарарли газлар тозалаш қурилмаларидан ўтказилади.

Ҳаво таркибида этиленнинг рухсат этилган чегаравий концентрацияси – $0,05 \cdot 10^{-3}$ кг/м³, пропиленники эса – $0,5 \cdot 10^{-3}$ кг/м³.

Триэтилалюминий ҳам захарли, унинг буғлари ўпкага салбий таъсир қилади ва терига сачраганда куйдиради.

Бензин бу осон ёнувчан суюклик. Бензин турига қараб унинг ёниш температураси 50 дан 280С гача бўлиши мумкин. Бензин буғининг ҳаво билан аралашмасининг чегаравий ёниш концентрациялари 1,2...7% (ҳажм.)ни ташкил этади. Бензиннинг ҳаводаги рухсат этилган концентрацияси 0,0103 кг/м³.

Изопропил спирти ҳам енгил ёнувчан суюкликдир. Изопропил спирт буғининг ҳаво билан аралашмасининг чегаравий ёниш концентрациялари 2...12% (ҳажм.)ни ташкил этади. Унинг буғлари инсон организмга наркотикка ўхшаб таъсир кўрсатади.

Кукусимон полиолефинлар ҳаво билан портловчи аралашма (масалан, полипропилен учун рухсат этилган чегара 0,0126 кг/м³) лар ҳосил қилади. Труба қувурлари орқали кукусимон полиолефинлар транспортировка қилинганда аэрозоллар ҳосил бўлади ва статик электр зарядларининг йигилишига олиб келади. Бундай ҳолат ўз навбатида учқун чиқишига сабабчи бўлади. Шунинг учун, кукусимон полиолефинлар инерт газ (масалан, азот) мухитида транспортировка қилиниши керак. Жараёнда иштирок этувчи ҳамма электр жиҳозлар портлашга хавфсиз қилиб ясалган бўлиши шарт; насослар, труба қувурлари ва бошқа жиҳозлар албатта ерга уланиши лозим.

Атроф-мухитни муҳофаза қилиш мақсадида барча газсимон чиқиндилар махсус қурилмаларда тозаланиб атмосферага чиқарилади.

Полистирол ишлаб чиқаришда мономерли стирол осон ёнувчан суюклик бўлиб, 300С температурада ёнади. Шу сабабли, у билан ишлаганда ёнгин хавфсизлиги қоидаларига қатъий риоя қилиш даркор. Маълумки, стиролнинг ҳаво билан аралашмаси портлаш ҳусусиятига эга. Стирол буғининг ҳаво билан аралашмасининг чегаравий ёниш концентрациялари 1,1...5,2% (ҳажм.)ни ташкил қилади.

Стирол иштирокида кечадиган жараён ва қурилмалар ҳамда труба қувурлари бор бино ва иншоотларда очик алангадан фойдаланиш ман этилади. Бундай жойларда учқун ва статик электр ёйлари ҳосил бўлмаслиги таъминлаши керак.

Ишчи биноларда стирол буғларининг ҳаво таркибидаги рухсат этилган концентрацияси 0,000005 кг/м³. Стирол захарли бўлиб, инсоннинг асаб тизими ва қон ишлаб чиқариш органларига салбий таъсир этади. Агар стирол узок муддат давомида инсон терисига таъсир этса, унинг шикастланишига ва касалланишига олиб келади. Стирол буғларининг ҳаводаги миқдори тахминан 0,0001 кг/м³ бўлганда, у қўз, бурун, томоқ, ошқозон ва шунга ўхшаш органларнинг шиллик пардаларига салбий таъсир қилади. Суюқ стиролни инсон терисига тегишидан сақлаш керак, чунки унинг узок муддат ва қайтадан таъсири терини сувсизлантиради, дарз кетиши ва ёрилишига, дерматитга олиб келади. Инсон ичига стиролнинг тушишидан эҳтиёт қилиш зарур. Агар тўсатдан ёки эҳтиётсизлик туфайли стирол инсон ичига кириб кетса, зудлик билан шифокорни чақириб ва қайт қилдириш зарур.

Стиролни ўз-ўзидан полимерланиш ва оксидланишидан химояловчи шароитларда саклаш зарур. Шу сабабли уни ингибиторли паст температурали, мономерга ҳаво таркибидаги кислород таъсир этмайдиган шароитда саклаш тавсия этилади.

Стиролни саклаш даврида полимер ҳосил бўлиш олдини олиш керак, чунки бу ходиса кейинги технологик жараёнларга салбий таъсир этади. Ундан ташқари, саклаш даврида полимерланиш оқибатида иссиқлик ажраб чиқади, бундай ҳол эса ёпик резервуар ичида босим ортишини ва портлаш хавфини туғдиради.

Полистирол физиологик жиҳатдан зарарсиз бўлгани билан унинг кукуни ҳаво билан газсимон портловчи аралашмалар ҳосил қилади. Аралашманинг пастки ёниш чегарасига оид концентрация $0,025 \dots 0,0275 \text{ кг/м}^3$ ни ташкил этади. Полистирол осон алангаланиб, жадал суръатлар билан ёнади ва катта ҳажмда тутун ҳосил қилади.

Винилхлорид, винилиденхлорид, тетрафторэтилен, трифторхлорэтилен ва бошқа мономерларни ишлаб чиқариш ёнғин ва портлаш хавфи бўйича А категорияга мансубдир. Юқорида қайд этилган мономерлар суюқ ёки газсимон моддалар бўлиб, улар бугларининг ҳаводаги кислород билан аралашмаси портловчандир.

Ушбу технологияда қўлланиладиган моддаларнинг ҳаво билан аралашмаларининг портлаш концентрациялари %(ҳажм.) куйидагича:

Асосий мономер газ ва бугларининг ҳаво билан аралашмасининг ёниш концентрацияларининг чегаралари 13.2-жадвалда келтирилган.

13.2-жадвал

№	Номи	Конц., %ҳажм.)	Номи	Конц., %ҳажм.)
1	Винилхлорид	3,3...3,6	Трифторхлорэтилен	28,4...35,2
2	Винилиденхлорид	5,6...11,4	Винилиденфторид	5,8...20,3
3	Тетрафторэтилен	13,4...46,4		

Газсимон агрегат ҳолатидаги винилхлорид наркотик каби таъсир кўрсатади. Ҳаво таркибида винилхлорид микдори $0,00005 \text{ кг/м}^3$ бўлган муҳитда инсоннинг узок муддат давомидаги фаолият қилиши бош айланиш ва ҳушидан кетиш ҳолларига сабаб бўлади. Ишчи биноларда винилхлорид бугларининг ҳаво таркибидаги рухсат этилган концентрацияси $0,00003 \text{ кг/м}^3$.

Винилиденхлорид физиологик таъсири нисбатан суст. Концентрацияси $0,0001 \text{ кг/м}^3$ да инсон нафас олиш йўлларининг шиллик пардаларга таъсир қилади; концентрацияси $0,0002 \text{ кг/м}^3$ да ҳиди сезилади; унинг буглари билан нафас олинса заҳарланиш рўй беради.

Фтор таркибли мономерлар ҳам кўз, нафас олиш ва бурун-томоқ йўлларига заҳарли таъсири бўлиб, шиллик пардаларга таъсир қилади. Винилиденфторид – бу наркотик ва винилиденхлоридга караганда заҳарлилиги нисбатан сустроқ. Саноат иншоотлари ва биноларидаги тетрафторэтиленнинг рухсат этилган чегаравий концентрацияси $0,00002 \text{ кг/м}^3$ ва трифторхлорэтиленники - $0,00001 \text{ кг/м}^3$.

Галоген ҳосилалари тўйинмаган углеводород полимерлари асосан зарарсиз моддалардир. Лекин улар (масалан, поливинилхлорид) нинг ҳаво таркибидаги кукуни нафас олиш йўлларига салбий таъсир қилади. Узок муддат давомида поливинилхлорид инсонни турли хил асаб, ошқозон-ичак ва тери касалликларига дучор қилади. Ишчи биноларда поливинилхлорид кукунларининг ҳаво таркибидаги рухсат этилган концентрацияси $0,000006 \text{ кг/м}^3$ ни ташкил этади.

Поливинилхлориднинг атмосферадаги иссиқлик оксидловчи деструкцияси оқибатида турли заҳарли: углерод монооксиди, хлорланган углеводородлар, хлорли водород, альдегидлар ва бошқа моддалар ажралиб чиқади.

Тетрафторэтиленни полимерлаш жараёнида катта микдорда иссиқлик ажраб чиқади. Агарда ушбу иссиқлик атроф-муҳитга тезда ажратиб олинмаса, мономерни углерод ва тетрафторметанга парчаланиши мумкин ва натижада портлаши мумкин.

Фторопластлар иссиқлик оксидловчи деструкциясининг маҳсулотларида углерод монооксиди, фторфосген, фторли водород, перфторизобутилен мономерлари ва бошқа фторли органик бирикмалар энгил учувчан моддалари бўлиши мумкин. Буларнинг ичида энг захарлилари фторфосген, фторли водород ва перфторизобутилендир. Маълумки, таркибида юкорида кайд этилган моддалар бўлган ҳаво бинодаги ишчиларнинг захарланиши ва касалланишига олиб келади. Шунинг учун, корхона бинolari самарали ва қувватли ҳавони ҳайдаш-тортиш имкониятли вентиляция тизимга эга бўлиши шарт. Ҳисобланган ва лойиҳаланган ишончли ва самарали вентиляция тизими бинонинг инсталланган нуктасида зарарли ва портловчи концентрацияли аралашмалар тўпланмаслигини таъминлаши шарт.

Электр юриткич ва жиҳозлар портламас русумли бўлиши ва албатта ерга уланиши лозим.

Атроф-муҳитни муҳофаза қилиш мақсадида барча вентиляция тизимлардан чиқаётган газлар ва оқова сувлар тегишли қурилмаларда тозаланиб чиқарилиши даркор.

Хлор ва фтор бирикмалли полимерлар олишда, уларни текшириш ва қайта ишлашда техника хавфсизлиги ва корхона санитарияси ҳамда ёнғин хавфсизлиги қоидаларига қатъий риоя қилиш шарт.

13.2. Иккиламчи энергетик ресурслар

Кимё, нефть ва газни қайта ишлаш ва бошқа саноат қорхоналарида ҳар доим иккиламчи энергоресурс (ИЭР) лар ҳосил бўлади. Ёқилғи-энергетик ресурсларни тежашнинг асосий усулларидан бири ИЭРлардан фойдаланишни ташкил этишдир.

ИЭР бу кимёвий боғланган иссиқлик маҳсулот, чикинди қўшимча ва оралик ярим маҳсулотлар, ортиқча босимнинг физик иссиқлиги ва потенциал энергияси бўлиб, агрегатнинг ўзида ишлатилмайди, лекин бошқа агрегатларни энергия билан таъминлаш учун тўлиқ ёки қисман қўлланиши мумкин.

ИЭР агрегат-манбаа деганда иссиқлик энергоресурс ҳосил қилувчи агрегатлар: саноат ўтхоналари, реакторлар, совуткичлар, буг истеъмол қилувчи қурилмалар ва бошқалар тушунилади.

Бошқа агрегат, қурилма ва жараёнларнинг ёқилғи, иссиқлик, электр ва механик энергияга бўлган эҳтиёжини қондириши учун қўлланиладиган иссиқлик энергия манбалари ИЭР утилизациялаш деб номланади.

Ёқилғи ва энергияга бўлган эҳтиёжни қондириш учун ИЭР иккита йўналишида ишлатилиши мумкин:

- бевосита, энергия элткич қўринишини ўзгартирмаган ҳолда қўллаш;
- утилизация қурилмасида иссиқлик, совуқлик, электр энергия ва механик иш ишлаб чиқариб қўллаш.

Энергия турига қараб ИЭРлар асосан 3 гуруҳга бўлинади:

1) Ёнувчи (ёқилғи) ИЭР – углеродли ёки углеводородли хом-ашёни кимёвий ва термокимёвий қайта ишлаш технологик жараёнлари чикиндиларининг эритиш ўтхоналари (домна, шахтали ўтхона, вагранка, конвертор ва бошқалар) нинг қўшимча ёниш газларининг, ёғочни тайёрлаш ва қайта ишлаш технологияси чикиндиларининг, буғлатилган ёнувчан ишқорларнинг, целлюлоза-қоғоз саноати чикиндиларининг кимёвий энергияси ва ҳоказоларни.

2) Иссиқлик ИЭР – ишлаб чиқаришнинг асосий қўшимча, оралик маҳсулот ва чикиндиларидан чиқаётган газларнинг технологик агрегат ва қурилмалар, уларни мажбурий совитиш системасининг ишчи суюқликлари, технологик қурилма ва жиҳозларда ишлатиб бўлинган иссиқ сув ва буғларнинг физик иссиқлиги; кимё саноатидаги ИЭР экзотермик реакция иссиқлигига асосланган.

3) Ортиқча босим ИЭР деб – кейинги технологик боскичда ишлатиш ёки атмосферага чиқариб юборишдан аввал технологик қурилма ёки агрегатдан юқори босимда чиқаётган газ ва суюқликларнинг потенциал энергиясига айтилади.

ИЭР дан фойдаланишнинг асосий 4 та йўналиши мавжуд:

- I. Ёқилғи – ёнувчи компонентларни бевосита ёқилғи сифатда ишлатиш;
- II. Иссиклик – утилизация қурилма ва агрегатлари ҳамда абсорбцион совитиш агрегатларида ИЭРдан фойдаланиб ишлаб чиқарилаётган иссиқлик ва совуқлик ёки бевосита ИЭР сифатида олинаётган иссиқлик;
- III. Куч-қувватли – ИЭР ёрдамида утилизация қурилмаларида ишлаб чиқариладиган механик ёки электр энергия;
- IV. Комбинацияланган – ИЭР ёрдамида утилизация ИЭСларида ишлаб чиқариладиган электр энергия ва иссиқлигидан фойдаланиш.

ИЭРдан фойдаланганда ёқилғи тежалиши B_T (тонна) қуйидаги формулалар ёрдамида ҳисобланади:

1. ИЭРдан иссиқлик йўналишида фойдаланганда:

а) иссиқлик ишлаб чиқарилганда ёки ИЭРдан бевосита фойдаланганда:

$$B_{\text{теп}} = b_3 \cdot m_o \cdot \Delta h \cdot M \cdot \eta_y \cdot \sigma$$

бу ерда, $b=0,0341/\eta$ – иссиқлик ишлаб чиқариш учун шартли ёқилғининг солиштирма сарфи; η – қозон қурилмасининг ф.и.к.; m_o – бирлик маҳсулот ишлаб чиқаришда ҳосил бўладиган ИЭР, кг ёки m^3 , Δh – температура T_o даги энергия элтич энтальпияларнинг фарқи, кЖ/кг, η – утилизация шартли ф.и.к., σ – утилизация қурилмасида ишлаб чиқарилган иссиқликдан фойдаланиш коэффициентини

б) совуқлик ишлаб чиқаришда

$$B_{\text{теп}} = \frac{b_3 \cdot Q_y}{\xi}$$

бу ерда, Q – маълум даврда ИЭР ҳисобига олинган совуқлик, ГЖ

2. Ёнувчан ИЭР ёқилғи йўналишида фойдаланганда:

$$B_{\text{теп}} = b_3 \cdot m_o \cdot Q_n^p \cdot M \cdot \eta_y \cdot \sigma$$

3. ИЭРлардан куч-қувватли йўналишда фойдаланилганда:

$$B_{\text{теп}} = b_3 \cdot m_o \cdot l \cdot M \cdot \eta_{ov} \cdot \eta_n \cdot \eta_r = b_3 \cdot W$$

бу ерда, b_3 – энергия системадаги электр энергияни ишлаб чиқариш учун кетган солиштирма сарф; l – утилизация турбинасида адиабатик кенгайишининг техник иши; кЖ/кг; η_{ov} ва η_n – турбинанинг нисбий ички ва механик ф.и.к., η_r – электр генератор ф.и.к.; W – ИЭР ҳисобидан утилизация қурилмасида ишлаб чиқарилган электр энергия ёки механик иш.

ИЭР дан фойдаланиш ҳисобига ёқилғини тежаш нитижаларига қараб утилизация коэффициентини, яъни ИЭРдан фойдаланиш даражасини ифодалайди.

ИЭРидан фойдаланиш истиқболларини баҳолашда уларнинг сифатини инобатга олиш, яъни термодинамик таҳлилнинг эксергетик усулларини қўллаш даркор. Агар ушбу таҳлил қилинмаса, жуда катта хатоликка олиб келади.

Саноат микёсида ёнувчан газсимон ва суюқлик ИЭРлари алоҳида ёки органик ёқилғи билан аралаштирилиб ёндириш мосламаларида ёқилади. Натижада, ёниш жараёнида олинган юқори температурали газсимон элтич қозон-утилизаторда бўғ, технологик қурилмаларни иситиш ва совитиш агрегатларида совуқлик ишлаб чиқариш учун хизмат қилади. Иссиқлик ИЭРлари ҳам юқорида қайд этилган шароитларда

қўлланилади. Ортикча босимли ИЭРлари компрессор, насос, электр машина ёки детандерлар узатмалари учун мўлжалланган кенгайтириш машиналарида ишлатилади.

Утилизация қурилмаси. Маълумки, ИЭРлар бошқа энергия турига утилизация қурилмалари ёрдамида айлантирилади. Иссиклик ва ортикча босим ИЭРлари қозон ва ортикча босим ИЭР қозон-утилизатор, коксни-қурук сўндириш қурилмаси, компрессорсиз турбиналари абсорбцион машиналарда бошқа энергия турига ўтказилади.

Исталган технологик жараёни мукамаллаштиришнинг асосий вазибаларидан бири – бу ИЭРлар захирасини тўлик аниқлаш ва ишлаб чиқаришда уларни қўллашни экологик-иктисодий асослаш.

ИЭРларни қўллаш 3 та омилга боғлиқ: вақт бирлигида ҳосил бўлаётган иккиламчи энергия миқдори; уни узлуксиз олиш даражасига; температурасига.

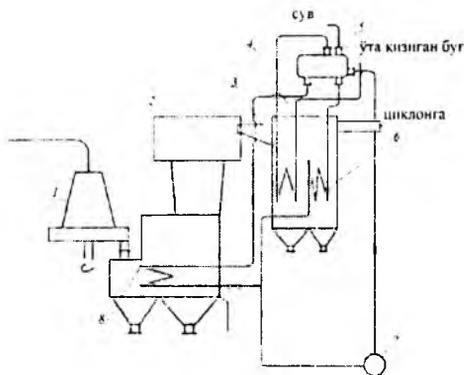
Турли саноат корхоналарида қозон-утилизаторлар энг кўп қўлланади. Саноат ўтхоналари юқори потенциалли тутун ва қимё технологияларда ҳосил бўладиган газлар ёрдамида сув буги, экономайзерларда эса – иссик сув олинади. Тутун газларидан рекуператив ва регенератив иситкичларда ҳавони иситиш мумкин. Ундан ташқари, ИЭРларни абсорбцион ва буг-эжекторли совитиш машиналари, қуритиш ва бошқа қурилмаларда утилизация қилиш мумкин.

Қозон- утилизаторлар иккиламчи иссиклик ёрдамида энергетик ёки технологик буг ҳамда иссик сув олиш ҳисобига юқори тежамкорликни таъминлайди.

Масалан, таркибида олтингурут бор бўлган хом-ашёни қуйдириш ва олтингурут диоксидини сульфат кислотага қайта ишлаш даврида жуда катта миқдорда (маъдандан 1 т H_2SO_4 олишда 7,1 млн. кЖ, олтингурутдан олишда - 5,77 млн. кЖ ва водород сульфиддан олишда эса 8,03 млн. кЖ) иссиклик ажралиб чиқади.

Ўтхонадан чиқаётган газнинг температураси 1073...1273 К.

Сульфат кислота ишлаб чиқариш технологиясида ишлатиладиган мажбурий циркуляцияли утилизация қозони 13.1-расмда тасвирланган.



13.1-расм. Қозон-утилизатор схемаси

- 1- бункер; 2-мавҳум қайнаш катламли ўтхона; 3 - буг иситкич; 4 - қозон-утилизатор; 5 - барабан-сепаратор; 6,8 – совитиш элементлари; 7- насос.

Барабан – сепаратор 5 га совитиш элементлар 6,8 да совутилган буг-сувли эмульсия келиб тушади. Сепаратор 5 дан чиқаётган буг уни иситувчи қурилма 3 га ҳайдайди ва 4 да температураси 703...723К га кўтарилганда истеъмолчига узатилади. Сепаратор 5 да ажратиб олинган иссик сув насос 7 орқали совитиш элементлари 6,8 га узатади. Қурилма 5 га узатилаётган сув даставвал тозаланади, иситилади ва деаэрация қилинади.

Бундай қозон – утилизаторларда 1 т маъдани мавҳум қайнаш катламли ўтхонада ёниш реакцияси иссиклигидан фойдаланиш ҳисобига 1,5 т гача буг олиш мумкин. Аммиакни синтез қилиш технологиясида 1 т NH_3 олишда реакция иссиклиги ҳисобига 0,8-0,9 т буг ажралиб чиқади.

Саноат корхоналарининг суюқ чикинди ва оқова сувларининг иссиклигини утилизация қилиш ёқилги-энергетик ресурсларни тежаш имконини беради.

13.3. Совуклик олиш учун паст температурали ИЭРларидан фойдаланиш

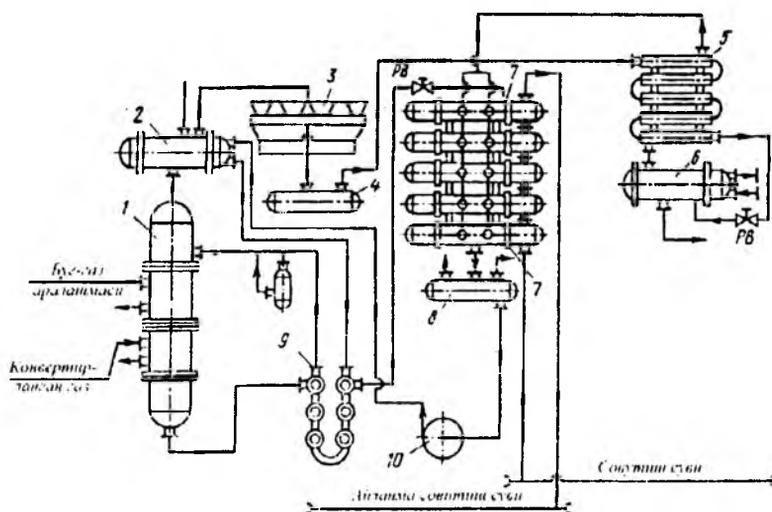
Паст температурали ИЭР фойдаланишининг самарали усулларида бири – бу термотрансформаторларни қўллашдир. Ушбу усулни вакуум остида ўз-ўзидан буғланиш натижасида ҳосил бўлган ифлосланган иссик суюқликлар иссиклигидан фойдаланишда қўллаш мумкин. Айниқса, бу усулни кальцинацияланган сода олиш технологиясида қўллаш перспектив, чунки шу кунчага дистилланган иссик сув иссиклиги самарали утилизация қилинмаган.

Турли саноатларнинг технологик жараёнларида совукликдан кенг қўламда фойдаланилади. Шу сабабли, паст температурали ИЭРлардан фойдаланишининг яна бир йўналиши – абсорбцион совитиш машина (АСМ)ларида совуклик олишдир.

Ҳозирги кунда АСМнинг совутувчи сув-аммиакли эритмасида (АССМ) ва бромли литийнинг сувли эритмасида (АБСМ) ишлайдиган АСМлар кенг тарқалган.

Бу машиналарда совукликни олиш учун конвертирланган газ ва буғ-газ аралашмасининг иссиклигидан фойдаланилади. 13.2-расмда совуклик бўйича қуввати 3 МВт бўлган аммиакни суюлтирувга абсорбцион машина тасвирланган.

Буғ-генератори-ректификатор 1 ичи бўш қурилма бўлиб, ректификацион колонна, иккита трубаги иссикликлар ва куб идишидан таркиб топган. Қувватли аммиакнинг сувли эритмаси иситкич 9 дан 1 нинг трубагида юпка қатламда пастга оқиб тушади. Трубалар ички девори бўйлаб оқиш даврида трубалараро бўшлиқда ҳаракатланаётган конвертирланган газ иссиклиги ҳисобига буғланиш жараёни содир бўлади. Иссиклик таъсирида аммиак-сув аралашмаси буғланиб, тепага, яъни қурилманинг ректификацион колоннаси 1 га, сўнг дефлегматор 2 га қўтарилади.



13.2-расм. Абсорбцион совитиш машинаси:

- 1- буғ-генератори-ректификатор, 2- дефлегматор, 3- конденсатор, 4,8- ресивер;
5- газли совуткич, 6- буғланиш қурилмаси: 7- абсорбер; 9- иситкич, 10- насос.

Бу ерда буғ аралашмаси сув буғидан ажратилади ва ундан сўнг конденсатор 3 га юборилади.

Ушбу қурилмада аммиак буғлари конденсацияланади ва унинг иссиклиги атроф муҳитга ажратиб олинади. Ҳосил бўлган суюқ аммиак конденсатор 4 нинг ресиверига тўкилади ва ундан газли совуткич 5 ва ростловчи вентил орқали буғланиш қурилмаси 6 нинг трубаларо бўшлиғига узатилади. Бу ерда трубалар ичида ҳаракатланаётган аммиакнинг конденсацияланиш иссиклиги ҳисобига у буғланади ва газли совуткич 5 нинг

трубалараро бўшлиғига узатилади. Ушбу қурилмада аммиак буғланади, суюқ аммиакни совутади ва ундан сўнг абсорбер 7 га ҳайдалади. Иссиклик алмашилини қурилмаси 9 да даставвал совутилган буғ-генератор-ректификатордан ўтиб кетаётган кучсиз аммиакнинг сувли эритмаси ёрдамида абсорбцияланади.

Абсорбция жараёнида ажратиб чиқаётган реакция иссиқлиги айланма сув ёрдамида ажратиб олинади. Абсорберда ҳосил бўлган аммиакнинг кучли сувли эритмаси ресиверга ўтади, ундан насос 10 орқали дефлегматор 2 га ҳайдалади ва у ерда дефлегмация иссиқлиги ҳисобига исийди. Сўнг кучли эритма иситкич 9 га узатилади, кучсиз эритма иссиқлиги ҳисобига иситилади ва ундан кейин буғ-генератор-ректификатор 1 га юборилади.

13.4. Қаттик чиқиндиларни қайта ишлаш

Қаттик чиқиндилар каторига реакцияга киришмаган хом-ашё колдиклари, иккиламчи маҳсулотлар, катронлар, ҳайдаш жараёнининг куб колдиклари, турли чўкма ва шлам, қайта тикланмайдиган адсорбент ва филтър, кимёвий моддани шимиб олган материаллар ва бошқалар киради.

Ушбу чиқиндиларни қайта ишлаш усулини танлашда уларнинг миқдори ва таркиби асосий ва муҳим аҳамияга эга. Масалан, АҚШда ҳар йили 4...4,5 млрд. тонна қаттик чиқиндилар ҳосил бўлади. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, бу чиқиндиларнинг асосий қисми хом-ашёни казиб олиш ва қайта ишлашга тўғри келади.

Қаттик чиқиндиларни қайта ишлаш асосан: фойдали моддаларни ажратиб олиш; зарарсизлантириш; бартараф қилиш каби 3 та йўналишлар бўйича олиб борилади.

Фойдали моддаларни ажратиб олишнинг энг кенг тарқалган усуллари – экстракция ва кристаллизациядир.

Экстракция – бу селектив эритувчи (экстрагент) ёрдамида қаттик жисмлардан бир ёки бир неча компонентни ажратиб олиш жараёни. Ушбу жараён қаттик чиқиндилардан камёб металл бирикмаларни, ишлатиб бўлинган катализаторлардан кимматбаҳо компонентларни ва органик бирикмаларни ажратиш экстракторларда амалга оширилади [1,2,3,14,145].

Кристалланиш – бу икки ва ундан ортиқ компонентли чиқиндиларни ажратиш учун ишлатиладиган жараёндир. Бундай ҳолларда чиқиндилар эритувчида қиздириб эритилади. Олинган эритмани совитиш жараёнида нисбатан суст эрувчан компонент кристаллари чўкмага тушади ва сўнг аралашма филтърланади. Кўпчилик ҳолларда кристалл ҳолатидаги маҳсулот утилизация қилинади, филтрат эса қайта ишланади.

Қаттик чиқиндиларни қайта ишлашнинг кенг тарқалган усулларида бири термик ишлов бериш, чунки бунда чиқиндиларнинг ёқилғи потенциалидан фойдаланиш мумкин. Агарда қаттик чиқиндилар комплекс қайта ишланса, саноатнинг турли соҳаларида қўллаш мумкин бўлган моддаларни олиш мумкин. Ушбу усулнинг энг катта камчилиги шундаки, жараён натижасида захарли газлар ҳосил бўлди. Бу эса, чиқинди газларни тозалаш муаммосини туғдиради. Пластик массаларни ишлаб чиқаришнинг ўсиши, уларни қўллаш соҳаларининг кенгайиши натижасида чиқиндилар ортишига олиб келади. Полимер материаллар чиқиндиларини қайтадан ишлаш бирламчи хом-ашёга бўлган эҳтиёжнинг камайишига ва тежалишига сабабчи бўлади. Полимер чиқиндиларни утилизация муаммосини ҳал қилиш атроф-муҳитнинг тоза бўлишини ҳам таъминлайди, чунки нормал шароитда полимер парчаланмайди.

Ҳозирги кунда пластмасса чиқиндиларини қайта ишлаш 2 та йўналишда олиб борилади: бартараф қилиш ва улардан фойдаланиш.

Полимер чикиндиларини бартараф қилиш атроф-муҳит ва хом-ашё базасини кенгайтириш муаммосини ҳал этмайди. Бу усулдан факат чикиндиларни бошқа максадлар учун ишлатиб бўлмаганда фойдаланиш мумкин.

Қаттиқ полимер чикиндиларини бартараф қилишнинг энг кенг тарқалган усуллари: бевосита ёқиш; фото- ва биодеструкция; кўмиш.

Полимер чикиндиларни ёқиш бартараф қилишнинг асосий усули бўлгани билан унинг бир неча камчиликлари бор. Кўпчилик пластмассаларнинг ёниш тезлиги бошқа қаттиқ чикиндиларникига караганда катталиги учун 4...5 баробар ҳаво кўп талаб этади. Полимерларнинг иссиқлик ҳосил қилиш қобиляти катта бўлгани учун юқори температура беради ва ўтхона ишлашини қийинлаштиради. Ўтхонанинг ёниш маҳсулот (углерод, фосфорли, калцийли қаттиқ бирикма)лари билан тикилиб қолиши қурилмаларни тез-тез тозалашни талаб қилади. Ёниш жараёнида ҳар доим захарли моддалар ҳосил бўлади ва у ўз навбатида маълум муаммоларни туғдиради. Айниқса, ушбу қатордаги полимерларга галогенид бирикмали поливинилхлорид, оловбардош пластмассалар каби полимерлар жуда кўп захарли моддалар чиқаради.

Қаттиқ чикиндиларни ёқиш учун турли: ротацион, ҳаво оқимида ёнадиган айланма, пастки алангали ҳамда мавҳум қайнаш катламли ўтхоналар яратилган.

Полимер чикиндиларни ёқиш иктисодий жиҳатдан самарасиздир. Шу сабабли, қайта ишлаш таннархини камайтириш мақсадида ёниш маҳсулотларини регенерация қилиш ва жараён давомида ажралиб чиққан иссиқликдан фойдаланиш имконини берадиган ёқиш усуллари яратилмоқда.

Охириги пайтда полимер чикиндиларини фотодеструкция (ўз-ўзидан парчаланиш) усулида утилизация қилиш кенг кўламда қўлланилмоқда. Масалан, қишлоқ хўжалигида ўз-ўзидан парчаланадиган полиэтилен плёнкасининг қўлланиши ёрқин мисол бўла олади.

Полимер чикиндиларни кўмиш усулининг келажаги йўқ, чунки катта ер майдонлари қишлоқ хўжалигидан чиқади ва атроф-муҳит ифлосланиши билан боғлиқ. Полимер чикиндиларни утилизация қилишнинг энг кенг тарқалган усули – пластмассаларни регенерация қилишдир. Бунда полимер чикиндилари майдаланади ва бирламчи хом-ашёнинг 5-10% миқдоридан унга қўшилади. Терморектив пластмасса чикиндиларини регенерация қилишда у кукунсимон ҳолатгача майдаланади ва инерт тўлдирувчи сифатида қўлланилади. Бу усул жуда самарали, чунки инерт тўлдирувчилар бирламчи хом-ашёга нисбатан 2 баробар арзон. Маълумки, ушбу тўлдирувчи 20% гача қўшилганда ҳам, босим остида қуйиш технологиясини ўзгартирмаса ҳам бўлади.

Қаттиқ пенополиуретан ва пенополиизоцианурит чикиндиларидан кўп атомли спиртлар олиш усули яратилган. Бунинг учун майдаланган чикиндилар эритувчи билан тўлдирилган реакторда қиздирилади. Эритувчи 90...95% алифатик гликол ва 5...10% диалканоламинлардан таркиб топган. Қовушқоқлиги юқори бўлган суюқлик азот муҳитида 20 соат давомида гомоген аралашма ҳосил бўлгунга қадар гидролиз қилинади. Регенерация қилинган маҳсулот тозаланмасдан пенополиуретан ишлаб чиқаришга узатилади.

Пластмасса чикиндиларни утилизация қилишнинг перспектив усулларида бири термик парчалаш, яъни пиролиздир. Пиролиз жараёни кислородсиз ёқи кам кислородли муҳитда 973...1273К температурада ўтказилади. Кислороднинг камлиги ёқи умуман бўлмаслиги жараён давомида ўт чиқиш олдини олади. Мавҳум қайнаш катламида полиэтиленни 1013К да пиролиз қилиш натижасида 25% гача этилен, 16% метан, 12% бензол ва 10% пропилен олиш мумкин.

Полимер чикиндиларидан қурилиш саноатида фойдаланиш ҳам ижобий натижалар берди. Масалан, кўпиртирилган полистрол чикиндиларидан иссиқлик копламалари сифатида фойдаланишни мисол қилиш мумкин. Ундан ташқари, полистирол чикиндиларини енгил полимер-бетонларга тўлдирувчи сифатида қўшилиши полимербетоннинг оловбардошлиги, агрессив муҳитга қаршилиги ва иссиқлик коплама хоссаларини оширади.

**13-боб. Газларни қайта ишлаш технологиясида техника
ҳавфсизлиги ва атроф муҳитни ҳимоялаш бўйича
Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар**

1. Турли моддаларнинг ҳаво билан аралашмаларининг портлаш концентрациялари.
2. Кукунсимон полиолефинларнинг билан ишлаганда техника ҳавфсизлиги.
3. Триэтилалюминий билан ишлаганда ҳавфсизлик чоралари.
4. Стирол ва полистирол ишлаб чиқаришда техника ҳавфсизлиги.
5. Винилхлорид, тетрафторэтилен ва бошқа мономерларни ишлаб чиқаришда техника ҳавфсизлиги.
6. Фторопластлар ишлаб чиқаришда техника ҳавфсизлиги.
7. Иккиламчи энергетик ресурсларнинг энергия турига қараб бўлиниши.
8. Иккиламчи энергетик ресурслардан фойдаланиш йўналишлари.
9. Совуқлик олиш учун паст температурали ИЭР қўллаш.
10. Абсорбцион совитиш машинаси.
11. Қаттиқ чиқиндиларни қайта ишлаш усуллари.

14-боб. ТАБИЙ ГАЗНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИНГ ПЕРСПЕКТИВ ЙЎНАЛИШЛАРИ

14.1. «Газни суюкликка» технологияси

Ўтган аср давомида ва шу кунгача бўлган давр оралигида мотор ёки қилғиси ва органик синтез маҳсулотларини олиш учун нефть асосий манба бўлиб келмоқда. Лекин охириги пайтда, ушбу ҳолат ўзгармоқда. Аниқланган нефть захираларининг ўсиш суръати унинг истеъмол қилишга қараганда орқада қолимоқда. Нефть хом-ашёсининг 1 баррелининг нархи 20...25 АҚШ долларидан (1999 й.) 120 долларгача (2008 й.) кўтарилди. «Нефть асри» нинг тугалланиши абстракт эмас, балки шу асрнинг ўрталарида яқинланиши муқаррар бўлиб колди ва бунга бутун инсоният тайёрланиши зарур (14.1-жадвал).

Углеводород хом-ашёларининг захиралари [147]

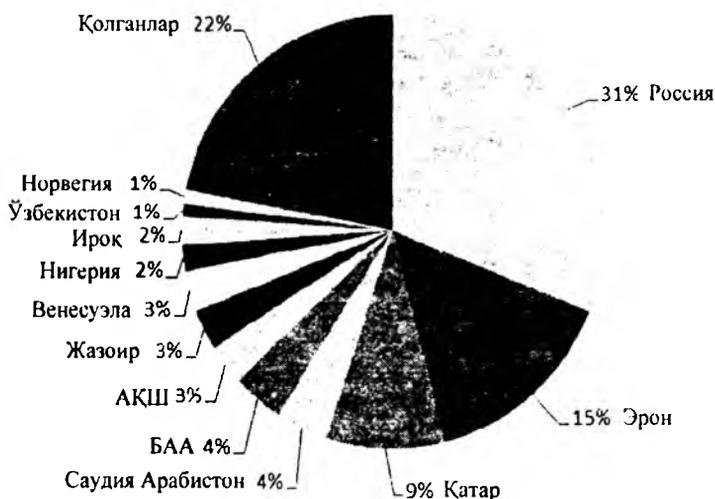
14.1-жадвал

т/р	Манба	Нефть эквивалентидиги ҳажм, млрд. баррель	Тамом бўлиш вакти, йиллар
1.	Битумли кумлар	1500	40
2.	Нефть	2000	50
3.	Ёнувчан сланешлар	2500	65
4.	Табиий газ	3000	75
5.	Кўмир	53000	1300

Шу сабабли, хом-ашё манбаини диверсификация қилиш шу куннинг долзарб муаммоларидан биридир. 14.1-жадвалдан кўриниб турибдики, нефть захираларининг камайиши ва йўқолиб бориши бошқа фойдали қазилмалар билан компенсация қилиниши мумкин. Кўмирнинг захираси 1000 йилдан ортиқ даврга етарли бўлгани учун узок келажакда дунё энергетикасида асосий ўринни эгаллаши мумкин.

Яқин келажакда эса иктисодий жиҳатдан фойдали ва атроф-муҳитни муҳофазаси нуқтаи назаридан ўринли деб табиий газни қайта ишлаб қўллаш ҳар томонлама самаралидир [147]. Олим ва мутахассисларнинг фикрича, дунё энергетикасида нефтнинг улуши 36...38% гача камайди, газнинг улуши 24...26% гача, кўмирники эса 25...27% гача ортади ҳамда гидро- ва атом энергетикасига 5...6% тўғри келади [148].

Табиий газнинг аниқланган захиралари Россия ва Яқин Шарқ давлатлари (14.1-расм)



14.1-расм. Табиий газнинг аниқланган захиралари [149].

да бўлса, асосий истеъмолчилар Америка ва Европа (14.2-расм) да жойлашган.



14.2-расм. Табиий газ импортёрлари [149].

Европа мамлакатлари орасида газ труба қувурлари орқали узатилади ва бу мураккаб техник масаладир. Бир қитъадан иккинчисига табиий газ суюлтирилган агрегат ҳолатида газ ташувчи танкерларда етказилади [1.19].

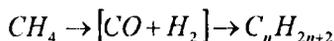
Иккала вариант ҳам қиммат. Лекин учинчи вариант ҳам мавжуд, яъни табиий газдан суюқ маҳсулотлар олиш корхоналарини бевосита газ конлари ҳудудида қуришдир. Суюлтирилган газни сақлаш ва транспортировка қилиш ҳозирги кундаги мавжуд инфраструктура ёрдамида амалга оширилиши мумкин.

Табиий газни юқори углеводород, ёқилги ва қимёвий маҳсулотларга айлантирувчи қимёвий корхоналар мажмуаси «gas to liquids» (*GTL*) деб номланади. *GTL* – технология табиий газни қайта ишлаш натижасида этилен ва α -олефинлардан бошлаб қаттиқ парафинларгача бўлган кенг қўламдаги маҳсулотларни олиш имконини беради. Олинган маҳсулотлар орасида синтетик дизель ёқилғиси муҳим ўрин тутди, чунки эксплуатацион ва экологик параметрлар бўйича нефтдан олинган дизель ёқилгидан юқори туради ва афзалроқ. Шу сабабли, дунёнинг энг йирик нефть қазиб олувчи ва қайта ишловчи компаниялари – Exxon Mobil, Shell, Conoco Phillips, Chevron, Marathon, Statoil, Syntroleum ва бошқалар ўзларининг *GTL* – технологияларига эга [147].

Табиий газнинг асосий компоненти – бу метан. Маълумки, метан турли реагентлар таъсирига бардошли ва термодинамик жиҳатдан жуда мўътадил газдир. CH_4 молекуласида $C-H$ нинг боғланиш энергияси 439 кЖ/кмоль. Метан асосида тўғридан-тўғри синтез анча қийин, чунки метанга қараганда бошқа компонентлар аввалроқ оксидланишга дучор бўлади.

Сув буғи ва VIII гуруҳ металлари иштирокида юқори температурали муҳитда метан фаоллашади, углерод оксиди ва водород аралашмасидан иборат синтез-газ ҳосил қилади [150]. Ушбу газ метанни қислородсиз муҳитда каталитик бўлмаган парциал оксидлаш усулида ҳам олиш мумкин. Жараён натижасида олинган углерод оксиди CO нинг реакцияга киришиш қобилияти юқорироқ ва тегишли катализаторлар иштирокида турли-туман бирикмаларга айлантирилиши мумкин.

Термоқимё нуктаи назаридан оксидланиш-қайтарилиш айланишининг занжири:



албатта мукаррар йўқотилишларни ўз ичига олади.

Метаннинг бир моль углеводга тўғри келадиган ёниш иссиқлиги 213 ккал/моль. юкори алканларники ~163 ккал/моль [152]. Демак, метаннинг парафинга айланишининг назарий энергетик самарадорлиги $163/213=77\%$. *GTL* – технологияси асосида ишлайдиган корхоналардаги йўқотилишлар туфайли ҳақиқий самарадорлиги назарийдан анча паст бўлади, яъни ~63% [153,154]. Ушбу фарқ, газ агрегат ҳолатга қараганда суюқ углеводородларни сақлаш ва транспортировка қилишнинг қулайлиги учун тўловдир.

Шундай қилиб, табиий газни юкори углеводородларга қайта ишлаш 3 босқичда амалга оширилади:

- 1) метандан синтез-газ олиш;
- 2) синтез-газни юкори углеводородларга конверсия қилиш;
- 3) ажратиш ва маҳсулотларни якуний қайта ишлаш

Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, ҳар бир босқич алоҳида технология, яъни алоҳида ишлаб чиқариш корхонасидир.

14.2. Синтез-газ олиш

Синтез-газ тоза H_2 ва CO манбаи бўлиб, аммиак, метанол, диметил эфир, уксус кислоталарни ишлаб чиқаришда ва бир қатор кўп тоннажли жараёнларда қўлланилади [147,154].

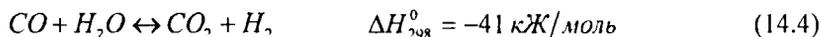
Ҳамма замонавий технологияларда метаннинг синтез-газга айланиши метанни бугли конверсияси (БК) ва парциал оксидланиш (ПО) реакцияларига асосланган (14.1-жадвал). Мўтадил катализаторлар бўлмагани учун карбонат ангидридли конверсия (УК) саноат миқёсида татбиқ қилинмаяпти.

Табиий газдан синтез-газ олиш реакция энтальпияси

14.2-жадвал

т/р	Асосий реакция	Жараён	ΔH_{298}^0 кЖ/моль	Формула рақами
1.	Буг конверсияси (БК)	$CH_4 + H_2O \leftrightarrow CO + 3H_2$	206	(14.1)
2.	Карбонат ангидридли конверсия (УК)	$CH_4 + CO_2 \rightarrow 2CO + 2H_2$	247	(14.2)
3.	Парциал оксидланиш (ПО)	$CH_4 + 0,5O_2 \rightarrow CO + 2H_2$	-36	(14.3)

(14.1) ва (14.2) реакциялар 700...900°C температураларда никелли катализаторлар иштирокида кечади ва ташқаридан кўп миқдорда иссиқлик узатишни талаб қилади. Бунда сув буғининг реакциясида албатта маълум миқдордаги CO йўқотилади:



(14.3) бўйича борадиган метаннинг парциал оксидланиши аксинча, экзотермик реакциядир. Юкори температураларда ушбу реакция катализаторсиз ҳам кечади ва $CO:H_2=(1,7...1,8):1$ нисбатда синтез-газ олиш мумкин. Углероднинг бир қисми қорақуя кўринишида йўқотилади. Саноат миқёсида синтез-газни олиш учун (14.1) ва (14.4) реакциялар асосидаги жараёнлардан фойдаланилади.

Парциал оксидланишда тоза кислородни қўллаш паст температурали ҳавони ажратиш станциясини талаб қилади. Кислородни олиш учун кетадиган капитал сарфлар синтез-газ ишлаб чиқариш корхонасининг нархининг тахминан 40% ни ташкил этади [150].

Синтез-газдаги $CO:H_2$ уни олиш усулига боғлиқ бўлиб, БК усули учун 1:3 ва УК усули учун 1:3 га тенг. Турли жараёнлар учун синтез-газнинг маълум бир таркиби ҳосилдир:

аммиакни олиш технологиясида водород максимал чиқиши мақсадга мувофиқ. Бунда оксосинтездаги нисбат $CO:H_2 = 1:1$, метанол синтезида эса $CO:H_2 = 1:2$ бўлиши зарур. Углеводородлар синтези реакциясида ушбу нисбат $CO:H_2 = 1:1,5$ ёки ундан ортиқ бўлиши керак. Синтез-газ таркибини газни ажратиш, сув буғи реакциясини ўтказиш ёки бошқа манбалардан олинган водородни қўшиш орқали ростлаш мумкин.

Метанни буғли конверсия усули ёрдамида синтез-газ олиш технологияси илк бор 1930 йилда АҚШ Standart Oil of New Jersey компанияси томонидан яратилган. Шу кунгача дунёдаги 95% синтез-газ юкорида қайд этилган компания технологияси бўйича олинади [147].

Синтез-газ олиш технологиясида метанни буғли конверсиясида жуда кўп микдорда иссиқлик узатиш ва уни утилизация қилиш ёки парциал оксидлаш ўтхонаси иссиқлигини ажратиб олиш каби катта техник муаммолари мавжуд.

(14.1) формуладаги реакцияни ўтказиш учун зарур энергия (14.3) формулада келтирилган реакция ва метаннинг бир қисмини тўлик ёқиш орқали таъминланади. Бунда парциал оксидланиш усулига нисбатан кислороднинг сарфи ва қорақуя ҳосил бўлиши камаёди.

Синтез-газ олиш технологияси анча катта капитал сарфларни талаб қилади ва турли мутахассислар фикрига биноан *GTL* – технологияси умумий сарфларининг 40...70% ни ташкил этади (14.3-жадвал) [156]. Лекин шунинг қайд этиш керакки, синтез-газ олиш босқичида тоза кислороддан фойдаланиш жуда катта хавф туғдиради.

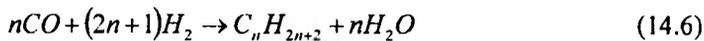
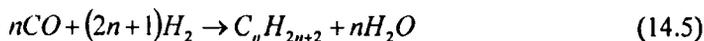
Қуйида йилига 2,5 млн.т суюқ ёқилғини *GTL* – технологиясида олувчи корхонанинг капитал сарфларининг тақсимланиши 14.3-жадвалда келтирилган.

14.3-жадвал

т/р	Асосий технологик жараёчлар	Сарфлар улуши, %
1.	Синтез-газ ишлаб чиқариш	36...48
2.	Углеводородлар синтези	19...20
3.	Гидрокрекинг	9...10
4.	Бошқа қурилмалар	23...35

14.3. Фишер-Тропш синтези

Синтез-газни темир ва кобальтли катализаторларда юкори углеводородларга айлантириш Германиянинг кўмир ёқилғиси институтининг “Ёнилғилар технологияси” лабораториясида Франс Фишер ва Ганс Тропшлар томонидан ихтиро қилинган «Фишер-Тропш» синтези номи билан юритилади [151]. Реакция 180...360°C ва 4,5 МПа босим остида кечади. Натижада чизикли тузилишга эга ва фракцион таркиби C_1 дан C_{100} гача бўлган α -олефин ва парафинлар олинади.

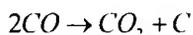


Ушбу реакциялар иссиқлик эффекти реакцияга кириш 1 моль CO га 165 кЖ ни ташкил этади.

Худди шундай таркибида кислород ушлаган спиртлар, альдегидлар, кетонлар, карбонли кислоталар ва юкори температураларда бензол ва унинг гомологлари ҳосил бўлиши мумкин.

Одатда, CO нинг иккиламчи айланишлари у ёки бу даражада кечади.





$$\Delta H_{300} = -67 \text{ кЖ/моль} \quad (14.8)$$

Фишер-Тропш синтези CO ни гидрополимеризация реакцияси ва унда бир неча хил углеводородли фракциялар ҳосил бўлади деб ҳисобланади. Катализатор юзасида икки турдаги реакция: мавжуд интермедиатга мономернинг бирикиши туфайли занжир ўсиши ва занжирнинг узилиши туфайли маҳсулот ҳосил бўлиши билан боради.

Занжирнинг ўсиш ва узилиш тезликларининг константалари k_1 ва k_2 лар интермедиат занжирининг узунлигига боғлиқ эмас (Флори гипотезаси). Ушбу модель ичида моддаларнинг молекуляр-массавий тақсимланиши занжирнинг узилиши ва ўсиш тезликлари константаларининг нисбатлари, яъни занжир ўсишининг эҳтимоллик катталиги билан белгиланади:

$$\alpha = \frac{k_1}{k_1 + k_2} \quad (14.8)$$

Углерод сони n бўлган маҳсулотнинг массавий улуши Флори формуласи билан аниқланади:

$$p_n = n\alpha^{n-1}(1-\alpha)^2 \quad (14.9)$$

ёки Шульцнинг тахминий формуласи орқали топиш мумкин:

$$p_n = n\alpha^{n-1} \ln^2 \alpha \quad (14.10)$$

Кўпчилик ҳолларда C_{2+} маҳсулотларининг фракцион таркиби юқорида келтирилган формулалар билан мос равишда ифодаланади. Шунини алоҳида таъкидлаш лозимки, (14.7) формулада келтирилган реакция бўйича метан миқдори кўп ҳосил бўлади.

(14.9) ва (14.10) формулалардаги α нинг амалиётдаги максимал қиймати кобальт катализаторлар учун 0,94, темир катализаторлар учун эса – 0,95.

Фишер-Тропш синтезида металлларнинг солиштирма каталитик фаоллигининг пасайиш катори куйидагича:



Юқори молекуляр парафинларга нисбатан юқори фаоллиги ва селективлиги билан ажралиб турувчи рутений камёб ва қимматлиги уни кенг қўламда қўлланмаслигининг асосий сабабидир. Никелли катализаторлар эса, асосан метанлаш реакциясини тезлаштиради.

Темир ва кобальт катализаторларнинг солиштирма таҳлили 14.4-жадвалда келтирилган.

Фишер-Тропш синтезининг темир ва кобальт катализаторларини таққослаш

14.4-жадвал

т/р	Темир	Кобальт
1.	Арзон	Fe қараганда ~200 баробар қиммат
2.	Юқори температурада ҳам CN_2 чиқиши кам	Температура ортиши билан CN_2 чиқиши кескин равишда кўпаяди
3.	Гидрирлаш фаоллиги паст, чуқури маҳсулотда олефинлар миқдори кўп	Гидрирлаш фаоллиги юқори, фақат алканлар ҳосил бўлади
4.	Оксигенатлар кўп ҳосил бўлади	Кислородли бирикмалар умуман ҳосил бўлмайди
5.	$H_2:CO$ нинг паст нисбатларида ҳам ишлаш қобилияти бор	$H_2:CO$ нинг стехиометрик нисбатига яқин бўлиши талаб этилади
6.	Бугли газ реакцияси бўйича CO нинг бир	Бугли газ реакциясини тезлаштирмайди

	қисми CO_2 айланади	
7.	H_2O ва CO_2 тез оксидланади	Оксидланишга нисбатан тургун
8.	H_2O углеводородлар синтезини секинлаштиради	H_2O жараён кинетикасига таъсир этмайди
9.	Ишлаш муддати киска	Ишлаш муддати синтез-газ таркибидаги каталитик захарлар билан белгиланади

Темир катализаторларга караганда кобальтли катализаторларнинг гидрирлаш фаоллиги ва сувли газ реакцияда инертлиги юкори. Кобальтли катализаторлар паст температураларда ҳам ишлатилиши мумкин.

Шуни таъкидлаш лозимки, углеводородли занжирнинг ўсиши кобальтли катализаторларда босимга боғлиқ.

14.4. «Газни суюқликка» технологияси маҳсулотлари

Фишер-Тропш синтези маҳсулотлари асосан чизикли тузилишга эга, углеводородларнинг кенг кўламдаги турли фракцияларидан иборатдир. Тўйинмаган углеводородларни асосан α -олефинлар ташкил этади, ароматиклар миқдори – минималдир. Аммо фракциялар таркибини жуда кенг ораликда ўзгартириш имконияти мавжуд. Бунда асосий ростловчи параметр – бу синтез температурасидир. Паст температурали жараёнда катализат таркибидаги каттик парафин миқдори 50% ва ундан кўп бўлса, юкори температурали жараёнларда асосан бензин фракцияли углеводородлар кўпроқ бўлади, чунончи унда олефинлар 70% тенг (14.5-жадвал).

Fe катализаторда Фишер-Тропш синтези маҳсулотларининг таркиби

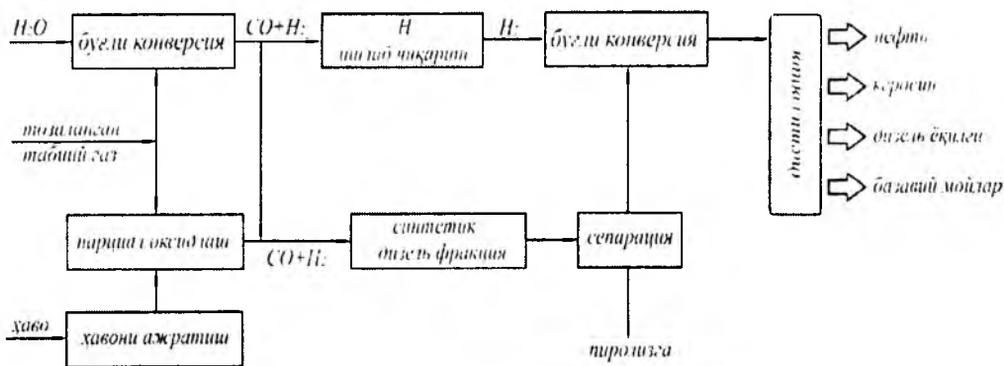
14.5-жадвал

т/р	Компонент	235°C	340°C
1.	CH_4	3	8
2.	C_2H_4	0,5	4
3.	C_2H_6	1	3
4.	C_3H_6	1,5	11
5.	C_3H_8	1,5	2
6.	C_4H_8	2	9
7.	C_4H_{10}	2	1
8.	Суюқ углеводородлар фракция таркиби:		
	<160°C	9	20
	160...350°C	17,5	16
	>350°C	51	5
9.	Оксигенатлар	4	5
10.	C_6 фракция таркиби		
	н-гексан	-	8
	гексен-1	-	58
	метилпентенлар	-	24
11.	C_{10} фракция таркиби		
	н-декан	-	8
	децен-1	-	38
	метилноненлар-1	-	20
12.	C_5 - C_{10} фракция таркиби		
	алканлар	29	13
	алкенлар	64	70
	ароматиклар	0	5
	оксигенатлар	7	12

Паст температурали жараёнда дизель фракциясини ишлаб чиқариш анча самарали, чунки кўшимча ўзгартиришсиз ушбу усул бир қатор афзалликларга эга. C_{11} ... C_{20} синтетик парафинлар чизикли тузилишли ва цетан сони 75 га тенг бўлиб, замонавий дизель ёкилгилар (40...50) га кўйиладиган талаблардан анча юкори. Ундан ташқари, замонавий

дизель моторлар ф.и.к. ($\eta=0,44$) бензинли моторларнинг ф.и.к. ($\eta=0,24$) дан анча катта. Лекин дизель фракция бўйича синтезнинг селективлиги жараённинг кинетикаси билан чегараланади ва 30% дан ошмайди.

Shell компаниясининг «ўртача дистиллятлар» ишлаб чиқариш схемаси ўз ичига синтезнинг оғир маҳсулотларини юмшоқ гидрокрекинг қилишни ҳам камраб олган (14.3-расм). Гидрокрекинг жараёни бифункционал катализаторлар иштирокида 300...350°C температура ва 3...5 МПа босимда ўтказилади. Бунда олефин ва кислородли аралашмалар гидрирланади, оғир парафинлар изомерланиш ва гидрокрекингга учрайди.



14.3-расм. Shell компаниясининг «ўртача дистиллятлар» ишлаб чиқариш схемаси.

Конверсия даражаси ва оғир маҳсулотлар рециклига қараб турли айланиш чуқурлигига эришиш мумкин. Нафта:керосин:газойль нисбатлари 15:25:60 дан 25:50:25 гача бўлиши мумкин. Хом-ашё таркибида ароматик ва гетероароматик бирикмалар бўлмагани учун Фишер-Тропш синтези углеводородларини гидрокрекинг қилиш ҳамма кўрсаткичлар (босим, унумдорлик, водород сарфи, катализатор турғунлиги, қурилмага капитал сарфлар) бўйича нефтли вакуумли газойлни гидрокрекингга қараганда афзалроқ.

Ундан ташқари, синтетик дизель фракция (СДФ) юқори цетан сонидан ташқари жуда яхши экологик характеристикаларга эга. Кимёвий жиҳатдан СДФ оз миқдорда ароматик углеводородли тоза парафиндир. Хом-ашё тозалангандан сўнг, азот ва олтингугурт бирикмалари аралашмалар миқдори жуда кам бўлиб, қолганлари эса Фишер-Тропш катализаторида ўтириб қолади [155]. Дизель ёқилғи таркибида тўйинмаган бирикмалар бўлмагани учун СДФ таркибида водород миқдори стандарт дизель ёқилғиникига қараганда кўп бўлади. Маълумки, бу ёқилғининг яхши ёнишини ва оқибатда СДФ нинг ёниш маҳсулотидида NO_x миқдори 6...28% га, CO ники 18...91% га, CH ники эса 40...63% га камлигини таъминлайди. Шу билан бирга бензол, нафталин, формальдегид, бенз(а)пирен ва бошқа моддалар миқдори ҳам камроқ бўлади.

СДФ нинг зичлиги стандарт дизель ёқилғиникидан пастрок (14.6-жадвал).

GTL – технологияси юқори сифатли дизель ёқилғидан ташқари асосий органик синтез маҳсулотлари ишлаб чиқаришда янги имкониятлар очиб беради. Ҳозирги кунда Голландиянинг Sasol компанияси дунё бозорига 100 ортик маҳсулотлар етказиб беради ва фақат бир нечтаси ёқилғилар қаторига мансубдир.

Синтезнинг газсимон углеводородлари Циклар-жараён ёрдамида ароматик углеводородларга қайта ишланиши мумкин. Sasol компанияси Фишер-Тропш (Synthol process) юқори температурали синтезининг бевосита маҳсулоти сифатида ҳамда синтезнинг енгил фракцияларини пиролиз қилиб, этилен ва пропилен ишлаб чиқаради.

т/р	Кўрсаткич	Стандарт дизель ёкилғиси	Фишер-Тропшнинг паст температурали синтези	Юкори температурали синтез
1.	Зичлик 15°C да	0.8464	0,7695...0,7905	0,8007...0,8042
2.	Фракцион таркиб, °C			
	қайнаш бошланиши	174	159...210	230
	50%	253	244...300	254
	90%	312	327...334	323
	охирги томчи	344	338...358	361
3.	Цетан сони	44,9	>70	~50
		46...50	75...80	-
4.	Олтингугурт, ppm	300	~1	1
5.	Ароматиклар	~1	0,1...2	~1
6.	Водород, % (масс.)	13...13,5	~15	14,4

Пропилен даставвал мотор мойларини олиш учун олигомерлашга йўналтирилган бўлса, кейинчалик эса полипропилен ишлаб чиқариш учун хом-ашё сифатида ишлатилди.

Огир парафинлар сифатли, ковшоклиги юкори индексли синтетик мойлар олиш учун жуда яхши хом-ашёдир. Синтезнинг каттик парафинлари жуда тозалиги учун озик-овкат ва парфюмерия саноатларида кенг қўламда қўлланилади.

Фишер-Тропш синтези углерод атомлари тоқ сонли бўлган α -олефинлар олишнинг мисли кўрилмаган имкониятини яратади. Шунини алоҳида таъкидлаш керакки, анъанавий этиленни олигомерлаш усулида бундай натижага эришиш мумкин эмас.

Юкори температурали Фишер-Тропш синтези маҳсулотларида кислородли бирикмалар улуши атиги 5...6%.

Синтезнинг кислородли маҳсулотларининг таркиби

т/р	Бирикмалар	Микдори, % (масс.)
1.	Ацетальдегид	3
2.	Ацетон	10
3.	Этанол	55
4.	Метилэтилкетон	3
5.	Изопропил спирт	3
6.	Пропил спирт	13
7.	Изобутил спирт	3
8.	Бутил спирт	4
9.	Кислоталар:	
	уксус	70
	пропион	16
	мойли	9
	C ₅ +	5

Ушбу маҳсулотларнинг таркиби 14.7-жадвалда келтирилган. Корхонанинг ишлаб чиқариш ҳажми катта бўлганда айрим маҳсулотларнинг чиқиши салмоқли бўлади.

**14-боб. Табиий газни қайта ишлаш технологиясининг
перспектив йўналишлари**
Мустақил тайёрланиш ва қайтариш учун саволлар

1. «Газ суюқлиги» нима англатади?
2. Дунёда углеводород хом-ашё захираларининг мамлакатлараро тақсимланиши қандай?
3. Углеводородли хом-ашёлар турларини таърифланг.
4. Табиий газни юқори углеводородларга қайта ишлаш неча босқичда кечади?
5. Табиий газдан мамлакатлараро саноат микёсида қайта ишлаш кўрсаткичлар айтинг.
6. Фишер-Тропш синтезини тушунтиринг.
7. Фишер-Тропш синтези реакцияларини ёзинг ва таърифлаб беринг.
8. Флори гипотезасини таърифлаб беринг.
9. Углерод сони n ни аниқлаш учун Флори формуласини ёзинг ва тушунтиринг.
10. Углерод сони n ни аниқлаш учун Шульц формуласини ёзинг ва тушунтиринг.
11. Фишер-Тропш синтезида металлларнинг солиштирма каталитик фаоллигининг пасайиш қаторининг кетма-кетлигини ёзинг.
12. Темир ва кобальт катализаторларининг афзаллик ва камчиликларини таърифлаб беринг.
13. Фишер-Тропш синтези маҳсулотларининг таркибини ёзиб беринг.
14. Shell компаниясининг «ўртача дистиллятлар» ишлаб чиқариш схемаси чизинг ва ишлаш принципини тушунтиринг.
15. Стандарт дизель ёқилғи асосий кўрсаткичларини келтиринг.
16. Фишер-Тропшнинг паст температурали синтезида олинган дизель ёқилғи асосий кўрсаткичларини келтиринг.
17. Юқори температурали синтезда олинган дизель ёқилғи асосий кўрсаткичларини келтиринг.
18. Юқори температурали Фишер-Тропш синтези маҳсулотларида кслородли бирикмалар улуши қанча?
19. Синтезнинг кслородли маҳсулотларининг таркибига қандай моддалар қиради?

И Л О В А Л А Р

ШАРТЛИ БЕЛГИЛАР

- α – иссиқлик бериш коэффициенти, Вт/м·К;
 λ – иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти, Вт/м·К;
 δ – девор калинлиги, мм;
 d – диаметр, м;
 l – узунлик, м;
 H – труба баландлиги, м;
 G – массавий сарф, кг/с;
 σ – сиртий таранглик, Н/м;
 g – эркин тушиш тезланиши, м²/с;
 μ – динамик қовушқоқлик, Па·с;
 ν – кинематик қовушқоқлик, м²/с;
 ρ – зичлик, кг/м³;
 t, T – температура, °С, К;
 w – тезлик, м/с;
 q – солиштирма иссиқлик оқими, Вт/м²;
 Q – иссиқлик оқими, Вт;
 β – масса бериш коэффициенти, м/с;
 R – радиус, м;
 S – поверхность, м²;
 a – температура ўтказувчанлик коэффициенти, м²/с;
 P – периметр, м;
 P – босим, Па;
 τ – вақт, с;
 c – солиштирма иссиқлик сифими, Ж/кг·К;
 r – буғ ҳосил бўлиш иссиқлиги, Ж/кг;
 ΔT – температуралар фарқи, К;
 K – иссиқлик ўтказиш коэффициенти, Вт/м²·К;
 D – диффузия коэффициенти, м²/с;
 ε – ғовақлилиқ;
 η – ф.и.к;
 ξ – маҳаллий қаршилиқ коэффициенти;
 φ – нисбий намлик;
 ω – бурчак тезлиги, с⁻¹;
 m – масса, кг;
 n – айланишлар сони, айл/мин;
 M – узатилган модда миқдори, оқими, кг;
 V – объём, м³;

ЎХШАШЛИК КРИТЕРИЙЛАРИ

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad \text{– Рейнольдс критерийси;}$$

$$Ar = \frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_m - \rho}{\rho} \quad \text{– Архимед критерийси;}$$

$$K = \frac{r}{c_p \cdot \Delta T} \quad \text{– конденсация критерийси;}$$

$$Ga = \frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \quad \text{– Галилей критерийси;}$$

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda} \quad \text{– Нуссельт критерийси;}$$

$$Fo = \frac{a \cdot \tau}{l^2} \quad - \text{Фурье критерийси};$$

$$Pe = \frac{w \cdot l}{a} \quad - \text{Пекле критерийси};$$

$$Pr = \frac{\nu}{a} \quad - \text{Прандтл критерийси};$$

$$We = \frac{\rho \cdot w^2 \cdot d}{\sigma} \quad - \text{Вебер критерийси};$$

$$Gr = \frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t \quad - \text{Грасгоф критерийси};$$

$$Fr = \frac{w^2}{g \cdot l^3} \quad - \text{Фруд критерийси};$$

$$Nu_o = \frac{\beta \cdot d}{D} \quad - \text{диффузион Нуссельт критерийси};$$

$$Fo_o = \frac{D \cdot \tau}{l^2} \quad - \text{диффузион Фурье критерийси};$$

$$Pe_o = \frac{w \cdot l}{D} \quad - \text{диффузион Пекле критерийси};$$

$$Pr_o = \frac{\nu}{D} \quad - \text{диффузион Прандтл критерийси};$$

ҚИСҚАРТИРИШЛАР:

ДЭА – диэтаноламин;
 МЭА – моноэтаноламин;
 ТЭА – триэтаноламин;
 МДЭА – метилдиэтаноламин;
 ДГА – дигликоламин;
 ДМФ – диметилформамид;
 НМП – N-метилпирролидон;
 ПЭВД – юкори босимли полиэтилен;
 ПЭНП – паст зичликли полиэтилен;
 ПЭСД – ўрта босимли полиэтилен;
 СВМП – ўта юкори молекулали полиэтилен;
 ЭКМ – эриган қаттиқ моддалар
 РЕХ – тикилган полиэтилен;
 ХСП – хлорсулфирланган полиэтилен.

БАЪЗИ ПОЛИМЕРЛАРНИНГ АСОСИЙ ЭРИТУВЧИЛАРИ

И-1 жадвал

№	Полимерлар	Эритувчилар
1.	Полиакриламид	сув, сувли буфер эритмалар
2.	Полиакрил кислотаси	сув, ишқорларнинг сувли эритмалари
3.	Полиакрилонитрил	диметилформамид, диметилсульфооксид, этилен карбонат, нитробензол
4.	Поливинилацетат	мураккаб эфирлар, метанол, ацетон, хлорли углеводородлар
5.	Поливинилспирт	сув, сувли ацетон
6.	Поливинилхлорид	циклогексонал, нитробензол, тетрагидрофуран, хлорли углеводородлар

7.	Полиметилметакрилат	мураккаб эфирлар, ароматик углеводородлар, хлорли углеводородлар
8.	Полипропилен	кейлоллар, о-дихлорбензол, керосин
9.	Полистирол	ароматик углеводородлар, хлорли углеводородлар, бутилкетон, декалин
10.	Полиэтилен	тетралин, хлорнафталин, кейлоллар, толуол (100-135°C)
11.	Полиэтилентерефталат	феноллар, бензил спирт, нитробензол (қиздириш ёрдамида)
12.	Триацетатцеллюлоза	мураккаб эфирлар, кетонлар
13.	Целлюлоза (гидрат целлюлоза)	мис-аммиак комплекслари, диамиларнинг рух хлорид ва кальций хлорид билан мажмуалари
14.	Этилцеллюлоза	метилацетат, бензол ва метанол аралашмаси, этилацетат, диоксан, дихлорэтан, сирка кислотаси
15.	Поливинилбутирал	хлороформ, изопропил спирт, циклогексанол

АЙРИМ ГАЗЛАРНИНГ ФИЗИК ВА ИССИҚЛИК ХОССАЛАРИ

И-2 жадвал

Углерод оксиди (СО) нинг термодинамик хоссалари

t, K	$c_p, Ж/(кг·K)$	$S, Ж/(кг·K)$	$I, Ж/кг$
100	1040,42	5925,92	103773,7
200	1040,71	6647,43	207836,6
300	1041,89	7069,37	311945,5
400	1049,05	7369,79	416419,0
500	1065,10	7605,27	522032,1
600	1088,27	7801,78	629673,2
700	1114,41	7971,48	739828,3
800	1140,60	8121,90	852581,2
900	1164,65	8257,65	967890,0
1000	1186,36	8381,68	1085461,0

И-3 жадвал

Углерод оксиди (СО) иссиқлик ўтказувчанлик ва қовушқоқлик коэффициентлари ($p=0,1 MPa$)

t, K	$\lambda \cdot 10^{-4}, Вт/(м·K)$	$\mu \cdot 10^{-6}, Па·с$
50	267,49	18,6
100	301,22	20,7
200	365,18	24,5
300	425,66	27,9
400	484,97	31,2
500	540,80	34,4
600	596,62	37,3
700	650,12	40,4
800	701,29	43,2
900	754,79	46,0
1000	805,96	48,7

Углерод оксиди (CO) ning zichligi, ρ [кг/м³]

P , МПа T , К	0,001	0,01	0,04	0,07	0,1	0,4
200	0,017068	0,17072	0,6834	1,1969	1,7114	6,9010
300	0,011378	0,11379	0,45520	0,7967	1,1382	4,5574
400	0,008533	0,08533	0,34131	0,5973	0,8532	3,4102
500	0,006826	0,06826	0,27303	0,4778	0,6824	2,7263
600	0,005690	0,05689	0,22752	0,3981	0,5687	2,2716
700	0,004877	0,04876	0,19502	0,3412	0,4874	1,9470
800	0,004267	0,04267	0,17064	0,2986	0,4265	1,7038
900	0,003793	0,03793	0,15168	0,2651	0,3791	1,5146
1000	0,003414	0,03413	0,13651	0,2389	0,3412	1,3633

Углерод диоксиди (CO₂) ning термодинамик хоссалари

t , К	c_p , Ж/(кг·К)	S , Ж/(кг·К)	I , Ж/кг
50	662,02	3611,36	33075,0
100	664,53	4070,59	66206,2
200	736,18	4547,83	135441,8
300	846,80	4867,52	214662,1
400	940,24	5124,37	304194,0
500	1015,24	5342,67	402114,3
600	1076,83	5533,31	506818,2
700	1127,95	5703,01	617124,2
800	1170,27	5856,78	732097,8
900	1205,88	5996,73	850963,9
1000	1235,63	6124,94	973094,0

Углерод диоксиди (CO₂) ning иссиqlik ўтказувчанлиги ва қовушқоқлиги коэффициентлари ($p=0,1$ МПа)

t , К	$\lambda \cdot 10^{-1}$, Вт/(м·К)	$\mu \cdot 10^{-6}$, Па·с
50	0,01849	-
100	0,02233	-
400	0,04559	-
500	0,05338	23,68
600	0,06106	27,33
700	0,06885	30,69
800	0,07652	33,82
900	0,084201	36,75
1000	0,091877	39,51

Метан (CH₄) нинг термодинамик хоссалари

t, K	$c_p, Ж/(кг·K)$	$S, Ж/(кг·K)$	$I, Ж/кг$
100	333,06	1496,67	33306,3
200	335,28	1727,54	66662,9
300	358,33	1866,65	10110,5
400	407,94	1976,43	13923,4
500	466,47	2073,21	18289,4
600	525,68	2163,72	23250,3
700	581,57	2249,20	28789,5
800	632,69	2330,06	34865,0
900	679,20	2407,16	41426,5
1000	721,10	2480,90	48436,4

II-8 жадвал

Метан (CH₄) нинг иссиқлик ўтказувчанлик ва қовушқоқлик коэффициентлари ($p=0,1MPa$)

t, K	$\lambda \cdot 10^{-1}, Вт/(м·K)$	$\mu \cdot 10^{-6}, Па·с$
50	0,370997	11,85
100	446,592	13,32
200	621,042	16,04
300	818,752	18,5
400	1035,07	20,8
1000	-	31,35

II-9 жадвал

Этан (C₂H₆) нинг термодинамик хоссалари

t, K	$c_p, Ж/(кг·K)$	$S, Ж/(кг·K)$	$I, Ж/кг$
100	359,921	1841,086	33980,90
200	426,123	2109,665	73073,60
300	530,035	2301,567	120630,10
400	656,992	2471,262	180002,40
500	781,854	2630,901	251819,00
600	894,565	2783,836	335870,40
700	993,868	2930,067	430732,00
800	1082,277	3068,756	534644,00
900	1160,211	3200,741	646936,00
1000	1228,927	3326,441	765932,00

II-10 жадвал

Этан (C₂H₆) нинг иссиқлик ўтказувчанлик ва қовушқоқлик коэффициентлари ($p=0,1MPa$)

t, K	$\rho \cdot 10^{-3}, г/см^3$	$\lambda \cdot 10^{-3}, Вт/м·K$	$\mu \cdot 10^{-6}, Па·с$
50	-	0,017	-
300	0,002113	51,5	21,13
400	0,001572	65,7	15,72
500	0,001254	-	12,54
600	0,001043	-	10,43

n - Пропан (C₃H₈) нинг термодинамик хоссалари

<i>t</i> , К	<i>c_p</i> , Ж/(кг·К)	<i>S</i> , Ж/(кг·К)	<i>I</i> , Ж/кг
100	41229,6	211678,8	3536360
200	55517,5	244863,6	8405140
300	73995,4	270757,8	14857740
400	94442,6	294850,3	23279640
500	113297,6	317979,1	33687600
600	129387,2	340018,5	45796700
700	143298	361052,3	59456100
800	155365,2	381038,6	74414400
900	165965,9	400019,3	90504000
1000	175267,7	418036,3	107557300

И-12 жадвал

n - Пропан (C₃H₈) нинг исиклик ўтказувчанлик ва ковшоклик коэффициентлари (*p*=0,1МПа)

<i>t</i> , °С	<i>ρ</i> ·10 ⁻³ , г/см ³	<i>λ</i> ·10 ⁻⁴ , Вт/(м·К)	<i>μ</i> ·10 ⁻⁶ , Па·с
50	-	17	-
300	0,002113	51,5	0,002113
400	0,001572	65,7	0,001572
500	0,001254	-	0,001254

И-13 жадвал

n- Бутан (C₄H₁₀) нинг термодинамик хоссалари

<i>t</i> , К	<i>c_p</i> , Ж/(кг·К)	<i>S</i> , Ж/(кг·К)	<i>I</i> , Ж/кг
300	980,46	3111,075	19646,910
400	1240,24	3432,029	30754,600
500	1480,746	3737,48	44393,050
600	1688,57	4027,009	60235,440
700	1866,645	4301,454	78017,800
800	2020,837	4561,653	97476,160
900	2155,336	4807,606	11837,1690
1000	2271,818	5040,989	14053,2600

И-14 жадвал

n- Бутан (C₄H₁₀) нинг исиклик ўтказувчанлик ва ковшоклик коэффициентлари (*p*=0,1МПа)

<i>t</i> , К	<i>λ</i> ·10 ⁻⁴ , Вт/(м·К)	<i>μ</i> ·10 ⁻⁶ , Па·с
50	187,8245	8,14
100	245,393	9,47
200	382,627	11,85
300	531,491	14,2
400	686,17	16,5

ФИЗИК КАТТАЛИКЛАР ЎЛЧОВ БИРЛИКЛАР СИСТЕМАСИ

Бутун дунёда XX асрнинг ўртасигача бир нечта ўлчов системаси мавжуд эди: МКГСС – метр, килограмм – куч ва секундага асосланган техник система; СГС – сантиметр, грамм ва секундага асосланган метрик система; МТС – метр, тонна, секунда ҳамда турли системасиз бирликларга асосланган система.

Ўлчов бирлик системаларининг кўплиги жуда катта нокулайликлар, фан, техника ва ишлаб чиқаришнинг турли соҳаларида халқаро муносабатларни кийинлаштирган.

1960 йили ўлчов ва тарозилар XI бош конференциясида Халқаро бирлик системаси (СИ) қабул қилинди. Ушбу системага ўтиш механик, электрик, иссиқлик ва бошқа физик катталикларни ўлчашнинг бир хиллигини таъминлайди, уларнинг аниқлигини оширади ва ҳисоблаш формулаларини соддалаштиради.

Халқаро системаси (СИ)да, асосий ўлчов бирликлари қуйидагилар:

И-15 жадвал

Узунлик	метр (м)
Масса	килограмм (кг)
Вақт	секунда (с)
Электр токи кучи	Ампер (А)
Температура	Кельвин (К)
Ёруғлик кучи	Кандела (кд)
Модда миқдори	моль

И-16 жадвал

Ундан ташқари, стандартда яна иккита қўшимча бирликлар назарда тутилган:

Ясси бурчак	радиан (рад)
Фазовий бурчак	стерадиан (ср)

Катталиклар орасидаги боғлиқликни ифодаловчи ҳосилавий бирликлар ўлчамлари физика тенгламалари ёрдамида аниқланади. Қуйида келтирилган жадвалда Халқаро бирликлар системасининг асосий, қўшимча ва кўп ишлатиладиган ҳосилавий ҳамда бошқа системадаги бирликларнинг СИ бирликларига ўтказиш коэффициентлари келтирилган.

Юқорида келтирилган нисбатлардан ташқари қуйидаги бирликлар тез-тез учраб туради:

узунлик – $1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$; Ангстрем $\overset{\circ}{\text{А}} = 10^{-10} \text{ м} = 10^{-8} \text{ см} = 0,1 \text{ нм}$; масса – $1 \text{ т} = 1000 \text{ кг}$, $1 \text{ центнер} = 100 \text{ кг}$; температура – Фаренгейт градуси $1^{\circ}\text{F} = [5/9(t-32)+273,15]\text{K}$; $t^{\circ}\text{C} = (t+273,15)\text{K}$; частота $1 \text{ Гц} = 1 \text{ с}^{-1}$; $1 \text{ айл/с} = 1 \text{ Гц}$.

Ундан ташқари қуйидаги бирликлар ҳам қўлланади: $1 \text{ миля (кадимги рус)} = 7,468 \text{ км}$; $1 \text{ миля (денгиз)} = 1,852 \text{ км}$; $1 \text{ миля (қуруклик)} = 1,609 \text{ км}$; $1 \text{ дюйм} = 2,54 \text{ см}$; $1 \text{ саржин} = 3 \text{ аршин} = 7 \text{ фут} = 2,1336 \text{ м}$; $1 \text{ аршин} = 71,12 \text{ см}$; $1 \text{ фут} = 12 \text{ дюйм} = 0,3048 \text{ м}$; $1 \text{ фунт} = 0,4536 \text{ кг}$; $1 \text{ фунт-куч} = 4,448 \text{ Ньютон}$.

И-17 жадвал

Бошқа системадаги бирликларни СИ га ўтказиш коэффициентлари

Т/р	Катталик	Бирликлар системаси	Бирлик номи	СИ га ўтказиш коэффициенти
1.	Узунлик	СИ, МКГСС СГС	Метр (м) Сантиметр (см)	- 10^{-2}
2.	Масса	СИ	Килограмм (кг)	-

		МКГСС	Массанинг техник бирлиги (кг·с ² /м)	9.81
		СГС	Грамм (г)	10 ⁻³
		Системадан ташкари бирлик	Центнер (ц) Тонна (т) Карат (кар) Фунт	100 10 ³ 2·10 ⁻⁴ 0,454
3.	Куч	СИ МКГСС СГС	Ньютон (Н) Килограмм-куч (кгк) Дина (дин)	- 9.81 10 ⁻³
4.	Босим	СИ МКГСС СГС Системадан ташкари бирлик	Паскаль (Па) Ньютон квадрат метрга (Н/м ²) Килограмм куч квадрат метрга (кгк/м ²) Дина квадрат сантиметрга (дин/см ²) Бар (бар) Техник атмосфера (атм.) Миллиметр сув устуни (мм.сув.уст.) Миллиметр симоб устуни (мм.сим.уст)	- - 9.81 10 ⁻¹ 10 ⁵ 9,81·10 ⁴ 9.81 133,3
5.	Динамик ковушқоқлик	СИ МКГСС СГС	Паскаль – секунд (Па·с) Ньютон – секунд квадрат метрга (Н·с/м ²) Килограмм-куч-секунд квадрат метрга (кгк·с/м ²) Дина-секунд квадрат метрга (дина·с/м ²) Пуаз (П) Сантипуаз (сП)	- - 9.81 10 ⁻¹ 10 ⁻¹ 10 ⁻³
6.	Кинематик ковушқоқлик	СИ МКГСС СГС	Квадрат метр секундга (м ² /с) Квадрат метр соатга (м ² /соат) Стокс (Ст) Сантистокс (сСт)	- 2,78·10 ⁻¹ 10 ⁻⁴ 10 ⁻⁶
	Сиртий таранглик	СИ СГС	Ньютон метрга (Н/м) Жоуль квадрат метрга (Ж/м ²) Дина сантиметрга (дин/см) Эрг сантиметрга (эрг/см)	- - 10 ⁻³ 10 ⁻³
	Иссиклик сизгим	СИ Системадан ташкари бирлик	Жоуль килограмм-градусга (Ж/кг·К) Килокалория килограмм-градусга [ккал/(кг·К)]	- 4190
	Иссиклик ўтказувчанлик	СИ Системадан ташкари бирлик	Жоуль-метр-соат-градусга [Ж/(м·соат·град)] Ватт метр-градусга [Вт/(м·К)] Килокалория метр-соат-градусга [ккал/(м·соат·град)]	- - 1,163

	Иш энергия	СИ МКГСС	Жоуль (Ж) Килограмм-куч-метр (кг·м)	- 9,81
		СГС Системадан ташқари бирлик	Эрг (эрг) Киловатт-соат (кВт·соат) от куч·соат(о.к.·соат)	10^{-7} $3,6 \cdot 10^6$ $2,65 \cdot 10^6$
	Кувват	СИ МКГСС	Ватт (Вт) Килограмм-куч-метр секундга (кг·м/с)	- 9,81
		СГС	Эрг секундга (эрг/с) от кучи (о.к.) Килокалория соатга (ккал/соат)	10^{-7} 736 1,16
	Иссиклик микдори	СИ Системадан ташқари бирлик	Жоуль (Ж) Килокалория (ккал)	- 4190
	Иссиклик бериш. ўтказиш	СИ Системадан ташқари бирлик	Ватт метр квадрат- градусга [Вт/(м ² ·К)] Килокалория квадрат метр-соат-градусга [ккал/(м ² ·соат·К)]	- 1,163
	Вақт	СИ Системадан ташқари бирлик	Секунда (с) Соат Сутка Йил	- 3600 86400 $3,16 \cdot 10^6$
	Тезлик	СИ Системадан ташқари бирлик	Метр секундга (м/с) Километр соатга (км/соат)	- 0,278
	Айланиш частотаси	СИ Системадан ташқари бирлик	Айланиш секундага (1/с) Айланиш минутга (айл/мин)	- 1/60

АСОСИЙ КОНСТРУКЦИОН МАТЕРИАЛЛАР ВА УЛАРНИ ТАНЛАШ

Кимё, нефть-газни қайта ишлаш ва бошқа саноатларнинг қурилмаларини лойиҳалаш жараёнида пайдо бўладиган қурилмани таркибий қисмлари учун лойиқ ва мос материалларни танлаш энг асосий ва ўта масъулиятли масалалардан биридир [28,131].

Материалларни танлашда уларнинг қуйидаги асосий хусусиятлари ҳисобга олиниши керак [132]:

- мустаҳкамлиги;
- иссиқликка бардошлилиги;
- емирилишга қарши кимёвий чидамлилиги;
- физик хоссалари;
- технологик характеристикалари, таркиби ва тузилиши;
- нархи ва уни ишлаб чиқариш мумкинлиги.

Материалнинг хоссалари қўлланилиш соҳасига, яъни ундаги муҳитларга ҳамбарчас ва каттик боғлиқдир. Агарда муҳитнинг температураси ўзгариши билан материалнинг ҳамма механик хоссалари – коррозияга чидамлилиги, қайта ишланишга мойиллиги – кескин ўзгаради. Шунинг учун материални танлашда коррозияга чидамлилигига алоҳида эътибор бериши керак, чунки бу кўрсаткичга унинг узоқ муддат давомида ишлатилиши узвий боғлиқдир. Ундан ташқари, коррозия натижасида емирилган материал олинаётган маҳсулот сифатини пасайтиради, рангини ва таъмини ёмонлаштиради. Ана шунинг назарда тутиш керакки, қурилманинг материали кўшимча реакциялар учун катализатор ҳам бўлиб қолиши мумкин.

Кимёвий чидамлилиги жиҳатдан материалнинг ярқоқлигини баҳолаш мезонлари қуйидаги жадвалда келтирилган:

И-18 жадвал

Материалнинг коррозияга чидамлик шкаласи

Чидамлик гуруҳи	Коррозияга чидамлик балли	Коррозия тезлиги, мм/йил
Жуда чидамли	1	< 0,001
Ўта чидамли	2	0,001 - 0,005
	3	0,005 - 0,01
Чидамли	4	0,01 - 0,05
	5	0,05 - 0,1
Чидамлилиги паст	6	0,1 - 0,5
	7	0,5 - 1,0
Чидамлилиги жуда паст	8	1,0 - 5,0
	9	5,0 - 10
Чидамсиз	10	> 10

Одатда, асосий талабларга мос ва лойиқ материаллар бир нечта бўлади. Бундай ҳолларда, кўшимча шарт ва талаблар эътиборга олиниб, қурилма учун материал танланади.

Шунинг учун, қурилмаларни яшаш учун асосий материалларни танлашни лойиҳачи нуқтаи назаридан кўриб чиқамиз.

Конструкцион материал сифатида темир (Fe) техник тоза ҳолда умуман қўлланилмайди, чунки қиммат туради ва қайишқоқлиги юқори. Айрим ҳолларда уни юқори босимли қурилмаларда қистирма сифатида ҳам ишлатилади [37].

Лекин темирнинг углерод билан қотишмалари, яъни чўян ва пўлатлар кимё ва бошқа саноат қурилмаларини тайёрлашда жуда кўп ишлатилади. Маълумки, кимё саноатида 85-90% қурилмалар чўян ёки пўлатдан ясалган.

Чўян. Темирнинг углерод ва кремний, фосфор, марганец ва олтингурут билан кўп компонентли қотишмаси қуланг чўян бўлади.

Чўян таркибидаги углерод микдори 2,8...3,7% бўлади. Бошка компонентларнинг микдори эса куйидагича: С=3,0...3,6%; Си=1,6...2,4%; Мн=0,5...1,0%; Р<0.8%; С<0,12%.

Чўянларнинг физик хоссалари куйидаги маълумотлар билан характерланади:

- зичлиги $-\rho = 6600...7700 \text{ кг/м}^3$;
- эриш температураси $-T_{\text{эп}} = 1050...1573 \text{ К}$;
- иссиқлик ўтказувчанлиги $-\lambda = 25...59 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$;
- солиштира иссиқлик сифими $-c_p = 0,5...4,5 \text{ кЖ/кг}\cdot\text{К}$;
- чизикли кенгайиш коэффициенти $-\alpha = (16,7...17,6)\cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

Чўянлар нархи паст ва ўртача механик хоссаларга эга бўлгани учун техниканинг турли соҳаларида кенг қўлланишига олиб келди.

ПЎЛАТ. Бу материалнинг техника ҳозирги кундаги юқори мавкеига эришмаган бўларди. Бунга сабаб, пўлатнинг мустаҳкамлиги, динамик юқламаларга бардошлиги, қуйилиш, болғалиниш, штамплаш ва пайвандланиш қобилятига эгаллиги, станокларда қайта ишланишга мойиллиги, арзонлиги ва мўл्लигидир

Пўлатларда углерод микдори 1,5% гача бўлса, конструкцион пўлатларда эса 0,7% дан ортмайди.

Пўлатларнинг физик хоссалари куйидаги кўрсаткичлар билан характерланади:

- зичлиги $-\rho = 7790...7900 \text{ кг/м}^3$;
- эриш температураси $-T_{\text{эп}} = 1400...1500 \text{ К}$;
- иссиқлик ўтказувчанлиги $-\lambda = 46,5...58,2 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$;
- солиштира иссиқлик сифими $-c_p = 0,454 \text{ кЖ/кг}\cdot\text{К}$;
- чизикли кенгайиш коэффициенти $-\alpha = (11,7...12,3)\cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

Легирловчи қўшимчалар таъсири. Мухим легирловчи элементларга куйидагилар киради: хром, никель, молибден, марганец, кремний, титан, ниобий, волфрам, ванадий. Айрим ҳолларда алюминий ва мислар ҳам қўшимча сифатида пўлатларга қўшилади.

Кимёвий таркибига кўра, пўлатлар углеродли ва легирланган турларга бўлинади. Бу элементлар пўлат сифатини яхшилайти ва махсус хоссали қилади.

Легирланган пўлатнинг кимёвий таркиби учун ягона шартли белгилар (ҳарф ва рақамлар) кабул қилинган.

Дастлабки икки рақам углероднинг ўртача микдорини (конструкцион пўлат учун фоизнинг юздан бир улуши микдорида, асбобсозлик ва зангламайдиган пўлатлар учун фоизнинг ўндан бир улуши микдорида); ҳарфлар легирловчи элементларни; ҳарфларнинг ўнг томонидаги рақамлар эса элементларнинг ўртача микдорини кўрсатади.

И-19 жадвал

Пўлат компонентларининг шартли белгилари

Номи	Шартли белгилари	Номи	Шартли белгилари
Алюминий	Ю	Мис	Д
Бор	Р	Молибден	М
Ванадий	Ф	Никель	Н
Волфрам	В	Ниобий	Б
Кобалт	К	Титан	Т
Кремний	С	Углерод	У*
Марганец	Г	Хром	Х

У* – углеродли асбобсозлик пўлатлар маркаларида.

Масалан, Х18Н12М2Т маркали пўлатда 18% хром, 12% никель, 2% молибден ва 1% га яқин титан борлигини кўрсатади.

ЮҚОРИ ЛЕГИРЛАНГАН ПЎЛАТ. Таркибида 18-20% хром ва 8-10% никель бўлган пўлатлар юқори легирланган пўлатлар деб юритилади. Улар коррозия ва иссиқликка бардошлиги, мустаҳкамлиги учун турли саноатларда кенг қўлланилмоқда.

Ҳозирги кунда мамлакатимиз корхоналарида курилмаларни ясашда куйидаги легиранган пўлатлар ишлатилади: 1X18H9T, 1X18H11Б, Х16Н25М6, ХН35ВТ, Х22Н26, 1X18Н12М2Т, 1X18Н12М3Т, Х18Н9Т ва бошқалар.

Юқорида кайд этилган пўлатларнинг физик хоссалари:

- | | |
|---------------------------------|--|
| – зичлиги | - $\rho = 7900 \text{ кг/м}^3$; |
| – эриш температураси | - $T_{\text{эр}} = 1400^\circ\text{C}$; |
| – иссиқлик ўтказувчанлиги | - $\lambda = 14...18 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$; |
| – иссиқлик сиғими | - $c_p = 0,475...0,650 \text{ кЖ/кг}\cdot\text{К}$; |
| – чизикли кенгайиш коэффициенти | - $\alpha = 17,3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$. |

РАНГЛИ МЕТАЛЛАР. Кимё саноатида рангли металллардан алюминий, мис, никель, кўрғошин, титан, танталлар курилмалар ясашда қўлланилади. Рангли металллардан ясалган курилма деворларининг температураси куйидагидан ошмаслиги керак:

- | | |
|-------------------------------|------------------------|
| Алюминий учун | - 200°C |
| Мис ва унинг қотишмалари учун | - 250°C |
| Никель учун | - 500°C |
| Кўрғошин учун | - 140°C |
| Тантал учун | - 1200°C |

АЛЮМИНИЙ – кумушсимон, ок, енгил ва болғаланувчан, коррозияга бардошли металдир. Кимёвий курилмаларни ясашда АОО(99,7%), АО(99,7%), А1(99,5%), А2(99,0%) ҳамда унинг АД1, АД2 қотишмалари ишлатилади.

Алюминийнинг турли маркалари куйидаги физик хоссаларга эга:

- | | |
|---------------------------------|---|
| – зичлиги | - $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$; |
| – эриш температураси | - $T_{\text{эр}} = 675...950^\circ\text{C}$; |
| – иссиқлик ўтказувчанлиги | - $\lambda = 206...218 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$; |
| – солиштира иссиқлик сиғими | - $c_p = 0,913 \text{ кЖ/кг}\cdot\text{К}$; |
| – чизикли кенгайиш коэффициенти | - $\alpha = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$. |

Агрессив мухитлар таъсирига алюминий жуда чидамли, шу жумладан концентранган азот, фосфор ва сирка кислоталар, курук хлор ва водород хлоридлар, олтингурут буғларига ҳам узок муддат давомида бардош бера олади.

МИС – пушти-кизил рангли металл. Энг қиммат, конструкцион материаллардан бири бўлиб, техник тоза ҳолда 5 хил маркада ишлаб чиқарилади. Кимёвий курилмаларда, асосан М2 (99,7%) ва М3 (99,5%) маркалари кенг микёсда ишлатилади.

Миснинг хоссалари куйидаги маълумотлар билан характерланади:

- | | |
|---------------------------------|---|
| – зичлиги | - $\rho = 8980 \text{ кг/м}^3$; |
| – эриш температураси | - $T_{\text{эр}} = 1083^\circ\text{C}$; |
| – иссиқлик ўтказувчанлиги | - $\lambda = 1596...2233 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$; |
| – солиштира иссиқлик сиғими | - $c_p = 0,44...0,62 \text{ кЖ/кг}\cdot\text{К}$; |
| – чизикли кенгайиш коэффициенти | - $\alpha = 16,7...22,3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$. |

Мис алюминийга ўхшаб ҳимоя қилувчи оксид коплама ҳосил қилмайди. Шунинг учун, кислота ва тузларга нисбатан коррозия чидамликка эга эмас. Лекин паст ва криоген температураларда мустаҳкамлиги ортиб боради. Масалан, -196°C да миснинг мустаҳкамлик чегараси 20 дан 38 кг/мм^2 гача ортади.

Ўта паст температураларда ишлайдиган курилмалар учун мис каби конструкцион материални ҳеч қандай материал ўрнини боса олмайди.

КЎРҒОШИН – кўкимтир, кулранг, болғаланувчан металл. Бир пайтлар, бу материал курилмалар куришда катта ва муҳим аҳамиятга эга бўлган. Бунга сабаб, унда туз ва сульфат кислотага нисбатан чидамли ҳимоя коплмасининг ҳосил бўлишидир. Лекин унинг жуда юмшоқлиги, осон ва паст температурада эриши, катта зичлиги ва қимматлиги борган сари камрок қўлланишига сабаб бўлмоқда.

Ҳозирги кунда унинг ўрнига замонавий темир қотишмалар ишлатилмоқда. Саноатда кўрғошиннинг 6 хили СВ, Со, С1, С2, С3, С4, С5 маркалари кенг қўлланилади. Улар

таркибидаги кўрғошин миқдори 99, 90...99, 95%. Кўрғошин куйидаги физик хоссаларга эга:

- | | |
|---------------------------------|---|
| - зичлиги | - $\rho = 10130...11350 \text{ кг/м}^3$; |
| - эриш температураси | - $T_{\text{эп}} = 327^\circ\text{C}$; |
| - иссиқлик ўтказувчанлиги | - $\lambda = 14,9...34,9 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$; |
| - солиштира иссиқлик сиғими | - $c_p = 0,13 \text{ кЖ/(кг}\cdot\text{K)}$; |
| - чизикли кенгайиш коэффициенти | - $\alpha = (12,3...14,9) \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$. |

Кўрғошинни саноатда қўллашда шуни назарда тутиш керакки, унинг мустақкамлиги жуда пастдир.

НИКЕЛЬ – кумушсимон, оқ металл, қийин эрийди ва ҳавода ўзгармайди. Кимё саноатининг қурилмалари учун (Н0 маркали 99,99%) никель ишлатилади. У жуда мустақкам, иссиқлик ва коррозияга чидамли ва яхши технологик хоссали бўлгани сабабли машинасозликда кўп ишлатилади. Никелнинг физик хоссалари куйидагича:

- | | |
|---------------------------------|---|
| - зичлиги | - $\rho = 8830...8850 \text{ кг/м}^3$; |
| - эриш температура | - $T_{\text{эп}} = 1452^\circ\text{C}$; |
| - иссиқлик ўтказувчанлиги | - $\lambda = 55,0...56,0 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$; |
| - солиштира иссиқлик сиғими | - $c_p = 0,575...0,586 \text{ кЖ/(кг}\cdot\text{K)}$; |
| - чизикли кенгайиш коэффициенти | - $\alpha = (18,2...18,3) \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$. |

ТИТАН – кумуш ранг, енгил, қийин эрувчан металл. Зичлиги пўлатникидан 2 марта кам бўлишига қарамасдан, унинг мустақкамлиги пўлатникига тенгдир. Титан азот, фосфор, хром ва сирка кислоталарига, нитрит, нитрат, хлорид ва сульфидларга нисбатан кимёвий чидамли. 200°C температурада газларни ютиш қобилятига эга. Титан 40%-ли H_2SO_4 кислотасида қаттиқ коррозияга учрайди. Лекин шуни унутмаслик керакки, титандан ясалган қурилма, пўлатдан ясалганга нисбатан 8...10 баробар қимматдир. Титан куйидаги физик хоссаларга эга:

- | | |
|---------------------------------|---|
| - зичлиги | - $\rho = 4320...4500 \text{ кг/м}^3$; |
| - эриш температураси | - $T_{\text{эп}} = 1710...1750^\circ\text{C}$; |
| - иссиқлик ўтказувчанлиги | - $\lambda = 15,1...19,4 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$; |
| - солиштира иссиқлик сиғими | - $c_p = 0,543...0,635 \text{ кЖ/(кг}\cdot\text{K)}$; |
| - чизикли кенгайиш коэффициенти | - $\alpha = (8,0...8,4) \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$. |

ТАНТАЛ – қулранг - оқ металл. Ўта мустақкамлиги ва қийин суюлувчанлиги билан бошқа металлдан ажралиб туради. Ундан ташқари, юқори температураларда, титанга нисбатан кўпроқ газларни ютиш қобилятига эга. Тантал яхши болғаланувчан, штампланга мойил, ички ишқаланиш коэффициенти жуда катта бўлган металлдир. У сульфат, азот, фосфор, водород хлорид кислоталарига ҳамда нитратларга чидамли металлдир. Аммо натрий ва калий ишқорлари таъсирига яхши бардош беролмайди.

Тантал жуда ҳам қиммат металл ва у тахминан хром-никелли пўлатдан 100 марта қимматдир. Албатта, уни фақат ўта агрессив муҳитли қурилмаларда, яъни бошқа металл қимёвий бардош беролмаган ҳолларда қўллаш мақсадга мувофиқдир. Тантал куйидаги физик хоссаларга эга:

- | | |
|---------------------------------|--|
| - зичлиги | - $\rho = 16440...16600 \text{ кг/м}^3$; |
| - эриш температураси | - $\lambda = 48,0...100 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$; |
| - солиштира иссиқлик сиғими | - $c_p = 0,136...0,2 \text{ кЖ/(кг}\cdot\text{K)}$; |
| - чизикли кенгайиш коэффициенти | - $\alpha = (5...99) \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$. |

ЛАТУН – мис ва руҳдан иборат қотишма. Кўп компонентли латун таркибига мис ва руҳдан ташқари, алюминий, кремний, кўрғошин, никель, темир, марганец ва калайлар кириши мумкин.

Латун босим остида яхши ишлов бериладиган, анча мустақкам, қайишқоклиги (пластиклиги) юқори ва коррозияга чидамли қотишма. Ундан ташқари, латуннинг электр ўтказувчанлиги жуда юқори. Температура пасайиши билан латуннинг хоссалари яхши томонга ўзгаради. Кимё саноатида, қурилмалар ясашда Л60, Л62 ва Л68 маркали латунлар кенг қўлланилади.

Латулар куйидаги физик хоссаларга эга:

- зичлиги $-\rho = 8500 \text{ кг/м}^3$;
- эриш температураси $-T_{\text{эп}} = 940^\circ\text{C}$;
- иссиклик ўтказувчанлиги $-\lambda = 105...116,3 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- солиштирма иссиклик сизими $-c_p = 0,385 \text{ кЖ/(кг}\cdot\text{К)}$;
- чизикли кенгайиш коэффициенти $-\alpha = 20 \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

БРОНЗА – мис ва қалайлардан иборат котишма. Ушбу кимёвий элементлардан ташкари, унинг таркибига кремний, алюминий, бериллийлар ҳам кириши мумкин.

Бронза мустаҳкамлиги, қайишқоклиги, коррозияга бардошлиги, антифрикцион хоссалари билан ажралиб туради.

Бу материал ушбу физик хоссалари билан характерланади:

- зичлиги $-\rho = 935...1140 \text{ кг/м}^3$;
- эриш температураси $-T_{\text{эп}} = 935...1140^\circ\text{C}$;
- иссиклик ўтказувчанлиги $-\lambda = 32,0...105 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- солиштирма иссиклик сизими $-c_p = 0,385 \text{ кЖ/(кг}\cdot\text{К)}$;
- чизикли кенгайиш коэффициенти $-\alpha = (1,5...1,95) \cdot 10^{-6} \text{ 1/К}$.

ПЛАСТМАССАЛАР – юкори коррозия бардошликка ва мустаҳкамликка эга янги конструктория материалдир. Пластмассаларни ишлаб чиқариш жараёнида мустаҳкамлигини, қайишқоклигини, рангини, юмшаш температурасини, иссиклик ўтказувчанлигини яхшилаш ва арзонлаштириш мақсадида унга пластификатор, тўлдирувчи, ранг берувчи моддалар кўшилади.

Ҳамма пластмассалар 2 гуруҳга бўлинади: 1) термопластлар; 2) реактопластлар.

Термопластлар иситилганда юмшаш, совитилганда қотиш хоссасига эга ва бу жараёни бир неча марта қайтарса бўлади. Реактопластлар эса, иситилганда эрийди ва маълум бир температурагача киздирилса – котиб қолади ва қайта юмшамайди, эримайди.

ШИША ПЛАСТИКЛАР – полиэфир смолалар ва шиша толаларидан ташкил қилинган сунъий материал. Ундан йирик, ўлчамлари катта дистилляция колонналар, скрубберлар, омборлар, диаметри 4,5 м ва баландлиги 6 м ли идишлар яшаш мумкин. Шиша пластиклар 20°C ёки ундан озгина юкори температурада киздирилса, полимеризация бўлади.

ФТОРОПЛАСТ-4. Қайишқоклиги юкори, электр токни ўтказмайдиган, иссикликка чидамли, $-200...+500^\circ\text{C}$ температурада ишлатилиши мумкин. Кимёвий муҳитларга ўта чидамлилиги, унинг яхши хоссаларидан биридир. Бу кўрсаткич бўйича пластмассалар, *Аи*, *Рi*, эмал, махсус котишма ва бошқа материаллардан устундир.

Фторопласт-4 дан ҳар хил қалинликдаги лист, труба, юпка деворли цилиндрлик идиш, мембрана, силфон ва бошқа турли маҳсулотлар тайёрлаш мумкин. Қурилмалар учун кистирма сифатида фойдаланишда унга тенг келадиган материал йўқдир.

Тўлдирувчисиз пластмассаларнинг чидамлилиги куйидаги хоссалар билан характерланади:

1. Пенопластлар кислота, ишқор ва органик эритмаларга нисбатан чидамли. Аммо H_2SO_4 , олеум, HNO_3 ва концентранган ишқорларга бардош бера олмайди;

2. Шиша пластиклар бензин, метанол, бутанол, этилацетат, 10% ли азот, фосфор ва водород хлорид кислоталарга нисбатан чидамли;

3. Фторопластлар ҳамма кислота ва ишқорларга нисбатан паст ва юкори температураларга чидамли. Оксидловчи кислота ва «царская водка»лар қайнаш жараёнида ҳам фторопласт ўз хоссаларини йўқотмайди. Шу кунгача унинг эритувчиси топилмаган.

Аммо натрий ёки калий, фтор ва учламчи фтор хлоридлар таъсирида емирилади.

Пластмассаларни металлар билан таққослаш шуни кўрсатадики, пластмассалар бир неча афзалликларга эга: а) солиштирма оғирлиги кичик; б) солиштирма мустаҳкамлиги юкори; в) технологик хоссалари яхши; г) коррозия бардошлиги юкори.

**Паст, ўрта ва юкори босимли кимёвий қурилмалар учун
тавсия этиладиган пўлатлар**

Пўлат гурухи	Марка	Рухсат этиладиган ишчи параметрлар		Тахминий қўлланиш соҳаси
		Босим МН/м ²	Деворнинг температу- раси. °С	
1	2	3	4	5
Оддий сифатли углеродли пўлат	Ст.3	5	-30...+400	Обечайка, копкок, фланец ва бошка деталлар учун
			- 40...+425	Фланец, труба тўр пардаси ва бошка деталлар учун Курилма. идиш, иситкич обечайкалари, патрубккалари ва бошка деталлари учун
Оддий сифатли углеродли пўлат	Ст.5	5	- 30...+ 425	Фланец, труба тўр пардаси ва бошка деталлар учун
				Болт, шпилка ва пайвандланмайдиган деталлар учун
	0,8 кп	1,6	- 10...+ 350	Эмалланиши керак бўлган обечай-ка, копкок ва бошка деталлар учун
	10		- 40...+ 450	
	20	20	- 40...+ 475	Обечайка, копкок, фланец, муфта ва бошка деталлар учун
Конструкц. угл.пўлат	25; 30; 35; 40; 45;	10...20	- 30...+ 450	Гайка, болт ва шпилкалар учун
Кам легирланган пўлат	16 ГС	25	- 70...+ 475	Нейтрал ва агрессивлиги паст мухитларда ишлатиладиган қурилмаларнинг обечайка, копкок, фланец каби деталлар учун
	09 Г2С			
Легирланган пўлат	12 МХ	25	- 40...+ 540	Агрессивлиги паст ва ўрта мухитларда ҳамда деворидаги кучланиш юкори бўлган мухитларда пайвандланган санюати қурилмаларининг обечайка, копкок, фланец ва бошка деталлар учун
Юкори легирланган пўлат	ОХ13	-	- 40...+ 540	Олтингургурт бор, исик мухитли, пайвандланган, ректификацион колоннанинг тарелкалари ва кам кучланишли деталлари учун
	1Х13			Олтингургурт бор ва бошка агрессив, исик мухитли, қурилмаларининг обечайка, копкок, фланец, болт, гайка ва бошкалар учун
	2Х13			1Х13 материал қўлланиладиган соҳа, пайвандланмайдиган ўк, болт, гайка ва бошка деталлар учун
	1Х13Л 2Х13Л			1,6

Коррозия, иссиқликка бардош ва чидамли юкори легирланган пўлат	X17			учун Озик-овкат, нефтни қайта ишлаш, азот кислотасини ишлаб чиқариш соҳасида узлукли, юклама таъсири йўқ, масъулияти кам қурилмаларни обечайка, туб, труба ўрами, змеевик ва бошка деталлар учун. Ушбу материал Х18Н10Т пўлатнинг ўрнини босувчи материал
	X25ТЛ		- 20...+ 700	Х25Т пўлат қўлланиладиган соҳадаги куйма қурилмаларнинг қобиғи, қопқоқи, фланец ва бошка деталлари учун
	X28		- 20...+ 600	Суюқ ва газли ўртача агрессив мухитда юкори температурада, ўзгармас ва ўзгарувчан юкламада ишловчи кимёвий қурилмалар учун
	X28АН		- 20...+ 400	Ўртача агрессив мухитда ишлатиладиган, пайвандланган қурилмаларнинг обечайка, туб ва бошка деталлари учун
	X28Н4		- 20...+ 700	Газли коррозия шаронтида ўртача агрессив мухитларда ишлайдиган, масъулияти кам кимёвий қурилмаларнинг обечайка, днишче ва бошка деталлари учун
	1Х17Н2		- 20...+ 600	Паст ва ўртача агрессив мухитларда ишлайдиган кимёвий қурилмаларнинг обечайка, туб ва бошка деталлари учун
	1Х21Н5Т ОХ21Н5Т	6,4	-100...+ 600	Ўртача агрессив мухитларда ишлайдиган, пайвандланган кимёвий қурилмалардаги Х18Н10Т пўлатнинг ўрнига қўллаш учун
	ОХ21Н6М2Т			Юкори агрессив мухитларда ишлайдиган пайвандланган, кимёвий қурилмалардаги Х17Н13М2Т ўрнига қўллаш учун
	ОХ17Н5Г9АБ	1,6	-196...+600	Юкори агрессив мухитларда ишлайдиган, ОХ17Т бардош беролмайдиган, пайвандланган қурилмаларда Х18Н10Т ўрнига қўллаш учун тавсия этилади.
				Чуқур совитиш усулида газларни ажратиш ва озик-овкат саноатлардаги пайвандланган идиш ва қурилмалар обечайка, туб ва бошка деталлари учун
X14Г14Н3Т	4	-196...+500	Чуқур совитиш усулида газларни ажратиш ва озик-овкат, гўшт-сут, спирт ва бошка саноатларда пайвандланган қурилмалардаги Х18Н10Т пўлатнинг ўрнига қўллаш учун тавсия этилади	
	Чекланмаган		Юкори ва ўртача агрессив мухитларда,	

	X18H10T		-254...+600	масъулиятли пайвандланган кимёвий қурилмалар обечайка, туб, фланец, труба тўр пардаси, болт, гайка, шпилка, штуцер патрубкиси ва бошқалар учун
	X18H9ТЛ			Юқори ва ўртача агрессив мухитларда ишлайдиган, кимёвий қуйма қурилмаларнинг қобиғи, қопқоки, фланец ва б. деталлари у-н
	X17H13M2T	Чекланмаган	-196...+700	Юқори ва ўта агрессив мухитларда ишлайдиган X18H10T, OX18H10T ва OX18H12B пўлатлар чидамсиз бўлганда, пайвандланган кимёвий қурилмаларнинг обечайка, туб, труба тўр парда ҳамда ўрами ва бошка деталлари учун
	OX23H28M2T	0,07	-	Фторли бирикмалар бор иссиқ фосфор кислотаси ва паст концентрацияли 60°C ли юқори агрессив мухитда ишлайдиган пайвандланган кимёвий қурилмаларнинг обечайка, туб каби деталлари учун
	OX23H28M3Д3Т			Сульфат кислота, таркибда фторли бирикмалар бор, +80°C дан кам бўлган температурали фосфор кислотали (32...50% P ₂ O ₃) ва температураси +70°C дан паст 25% ли кремний-фтор- водородли кислота мухитларда пайвандланган кимёвий қурилмалар обечайка, туб ва б. деталлари учун
Қўш катламли (биметалл) пўлатлар	Ст.3+OX13	5	-40...+425	Таркибда олтингурт бор иссиқ мухитларда ишлайдиган пайвандланган, нефть кимёси қурилмаларидаги обечайка, туб, патрубкиси ва бошка деталлари учун
	20K+OX13	Чекланмаган	-40...+475	
	12MX+OX13		-40...+540	
	Ст.3+X18H10T	5	-30...+400	Ўртача ва ўта агрессив мухитларда ишлайдиган, пайвандланган кимёвий қурилмаларнинг обечайка, днншче, патрубкиси ва бошка деталлари учун
	20K+X18H10T	Чекланмаган	-40...+400	
20K+X17H13M2T				

Қурилмалар ва труба қувурларининг қўзғалмас, йиғма бирикмаларини
зичлаш учун тавсия этиладиган металлмас кистирма материаллар

Кистирма материалининг номи	Зичлиги , кг/м ³	Сортамент, мм	
		Қалинлиги	Лист ўлчамлари
Картон, сув ўтказмайдиган	900...1000	1; 1,5; 2; 2,5; 3	750x1500; 950x1500; 1000x1000; 1000x1500
Картон, А маркали	800...850	0,5; 0,8; 1; 1,5	750x1500; 950x1500; 1000x1000; 1000x1500
Картон, асбестли	1,0...1,3	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5; 6	900x900; 900x1000; 1000x1000
Паронит	1500...2000	1; 1,5; 2; 3; 4	500x500; 600x600; 700x1200; 1000x1200; 1000x1500; 1200x1500; 1200x1700
Паронит УВ-10	-	0,4...2,5	550x550
Резина, кислота- ишқорбардош резина, бензинбардош	-	0,5...10	эни 200÷1750 узулиги 500÷10000
Пластикат полихлорвинилли	1300...1500	1...5	эни ≥ 600 узулиги ≥ 1000
Фторопласт-4	2100...2300	1,5; 2; 3; 4; 5	195x195; 240x240
Текстолит МА Фибра ФТ	1300...1600 1100	0,5...3,5 0,6...2,5	250x250 эни 550x700; 1100...1400 узулиги 850x1500; 1700...2300
Чарм техник	1100...1500	2,5÷5	-

Ундан ташқари, қуйидаги материаллар ҳам кистирма сифатида ишлатилади: мис (қуйдирилган), алюминий (юмшоқ), зангламайдиган пўлат, никель, монел, кўрғошин.

ГЛОССАРИЙ

А дан Я гача

ruscha	мазмуни
абразив	abrasif (франц.), abrasio (лот.) – кириш, механик ишлов беришда ишлатиладиган каттик тоғ жинслари ва минераллари, масалан, корунд, гранит, кварц ва ҳоказо.
абсолют	absolutes (лот.) – сўзсиз, абадий, энг катта, доимий.
абсолют намлик	1 м ³ ҳаво таркибидаги сув буғларининг микдори
абсолют тезлик	шартли равишда кўзгалмас деб қабул қилинган жисмга нисбатан бошқа жисмнинг ҳаракат тезлиги
абсолют босим	резервуар, баллон, қозон ва бошқа идишлардаги босим ва ташки (атмосфера) босимларнинг йиғиндиси
абсолют температура	абсолют нолдан ҳисобланадиган температура (-273,16°С).
абсорбент	absorbents (лот.) – ютувчи модда
абсорбер	absorbere (лот.) – суюқ абсорбент ёрдамида газ ёки буғлар таркибидаги бирор компонентни ютиб ажратиш жараёнини амалга оширувчи қурилма
абсорбция	absorptio, absorbeo (лот.) – ютаман, газлар аралашмасидаги моддаларнинг суюқликка ютилиши (сорбцияланиши).
автоклав	autos-сам (греч.)+clavis-калит (лот.), зич ёпилиб, юқори босимда иситувчи қозон
агрегат	agregat (ингл.) – агрегат, қўшма қурилма, йирик қисм
адгезия	adhaesio (лот.) – ёпишиш, юзалари тегиб турувчи турли жинсдаги каттик ёки суюқ жисмлар (фаза)нинг ўзаро ёпишиб қолиши
аддитивность	мураккаб модда ҳоссаси бўлиб, унинг сон микдори компонентлар характеристикаси сон қийматларини нисбий микдорига ва кўпайтмаларининг йиғиндисига тенг.
адиабата	adiabatos (юнон.)– ўтиб бўлмас, исталган термодинамик диаграммада қайтар адиабат жараёнини ифодаловчи чизик
адиабатик жараён	адиабатик жараён – жараёнини амалга оширадиган система билан атроф-муҳит орасида иссиқлик алмашилиши бўлмайдиган термодинамик жараён
адсорбентлар	ad (лот.)– устида, ёнида ва sorbens – ютувчи, юқори даражада ривожланган сиртида адсорбция ўтадиган синтетик ва табиий жисмлар
адсорбер	адсорбция жараёни кечадиган қурилма
адсорбция	ad – устида, ёнида ва sorbeo (лот.)– ютаман, эритмадаги моддалар ёки газларнинг каттик жисм ёки суюқлик сиртига ютилиши (сорбция).
айланиш частотаси	жисмнинг айланишлар сонининг айланишга кетган вақтга, нисбатига тенг катталиқ бўлиб, СИ да ўлчов бирлиги – с ⁻¹ .
айланма ўтхона	материалларга физик-кимёвий ишлов бериш мақсадида уларни киздириш учун мўлжалланган, бўйлама ўк атрофида айланиб турадиган цилиндрсимон саноат ўтхонаси
аксиал–поршенли насос	ротори айланма ва поршенлари (одатда 7...9 та)

	илгарилама-кайтма ҳаракат киладиган роторли насос; суюқликни ҳайдаш босими 30 МПа гача
акцептор	accipio (лот.) – қабул қиламан, оламан, бошқа объектдан ниманидир олувчи объектдир, масалан, электрон қабул қилаётган атом; кимёвий реакцияда иштирок этувчи бирорта компонентнинг фаоллиги, реакцияда катнашувчи бошқа компонент билан фаолланиши
алифатик бирикмалар	углерод атомларининг «очик» (тўғри ёки тармоқланган) занжиридан иборат органик моддалар (углеводородлар ва уларнинг ҳосилалари)
альдегидлар	молекуласида органик радикал ҳамда водород атоми билан боғланган карбонил гуруҳи бўладиган органик бирикмалар синфи
алкоголиз	полимерлар кимёвий деструкциясининг катализатор иштирокида реакциясининг спиртли муҳитда кечиш жараёни
ацидолиз	полимерлар кимёвий деструкциясининг катализатор иштирокидаги реакциясининг кислотали муҳитда кечиш жараёни
амбразура	шинак, бирор деталь ёки девордаги турли шаклли тешик
аммиак	NH_3 – нормал шароитда ўзига хос ҳидли, рангсиз газ
аморф	amorphos (грекч.) – жисмининг атом, молекула ёки бошқа заррачалари кристалникига караганда бетартиб жойлашган жисм
ампер	электр ток кучининг ўлчов бирлиги
ангидрид	an (инкор қилиш) + hydor(hydris) – «сувсиз» оксид, бирорта элементнинг кислород билан бирикмаси
ангстрем	ёруғлик тўлқинлари учун қўлланиладиган бирлик ва сантиметрнинг юз миллиондан бир улушига тенгдир
анергия	энергия, фаол ҳаракат қобилятининг йўқотилиши
анизол	кимёвий бирикма, тошқўмир қатронининг маҳсулотларидан бири
анизотроп	anisos (грекч.) – тенгмас + tropos - хосса, бурилиш, турли йўналиш бўйича хоссалари бир хил бўлмаган материал
анилин	anil (португ.) – индиго; an-nil (араб.); nila – кора-қўқ, нитробензолни қайта ишлашда олинадиган, рангсиз, заҳарли суюқлик
анкер	anker (нем.) – лангар, тош ёки ғиштли девор орасида қолдирилган темирли бог. Бир учи ташқарига чиқарилган ва унда резьба очилган бўлади
аномалия	anomalía (грекч.) – текисмас, тенгмас, бир хил эмас, нормадан ёки умумий қонуниятлардан четлашиш
антифрикцион	анти + frictio(лот.) – ишқаланиш, ишқаланишни камайтирувчи материал
антиоксидант	anti (грекч.) – қарши, охус – нордон модда, оксидланиш ингибиторлари, органик бирикмаларнинг оксидланишини тўхтатишга мойил табиий ёки синтетик моддалар сифатида, масалан, феноллар, ароматик аминлар, фосфор кислота тузлари
аппарат	apparatus (лот.) – қурилма
арматура	armature (лот.) – қуруланиш, жиҳозлаш, асосий

	жихозларга кирмайдиган, лекин уларнинг нормал ишлаши учун зарур бўлган ёрдамчи, одатда, стандарт қурилма ва деталь
атактик полимер	молекулаларидаги элементар звенолар ўзаро маълум тартибда эмас, балки тартибсиз жойлашган, макромолекулалари ғовакрок тузилган полимер
атометр	atmos (грекч.) – буғланиш+metreo-ўлчайман, сувнинг буғланиш тезлигини аниқловчи асбоб
атом	atomos (грекч.) – бўлинмас
аффинаж	affinage (франц.) – тозалаш, металлarnи аралашмалардан ёки бир-биридан ажратиш
ацетат	acetum (лот.) – сирка, сирка кислота тузи
ацетилен	рангсиз, заҳарли газ (углеводород), ёкимсиз хидли
аэрация	aeration (франц.), aer (грекч.) – ҳаво, шамоллатиш, ҳаво билан тўйинтириш
байпас	хайдаш йўлидаги ортикча босим ёки сарфни узатиш учун асосий қувурга уланган параллел қувур шахобчаси
балансировка	balancer (франц.) – куч таъсир этиб мувозанатлаш, баробарлаш
баланс	balance (франц.) – тарози.
балка	balk (голл.) – тўсин, асосан эгилишга ишлайдиган конструкцияларда қўлланади
баллон	ballon (франц.) – шар, копток, суюқлик ва газ учун ёпик идиш
бандаж	bandage (франц.) – машина, механизм ва қурилмаларнинг айланувчан ғилдиракка кийгизиладиган цилиндрик ҳалқасимон детали
бар	baros (юнон.) – оғирлик, СИ га кирмаган босим бирлиги. 1 бар=10 ⁵ Па.
барботёр	ҳаво, газ ёки буғ пуфакчаларининг суюқлик қатлами орқали ўтказиш учун мослама
барометр	baros(юнон.) – оғирлик ва metreo – ўлчайман, атмосфера босимини ўлчайдиган асбоб
баррель	нефть саноатида ҳам нефтни ўлчаш учун қўлланиладиган ҳажм ўлчов бирлиги, 1 баррель=158.987 литр.
башмак	бошмоқ, тозалаш бошмоғи
бельтинг	belting (ingl.)– камарли узатма ёки белтинг мато – оғир, жуда зичлиги катта ва мустаҳкам техник мато
бензол	benzoe (лат.) – ароматик катордаги бошланғич углеводород
бнение	тепиш, қурилмаларнинг айланувчан цилиндрик деталarnи сиртларининг ўзаро тўғри жойлашишдан четлашиши
биметалл	bi... ва металл – икки жинсли металл ёки қотишмаларнинг мустаҳкам бириккан қатламларидан иборат материал
бинар	binaries (лот.) – икки компонентдан иборат тизим
блок	қўтариш механизмнинг бир қисми – ғилдирак айланаси бўйлаб (трос, арқон ёки занжир учун) ариқчали деталь
блок полимерланиш	суюқ мономерларни ҳеч қандай эритувчисиз, яхлит ҳолда полимерлаш усули
бобышка	буртма, кимё саноати қурилмаларида қолдик ва тозалаш

	суюкликларини чикариш штуцери
болт	bolt (нем.) – маҳкамлаш детали, одатда, олти киррали ёки квадрат каллакли цилиндрик стержендан иборат бўлади ва резьбали қисмига гайка буралади.
босим	жисм сиртининг бирор қисмига перпендикуляр йўналишда таъсир этувчи кучлар интенсивлигини ифодалайдиган катталиқ, СИ да ўлчов бирлиги – Паскаль (Па)
босқичли полимерланиш	мономер молекуласидаги бирор водород ёки бошқа атом иккинчи молекулага силжиши натижасида мономер молекулалари ўзаро бирикиб, полимер ҳосил қилиш жараёни
брикетирование	майда, сочилувчан заррачаларни квадрат, тўртбурчак, шар ва бошқа шакл (брикет) бериб пресслаш
бронза	bronzo (итал.) – мис асосидаги қотишма; асосий қўшимчалари рух(латунъ) ва никелдан (мис–никель қотишмалари) ташқари қалай, алюминий, бериллий, кремний, қўргошин, хром ёки бошқа элементлардан иборат
бункер	bunker (ингл.) – сочилувчан ва бўлакли материаллар ўз оқими билан бўшатилиши учун пастки қисми қия деворли (тўнтарилган кесик пирамида ёки конуссимон шаклли) қилиб ясалган, тўкиладиган материаллар миқдорини ростлаш учун эса тортқи ва таъминлагичлар билан жиҳозланган
буғ	суюклик (ёки қаттиқ жисм) нинг газсимон ҳолати; модданинг газ ҳолатдаги фазаси шу модданинг суюқ (қаттиқ) ҳолатдаги фазаси билан мувозанатда бўлади
буғ босими	буғ-куч қурилмалари ва технологик агрегатлардаги буғ босими бўлиб, уларни ҳисоблаш ва лойиҳалашда асос қилиб қабул қилинган
буғ ва газ турбиналари	ишчи жисм сифатида буғ ёки газ ишлатадиган турбиналар
буғ турбинали қурилма	ўз ичига буғ қозони ва буғ турбиналарини камраб олган энергетик қурилма
буғлатиш	модданинг суюқ агрегат ҳолатидан газсимон агрегат ҳолатига ўтиш жараёни
буғлатқич	суюкликлар (сув, совитиш элтқичи ва б.) нинг буғланиш жараёнини амалга оширадиган иссиқлик алмашилиш қурилмаси
буғ қозони	ёқилғи ёнганда ўтхонада ажраладиган иссиқлик ҳисобига босими атмосфера босимидан юқори буғ олинадиган қурилма
буғ ҳосил бўлиши	бу суюқ ёки қаттиқ фазавий ҳолатдан газ агрегат ҳолатига ўтиш жараёни
бурчак тезлик	қаттиқ жисм айланиш тезлигини характерлайдиган вектор катталиқ ω , СИ да ўлчов бирлиги – рад/с
бура	вуақ (араб.) – борат гуруҳидаги минерал
бутадиен	тошқўмир курук ҳайдалганда ҳосил бўладиган тўйинмаган углеводород гази бўлиб, синтетик каучук олишга хом-ашё
бутан	but(угон) (грекч.) – мой, ёғ. Тўйинган газсимон углеводород, хом нефть таркибида бўлади
бутилен	тўйинмаган газсимон углеводород, бутанга қараганда

	молекуласида 2 та атом водород кам
бустер	booster, boost (ингл.) – кўтармоқ, босимни оширмоқ, юклама анча ортиб кетган вақтда асосий механизм ёки машинанинг таъсир кучи ва тезлигини оширадиган ёрдамчи қурилма
ванты	want (голл.) – мачталар ёки баланд конструкцияларни ушлаб турувчи пўлат тросларда вертикал, турғун ҳолатини таъминловчи мачта ва асос орасидаги эгилувчан тортиқ
вакуум	vakuum (лот.) – бўшлиқ, идишга тўлдирилган газнинг сийраклашган ҳолати
Ватт	электр ёки механик қувват ўлчов бирлиги
вентиль	ventil (нем.) – клапан, труба қувурида буғ, газ ёки суюқлик ҳаракатини ростлаш, ҳамда қувурни ёпиш ёки очиш учун қўлланиладиган ёпувчи мослама
вибрация	vibro (лот.) – тебраниш, титраш, дириллаш
вкладыш	подшипник ва бошқа машина, агрегат ва мосламалар сирпаниш қисмининг детали
войлок	наMAT ёки кигиз, ундан ясалган зичлиги юкори, тўқилмаган текстил материали
воронка	оғзи тор идишларга суюқлик қуйиш учун ишлатиладиган асбоб
втулка	машина ва қурилмаларнинг ўк йўналишидаги тешикли цилиндрлик ёки конус шаклидаги деталь
газ	chaos (грекч.) – хаос, хоссалари кескин равишда ўзгармайдиган, бор бўшлиққа таркалувчи модда
газгольдер	gasholder = gas – газ(ингл.) + holder-туткич, газни саклаш ва уни тақсимлаш учун хизмат қиладиган стационар қурилма ёки иншоот
газлифт	газ+lift (англ.) – газ ёрдамида кўтариш машинаси
газогенератор	каттик ёқилгини газсимон ёнилғига айлантириш мосламаси
газ турбинали қурилма	ўз ичига газли турбина, компрессор, ёниш камераси, газ-ҳаво тракти, бошқариш тизими ва ёрдамчи мосламаларни мужассам қилган конструктив бирлашма
гальваник қоплама	буюмлар юзасига электролитик чўктириш усулида қопланадиган микрометрнинг бир неча улушидан миллиметрнинг ўнлаб улушларигача калинликдаги металлнинг юпка қатлами
галлон	gallon (ингл.) – суюқлик ва сочилувчан материалларнинг Англиядаги ҳажм ўлчами; у 4 квартага ёки 18 бушель ёки 4,546 литрга тенг
герметик	суюқлик ва газ қурилма ва машиналари, идишлари ва иншоотларнинг девор, ҳамда бирикмаларидан суюқлик ва газ сизиб ўтмаслигини таъминловчи ёки зичловчи модда
гетерозанжирли полимер	асосий занжирида углероддан ташқари кислород, азот, олтингугурт, фосфор, кремний ва бошқа элементларнинг атомлари ҳам бўлади
гигроскопичность	hudros (грекч.) – намлик+skoreo (грекч.) – айрим модда ва маҳсулотларнинг суюқлик(сув буғини)ни шимиб олиш қобилияти

гидравлика	hudos (юнон.) – сув+ aulos – найча, механиканинг суюкликлар ҳаракати ва мувозанат қонуларини ҳамда бу қонуларни муҳандислик амалиёти масалаларини ечишга татбиқ этиш усулларини ўргатадиган бўлими
гидратация	сув молекулаларининг парчаланмасдан кимёвий бирикмага қўшилиши
гидро	hydor (грекч.) –сув, намлик
гидролитик деструкция ёки гидролиз	полимерлар кимёвий деструкциясининг катализатор иштирокидаги реакциясининг сув муҳитида кечиш жараёни
гидравлик пресс	энергия элткичи 20-100 МПа босимли суюкликдан иборат бўлган статик ҳаракатланадиган машина
водород	гидро + genos (грекч.) – род, яъни водород.
гидродинамика	уюклик ҳаракатини ўрганадиган гидромеханиканинг бир қисми
гидромотор	гидравлик юриткич, томчили суюклик босими таъсири остида айлантираладиган машина
гильза	hulse (нем.) – поршенли иссиқлик юриткичларнинг блокларига ўрнатиладиган, алмаштириладиган цилиндрлик қуйма
гистерезис	hysteresis (юнон.)– кечикиш, физик жисмнинг баъзи ташқи таъсирларга (у шу таъсирларга олдин учраган ёки учрамаганлигига қараб) турлича реакцияси
гомоген	homogenes (грекч.) – бир жинсли, бир хил хоссаларга эга жисм
гофрирланган	gauffer (франц.) – лист, юпка металл ёки фанер листларга мустақамлигини ошириш учун тўлқинсимон шакл бериш
градирня	gradieren(нем.) – минорали совуткич, сув таъминотидаги айланма сувни совитиш тизими
гранула	granulum (лот.) – донча, сочилувчан ёки қуқунсимон материалларга физик-механик ва физик-кимёвий таъсир этиб олинган шарсимон заррача
грохот	каттик ёқилғи, маъдан, шағал, дон ва бошқа сочилувчан материалларни тешиклари турли шакл ва ўлчамли элаксимон ёки қолосникли панжаралардан ўтказиб ўлчамлари бўйича фракцияларга ажратиш машинаси.
гуммирование	gumming ёки gum (ингл.) – елим
губка	говаксимон, зичлиги жуда кичик, енгил маълум бир шаклли полимердан олинган жисм
двигатель двойного действия	поршеннинг иккила томонида ишчи жараён бажариладиган поршенли юриткич
деаэрация	де... ва aer (юнон.) – ҳаво, суюкликдан сувда эриган (жиҳозларни коррозияга олиб келади) қислород ва қарбонат ангидридни чиқариб юбориш
дегазация	зарарли газларни чиқариб юбориш
дегидрирлаш	дегидрогенизация (дегидрирлаш) – гидрирлаш тесқари реакция, яъни бирирта органик бирикмадан водород атомларини ажратиш
дезинтеграция	бутун жисмни турли ўлчамли заррачаларга парчалаш
демонтаж	қурилма ва машинани қисм ва деталларга ажратиш

демпфер	dampfer (нем.) – сўндиргич, механик тебранишларни тинчлантирувчи мослама (тебраниш сўндиргич)
депрессия	depressio (лат.) – пасайтириш, бостириш.
деструкция	destructio (лот.) – бузилиш, ниманидир нормал тузилишдан четлашиши
деталь	detail (франц.) – бир жинсли материалдан тайёрланган буюм
детандер	detendre (франц.) – босимни пасайтириш, сиқилган газда ишлайдиган поршенли машина
детонация	detono (лот.) – ёкилги аралашмасининг карбюраторли юриткич цилиндрида ёниш жараёнининг портлаш жараёнига тезда яқинлашиши ва унда аланганинг таркалиш тезлигининг кескин равишда (100 маротабагача) ортиши
дефлегматор	ректификацион колоннанинг бир бўлими бўлиб, унда колоннага кайтариладиган бир қисм дистиллят (флегма) конденсация қилинади
деформация	deformation (лот.) – ўзгариш, жисм заррачаларини нисбий ҳолати силжишига олиб келувчи ташқи кучлар: иситиш, совитиш, намлик ва бошқа омиллар таъсирида жисм шакли ёки ўлчамларининг ўзгариши
децибел	[дб] – деб белгиланадиган, техника ва акустикада товуш кучи ва кувватини ўлчаш учун ишлатиладиган ўлчов бирлиги
деэмульсация	эмульсия, механик аралашмани парчалаш, масалан, нефтни сувсизлантириш, яъни нефтни ер ости сувларидан ажратиш
диабаз	diabase (франц.) – тўлик кристаллик, майда донали, вулкон тоғ жинсининг эски номи бўлиб, кимёвий ва минерал таркиби бўйича базальтнинг бир тури
диаграмма	(юнон.diagramma – расм, чизма) – такқосланаётган катталиқлар орасидаги боғлиқлиқни яққол кўрсатувчи график тасвир
диализ	dialysis (грекч.) – ажратиш, коллоид эритмаларни туз ва бошқа моддалардан тозалаш усули
диаметр	(юнон.diametros – кўндаланг) айлана диаметри – айлана марказидан ўтиб, унинг икки нуктасини бирлаштирувчи тўғри чизик
диафрагма	diaphragma (грекч.) – тўсик, тешикли диск бўлиб, труба қувиридан ўтаётган суюқлик, газ ва буғ сарфини ўлчашда фойдаланилади, стандарт торайтирувчи қурилма сифатида ишлатилади
дивинил	di(s) (грекч.) икки + vinum (лот.) – вино, спиртдан олинадиган газсимон органик модда
дилатант	силжиш тезлиги ўсиши билан қовушқоқлиги кўпайиш хоссасига эга бўлган аномал-қовушқоқ системалар дилатант деб номланади. Бу турдаги суюқликларга қуюқ суспензия, елим ва ҳоказоларни мисол сифатида келтириш мумкин.
динамик	dynamikos (грекч.) – куч, кучга тегишли, ички энергиянинг ҳаракатига боғлиқ
дисперсионная среда	dyspersus (лот.) – тарқок, сочилган, суюқ муҳитда

	майдаланган жисм заррачаларининг ҳолати
дисперсия	жисмни майда заррачаларга парчалаш
дистилляция	distillatio (лот.) – томчи бўлиб оқиш, икки ва ундан ортик компонентлардан таркиб топган суюқ аралашмани ҳар хил қайнаш температурасига асосланган физик-кимёвий ажратиш жараёни
дистиллер	ҳайдаш жараёнини амалга оширадиган қурилма, масалан, кальцинацияланган сода ишлаб чиқариш технологиясида аммонийлашган намоқобдан аммиакни ажратиш колоннаси
дисбаланс	дисбаланс, нотўғрилиқ даражаси
диффузия	diffusion (лот.) – тарқалиш, эриган бир фаза молекулаларининг иккинчи фазада бир текисда тарқалишини таъминловчи жараён
диффузор	канал ёки қувурнинг газ (суюқлик) оқими тормозланадиган ва босими ошадиган қисми
днишче	днишче, яъни қурилма цилиндрик қисмини икки чеккасини ёпувчи деталь
дозатор	қандайдир моддани маълум миқдорда ўлчаб ўтказиш мосламаси
донник	melilotus (лот.) – дуккакдиллар гуруҳига кирувчи бир йиллик ўтсимон ўсимлик
донор	donare (лот.) — донор, совға қилиш
дренаж	drainage(франц.); drain (ингл.) – ботқоқ ерларни очиқ канал, ариқ ёки ғовакли трубалар ёрдамида сувсизлантириш, ўзлаштириш
дрессель	drossel(нем.) – буғ, газ ёки суюқликларни қувур ва трубалар орқали ўтишини ростловчи клапан
дресселлаш	оқимни маҳаллий қаршиликдан ўтказиб босимини пасайтириш жараёни бўлиб, бунда иссиқлик берилмайди ва ажратиб олинмайди ва ҳеч қандай иш бажарилмайди
допуск	бирор параметрнинг руҳсат этилган энг катта ва энг кичик қийматлари орасидаги фарқ
Дьюар идиши	кумуш билан копланган қўшалок деворли, ичидан ҳаво сўриб олинган шиша идиш
ёниш	ёқилғининг оксидловчи билан кимёвий бирикиши бўлиб, интенсив равишда иссиқлик ажралиши ва ёниш маҳсулотлари температурасининг кескин ортиш жараёни
Жоуль	СИ системасида иш, иссиқлик ва энергияларнинг ўлчов бирлиги
жараён	processus (лот.) – ҳаракат
заглушка	тикин, конструкцияларнинг ички бўшлигини герметик беркитувчи деталь
завдвижка	завдвижка, сув трубаларини беркитувчи қурилма
заслонка	тўсиқ, ғов, копоқ - ҳаво йўлидаги клапан, қисман беркитувчи деталь, мослама
затвор	қулф, занжир, тамба, ёпиш мосламаси, одатда ҳаракатчан шчит – турли асбоб ва машиналарнинг бирор жойини ёпадиган механизм; металл конструкция кўринишида, бўлиб гидротехник иншоотлар тешиқларини ёпиш ёки қисман ёпиш учун, суюқлик сарфини ростлаш ва сув

	окими ёки катламидан тушаётган юкламага бардош берадиган мослама
золотник	турли хил машина ва агрегатларда суюклик, буғ ёки газларни таксимловчи механизм
изобарнк жараён	Ўзгармас ташки босимда ўтадиган термодинамик жараён
изоляция тепловая	isolation (франц.) – исикликни ёмон ўтказадиган материал ёрдамида исикликни йўқотилишидан ҳимоялаш
изомеры	молекуладаги атомларининг турли жойлашганлиги туфайли кимёвий ва физик хоссалари бўйича фаркланадиган, лекин кимёвий таркиби бир хил моддалар
изопрен	табiiй каучукни курук ҳайдаш ёки ўта кизиган пўлат труба орқали скипидар буғларини ўтказиш йўли билан олинган суюк углеводород
изотактик полимерлар	катализатор иштирокида олинган кристалл тузилишидаги ва ўринбосарлари фазода тартибли жойлашган полипропилен ҳамда бошка полиолефинлар
изотермик жараён	физик тизимда ўзгармас температурада ўтадиган термодинамик жараён.
изотахи	изо+tachos (грекч.) – тезлик, оқимнинг бир хил тезлик чизиклари
изотермалар	изо... ва therme (юнон.) – исиклик, ҳолат диаграммасида мувозанатдаги изотермик жараённи ифодаловчи чизиклар
изотопы	битта кимёвий элемент атомлари, лекин турли атом массаларига эга
изохорик жараён	системанинг ўзгармас солиштирма ҳажмида ўтадиган термодинамик жараён
изохора	термодинамик диаграммада моддаларнинг ҳолат чизиғи бўлиб, кўриладиган модда ҳажмининг кийматлари ўзгармасдир
изохор жараён	физик тизимда ўзгармас ҳажмда кечадиган жараён
икки роторли насос	қобиғида икки шаклдор ротор бир-бирига ва камера деворига тегмай, қарама-қарши йўналишда синхрон айланадиган вакуум насос
ингибитор	inhibere (лот.) – ушлаб туриш, секинлаштириш, тўхтатиш, яъни коррозия ёки реакцияни секинлаштирадиган ёки умуман тўхтатувчи модда
инициатор	мономерларни полимерлаш жараёнини тезлатиш учун хизмат қиладиган махсус модда, у осон парчаланadi ва эркин радикаллар ҳосил қилади
инертный	inerts (лот.) – ҳаракатсиз, фаолиятсиз, ҳеч қандай бирикмага қиришмайдиган газлар: гелий, неон, аргон, криптон, ксенон ва радон
инжектор	injecteur (франц.) – ичкарига отиш, улоқтириш, яъни суюкликни узатувчи оқимчали насос
инконель	никелнинг (15-17%) хром, (19% гача) темир, (35% гача) алюминий ва (3% гача) титан элементлари бўлган қотишмаси
импеллер	impeller (ингл.) – реактив юриткич, марказдан қочма, компрессор, гидротрансформатор, вентилятор ва бошка машиналарда куракчали ишчи гилдирак
импульс	impulsur (ингл.) – туртки, интилиш, уйғотиш, яъни турли

	сигналлари узлуксиз эмас, балки вақти-вақти билан содир бўладиган ҳодиса, жисм механик ҳаракатининг мезони, физикавий вектор катталиқ
интермедиат	intermedius (лот.) – кимёвий реакция жараёнида ҳосил бўлган қисқа муддат турғун ҳолатда бўладиган оралик маҳсулот
ион	ion (грекч.) – зарядланган атом
ионизация	газ молекулалари ёки атомларидан электронларнинг ажралиб чиқиши оқибатида газда ион ва эркин электронлар ҳосил бўлиш ҳодисаси
иссиқлик	иссиқлик алмашилишида системанинг ташқи параметрлари: ҳажми ва бошқалар ўзгармаганда система оладиган ёки берадиган энергия миқдори
иссиқлик оқими	исталган юза орқали вақт бирлигида узатилган иссиқлик миқдори
иссиқлик ҳаракати	жисмлар микрозаррача (молекула, атом ва б.)ларининг бетартиб ҳаракати
иш	физик жараёнда содир бўладиган энергиянинг бир турдан иккинчи турга айланишини ифодаловчи катталиқ
ишчи жисм	бу газсимон, суюқ ёки плазмали модда бўлиб, унинг ёрдамида қайсидир энергияни механик иш, совуқлик ёки иссиқлик энергияга айланиши учун хизмат қилади
кавитация	cavity (англ.) – бўшлиқ, ковак – қаттиқ жисм юзасида суюқликнинг қатта тезликда ҳаракатланиши туфайли ва суюқликдаги босимнинг буғ ҳосил бўлиш босимиғача пасайиши оқибатида маҳаллий буғ ҳосил бўлиш ва совуқ зонага дуч келганда конденсацияланиш ҳодисаси
калория	calor (лат.) – иссиқ, иссиқлик миқдорининг ўлчов бирлиги; 1 г сувни температурасини 1°C га кўтариш учун зарур иссиқлик миқдори
калорифер	calor (лот.)– иссиқлик ва ferro – элтаман, ҳаво билан иситиш, шамоллатиш ва қуритиш системаларида ҳавони киздириб берадиган қуролма
каменноугольная дёготь	тошқўмир катрони
канифоль	colophonía resina (лот.)– колофон катрони, оч сарикдан тўқ қизилғача рангли шишасимон мўрт модда бўлиб, зичлиги 1007-1085 кг/м ³
капрон	poli-ε-капроамид, нейлон-6, полиамид 6 – синтетик полиамид тола бўлиб, капролактама полимеризация маҳсулоти poli-ε-капроамиддан олинади
карбозанжирли полимер	асосий занжири фақат углерод атомидан ташкил топган
каретка	carretta (итал.) – аравача, йўналтиргич бўйлаб ҳаракат қиладиган қисм ёки аравача
Карно цикли	қайтар айланма жараён бўлиб, унда иссиқликнинг ишга айланиши нисбатан тўлароқ амалга ошади ёки бошқача тавсияси икки изотермик жараён ва икки адиабатик жараёндан иборат қайтар айланма жараён
картер	carter (ингл.) – қутига жойланган машина ва механизм (юрткич, редуктор, насос ва б.) ларнинг қўзғалмас қисми
катализ	katalysis (грекч.) – бузиш, парчалаш, катализатор таъсири остида термодинамик руҳсат этилган йўналишда селектив равишда кимёвий реакцияни тезлаштириш. Бунда, у

	реакция иштирокчилари билан кўп маротаба оралик кимёвий таъсирда бўлади ва ҳар бир циклдан сўнг ўз кимёвий таркибини қайта тиклаб олади. Саноат реакцияларининг кўпчилиги каталитикдир.
катализат	рифформат, ароматик ва тўйинган углеводородларнинг суяк аралашмаси бўлиб, автомобил ва авиацион бензинларга юкори октанли компонент сифатида қўшилади ва у каталитик риформинг усулида олинади
каталитик полимерланиш	катализатор (туз, ишқорий металл ва уларнинг органик бирикмалари) лар иштирокида кечадиган кимёвий жараён
квант	quantum (нем.) – микдор, масса+quantum(лот.) – канча
кварц	SiO_2 –минерал, кремний икки оксиди ёки кремнезем
Кельвин	СИ системасидаги термодинамик температура бирлиги (К). 1К–сувнинг учламчи нуктаси термодинамик температурасининг $1/273,16$ қисмига тенг
кило...	Chilioi (юнон.) - минг – ўнлик қаррани билдирувчи олд қўшимча 10^3 ни англатади
килограмм	СИ системасидаги масса бирлиги (кг)
килограмм-куч	МКГСС бирликлар системасида куч бирлиги. 1кгк = 9,806 Н
киловатт-соат	(кило... ва ватт) – иш ва энергиянинг СИ бирликлари билан бир қаторда қўлланишга рухсат этилган системага кирмаган бирлиги
кинетик энергия	ҳаракатдаги жисм энергияси, яъни ҳаракатланувчи жисмнинг иш бажариш қобилияти
клапан	klappe (нем.) – қопқок, тўсик, қурилма ва трубаларда газ, буғ ёки суяклик сарфини бошқарадиган детал ёки мослама
классификация	classis – синф + facere- қилмоқ (ингл.) – турли шакл ва зичликдаги қаттиқ заррачаларни сув ва ҳавода чўқиш тезликлари турли бўлишига асосланган, фойдали қазилмаларни ва барча сочилувчан материалларни саралаш жараёни
классификатор	классификация жараёнини амалга оширувчи қурилма
коагуляция	coagulatio (лот.) – қотиш, ўраб олиш, яъни заррачаларни йириклашиши ва оғирлашиши туфайли дисперслик даражаси ва дисперс система сонини қамайтириш
коалесценция	томчи ёки газ пуфакчаларининг ўзаро тўқнашишида бирлашиб кетиши
кокс	кўмирни ҳавосиз камерада қиздириб олинган модда
кокс газ	тошкўмирни кокслашда ажралиб чиқадиган ёнувчи газ (55...60% водород, 20...30% метан, 5...7% углерод оксиди)
количественный анализ	бирикма таркибий қисмларининг нисбий массавий микдорларини аниқлаш
колокол	калпок, қўнгирик ёки занг шаклидаги жисм
колосник	металл, кўпроқ чўяндан тайёрланган элементлар бўлиб, улардан хилма-хил шаклдаги тешикли панжара
компенсация	compensatio (лот.) – ўрнини тўлдираман, мувозанатлайман, температура, босим, вазият, узунлик, қовушқоқлик ва бошқаларни мувозанатлаш ёки ростлаш
компенсатор	compensatio – ўрнини тўлдираман, мувозанатлайман –

	иншоотлар, системалар, машиналар, асбобларнинг ҳолати ва ишлашига турли омиллар (температура, босим, вазият ва б.) таъсирини йўқотадиган ёки мувозанатлайдиган, ёхуд у ёки бу омилни ўлчаш ёки ростлаш мақсадида уларни аниқлайдиган қуролма ёки тўлдиргич
компонент	componens (лот.) – таркибий, ниманидир таркибий қисми
компримировать	comprimere (лот.) – сиқиш, газни суюлтириш мақсадида компрессор ёрдамида сиқиш
компрессор	compressio (лот.) – сикаман, ҳаво ёки газни 0,015 МПа дан кичик бўлмаган ортиқча босимгача сикадиган машина
конвекция	convectio (лот.) – олиб келиш, тарқалиш, макроскопик ҳажмдаги суюкликларнинг ҳаракати туфайли иссиқлик тарқалиш жараёни
конверсия	conversio (лот.) – айланиш, ўзгартириш, юкори температурада айрим газларни таркибини ўзгартириш мақсадида қайта ишлаш жараёни
конденсат	condensatum (лот.) – зичланган, қуюқлаштирилган, буғ-газ аралашмасини совитиш натижасида ҳосил бўлган суюқлик
конденсатор	(лот.condenso – зичлайман, қуюқлаштираман) – моддаларни газ (буғ) ҳолатдан суюқ ёки кристалл ҳолатга ўтказадиган иссиқлик алмашилини қуролмаси
конденсация (юпка қатламли)	хўлланадиган юзада узлуксиз конденсат юпка қатламининг ҳосил бўлиши
конденсация (томчили)	қўлланмайдиган силлик юзада буғнинг совиши оқибатида ҳосил бўладиган томчилар
консистенция	consistere (лот.) – модданинг юмшоқлик даражаси, қуюқлиги, эритма ва ярим суюқ жисмлардаги ҳолати
контакт	contactus (лот.) – тўқнашиш
конфекционирование	ҳамма турдаги материал ёки нималарнидир танлаш
концентрация	con+centrum (лот.) – марказ, тўпланиш, каттик, суюқ ёки газ фазаларда моддалар нисбатининг миқдорий ифодаси
концентрик	концентрик, якка ёки битта марказли
консоль	console (frans.) – бир учи қўзғалмас, иккинчи учи эркин маҳкамланган ферма ёки конструкциянинг таянчидан чиқиб турувчи қисми ёки қўтариш мосламаси
константа	constants (лот.) – ўзгармас, ўзгарувчан қатордаги ўзгармас катталиқ
контргайка	асосий гайка ўз-ўзидан буралиб кетмаслиги учун болт ёки шпилка бураладиган қўшимча гайка
конфигурация	configuratio (лот.) – ташки қўриниш, шакл
конформация	конформация макромолекуланинг физик характеристикаси бўлиб, конфигурациянинг ҳосиласидир. Умумий ҳолда конформация – бу макромолекулани ҳосил қилувчи атом ва атом гуруҳларининг фазода ўзгарувчан жойлашувидир
конформацион айланиш	иссиқлик ҳаракати (ёки ташки майдон) таъсирида кимёвий боғлар узилмасдан молекула шаклининг ўзгаришига конформацион айланиш дейилади
конфекционирование	ниманидир ёки ҳамма турларни танлаш, комплектация қилиш принциплари

коромысло	шайин, юк ва жисмларни кўтариш ёки ташиш учун ёйсимон абкаш ёки мослама
корпус	corpus (лот.)– тана, яхлит нарса, машина ёки курилмаларнинг барча механизм ва деталларини кўтарадиган асос ёки негиз
коррозия	corrodo (лот.)– кемираман, металлларнинг ташки муҳит билан кимёвий ёки электр кимёвий таъсирида емирилиши
корунд	α-оксид алюминий оксиди (Al_2O_3), жуда каттик, кристаллик минерал
косынка	учбурчак шаклли металл пластина, дуррача
коэффициент	co(sum) (лот.) – билан, биргаликда + efficiens – ишлаб чиқарувчи, бошқа номаълум ёки ўзгарувчан катталikka кўпайтма бўлган бошқа ўзгармас ёки маълум катталик
коэффициент избытка воздуха	ёнувчи аралашма таркибидаги ҳаво ортикчалигини характерловчи коэффициент
кран	kran (нем.) – кран, жўмрак
кран-укосина	энг содда кўтариш мосламаси бўлиб, унинг учбурчакли кронштейн-укосинаси блоклари билан курилма қобиғига маҳкамланади
крейцкопф	kreuzkopf (нем.) – ползун, кривошип-ползунли механизм детали
крекинг	cracking (ингл.) – нефть ва унинг фракцияларига юқори температурали ишлов бериш натижасида паст молекуляр массали ёки енгил фракцияли маҳсулотлар олиш жараёни
крестовина	чорбармок, дифференциалда ва умуман механизмларда бир-бирига кўндаланг ёки Х-шаклли қилиб ясалган қисм
кривошип	кривошип механизмнинг кўзгалмас ўк атрофида тўлиқ (360°) айланадиган деталь
криоген	kyuos-совук, муз+genos (грекч) – ҳосил бўлиш, туғилиш, яъни паст температураларга оид ёки тегишли
криоскопия	kyuos-совук, муз+skoreo (грекч) – қарайман, қузатаман, эритмада эриган моддалар микдорининг эритувчи музлаш температурасининг пасайтиришига асосланган молекуляр оғирликни аниқлаш усули
кристаллогидрат	ўз таркибида кристаллизацион сув ушлаган кристалл моддалар
критерий	critereion (грекч.) – мезон, ажратиб турувчи белги, ҳосса
критическая скорость	суюклик окимининг ламинар ҳаракат режимидан турбулент режимга ва аксинча, турбулентдан ламинар режимга ўтиш тезлигига тўғри келадиган окимнинг ўртача тезлиги
критические точки	суюкликнинг буғ (газ) ва муз (каттик) агрегат ҳолатларига ёки тесқариси, яъни муздан суюкликка ва суюк агрегат ҳолатидан буғ ҳолатга ўтиш температураларига тегишли нукталар
кронштейн	kragstein (нем.) – машина, курилма ва механизмларни вертикал деворга ёки колоннага маҳкамлаш учун хизмат қиладиган консолли таянч деталь ёки конструкция
куракли насос	динамик насос; суюкликни айланувчи иш ғилдирак куракчалари қучи ҳисобига ҳайдади
лабильный	labilis (лот.) – сирпанувчи, нотургун, ўзгарувчан

лежак	таг синч, таянчли курси ёки тўр
Лаваль соплоси	тораювчи ва кенгаювчи қисми комбинацияланган сопло бўлиб, товуш тезлигидан юкори тезликлар олиш учун қўлланилади
ламинар оқим	lamina (лот.)– лист, пластинка, йўл-йўл – реал суюкликнинг тартибли оқими; суюклик қўшни қатламларининг ўзаро аралашиб кетмаслиги билан характерланади
латунь	latun (нем.) – жез, мис билан рух (50% гача) дан иборат қотишма. Кўпинча, алюминий, темир, марганец, никель, кўрғошин ва бошқа элементлар (умумий йиғиндиси 10% гача) ҳам қўшилади
лебедка	чигирик, юк ва оғирликларни кўтариш мосламаси
легирланган пўлат	углеродли пўлатга физик-механик хоссаларини яхшилаш учун легирловчи (<i>Cr, Ni, V, Mo, Mn, Si, Ti, Cu</i> ва х) элементлар қўшилган пўлат
линза	linse (нем.), lens (лот.) – иккита айланиш юзалари билан чегараланган бир жинсли оптик шаффоф деталь
локальный	localis (лот.) – маҳаллий, шу жойга тааллуқли
люк	luik (голл.) – тўйнуқ, қурилма ичига кириб чиқадиган тўйнуқ
люфт	luft (нем.) – деталлари ёки бирлаштирилган қисм юзалари орасидаги тирқиш
майдалаш	каттик материал бўлақларини майдалаш жараёни.
майдалагич	каттик жисмлар (асосан, минерал хом-ашёси)ни майдалайдиган машина
максимум	maximum (лот.) – энг катта, энг катта чегаравий миқдор
макромолекула	macros (грекч.) – узун, катта полимер молекуласи, бир бутун занжирга ковалент бирлаштирилган таркибий бирлик (мономер звено) ларининг ўхшаш гомополимерларнинг қайтаралиши ёки турли сополимерларнинг такрорланиш принципида қурилган
манометр	manos(юнон.) – сийрак + ...метр – суюклик ва газ босимини ўлчайдиган асбоб. Нолдан (тўла вакуумдан) ҳисобланадиган абсолют босимни ўлчайдиган манометр; ортиқча босимни, яъни абсолют босим ва атмосфера босимлари орасидаги фарқни ўлчайдиган асбоб
марказдан қочма насос	суюклик айланувчи иш ғилдираги марказидан унинг четларига томон ҳаракатланадиган куракли насос
масштаб	masstab (нем.) – чизма, план ёки картадаги чизиқ узунлигининг аслидаги тегишли чизикка нисбати
маховик	яхлит, массив ғилдирак
мачта	баланд устун, мачта, минора
машина	maschine (нем.) – иншоот, машина, яъни энергия, материаллар ва ахборотни ўзгартиришда ҳаракат бажарувчи механик қурилма
мембрана	membrana (лот.) – пўст, парда – периметр бўйлаб маҳкамланган юпка юмшоқ пластинка; турли босимли икки бўшлиқни бир-бирдан ажратиш ёки берк (туташ) ковакни умумий ҳажмдан ажратиш ҳамда босим ўзгаришларини чизикли силжишларга айлантирувчи

	мослама
метан	CH_4 – боткок гази, углеводород, рангсиз газ, суюк метан кайнаш температураси – 161,4 ⁰ C
метанол	метил ёки ёгоч спирти (CH_3OH) – рангсиз суюклик, кайнаш температураси 65 ⁰ C
метил	methyl (франц.) – бир валентли радикал, метан колдиги (CH_3)
метилен	бир валентли органик радикал CH_2
метр	metre (франц.), метр (юнон.) – ўлчов, СИ системасидаги узунлик бирлиги
микрометр	чизикли ўлчамларни контакт усулида ўлчайдиган аник микрометрик винтли универсал ўлчаш асбоби
миллимикрон	микроннинг мингдан бир улуши
моделирование	лаборатория моделларида қурилма, машина, иншоот ва бошқа мосламаларда бораётган физик ва бошқа жараёнларни ўрганиш
модифицированный	материал ёки моддага бирор компонент қўшиб кайсидир бир хоссасини яхшилаш
монель	АҚШ саноатчиси А.Монель номи билан аталган бўлиб, мис (27...29%), темир (2...3%), марганец (1,2...1,8%) лар қотишмаси
мономер	полимерни синтез қилишда ишлатиладиган паст молекуляр бирикмалар
монтаж	montage (франц.) – кўтариш, ўрнатиш, йиғиш, иншоот, конструкция, технологик жиҳоз, асбоб, агрегат ва уларнинг қисмларини тайёр деталлардан йиғиш, ўрнатиш
монтежу	monte-jus (франц.) monter-кўтариш+jus – шарбат, сув – сиқилган ҳаво ёрдамида суюкликларни узатиш учун хизмат қиладиган герметик идишлар
муфта	муфта (нем.) – ўк, тортки, труба, канат, кабель ва бошқаларни бирлаштирадиган мослама
насос-форсунка	ёқилги насоси ва пуракагични ўзига мужассам қилган агрегат
надмолекулярная структура	шаклига қараб макромолекулалар глобуляр и фибриллани бўлади. Фибриллани юқори молекулали бирикма жуда осон асимметрик молекулалар тўплами – фибрилла кўринишидаги молекула уст таркиб ҳосил қилади
натр	patrium (лот.) – натрий ишқори, натрий оксидининг гидрати ($NaOH$ ишқори), каустик сода
нафта	ёки лигроин, бензиндан оғирроқ суюк углеводородларнинг аралашмаси бўлиб, нефтни тўғри ҳайдаш йўли ёки нефт маҳсулотларини крекинг қилиб олинади. Оч сарик рангли, кайнаш температураси 120...240 ⁰ C
нефть	naphtha (грекч.) – газсимон ва калдирик таркибий қисмларга бой ёнувчан, мойсимон суюклик
нивелир	nivelel (франц.)– баробарлагич, геометрик нивелирлаш ҳамда горизонтал йўналиш бериш учун ишлатиладиган геодезик асбоб
нитробензол	$C_6H_5NO_2$ – аччик бодом хидли, жуда заҳарли мойли суюклик
нитроглицерин	органик бирикма – ўта заҳарли, шаффоф, ширин мазали,

	мойли суюклик
ниппель	pipple (ингл.) – бирлаштирувчи, резъбали калта металл труба
номинал	nominalis (лот.) – ўрнатилган, белгиланган, номинал
обечайка	обечайка, металлдан ўраб ясалган цилиндрик жисм
обод	кандайдир мослама, жисмларнинг бир қисми бўлиб, унинг бошқа қисмларини бирлаштириб ва ўраб турувчи халқасимон, овал шаклли қисм
оксигенат	паст молекулати спирт ва оддий эфирларнинг умумий номи бўлиб, мотор ёки қилғисига қўшиладиган юкори октанли компонент
октан	молекуласи 8 та углерод атомидан ва 18 та водород атомидан таркиб топган, кайнаш температураси 125,6°C ли нефть таркибида бўладиган углеводород
оксосинтез	углерод оксидини ва водородни олефинларга катализаторлар ёрдамида бириктириб альдегид ҳосил қилиш
олеум	oleum (лот.) – сульфат кислотанинг ўткир сорти
олефин	C=C қўшалок боғли, «очик» кўринишдаги чизикли занжир молекуласи бор этиленли углеводород
операция	operatio (лот.) – технологик жараённинг қисми бўлиб, бир иш жойнинг ўзида бир хил жиҳоз, машина ва асбоблар ишлатиб деталларга ишлов бериш ёки йиғиш
опрессовка	зичликка синаш
осмос	osmos (грекч.) – туртки, босим – тоза эритувчини ярим ўтказувчан тўсик орқали эритмага ўтиб тарқалиш жараёни
отстойник	settlers (ингл.) – оғирлик кучи таъсирида суюклик турли жинсли системаларни ажратиш учун мўлжалланган қурилма
паз	паз, арикча
пайванд сополимер	чизиксимон бирор полимер макромолекуласинининг ёнига бошқа чизиксимон полимер занжирини улаш ёки бирор мономерни унга пайвандлаб полимерлаш
пайка	кавшарлаш – рангли ва углеродли пўлатлар, шиша, графит, сопол ва бошқа материалларни эритилган кавшар билан ажралмас бирикма ҳосил қилиш
парафин	нефть маҳсулотларни ва торфни курук ҳайдаш йўли билан олинадиган ок модда
паронит	асбест, каучук ва кукунсимон ингредиентлардан таркиб топган массаларни пресслаб тайёрланган листли кистирма материали
парциальный	partialis (лот.), pars(partis) – қисм , газнинг парциал босими ёки аралашмадаги бугнинг босими
патока	крахмални чала-ярим кислотали гидролиз қилишнинг маҳсулоти
патрон	patron (франц.) – металл кесиш дастгоҳларида заготовкани маҳкамлаш мосламаси
патрубок	асосий труба, қурилма ёки резервуарлардан газ, буг ёки суюклик оладиган калта труба
периферия	бирор жисм чети, атрофи
перекись	пероксид молекуласида ўзаро бевосита боғланган

	кислород атомлари мавжуд бирикма
переход	торайгич ёки кенгайгич, суюклик окимнинг харакат йўналишига нисбатан конус кисмининг ўрнатилишига боғлиқ
пеньковый	каноп толалари шўр сувга нисбатан чидамлилиги юкори ва жуда кам едирилади
пигмент	pigmentum (лот.) – ўсимлик ва бошкалар таркибида мавжуд бўёқ ёки бўёвчи моддалар
пирогаз	руг (грек.)-олов+gas (франц.), chaos(грекч.)- газ, хаос сўзидан олинган
пирогенизация	руг (грек.)-олов + genos –туғилиш, пайдо бўлиш, яъни газ генератор ёки реторт ўтхоналарида юкори температурада парчалаб нефтни қайта ишлаш
пиротин	pyrhos (грекч.) – олов рангли
пиролиз	(грекч.) руг-олов, ўт+lysis-туғилиш, ҳосил бўлиш, парчаланиш –хавосиз муҳитда (кўпинча катализатор иштирокида) мураккаб моддаларни соддарок моддаларга юкори температура таъсирида пирогенетик парчалаш
пластификация	полимерларга кийин учувчан, куйи молекулали моддаларни киритиб, унинг пластиклигини ошириш жараёни
пластичность	plastikos (юнон.) – пластиклик, механик юклама остида каттик жисмларнинг қайтмас деформацияланиш хоссаси
плунжер	plunger (ингл.) – шўнғимок, ботмок, узунлиги диаметридан анча катта бўлган поршень
подушка	остлик ёки таглик
подшипник	ўқдан радиал, ўқ ва радиал ўқ йўналишида тушадиган юкламаларни қабул қилиб, эркин айланишни таъминлайдиган кисм
подпятник	ўқ бўйлаб таъсир этувчи юкламани қабул қиладиган таянч подшипник детали
ползучесть	стеер (ингл.) – силжувчанлик, колдик деформацияни вужудга келтирувчи кучдан кичик куч билан таъсир этганда материал пластик деформациясининг вақт бўйича аста-секин ортиб бориши
поли	poly (грекч.) – кўп турли ёки кўп хиллик
поликонденсатланиш	полимер синтези – одатда, ўзаро таъсир этаётган мономер ва олигомерларнинг ўрин босиш реакцияси асосида кечади ва куйи молекулали маҳсулот ажралиб чиқиши
полимер	юкори молекулали бирикма – ўзаро кимёвий боғланган бўлиб, унинг молекуласи жуда кўп сонли такрорланувчи гуруҳлар ёки мономер звенолардан таркиб топган
полимерланиш	занжир охиридаги фаол марказга молекула мономерларини ковалент боғ ҳосил қилиб кетма-кет бирлаштириш йўли билан полимер олиш реакцияси. Реакция тезлигига қараб занжирли ва босқичли бўлади
полиморфизм	polymorphos (грекч.) – кўп турли, кимёвий модданинг физик хоссалари фаркланадиган бир неча турдаги модификацияларда бўлиш қобилияти
полиспаёт	polyspaston (грек.), poly-кўп+spao-тортиш, бир нечта харакатчан ва қўзғалмас блоklarнинг ўзаро трос ва

	канатлар билан боғланган механизми
полиэтилен	этиленнинг термопластик полимери
полипропилен	пропиленнинг термопластик полимери
политропик жараён	физик тизимнинг ҳолат ўзгариши билан кечадиган термодинамик жараён бўлиб, бутун жараён давомида иссиқлик сифим ўзгармаслиги сақланади
поплавок	каткович, гупсар
портал	пешток, равон-бино, қурилма, мослама, асбоб ва бошқаларга катта, йирик қириш жойи
потенциал энергия	система заррачаларининг ўзаро жойлашиши ва ташқи куч майдонидаги ўрнига боғлиқ бўлган механик энергиянинг бир қисми
привитые сополимеры	тармоқланган юқори молекулали бирикмалар – макромолекула таркиби ва тузилиши билан фарқланадиган асосий занжир ва ён томон шаҳобчали бир нечта кимёвий боғли мономер звенолардан иборат
прокладка	кистирма – босим остида ишлайдиган қурилма ва машинанинг ажралувчан қисмларини зичлаб беркитиш учун қўлланиладиган детал
пропилен	C_3H_6 – тўйинмаган углеводород, газ, табиий газ, кокс ва нефтни крекинг газлари таркибида бўлади ва у органик бирикмаларни курук хайдаб олинади
процесс	processus (лот.) – ўтиш, ҳаракат, яъни бир бутун узлуксиз кўринишдаги ҳолатларнинг кетма-кет алмашиниши, кечиш, ривожланиш босқичларининг бирин-кетин келиш қонуниятларининг узвий боғлиқлиги
пульпа	pulpa (лот.) – қуйқа, таркибида ер жинслари бор суспензия
разветвленные полимеры	branched polymers, verzweigte polymere, polymers ramifies – тармоқланган полимерлар бўлиб, уларнинг асосий занжирида статистик ёки регуляр жойлашган тармоқларда битта ёки бир нечта углеродли атомлар бўлади
радиацион полимерланиш	мономер молекулаларини α , β , γ нурлари, рентген нурлари, интенсивлашган электронлар ва бошқа юқори энергияли заррачалар ёрдами билан радикалга айлантириш жараёни
радикал	radicalis (лот.) – ўзак, маҳаллий, бу ерда бир кимёвий бирикмадан иккинчисига ўзгармасдан ўтадиган молекуладаги атомларнинг тургун гуруҳи
радиант	radiants (лот.) – нур тарқатувчи
расплавы полимеров	melts, schmelze, fonts – кристаллографик тартиб ва деформация даврида қовушқоқ ҳаракатланиш имконияти йўқлиги билан белгиланадиган «тиқилмаган» полимер ҳолатларидан бири
рационал	rationalis (лот.) – исботланган, мақсадга мувофиқ, мақбул
реактор	кимёвий жараёнлар кечадиган қурилма ёки агрегат
реагент	кимёвий реакцияда иштирок этадиган модда
регенерация	ёниш маҳсулотлари иссиқлигини суюқлик, газ ва унинг аралашмаларини иситиш учун қўллаш
регулярный	regular (лот.) – тўғри ва бир текисда, меъёрда борадиган
регулятор	полимерланиш жараёнининг реакция температурасини ўзгартириш, занжир узатувчи моддалар қўшиш орқали

	полимерларнинг ўртача молекуляр массасига таъсир этувчи модда
редуцирование	умуман қисқариш, камайиш, ўлчамда камайиш ёки содалашниш
редуктор	reductor (лот.) – қобик ичига олинган тишли ёки гидравлик узатма
резьба	цилиндрик жисм сиртига винг чизиғи бўйича кетма-кет жойлашган ариқча ва буртмалар
резервуар	reservoir (лот.) – сақлаш, омонатлаш-суюқлик ва газлар сақланадиган баллон, идиш.
резина	resina (лот.) – катрон, смола
рейсмус	reißmaß, reißep – чизмок ва таъ – ўлчов (нем.), рейсмас – масштабни чизгичдан ўлчаб олинган ўлчамларни белги қўйиладиган заготовккага ўтказиш мақсадида заготовклардаги чизикларга параллел қилиб режа чизиклари туширадиган асбоб
ректификация	rectificatio (лот.) – тўғрилаш- суюқлик аралашмаларини ташкил этувчи компонентларга бир неча марта қисман буғлатиш ва буғларни конденсациялаш натижасида ажратиш жараёни
релаксация	relaxatio (лот.) – камайиш, бўшаш – системани мувозанатдан чиқарган қуч таъсири тўхтаганда, унинг аста-секин мувозанат ҳолатига қайтиши
рельс	regula (лот.) – тўғри таёқ, тўсин, шаклдор қўнлаланг кесимли балка
ремонт	remonter (франц.) – тузатиш, тўғрилаш, тўлдирниш, қайта йиғиш, қурилмаларини яроқлилигини қайта тиклаш учун ўтказиладиган ташкилий ва техник тадбирлар мажмуаси
реперная точка - реология	repere (франц.) – таянч ёки текширув нуқтаси ноньютон суюқликлар ҳаракатини ўргатадиган гидравликанинг ажралмас қисми бўлиб, моддаларнинг оқувчанлиги ва деформациясини ўрганадиган соҳа
реопексия	силжиш жараёнида қовушқокликнинг ортиши <i>реопексия</i> деб аталади. Мисол сифатида ~95°C температурагача қиздирилган эпоксид олигомерлари мисол бўла олади.
ресивер	receiver (ингл.) – оралик резервуар, машиналарнинг юкори босимли цилиндрини паст босимли цилиндрини билан бирлаштирувчи труба, идиш ва х.
ретурбэнд	массив, оғир ичи бўш плита
рольганг	rolle (нем.)-ғалтак+ gang- юриш, роликли конвейер
ротор	roto (лот.) – айланаман, машина статори ичига жойлашган айланувчан қисм
сальник	машина ва қурилмаларнинг қўзғалмас ва қўзғалувчан деталлари орасидаги тирқишни зич ёпиб берувчи деталь
сарф ўлчагич	газ, суюқлик ва сочилувчан материалларнинг сарфини ўлчайдиган асбоб.
сверхмолекулярный	ўта юкори молекуляр массали, зичлиги катта регенерация қилиб олинган материал
сегмент	segmentum (лот.) – кесма
секунда	secunda (лот.) – вақтнинг асосий ўлчов бирлиги, куёш суткасининг 1/86400 қисмига тенг

селективность	selection (лот.) – танлаш, ажратиш
сепарация	separatio (лот.) – ажратиш, суюк ёки каттик заррачаларни газлардан, каттик заррачаларни эса суюкликлардан ажратиш; каттик ёки суюк аралашмаларни таркибий қисмларга ажратиш.
сесквигалонд	оралик, ярим маҳсулот олиш учун алюминийни хлорли ёки бромли этил билан таъсир эттириш
силикагель	silix, silicis (лот.) – каттик тош+гель- сувсизлантирилган ва термик ишлов берилган кремний кислота гели ($SiO_2 \cdot nH_2O$).
сульфон	sulphon (ингл.) – пўлат, жез, фосфорли ёки бериллийли бронзалардан ясалган юпка деворли, гофриланган труба
синергизм	синергизм намоён қиладиган моддаларда, яъни шундай ҳаракат килувчи моддаларда, улар аралашмасининг фаоллиги компонентлар фаоллигининг йиғиндисидан кўпроқ бўлади
синтез	synthesis (грекч.) – бирлаштириш, бириктириш, яъни оддий бирикмалардан мураккаб кимёвий бирикмалар олиш
сиқиш даражаси	юриткич поршени сикиш жараёни бошланиши ва охиридаги ҳолатларида цилиндр ҳажмларининг нисбати
скруббер	scrubber (ингл.) – газ аралашмасининг суюклик билан тўкнашишига асосланган газни тозалаш қурилмаси
сланец	углеводородли бирикмалар тутган тўқ, юмшоқ модда бўлиб, ундан ҳайдаш усулида нефть олинади
солиштирма иссиқлик сиғими	модда масса бирлигининг температурасини 1°C га кўтариш учун унга узатиладиган иссиқлик миқдори
сопло	Ўзгарувчан қўндаланг кесимли канал (қиска труба)да газнинг кенгайиши босимнинг пасайиши ҳамда тезлигининг ортиши содир бўлади
сополимерланш	икки ва ундан ортик мономерларнинг биргаликда полимерланиш реакцияси
сополимер	сополимерланиш реакцияси оқибатида ҳосил бўлган полимер
сорбент	sorbens, sorbentis (лот.) – ютувчи, газ, буғ ва эриган моддаларни ютадиган каттик ёки суюқ моддалар
сорбция	sorbere (лот.) – ютиш, яъни газни суюклик билан, суюклик ёки газни ғоваксимон каттик жисм билан ажратиш жараёни
стандарт	standart (ингл.) – норма, намуна, эталон, модель, яъни бошқа маҳсулотларни таққослаш учун дастлабки объект деб қабул қилинган
стереорегуляр	маълум бир кетма-кетлик қонунияти асосида макромолекула-ларнинг жойлашиши
стирол	этилбензолни каталитик дегидрирлаб олинандиган винилбензол органик бирикмаси
сублимация	sublimare (лот.) – нам материаллар қиздирилганда, намликнинг каттик агрегат ҳолатидан суюқ фазага ўтмасдан бирданига газсимон фазага ўтиш жараёни
сшитые полимеры, сетчатые полимеры,	network polymers, dimensionale polymere, polymeres tridimensionnels – полимерли тўр – ягона фазовий

пространственные полимеры	структура ҳосил килувчи, занжирлари ўзаро кимёвий боғ билан бирлашган полимерлар. Бундай полимерларнинг макромолекулалари бирлаштириб («тикиб») ёки реакцион қобилиятли олигомерларни қотириб ҳосил қилинади. «Тиқиш» (тикувчи элтқичлар ёрдамида) даврида макромолекулалар орасида кўндаланг боғлар барпо бўлади.
такелаж	takelage (нем.) – юкни кўтариш ва ташиш-ортиш иши
тальк	talk (нем.). talcus(лот.) – минерал, магнийнинг сувли силикати. жуда юмшоқ
температура	temperatura (лот.) – зарур силжиш, ўлчамдорлик, нормал ҳолат – системанинг иссиқлик ҳолатини характерлайдиган асосий ҳолат параметрларидан бири
термодинамиканинг 1-қонуни	термодинамиканинг асосий қонунаридан бири; термодинамик система учун энергиянинг сақланиш қонунини ифодалайди, яъни системага берилган иссиқлик системасининг Q ички энергиясини ўзгартиришга ва системанинг ташқи кучни енгиб A иш бажаришга сарфланади: $Q=ΔU+A$
термодинамиканинг 2 – қонуни	термодинамиканинг асосий қонунаридан бири; бунга биноан 2–турдаги абадий (иссиқликни бутунлича ишга айлантириб, даврий ишлайди деб фараз қилинадиган) двигатель яратиб бўлмайди
термодинамик жараён	термодинамик системада содир бўладиган ва унинг ҳолат параметрларидан лоақал биттаси ўзгариши билан боғлиқ ҳар қандай ўзгариш
термометр	therme-иссиқлик+metreo-ўлчайман (ingl.) – температура ўлчайдиган асқоб
термостат	therme (грекч.)-иссиқ+statos-ушлаб турувчи, яъни совитиш системаси, совутқич, термик ўтхоналарда температуранини ўзгармас ҳолатда ушлаб турувчи асқоб
техника	techne (юнон.) – санъат, маҳорат, инсон фаолияти воситалари мажмуи
технология	techne-санъат, касб+logos-тушунча, илм (грекч.) – бу хом-ашёдан аввалдан белгиланган хоссаларга эга маҳсулот олиш мақсадида ўтказиладиган бир қатор усуллардир
тнксотропия	турғун оқиш жараёнида қовушқоқликнинг қамайиши ҳамма полимерларга хос бўлиб <i>тнксотропия</i> деб аталади. Мисол тарикасида тўлдирилган полимерларни келтириш мумкин
терефталевая кислота	$C_6H_4(COOH)_2$ – органик кислота, π-қислороди ҳавонинг қислороди билан оксидлаб олинади
тозалаш	raffiner (франц.)– тозаламоқ (рафинациялаш), металлларда – металл ва қотишмалар сифатини ошириш ва улардаги зарур элемент ва зарарли аралашмаларни чиқариб юбориш
токсичность	toxikon (грекч.) – захар, айрим кимёвий моддаларнинг тирик организмларга зарарли таъсир этиш қобилияти, захарлилиги
толуол	нефть қолдиқлари, тошқўмир қатронидан олиннадиган ароматик суюқ углеводород
тонна	tunna (лот.)– бочка, массанинг метрик бирлиги – СИ

	бирликларидаги килограмм (кг) билан баробар кўллашга рухсат этилган системага киритилмаган ўлчов бирлиги
траверса	traverse (франц.) – кўндаланг тўсик
трос	troos (голл.) – табиий ва сунъий толали материаллар, шунингдек, пўлат симлардан тайёрланадиган канат-аркон буюмларининг умумий номи
труба	ичи бўш, асосан, халқасимон кесимли ва нисбатан анча узун жисм
туннель	tunnel (ингл.) – ер ёки сув ости иншооти
турбулент	turbulentus (лот.) – тартибсиз, турбулент ҳаракат, яъни газ, буғ ёки суюкликнинг хаотик ҳаракатида оқим қатламларининг интенсив аралашishi содир бўлади
турбина	turbine (нем.), turbineus (лот.) – уюмасимон, ишчи ғилдирак куракчалари ёрдамида буғ, газ ёки суюклик энергиясини механик энергияга айлантирувчи айланма ҳаракатланадиган юриткич
тўйинган углеводородлар	молекуласидаги углерод атомлари бир-бири ва водород атоми билан оддий боғ орқали боғланган углеводородлар синфи. Улардаги углерод атомларининг валентлиги водород атомлари билан тўйинганлиги учун тўйинган углеводородлар деб номланади
тўйинмаган углеводородлар	молекуласидаги икки ёки бир неча углерод атомлари ўзаро кўшбоғ ёки уч боғ билан боғланган углеводородларнинг катта гуруҳи тўйинмаган углеводородлар деб номланади
углеводлар	«углерод» ва «вода» (сув) сўзларидан «углевод» термини пайдо бўлган
углеводородлар	молекуласи углерод ва водород атомидан тузилган моддалардир. Углеводород ва уларнинг турли ҳосилалари органик бирикмалардир.
узатма	одатда тезлик ва шунга мос ҳолда буровчи моментни ўзгартириб, ҳаракат узатишга мўлжалланган механизм
узлуксизлик тенгламаси	трубанинг ҳар хил бўлган кўндаланг кесимларида массивий сарфлар тенглигини ифодаловчи тенглама
урчук	патрон, шпул, ғалтак ва б. кийдириладиган айланувчи стержень; пилтани, калава ип ва ипларни пишитиш ҳамда маълум ўлчам ва шаклда ўрамлар ҳосил қилишга мўлжалланган пилта, йигириш-пишитиш, пишитиш ва ўраш машиналарининг асосий ишчи органи
утилизатор-қозон	utilis (лот.) – фойдали, яъни сув иситиш ёки буғ қозони бўлиб, иссиқлик машина ва жиҳозлар (жумладан, ички ёниш двигатели) нинг ишлатиб бўлинган газ иссиқлигини ишлатадиган қурилма
утилизация	utilis (лот.) – фойдали, саноат чикиндиларини қайта ишлаб фойдаланиш
фазовий поликонденсатланиш	таркибида уч ва ундан ортиқ функционал гуруҳлар бўлган моддалар поликонденсатланганда тўрсимон, фазовий полимерлар ҳосил бўлиш жараёни
фаолит	суюқ резол катронни асбест билан аралаштириб олинган пластмасса
фаолланган кўмир	carbo activatus (лот.) – адсорбент – ғоваклилиги жуда катта бўлган каттик жисм

Фаренгейт шкаласи	музнинг эриш температураси 32 ⁰ F ва атмосфера босимида сувнинг кайнаш температураси 212 ⁰ F ни ташкил этадиган температура шкаласи
ферма	ferme (франц.) – мустаҳкам – муҳандислик иншоотларининг юк кўтарувчи геометрик ўзгармас стерженли конструкцияси
фибра	fibra (лот.) – тола – елимланган латтасимон коғозни концентрланган рух хлорид эритмасига шимдириб, кейин пресслаб тайёрланадиган материал
фибрилла	fibrilla (янги лот.) – толача, ипча, ипсимон таркибли, фибрилла иплари (плёночные нити, рафия) полипропилен ва полиэтиленнинг ориентациялашган, фибриллалари таркиб ҳосил қилишга мойил пардаларидан олинди
фильтр	filtre (франц.), filtrum (лот.) – айнан – кигиз, каттик ва суюқ фазали ҳар хил жинсли системани ғовак тўсиқлар (фильтрлаш тўсиқларидан)дан ўтказиб таркибий қисмларга ажратадиган, қуюлтирадиган қурилма
фильтрат	ғоваксимон фильтр тўсиқ ёрдамида суспензияни босимлар фарқи ёки оғирлик кучи таъсирида ажратиш натижасида олинган суюқлик
фитинг	fitting, fit (ингл.) – труба қувурларининг бурилишлари, ўтиш ва тармоқланиш жойларида ўрнатиладиган ҳамда трубаларнинг тўғри қизикли звеноларини улаш ва бириктириш деталлари
фланец	flansch (нем.) – труба, арматура, резервуар, ўқлар ва бошқаларнинг бириктирувчи қисми; одатда, болтлар ёки шпилькалар ўтказиш учун бир текисда жойлашган тешиқлари бўлган ясси халқа ёки дискдан иборат.
флаттер	flutter (ингл.) – вибрация, учини қурилмасининг маълум тезлигида қисмларининг ўз-ўзидан тебраниши, уни бузилишга ҳам олиб келиши мумкин.
флюс	fluß (нем.) – суюқ оқим – шлак ҳосил қилиш ва таркибини ростлаш
фольга	folga (поляк.) – лист, зар коғоз – турли металл ва металл қотишма юпка листлари ёки ленталари (2...100 мкм)
фойдали иш коэффициентлари	бирор техник қурилманинг унда энергия узатиш жараёнларини амалга оширишнинг ёки энергияни бир турдан бошқа турга айланиш даражасини характерлайдиган ўлчамсиз катталиқ
форсунка	force (ингл.) – дам бермоқ – ёнилғини майда заррачаларга айлантирадиган бир ёки бир неча тешиқли мослама
формальдегид	(acidis) form (лот.) – чумоли кислота альдегиди, рангсиз, сув эриганда формалин ҳосил қилади
фракция	fraction (франц.) – улуш, қисм
фракционирование	fractionation (ингл.) – суюқ ёки газсимон аралашмаларни таркибий компонентларга ажратиш
фрезерлаш	кўп лезвияли асбоб ёрдамида ясси ва айланувчи жисмлар юзаларини кесиб турли шаклдаги деталлар олиш усули
фретинг-коррозия	fret (ингл.) – емириш + коррозия, бир вақтда ҳам ишқаланиш (ишқаланиш даврида коррозия), ҳам фаол муҳит таъсиридан металнинг емирилиши
фторопласт	политетрафторэтиленнинг техник номи, ғовакли, оқ

	рангли, толасимон, нормал шароитда осон прессланадиган кукун
футеровка	futter (нем.) – иссиклик агрегатлари, ўтхона, труба, идишларнинг гишт плита ва бошқалардан иборат ички химоя коплмаси
хлопушка	курилма ёки труба қувуридаги ўзи ёпиладиган газсимон ёки суюклик моддаларни бир йўналишда ўтказадиган тўсик ёки ғов
чизикли поликонденсатланиш	бифункционал бирикмаларнинг поликонденсатланиш жараёни
цапфа	zapfen (нем.) – ўк ёки валнинг подшипникка тиралиб турадиган қисми
царга	машинасозлик корхонаси шароитида тайёрланадиган йиғма колоннали қурилманинг цилиндрик бўлаги ёки элементи
царская водка	1 ҳажм азот кислота ва 3...4 ҳажм концентранган хлорид кислоталардан таркиб топган аралашма
Цельсий градус	[швед астрономи ва физиги А.Цельсий (1701-1744)] – СИ системасидаги температура бирлиги (°C). Халқаро амалий температура шкаласи бўйича сувнинг учлама нукта температураси 0,01°C га, унинг нормал атмосфера босимидаги қайнаш температураси 100°C га тенг
центрифуга	centrum (лот.) – марказ ва fugo – югуриш, центрифугалаш қурилмаси
цеолит	алюмосиликат – кимёвий таркиби бўйича дала шпатига яқин, ялтироқ ва шишасимон минерал гуруҳига киради
цепная реакция структурирования	таркиблаш (структуралаш) занжирли реакцияси
Циглер-Натта катализатори	I-III гуруҳ даврий система металлари органик бирикмаларининг IV-VIII гуруҳ ўткинчи металлариинг тузлари билан ўзаро таъсирдан ҳосил бўлган система
циклон	cyklon (юнон.) – айланадиган – ҳаво (газ) ни муаллақ қаттиқ заррачалардан тозалайдиган қурилма; пастки қисми цилиндрик резервуардан иборат
цилиндр	cylandros, cylandro (юнон.) – юмалатиб, айлантириб – тўғри тўрт бурчакнинг бир томони атрофида айланишидан ҳосил бўлган геометрик жисм
цистерна	cisterna (лот.) – суюклик сақлагич, суюклик ва бошқаларни сақлаш, ташишда ишлатиладиган идиш
шаблон	schablone (нем.), eshantillon (франц.) – андоза
шабровка	schaber (нем.) – кириш, ёйсимон тигли кесувчи асбоб билан юпка қатламни киринди олиб пардозлаш ёки ишлов бериш
шайба	scheibe (нем.) – гайка ёки болт қаллаги остига қўйиладиган текис ҳалқасимон деталь
шарнир	scharnier (нем.), sharniere (франц.) – икки бўлақдан иборат ҳаракатчан бирикма – фақат умумий ўк ёки нукта атрофида айлана оладиган деталларнинг қўзғалувчан бирикмаси
шарошка	ўткир тишли диск шаклида, ўртасида ўкга маҳкамлаш у-н тешиқ мавжуд бўлиб, у айланганда бирор жисмни майдалайди

швеллер	schweller (нем.) – П-симон кўндаланг кесимли металл жисм
шибер	schieber (нем.) – ҳаво ёки газ йўлидаги кувурга ўрнатиладиган тўғри тўрт бурчак ёки шаклдор пластина кўринишидаги тўсик
шкала	skala (лот.)– зинапоя, ўлчаш воситасининг шкаласи – санок қурилмасининг қисми; белгилар мажмуи, баъзиларига катталикнинг катор кетма-кет қийматларига мос санок сонлар ёки бошқа белгилар қўйилган бўлади
шлам	schlamm (нем.) – лой, моддаларни бойитишда ёки филтрлашда ҳосил бўладиган балчиксимон чўкинди
шпилька	иккала учи резьба очилган стерженсимон маҳкамлаш детали
шпонка	szponka (поляк.), spon (нем.) – пона – шпонкали бирикма детали; шкив, тишли ғилдирак ва бошқаларнинг гупчагидаги пазларга ва ўқ танасига қўйилади
штырь	stier (нем.) – кўзғалмас – конуссимон учли силлик цилиндрик стержень; ажратиладиган қисмларини бир-бирига йўналтириш ва марказлаш учун ишлатилади
шток	stock (нем.) – цилиндрик чивик
штуцер	stutzen (нем.) – учларида резьба очилган ёки тешик қилинган бириктириш патрубкеси
эбулноскопия	эритма қайнаш температурасининг тоза эритувчи қайнаш температурасига нисбатан ортишини ўлчашга асосланган қийин учувчан моддалар эритмаларини физик-кимёвий ўрганиш усули
эксергия	ergon – иш, куч+ex (грекч.) – ичидан, агар совуқлик элткич сифатида температураси T_0 бўлган ташки муҳит олинса, ишчи жисм бажараётган максимал иш
экономайзер	economizer (ингл.) – ёкилгини тежаш учун мўлжалланган мослама ёки қурилма. Ёкилгини ёниш маҳсулотлари билан сувни иситиш ва қисман буғлатиш учун хизмат қиладиган мослама
эксплуатация	exploitation (франц.) – ишлатиш, фойдаланиш
эксгаустер	exhauster (ингл.) – тортиб олиш, шахта ва заводлардаги бинолардан ҳавони сўриб олиш вентилатори
экструдер	extrudo (лот.)–итариб чиқараман – полимер материалларни юмшатиш (эритиш, пластикациялаш) ва уларга керакли шаклларни беришга мўлжалланган машина
эксцентрик	ex (лот.)– ташқарида ва centrum – марказ, айланиш ўқи геометрик ўққа нисбатан маълум масофага силжиган цилиндр ёки дискка эксцентриситет дейилади
электр фильтр	электр майдонида чангли газларни каттик фазадан тозалаш қурилмаси
элемент	elementum (лот.) – бошланғич модда, мураккаб бир бутуннинг таркибий қисми
эмаллаш	email (лот.)– металл, керамика ва шиша буюмларни коррозия, тирналиш, юкори температура ва бошқалардан ҳимоя қилиш, шунингдек чирой бериш учун уларга эмал коплашнинг электр кимёвий жараёни
эмульсия	emulsion (франц.), emulgeo (лот.)– соғиш – иккита бир-бирида эрмайдиган суюқликдан иборат дисперс система

энергия	energeia (юнон.) - ҳаракат-ҳаракат ва турли хил материянинг ўзаро таъсирининг умумий миқдорий ўлчами
энтальпия	enthalpo (юнон.) – иситаман – термодинамик системанинг ҳолат функцияси H ; системанинг ички энергияси U б-н система босими p нинг ҳажми V га кўпайтмасининг йиғиндисига тенг: $H=U\pm pV$
энтропия	entropia (юнон.) – бурилиш, ўзгариш – термодинамик системанинг ҳолат функцияси S ; система билан ташқи муҳит орасидаги исиклик алмашилиш жараёнининг бориши йўналишини, шунингдек, ёпик системада ўз-ўзидан содир бўладиган жараёнларнинг бориш йўналишларини характерлайди
эрозия	erodere (юнон.) – емирилиш, механик омиллар таъсирида металл сиртининг бузилиши
эрлифт	air lift (ингл.) – суюкликни кўтариш мосламаси
этан	aither (грекч.) – эфир, ҳаво, нефтли газ ва табиий газ таркибидаги рангсиз, газсимон ёнувчан модда. C_2H_6 – тўйинган углеводородларнинг гомологик каторидаги иккинчи аъзоси
эффект	effectus (лот.) -- қандайдир куч ҳаракати, натижаси
эффективный	effectivus (лот.) – самарали
ювенил	оксид пардаси ва турли ифлосликлар бўлмаган металлнинг янги юзаси
юқори молекулали бирикма	молекуляр массаси 5000 дан бир неча миллионгача бўлган моддалар
ясминник	asperula (лот.) – марен гуруҳига кирувчи бир ёки кўп йиллик ўтсимон ўсимлик
ўткир буғ	бевосита буғ қозонидан олиниб, буғ юриткичи ёки технологик жараёнда қўллаш учун ишлатиладиган буғ
ўта қиздирилган сув	механик аралашма ва эриган газлардан тозаланган сув қайнаш ва ундан ортик температураларда ҳам буғга айланмайди
қайтмас жараёنли цикл	бундай циклларда ёпик тизимнинг энтропияси ортади
қозон	буғ ёки сувни босим остида иситиш учун конструктив жиҳатдан бир бутунга бирлаштирилган мослама мажмуаси
«gas to liquid»	«газни суюкликка»

ТЕХНИК АТАМАЛАР ВА ИБОРАЛАР

А

Абсолют

- ок жисм 384
- температура 32
- шаффоф 384
- кора жисм 384

Абсорбент 23,48-51,53,58

Абсорберлар 124,483,488

- барботажли 488
- Вентури 506
- кўпикли 508,509
- насадкали 488,490
- окимчали 496,497
- пурковчи 488,506
- сиртий 488
- тарелкали 496
- юпка катламли 489
- калпокчали тарелка 498
- ҳалқасимон насадкали 508
- ҳисоби 514

Абсорбтив 483

Абсорбция жараёни 483,484,488

Автоклав 133,136,140,160-166

Адиабата 243

- кўрсаткичи 243

Адипин кислота 117,120

Адсорбтив 24-26,553-557

Адсорбент 553

- табиий, тупроксимон 555
- тўйиниши 558
- тупроқлар 555

Адсорберлар 559

- мавҳум қайнаш катламли 560
- реактор типдаги 560
- трубаи 561
- кўзгалмас катламли 558
- ҳалқасимон катламли 561
- ҳаракатчан катламли 560
- ҳисоби 564-571

Адсорбция 553-571

- жараёни 553-571
- изотермаси 555
- иссиқлиги 553

- динамикаси 26
- кимёвий 553
- кинетикаси 556
- моддий баланс 564
- статикаси 556
- физик 553

Адиабатик жараён 136,246

Адсорбцион

- боғланган намлик 577

Ажратиш жараёни 264-269

- аралашмаларни 349,353
- коэффициенти 270
- моддий баланс 264
- турли жинсли системаларни 264
- фактори 297

Ажраткич 303

Азот 20-77

Азот кислота 146,154,157,163,169

Азеотроп аралашма 65

Аксиал–қуракчали уюрмалантиргич 427

Алдегид 27

Алифатик бирикмалар 79

Алкан 781

Алкен 781

Алкоголиз 87

Айланиш даражаси 659,669,671

- сони 270

- тезлиги 270

- частотаси 270,274

Айланма тезлик 341,342

Алюминий 30,65

Амидлаш 118

Амидирлаш 118

Аминокислота 117

Аммиак 28,32,63,77, 778,779

Аморф 27,93,96-99

Анионли полимерлаш 108-112

Антиоксидант 124

Антрацен 82

Аралаштиргич турлари 334-346

- барабанли 340

- винтсимон 334,336

- дискли 346

- диффузорли 336

- зарбали 340

- икки, уч парракли 335-340
- лентали 338
- парракли 335-340
- пропеллерли 337-345
- ромли 337-345
- турбинали 337-346
- шнекли 338-346
- якорли 337-346
- Аралаштириш 336-360
 - Аррениус коидаси 632
 - барботер ёрдамида 334
 - интенсивлиги 334
 - механик 336
 - пластмассаларни 338
 - пневматик 334
 - самарадорлиги 338
 - сиқилган ҳаво ёрдамида 335
 - сочилувчан материалларни 339
 - статик 335
 - суюкликларни 334
 - циркуляцияли 335
 - энергия сарфи 345
 - эритмаларни 352-360

Аргон 377

Аралашма

- азеотроп 349,354
- бинар 529
- идеал 529
- полидисперс 317-324

Арматура

- ростловчи 732
- фаза ажратувчи 732

Асбест 734,760

Атактик 146,147

Аэрозол 264

Аэромикс 507

Ацетилен 22-63

Ацетон 65,783

Ацетальдегид 783

Б

Бабо коидаси 432

Байпас 223,236

Баланс

- иссиқлик 373
- моддий 417
- эксергетик 718
- энергия 384

Балластли тарелка 498

Барабанли

- вакуум-фильтр 285
- гранулятор-курткич 614

Барботаж 446

- механизми 486
- режимлари 496

Баромембран жараён 351

Барометрик конденсатор 419

- труба 420

Бианион 111

Бинар аралашма 526

Бингам суюклик 197

Био критерийси 468

Биомасса 359

Бензин 72,781

Бензол 23,35,782

Бернулли тенгламаси 202,203

Блазиус тенгламаси 194

Блок 762

- тенглаштирувчи 762
- ушлаб турувчи 762
- этакловчи 762

Блоксополимерлар 83,113,120

Бойитиш коэффициенти 479

Болт 403,412,457,648,764,765

Босим 196

- йўқотилиши 196,211,217
- орткича 253

Боскичма-боскич полимерлаш 113

Бўртик-ботик 424

«Боши - думи» га 171

Брикетлаш 609-611

Бронза 711

Бункер 57,59,63

Бутил спирт 783

Бутлеров А.М. 126

Буғ

- органик суюклик 395,396
- тўйинган 373
- экстра 431
- ўткир 559

Буғ-эжектор қурилмаси 69

Буғ конверсияси 778,782

Буғланиш 373,392

Буғлатиш 431

- иссиқлик баланс 435
- моддий баланс 435
- усуллари 433
- юзаси 444
- қурилмаси 431-442

Буғлаткич 432

- бир корпусли 432,445
- барботажи 446
- инжектор иссиқлик насосли 439
- ички иситувчи камера ва марказий циркуляцион труба 440
- кўп корпусли 437
- мажбурий циркуляцияли 443
- осма эркин циркуляцияли 441
- ротор, юпка катламли 444
- турбокомпрессорли 438
- эритма эркин циркуляцияли 442

Бурама труба 428,429

Бурчак

- табиий қиялик 287
- фазовий 85

Бутан 20,21,79,126

Бутилен 79

Бутан–бутилен 82

Бутадиен 80

В

Вакуум–насос 253

- окимчали 254
- поршенли 253
- сув ҳалқали 254

Вакуум–фильтр 284

Вант 752

Вант–Гофф изобар тенгламаси 89, 627

Ван–дер–Ваальс 553

Вентил

- ўтказувчи 733
- бурчакли 733

Вентилатор 584,590,593,616

Вентури труба 185

- скруббери 303

Винилацетат 83,112

Винилацетилен 63,66,69,70,74

Винилиденхлорид 768

Винилиденфторид 768

Винилхлорид 164,166,167

Винипласт 168

Винтсимон насос 226

Водород 20,22,63, 777, 779,783

Водород сульфид 21,44-62

Водород хлорид 154

Вульф–жараён 62

Г

Газ 776

Газлар

- барботажи 637
- дросселлаш 690
- иситиш 395
- иссиқлик сигими 33
- иссиқлик ўтказувчанлиги 373
- кенгайтириш 690
- сарфи 33,67
- сиқиш ва сийраклаш 253
- совитиш 395
- солиштирма оғирлик 275
- тозалаш 23-59
- тутун 38

Газ доимийси (ўзгармас) 351

- ўтказувчанлик 353

Газголдер 651

Газлифт 209,227,240

Газли ёндиргич 642

Газни суоқликка 776,781

Газойль 782

Газодувка 241

- ротор 250
- сўриш патрубкиси 250
- кобик 250
- ҳайдаш патрубкиси 250

Гексаметилендиамин 83,120

н-гексан 781

Гексен-1 781

Гелий 20,22,32

Гептан 23,35,49

Гесс конуни 633

Генри конуни 38,49

Гигроскопик 40

Гидродинамика 175

Гидродинамик режимлар

- кўпикли 497
- осилиб туриш 494
- окимчали 497
- пуфакчали 496
- учиб чиқиш 495
- эмульгацион 494
- юпка катламли 494

Гидромеханика 263

Гидромеханик жараёнлар

- ҳаракатга келтирувчи куч 273

Гидрозатвор 54,64,67-69

Гидрокрекинг 779,782

Гидролиз 87

Гидрохинон 61

Гидрохлорлаш 164

Гидравлик радиус 175

Гидравлик пресс 611

Гидравлик каршилик
– ишқаланиш 181,610
– коэффициенти 193,610
– маҳаллий 193
Гидрирлаш 36,38, 780, 781
Гистерезис сиртмоғи 96
Гипосульфид 59,60
Гейландт цикли 706
Гетерозанжир 82,118,123
Глицеринни 117
Глобула 100
Глобуляр тузилиш 100
Гранула 609-622
Грануллаш 609-622
– мойиллик 620
Гранулятор 612
– барабанли 614
– барабанли куриткич 616
– мавҳум кайнаш катламли 615
– пурковчи 617
– тарелкали 614
– турбопарракли 617
– фавворасимон катламли 615
– ҳисоби 621
Гомозанжир 82
Гомополимер 83
Гофриланган 413
Гребенюк формуласи 610

Д

Дальтон қонуни 530
Даража
– газларни сикиш 241,242
– газларни тозалаш 290
– реакция 629
Дарси–Вейсбах тенгламаси 201
Дегазатор 142,152,167
Дегидрирлаш 158
н-декан 781
Депрессия 432
– гидравлик 433
– гидростатик 433
– температура 432
Деполимерлаш 121
Десорбция 460
Десорбер 560
Декарбонизатор 62
Деструкция 87-125
Детандер 690-692
Детонация 21
Децен-1 781

Дефлегматор 529-535
Диаграмма
– индикатор 221
– Рамзин 574
– фаза мувозанати 531
– фазавий 531
– T – S 242
Диализ 349,350
Дивинил 63,69
Диаметр 21,26,29
Диацетилен 63,66,69,70,74
Дигликоламин 47
Дизель 782,783
Дизель ёқилғи 777,781
Дилатант 104
Димер 114,116,117
Диметилформаамид 65,69
Диметил эфир 778
Динамик фаоллик 25,26
Дистиллят 479-498, 782
Дистилляция 72-74,77
Дисперс. дисперсион 22,29
– система 30
– фаза 115
Дифференциал дроссель эффекти 691
Диффузион жараёнлар 460
– каршилик 462
– катлам 465
Диффузия 460
– конвектив 464
– коэффициенти 463
– молекуляр 460-471
– тезлиги 464
– турбулент 460,464
Дихлорэтан 127,164
Диэлектрик 131,143-168
Диэтанолламин 47,51
Диэтилалюминийхлорид 137,149
Диэтиленгликол 47
Днишче 526
Домен 101
Донадор–толали
– гидравлик каршилиги 479
– материал 466
Донадор катлам 318-328
– гидравлик каршилиги 319
– мавҳум кайнаши 318
– кўзгалмас катлам 318
– ғоваклилиги 318
Дрейцер Г.А., Дзюбенко Б.В.
– интенсивлаш усули 428

Дроссель эффекти
– дифференциал 691
– изотермик 692
– интеграл 692
Дубинин М.М. назарияси 556
Дитнерский Ю.И. модели 352
Дюринг коидаси 432

Е

Енгил учувчан 533-547
Енгли филътр 290,292

Ё

Ёндиргич 641-644,656,657
Ёниш 642,648,655
Ёниш иссиқлиги 675,681
Ёқилги 641-643,646,648

Ж

Жоуль–Томсон эффекти 691
Жараён ишчи чизиги 485
Жараёнлар
– адиабатик 246
– баромембран 351
– диффузион–мембранали 351,354
– изотермик 246
– иссиқлик алмашиниш 373-399
– кимёвий 625-668
– масса алмашиниш 460-478
– механик 609-618
– политроп 243
– совитиш 688-696
– ҳисоби 621

З

Задвижка
– ҳаракатчан шпиндели 734
– кўзгалмас шпиндели 734
«Зарарли» бўшлиқ 246
Занжир 780
Занжирли полимерлаш 86,106,113
Занжирни узатиш реакцияси 108
Занжир узилиши 106,109,110
Занжир ўсиши 106,107
Заррача
– шакли 268

– ўлчами 267
Зичлик 267,387,466,610,662
– аралашмалар 21
– газлар 20
– нисбий 34
– суюқликлар 39
– каттик жисмлар 169
Змеевик 392,663

И

Идеал суюқлик 484
– аралашма 490
– изобара 241
Изобутилен 109
Изобутилацетат 49
Изобутил спирт 783
Изопропил спирт 783
Иссиқлик эффекти 779
Изопентан 22,34
Изопропил спирт 139,149
Изомерланиш 81
Изотерма 25
– кимёвий реакция 627
Изотактик 85,98
Изотермик дроссель эффекти 692
Ингибитор 108,124
Инициатор 109,113,116
Инжектор 640
Инжекция коэффициенти 642
Индикатор диаграмма 221
Инверсион температура 691
Иницирлаш 111
Иницирланган полимерлаш 108
Интеграл дроссель эффекти 691
Ионизация 305,306
Ионли полимерлаш 108
Ион–радикал 111
Иситкич 403,406,414,415
Иссиқлик
– алмашиниш 373-397
– баланс 374-389
– бериш 386-398
– нурланиши 373-384
– миқдори 373-381
– сизими 378-394
– элткичлар 374-400
– ўтказиш 373-396
– ўтказувчанлик 373-400
Иссиқлик алмашиниш 373
– интензивлиги 389

- конвектив 386-395
- элткичлар орасида 349
- ҳаракатга келтирувчи куч 398-400

Иссиклик алмашиниш трубалари

- бурама 429
- бурама лентали 429
- диафрагма турбулизаторли 429
- диск турбулизаторли 429
- конфузор–диффузор 429
- кўндаланг «накатка»ли 427
- спирал «накатка»ли 427
- шнекли, лентали 429
- шнексимон уюрмалантиргичли 427

Иссиклик алмашиниш қурилмалари 403-419

- бир йўлли 403
- блок–графитли 415
- бурилнш камераси 410
- змеевикли 411
- икки йўлли 406
- линза- компенсаторли 409
- пластинали 413
- спиралсимон 413
- «труба ичида труба» 410
- шнекли 415
- ювилиб турувчи 412
- киррали 414
- кўшалок трубали 409
- кобик трубали 407
- филофли 414
- U–симон трубали 409
- ҳаво б–н совутиладиган 419

Иссиклик алмашиниш қурилма таркиби

- иситувчи труба 403
- сегмент тўсик 407
- таксимлаш камераси 411
- таянч 416
- тешикли панжара 417
- фланец 413
- штуцер 412,416,418
- кистирма 412,413
- кобик 403-418
- копокок 403-413
- ҳаракатчан калпоқчали 409

Иссиклик бериш

- дисперс системаларда 555
- конвектив 388
- коэффициентли 385,387

Иссиклик элткичлар 373

- азот, кислород, ҳаво 374

- аммиак, олтингугурт, углерод диоксиди 374
- газлардан электр разряди ўтказилганда ҳосил бўлган газлар 374
- гелий 374
- калай ва сурманинг кўрғошинли қотишмалари 374
- метан 374
- органик суюқликлар 395
- силиконлар 374
- сув 374
- сув буги 374
- тутун газлари 374
- шамот, алунд ва ҳ. 374
- этан, этилен, фреонлар 374
- этиленгликоль 374

Иссиклик элткич ҳаракати

- аралаш 399
- кесишиб ўтган 399
- параллел 399
- карама-қарши 399

Иссиклик ўтказиш

- интенсивлаш усуллари 424-429
- конвектив 386,387
- коэффициентли 397
- текис, цилиндрик, сферик деворлардан 398

Иссиклик ўтказувчанлик

- газ ва суюқликлар 373
- дифференциал тенгламаси 377
- коэффициентли 376
- мураккаб жисмлар 382
- текис девор 379
- цилиндрик 380
- шарсимон 381
- эффе́ктив 417
- қаттиқ жисмлар 373

Ишқаланиш қаршилиги 187,192

Иссиклик насоси 432,439,446

Й

Йўловчи газ 20,23,80,127,128

К

Қади ва Вильямс формуласи 466

Қалорифер ҳисоби 585

Қапилляр боғланган намлик 577

Қалцинацияланган сода 502

Қанат 760

- Карбонизациялаш 42
 Карбонат ангидрид 778
 Карбон кислота 27,38,45
 Карбонил бирикма 61
 Карбонийли ион 109
 Карбамин кислота 40
 Картон 803
 Капица цикли 715
 Карно цикли 688,-690
 Карбозанжирли 82-84
 Касаткин формуласи 495
 Касрли дистилляция 72,73
 Катионли полимерлаш 108,109
 Катализатор 27,31,109
 Катализатор 30,36,53,778
 Каучук 79,81,97,98
 Керамик панел 642
 Керосин 75,77,782
 Кетон 27,123
 Кимёвий
 – жараён 625
 – иссиқлик баланс 633
 – моддий баланс 633
 – тезлиги 625
 – ҳаракатга келтирувчи куч 629
 – боғланган намлик 577
 – реакция тезлиги 641,659
 – реакция тезлиги константаси 665
 Кимёвий деструкция 123
 Кинетик тенглама 629
 – энергия 33
 Киреев коидаси 432
 Кислород 27,44,54,778,782
 Клапан
 – тескари 236
 – сакловчи 237
 Классификациялаш 613
 Клод цикли 716
 Кобальт 780, 781
 Когезион камера 643
 Компенсатор 739
 – П–симон 727
 – тўлкинсимон 727
 – салникли 728
 Конвекция
 – конденсат 393
 – мажбурий 387
 – эркин 387
 Конвекцион камера 647
 Конверсия 778,782
 Конденсат ажраткич
 – термостатик 735
 – калкиб тургичли 735
 Конденсатор 46,70
 – юзавий 70
 – аралашиш 70
 Компрессорлар 241-261
 – винтли 252
 – пластинали 254
 – ротацион 250
 – сув ҳалқали 250
 – унумдорлик 244-247
 Коррозия тезлиги 44,45
 Кристаллик полимер 97-100
 Критериал тенглама 24
 Критерийлар
 – Архимед 266,321
 – Галилей 191,393
 – гомохронлик 191
 – Грасгофф 390
 – Гухман 469
 – Нуссельт 389
 – Ньютон 102
 – Пекле 389
 – Прандтл 390
 – Рейнольдс 184,457
 – Стантон 390
 – тез юрарлик 225
 – Фруд 191
 – Фурье 389
 – Эйлер 191
 Ксилол 79,82
 Ксенон 656
 Крекинг 62,63,72
 Криоген техника 688
 Криогидрат нукта 698
 Криоскопия 89,90
 Криптон 656
 Кулранг жисм 384
 Куб колдиғи 540-543,551
 Колонна 39,60,72,74
 Компрессор 57-74,241-261
 Кокслаш 79,82
 Кокс гази 82
 Консистенция 104
 Контактли куритиш 572,584,589
 Конвектив куритиш 572,581,584,586
 – кинетикаси 578
 Конформация 90,91,94,95,98
 Конформацион айланиш 91
 Координацион–ионли полимерлаш 108
 Коррозия 44

Кран

- тикинли 733
- пробкали 733
- шарсимон 733

Кулон кучи 308

Куч

- гидродинамик босим 319,320
- инерция 294
- ишқаланиш 267,269
- кўтарувчи 265,266
- марказдан қочма 269-275
- оғирлик 269-271
- электр майдони 263

Кўмир 776

Кўндаланг тўсиклар 406

Кўпиклар 263

Кўпикли қурилма 508-512

Кўп компонентли аралашма 541

Кўпиртилган полиэтилен 169

Кўндаланг тўсиклар

- диски 406
- икки томонлама сегментли 406
- сегментли 406

Л

Ламела 101

Ламинар режим 186-206

Лангар 752,755,763

Латунь 727-730

Линзали компенсатор 727

Легирланган пўлат 45,65

Ленгмюр изотермалари 555

Ле-Шателье принципи 556

Линде цикли 702

Льюис асосли 146

М

Мавхум пластик 104

Мавхум қайнаш 315

- оқимчали 324
- сони 320

Мавхум қайнаш қатлами

- баландлиги 319
- биринчи критик тезлик 319
- гидравлик қаршилиқ 315-329
- иккинчи критик тезлик 320

Мажбурий конвекция 387,394

Макромолекула 105,108-113

Мавхум 104

– пластик 104

– қайнаш 315

Масса 24,460

– микдори 462-474

– ўтказувчанлик 463-469

Масса бериш 461-478

Масса ўтказиш 460

– асосий тенгламаси 462

– кинетикаси 461

– коэффициенти 462

– моддий баланси 462

– ўртача ҳаракатга келтирувчи куч 476

– қаттиқ фаза иштирокисиз 467

– қаттиқ фаза иштирокида 467

Масса сакланиш қонуни 178

Массавий улуш 29,88

Массавий сарф 662

Маҳаллий қаршилиқ 672,686

Масса ўтказувчанлик 463-469

Масса алмашиниш

– критерийлари 468-481

– механизми 467

– моддий баланслари 462

– моделлари 473-475

– қурилмаси 462-480

– ҳаракатга келтирувчи куч 460

Мишяқ–поташли 47

Менделеев–Клапейрон тенгламаси 572

Механик жараёнлар 609

Мембрана 349

Мембранали жараён

– ишчи юза 355-371

– масса ўтказиш коэффициенти 353

– моддий баланс 370

Мембраналарни тозалаш усуллари

– гидродинамик 355

– кимёвий 355

– механик 354

– физик 355

Мембранали қурилмалар

– ичи бўш, бир даста толали 358

– ичи бўш, толали 358

– ичи бўш, U–симон толали 358

– цилиндрлик филтёр элементли 356

– ўрамли филтёр элементли 357

– ҳисоби 370

Метан 20,22,32,126,777, 778,779

Метилпентен 781

Метилэтилкетон 783

Метанол 48-50,53,70,778,779
Метилацетат 49,65
Метилацетилен 66,70,74,77
Метилдиэтанолламин 47
Метилдиметоксиацетат 48
Метилацетоацетат 48
Метилхлорсилан 79
Меркаптан 51,108
Механик деструкция 123
Микроковаклар ҳажми 27
Микрофилтрлаш 349,352
Минора 54,61
Мис 498
Мишяк-содали 58,59
Моделлаштириш 318
Модификацияланган критерийлар
– Рейнольдс 184,457
– Эйлер 191,342
Молекуляр оғирлик 20,41
Молекуляр масса 79,83
Молекуляр диффузия 463-475
Моддий баланс 462-473
Моделлар
– Данквертс 475
– Дитнерский 352
– Диффузион чегаравий катламли 474
– Кишиневский 475
– Льюис ва Уитмен 474
Монодисперс катлам 315
Мономер 83-112
Мононасос 223
– ротор 223
– статор 223
Монодисперс 315
Моноэтанолламин 39-52
Мувозанат 24
Мувозанат константаси 55
Мувозанат диаграммаси 461
Мачта 752
Мўртлик температураси 94,145
Мўътадиллагич 116,124

Н

n-пропилацетат 49
n-гексан 49
n-гептан 49
N-Метилпирролидон 65,66
«Накатка» ли труба 425
Нанофилтрлаш 352
Нам саклаш

– материалнинг 578
– ҳавонинг 573
Намлик
– абсолют 573
– адсорбцион боғланган 577
– гигроскопик 578
– капилляр боғланган 577
– кимёвий боғланган 577
– материал 578
– мувозанат 578
– нисбий 573
– осмотик боғланган 577
– физик-механик боғланган 577
– физик-кимёвий боғланган 577
– ҳавонинг 578

Нам ҳаво

– I-x диаграмма 587

Напор

– геометрик 181
– гидродинамик 181
– гидростатик 181
– динамик 181
– йўқотилиши 185

Насос 209-231

Насадкалар

– Берл эгарн 491
– Блокли 492
– Гудлоэ 491
– Инталлокс 491
– ички 202
– кенгаювчи 202
– конондал 202
– Рашиг 491
– Пал 493
– Спрейпак 491
– ташки 202
– Теллер 493
– тораювчи 202
– тўсикли 491
– тури 202
– фасонли 493
– ватарли 492
– ўлчами 501

Насослар 209

– кетма-кет улаш 217
– винтсимон 209
– марказдан кочма 212
– монтежю 227
– напори 209

- окимчали 226
- параллел улаш 217
- плунжерли 233
- поршенли 218
- ростлаш 223
- тармогдаги иш 216
- триплекс 219
- унумдорлиги 219
- универсал характеристика 216
- шестерняли 224
- эрлифт 227
- ўқидаги қувват 209

Натрий ишкори 154

Нафта 782

Нафтен 36,105

Нафталин 82,782

Нефть 105,124,776,777,782

Никель 377,407,669

Нисбий

- гадир-будурлик 189

Нутч-фильтр 283

Нукта

- инверсия 524
- учиб чиқиш 494
- шудринг 575

Ньютон суюклик 196

Ноорганик полимер 79

Нурланиш энергияси 384

Нурланиш тури

- инфракизил тўлқин 384
- космик 384
- γ-нурланиш 384
- радио тўлқин 384
- рентген 384
- ультрабинафша 384

Ньютон конуни 387

- суюклик 196

О

Оксидловчи парчаланиш 62

Оксигенат 780,781

Оксосинтез 779

Олигомер 783

Олефинлар 63, 777,779,781,782,783

Олтингургурт 27,61,783

Олтингургурт ангидриди 54

Органик полимер 79-82

Осмоз 349

Осмотик босим 335-370

Оралик

– иссиклик элткич 370

– совуклик элткич 688-700

Окова 60-64

Оким

– иссиклик 334-370

– нотургун 373-399

– тургун 373

Окувчанлик температураси 95

Окувчанлик чегараси 146

Оким турбулентлиги 33

Окимчали насос 209-239

Ок мишяк 58-60

П

Парафин 36,75,777,779,780,781,782,783

Парциал босим 483

Парциал оксидланиш 778,782

Паронит 730

Пахта чигити 383

Пельтье эффекти 693

Пентан 21,80

Пермеат 349-371

Пиролиз 23,62,75,641,681

Пирогаз 63,67,77

Пневмометрик труба 184

Плановский А.Н. назарияси 515-516

Пластинали компрессор 249

Пластификация 105

Пластмасса 105,168,641

Пропорционалик конуни 217

Полиалломер 155

Полиамид 83,97,120,123

Поливинилхлорид 80,92,104

Полидисперс катлам 317

Полиизобутилен 82,92,120,155

Поликонденсациялаш 86-120

Полимер 70,79,120

Полимерлаш 86-110

Полимеризатор 156-167

Полиметакрилат 83,116

Полиметилметакрилат 83,114,121

Полипропилен 81,95,783

Полиэтилметакрилат 83

Полистирол 82,95,122

Полиспаг 752,762,764

Политропик жараён 243

Политропа кўрсаткичи 234,247

Полиолефин 83,170,766,767

Политетрафторэтилен 65,95,122

Полиэтилен 22,65,136,171

Полиэтиленгликол 48,52

Полиэтилентерефталат 83,142
 Полиэфир 83,92
 Поршенли насос 218,238
 – зичловчи халка 218,231,237
 – кривошип–шагун механизми 218
 – поршень 29-218
 – сўриш клапани 218-222
 – цилиндр 218-233
 – хайдаш патрубкеси 226,236
 Поташ 47,53
 Потенциал энергия 90,91
 Поғоналар сони 252
 Поғонали полимерлаш 86,107
 Пластификатор 105
 Плунжерли насос
 – плунжер 209,238
 – сўриш клапани 218,222
 Пропан 20,37,80
 Пропан–пропилен 81,146,149
 Пропадиен 63,74,77
 Пропилен 67,82,122,782,783
 Пропиленкарбонат 48
 Пропил спирт 783
 Пропион 783
 Пресс 609
 – икки шнекли 611
 – ротацион 611
 Пульпа 64
 Пуркаб грануллаш 609
 Пуркаш 613
 Пуркагичлар
 – вибрацион 617
 – марказдан кочма 609
 – механик 610
 – пневматик 616
 – сопло 617
 Пўлат 641,647,672

Р

Радиацион деструкция 88,123
 Радиацион куриштиш 572
 Радиант 642,674,684
 Радиацион полимерлаш 108
 Радикалли полимерлаш 108
 Ранк эффекти 31
 Реакторлар 625,632,670
 – аралашиш 629
 – даврий 635
 – сикиб чиқариш 629
 – узлуксиз 635

– ярим узлуксиз 636
 – ҳисоби 640
 Реакция даражаси 618
 Реактор–қозон 660
 Реакция тезлиги
 – константаси 628
 Ребиндер тенгламаси 578
 Регенерация 29,46,55,60,72-77
 Регенератор 45,51,58,60
 Регенератив иссиқлик алмашиниш 417
 Редуцирлаш 67
 Резина 610
 Резервуар 651-655
 – томчисимон 652
 – шарсимон 652
 – клапани 653
 Рейнольдс критерийси 184,457
 Ректизол жараёни 48
 Ректификация 529-540
 – жараёни 529,535-540
 – иссиқлик баланс 536
 – моддий баланс 536
 – флегма сони 536
 Ректификацион колонна
 – колонна 535-543
 – дефлегматор 529,533,535,551
 иситкич 540-552
 – совуткич 540-552
 – узлуксиз ишлайдиган 540
 – ҳисоби 543
 Релаксация 95
 Релаксация вақти 95
 Релаксацион ходиса 95
 Реология 102
 Реопексия 105
 Ретант 349-370
 Ретурбэнд 646,648
 Рецикли 782
 Роторли компрессор 249
 Рутений 780
 Рух карбонати 55
 Рух оксиди 55

С

Самарадор труба 429
 Сарф коэффициенти 50
 Сегмент 92,93,100
 Селективлик 31,47,111

Селектив ўтказувчанлик 352
Сепаратор 298
– марказдан кочма 299
– тарелкали 304
Сесквигалоид 137
Силикагел 26,29
Силжувчанлик 96
Симплекс 191
Синергизм 124
Синдиотактик 85
Синиш коэффициенти 48,66
Синтез 777,782
Синтез–газ 69,75,77, 778,779
Сиртий конденсация 403
Сиртий таранглик 115
Сиқиш жараёни 241-253
– иши 242
– истеъмол қуввати 242
– температураси 242
Скрубберлар 290
– Вентури 303
– ичи бўш 302
– насадкали 303
– кўпикли 304
Совитиш 688
– коэффициенти 689-695
– муз билан 694
– сув билан 693
– ҳаво билан 693
Совитиш машиналари
– абсорбцион 700
– инжекторли 701
– сув-аммиакли 703
Совитиш усуллари
– газларни кенгайтириб 691
– суюқликларни буғлатиб 690
Совуткич 697
Совуқлик иш унумдорлиги 692-699
Совуқлик элткичлар 697
– аммиак 698
– олтингургурт ангидрид 698
– оралик 698
– углерод диоксиди 698
– фреонлар 698
– хлорли метил 698
Совуқ тортиш 98
Сокатализатор 108
Солиштирма оғирлик 275
– иссиқлик сиғим 42,66
Сомономер 112

Сополимер 83
Сополимерлаш 112
Сополимерлаш константаси 112
Сорбция 576
– изотермалари 577
Сорбент 25
Статистик полимер 83
Статистик ўрам 90
Стереоблокли 148
Стереотартиблилиги 147
Стереоспецификлик 148
Стефан-Больцман конуни 384
Стирол 112,113
Стретфорд усули 61
Сув буғи
– бирламчи 431
– иккиламчи 431
– иситувчи 436
Сувсизлантириш 609
Супердомен 101
Суспензия 114,116,127,138,141,146-161
Суюқ ёқилғи 779
Суюқлик
– зичлиги 193
– идеал 178
– иссиқлик сиғими 243
– иссиқлик ўтказувчанлиги 327
– насадкадан оқиб чиқиши 204
– пуркагич 641
– сарфи 175
– сиртий таранглиги 330
– сиқиш 175
– совитиш ва иситиш 224
– тезлиги 175
– томчили 201
– узлуксизлиги 177
– узатиш 192
– кайнаши 212
– ковуқшоклиги 182
– ҳақиқий 180
Сулфат кислота 54,59,60
Сулфинол жараёни 50
Сулфолен 50
Сулфолан 50
Суспензияда полимерлаш 116
Сўриш баландлиги 209
Т
Табиий газ 20-73, 776,777
Тайлокс жараёни 59
Танкер 777

Тангал 798

Тарелка

- балластли 498
- капсулалы калпокча 498
- клапанли 498
- окимчали 499
- панжарали 501
- сони 515
- туннелли 500
- тешикли 501
- тўлкинсимон 504
- элаксимон 497
- қайта таксимлаш 491
- калпокчали 497
- элаксимон-калпокчали 504
- ҳақиқий сони 515
- S–симон элементли 500

Тармоқланган полимер 84

Тартибли 84

Тартибсиз 84

Тарқалиш коэффициентлари 461

Таянч 727

Такелаж 752

Тебранма элак 135

Теллер розеткаси 493

Тезкор гранулятор 617

Тезлик 25,91,146,175,267,390,462,616,658

Текстолит 803

Темир 780

Темир сульфиди 46

Темир оксиди 54

Температура

- аниқловчи 391
- градиенти 376
- депрессияси 432
- майдони 375
- напори 428
- фарқи 423
- ўтказувчанлик 378
- ўртача 392
- қайнаш 431
- қурук термометр 576
- ҳўл термометр 576

Температура ўтказувчанлик 378

Температуравий коэффициент 632

Тенглама

- Бернулли 202,203
- Блазиус 194
- Боуман 401
- критериял 342

– масса бериш 465

– масса ўтказиш 467

– Тищенко 432

– гидродинамика дифференциал 180

– Дарси-Вейсбах 201,216

– Дубинин 556

– иссиқлик ўтказиш 396

– иссиқлик ўтказувчанлик 377

– Касаткин А.Г. 495

– конвектив иссиқлик алмашилиш
386-394

– Ленгмюр 555

– масса ўтказиш 462

– Менделеев-Клапейрон 573

– Навье-Стокс 182

– окимнинг узлуксизлиги 178

– Планк 385

– Плановский 515

– Плановский ва Рудобашта 581

– Ребиндер 577

– Саламаха 516

– сарфнинг ўзгармаслиги 184

– Тодес 220

– фильтрлаш 281

– Фурье 378

– Фурье-Кирхгоф 388

– Эйлер 178

Теорема

– Кирпичев ва Гухман 582

Терефталли кислота 83

Термик деструкция 121

Термик қаршилиқ 389

Термомембран жараён 349

Термомеханик 93

Термодесорбер 67

Тесқари осмос 349

Тетрамер 87

Тетрафторэтилен 122

Технология 37-74

Технологик труба 725

Тиксотропия 104

Тиндирғич

– кўп қаватли 272

– эмульсия ажратғич 273

– эшқак аралаштирғичли 272

Тиосульфат 44

Тирсақ 727

Титан 404

Титан хлорид 139

Тищенко формуласи 432

- Тозалаш даражаси
 – газларни 264
 – суюкликларни 264
 – турли жинсли системаларни 263
- Толуол 49
- Томчи ушлагич 440
- Торайгич 745
 – конуссимон 746
- Тошқўмир 27,79
- Тошқўмир кора мойи 82
- Триплекс-насос 219
- Тример 142
- Триэтанолламин 44
- Трос 755
- Туман 264
- Турбина 39
- Турбогазодувка 54,261
- Турбодетандер 706
- Турбокомпрессор 261,693
- Турбокориштиргич 340
 – дефлектор 340
 – ротор 340
 – сегмент 340
 – филтр 340
 – электр юриткич 340
 – копкок 340
- Турбулент ҳаракат 33,186
 – диффузия 463
- Турбулизатор 501
- Турли жинсли система 508
- Турғун ва нотурғун оқимлар 373
- Тутун 263
- Триэтилалюминий 126
- Труба ва газ қувурлари
 – бурама 427
 – диаметрини ҳисоблаш 201
 – силлик 248
 – спиралсимон турбулаторли 213
 – узунлиги 202
 – ғадир-будур 189
 – ҳисоби 198
- «Труба ичида труба» 392
- Трубалар бўшлиғи 400
- Трубалараро бўшлик 400
- Трубаларни жойлаштириш усуллари
 – квадрат томон ва чўкқиларида 405
 – концентрик айланалар бўйлаб 405
 – тўғри олтибурчак қирра ва чўкқиларида 405
- Трубали ва пластиналар электр филтр
 – электрод 305
 – силкитувчи мослама 300
 – тешикли панжара 308
 – «тож» ҳосил қилувчи электрод 308
 – трубали электрод-анод 308
 – чанг йиғгич 307
- Трубаларни тешикли панжарага зичлаш
 – елимлаш 404
 – кавшарлаш 404
 – развальцовка 404
 – пайвандлаш 404
 – «портлатиб» зичлаш 404
 – сальник билан зичлаш 404
- Трубали реактор 638
- Трубали экран 642
- Трубали ўтхона 642
- Тўйинган углеводород 127
- Тўлик конверсияли 158
- Тўликмас конверсияли 158
- «Тўкма» зичлик 144
- Тўрсимон полимер 784
- Тўртхлорли титан 137
- у
- Уайт-спирт 149
- Углеводород 31-74,778-782
- Углерод 778,783
- Углерод диоксиди 21
- Углерод монооксиди 63
- Углерод оксиди 777
- Углерод сони 780
- Углеродли пўлат 49-66
- Узлуксизлик тенгламаси 177-205
- Уксус 783
- Уксус кислота 778
- Ультра паст температура техникаси 688
- Ультрафилтрлаш 349
- Унумдорлик 201
- Молекула уст 79
- Утилизация 39
- Уч босқичли насос 221
- Уюрмавий
 – эффект 627
 – труба 636
- Ф
- Фавворасимон қатламли
 – гранулятор 612
- Фаза

- дисперс 115
- дисперсион 115
- икки фазали оким 228
- коидаси 461
- Фазавий мувозанат 461
- Фазовий тўр 87
- Фазалар коидаси 461
- Фаол марказ 106
- Фаолланган кўмирлар 23-74
- Фланешли бирикма 727
- Флегма 533
- Флегма сони 536
- Фибра 803
- Фибрилла 101
- Физик-кимёвий боғланган намлик 577
- Фикентчер константаси 168
- Фикнинг 1, 2-конунлари 463
- Фильтр тўсик 279
 - газлама 279-283
 - энгли 290
 - картон 279-284
 - кварц кум 302
 - керамика, ғовакли 301
 - кокс 82,302
 - металлокерамика 301
 - пластмасса, ғовакли 301
 - пресс 284
 - сочилувчан материал 279
 - тўр парда 279
 - шағал 279
 - шлак 302
 - кум 279
 - ғовакли полимер 279
- Фильтрат 279
- Фильтрлар 279
 - барабанли 285
 - вакуумли 285
 - дискли 285
 - энгли 290
 - лентали 286
 - нутч-фильтр 283
 - патронли 301
 - узлуксиз 285
 - фильтр-пресс 284
 - центрифуга 277
 - кумли 283
 - ҳисоби 296
- Фильтрлаш 279
 - вақти 280
 - интенсивлаш 279

- кинетик тенглама 280
- константаси 282
- Фильтрлаш турлари
 - ковакни тўлдириш 280
 - оралик 280
 - чўкма ҳосил қилиб 280
- Фишер-Тропш синтези 779-783
- Флюор–жараён 48
- Флори гипотезаси 780
- Фойдали иш коэффициенти 210-239
 - адиабатик 136-242
 - гидравлик 241-261
 - изотермик 242
 - механик 244
 - насос 241
 - узатиш 241
 - эксергетик 718
- Фойдали қувват 210
- Форабсорбер 64
- Формальдегид 782
- Форполимеризатор 151
- Фотокимёвий деструкция 123
- Фотокимёвий полимерлаш 107
- Фракцияли ҳайдаш 533
- Фрейдлих изотермалари 555
- Фреонлар 698
- Фтал кислота 117
- Фторли водород 769
- Фторопласт 730
- Фторопласт трубади иссиқлик алмашиниш қурилмаси 452
- Фторфосген 769
- Фугат 264
- Фурье конуни 376

X

- Хемосорбция 460
- Хинон 61
- Хлорли метил 698
 - водород 688
- Хлороформ 49
- Хлорсулфирланган полиэтилен 169
- Хомашё 53
- Хром оксиди 126

Ц

- Цапфа 758
- Центрифуга 263-277
 - горизонтал 269

- фильтрловчи 269
- чўктирувчи 269
- ўта самарали 264
- Центрифугалаш 263
 - унумдорлиги 270
- Цеолитлар 26-57
- Цианли водород 28
- Циглер–Натг катализатори 137,149
- Циклар
 - Гейландт 706
 - идеал машина 694
 - Капица 715
 - Карно 688
 - каскадли 698
 - Клод 705
 - Линде 702
 - ҳақиқий машина 694
- Циклаш 118
- Циклонлар 134-290
 - батареяли 290
 - НИИОГаз 291
- Циркуляцион труба 440

Ч

- Чизикли полимер 84-94
- Чанг 264
- Чарм 734
- Чакнчсимон 64
- Чегаравий қатлам 186-206
 - назарияси 432
- Чўкиш
 - сикик 265
 - тезлиги 266
 - эркин 265
- Чўкма 264-277
- Чўктириш 263
 - қаттиқ заррачаларни 264
 - турли жинсли системаларни 264
- Чўктиргич
 - иш унумдорлиги 270
 - кўп каватли 272
 - узлукли 271
 - узлуксиз ишлайдиган 267
 - ярим узлуксиз ишлайдиган 271
- Чўктириш камераси 270
- Чумоли кислота 44
- Чукур совитиш техникаси 688
- Чўян 647

Ш

- Шакл коэффициенти 266-269
- Шакллантриш 154
- Шарсимон девор 381
- Шартли босим 725
- Шартли диаметр 725
- Шаффоф жисм 384
- Шервуд-Ликов усули 583
- Шестерняли насос 224-239
- Шилов И.А. модели 536
- Шип–паз 729
- Шиша пластиклар 727
- Шишасимон полимер 93
- Шпилка 500
- Шудринг нуктаси 575
- Шукарев формуласи 463

Э

- Эбулиоскопия 89
- Эйлер дифференциал тенгламаси 178
- Эквивалент диаметр 175,269
- Экзотермик реакция 778
- Экран 642
- Экстра–буғ 431
- Экструзия 609
- Экструдат 610
- Экструдер 612
- Экструдер–гранулятор 139
- Элаклар 166
- Электр майдон потенциали 307
- Электр филтрлар
 - пластиналар 308
 - трубалар 308
 - электр юриткич қуввати 285
 - чигирик 762
 - ҳисоби 289,296,303,315
- Электрод 62
- Электродиализ 349
- Электролит 352-354
- Электрод
 - пластиналар 308
 - трубалар 307
 - «тожли» 306
- Электрокрекинг 62
- Эмулгатор 161
- Эмульсия 114
- Эмульсияда полимерлаш 115
- Энергетик баланс 181
- Энергия 33-60
- Энтальпия 375-378
- Энтропия 688

Эритма
– иссиқлик сизими 433
– концентранган 445
Эритмада полимерлаш 114
Эриш температураси 97
Эркин радикал 107
Эрозион–коррозион емирилиш 45
Эрлифт 140
Эрувчанлик коэффициенти 23,64,66
Эскириш 120
Этан 80-91,127,147
Этанол 783
Этаноламин 39-58
Этерификациялаш 118
Этил спирт 80
Этилацетат 49
Этилбензол 49
Этилен 21,77,116,777,782,783
Этиленгликол 83
Эфир 83
Эжектор 68
Эффект
– магнит калорик 693
– манфий 693
– мусбат 691
– Пельтье 693
– термозлектрик 693
– уюрмавий 693
Эффузия 597

Ю

Ювгич 67.72
Ювиш минораси 61
Юза
– иссиқлик алмашиниш 315-354
– самарадор труба 503
– солиштирма 452
– филтрлаш 279
Юмалатиб грануллаш 613
«Юнипол» жараёни 126
Юпка катлам калиниги 393
Юкори босимли полиэтилен 131-170
Юкори легирланган пўлат 730
Юкори молекула бирикма 27-87
Юкори частотали куриткич 599

Я

Ясси 657,643

Ў

Ўлчов

– бирликлар 171
– диафрагмаси 185
– соплоси 185

Ўртача

– диаметр 225,251,387
– концентрация 22,432,483
– парциал босим 483
– тезлик 30,175,324,442
– температура 349,370,442

Ўсувчи радикал 107

Ўта юкори молекулали полиэтилен 169
– киздирилган сув 133

Ўтиш режими 186

Ўтказиш бирлигининг сони 477

Ўтказиш бирлигининг баландлиги 478

Ўтказувчанлик

– иссиқлик 335-336
– масса 418-428
– селектив 349
– температура 351

Ўтхона 593-616

Ўкдаги кувват 210

Ўкли насос, компрессор 209-261

Қ

Қадоклагич 70,140,156

Қайнаш 75,89,105,157

Қайнатгич 52

Қаршилик

– гидравлик 195
– ишқаланиш 195,570
– маҳаллий 196

Қатлам

– мавҳум қайнаш 313-323
– кўзғалмас 302
– ғовак 300
– ҳаракатчан 304

Қатрон 27.71,75

Қаттик жисм

– йирик ковакли 466
– ультра-микроковакли 466
– ўртача 466

Қаҳрабо кислота 119

Қийин учувчан 529

Қистирма 653-730

– гофриланган 730
– думалок 730

- квадрат 730
- комбинациялашган 730
- фасонли 730
- ясси 730
- картон 730
- резина 731
- асбест 730
- полиэтилен 730
- алюминий 730
- мис 730
- латун 730
- кўрғошин 730

Киррали иссиқлик алмашилиш юзалари

- бўйлама киррали 414
- гофриланган киррали 414
- кўндаланг киррали 414
- спиралсимон киррали 448
- трапецидал шаклли кирра 414
- тўғри тўртбурчак шаклли 414
- учбурчак шаклли 414

Киррали труба 411

Қобик-трубали иситкич 399

Қовушоклик

- аномал 103
- динамик 102
- кинематик 181
- ноньютон суюқликлар 196
- Ньютон суюқликлар 102-196
- силжиш 92
- суюқлик 197
- эффеқтив 103
- хақиқий 90-103

Қоида

- Бабо 432
- Вревский 532
- Дюринг 432
- Киреев 432
- ричаг 653
- фазалар 464

Қуйи молекула бирикма 106

Қонунлар

- Архимед 207
- Вревский 532
- Генри 38,49
- Кирхгоф 385
- Коновалов 531
- Ламберт 386
- Ньютон 102,104
- Ньютон-Петров 265
- пропорционаллик 217

- Рауль 529
- сакланиш (энергия) 181
- Стефан-Больцман 384
- Фик 463-464
- Фурье 376,377

Қорақуя 23,63,67,778

Қорақуя чўқтиргич 64

Қувват 210

Қувватнинг захира коэффециенти 210

Қурилма

- диаметри 251,252,265
- гидравлик 54
- иссиқлик алмашилиш 354-370
- кимёвий 625-673
- масса алмашилиш 462-479
- механик 606-619
- совитиш 688-700

Қуритиш 572-607

- давомийлиги 580
- диэлектрик 572
- жараёни 572
- жараён ишчи чизиғи 586
- иссиқлик баланси 584
- кинетикаси 578
- конвектив 572-584
- контактли 572-584
- моддий баланс 583
- потенциали 576
- радиацион 572
- статикаси 576
- сублимацияли 589-597
- тезлиги 579

Қуритиш соҳаси 578

Қуритиш тезлигининг эгри чизиғи 579

Қуритиш эгри чизиғи 577

Қуриткич насадқалари тури

- ағдарувчи, ёпик ячейқали 593
- ағдарувчи, секторли 593
- кўтарувчи-паррақли 593
- паррақли 593
- таксимловчи 593

Қуриткичлар 572

- барабанли 590
- жували 596
- камерали 590
- лентали 590
- мавҳум қайнаш қатламли 594
- пурқовчи 597
- сиртмоқли 591
- сублимацияли 597

- тебранма, мавҳум кайнаш 592
- терморрадиацион 599
- туннелли 590
- шахтали 591
- юқори частотали 599
- ҳисоби 599

Куригувчи элткичлар

- тутун газлари 572-592
- ўта кизиган буғ 574
- ҳаво 572

Куяклашган эритма 435-436

Кўргошин 727

Кўшалок-трубали 409

F

Ғадир-будур 121,189,195

Ғилофли иситкич 414

Ғоваклилик 27

- жисм 27
- катлам 350-441

Ғоваксимон жисм тузилиши 421

X

Ғаво 20,32,66

- ажратиш 25,115,133,151,238
- сарфи 25,60,67

Ғаволи конденсатор 414

Ғаво ортикчалиги 20

Ғажмий

- сарф 175,203,244,479,546,604,671
- кенгайиш 387

Ғайдаш 416

- дефлегмация билан 533
- жараёни 531
- моддий баланс 533-536
- молекуляр 543
- оддий 532
- сув буғи билан 533
- фракцияли 533

Ғаракат

- ламинар 387
- турбулент 387
- ўтиш 391

Ғаракат йўналишлари

- аралаш 315,399
- кесишиб ўтган 399
- параллел 399
- карама-карши 323,399

Ғаракатга келтирувчи куч 51

- гидромеханик жараёнлар 263-336
- иссиқлик алмашилиш жараёнлар 373
- кимёвий жараёнлар 501,612
- масса алмашилиш жараёнлар 460

Ғакикий суюқлик 180

Ғакикий флегма сони 538

Ғимояловчи таъсир вақти 556

Ғисоб

- гидравлик 370
- иссиқлик 452
- механик 621
- реактор 658

Ғўл газголдер 653

Ғўл термометр температураси 467

G

GTL 777,778,779,782

ФЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Закиров С.Г. Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалар. – Т.: Шарқ, 2003, 644 б.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973, 752 с.
3. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987, 496 с.
4. Технология пластических масс. / под ред. В.В. Коршака. – М.: Химия, 1985, 560 с.
5. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С., Закиров С.Г. ва бошқалар. Кимё ва озик-овқат саноатларининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. – Т.: Жаҳон, 2000, 231 б.
6. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Ҳ.С. Кимё ва озик-овқат саноатларининг жараён ва қурилмалари фанидан ҳисоблар ва мисоллар. – Тошкент: Nisim, 1999, 351 с.
7. Айнштейн В.Г., Гордонов Б.С. Псевдооживление / под ред. А.П. Баскакова. – М.: Химия, 1991, 400 с.
8. Уайт Дж.Л., Чой Д.Д. Полиэтилен, полипропилен и другие полиолефины // пер. под ред. проф. Цобкалло Е.С. – С-Пб.: Профессия, 2006, 256 с.
9. Polypropylene. An A to Z reference / ed. J. Karger-Kocsis. Kluwer, 1999, 987 с.
10. Белокурова А.П., Агеева Т.А. Химия и технология получения полиолефинов // под ред. О.И. Койфмана. Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – 2011, 126 с.
11. Багдасарьян Х.С. Теория радикальной полимеризации. – М.: Наука, 1996, 299 с.
12. Соколов Р.С. Химическая технология. Т.1-2. – М.: Владос, 2000, 814 с.
13. Нурмухамедов Ҳ.С. Научные основы создания процессов и аппаратов для сушки и гранулирования зернисто-волоконистых материалов. – Дисс.... докт. тех. наук, – Ташкент: ТашХТИ, 1993, 440 с.
14. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. – М.: Недра, 2000, 677 с.
15. Бродянский В. М., Фраттер В.Ф., Михалек К. Эксергетический метод и его приложения. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.
16. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. Т. 1-2. – М.: Химия, 1995, 768 с.
17. Handbook of Polypropylene Composites / ed. H.G. Kanan – New York: Marcel Dekker Inc., 2003, 740 с.
18. Абросимов А.А. Экологические аспекты производства и применения нефтепродуктов. – М.: Барс, 1999, 732 с.
19. Машины и аппараты химических производств: Учеб. пособие для вузов / Доманский И.В., Исаков В.П., Островский Г.М. и др.; Под общ. ред. В.Н. Соколова - 2-е изд., перераб. и доп. – С.-Пб.: Политехника, 1992, 327с.
20. Николаев В.В., Бусыгина Н.В., Бусыгин И.Г. Основные процессы физической и физико-химической переработки газа. – М.: ОАО «Недра», 1998, 184 с.
21. Мишин В.М. Переработка природного газа и конденсата. – М.: Академия, 1999, 448 с.
22. Владимиров А.И., Щелкунов В.А., Круглов С.А. Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки (краткий справочник). – М.: Нефть и газ, 1996, 155 с.
23. Поникаров И.И., Перельгин О.А., Доронин В.Н., Гайнуллин М.Г. Машины и аппараты химических производств: – М.: Машиностроение, 1989, 368 с.
24. Идельчик И.Е. Аэрогидродинамика технологических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1983, 351 с.

25. Варгафтик Н.Б. Теплофизические свойства веществ. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1956, 368 с.
26. Гухман А.А. Введение в теории подобия. – М.: Высшая школа, 1973, 295 с.
27. Амрож И. и др. Полипропилен. Перевод со словацкого В.А.Егорова под ред. В.И.Пилиповского и И.К.Ярцева. – Л.:Химия, 1967, 316 с.
28. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – Л.: Машиностроение, 1970, 752 с.
29. Соколов В.Н., Доманский И.В. Газожидкостные реакторы. – Л.: Машиностроение, 1976, 214 с.
30. Бувевич Ю.А., Минаев Г.А. Струйное псевдооживление. – М.:Химия, 1984,136 с.
31. Баскаков А.П., Фролов В.Ф., Сажин Б.С. и др. Расчеты аппаратов кипящего слоя. Справочник. – М.: Химия, 1986, 352 с.
32. Крыжановский В.К., Бурлов В.В. Прикладная физика полимерных материалов. – СПб.: изд-во СПб ГТИ (ТУ), 2001, 262 с.
33. Дудник А.Н. Газофикация энергетических углей в кипящем слое и потоке с циркулирующей твердой фазой / Дисс... канд.техн.наук, Киев, 1995, 218 с.
34. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1978, 736 с.
35. Жужиков В.А. Фильтрование. – М.: Химия, 1984, 336 с.
36. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Под редакцией Айнштейна А.Г. Т.1-2. – М.: Логос, 2000, 1784 с.
37. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. – М.: Энергоатомиздат, 1984, 416 с.
38. Роев Г.А. Очистные сооружения. Охрана окружающей среды: Учеб. для вузов. – М.: Недра, 1993, 281 с.
39. Фильтры для жидкостей. Каталог НПО «НИИхиммаш». Фильтры периодического действия. Ч.2, кн. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1992, 44 с.
40. Электрогидраторы. Трехфазные сепараторы. Электроразделители. Каталог ВНИИнефтемаш. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1992, 7 с.
41. Лейтес И.Л., Сосна М.Х., Семенов В.П. Теория и практика химической энерготехнологии. – М.: Химия, 1988, 280 с.
42. Страус В. Промышленная очистка газов: Пер. с англ. – М.:Химия, 1981, 616 с.
43. Центробежные горизонтальные и вертикальные химические насосы с проточной частью из металла: Каталог. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1981, 92 с.
44. Оудиан Дж. Основы химии полимеров. – М.: Мир, 1974, 612 с.
45. Маликов З.М., Нуритдинов А.А., Ризаев А.А. Методика расчета эффективности центробежных пылеуловителей // Доклады АН РУз, 2012, №2, 32-34.
46. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. – М.: Атомиздат, 1979, 416 с.
47. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Ярхо С.А. Интенсификация теплообмена в каналах. – М.: Машиностроение, 1981, 205 с.
48. Дзюбенко Б.В., Дрейцер Г.А., Ашмантас Л.-В.А. Нестационарный теплообмен в пучках витых труб. – М.: Машиностроение, 1988, 240 с.
49. Щукин В.К., Халатов А.А. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах. – М.: Машиностроение, 1982, 200 с.
50. Юдаев Б.Н. Теплопередача. – М.: Высшая школа, 1981, 319 с.
51. Кошкин В.К., Калинин Э.К. Теплообменные аппараты и теплоносители. – М.: Машиностроение, 1971, 200 с.
52. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика.– М.: Высшая школа, 2000, 261 с.
53. Бажан П.И., Каневец Г.Е., Селиверстов В.М. Справочник по теплообменным аппаратам. – М.: Машиностроение, 1989, 366 с.
54. Таубман Е.И. Выпаривание. – М.: Химия, 1982, 328 с.

55. Эксергетические расчеты технических систем: Справочное пособие // Бродянский В.М., Верхивкер Г.П. и другие: - Киев: Наукова Думка, 1991, 360 с.
56. Четкин А.В. Высокотемпературные теплоносители. –М.:Энергия, 1971, 496 с.
57. Зокиров С.Г., Каримов К.Ф. Интенсификация теплообмена в каналах при течении вязких жидкостей // ЎзР ФА маърузалари, 1997, №7, 32-35 с.
58. Зокиров С.Г., Каримов К.Ф., Саттаров Т. Применение двухмерной шероховатости для увеличения теплоотдачи вязкой жидкости // Труды II Российской Национальной конференции по теплообмену. Интенсификация теплообмена. т.8. – М.: МЭИ, 1998, 114-117 с.
59. Dreytser G.A., Gomon V.L., Krayev V.M., Zakirov S.G. Studies of fouling channels with turbulence promoters // Proceeding of the 3rd European Thermal Sciences Conference, Heidelberg, Germany, 10-13 September, 2000.
60. Каримов К.Ф., Умаров У.Э. Выбор оптимального тепло-обменного аппарата по энергетическому к.п.д. // Техникавий, иктисодий ва фундаментал фанлар соҳасининг муҳим масалалари. – Ташкент, 2000, №3, 91-93 с.
61. Сосуды и трубопроводы высокого давления. Справочник. / Е.Р.Хисматуллин, Е.М.Королев, В.И.Лифшиц. – М.:Машиностроение, 1990, 384 с.
62. Владимиров А.И. и др. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов. – М.: Изд. ГАНГ им. И.М. Губкина, 1997, 58 с.
63. Головачев В.Л., Марголин Г.А., Пугач В.В. Справочник-каталог. Промышленная кожухотрубчатая теплообменная аппаратура. – М.: Изд. ИНТЭК ЛТД, 1992, 265 с.
64. Кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего и специального назначения. Каталог ВНИИнефтемаш. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1991, 106 с.
65. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: Справочник / А.Н. Бессонный, Г.А. Дрейцер, В.Б. Кнтыщ и др.; Под общ. ред. В.Б. Кнтыща. – СПб.: Недра, 1996, 512 с.
66. Пластинчатые теплообменные аппараты. Каталог УкрНИИхиммаш. – М.: ЦИНТИ химнефтемаш, 1990, 51 с.
67. Стальные спиральные теплообменники. Каталог УкрНИИхиммаш. – М.: ЦИНТИ химнефтемаш, 1976, 22 с.
68. Теплообменные аппараты «труба в трубе». Каталог ВНИИнефтемаш. – М.: ЦИНТИ химнефтемаш, 1992, 23 с.
69. Трубчатые печи. Каталог АООТ «ВНИИнефтемаш». – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1998, 27 с.
70. Тимонин, А. С. Основы конструирования и расчеты химико-технологического и природоохранного оборудования [Текст] : справочник / А. С. Тимонин. т.1. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2002, 852 с.
71. Обливин А.Н., Прокофьев Н.С., Воскресенский А.К. и др. Процессы и аппараты производства плит и пластиков. – М.: Экология, 1991, 456 с.
72. Выпарные аппараты вертикальные, трубчатые общего назначения: Каталог УкрНИИхиммаша. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1979, 38 с.
73. Плановский А.Н., Муштаев В.И., Ульянов В.М. Сушка дисперсных материалов в химической промышленности – М.: Химия, 1979, 287 с.
74. Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии. – М.: Химия, 1999, 470 с.
75. Хэм Д. Сополимеризация. – М.: Химия, 1971, 616 с.
76. Аксельруд Г.А., Молчанов А.Д. Растворение твердых веществ.– М.: Химия, 1977, 272 с.
77. Справочник химика [Текст] / под ред. Б. П. Никольского, О. Н. Григорова, М. Е. Позина [и др.]. – Т. V. – 2-е изд. – М. : Химия, 1968, 996 с.
78. Гельперин Н.И., Носов Д.А. Основы техники фракционной кристаллизации. – М.: Химия, 1986, 304 с.

79. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет.– М.: Химия, 1986, 272 с.
80. Кафаров В.В. Основы массопередачи. – М.: Высшая школа, 1979, 439 с.
81. Петлюк Ф.Б., Серафимов Л.А. Многокомпонентная ректификация. – М.: Химия, 1983, 304 с.
82. Шервуд Т., Пигфорд Р.Л., Уилки Ч. Массопередача.– М.: Химия 1982, 696 с.
83. Колонные аппараты. Каталог ВНИИнефтемаш –М.:ЦИНТИхимнефтемаш, 1992. - 26 с.
84. Сажин Б.С., Сажин В.Б. Научные основы техники сушки. – М.: Наука, 1997, 448 с
85. Сушильные аппараты и установки. Каталог НИИхиммаш. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1992, 80 с.
86. Александров И.А. Массопередача при ректификации и абсорбции многокомпонентных смесей. – Л.: Химия, 1975, 320 с.
87. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной технологии. – М.: Химия, 1984, 591 с.
88. Рамм В.М. Абсорбция газов. – М.: Химия, 1976, 656 с.
89. Вальдберг, А. Ю. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Защита атмосферы / А. Ю. Вальдберг, Н. Е. Николайкина. – М. : Дрофа, 2008, 239 с.
90. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. Учеб. для студ. химико-технол. спец. вузов : в 2-х частях / Ю. И. Дытнерский. – М. : Химия, 2002, кн. 1. – 368 с.; кн. 2. – 400 с.
91. Процессы и аппараты химической технологии Учеб. для студ. вузов / А. А. Захарова [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006, 528 с.
92. Тимонин, А. С. Основы конструирования и расчеты химико-технологического и природоохранного оборудования Справочник / А. С. Тимонин. Т. 3. – Калуга: Изд. Н. Бочкаревой, 2002, 968 с.
93. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения. – М.:Высшая школа, 1981, 657 с.
94. Тимофеев В.С., Серафимов Л.А. Принципы технологии основного и нефтехимического синтеза. – М.: Химия, 1992, 431 с.
95. Муштаев В.И., Тимонин А.С., Лебедев В.Я. Конструирование и расчет аппаратов со взвешенным слоем. – М.: Химия, 1992, 344 с.
96. Романков П.Г., Фролов В.Ф. Массообменные процессы химической технологии (системы с дисперсной твердой фазой). – Л.: Химия, 1990, 384 с.
97. Рудобашта С.П., Капрташов Э.М. Диффузии в химико-технологических процессах. – М.: Химия, 1993, 209 с.
98. Горелик А.Г., Амитин А.В. Десублимация в химической промышленности. – М.: Химия, 1986, 272 с.
99. Поникаров И.И., Рачковский С.В., Поникаров С.И. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи). – М.: Альфа-М, 2008, 720 с.
100. Рудобашта С.П. Массоперенос в системе с твердой фазой. – М.: Химия, 1980, 248 с.
101. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. – М.: Химия, 1976, 432 с.
102. Муштаев В.И. и др. Сушка в условиях пневмотранспорта. – М.: Химия, 1984, 230 с.
103. Классен П.В., Гришаев И.Г. Основы техники гранулирования. – М.: Химия, 1982, 272 с.
104. Классен П.В., Гришаев И.Г. Основные процессы технологии минеральных удобрений. – М.: Химия, 1990, 304 с.
105. Генералов М.Б., Классен П.В., Степанова А.Р., Шомин П.В. Расчет оборудования для гранулирования минеральных удобрений. – М.: Машиностроение, 1984, 192 с.
106. Классен П.В., Гришаев И.Г., Шомин И.П. Гранулирование.–М.: Химия, 1991, 240 с.
107. Казаков А.И., Классен П.В. // Химическая промышленность, 1986, №6, 357 с.
108. Лаптев А.Г., Фарахов М.И. Разделение гетерогенных систем в насадочных аппаратах. – Казань: Казан. Гос. энерг. университет, 2006, 342 с.

109. Казаков А.И., Классен П.В., Канн С.В. // Химическая промышленность, 1989, №2, 220-224 с.
110. Патент России №1724349, МКИ⁴ F26B 1/04. Устройство для грануляции, изготовления гранул из вязкого материала. // Нурмухамедов Х.С., Агзамов Х.К., Классен П.В.–4 с.–ил. 3.
111. Тимонин, А. С. Основы конструирования и расчеты химико-технологического и природоохранного оборудования Справочник / А. С. Тимонин. Т. 2. – Калуга: Изд. Н. Бочкаревой, 2002, 1028 с.968 с.
112. Зиганшин М.Г., Колесник А.А., Посохин В.Н. Проектирование аппаратов пылеочистки. – М.: Экопресс-3М, 1998,505 с.
113. Патент РУз №2062. МКИ⁵ F26B 3/084. Способ сушки хлопковых семян в циркуляционном псевдооживленном слое // Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Нигмаджанов С.К., Зокиров С.Г., Сагитов А.М., Хайридинов Х.А., Классен П.В. – 5 с.
114. Патент РУз №2466. МКИ⁵ A01C 1/00. Классификатор хлопковой рушанки // Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Нигмаджанов С.К., Зокиров С.Г., Зуфаров Р.Н., Хайридинов Х.А. –5 с. - ил 2.
115. Чохонелидзе А.Н., Галустов В.С., Холланов Л.П., Приходько В.П. Справочник по распыливающим, оросительным и каплеулавливающим устройствам. – М., Энергоатомиздат, 2002, 608 с.
116. Патент РУз №2539. МКИ⁵ B07B 4/00. Способ классификации хлопковой рушанки // Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Нигмаджанов С.К., Туйчиев И.С., Закирова Н.С. – 4 с.
117. Иванюков Д.В., Фридман М.Л. Полипропилен. – М.: Химия, 1974, 270 с.
118. Патент РУз №2905. МКИ⁵ A23N 15/00. Аппарат «взрывного» действия для очистки овощей и маслосодержащих материалов // Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Нигмаджанов С.К., Туйчиев И.С., Абдуллаев А.Ш., Алиева К.К. и др. - 4 с. – ил. 3.
119. Голосов А.П., Динцес А.И. Технология производства полиэтилена и полипропилена. – М.: Химия, 1978, 216 с
120. Липатов Ю.С. Теплофизические и реологические характеристики полимеров. Справочник. – Киев: Наукова думка, 1977, 244 с
121. Ровкина Н.М., Ляпков А.А. Технологические расчеты процесса синтеза полимеров. Сборник задач и примеров. – Томск: изд-во ТПУ, 2004, 167 с.
122. Аскарлов М.А. ва бошқалар. Полимерлар кимёси ва физикаси. – Т.: Ўзбекистон, 2004, 416 с.
123. Абсорбция и пылеулавливание в. Производстве минеральных удобрений / под ред. И.П.Мухленова. – М.: ЛГУ, 1980, 256.
124. Григорьев В.А., Павлов Ю.М., Аметистов Е.В. Кипение криогенных жидкостей. - М.: Энергия, 1977, 288 с.
125. Левш И.П. Тарельчатые абсорберы и скрубберы с псевдооживленным (подвижным) слоем. – Т.: Узбекистан, 1969, 344 с.
126. Фастовский В.Г., Петровский Ю.В., Ровинский А.Е. Криогенная техника. – М.: Энергия, 1981, 236 с.
127. Холодильные компрессоры. Справочник / под ред. А.В.Быкова – М.: Колос, 1992, 302 с.
128. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию/ Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др. Под ред. Ю. И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. – М.: Химия, 1991, 496 с.
129. Справочник химика. Т.3. – М.-Л.: Химия, 1966, 544 с.
130. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по процессам и аппаратам химической технологии. – М.: Альянс, 2006, 576 с.
131. Пинчук Л.С., Струк В.А., Мышкин Н.К., Свириденко А.И. Материаловедение и конструкционные материалы. - Минск, Высшая школа, 1989, 461 с.
132. Кошмаров Ю.А. Теплотехника. - М.: Академкнига, 2006, 501 с.

133. Луканин В.Н. и др. Теплотехника. – М: Высшая школа, 2003, 671 с.
134. Нурмухамедов Х.С., Нигмаджонов С.К., Абдуллаев А.Ш., Аскарова А.Б., Рамбергенов А.К., Каримов К.Г. Нефт ва кимё саноатлари машина ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойihalаш. - Т: Фан ва технологиялар, 2008, 356 с.
135. Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи. / И.В.Доманский, В.П.Исаков, Г.М.Островский и др. Под ред. В.Н.Соколова – Л.:Машиностроение, 1982, 384 с.
136. Заминян А.А., Рамм В.М. Абсорберы с псевдооживленной насадкой. – М.: Химия, 1980, 184 с.
137. Евгращенко В.В. и др. Промышленная и санитарная очистка газов. – М.: ЦИНТХимнефтемаш, 1982, №2, 5-6 с.
138. Тарат Э.А., Мухленов И.П., Туболкин А.Ф. Пенный режим и пенные аппараты. – М. –Л.: Химия, 1977, 303 с.
139. Ковалев О.С. И др. Абсорбция и пылеулавливание в производстве минеральных удобрений. – М.: Химия, 1987, 208 с.
140. Хэм Д. Полимеризация виниловых полимеров. – М.: Химия, 1973, 163 с.
141. Мавлонов Э.Т., Закиров С.Г., Нурмухамедов Х.С. Интенсивность теплообмена при обтекании спирально-накатанных труб аммониз. рассолом // Химическая промышленность, Москва, 2012, №9, 53-58 с.
142. Закиров С.Г., Мавлонов Э.Т., Сагдуллаев У.Х., Нурмухамедов Х.С., Худойбергенов Ш., Нуриллаева А.А. Карбонизационная колонна / Заявка на патент №IAP 20110539. - 15 с. – ил.5.
143. Закиров С.Г., Мавлонов Э.Т., Сагдуллаев У.Х., Нурмухамедов Х.С. Обобщение опытных данных по гидравлическому сопротивлению при течении жидкостей в каналах с плавно-очерченными спиральными турбулизаторами // Химическая промышленность, Санкт-Петербург, 2012, т.89, №9, 86-90 с.
144. Тангяриков Н.С., Мусулмонов Н.Х., Турабджанов С.М., Икрамов А.И., Прокофьев В.Ю. Каталитическая гидратация ацетилена и его производных. – Т., 2015, 160 с.
145. Веньков А. Предтеча пиролизной печи // Эксперт журнал. – Москва, 2012, №44, 826–829 с.
146. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015, 848 b.
147. Арутюнов В.С., Крылов О.В. Успехи химии, 2005, т.74, №6, с.1226-1245.
148. Fleisch A. Processing of the DGMK/SCI / Conf. «Synthesis Gas Chemistry», Dresden, Germany, October 2006, p.7-18.
149. Hafner A. Presentation for technology center of the EU-Russia Energy dialogue, Moscow April, 2004, p.17-23.
150. Rostrup-Nielsen J.R. In: Catalysis, Science and Technology. Eds. J.R.Anderson. M. Boudart, 1984, v.5, ch.2, Springer, Berlin.
151. Репер В.М. Катализ в С1-химии. Под ред.В.Кайма. – Л.:Химия, 1987, 295 с.
152. Справочник химика. М.-Л.: Издательский, 1962, т.1, 236 с.
153. Dry M.E. Appl. Catal. A: General, 1996, v.138, p.319.
154. Арутюнов В.С., Крылов О.В. Окислительные превращения метана. – М.: Наука, 1998, 350 с
155. Hoek A. Proc. of the DGMK/SCI / Conf. «Synthesis Gas Chemistry», Dresden, Germany, October 2006, p.75-87.
156. Zenarro R., Hugues F., Caprani R. Proc. of the DGMK/SCI / Conf. «Synthesis Gas Chemistry», Dresden, Germany, October 2006, p.101-108.

**Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш.,
Туробжонов С.М., Юсупбеков Н.Р.,
Зокиров С.Ғ., Таджиходжаев З.А.**

ГАЗЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИ, ЖАРАЁН ВА ҚУРИЛМАЛАРИ

Тошкент – «Fan va texnologiya» – 2016

Мухаррир: М.Ҳайитова
Тех. муҳаррир: М.Холмухамедов
Мусаввир: Д.Азизов
Мусахҳиҳа: Н.Ҳасанова
Компьютерда
саҳифаловчи: Н.Рахматуллаева

**E-mail: tipografiyacent@mail.ru Tel: 245-57-63, 245-61-61.
Нашр.лиц. АIN№149, 14.08.09. Босишга рухсат этилди 22.04.2016.
Бичими 60x84 1/8. «Times Uz» гарнитураси. Офсет усулида босилди.
Шартли босма табоғи 106,75. Нашр босма табоғи 107,0.
Тиражи 500. Буюртма №59.**

«Fan va texnologiyalar Markazining bosmaxonasi» da chop etildi.
100066, Toshkent shahri, Olmazor kuchi, 171-uy.

F
FAN VA 
TEKNOLOGIYALAR

