

**ЮСУПБЕКОВ Н.Р., НУРМУҲАМЕДОВ Х.С.,  
ИСМАТУЛЛАЕВ П.Р.**

Олий ўқув юрглари учун

**КИМЁ ВА ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТЛАРИНИНГ ЖАРАЁНЛАРИ  
ВА ҚУРИЛМАЛАРИ ФАНИДАН ҲИСОБЛАР ВА МИСОЛЛАР**

**ЮСУПБЕКОВ Н.Р., НУРМУХАМЕДОВ Х.С.,  
ИСМАТУЛЛАЕВ П.Р.**

**КИМЁ ВА ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТЛАРНИНГ ЖАРАЁНЛАРИ  
ВА ҚУРИЛМАЛАРИ ФАНИДАН ҲИСОБЛАР ВА МИСОЛЛАР**

т. ф. л., проф. Нурмухамедов Х.С. таҳририяти остида

Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг  
томонидан олий ўқув юртлири учун:

- |          |   |                                                                                            |
|----------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| В 520100 | - | Иссиқлик энергетикаси;                                                                     |
| В 520800 | - | Технологик машиналар ва жиҳозлар;                                                          |
| В 522700 | - | Кимёвий технология ва биотехнология;                                                       |
| В 522900 | - | Силикат ва зўрға суқолувчан материаллар технологияси;                                      |
| В 523000 | - | Нефт ва нефтни қайта ишлаш технологияси;                                                   |
| В 523100 | - | Синтетик ва табиий юқори молекуляр бирикмаларнинг кимёвий технологияси;                    |
| В 523200 | - | Камеб, подир ва тарқоқ металллар технологияси;                                             |
| В 620800 | - | Қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини ишлаб чиқариш, бирламчи қайта ишлаш ва сақлаш технологияси; |
| В 620900 | - | Ёғ ва мойлар технологияси;                                                                 |
| В 621000 | - | Қанд ва бижгиш маҳсулотлари технологияси;                                                  |
| В 621100 | - | Гўшт ва сут, балиқ ва консерванган маҳсулотлар технологияси;                               |
| В 621200 | - | Дон ва дон маҳсулотлари ишлаб чиқариш технологияси;                                        |
| В 850100 | - | Атроф-муҳит муҳофазаси (соҳалар бўйича);                                                   |

Иўналишлари учун ўқув қўлланма сифатида рухсат берилган.

Тошкент — 1999

ЮСУПБЕКОВ Н.Р., ЛУРМУҲАМЕДОВ Ҳ.С.,  
ИСМАТУЛЛАЕВ П.Р. Кимё ва озиқ-овқат  
саноатларнинг жараёнлари ва қурилмалари  
фанидан ҳисоблар ва масалалар.-Тошкент,  
ТошКТИ, 1999.-351 бет.

Ушбу ўқув қўлланмага гидромеханик жараёнлар, гидравлика асослари, насослар, вентиляторлар, компрессорлар, центрифугалаш, филтрлаш, мавҳум қайнаш гидродинамикаси, аралаштириш, иссиқлик алмашилиш жараёнлари, буғлатиш, конденсациялаш, модда алмашилиш жараёнлари, абсорбция, ҳайдаш, ректификация, экстракциялаш, қуритиш, адсорбция, ҳамда сови-тиш жараёнлари киритилган.

Ҳар бир бобнинг бошида масалаларни ечиш учун асосий ҳисоблаш тенгламалари ва формулалари берилган. Ҳар бир жараён бўйича контрол масалалар ва керакли ёрдамчи маълумотлар берилган. Ундан ташқари, асосий қурилмаларни ҳисоблашнинг кетма-кетлиги ва контрол топшириқлар келтирилган.

Ушбу китоб ўқув режасида ушбу фан ўқитиладиган олий техника ў.у.в юртлари талабалари учун мўлжалланган.

Жадвал 89 та, расм 65 та, адабиёт 33 та.

Тақризчилар: -Абв Райхон Бервний номидаги Тошкент давлат техника университетининг "СОВИТИШ КОМПРЕССОР МАШИНАЛАРИ" кафедраси (кафедра мудир, т.ф.д., проф. ЗОКИРОВ С.Г.);  
-т.ф.д., проф. ҒУЛОМОВ Ш.М.;  
-т.ф.д., проф. АБДУРАЗЗОҚОВА С.Х.

(с) Тошкент Кимё Технология Институти, 1999 йил

|                                                                                                                | бет |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>КИРИШ</b> .....                                                                                             | 7   |
| <b>АСОСИЙ ШАРТЛИ БЕЛГИЛАР ВА ЎЛЧОВ БИРЛИКЛАРИ</b> .....                                                        | 10  |
| <b>БИРЛИКЛАР ОРАСИДАГИ НИСБАТЛАР</b> .....                                                                     | 12  |
| <b>ОЛД ҚЎШИМЧАЛАР ВА УЛАРНИНГ ҚўПАЙТУВЧИЛАРИ</b> .....                                                         | 14  |
| <b>КИРИШ УСЎБИЙ КўРСАТМАЛАРИ</b> .....                                                                         | 15  |
| <b>1 боб. АМАЛИЙ ГИДРАВЛИКА АСОСЛАРИ</b> .....                                                                 | 18  |
| Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....                                                               | 18  |
| Мисолларни ишлаш намунаси .....                                                                                | 25  |
| Контрол масалалар .....                                                                                        | 31  |
| Контрол топшириқлар N1 ва N2 .....                                                                             | 34  |
| <b>2 боб. СУЮҚЛИКЛАРНИ ЎЗАТИШ ВА СИҚИШ</b> .....                                                               | 36  |
| Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....                                                               | 36  |
| Мисолларни ишлаш намунаси .....                                                                                | 43  |
| Насос қурилмаларини ҳисоблаш .....                                                                             | 51  |
| Контрол масалалар .....                                                                                        | 52  |
| Контрол топшириқлар N3 ва N4 .....                                                                             | 55  |
| <b>3 боб. ЧЎҚТИРИШ, ФИЛЬТРЛАШ, ЦЕНТРИФУГАЛАШ, МАВҲУМ ҚАЙНАШ ҚАТЛАМИНИНГ ГИДРОДИНАМИКАСИ, АРАЛАШТИРИШ</b> ..... | 56  |
| ЧЎҚТИРИШ .....                                                                                                 | 56  |
| Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....                                                               | 56  |
| ФИЛЬТРЛАШ .....                                                                                                | 60  |
| Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....                                                               | 60  |
| ЦЕНТРИФУГАЛАШ .....                                                                                            | 64  |
| Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....                                                               | 64  |
| МАВҲУМ ҚАЙНАШ ҚАТЛАМИНИНГ ГИДРОДИНАМИКАСИ .....                                                                | 66  |
| Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....                                                               | 66  |
| СУЮҚЛИКЛАРНИ АРАЛАШТИРИШ .....                                                                                 | 73  |
| Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....                                                               | 73  |
| Мисолларни ишлаш намунаси .....                                                                                | 75  |
| Контрол масалалар .....                                                                                        | 85  |
| Контрол топшириқлар N3, N4, N5, N6, N7, N8, N9 .....                                                           | 89  |
| <b>4 боб. ИССИҚЛИК АЛМАШТИРИШ ЖАРАЁНЛАРИ</b> .....                                                             | 93  |
| Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар .....                                                               | 93  |
| Мисолларни ишлаш намунаси .....                                                                                | 104 |
| Кожух-трубади иссиқлик алмаштиниш қурилмаларини ҳисоблаш .....                                                 | 109 |
| Контрол масалалар .....                                                                                        | 131 |

|                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------|------------|
| Контрол топшириқлар N10, N11 .....                              | 136        |
| <b>5 боб. БУҒЛАТИШ .....</b>                                    | <b>138</b> |
| Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқликлар .....               | 138        |
| Мисолларни ишлаш намунаси .....                                 | 145        |
| Уч корпусли буғлатиш қурилмасини ҳисоблаш намунаси .....        | 145        |
| Контрол масалалар .....                                         | 155        |
| Контрол топшириқ N12 .....                                      | 158        |
| <b>6 боб. МОДДА АЛМАШИНИШИ АСОСЛАРИ. АБСОРБЦИЯ .....</b>        | <b>159</b> |
| Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқликлар .....               | 159        |
| Мисолларни ишлаш намунаси .....                                 | 165        |
| Насадкали абсорберларни ҳисоблаш .....                          | 168        |
| Контрол масалалар .....                                         | 172        |
| Контрол топшириқлар N13, N14 .....                              | 174        |
| <b>7 боб. СУЮҚЛИКЛАРНИ ҲАЙДАШ .....</b>                         | <b>175</b> |
| Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқликлар .....               | 175        |
| Мисолларни ишлаш намунаси .....                                 | 181        |
| Тарелкали ректификацион колоннани ҳисоблаш намунаси .....       | 186        |
| Контрол масалалар .....                                         | 196        |
| Контрол топшириқлар N15, N16 .....                              | 199        |
| <b>8 боб. ЭКСТРАКЦИЯЛАШ .....</b>                               | <b>201</b> |
| Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқликлар .....               | 201        |
| Мисолларни ишлаш намунаси .....                                 | 210        |
| Узлуксиз ишлайдиган экстракторларнинг гидродинамик ҳисоби ..... | 212        |
| Контрол масалалар .....                                         | 216        |
| Контрол топшириқлар N17, N18 .....                              | 219        |
| <b>9 боб. АДСОРБЦИЯ .....</b>                                   | <b>220</b> |
| Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқликлар .....               | 220        |
| Мисолларни ишлаш намунаси .....                                 | 228        |
| Адсорберларни ҳисоблаш .....                                    | 230        |
| Контрол масалалар .....                                         | 236        |
| Контрол топшириқ N19 .....                                      | 238        |
| <b>10 боб. ҚУРИГИШ .....</b>                                    | <b>239</b> |
| Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқликлар .....               | 239        |
| Мисолларни ишлаш намунаси .....                                 | 245        |
| Маъҳум қайнаш қатламли қуригичларни ҳисоблаш .....              | 256        |
| Контрол масалалар .....                                         | 266        |
| Контрол топшириқлар N20, N21 .....                              | 269        |

|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| 11 боб. СОВИТИШ .....                            | 271 |
| Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар ..... | 271 |
| Мисолларни ишлаш намунаси .....                  | 275 |
| Контрол масалалар .....                          | 279 |
| Контрол топшириқ N22 .....                       | 281 |
| АДАБИЁТЛАР .....                                 | 282 |
| ИЛОВАЛАР .....                                   | 285 |

## К И Р И Ш

Ўзбекистон мустақил миллий демократик давлат сифатида ривожланиш йўлини танлагандан сўнг, дастлабки йилларданоқ юрт олдига юксак маданият ва маънавиятга, ҳамда жаҳон андозалари даражасидаги таълим ва тарбияга эришни вазифаларни қўйишди. Бу вазифалар маълумки, босқичма-босқич, ислохотлар йўли билан амалга оширилмоқда. Ислохотлар тақдирида юқори малакали мутахассисларнинг ҳал қилувчи ролини инobatга олган ҳолда, эндиликда халқнинг бой интеллектуал мероси ва умумбашарий қадриятлар, замонавий маданият, иқтисодиёт, фан, техника ва технологиялар асосида етук мутахассислар тайёрлаш тизими инлаб чиқилди.

Бу борадаги дастлабки муҳим қадам юртимизда «Таълим тўғрисида»ги янги Қонуннинг ҳамда «Кадрлар тайёрлаш миллий дастури»нинг жорий қилиниши бўлди.

Ватанимиз Президенти И.А.Каримовнинг «Таълим-тарбия ва кадрлар тайёрлаш тизимини тубдан ислоҳ қилиш, баркамол авлодни вояга етказиш тўғрисида»ги фармонлари муҳим аҳамиятга эга. Ушбу фармонда кўрсатилишича, кадрлар тайёрлаш муаммосининг ҳал қилувчи масаласи, барча босқич ўқув юртлирини ўқув адабиёти билан таъминлашдир. Президентимиз шу масала бўйича Олий Мажлисдаги нутқларида [1] қайд қилишларича «... таълим дарсликдан бошланади, ...» ва «дарсликларда миллат фикрининг, тафаккури ва миллат мафкурасининг энг илгор намуналари акс этиши керак» деб таъкидладилар.

Мустақил Ўзбекистон Республикасимизнинг халқ хўжалиги учун малакали мутахассислар тайёрлашда "Кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалари" фани алоҳида ўрин тутади.

Чунончи, ҳозирги замон кимё, озиқ-овқат ва бoshqa саноатлар физик-кимёвий хоссалари тубдан фарқ қилувчи ҳомашёларни қайта ишлашда хилма-хил технологик жараёнлардан фойдаланади. Шунинг учун юқорида қайд этилган саноат мутахассислари жараёнларнинг физик-кимёвий асосларини, қуришмалар тузилишини, ишлаш принципларининг алоҳида ҳолларини билибгина қолмасдан, балки жараёнларни ҳисоблаш

ва таҳлил қилиш, уларнинг оптимал параметрларини, ҳамда энг самарадор қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалашни билишлари зарур.

• "Кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалари" фани юқори малакали мутахассис тайёрлашда ва мутахассислик фанларни ўзлаштиришда пойёвдор бўлиб хизмат қилади. Фаннинг ҳисоблаш қисми бўйича амалий машғулотлар бу фанни мукамал, чуқур ўзлаштиришга катта ёрдам беради.

Юқорида айтилганларни амалга ошириш мақсадида ушбу китобга ТошКТИнинг "Кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалари" кафедраси ва «Тепломассообмен» илмий-тадқиқот лабораториясида олинган асосий илмий натижалар, яъни турли жараёнларни ҳисоблаш учун келтириб чиқарилган критериял формулалар ҳам берилган.

"Кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалари" фанидан амалий машғулотлар китоби қуйидаги мақсадларга эришишга ёрдам беради:

- қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш, ҳамда каталоглар ёрдамида типик қурилмаларни танлаш;

- бир турдаги масалаларни ечиш учун талабаларни мантиқий фикр юритишга ўргатиш;

Китобда келтирилган масалаларни ечиш учун қуйидаги кетма-кетликка амал қилиш керак:

1. Масалада қўйилган савол билан ишлаб чиқаришдаги жараён ва қурилма ўртасидаги мантиқий алоқани қўз олдида келтириш;
2. Масаланинг асосий мазмунига жавоб берадиган қурилмани лойиҳа схемасини тузиш;
3. Берилган бошланғич маълумотларни жадвал ҳолига келтириб ёзиш;
4. Масалани ечиш учун бош мақсадни, яъни нимани топиш кераклигини аниқлаш;
5. Масалани ечишнинг бош формуласини танлаш;
6. Масалани умумий ҳолда ечиш кетма-кетлигининг логик схемасини тузиш;
7. Ҳисоблаш учун жадвал ва номограммадан қўшимча маълумотларни танлаш;
8. Олинган жавобни ҳар томонлама таҳлил қилиш.

Ҳар бир боб материаллари қуйидаги тартибда қелтирилган: жараёнинг назарий асослари, қурилмаларнинг ўлчамларини ва унинг муҳим қисмларини, жараён кўрсаткичларини ва параметрларини ҳисоблаш усуллари ва асосий формулалари.

Талабаларнинг ўзлаштиришини мустақил текшириш учун дарсликнинг ҳар бир бобида контрол масалалар ва топшириқлар берилган.

Китобнинг иловасида ҳисоблаш ишларини бажариш учун ёрдамчи маълумотлар, жадваллар, номограммалар ва диаграммаларда ўрин олган.

Ушбу китобнинг яратилишида ТошКТИнинг "Кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалари" кафедрасининг ва бошқа олий юртларнинг кўп йиллик тажрибасидан фойдаланилган.

Ушбу ўқув қўлланманинг кириш ва 1,2,4,5,9,11 боблари проф. Нурмухамедов Х.С., 7,8 боблари ЎзР ФА мухбир аъзosi Юсуфбеков Н.Р., 3,9 боблари проф. Исматуллаев П.Р.лар томонидан ёзилган. 1,10 бобларни доц. Фуломова Н.У., 3,6,11 бобларни доц. Нигмаджонов С.К., 3,11 бобларни доц. Тўйчиев И.С., 4-бобни доц. Раҳимов И.В., 2-бобни катта ўқитувчи Ниёзов К.М. лар ёзишда иштирок этишган.

Кўпчилик бобларнинг назарий асослар қисмини ва контрол масалаларнинг таржимаси доц. Нигмаджонов С.К. томонидан қилинган. Қўлезмани компьютерда териб, чизмаларни чоп этишга тайёрлаш асс.Абдуллаев А.Ш., инженер Ҳайдарова М.А. ва Хасанов Х.Р. лар томонидан бажарилган.

Китобнинг дастлабки таҳрири доц. Тўйчиев И.С. томонидан ўтказилган. Муаллифлар номидан уларга катта миннатдорчилик билдирамиз.

Китобнинг сифатини яхшилаш учун қаратилган таклиф ва танқидлар муаллифлар томонидан ташаккурлик билан қабул қилинади.

Бизнинг манзилимиз: Ўзбекистон, Тошкент, 700007, Ҳ Абдуллаев кўчаси, 41 уй. ТошКТИ, КТФ, "Кимёвий технология жараёнлари ва қурилмалари" кафедраси.

# АСОСИЙ ШАРТЛИ БЕЛГИЛАР ВА УЛАРНИНГ ЎЛЧОВ БИРЛИКЛАРИ

| №   | Параметр                                         | Белги               | Ўлчов бирлиги     |
|-----|--------------------------------------------------|---------------------|-------------------|
| 1.  | Узунлик                                          | $L, l$              | м                 |
| 2.  | Эни                                              | $B, b$              | м                 |
| 3.  | Оғирлик кучи (оғирлик)                           | $P$                 | Н                 |
| 4.  | Вақт                                             | $t$                 | с, соат           |
| 5.  | Диаметр                                          | $D, d$              | м                 |
| 6.  | Ҳажм                                             | $v$                 | $м^3, дм^3, л$    |
| 7.  | Ҳажм, нисбий                                     | $v$                 | $м^3/кг$          |
| 8.  | Ҳажмий кенгайиш коэффици-<br>енти                | $\beta$             | $К^{-1}$          |
| 9.  | Баландлик                                        | $H, h$              | м                 |
| 10. | Қувват                                           | $N$                 | Вт                |
| 11. | Периметр                                         | $P$                 | м                 |
| 12. | Зичлик                                           | $\rho$              | $кг/м^3$          |
| 13. | Тезлик                                           | $w$                 | м/с               |
| 14. | Бурчак тезлиги                                   | $\omega$            | рад/с             |
| 15. | Радиус                                           | $R, r$              | м                 |
| 16. | Сарф,<br>массавий<br>ҳажмий                      | $G, L, M, W$<br>$V$ | $кг/с$<br>$м^3/с$ |
| 17. | Сўрф коэффициенти                                | $\alpha$            | —                 |
| 18. | Юза                                              | $F$                 | $м^2$             |
| 19. | Фойдали иш коэффициенти                          | $\eta$              | —                 |
| 20. | Ҳолатлик                                         | $\epsilon$          | —                 |
| 21. | Иш унумдорлиқ (насос, венти-<br>лятор)           | $Q$                 | $м^3/с, м^3/соат$ |
| 22. | Кўндаланг кесим юзаси                            | $f, S$              | $м^2$             |
| 23. | Босим, парциал босим                             | $p$                 | Па                |
|     | Босим, тўйинган буғ босими                       | $P$                 | Па                |
|     | Босим, газ аралашмаси босими                     | $P$                 | Па                |
| 24. | Қовушоқлик коэффициенти:<br>динамик<br>кинематик | $\mu$<br>$v$        | Па·с<br>$м^2/с$   |
| 25. | Температура                                      | $T, t, \theta$      | $^{\circ}C$       |
| 26. | Температура ўтказувчанлик ко-<br>эффициенти      | $\alpha$            | $м^2/с$           |
| 27. | Иссиқлик миқдори, иш                             | $Q$                 | Ж                 |
| 28. | Солиштирма иссиқлик ситими                       | $c$                 | Ж/кг·К            |

|     |                                                                            |                                                  |                                                                                                                         |
|-----|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 29. | Солиштира иссиқлик юклама                                                  | $q$                                              | $\text{Вт/м}^2$                                                                                                         |
| 30. | Иссиқлик бериш коэффициенти                                                | $\alpha$                                         | $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$                                                                                          |
| 31. | Иссиқлик ўтказиш коэффициенти                                              | $K$                                              | $\text{Вт/}(\text{м}^2 \cdot \text{К})$                                                                                 |
| 32. | Солиштира буғланиш иссиқлиги                                               | $r$                                              | $\text{Ж/кг}$                                                                                                           |
| 33. | Ишқаланиш коэффициенти                                                     | $\lambda$                                        | —                                                                                                                       |
| 34. | Маҳаллий қаршилиқ коэффициенти                                             | $\xi$                                            | —                                                                                                                       |
| 35. | Напор:<br>тезлик напори (скоростной)<br>статик напор                       | $h_{\text{тез}}$<br>$h$                          | $\text{м}$<br>$\text{м}$                                                                                                |
| 36. | Концентрация (улуш):<br>Моль<br>Массавий<br>Нисбий моль<br>Нисбий массавий | $x, y$<br>$\bar{x}, \bar{y}$<br>$X, Y$<br>$X, Y$ | —<br>—<br>—<br>—                                                                                                        |
| 37. | Концентрация ҳажмий:<br>Моль<br>Массавий                                   | $C$<br>$C$                                       | $\text{кмоль/м}^3$<br>$\text{кг/м}^3$                                                                                   |
| 38. | Моль масса<br>Диффузия коэффициенти                                        | $M$<br>$D$                                       | $\text{кг/моль}$<br>$\text{м}^2/\text{с}$                                                                               |
| 39. | Модда бериш коэффициенти                                                   | $\beta_x, \beta_y$                               | $\text{кг}/[\text{м}^2 \cdot \text{с}(\text{х.к.к.б.})]$<br>$\text{кмоль}/[\text{м}^2 \cdot \text{с}(\text{х.к.к.б.})]$ |
| 40. | Модда ўтказиш коэффициенти                                                 | $K_x, K_y$                                       | $\text{кг}/[\text{м}^2 \cdot \text{с}(\text{х.к.к.б.})]$<br>$\text{кмоль}/[\text{м}^2 \cdot \text{с}(\text{х.к.к.б.})]$ |
| 41. | Солиштира энтропия                                                         | $S, s$                                           | $\text{Ж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$                                                                                   |
| 42. | Солиштира энтальпия                                                        | $I, i$                                           | $\text{Ж/кг}$                                                                                                           |
| 43. | Ҳавонинг натиқ сақлаши                                                     | $x$                                              | $\text{кг/кг}$                                                                                                          |
| 44. | Ҳавонинг нисбий намлиги                                                    | $\varphi$                                        | —                                                                                                                       |
| 45. | Материалнинг намлиги                                                       | $u, u'$                                          | $\text{кг/кг}$                                                                                                          |
| 46. | Диланиш частотаси                                                          | $n$                                              | $\text{айл/с}, \text{с}^{-1}$                                                                                           |

х.к.к.б. — ҳаракатга келтирувчи куч бирлиги

## БИРЛИКЛАР ЎРТАСИДАГИ НИСБАТЛАР

| Катталиклар номи                        | СИ га биноан бирлиги | СИ бирликларига ўтказиш коэффициентлари                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Узунлик                                 | м                    | $1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$<br>$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ м}$<br>$1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ м}$<br>$1 \text{ in} = 25,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$                                                        |
| Масса                                   | кг                   | $1 \text{ т} = 1000 \text{ кг}$<br>$1 \text{ ц} = 100 \text{ кг}$<br>$1 \text{ lb} = 0,454 \text{ кг}$                                                                                                                 |
| Температура                             | К                    | $t^{\circ}\text{C} = (273,15+t)\text{K}$<br>$t^{\circ}\text{F} = \left[ \frac{5}{9}(t-32) + 273,15 \right] \text{K}$                                                                                                   |
| Ясси бурчак                             | рад                  | $1^{\circ} = \frac{\pi}{180} \text{ рад}$<br>$1^{\circ} = \frac{\pi}{10800} \text{ рад}$<br>$1 \text{ айл.} = 2\pi \text{ рад} = 6,28 \text{ рад}$                                                                     |
| Оғирлик кучи                            | Н                    | $1 \text{ кгк} = 9,81 \text{ Н}$<br>$1 \text{ дин} = 10^{-5} \text{ Н}$<br>$1 \text{ техник куч} = 9,81 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$<br>$1 \text{ lbf} = 4,45 \text{ Н}$                                                   |
| Солиштира<br>оғирлик                    | Н/м <sup>3</sup>     | $1 \text{ кгк/м}^3 = 1,163 \text{ Н/м}^3$                                                                                                                                                                              |
| Қовушоқлик<br>коэффициенти :<br>динамик | Па·с                 | $1 \text{ П} = 1 \text{ дин} \cdot \text{с/см}^2 = 0,1 \text{ Па} \cdot \text{с}$<br>$1 \text{ cP} = \frac{1 \text{ кгк}}{9810 \text{ м}^2} = 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с} =$<br>$= 1 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ |
| кинематик                               | м <sup>2</sup> /с    | $1 \text{ Ст} = 1 \text{ см}^2/\text{с} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$                                                                                                                                                |
| Босим                                   | Па                   | $1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$<br>$1 \text{ мбар} = 100 \text{ Па}$<br>$1 \text{ дин/см}^2 = 1 \text{ мбар} = 0,1 \text{ Па}$                                                                                       |

|                                  |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  |                       | $1 \text{ кгк/см}^2 = 1 \text{ ат} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па}$<br>$\approx 735 \text{ мм.снм.уст.}$<br>$1 \text{ кгк/м}^2 = 9,81 \text{ Па}$<br>$1 \text{ мм.суб.уст.} = 9,81 \text{ Па}$<br>$1 \text{ мм.снм.уст.} = 133,3 \text{ Па}$                                                                                                                                       |
| Диффузия<br>коэффициенти         | $\text{м}^2/\text{с}$ | $1 \text{ ft}^2/\text{с} = 0,0929 \text{ м}^2/\text{с}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Кувват                           | Вт                    | $1 \text{ кгк}\cdot\text{м/с} = 9,81 \text{ Вт}$<br>$1 \text{ эрг/с} = 10^{-7} \text{ Вт}$<br>$1 \text{ ккал/соат} = 1,163 \text{ Вт}$<br>$1 \text{ lbf}\cdot\text{ft/s} = 1,356 \text{ Вт}$                                                                                                                                                                                    |
| Сиртий тортилиш                  | $\text{Н/м}$          | $1 \text{ кгк/м} = 9,81 \text{ Ж/м}^2$<br>$1 \text{ эрг/см}^2 = 1 \text{ дин/см} =$<br>$= 10^{-3} \text{ Ж/м}^2 = 10^{-3} \text{ Н/м}$                                                                                                                                                                                                                                          |
| Хажм                             | $\text{м}^3$          | $1 \text{ т} = 10^{-3} \text{ м}^3 = 1 \text{ дм}^3$<br>$1 \text{ ft}^3 = 28,3 \text{ дм}^3 =$<br>$= 2,83 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$<br>$1 \text{ in}^3 = 16,387 \text{ см}^3 =$<br>$= 16,39 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$                                                                                                                                                         |
| Зичлик                           | $\text{кг/м}^3$       | $1 \text{ т/м}^3 = 1 \text{ кг/дм}^3 = 1 \text{ г/см}^3$<br>$= 10^3 \text{ кг/м}^3$<br>$1 \text{ кгк}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4 = 9,81 \text{ кг/м}^3$<br>$1 \text{ lb/ft}^3 \approx 16,02 \text{ кг/м}^3$<br>$1 \text{ lb/in}^3 \approx 27,68 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$                                                                                                       |
| Юза                              | $\text{м}^2$          | $1 \text{ ft}^2 = 0,0929 \text{ м}^2$<br>$1 \text{ in}^2 = 6,451 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Иш, энергия,<br>иссиқлик миқдори | Ж                     | $1 \text{ кгк}\cdot\text{м} = 9,81 \text{ Ж}$<br>$1 \text{ эрг} = 10^{-7} \text{ Ж}$<br>$1 \text{ кВт}\cdot\text{соат} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ж}$<br>$1 \text{ ккал} = 4,1868 \cdot 10^3 \text{ Ж} =$<br>$= 4,19 \text{ кЖ}$<br>$1 \text{ lbf}\cdot\text{ft} = 1,356 \text{ Ж}$<br>$1 \text{ lbf}\cdot\text{in} = 0,113 \text{ Ж}$<br>$1 \text{ ВГУ} \approx 1056,1 \text{ Ж}$ |
| Массавий сарф                    | $\text{кг/с}$         | $1 \text{ lb/s} = 0,454 \text{ кг/с}$<br>$1 \text{ lb/h} = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ кг/с}$                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Хажмий сарф                      | $\text{м}^3/\text{с}$ | $1 \text{ л/мин} = 16,67 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Чизикли тезлик                   | $\text{м/с}$          | $1 \text{ ft/s} = 0,3048 \text{ м/с}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                                                 |                        |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Бурчак тезлиги                                  | рад/с                  | $1 \text{ айл/мин} = \frac{\pi}{30} \text{ рад/с}$                                                                                                                                                                                                          |
| Солиштирма<br>иссиқлик сизими                   | Ж/кг·К                 | $1 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) = 4,19 \text{ Ж/кг} \cdot \text{К}$<br>$1 \text{ эрг}/(\text{г} \cdot \text{К}) = 10^{-4} \text{ Ж/кг} \cdot \text{К}$<br>$1 \text{ BTU}/(\text{lb} \cdot \text{degF}) = 4,19 \text{ Ж/кг} \cdot \text{К}$ |
| Иссиқлик бериш<br>ва ўтказиш<br>коэффициентлари | Вт/(м <sup>2</sup> ·К) | $1 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{соат} \cdot ^\circ\text{C}) = 1,163 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$<br>$1 \text{ BTU}/(\text{ft} \cdot \text{h} \cdot \text{degF}) = 5,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$                            |
| Иссиқлик<br>ўтказувчанлик<br>коэффициенти       | Вт/(м·К)               | $1 \text{ ккал}/(\text{м} \cdot \text{соат} \cdot ^\circ\text{C}) = 1,163 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$<br>$1 \text{ BTU}/(\text{ft} \cdot \text{degF}) = 1,73 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$                                                |
| Частота                                         | Гц                     | $1 \text{ Гц} = 1 \text{ с}^{-1}$<br>$1 \text{ айл/с} = 1 \text{ Гц}$<br>$1 \text{ айл/мин} = 1/60 \text{ Гц}$                                                                                                                                              |

### ОЛД ҚЎШИМЧАЛАР ВА УЛАРНИНГ КЎПАЙТУВЧИЛАРИ

|                                  | Номи   | Халқаро | Ўзбекча |
|----------------------------------|--------|---------|---------|
| $1000000000000000000 = 10^{18}$  | экса   | Е       | Э       |
| $100000000000000000 = 10^{15}$   | пэта   | Р       | П       |
| $10000000000000000 = 10^{12}$    | тера   | Т       | Т       |
| $1000000000000000 = 10^9$        | гига   | Г       | Г       |
| $100000000000000 = 10^6$         | мега   | М       | М       |
| $10000000000000 = 10^3$          | кило   | К       | к       |
| $1000000000000 = 10^2$           | гекто  | Н       | г       |
| $100000000000 = 10^1$            | дека   | Да      | да      |
| $0,1 = 10^{-1}$                  | деци   | Д       | д       |
| $0,01 = 10^{-2}$                 | сант   | С       | с       |
| $0,001 = 10^{-3}$                | мили   | М       | м       |
| $0,000001 = 10^{-6}$             | м. кро | μ       | МКМ     |
| $0,000000001 = 10^{-9}$          | нано   | Н       | н       |
| $0,000000000001 = 10^{-12}$      | пико   | Р       | п       |
| $0,000000000000001 = 10^{-15}$   | фемто  | Ф       | ф       |
| $0,00000000000000001 = 10^{-18}$ | атто   | А       | а       |

## КИРИШ УСЛУБИЙ КЎРСАГМАЛАРИ

Жараёнлар ва қурилмалар фанидан амалий машғулотлар ўтказишнинг асосий мақсади - бу талабаларни намунавий мисол ва конкрет масалаларни ечиш орқали типик қурилмаларни ҳисоблаш ва лойиҳалашга ўргатиш.

Халқаро бирлик системаси (СИ) да, асосий ўлчов бирликлари бўлиб қуйидагилар хизмат қилади:

|                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| узунлик.             | - метр (м);       |
| масса                | - килограмм (кг); |
| вақт                 | - секунд (с);     |
| электр токининг кучи | - Ампер (А);      |
| температура          | - Кельвин (К);    |
| ёруғлик кучи         | - кандела (кд);   |
| молда миқдори        | - моль.           |

Ундан ташқари, стандартда яна иккита қўшимча бирлик назарда тутилган:

|                |                   |
|----------------|-------------------|
| ясси бурчак    | - радиан (рад);   |
| фазовий бурчак | - стерadian (ср). |

Қолган ҳамма бирликлар шу юқорида қайд этилган бирликлар асосида келтирилиб чиқарилган ва уларнинг бирликлари физик тенгламалар орқали топилади.

Мисол ёки масалани ечишни бошлашдан аввал қурилманинг схемасини чизиб олиб, унга ҳамма ўлчам ва катталиклар қўйилади. Сўнгра, оқимларнинг ҳаракат йўналиши белгиланади ва унинг ишлаш принципи батафсил ўрганилади.

Ундан кейин, масаланинг соҳиланғич маълумотлари ва асосий ҳисоблаш тенглама ва формулалари аниқланади. Сўнг, масалани алоҳида хусусий саволларга бўлинади, оқимларнинг турли физик хоссаларининг керакли сон қийматлари аниқлаб олинади.

Ҳисоблаш формуласига параметрларнинг сон қийматларини қўйиб, тўғри қўйилгани текширилади ва ундан кейин арифметик ҳисоблашга киришилади. Олинган жавоб, қурилма ёки ускуна-нинг амалий ишлаш режасига тўғри келиши, мислиги танқидий нуқтаи назардан таҳлил қилиниши керак.

Талабалар гуруҳининг амалий машғулоти пайтида улар асосий қўшимча адабиётлардан фойдаланишни ўрганиши керак. Аудиторияда ўтказиладиган машғулотлардан мақсад, талабалар техник ҳисоблашлар олиб боришни мукамал эгаллашдир.

Баъзи мисол ва масаларни ечишда, талабалар шахсий компьютерларни қўллаши ушбу фанни яхши ўзлаштириш гаровидир.

Мисол ва масаларни ечиш кетма-кетлигини аниқ, систематик таъсифи ва ёзувларни тартибли келтирилиши талабанинг вақтини тежашга ва ўқитувчи вақтининг самарали ишлатилишига олиб келади.

Услубий кўрсатмаларнинг якунида баъзи бир параметрларнинг ўлчов бирликлари аниқлашни ва улар орасидаги боғлиқликларни кўриб чиқамиз.

1. СИ системасида динамик қовушоқлик коэффициентининг ўлчов бирлигини топамиз.

Ньютон тенгламасига биноан, суюқлик қатламларининг параллел ҳаракати пайтида ҳосил бўладиган ишқаланиш кучи ушбу кўринишга эга:

$$F^i = \mu \cdot F \cdot \frac{dw}{dy}$$

бу ерда  $\mu$  - динамик қовушоқлик коэффициенти;

$F$  - ишқаланиш юзаси;

$dw/dy$  - тезлик градиенти.

Ушбу тенгламани  $\mu$  га нисбатан ечилса,  $\mu$  параметр учун қуйидаги ўлчов бирлиги келиб чиқади:

$$[\mu] = \left[ \frac{P \cdot dy}{F \cdot dw} \right] = \frac{N \cdot c \cdot m}{m^2 \cdot m} = \frac{N \cdot c}{m^2} = Pa \cdot c = \frac{kg \cdot m \cdot c}{c^2 \cdot m^2} = \frac{kg}{m \cdot c}$$

СИ системасида иссиқлик ўтказувчанлик параметрининг ўлчов бирлиги топилади.

Текис девордан ўтаётган иссиқлик миқдори  $Q$  ни аниқлаш

тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot F \cdot \Delta t$$

бу ерда  $\lambda$  — иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини;  $\delta$  — девор қалинлиги;  $F$  — иссиқлик ўтаётган юза;  $\Delta t$  — температуралар фарқи.

Бу тенгламани  $\lambda$  га нисбатан ечилса, қуйидаги натижани оламиз:

$$[\lambda] = \left[ \frac{Q \cdot \delta}{F \cdot \Delta t} \right] = \frac{\frac{Ж}{с} \cdot м}{м^2 \cdot К} = \frac{Вт}{м \cdot К}$$

3. Динамик қовушоқлик коэффициентининг СИ ва СГС системаларида ўлчов бирликлари орасидаги боғланиш аниқлансин:

$$1 Па \cdot с = 1 \frac{кг}{м \cdot с} = \frac{1000г}{100 см \cdot с} = 10 \frac{г}{см \cdot с} = 10 П = 100 сП;$$

$$1 сП = 10^{-3} Па \cdot с = 1 мПа \cdot с$$

4. Иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентининг  $\frac{ккал}{м^2 \cdot соат \cdot ^\circ C}$  ва  $\frac{Вт}{м \cdot К}$  ўлчов бирликлари орасидаги нисбат топилсин.

$$1 \frac{ккал}{м^2 \cdot соат \cdot ^\circ C} = \frac{4190 Ж}{м \cdot 3600 \cdot с \cdot К} = 1,163 \frac{Вт}{м \cdot К}$$

## 1 - боб. АМАЛИЙ ГИДРАВЛИКА АСОСЛАРИ

### Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқликлар

1. Солиштирма оғирлик  $\gamma$  ва зичлик  $\rho$  ўртасида ўзаро боғланиш қуйидаги тенглик билан ифодаланади:

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (1.1)$$

2. Нисбий зичлик  $\Delta$  деб модда зичлигининг  $\rho$  (солиштирма оғирлик  $\gamma$ ) сув зичлиги  $\rho_c$  (солиштирма оғирлик  $\gamma_c$ ) нисбатига ай-тилади ва у қуйидагича ёзилади:

$$\Delta = \frac{\rho}{\rho_c} \quad (1.2)$$

3. Суюқлик аралашмасининг ҳажми компонентлар ҳажмларининг йиғиндисига тенг деб қабул қилиб, унинг зичли-гини ушбу формула ёрдамида ҳисоблаб топиш мумкин:

$$\frac{1}{\rho_{ар}} = \frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2} + \dots \quad (1.3)$$

$x_1, x_2$  - компонентларнинг массавий қисми;

$\rho_{ар}, \rho_1, \rho_2$  - аралашма ва компонентларнинг зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ .

4. Худди шунга ўхшаш формула ёрдамида суспензия зичлиги-ни топиш мумкин:

$$\frac{1}{\rho_{сус}} = \frac{x}{\rho_s} + \frac{1-x}{\rho_c} \quad (1.4)$$

5. Ҳар қандай газнинг иситилган температура  $T$  ва босим  $P$  да ҳар қандай газнинг зичлигини қуйидаги формула орқали аниқлаш мумкин:

$$\rho = \rho_0 \cdot \frac{T_0 \cdot P}{T \cdot P_0} = \frac{M}{22,4} \cdot \frac{273 \cdot P}{T \cdot P_0} \quad (1.5)$$

бу ерда  $\rho_0 = M/22,4$  нормал шароитда ( $0^\circ\text{C}$  ва  $760$  мм.сим.уст.) газнинг зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$M$  - моляр масса,  $\text{кг}$ ;  $T$  - температура,  $\text{K}$ .

6. Газ аралашмасининг зичлиги эса қуйидаги тенгламадан топилади;

$$\rho_{ар} = y_1 \cdot \rho_1 + y_2 \cdot \rho_2 \quad (1.6)$$

7. Қурилмадаги абсолют босим қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$P = P_{атм} + P_{ман} \quad (1.7)$$

ёки

$$P = P_{атм} - P_{вак} \quad (1.8)$$

бу ерда  $P_{атм}$  - атмосфера босими,  $\text{Па}$ ;  $P_{ман}$  - манометрда ўлчанган босим,  $\text{Па}$ ;  $P_{вак}$  - вакуумметрда ўлчанган босим,  $\text{Па}$ .

8. Баландлиги  $h$  ва зичлиги  $\rho$  бўлган суюқликнинг босими ушбу ифода орқали аниқланади:

$$P = \rho \cdot g \cdot h \quad (1.9)$$

Ушбу ифодага асосланиб, босим ўлчов бирликлари орасидаги нисбатларни топиш мумкин:

мм.сим.уст.  $\rightarrow \rho \cdot g \cdot h = 13600 \cdot 9,81 \cdot 0,76 = 1,013 \cdot 10^5$   $1 \text{ атм.} = 760$

мм.суб.уст.  $\rightarrow 1,03 \cdot 10^4$   $\text{г} \cdot \text{к}/\text{м}^2 = 1,03 \cdot \text{г} \cdot \text{к}/\text{см}^2$   $\text{Па} = 1,03 \cdot 10^4$

9. Гидростатиканинг асосий тенгламаси ушбу кўринишга эга:

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h \quad (1.10)$$

10. Динамик қовушоқлик коэффициентини  $\mu$  шу суюқлик зичлигига нисбати кинематик қовушоқлик дейилган ва  $\mu$  билан белгиланади:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.11)$$

11. Суюқликларнинг секундли ҳажмий сарф  $V$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$V = w \cdot f \quad (1.12)$$

Маъсавий сарфи  $M$  (кг/с) эса қуйидагича аниқланади:

$$M = V \cdot \rho = w \cdot f \cdot \rho \quad (1.13)$$

12. Цилиндрсимон трубалар учун тенглама қуйидаги кўринишига эга:

$$V = 0,785 \cdot d^2 \cdot w$$

Берилган сарф ва қабул қилинган тезлик  $w$  бўйича труба диаметри ушбу тенгламадан топилади:

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}} \quad (1.14)$$

Цилиндрсимон ўзгарувчан кўндаланг кесим юзасидан оқаётган сиқилмайдиган суюқлик оқимининг узлуксизлик тенгламаси:

$$V = w_1 \cdot f_1 = w_2 \cdot f_2 = w_3 \cdot f_3 = \dots \quad (1.15)$$

13. Рейнольдс критерийси оқимнинг ҳаракат режимини ҳақар-  
терлайди ва қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (1.16)$$

Тўғри ва текис юзага эга трубалар орқали ўтаётган оқимларга қуйидаги Рейнольдс критерийси сон қийматлари билан ҳақар-  
ланади:

$Re < 2320$  бўлса, ламинар режими;  
 $2320 < Re < 10000$  оралиқда ўткинчи соҳа;  
 $Re > 10000$  бўлса, тургун турбулент режими.

Трубаларда оқаётган суюқнинг ўртача  $w_{\text{ўр}}$  ва максимал  $w_{\text{max}}$  тезликлари орасидаги функцияси оқимнинг ҳаракат режимига боғлиқдир:

ламинар режимидан  $w_{\text{ўр}} = 0,5 w_{\text{max}}$ .

турбулент режимдан  $w_{yp} = (0,8-0,9) \cdot w_{max}$ .

14. Суюқликлар сарфини нормал ўлчов диафрагмасида аниқлаш. Ҳажмий сарф формуласи:

$$V = \alpha \cdot k \cdot f_{\rho} \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}} = \alpha \cdot k \cdot f_{\rho} \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot H \cdot (\rho_m - \rho)}{\rho}} \quad (1.17)$$

$\alpha$  - нормал диафрагманинг сарф коэффициенти (55-адвалдан олинади);  $k$  - девор гадир-будурлигини ҳисобга олувчи тузатиш коэффициенти; гидравлик силлиқ трубалар учун  $k=1$ ;  $f_0=0,785 \cdot d^2$  - диафрагма тешигининг юзаси;  $d_0$  - диафрагмага уланган дифманометрдаги суюқлик сатҳларининг фарқи;  $\rho_m$  - дифманометрдаги суюқлик зичлиги;  $\rho$  - трубада оқатган суюқлик зичлиги.

15. Пито-Прандтл найчаси ёрдамида суюқликнинг сарфини ва тезлигини аниқлаш.

$$W_{max} = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot H \cdot (\rho_m - \rho)}{\rho}}$$

Агар ламинар режим бўл э,

$$w_{yp} = 0,5 \cdot w_{max}$$

Турбулент режимда эса

$$w_{yp} = (0,8-0,9) \cdot w_{max}$$

$$V = w \cdot f$$

Бу ерда  $f$  - труба кўндаланг кесими юзаси,  $m^2$ ;

Насос двигателига талаб этиладиган қувват ушбу формула билан ҳисобланади:

$$N = \frac{V \cdot \Delta P}{1000 \cdot \eta} = \frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot V}{1000 \cdot \eta} \quad (1.18)$$

Бу ерда  $\Delta P$  - тармоқнинг тўлиқ гидравлик қаршилиги ва у қуйидагича топилади:

$$\Delta P = \Delta P_m + \Delta P_{\text{шк}} + \Delta P_{\text{шк}} + \Delta P_{\text{эл}} + \Delta P_{\text{эл}} \quad (1.19)$$

$\Delta P_m$  — тезлик босими.

Ишқаланиш қаршилигида босимни йўқотилиши қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$\Delta P_{\text{ук}} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (1.20)$$

Ишқаланиш коэффиценти  $\lambda$  нинг сон қийматлари маълум параметрлар асосида 1.1 ва 1.2-расмлардан ёки пастда келтирилган формулалар ёрдамида аниқланади:

Ламинар режимда

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad (1.21)$$

Турбулент режимда эса

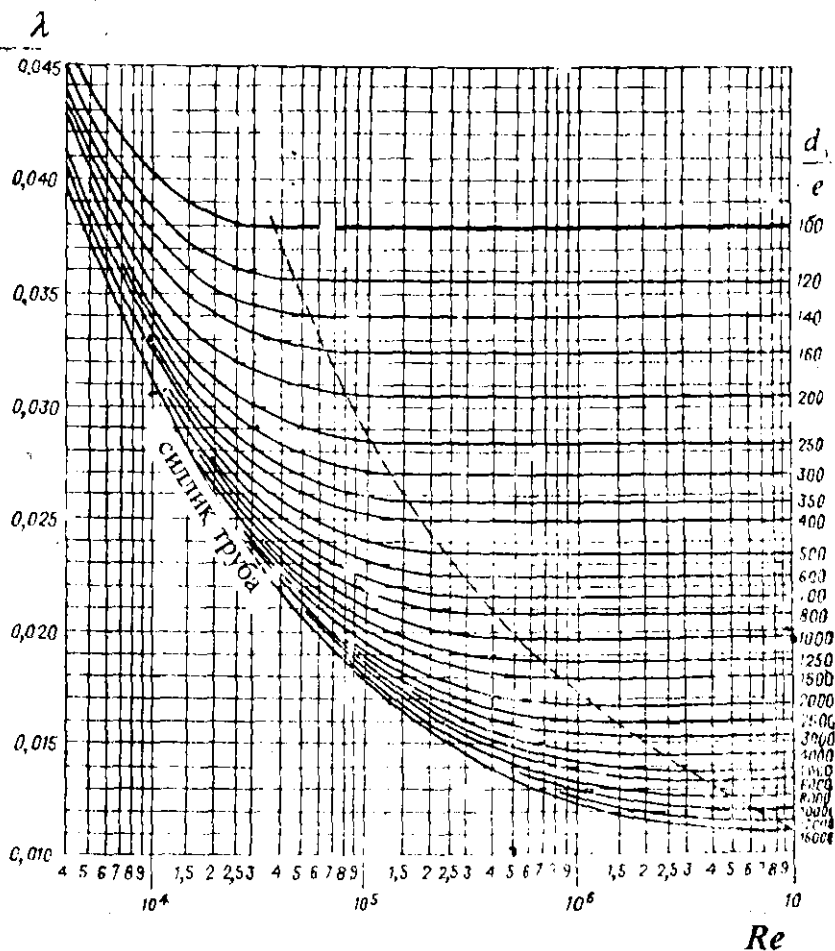
$$\lambda = \frac{0,316}{\text{Re}^{0,25}} \quad (1.22)$$

Тармоқдаги маҳаллий қаршиликларда босимнинг йўқотилиши қуйидаги тенглама ёрдамида топилади

$$\Delta P = \sum \zeta_{\text{ук}} \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (1.23)$$

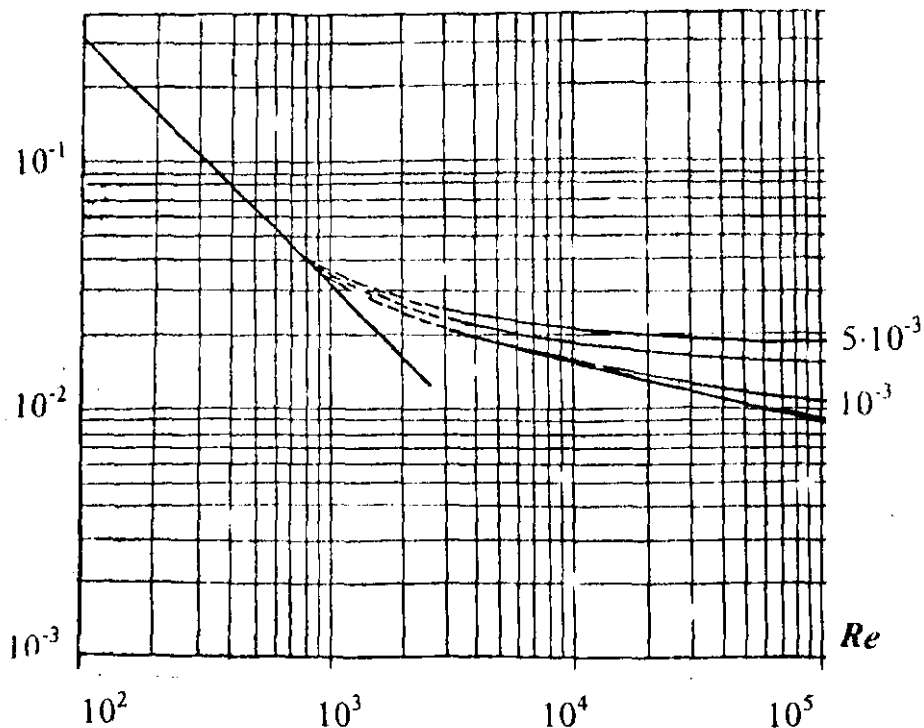
Ички ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликлар туфайли босимни йўқотилиши ушбу тенгламадан ҳисоблаб топилади

$$\Delta P = \left( 1 + \lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_{\text{уш}} + (P_2 - P_1) \quad (1.24)$$



1-рәс. Ишқалыныш коэффициенті  $\lambda$  пен Рейнольдс критерийі  $Re$  ағалыр бұдырлық даражасы  $d_1/e$  га байланысты.  
 $d_1$  — эквивалент диаметр, м;  $e$  — труба ички юзіндігі ағалыр-бұдырлық дүңлігінің ұртача баландығы, м.

$$Eu/\Gamma \approx \lambda/2$$

 $e/d,$ 


1.2-расм.  $Eu/\Gamma \approx \lambda/2$  шартининг Рейнольдс критерийси  $Re$  ва нисбий гадирбудурлик  $e/d$  га боғлиқлиги.

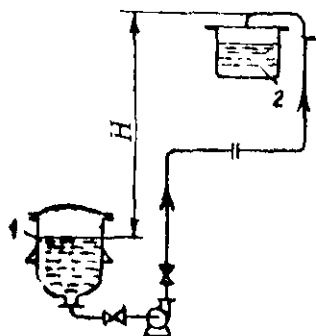
Труба қувурларини ҳисоблаш.

Бунинг учун масала асосан 3 параметрга нисбатан ечилади:

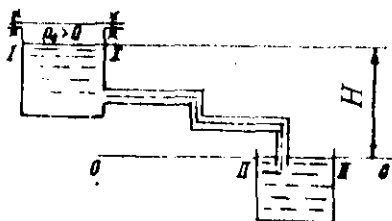
1. Суюқлик сарфини аниқлаш  $V_c$ ,  $m^3/c$ ;
2. Суюқлик энергиясини аниқлаш  $\Gamma$ ,  $m$ ;
3. Труба қувурининг диаметрини аниқлаш  $d$ ,  $m$ .

## МИСОЛЛАРНИ ИШЛАШ НАМУНАСИ

1-1. Реактор 1 дан босим идиши 2 га (1.3-расм) насос ёрдамида  $45^{\circ}\text{C}$  ли хлорбензол  $10 \text{ т/соат}$  массавий сарфда узатиляпти. Босим идишида атмосфера босими, реактордаги суюқлик сатҳи устида эса  $200 \text{ мм.сим.уст.}$  ( $26,6 \text{ кПа}$ ), труба қувур узунлиги  $26,6 \text{ м}$ , оёғина емирилишга дучор бўлган диаметри  $76 \times 4 \text{ мм}$  ли пўлат трубалардан ясалган. Труба тармоғида 2 та кран, диафрагма ( $\alpha=48 \text{ мм}$ ), 5-та тўғри бурчак остида трубанинг бирдан бурилиши ( $r/d=3$ ). Хлорбензол  $H=15 \text{ м}$  баландликка қўтарилмоқда.



1.3-расм. 1-1 масалага оид шартли схема



1.4-расм. 1-3 масалага оид оддий труба қувурининг схемаси.

Қурилманинг ф.и.к.=0,7 деб қабул қилиб, насос истеъмол қилаётган қуввати топилсин.

Бошланғич маълумотлар жадвали:

Берилган:  $G = 10 \text{ т/соат} = 10000/3600 \text{ кг/с}$ ;

$t = 45^{\circ}\text{C}$ ;

$P = 735 \text{ мм.с.им.уст.};$   
 $P = (P_a - 200) \cdot 133,3 \text{ Па};$   
 $\phi. \mu. \kappa. = 0,7;$   
 $P = 9,81 \times 10^4 \text{ Па};$   
 $d = 68 \text{ мм};$   
 $H = 15 \text{ м};$   
 $L = 26,6 \text{ м};$   
 $h = 15 \text{ м}.$

Маҳаллий қаршиликлар:

|                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| кранлар 2                | $2 \times 2 = 4$       |
| диафрагма 1              | $1 \times 4 = 4$       |
| тўғри бурчакли бурилиш 5 | $0,13 \times 5 = 0,65$ |
|                          | $\alpha = 90^\circ$    |
| кириш 1                  | $0,5 \times 1 = 0,5$   |
| чиқиш 1                  | $\Sigma \zeta = 9,95$  |

Насоснинг қуввати  $N$  ни топинг.

**Е ч и ш:**

Масалани ечиш схемасини тузамиз.

1. Масаланинг бош формуласи:

$$N = \frac{\Delta P \cdot Q}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт}$$

Секундли ҳажмий сарф  $Q$

$$Q = \frac{G}{\rho}, \text{ м}^3/\text{с}$$

бу ерда  $\rho = 1080 \text{ кг/м}^3$  — суюқлик зичлиги;

$$Q = \frac{10000}{3600 \cdot 1080} = 0,0025 \text{ м}^3/\text{с}$$

Оқимнинг ўртага теълиги секундли сарф тенгламадан топилади:

$$w = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0,0025}{3,14 \cdot 0,068^2} = 0,69 \text{ м/с}$$

Оқим ҳаракат режимини  $Re$  критерийси ёрдамида аниқдаланади:

$$Re = \frac{0,69 \cdot 0,068 \cdot 1080}{0,00066} = 76634$$

$Re > 10000$  бўлгани учун ҳаракат режими тургун турбулент режим. Шунинг учун, муҳитнинг қаршилик коэффициентини:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{76634}} = 0,019$$

формуласи орқали ҳисобланади.

Маҳаллий қаршиликлар йиғиндиси 9,95 тенг. Босим йўқотилишини аниқлаймиз.

$$\begin{aligned} \Delta P &= \left( 1 + \lambda \cdot \frac{1}{d} + \sum \zeta \right) \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_{\text{гид}} + (P_2 - P_1) = \\ &= \left( 1 + 0,019 \cdot \frac{26,6}{0,68} + 9,95 \right) \cdot \frac{0,69^2 \cdot 9,81}{2} + 1080 \cdot 9,81 \cdot 15 + \\ &+ [9,8 \cdot 10^4 - (735 - 200) \cdot 133,3] = 185734 \text{ Па} \end{aligned}$$

Насосга кераклик қувватни аниқлаймиз.

$$N = \frac{185734 \cdot 0,0025}{1000 \cdot 0,7} = 0,663 \text{ кВт}$$

1-2.  $120 \text{ кг/м}^3$  массавий сарфда водородни узатиш учун труба қувурининг диаметри ҳисоблансин. Труба қувурининг узунлиги 1000 м. Рухсат этилган босимнинг йўқотилиши  $\Delta p = 110 \text{ мм. с.в. уст.}$  (1080 Па). Водороднинг зичлиги  $0,0825 \text{ кг/м}^3$ . Ишқаланиш коэффициенти  $\lambda = 0,03$ .

**Е ч и ш:**

Узун, магистрал газ қувурларида босим асосан ишқаланиш қаршилигини енгилш учун сарф бўлади. Шунинг учун босимнинг йўқотилиши  $\Delta p = \Delta p_{\text{ук}}$  га тенг деса бўлалаи.

Оқимнинг тезлиги:

$$w = \frac{V}{0,785 \cdot d^2}$$

Унда

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{L^2}{d} \cdot \frac{V^2 \cdot \rho}{2 \cdot 0,785^2 \cdot d^4}$$

Ушбу тенгламани диаметрга нисбатан ечсак,

$$d = C \cdot \sqrt[3]{\frac{L \cdot V^2 \cdot \rho}{\Delta p}}$$

трубанинг диаметрини топамиз. Бизнинг масала учун коэф-фициент  $C$  қуйидаги қийматга тенг бўлади:

$$C = \sqrt[3]{\frac{\lambda}{0,785^2 \cdot 2}} = \sqrt[3]{\frac{0,03}{0,785^2 \cdot 2}} = 0,48$$

Водороднинг секундли ҳажмий сарфи:

$$V = \frac{120}{0,0825 \cdot 3600} = 0,405 \text{ м}^3/\text{с}$$

$\Delta p = 110 \cdot 9,81 = 1080$  Па эканлигини ҳисобга олсак, унда

$$d = 0,48 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,0825 \cdot 0,405^2 \cdot 1000}{1080}} = 0,2 \text{ м}$$

1-3. Температураси  $50^\circ\text{C}$ , зичлиги  $900 \text{ кг/м}^3$  бўлган какао ёғи бир идишдан иккинчисига трубалар орқали узатилмоқда (1.4 - расм). Агарда трубанинг гадир-будурлиги  $e=0,8 \text{ мм}$ , узунлиги  $l=150 \text{ м}$ ,  $H=6 \text{ м}$ ,  $p_0=220 \text{ кПа}$  ва ёғнинг сарфи  $V_c=0,0005 \text{ м}^3/\text{с}$  бўлса, трубанинг диаметри аниқлансин.

### Е ч и ш:

Масалани ечиш қўйидаги кетма-кетликда олиб борилади.

1) Ш-Ш ва П-П қўндаланг кесимлар учун Бернулли тенглама-и ёзилади.

$$H + \frac{P_0}{\rho \cdot g} = \left[ \zeta_{\text{кир}} + 3 \cdot \zeta_{90^\circ} + \lambda \cdot \frac{l}{d} + \zeta_{\text{чик}} \right] \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g} = f(d)$$

2) Суюқлик ҳаракати зоналарини инобатга олиб  $f(d)$  ҳисобланади. Бунинг учун  $d_{\text{дев}}$  нинг бир неча қийматини ихтиёр-ий олинади ва натижаларни 1-1 жадвалга тартиб билан ёзилади ва улар асосида график қурилади.

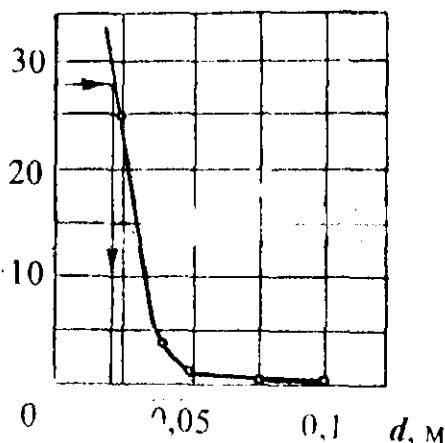
Бу ерда

$$w = \frac{4 \cdot V_c}{\pi \cdot d^2}; \quad Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

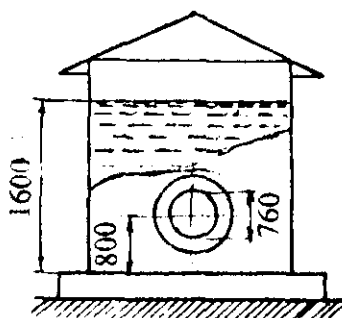
$\mu = 0,0278 \text{ Па} \cdot \text{с}$  — 30-жадвалдан олинади.

$\zeta_{\text{кир}}=0,5$ ;  $\zeta_{90^\circ}=1,1$ ;  $\zeta_{\text{чик}}=1,0$  — иловадаги 53-жадвалдан танла-нади.

$f(d)$ , м



1.5-расм. 1-3 масалага тегишли боғлиқлик.



1.6-расм. 1-4 масалага оид шартли схема

Ордината ўқига  $A=H+p_0/\rho \cdot g$  қўйилиб, трубади керакли ди. - метри топилади (1.5-расм). Унинг сон қиймати  $d_{\text{лев}}=0,022$  м га тенг бўлади. Ушбу қиймат асосида стандарт ўлчамли диаметрчага яхлитлаймиз, яъни  $d_{\text{лев}}=0,025$  м.

Труба қувури диаметри керагидан катта бўлгани учун ундан оқиб ўтаётган суюқлик миқдори ҳам кўп бўлади. Демак, қувурдаги сарфни ростлаш учун вентил (ёки задвижка) ўрнатилиши лозимдир. Бу ўрнатилган вентил қаршилиқ коэффициентни Бернулли тенгламаси орқали топилади:

$$H + \frac{P_0}{\rho \cdot g} = \left[ \zeta_{\text{хир}} + 3 \cdot \zeta_{\text{ш}} + \lambda \cdot \frac{l}{d} + \zeta_{\text{чик}} + \zeta_{\text{вен}} \right] \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g}$$

$$28,45 = f(0,025) + \zeta_{\text{вен}} \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g}$$

Ҳисоблаш натижасида  $\zeta_{\text{вен}}=63,1$  эканлиги аниқланди. Бу эса, вентилнинг қисман очиклиги ҳолатига тўғри келади.

1-1 жадвал

|                                           |       |       |       |        |       |        |
|-------------------------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| $d_{\text{лев}}, \text{ м}$               | 0,1   | 0,075 | 0,05  | 0,04   | 0,025 | 0,015  |
| $w^2, \text{ м}^2/\text{с}^2$             | 0,067 | 0,113 | 0,255 | 0,3988 | 1,02  | 2,883  |
| Re                                        | 216,6 | 274,4 | 413,0 | 515,4  | 825,5 | 1374,3 |
| $\lambda$                                 | 0,295 | 0,233 | 0,155 | 0,124  | 0,078 | 0,047  |
| $f(d), \text{ м}$                         | 0,098 | 0,305 | 1,560 | 3,790  | 25,10 | 194,1  |
| $H + \frac{P_0}{\rho \cdot g}, \text{ м}$ | 28,45 | 28,45 | 28,45 | 28,45  | 28,45 | 28,45  |

1-4. Сут биринчи қаватда ўрнатилган резервуардан иккинчи қаватга кўтарилаётган бўлса, ушбу резервуарда қандай миқдорда вакуум ҳосил қилиш керак? Умумий сўриш баландлиги 5 м (гидравлик қаршилиқларни инобатга олмаса ҳам бўлади). Сутнинг нисбий зичлиги 1,03.

#### Е ч и ш:

-Маълум баландликка суюқликни кўтариш учун зарур вакуум миқдори ушбу формуладан топилади:

$$p_v = \rho \cdot g \cdot (10 - H_v) = 1030 \cdot 9,81 \cdot (10 - 5) = 49500 \text{ Па}$$

1.1. Пахта ёғининг нисбий зичлиги 0,92. қанд эритмасиники 1,23, узум шарбатиники эса 0,7. Халқаро бирлик системаси (СИ) да уларнинг зичлиги қанча бўлади?

1.2. Сульфат кислота ишлаб чиқувчи заводнинг қурилиш минорасадаги U - симон ўлчагичда сийракланиш қиймати 3 см ни кўрсатапти. U-симон манометрга зичлиги  $1800 \text{ кг/м}^3$  бўлган  $\text{H}_2\text{SO}_4$  тўлдирилган. Агарда барометрик босим 750 мм.с.м.уст. бўлса, минорадаги абсолют босим (Па) қиймати ҳисоблансин.

1.3. Суюқлик билан тўлдирилган қувурдаги манометр 0,18  $\text{кг·к/см}^2$  босимни кўрсатапти. Труба ичида сув ёки  $\text{CCl}_4$  бўлганда, очик пьезометрдаги суюқлик манометр уланган сатҳдан қандай баландлик  $h$  га кўтарилади?

1.4. Мазутнинг идишдаги баландлиги 7,6 м (1.6-расм). Мазутнинг нисбий зичлиги 0,96. Резервуарнинг тубидан 800 мм баландликда диаметри 760 мм бўлган тешик қопқоқ жойлаштирилган. У 10 мм ли болтлар билан қотирилган. Болтлар учун узлишга рухсат этилган кучлаиш  $700 \text{ кг·к/см}^2$  бўлса, зарур бўлган болтлар сонини аниқланг. Ундан ташқари, мазутнинг резервуар остига кўрсатаётган босимини ҳам топинг.

1.5. Қўл гидравлик прессининг диаметри 40 мм ли кичик поршенига таъсир этаётган куч миқдори 589 Н. Агар қатта поршен диаметри 300 мм бўлса, кучлар йўқотилишини ҳисобга олинмаса, прессланаётган кунгабоқар мағзига таъсир этаётган куч аниқлалсин.

1.6. Температураси  $30^\circ\text{C}$  ли оливка ёғининг динамик қовушоқлик коэффиценти 80 мПа·с га ва нисбий зичлиги 0,91 тенг. Кинематик қовушоқлик коэффиценти топилсин.

1.7. Совитгич диаметри 20x2 мм ли 19 та трубадан иборат. Совутгичнинг трубалараро бўшлиғи диаметри 57x3,5 мм трубадан ясалган бўлиб, ундан 1,4 м/с тезликда қанд қиёми оқиб ўтмоқда. Қанд қиёми пастдан юқорига қараб ҳаракат қилганда, совутгич трубалари ичидаги тезлиги аниқлансин.

1.8. Диаметри 16x1,5 мм ли 379 та трубадан иборат иссиқлик алмашиниш қурilmасидан  $6400 \text{ м}^3/\text{соат}$  миқдорида,  $P=3 \text{ кг·к/см}^2$  босим остида азот ўтмоқда ( $0^\circ\text{C}$  да ва 760 мм.с.м.уст. деб ҳисоблаб). Азот иссиқлик алмашиниш қурилмасига  $120^\circ\text{C}$  да кириб  $30^\circ\text{C}$  да чиқиб кетмоқда. Азотнинг иссиқлик алмашиниш

трубаларига кириш ва улардан чиқиш тезликларини аниқлаш керак.

1.9. Халқа, квадрат, тўғри тўртбурчак, тенг ёнли учбурчак қўндаланг кесимли қувурлар учун умумий қўринишда гидравлик радиусини аниқланг.

1.10. Кожух-трубали иссиқлик алмашинини қурилмаси труба лараро бўшлиғининг эквивалент диаметрини аниқлаш керак. Қурилма диаметри 38x2,5 мм. ли 61 та трубалардан ташкил топ-  
дан. Кобиғ (кожух) нинг ички диаметри 625 мм.

1.11. "Труба ичида труба" иссиқлик алмашинини қурилман: нг трубаси ичида оқаётган этил спиртининг ҳаракат режимини аниқлаш керак. Қурилманинг ички трубасининг диаметри 57x3 мм ва ташқи труба диаметри 96x3,5 мм, этил спирти сарфи 3,6 м<sup>3</sup>/соат, температураси 20°C.

1.12. Диаметри 64x3 мм ли зангламайдиган юқори сифатли Х18Н10Г пулатдан ўсалган трубадан 32 т/соат массавий сарф би-  
лан азот кислотаси ҳайдалмоқда. Суюқлик йўналишида трубада нормал вентил, тусик, 110° бурчак остида 2 та тирсак ва 90° бур-  
чакли 2 та тирсак ўрнатилган. Трубанинг 64 м ли узунлиқдан бўлағида босимнинг йўқотилиши ҳисоблансин.

1.13. 150 м ли трубада суюқлик ҳаракатланишида босимнинг йўқотилиши ҳисоблансин. Труба ичида ҳаракат қилаётган суюқлик йўлида диаметри 68x4 мм дан 52x3 мм гача тўсатдан то-  
райиш, сўнг 2 та жумрак ва 2 та 90° ли тирсак қаршиликлар мав-  
жуддир. Трубадан 60°C температурада 1,4 м/с тезликда хлорбен-  
зол ҳаракат қилмоқда.

1.14. Насос қурилмаси 5 м<sup>3</sup>/соат сарфда концентрацияси 25% ли кальций хлор (CCl<sub>4</sub>) ни 32 м баландликда жойлашган резер-  
вуарга узатмоқда. Труба диаметри 50x2,5 мм, узунлиги 74 м, тез-  
лиги 1,8 м/с га тенг. Аралашма зичлиги 1200 кг/м<sup>3</sup>, қовушоқлик  
коэффиценти 1,8 сП. Суюқлик йўлида 3 тирсак (90° бурчак ос-  
тида R<sub>0</sub>/d=4) ва 2 та вентил бор. Агарда ф.и.к.= 0,65 га тенг  
бўлса, қувватнинг сарфи ҳисоблансин.

1.15. Насос қурилмаси соатига 35 м<sup>3</sup> сувни диаметри 60x2,5 мм  
ли трубадан 44 м баландликка узатиб бермоқда. Труба тармоғида  
3 та силлиқ тирсак ва 2 та вентил бор. Трубанинг узунлиги 95 м.  
Агарда насоснинг ф.и.к.= 0,6 га тенг бўлса, сарф бўлаётган қувват  
аниқлансин.

1.16. Диаметри 50x2,5 мм бўлган трубадан температураси 40°C  
ли аммиак (26%) 5 т/соат массавий сарф билан оқиб ўтаётганда,

труба ўқидаги маҳаллий тезлик аниқлансин. Ҳамма ҳисоблар ўртача тезлик учун ҳам бажарилсин ва ҳаракат режими топилсин.

1.17. 50% ли глицерин 65х3 мм ли трубадан 22 т/соат миқдорда оқиб ўтмоқда. Суюқлик температураси 80°C бўлганда оқимнинг ҳаракат режими ва ўртача тезлигини топинг. Ундан ташқари, труба марказида (ўқида)ги маҳаллий тезлик ҳам аниқлансин.

1.18. Температураси 60°C булган 18 т/соат миқдорда оқиб ўтаётган  $\text{CCl}_4$  суюқлигининг ўртача тезлиги ва ҳаракат режими топилсин. Труба ўқидаги маҳаллий тезлик ҳам аниқлансин. Трубанинг диаметри 62х2 мм.

1.19. Температураси 80°C ва ўртача тезлиги 2,1 м/с бўлган метил спирти "труба ичидаги труба" типдаги ниссиқлик алмашиниш қурилмасининг ички трубаси ичида ҳаракатланмоқда. Агар труба диаметри 50х2,5 мм лиги маълум бўлса, суюқликнинг сарфи ва труба ичидаги маҳаллий тезлик аниқлансин.

1.20. Температураси 75°C ва тезлиги 1,3 м/с бўлган бензол диаметри 65х2,5 мм ли тўғри труба орқали ҳаракатлангандаги босимнинг йўқотилиши аниқлансин. Трубанинг умумий узунлиги 42 м ва суюқлик йўлида 2 та оддий вентиллар жойлашган.

1.21. Умумий узунлиги 115 м ли трубада 1 та нормал вентил, 1 та задвижка, тешиги 10 мм ва қалинлиги 5 мм ли диафрагма, ҳамда 90° мм ли 2 та тирсак жойлашган. Труба диаметри 57х3,5 мм Трубадан соатига 25 тонна 80% ли глицерин оқиб ўтаётганда, босим йўқотилиши аниқлансин.

1.22. Диаметри 60х3 мм ли труба орқали тезлиги 1,8 м/с ва температураси 40°C бўлган сирка кислотаси ҳаракатланса, унинг ички ишқаланишидаги босим йўқотилиши аниқлансин. Бу ҳисоблар труба узунлиги 10 м ва 100 м бўлганда кўриб чиқилсин.

1.23. 70% ли сирка кислотасини 14 т/соат массавий сарфда насос орқали узатишмоқда. Трубанинг ўлчамлари: диаметри 53х2,5 мм га, узунлиги эса 88 м. Умумий босимнинг йўқотилиш қиймати 77 м га тенг. Агарда суюқлик 18 м баландликка кўтариб берилиши лозим бўлса, қурилманинг ф.и.к. = 0,7 га тенг бўлса, сарфлачадиган қувват миқдори ҳисоблаб топилсин.

1.24. Трубадан нисбий зичлиги 0,9 ва температураси 60°C бўлган какао ёғи узатишмоқда. Трубанинг радиус-буғурлиги  $r = 0,9$  мм, узунлиги  $l = 200$  м, баландлиги  $H = 8$  м, суюқлик сарфи  $V_c = 0,001$  м<sup>3</sup>/с ва босими 250 кПа бўлса, унинг диаметри ҳисоблаб топилсин.

1.25. Диаметри 38х3 мм ли трубадан соатига 20°C ли 5 т

узум суслоси оқиб ўтмоқда. Суюқлик тезлиги ва оқиш режими аниқлансин.

1.26. Нисбий зичлиги 1,31 тенг қанд қиёми очик цилиндрик идишга қуйиб қўйилган. Унинг маълум бир нуқтасига ўрнатилган манометр  $p_{орт} = 0,4 \text{ кг-к/см}^2$  ни кўрсатаётган бўлса, шакар қиёмининг сатҳи ушбу манометр ўрнатилган нуқтадан қандай баландликда бўлади?

1.27. 2 м/с тезликда «Олмалиқ» пивоси змеевикда оқиб ўтаётган пайтидаги босимнинг йўқотилиши аниқлансин. Змеевик диаметри 43x3 мм ли трубадан ясалган ва унинг ўрама олиннинг диаметри 1,5 м га ўрамалар сони 6 та. Пивонинг ўртача температураси 20°C.

1.28. Зичлиги  $1032,5 \text{ кг/м}^3$  ва динамик қовушоқлик коэффициентини  $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Па-с}$  бўлган сут ўзгармас сатҳли идишдан реакторга табиий ҳолда оқиб тушмоқда. Идишдаги сутнинг сатҳи реакторга кираётган жойидан 5 м юқоридир. Оқиб тушаётган труба диаметри 57 мм, узунлиги 18 м, труба қувурида 4 та тирсак ва кранлар ўрнатилган. Идиш ва реактордаги босим атмосфера босимига тенг. Юқорида қайд этилган шарт-шароитларда, идишдан реакторга энг кўп сиб тушадиغان сут миқдори топилинсин.

1.29. Температураси 5°C, дажмий сарфи  $18 \text{ м}^3/\text{соат}$  бўлган миқдордаги сут корхона цехидан омбордаги резервуарга юборилмоқда. Труба қувурининг узунлиги 25 м. Унда 90°ли ( $R_{бур} = 50 \text{ см}$ ) 5 та тирсак бор. Труба қувурининг диаметри ва гидравлик қаршилиги аниқлансин.

1.30. Сут биринчи қаватда ўрнатилган резервуардан иккинчи қаватга узатилаётган бўлса, ушбу резервуарда қандаи миқдорда вакуум ҳосил қилиш керак? Умумий сўриш баландлиги 8 м (гидравлик қаршиликларни инобатга олмаса ҳам бўлади). Сутнинг нисбий зичлиги 1,032.

## КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ N1

Температураси  $t = A^\circ\text{C}$  ва босими  $p = B \text{ кг-к/см}^2$  бўлганда В модданинг зичлиги Халқаро бирлик системаси (СИ)да аниқлансин. Атмосфера босими 760 мм.с.и.м.уст. деб олинсин.

| Параметр | Ўлчов<br>бирлиги     | Шифрнинг охириги рақами бўйича вариантлар |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
|----------|----------------------|-------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
|          |                      | 1                                         | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9   | 0   |
| A        | °C                   | 20                                        | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 150 |
| B        | кг·к, с <sup>2</sup> | 3                                         | 20 | 4  | 8  | 10 | 15 | 30 | 30 | 12  | 2   |

| Параметр | Шифрнинг охиридан олдинги рақами бўйича вариантлар |    |                |                  |                 |                 |                 |                |                 |                               |
|----------|----------------------------------------------------|----|----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------------------------|
|          | 1                                                  | 2  | 3              | 4                | 5               | 6               | 7               | 8              | 9               | 0                             |
| B        | N <sub>2</sub>                                     | Ag | H <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> O | NO <sub>2</sub> | SO <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> | γ <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> |

## КОНТРОЛ ТОНШИРИҚ N2

Диаметри 38x3 мм ли трубадан соатига G тонна ва температураси t°С бўлган N суюқлик эқиб ўтмоқда. Суюқликнинг оқим режими ва ўртача ҳаракат тезлигини аниқланг.

| Параметр | Ўлчов<br>бирлиги                                                                                                                                            | Шифрнинг охириги рақами бўйича вариантлар |     |      |     |     |      |      |      |      |      |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|------|
|          |                                                                                                                                                             | 1                                         | 2   | 3    | 4   | 5   | 6    | 7    | 8    | 9    | 0    |
| G        | T                                                                                                                                                           | 0,54                                      | 0,9 | 1,08 | 1,8 | 3,6 | 1,44 | 1,08 | 0,72 | 0,36 | 0,18 |
| t        | °C                                                                                                                                                          | 20                                        | 25  | 30   | 35  | 40  | 45   | 50   | 55   | 60   | 70   |
| N        | пахта ёғи, вино, сут, пиво, этил спирти, қанд қиёми, нефть, бензин, мазут, HNO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , симос, HCl, глицерин, то: ол |                                           |     |      |     |     |      |      |      |      |      |

## СУЮҚЛИКЛАРНИ УЗАТИШ ВА СИҚИШ

### Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқликлар

Кимё ва озиқ-овқат саноатларида барча тармоқларида суюқликлар горизонтал ва вертикал трубалар орқали узатилади. Сув, нефть, бензин, ёғ-мойлар, сут, вино, пиво ва бошқа суюқликларни узатиш учун мўлжалланган машиналар насослар дейилади. Электр двигателнинг механик энергиясини суюқликнинг узатилиш энергиясига айлантирувчи ва унинг босимини оширувчи ва гидравлик машиналар насослар деб аталади. Трубаларнинг бошланғич ва охириги нуқталаридаги босимлар фарқи трубалардан суюқликнинг оқиши учун ҳаракатлантирувчи куч ҳисобланади.

Насослар асосан икки турга: динамик ва ҳажмий насосларга бўлинади. Динамик насосларда суюқлик ташқи куч таъсирида ҳаракатга келтирилади. Насос ичидаги суюқлик насосга кириш ва чиқиш трубалари билан узлуксиз боғланган бўлади. Суюқликка таъсир қиладиган кучнинг турига кўра, динамик насослар парракли ва ишқаланиш кучи ёрдамида ишлайдиган насосларга бўлинади. Саноатда суюқликларни сиқилган газ (ёки ҳаво) ёрдамида узатиш учун газлифтлар ва монтежюлар ҳам ишлатилади.

### Насоснинг асосий параметрлари

Насоснинг вақт бирлиги ичида узатиб берадиган суюқликнинг миқдорида иш унумдорлиги (ёки сарфи) дейилади  $Q$ , ( $\text{м}^3/\text{с}$ ).

1. Вақт бирлигида сўрилган суюқлик ҳажми  $Q$  ни насоснинг сарфи деб аталади. Сўриш  $\text{м}^3/\text{с}$ ,  $\text{л}/\text{с}$  ва бошқа birlikларда ўлчанади.

Марказдан қочма насосларнинг сарфи қуйидагича ҳисобланади:

$$Q = w_1 \cdot (\pi \cdot d_1 - \delta \cdot z) \cdot b_1 \cdot \sin \beta_1 \quad (2.1)$$

ёки

$$Q = w_2 \cdot (\pi \cdot d_2 - \delta \cdot z) \cdot b_2 \cdot \sin \beta_2$$

$w_1, w_2$  - иш ёлдирагига кириш ва чиқишдаги нисбий тезликлар;

$d_1, d_2$  - насос гидрагининг ички ва ташқи диаметрлари;

$\delta$  - насос куракларининг қалинлиги;

$z$  - кураклар сони;

$b_1, b_2$  - куракларининг кириш ва чиқишдаги эни;

$\beta_1, \beta_2$  - куракларининг кириш ва чиқишдаги эгрилик бурчаклари.

Энг содда поршенли насоснинг сарфи ушбуга тенг:

$$Q = F \cdot L \cdot \frac{n}{60} \quad (2.2)$$

бу ерда  $F$  - поршен кўндаланг кесимининг юзаси;  $L$  - поршеннинг юриши (бир бориб келишда бир томонга юрган йўлининг узунлиги);  $n$ -поршеннинг бир минутда бориб келиш сони (ёки кривошип-шатунли механизмнинг айланиш сони).

Кўп йўлли поршен насосининг сарфи

$$Q = F \cdot L \cdot \frac{n}{60} \cdot i \quad (2.3)$$

бу ерда  $i$  - насос цилиндрларининг сони.

Икки йўлли бир поршенли насоснинг сарфи:

$$Q = (2 \cdot F - f) \cdot L \cdot \frac{n}{60} \quad (2.4)$$

бу ерда  $f$  - шток кўндаланг кесимининг юзаси,  $m^2$ .

2. Насосдан ўтаётган суюқлик оқимин олган солиштирма энергияси насоснинг босими деб аталади ва суюқлик устунининг метрлари ҳисобида ўлчанади.

$$H = H_r + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + h_{ym} \quad (2.5)$$

$h_{ym} = h_c + h_x$  - трубанинг умумий гидравлик қаршилиги;

$H_r = H_c + H_x$  - геометрик баландлик.

3. Насоснинг вақт бирлигида бажарган иши унинг қуввати дейилади. Қувватнинг ўлчов бирлиги [Вт] ва қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$N_{\phi} = \gamma \cdot Q \cdot H = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (2.6)$$

Насоснинг ўқидаги қуввати фойдали қувватдан каттароқ бўлади, яъни:

$$N_e = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_H} \quad (2.7)$$

Марказдан қочма насосларнинг ҳосил қилган босими ишчи ғилдиракларининг айланиш тезлигига боғлиқ бўлади. Насос ишга туширилишидан илгари сўриш трубаси, иш ғилдираги ва қобик узатилаётган суюқлик билан тўлдирилади. Агар иш ғилдираги билан қобик ораларида бўшлиқ бўлса, ишчи ғилдирагининг айланиш натижасида етарли сиқиракланиш ҳосил бўлмайди.

Насоснинг иш унумдорлиги, напор, истеъмоқ қиладиган қуввати иш ғилдиракларининг айланиш частотасининг ўзгаришига боғлиқ бўлади, яъни: айланишлар частотаси  $n_1$  дан  $n_2$  га ортса, унинг иш унумдорлиги, напори ва истеъмоқ қиладиган қуввати қуйидагича ўзгаради:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \quad \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3; \quad (2.8)$$

Иш ғилдиракларининг айланишлар частотаси  $n$  ўзгармас бўлганда насос иш унумдорлиги  $Q$  нинг напори  $H$  насоснинг ўз қуввати  $N$  ва фойдали иш коэффициенти  $\eta_H$  билан ўзаро график усулидаги боғлиқлиги насосларнинг ҳарakterистикаси деб юрилади.

Газларни сиқиш ва узатиш учун компрессор машиналардан фойдаланилади. Худди суюқликлар каби, газлар ҳам босимлар фарқи бўлганидагина узатилади. Сиқилган газ босими  $P_2$  нинг сиқилмаган газ босими  $P_1$  га нисбати сиқиш даражаси дейилади.

1. Вентиляторларда  $P_2/P_1 < 1,1$  — кўп миқдордаги газларни узатиш учун фойдаланилади.

2. Газодувкалар  $1,1 < P_2/P_1 < 3$  — газ трубаларида катта қаршилик бўлганида ишлатилади.

3. Компрессорлар  $P_2/P_1 > 3$  — юқори босим ҳосил қилиш учун ишлатилади.

4. Вакуум насослар босими атмосфера босимидан паст бўлган газларни сўриш учун ишлатилади. Ишлаш принципага кўра компрессорлар ҳажмий ва парракли бўлади. Газнинг ҳажми, босими ва температураси ўртасидаги боғланиш

$$\left(P + \frac{a}{b^2}\right) \cdot (v - b) = R \cdot T \quad (2.9)$$

$P$  - газнинг босими,  $\text{Н/м}^2$ ;  $v$  - газнинг золиштирма ҳажми  $\text{м}^3/\text{кг}$ ;  $R = 8314/\text{М}$  - газларнинг универсал константаси,  $\text{Ж/кг} \cdot \text{с}$ ;  $\text{М}$  - молекуляр масса,  $\text{кг/кмоль}$ ;  $T$  - температура,  $\text{К}$ .

$a$  ва  $b$  коэффициентларнинг лиқдори қўлланмаларда берил-  
маса, у критик температура  $T_{кр}$ , ва босим  $P_{кр}$  орқали қуйидагича  
топилади:

$$a = \frac{27 \cdot R^2 \cdot T_{кр}^2}{64 \cdot P_{кр}} \quad (2.9a)$$

$$b = \frac{R \cdot T}{8 \cdot P_{кр}}$$

Вентиляторлар. Газни паст босимда узатиш учун мўлжалланган  
машиналар вентиляторлар дейилади. Марказдан қочма вентиля-  
торларнинг характеристикалар худди марказдан қочма насослар-  
никига ўхшаш бўлади. Шунинг учун вентиляторлар насослар ка-  
би пропорционаллик қонунига бўйсунди.

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{\eta_p} = \frac{Q \cdot \Delta P}{\eta_p} \quad (2.10)$$

бу ерда  $\eta_p$  - вентиляторнинг фойдали иш коэффициенти, уза-  
тиш йўлидаги барча сарфларни ҳисобга олади;  $\Delta P$  - босимлар  
фарқи.

Вентиляторларнинг ҳажмий самарадорлиги юқори бўлганлиги  
учун унинг ўлчамлари ҳам катта бўлади. Вентилятор ўқидаги  
қувват қуйидаги тенглама орқали ҳисобланади.

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{1000 \cdot \eta} \quad (2.11)$$

$Q$  - иш унумдорлиги,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $H$  - напор,  $\text{м}$ ,  $\rho$  - газ зичлиги  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $\eta_p$  - ф.и.к. (вентиляторнинг аэродинамик хусусиятига кўра танла-

нади).

Бу олинган қувват формулалари насоснинг суёқликка берган энергиясини ифодаловчи фойдали қувватни беради. Амалда эса двигателнинг ўқни (вални) айлантиришга сарфлаган қуввати бу қийматга кўра кўп бўлади.

4. Фойдали қувватнинг валга берган қувватга нисбати насоснинг фойдали иш коэффициенти ф.и.к. деб аталади.

$$\eta = \frac{N_{\phi}}{N} \quad (2.12)$$

Буни назарга олганда, суёқликни сўриш учун ишлатилган умумий қувват двигателга сарфланган қувватга тенг

Умумий қувват қуйидаги формуладан топилади:

$$N_{\text{ом}} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_H \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{ом}}} \quad (2.13)$$

Насос қурилмаларини ўрнатиш учун зарур бўлган қувват қуйидагича аниқланади:

$$N_{\text{в}} = \beta \cdot N_{\text{ом}}$$

бу ерда  $\beta$  - қувватнинг захира коэффициенти ва унинг қийматлари 2.1-жадвалда келтирилган

2.1-жадвал

| $N_{\text{дв}} \text{ кВт}$ | < 1     | 1-5     | 5-50     | > 50 |
|-----------------------------|---------|---------|----------|------|
| $\beta$                     | < 2-1,5 | 1,5-1,2 | 1,2-1,15 | 1,1  |

Бир поғонали компрессорда 1 кг газни адиабатик сиқиш пайтидаги назарий иш  $L$  (Ж/кг) миқдори қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланиши мумкин:

$$L_{\text{н}} = \frac{1}{k-1} \cdot P_1 \cdot V_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] = \frac{1}{k-1} \cdot RT_1 \cdot \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (2.14)$$

$$L_{ao} = i_2 - i_1 \quad (2.15)$$

Адиабатик сиқиш жараёни охиридаги газнинг температураси ушбу тенгламадан топилади:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (2.16)$$

(2.14-2.16) формулаларда:

- $k$  - адиабата кўрсаткичи;
- $P_1$  ва  $P_2$  - газнинг бошланғич ва охириги босими, Па
- $V$  - газнинг бошланғич шароитидаги солиш-  
ирма ҳажми, яъни  $P_1$  ва  $T_1$  бўлганда,  
м<sup>3</sup>/кг;
- $i_1$  ва  $i_2$  - газнинг бошланғич ва охириги энтальпия  
лари, Ж/кг;
- $R = 8310/\text{М}$  - газ константаси, Ж/кг·К;
- $M$  - газнинг моляр массаси.

$G = 1$  кг газни бошланғич  $P_1$  босимдан охириги  $P_2$  босимга бир поғонада сиқиш пайтида компрессорнинг двигатели истеъмол қиладиган қувват  $N$  (кВт) ушбу тенгламада ҳисобланади:

$$N = \frac{G \cdot L}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta} = \frac{G \cdot (i_1 - i_2)}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta} \quad (2.17)$$

$\eta$  - компрессор қурилмасининг ф.и.к.

Оддий поршенли компрессор иш унумдорлиги  $\zeta$  (м<sup>3</sup>/с) ушбу тенгламадан топилади:

$$Q = \lambda \cdot \frac{F \cdot S \cdot n}{60} \quad (2.18)$$

бу ерда  $\lambda$  - ўлчамсиз узатиш коэффициенти;

$F$  - поршен юзаси, м<sup>2</sup>;

$S$  - поршен ҳаракатининг узунлиги, м;

$n$  - айланиш частотаси, айл/мин.

Узатиш коэффициент:

$$\lambda = (0,8 - 0,95) \cdot \lambda_0 \quad (2.19)$$

Формуладиги  $\lambda_0$  - компрессорнинг ҳажмий ф.и.к. ва у қуйидагича аниқланади:

$$\lambda_0 = 1 - \varepsilon_0 \cdot \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] \quad (2.20)$$

бу ерда  $\varepsilon_0$  - цилиндрнинг зарарли ҳажмининг поршен ҳаракат ҳажмига нисбати.

$m$  - зарарли бўшлиқда қолиб кетган газ кенгайишининг политрона кўрсаткичи.

Кўп поғонали компрессорда 1 кг газни сиқиш пайтида теъриий иш  $L$  (Ж/кг) миқдори қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$L_{\text{от}} = n \cdot P_1 \cdot V_1 \frac{k}{k-1} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] = n \cdot R \cdot T_1 \frac{k}{k-1} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (2.21)$$

ёки

$$L_{\text{от}} = \Delta i_1 + \Delta i_2 + \dots + \Delta i_n \quad (2.22)$$

бу ерда  $n$  - сиқиш поғоналари сони;

$\Delta i_1, \Delta i_2, \dots$  - 1, 2, ... поғоналар учун газнинг энтальпияларининг фарқи.

Кўп поғонали компрессор истеъмол қиладиган қувват (2.17) формула орқали ҳисобланади. Айрим ҳолларда, ҳавони сиқиш компрессорларининг қувватини аниқлаш учун ушбу формуладан ҳам фойдаланилади:

$$N = \frac{1,68 \cdot G \cdot L_{\text{от}}}{3600 \cdot 1000} = \frac{1,68 \cdot R \cdot T_1 \ln \frac{P_{\text{от}}}{P_1}}{3600 \cdot 1000} \quad (2.23)$$

1,68 - амалий йўл билан аниқланган коэффициент ва у

ҳақиқий ва изотермик сиқишдаги фарқни ҳисобга олади.

Кўп поғонали поршенли компрессор иш унумдорлиги, 1-поғонасининг иш унумдорлиги орқали аниқланади.

Поғоналар орасида босимнинг йўқотилиши ҳисобга олинмаса, сиқиш поғоналарининг сони ушбу тенглама орқали ҳисобланса бўлади:

$$x^n = \frac{P_{ox}}{P_1} \quad (2.24)$$

унда

$$n = \frac{\lg P_{ox} - \lg P_1}{\lg x} \quad (2.25)$$

бу ерда  $x$  - бир поғонада сиқиш даражаси.

## → МИСОЛЛАРНИ ИШЛАШ НАМУНАСИ

2-1. Шестернали насос шестернасининг 12 та тиши бўлиб, унинг эни 42 мм. Ҳар бир тишнинг кўндаланг кесимининг юзаси қўшни шестернанинг ташқи айланаси билан чегараланган бўлиб 980 мм<sup>2</sup> тенгдир. Насоснинг иш унумдорлиги 0,312 м<sup>3</sup>/мин бўлса, насоснинг узатиш коэффициентни аниқлансин.

**Э ч и ш:**

Шестернали насоснинг иш унумдорлиги ушбу формула орқали ҳисоблаб топилади:

$$Q = \eta_v \cdot \frac{2 \cdot f \cdot b \cdot z \cdot n}{60}$$

Назарий узатилган суюқлик миқдори:

$$Q = 2 \cdot f \cdot b \cdot z \cdot n / 60 = 2,0,00096 \cdot 0,042 \cdot 12 \cdot 440 / 60 = 0,00708 \text{ м}^3/\text{с}$$

Ҳақиқий узатилган суюқлик миқдори:

$$Q = 0,312 / 60 = 0,0052 \text{ м}^3/\text{с}$$

Бунда, узатиш коэффициенти қуйидагига тенг бўлади.



$$P = (3,8 + 1,013) \cdot 91 \cdot 10^4 = 474000 \text{ Па}$$

Сўриш трубасидаги босим

$$P_{суп} = (0,76 - 0,21) \cdot 133,33 \cdot 1000 = 73300 \text{ Па.}$$

Насос ҳосил қилаётган босим

$$H = \frac{474000 - 73300}{1000 \cdot 9,81} + 0,41 + \frac{1,98^2 + 1,45^2}{2 \cdot 9,81} = 41,3 \text{ м.с.у.в.уст.}$$

2-3. 1200 айл/мин. айланиш частотасига эга бўлган марказдан  
очма насос тажриба вақтида қуйидагича кўрсаткичга эга бўлган:

|        |        |      |
|--------|--------|------|
| Q, л/с | 10,80; | 21,2 |
| H, м   | 25,80; | 25,4 |
| N, кВт | 7,87;  | 10,1 |

Ҳайдалаётган суюқликнинг солиштирма зичлиги 1,12 га тенг.  
Насоснинг ф.и.к. ҳисоблансин.

**Е ч и ш:**

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{1000 \cdot \eta}$$

формуладан

$$\eta = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{1000 \cdot N}$$

Суюқлик зичлиги  $\rho = 1120 \text{ кг/м}^3$ .

$$\eta_1 = \frac{1120 \cdot 9,81 \cdot 25,80 \cdot 0,01}{1000 \cdot 7,8} = 0,36$$

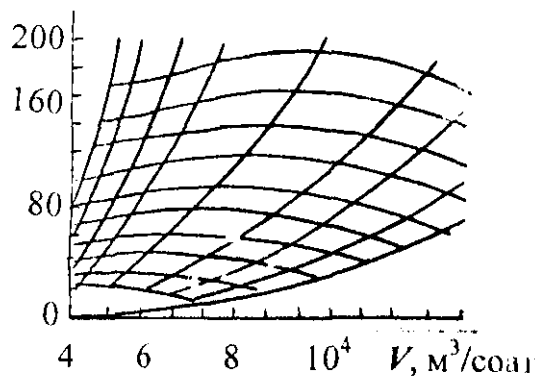
$$\eta_2 = \frac{1120 \cdot 9,81 \cdot 25,40 \cdot 0,02}{1000 \cdot 10,1} = 0,55$$

Насоснинг характеристикалари 2.2-расмда келтирилган.

$H$ , мм. сув уст.

2-3. Агарда вентиляторнинг иш унумдорлиги 10000 м<sup>3</sup>/соатдан 6600 м<sup>3</sup>/соатгача камайтирилса, марказдан қочма вентиляторнинг дроселлаши натижасида истеъмол қилаётган қуввати несибоб топилсин.

Вентиляторнинг айланиш суръати  $\omega = 145$  рад/с, фойдали иш коэффициенти  $\eta = 0,4$ , ва  $\Delta p = 1000$  Н/м<sup>2</sup>.



2.2-расм. Марказдан қочма типидagi вентиляторнинг характеристикаси

**Е ч и ш:**

Бойланиш берилган асосан истеъмол қилаётган қувват қиймати

$$N = \frac{Q \cdot \Delta p}{1000 \cdot \eta} = \frac{10000 \cdot 1000}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,4} = 5,8 \text{ кВт}$$

Ўзгартириш туфайли бурчак тезлиги доимий бўлган ҳолда,

$$\eta_1 = 0,5, \Delta p_1 = 1300 \text{ Н/м}^2, L_1 = 6600 \text{ м}^3/\text{соат}$$

$$N = \frac{6600 \cdot 1300}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,5} = 4,7 \text{ кВт}$$

Иш унумдорлиги 6600 м<sup>3</sup>/соат бўлганда,

$$\omega = 145 \cdot \frac{6600}{10000} = 95 \text{ рад/с}$$

Бу қийматга  $\Delta p_2 = 450$  Н/м<sup>2</sup>, ф.и.к. = const = 0,4. Бу ҳолда ис-

$$N_s = \frac{6600 \cdot 450}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,4} = 2,0 \text{ кВт}$$

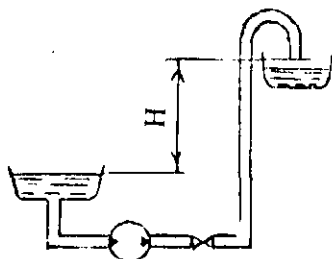
Бу қиймат эса аявалыдан бирмунча кичик қийматни ташкил этади.

2-5. Ҳажмий сарфи  $3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ , температураси  $50^\circ\text{C}$  бўлган томат пастаси труба қувири орқали узатилмоқда. Труба қувириининг узунлиги 60 м, диаметри 0,1 м,  $R_{\text{фур}}/d = 3$ , кўтарилиш баландлиги  $h_r = 5 \text{ м}$ , зичлиги  $\rho = 1070 \text{ кг/м}^3$  (2.3-расм). Ушбу миқдордаги томат пастани узатиш учун насос қандай босим бериши керак?

Е ч ч и ш:

Масалани ишлатиш кўйидаги кетма-кетликда олиб бориладиган:

1) I-I ва II-II кесимлар учун насос бераётган  $H$  напорни ҳисобга олган ҳолда Бернулли тенгламаси ёзилди (2.3-расм):



2.3-расм. Томат пастасини узатиш схемаси (2-5 масалага оид)

$$H = \left( \zeta_{\text{суп}} + 2 \cdot \zeta_{90^\circ} + \zeta_{180^\circ} + \alpha \right) \frac{w^2}{2 \cdot g} + \frac{\Delta p}{l} \cdot \frac{l}{\rho \cdot g} + h_r =$$

$$h_r + \frac{\Delta p}{l} \cdot \frac{l}{\rho \cdot g}$$

2) Труба қувириининг узунлиги бўйича маҳаллий қаршиликлар мавжудлиги сабабли, яъни 2 та вентил қаршилиги учун 0,2 м, 180° ли бурилиш учун 3 м га, 90° ли тирсак учун 1,5 м га узати-  
лишини керак. Бунда, қувириининг эквивалент узунлиги

$$l_1 = 60 + 2 \cdot 1,5 + 3,0 + 0,2 = 66,2 \text{ м}$$

61 - жағдайга асосан, чизіккі интерполяциядан фойдаланиб,  
 $\Delta p / l = 8 \text{ кПа/м}$  лигини аниқлай аыз.

3) Топилган маълумотларни Бернуллі тенгламасига қўйиб,  
 қўйидаги натижани оламиз:

$$H = 5 + 8,0 \cdot \frac{66,2}{1070 \cdot 9,8} \cdot 10^3 = 5 + 50,5 = 55,5 \text{ м}$$

2-6. Айланиш частотаси  $23 \text{ с}^{-1}$ , тўлиқ напори 22 м, ҳажмий  
 сарфи  $5 \text{ м}^3/\text{соат}$  бўлган насоснинг кавитация ва тез юрувчанлик  
 коэффициентларини, ҳамда истеъмол қилаётган қуввати ҳисоблаб  
 чиқилсин. Суюқлик зичлиги  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

Ечили:

Истеъмол қилинаётган қувват ушбу йўл билан топилади:

$$N = \frac{5 \cdot 22 \cdot 1030 \cdot 9,81}{3600 \cdot 10^3 \cdot 0,2} = 1 \text{ кВт}$$

Тез юрувчанлик коэффициенти эса қўйидаги формула орқали  
 ҳисобланади:

$$\eta_{\text{тж}} = \frac{13140 \cdot n \cdot \sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H^3}} = \frac{13140 \cdot 23 \cdot \sqrt{0,00138}}{\sqrt[4]{22^3}} = 1092,7$$

Кавитация коэффициентини эса ушбу тенгламадан топиш  
 мумкин:

$$\begin{aligned} v &= 0,00123 \cdot \frac{(3600 \cdot n^2 \cdot Q)^{0,66}}{H} = \\ &= 0,00123 \cdot \frac{(3600 \cdot 23^2 \cdot 0,00138)^{0,66}}{22} = 0,011 \text{ м} \end{aligned}$$

Ҳисоблаб топилган  $N$ ,  $\eta_{\text{тж}}$  ва  $v$  параметрларнинг сон  
 қиймаглари шуни кўрсатадики, насоснинг ишлаш режими sanoat  
 анқисини қўллаш учун ҳавфсиздир

2-7. Ҳаво қувурлари орқали 12 м/с тезликда ҳаво ўтмоқда. Ҳавонинг ушбу тезликда ҳаракат қилиши учун керакли напор миқдори аниқлансин.

**Е ч и ш:**

$$\Delta p = \frac{\rho \cdot w^2}{2 \cdot g}$$

Унда

$$\Delta p = \frac{1,29 \cdot 12^2}{2 \cdot 9,81} = 9,5 \text{ мм.с.у.в.уст.}$$

2-8. Ҳаво қувури орқали вентилятор ёрдамида  $w=15$  м/с тезликда  $Q=2,5$  м<sup>3</sup>/с ҳажмий сарфда ҳаво узатилмоқда.

Ҳаво қувурининг диаметри ва зарур напор миқдорлари топилсин. Қувурдаги 2та тирсак  $R/D=2$  нисбатда тайёрланган.

**Е ч и ш:**

Ҳаво қувурининг диаметри ушбу формуладан аниқланади:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,5}{3,14 \cdot 15}} = 0,47 \text{ м}$$

Ҳаво оқимининг ҳаракат режимини ҳисоблаймиз:

$$Re = \frac{w \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{15 \cdot 0,47 \cdot 1,29}{18,3 \cdot 10^{-6}} = 5,05 \cdot 10^5$$

Демак ҳаво ҳаракати турбулент оқиш режимига тўғри келади.  $Re > 10^5$  бўлгани учун, ишқаланиш коэффиценти ушбу формуладан ҳисобланади:

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}} = 0,0032 + \frac{0,221}{505000^{0,237}} = 0,013$$

Берилган миқдордаги ҳавони узатиш учун зарур умумий нисбат

қуйидаги теңламадан аниқланади:

$$\Delta p = \frac{\rho \cdot w^2}{2 \cdot g} \cdot \left( 1 + \lambda \cdot \frac{1}{D} + \sum \zeta \right) + \rho \cdot H$$

бу ерда  $L=4+6+3=13\text{м}$  — труба қувурининг узунли. и.

$$\sum \zeta = 2 \cdot 0,15 = 0,3$$

$$\Delta p = \frac{1,29 \cdot 15}{2 \cdot 9,8} \cdot \left( 1 + 0,013 \cdot \frac{13}{0,47} + 0,3 \right) + 1,29 \cdot 6 = 32 \text{ мм.с.у.в.уст.}$$

2-9. Вентилятор ўқи  $n=500$  айл/мин бўлганда  $0,8 \text{ м}^3/\text{с}$  миқдорда ҳаво оқиб ўтмоқда. Ҳаво қувурида ҳосил бўлган босим  $\Delta p=32 \text{ мм.с.у.в.уст.}$  тенг. Агарда, вентилятор ўқининг айланиши  $700$  айл/мин гача ортса, унинг ҳажмий сарфи ва зарур қувватлаш топилсин.

**Е ч и ш:**

Айланиш сони  $n=500$  айл/мин бўлса, сарфланаётган қувват миқдори қуйидаги формуладан аниқланади:

$$N = \frac{Q \cdot \Delta p}{102} = \frac{0,8 \cdot 32}{102 \cdot 0,5} = 0,5$$

бу ерда  $\eta=0,5$  — вентилятор ф.и.к.

Вентилятор ўқининг айланиши  $n_2 = 700$  айл/мин.гача қўнайса, унинг иш унумдорлиги қуйидагича ўзгаради:

$$Q_2 = Q_1 \frac{n_2}{n_1} = 0,8 \cdot \frac{700}{500} = 1,12 \text{ м}^3/\text{с}$$

Бу айланиш сонига мос қувват миқдори эса,

$$N_2 = N_1 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^3 = 0,5 \cdot \left( \frac{700}{500} \right)^3 = 2,2 \text{ кВт}$$

## НАСОС ҚУРИЛМАЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ

1. Иш режимлари маълум системаларнинг конструктив ўлчамларини, насосларни ва насосларнинг турларини танлаш;
2. Труба қувури учун ишлаётган насоснинг режим параметрларини ҳисоблаш;
3. Насосни ўрнатиш жойини аниқлаш;
4. Насос-труба қувури системасининг иш параметрларини ростлаш.

Юқорида қайд қилинган ишларнинг самарадорлиги аниқ билиш учун насоснинг қуйидаги параметрларини ҳисоблаш зарур:

- а) насоснинг тўлиқ напори  $H$  ни аниқлаш;
- б) Бернулли тенгламаси ёрдамида труба қувури учун зарур напор  $H_{\text{зар}}$  ҳисоблаб топилади;
- в) насоснинг фойдали қуввати  $N_{\text{ф}}$  аниқланади;
- г) насоснинг фойдали иш коэффициентини  $\eta_n$  ҳисобланади;
- д) сўриш баландлиги  $h_{\text{сўр}}$  ҳисобланади;
- е) берилган иш унумдорлиги ва зарур напор  $H_{\text{зар}}$  га қараб насос танланади. Насоснинг характеристикаси ва  $H_{\text{зар}}=H$  (ишчи нукта) системанинг кесилиш нуктаси максимал ф.и.к. дан юқоридаги қийматларига тўғри келиши керак;
- ж) кавитация ҳолати бошланадиган критик сўриш баландлиги, бошланғич сўриш пайти  $v_{\text{сўр}}=0$  учун ҳисобланади.

## КОНТРОЛ МАСАЛАЛАР

2.1. Насос 30% ли сульфат кислотани бир жойдан иккинчи жойга узатиб бермоқда. Узатиш трубасидаги манометр кўрсаткичи  $1,8 \text{ кгк/см}^2 (0,18 \text{ МПа})$ , сўриш трубасидаги вакуумметр кўрсаткичи 29 мм.с.м.уст. Манометр вакуумметрдан 0,5 м баландда жойлашган. Сўриш ва узатиш трубаларининг диаметрилари бир хил. Насос ҳосил қилаётган напорни аниқланг.

2.2. Насос атмосфера босими остидаги резервуардан,  $37 \text{ кгк/см}^2 (\sim 3,7 \text{ МПа})$  босимга эга, нисбий зичлиги 0,79 бўлган этил спирти қурилмага узатилмоқда. Кўтарилиш баландлиги 16 м. Сўриш ва узатиш трубаларининг умумий қаршилиги 65,6 м. Насос ҳосил қилаётган умумий напор топилин.

2.3. Насос нисбий зичлиги 0,91 га тенг бўлган ниста ёғи  $380 \text{ дм}^3/\text{мин.}$  ҳажмий сарф билан узатмоқда. Насос двигатели ниста ёғи қилаётган қуввати 2,5 кВт. Умумий напор 30,8 м. Насос қурилмасининг фойдали иш коэффициентини аниқланг.

2.4. Нисбий зичлиги 1,16 га тенг бўлган суюқликни насос  $14 \text{ дм}^3/\text{с}$  миқдордаги сарф билан узатмоқда. Умумий напор 58 м. Насоснинг ф.и.к. = 0,64, узатишнинг ф.и.к. = 0,97, электродвигателнинг ф.и.к. = 0,95. Ўрнатилиши керак бўлган двигател қуввати қандай бўлади?

2.5. Денгиз сатҳидан 300 м баландликда жойлашган заводда поршенли насос ўрнатилган бўлиб, умумий суриш баландлиги бўйича йўқотилган напор қиймати 5,5 м.с.м.уст.ни ташкил этади. Геометрик сўриш баландлик 3,6 м га тенг. Сувнинг қайси максимал температурасида, суюқликни сўрилиши мумкин бўлмайди?

2.6. Плунжер босиб ўтадиган масофа 480 мм, айланмалар сони минутига 60 га тенг. Узатиш коэффициенти эса 0,85. Плунжерли насоснинг поғонаси плунжернинг ҳар бир томонига узатаётган суюқлик миқдорини ва дифференциал поршенли насоснинг иш унумдорлигини (сарфини) қуйидаги шарҳлар бўйича аниқланг. Поғонали плунжер, катта диаметри 340 мм, кичини эса 240 мм га тенг.

2.7. Икки томонлама ишлайдиган поршенли насос, диаметри 3 м ва баландлиги 2,6 м бўлган идишни 26,5 минутда тўлдирмоқда. Насос плунжерининг диаметри 180 мм, штокнинг диаметри 50 мм, кривошип радиуси эса 145 мм. Айланмалар частотаси минутига 55 га тенг. Насоснинг узатиш коэффициенти

тини тошинг.

2.8. Бир минутда айланиш частотаси 1800 бўлган марказдан қочма насос температураси  $30^{\circ}\text{C}$  бўлган сувни соатига  $140\text{ м}^3$  миқдорда узатиб бериши керак. Насос ўрнатилган жойдаги ўртача атмосфера босими  $745\text{ мм.с.м.уст.ни}$  ташкил этади. Сўриш тармоғидаги тўла йўқотилган напор миқдори  $4,2\text{ м}$  га тенг. Рухсат этилган назарий сўриш баландлигини аниқланг.

2.9. Умумий напори  $85,4\text{ Па}$  ( $85\text{ мм. сув уст.}$ ) га тенг бўлган, иш унумдорлиги минутига  $110\text{ м}^3$  бўлган вентиляторга қандай қувватли электродвигател ўрнатиш керак бўлади. Вентилятор ф.и.к. =  $0,47$  га тенг.

2.10. Айланиш частотаси минутига  $960$  га тенг бўлган марказдан қочма вентилятор, соатига  $3200\text{ м}^3$  миқдорда ҳаво узатиш пайтида истеъмол қилаётган қуввати  $0,8\text{ кВт}$  га тенг. Вентилятор ҳосил қилаётган босим  $44\text{ м.с.м.уст.ни}$  ташкил этмоқда. Айланниш частотаси минутига  $1250$  гача кўнайтирилса, иш унумдорлиги, босим ва истеъмол қилаётган қувват миқдори қандай бўлади. Ундан ташқари, вентиляторнинг ф.и.к. ҳам аниқлансин.

2.11. Газ аралашмисининг массавий концентрацияси  $\mu = 0,2$ . Тоза ҳаво сарфи  $V = 5500\text{ м}^3/\text{соат}$  ва трубалар тармоғидаги босим йўқотилиш  $P_{\text{халио}} = 1250\text{ Н/м}^2$  бўлганда, вентилятор қуввати ҳисоблаб топилсин.

2.12. Водородни бир ва икки поғонали сиқиш пайтида босим  $1,5$  дан  $17\text{ атм.}$  (абсолют) гача кўтариш учун назарий иш миқдори ҳисоблансин. Водороднинг бошланғич температураси  $20^{\circ}\text{C}$  га тенг.

2.13.  $4,5\text{ атм.}$  босимда сиқилган ҳаво узатилиши лозим. Массавий сарфи  $80\text{ кг/соатга}$  тенг. Агарда цилиндр диаметри  $180\text{ мм}$ , поршен йўлининг узунлиги  $l = 200\text{ мм}$  ва айланиш частотаси  $240\text{ айл/мин}$  бўлса, бир поғонали компрессордан шу шароитда ишлатиш мумкинми. Цилиндрнинг зарарли, бўш ҳажми  $5\%$  ни ташкил этади. Ҳажмий кенгайиш коэффициентининг қиймати  $1,25$  тенг.

2.14. Труба қувурининг узунлиги  $80\text{ м}$ , диаметри  $0,15\text{ м}$ ,  $R_{\text{свр}}/d = 3$ , кўтарилиш баландлиги  $h_t = 6\text{ м}$ . Зичлиги  $\rho = 1070\text{ кг/м}^3$ , массавий сарфи  $4 \cdot 10^{-3}\text{ м}^3/\text{с}$  ва температураси  $t = 55^{\circ}\text{C}$  бўлган томат паста узатиш учун насос труба қувурининг бошида қандай напор бериши керак?

2.15. Узунлиги  $30\text{ м}$  ва диаметри  $0,15\text{ м}$  бўлган труба қувури орқали конфет массаси узатишмоқда. Унинг сарфи  $0,35 \cdot 10^{-3}\text{ м}^3/\text{с}$ ,

$\gamma = 7,0 \text{ л/с}$ ,  $\mu = 110 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ,  $\tau_0 = 630 \text{ Па}$ . Агарда труба қувури горизонтал бўлса, насоснинг напори қандай бўлиши керак?

2.16. Роторли насос  $0,8 \text{ МПа}$  ортиқча босимда ўсимлик ёғини бир хил сатҳли идишдан  $2 \text{ та}$  юқорида турган идишга узатмоқда. Идишлардаги суюқлик сатҳларининг фарқи  $16 \text{ м}$  га тенг. Агарда, ёғиннинг қовушқоқлик коэффициентини  $\mu = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ , зичлиги  $\rho = 910 \text{ кг/м}^3$ , насоснинг ф.и.к.  $\eta_n = 0,80$ , сўриш трубасининг узунлиги  $l_{\text{сўр}} = 3 \text{ м}$ , узатиш трубасиники эса  $l_{\text{уза}} = 5 \text{ м}$  бўлса, ёғини  $Q_c = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$  ҳажмий сарфда узатиш учун насоснинг напори ва қуввати қанча бўлиши керак?

2.17. Икки томонлама ишлайдиган плунжерли насос соатига  $20 \text{ м}^3$  сутини узатмоқда. Плунжер диаметри  $125 \text{ мм}$ , штокининг диаметри эса  $40 \text{ мм}$ , кривошип радиуси  $130 \text{ мм}$  ва насоснинг кривошип-шатун механизмининг частотаси  $70 \text{ айл/мин}$ . Ушбу насоснинг узатиш коэффициентини аниқлансин.

2.18. Ҳажмий сарфи  $1,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ , температураси  $30^\circ\text{С}$  бўлган олма юресини труба орқали узатилмоқда. Труба қувурининг узунлиги  $25 \text{ м}$ , диаметри  $0,205 \text{ м}$ ,  $R_{\text{бур}}/d = 4$ , кўтарилиш баландлиги  $h_c = 3 \text{ м}$ , зичлиги  $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$ .

Юқорида қайд этилган ҳажмий сарфдаги юресини узатиш учун насос қандай босим бериши керак?

2.19. Ф.и.к.  $\eta_n = 0,5$ , тўлиқ напори  $16 \text{ м}$  га тенг оддий, горизонтал насос соатига  $12 \text{ тонна}$  оқ мускат виносини узатмоқда. Ушбу насос двигателининг қувватини ҳисоблаб толинг.

2.20. Марказдан қочма типдаги насоснинг ишчи гилдирли  $0,12 \text{ м}$  ва унинг частотаси  $2880 \text{ айл/мин}$ . Ушбу насос ҳосил қилаётган напор қийматини толинг. Напор коэффициенти  $\varphi = 0,7$ , гидравлик ф.и.к.  $\eta_q = 0,65$  га тенг деб қабул қилиш мумкин.

2.21. Агарда, марказдан қочма типдаги насоснинг айланишлар сопи  $2950$  дан  $2500 \text{ айл/мин}$  гача камайтирилса, унинг қуввати қанчага насаяди. Ўзгартириш киритилгунга қадар, ишлайётган насос қуввати  $3 \text{ кВт}$  эди.

2.22. Айланиш частотаси  $23 \text{ с}^{-1}$ , тўлиқ напори  $22 \text{ м}$  ва ҳажмий сарфи  $5 \text{ м}^3/\text{соат}$  бўлган насоснинг кавитация ва тез юрувчанлик коэффициентларини, ҳамда истеъмол қилинаётган қуввати ҳисоблаб топилсин. Суюқлик зичлиги  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

### КОНТРОЛ ТӨПШИРИҚ №3

Сувни узатиш учун мўлжалланган маркадан қочма типдаги насос қуйидаги техник характеристикаларга эга:  $Q_1 = 45 \text{ м}^3/\text{соат}$ ;  $H_1 = 36 \text{ м}$ ;  $N_1 = 58 \text{ кВт}$ ;  $n_1 = 760 \text{ айл/мин}$ . Агар, ушбу насоснинг айланишлар сонини  $n_2$  га ўзгартирилса, унинг иш унумдорлиги, напори ва қуввати қанчага ортади? Насоснинг ф.и.к. ҳам ҳисоблаб чиқилсин.

| Параметр | Ўлчов бирлиги | Шифрнинг охириги рақами бўйича вариантлар |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|----------|---------------|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
|          |               | 1                                         | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 0   |
| $N_2$    | айл/мин       | 1400                                      | 1440 | 2880 | 3600 | 2500 | 2900 | 1200 | 1260 | 3200 | 960 |

### КОНТРОЛ ТӨПШИРИҚ №4

Газнинг температураси  $t_1$ , босими  $P_1$  бўлган D газни адиабатик сиқилиш натижасида унинг босими  $P_2$  гача кўтарилди. 1 кг газни адиабатик сиқишга сарфланган иш ва унинг температураси  $t_2$  ҳисоблаб топилсин.

| Параметр | Ўлчов бирлиги       | Шифрнинг охириги рақами бўйича вариантлар |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------|---------------------|-------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|          |                     | 1                                         | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 0   |
| $t_1$    | °C                  | 20                                        | 0   | 10  | 15  | 30  | 5   | 35  | 40  | 0   | 10  |
| $P_1$    | кгк/см <sup>2</sup> | 0,5                                       | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 1,8 | 1,4 | 0,6 | 0,2 | 0,8 | 1,3 |
| $P_2$    | кгк/см <sup>2</sup> | 2                                         | 3   | 10  | 15  | 3,5 | 4,5 | 2,5 | 20  | 30  | 40  |

| Параметр | Газ | Шифрнинг охиридан аввалги рақами бўйича вариантлар |                |      |                |                |                 |                 |                 |                                |   |
|----------|-----|----------------------------------------------------|----------------|------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|---|
|          |     | 1                                                  | 2              | 3    | 4              | 5              | 6               | 7               | 8               | 9                              | 0 |
| D        | Ar  | NH <sub>3</sub>                                    | N <sub>2</sub> | ҳаво | O <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> | NO <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> |   |

**ЧЎКТИРИШ, ФИЛЬТРАШ, ЦЕНТРИФУГАЛАШ,  
МАВҲУМ ҚАЙНАШ ҚАТЛАМИНИНГ ГИДРОДИНАМИКАСИ,  
АРАЛАШТИРИШ,  
ЧЎКТИРИШ**

*Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар.*

а) Оғирлик кучи таъсирида чўктириш.

1. Тинч ҳолатдаги чегараланмаган муҳитда шарсимон заррачаларни чўктириш жараёнини критериял шаклда изоҳлаш учун қуйидаги ўхшашлик критерийлари қўлланилиши мумкин: Архимед  $Ar$ , Лященко  $Ly$  ва Рейнольдс  $Re$ .

Критериял боғлиқликнинг энг қулай ва тўғри кўриниши  $Ly=f(Ar)$  дир.

2. Агар критерийлар қиймати  $Ar < 3,6$ ;  $Ly < 2 \cdot 10^{-3}$ ;  $Re < 0,2$ , бўлса, яъни чўктириш ламинар режимда олиб борилганда Стокс томонидан шарсимон заррачаларнинг чўктириш тезлиги  $w_c$  (м/с) қуйидаги назарий формула таклиф этилади:

$$w_c = \frac{g \cdot d^2 \cdot (\rho_k - \rho)}{18 \cdot \mu} \quad (3.1)$$

Газли муҳитда зарраларни чўктириш учун (3.1) формула қуйидагича соддалашган кўринишга эга.

$$w_c = \frac{g \cdot d^2 \cdot \rho_k}{18 \cdot \mu} \quad (3.2)$$

бунда  $\rho < \rho_k$  бўлгани учун  $\rho$  ни ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

$d$  - шарсимон заррача диаметри, м;  $\rho_k$  - заррача зичлиги  $\text{кг/м}^3$ ;  $\rho$  - муҳит зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\mu$  - муҳитнинг динамик қовушоқлик коэффициенти, Па·с; яъни  $\text{Н·с/м}^2$ , ёки  $\text{кг/(м·с)}$

Стокс формуласини  $Ar$  ва  $Ly$  критерийларининг сон қийматлари катта бўлганда ҳам қўллаш мумкин.

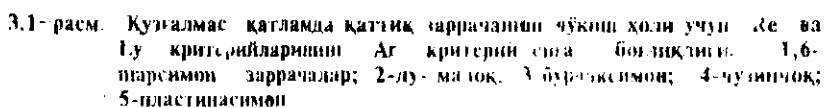
3. Умумийлаштирилган ҳолатда тинч чегараланмаган муҳитда шарсимон заррачаларни чўктириш қуйидагича булади.

Архимед критерийси қуйидаги формуладан аниқланылади

$$Ar = Ga \cdot \frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{Re^2}{Fr} \cdot \frac{\rho_k - \rho}{\rho} = \frac{g \cdot d^3 (\rho_k - \rho)}{\mu^2} \quad (3.3)$$

Галлей критерийси: Газли муҳитда чўктириш учун:

$$Ga = \frac{Re^2}{Fr} \quad Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot \rho_k \cdot \rho}{\mu^2}$$



Аниқланган  $Ar$  критерияси бўйича  $Re$  ва  $Ly$  критерийлари аниқланади (3.1 расм):

$$Ly = \frac{Re^2}{Ar} = \frac{Re \cdot Fr \cdot \rho}{\rho_k - \rho} = \frac{w_k^3 \cdot \rho^2}{\mu \cdot (\rho_k - \rho) \cdot g} \quad (3.4)$$

ёки

$$Ly = \frac{w_k^2 \cdot \rho}{g \cdot \rho_k \cdot \mu}$$

Кейин эса чўктириш тезлиги ҳисобланади

$$w = \frac{Re \cdot \mu}{\rho \cdot d} \quad (3.5)$$

4. Чўктириш тезлиги маълум бўлса, шарсимон заррача диаметри тескари йўл билан аниқланади, яъни Лященко критерийси орқали ҳисобланади.

$$w_q = \frac{w_k^3 \cdot \rho}{\mu \cdot g \cdot (\rho_k - \rho)} \quad (3.6)$$

Ундан сўнг Архимед критерийси 3'-расмдан аниқланади.

6. Чанг ўтказиш камераси ёки суспензия (аралашма) учун тиндиргичнинг чўктириш юзаси  $F$  қуйидаги формуладан аниқланади:

$$F_q = \frac{V}{w_q} \quad (3.7)$$

$V$  - қурилма чўктириш юзасига параллел ҳолда утаётган суюқликнинг ажмий сарфи,  $m^3/c$ ;  $w_q$  - заррачанинг ўртача ҳисобий чўктириш тезлиги,  $m/c$ .

7. Узлуксиз ишлайдиган тиндиргич учун (3.7) формула

қуйидаги қўринишга эгадир:

$$F_v = \frac{G_0 \cdot \left(1 - \frac{c_0}{c_o}\right)}{\rho \cdot w_v} \quad (3.8)$$

$F$  - тиндиргичнинг чўктириш юзаси,  $m^2$ ;

$G_0$  - бошланғич концентрацияли суспензиянинг массавий сарфи,  $кг/с$ ;

$c_0$  - бошланғич суспензия таркибидаги қаттиқ фаза концентрацияси  $кг/кг$ ;

$c_o$  - қуюқлаштирилган суспензия таркибидаги қаттиқ фазанинг массавий концентрацияси,  $кг/кг$ ;

$\rho$  - тозаланган суюқлик зичлиги,  $кг/м^3$ ;

$w_v = 0,5 \cdot w_q$  - чўқиш тезлиги,  $м/с$ ;

Чўктириш қурилмаларининг иш унумдорлиги қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\Pi = \frac{F \cdot h}{\tau} = F \cdot w \quad (3.9)$$

бу ерда  $F$  - чўқиш юзаси ёки резервуарнинг қўндаланг кесими,  $m^2$ ;  $h$  - суюқлик устунининг баландлиги,  $м$ ;  $\tau$  - чўктириш вақти,  $с$ .

Шарсимон шаклга эга бўлмаган заррачаларнинг чўқиш тезлиги, шарсимон заррачаларникига қараганда камроқ бўлади. Шунинг учун, бу хилдаги заррачаларнинг чўқиш тезлиги ушбу тенгламадан топилади:

$$w_v = \varphi \cdot w_q \quad (3.10)$$

$\varphi$  - заррача шаклига боғлиқ тузатиш коэффициенти.

3.1 - жадвал

| Заррача шакли  | $\varphi$ |
|----------------|-----------|
| Думалоқсимон   | 0,77      |
| Бурчакли       | 0,66      |
| Чўзинчс        | 0,58      |
| Пластинкасимон | 0,43      |

Нотўғри шакли заррачалар одатда эквивалент диаметр орқали ифодаланади:

$$d_s = 1,24 \cdot \sqrt[3]{\frac{M}{\rho}} \quad (3.11)$$

$M$  - заррача массаси, кг;  $\rho$  - зичлик, кг/м<sup>3</sup>.

Қатт...қ жисм фаза миқдори 10% дан кўп бўлган турли жинсли системаларни сиқилган ҳолатдаги чўкиш тезлигини ушбу формуладан топиш мумкин:

$$w_{cy} = w_s \cdot \left[ \sqrt{20,25 \cdot c_0 \cdot (1 - c_0)^3} - 4,5 \cdot c_0 \right] \quad (3.12)$$

$w_s$  - (3.1) формула орқали ҳисоблаб топилади;  $c_0$  - суспензия таркибидаги заррачаларнинг ҳажмий концентрацияси.

## ФИЛЬТРАШ

*Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар.*

$t$  вақтида 1 м<sup>2</sup> филтрлаш юзаси орқали  $\Delta p = \text{const}$  бўлганда

V — филътрлаш ҳажми ва филътрлаш жараёнининг давомийлиги билан боғлиқлигига тенглиги ушбу кўринишга эга:

$$V^2 + 2 \cdot V \cdot C = K \cdot \tau \quad (3.13)$$

бу ерда C — филътр тўсиқнининг гидравлик қаршилигини тавсиф қилувчи филътрлаш доимийси, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>; K — чўкма ва суюқликни физик-кимёвий хоссаларининг ва филътрлаш жараёни режимининг ҳисобга олувчи филътрлаш доимийси, м<sup>2</sup>/с; τ — филътрлаш давомийлиги, с.

K ва C доимийлар тажриба йўли билан аниқланади.

13. Берилган ҳолатдаги филътрлаш тезлиги ушбу тенглама орқали аниқланади:

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{K}{2 \cdot (V + C)} \quad (3.14)$$

ёки (3.14) тенгламани қўйидаги бошқа кўринишда ифода этса бўлади:

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{2 \cdot V}{K} + \frac{2 \cdot C}{K} \quad (3.15)$$

dτ/dV ва V катталиклар орасидаги боғлиқлик тўғри чизикли орқали K ва C доимийликлар тажриба йўли билан аниқланади. Ўлчанган V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, катталикларни абсцисса ўқиға, ордината ўқиға эса Δτ<sub>1</sub>/V<sub>1</sub>, Δτ<sub>2</sub>/V<sub>2</sub> қийматлари қўйилади. Бу олинган нуқталар орқали ўтган тўғри чизик ёрдамида K ва C лар қўйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{2}{K}; \quad m = \frac{2 \cdot C}{K} \quad (3.16)$$

14. η=const бўлганда 1 м<sup>2</sup> филътрлаш юзасига нисбатан олинган филътрлаш доимийси K чўкма солиштирма қаршилиги қўйидагича боғлиқликда бўлади:

$$K = \frac{2 \cdot \Delta p}{\mu \cdot c \cdot r} \quad (3.17)$$

бу ерда  $\Delta p$ -филтрлаш жарёнидаги босимлар фарқи, Па;  $\mu$ -филтратнинг динамик қозушоқлик коэффициенти, Па·с;  $r$ -чўкманинг солиштирма қаршилиги (чўкма таркибидаги 1 кг қаттиқ, қуруқ моддалар ҳисобида), м/кг;  $c$  - филтрлаш юзаси орқали 1 м<sup>3</sup> филтрат утганда ҳосил бўлган қуруқ, қаттиқ модда массаси, кг/м<sup>3</sup>.

15. 3.17 формуладаги  $c$  параметр суспензиянинг концентрацияси  $x$  орқали ифодланиши мумкин:

$$c = \frac{\rho \cdot x}{1 - m \cdot x} \quad (3.18)$$

$x$  - суспензиядаги қаттиқ фазанинг массавий концентрацияси, кг/кг;  $m$  - 1 кг қуруқ модда ҳисобида олинган чўкманинг намлиги, кг/кг.

18. Чўкмадаги қуруқ модда миқдори  $G$  (кг) йиғиб олинган филтрат миқдори  $V$ , унинг зичлиги  $\rho$ , чўкманинг намлиги  $m$ , суспензиядаги қаттиқ зарралар массавий қисми  $x$  боғлиқлик бўлиб, қуйидаги формула ёрдамида ифодаланади:

$$G = V_c = V \cdot \frac{\rho \cdot x}{1 - m \cdot x} \quad (3.19)$$

19. Суспензия таркибидаги қаттиқ фаза конценурация  $x$  унинг зичлиги  $\rho_c$  га боғлиқ бўлиб, ушбу формула орқали топилади:

$$x = \frac{(\rho_c - \rho) \cdot \rho_k}{(\rho_k - \rho) \cdot \rho} \quad (3.20)$$

20. Суспензия зичлиги эса:

$$\rho = \frac{n+1}{\frac{1}{\rho_k} + \frac{1}{\rho}} = \frac{\rho \cdot (1+n) \cdot \rho_k}{\rho + \rho_k^2} \quad (3.21)$$

$x$  - суспензия таркибдаги қаттиқ фазанинг массавий концен-трацияси, кг/кг;  $\rho_c$  - суспензия зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho$  - суюқ фаза зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_k$  - қаттиқ фаза зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $n$  - суспензия-даги бир қисм қаттиқ фаза оғирлигига тўғри келадиган суюқ фаза оғирлиги ( $K:C=1:n$ ).

Узлукли ишлайдиган филтрларнинг иш унумдорлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$\Pi = \frac{V}{\sum \tau} \quad (3.22)$$

$V$  - филтрат ҳажми, м<sup>3</sup>;  $\tau$  - филтрлаш жараёни бир цикли-нинг вақти, с.

$$\sum \tau = \tau_\phi + \tau_{\text{ерл}} \quad (3.23)$$

$\tau_\phi$  - филтрлаш вақти, с;  $\tau_{\text{ерл}}$  - филтрни жараёнга тайёрлаш ва тўлдириш вақти, с.

Агарда, филтрлаш тезлиги  $w$  маълум бўлса, филтр қурилмасининг иш унумдорлиги

$$\Pi = F \cdot w \quad (3.24)$$

$F$  - филтрлаш юзаси, м<sup>2</sup>;  $w$  - филтрлаш тезлиги, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с (винолар учун  $w = 0,00007 - 0,00025$  м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с).

Керакли филтрлаш пластмалар сони ушбу формуладан аниқланади:

$$n = \frac{F}{f_0} \quad (3.25)$$

$f_0$  - битта пластина юзаси, м<sup>2</sup>.

$$f_0 = (a - 2 \cdot b)^2 \quad (3.26)$$

бу ерда  $a$  - квадрат плита томони, м;  $b$  - плита эни, м.

Зарур филтрлар сони  $z$  пастда келтирилган тенгликдан ҳисоблаб топилади:

$$z = \frac{n}{n_0} \quad (3.27)$$

$n_0$  - битта филтрдаги пластинкалар сони.

Суюқлик томонидан пластинкага тушаётган босим кучи  $p$  ушбу тенгликдан аниқланади:

$$p_n = h \cdot F_{эф} \quad (3.28)$$

$p_n$  - филтрлаш жараёнининг босими, Па;  $F_{эф}$  - плиталарга суюқлик таъсир қилаётган юза, м<sup>2</sup>.

## ЦЕНТРИФУГАЛАШ

### Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар

21. Центрифугалаш пайтида ҳосил бўладиган марказдан қочма куч  $G$  (Н) қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$G = \frac{M \cdot n^2}{R} = M \cdot \omega^2 \cdot R = 40 \cdot M \cdot n^2 \cdot R = 20 \cdot M \cdot n^2 \cdot D \quad (3.29)$$

бу ерда  $M$  - центрифуга барабани эги чўкма ва суюқлик мас-саси, кг;  $\omega$  - бурчак тезлиги, с<sup>-1</sup>;  $D = 2 \cdot R$  - барабан диаметри, м;  $n$  - центрифуга айланиш частотаси, с<sup>-1</sup>.

Центрифугалаш пайтида филтрлаш босими қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$\Delta p_\mu = 20 \cdot \rho \cdot n^2 \cdot (R_1^2 - R_2^2) = 5 \cdot \rho \cdot n^2 \cdot (D_2^2 - D_1^2) \quad (3.30)$$

бу ерда  $\rho_c$  - суспензия зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ ;  $D_1 = 2R_1$  - суюқлик ички қатламининг диаметри, м;  $D_2 = 2R_2$  - барабаннинг ички диаметри, м;  $n$  - центрифуганинг частотаси,  $\text{с}^{-1}$ .

Центрифугала ҳосил бўлаётган марказдан қочма кучлар миқдорининг оғирлик кучи тезланишдан неча марта кўплигини кўрсатувчи катталик ажратиш коэффициентни дейилади:

$$k_a = \frac{\omega^2}{R \cdot g} \approx 20 \cdot Fr_v \quad (3.31)$$

$R$  - барабан радиуси, м;  $\omega$  - айланаётган барабаннинг бурчак тезлиги,  $\text{с}^{-1}$ .

Центрифуга барабанининг ва уни юргизиш пайтида юклаш инерциясига сақ бўладиган қувват  $N$  (Вт), ушбу тенгламадан топилади:

$$N_1 = \frac{T_1 + T_2}{\tau} \quad (3.32)$$

$\tau$  - юргизиш пайти давомийлиги, с;  $T_1$  ва  $T_2$  - барабан ва юклаш инерцияси енгилш учун сарф бўладиган иш, Ж.

Валнинг подшипникда ишқаланиши учун сарф бўладиган қувват  $N_2$  (Вт) қуйидагича аниқланади:

$$N_2 = \lambda \cdot M \cdot w_v \cdot g \quad (3.33)$$

бу ерда  $\lambda$  - ишқаланиш коэффициенти, 0,07-0,1 оралиқда бўлади;  $M$  - айланишда иштарок этувчи материаллар оғирлиги, кг;  $w_v$  - вал цапфасининг айланиш тезлиги, м/с.

Барабан деворининг ҳавога ишқаланишида сарф бўладиган қувват  $N_3$  ушбу формуладан ҳисобланади:

$$N_3 = 2,94 \cdot 10^{-3} \cdot \beta \cdot R_2^2 \cdot w_2^3 \cdot \rho_x \quad (3.34)$$

$\rho_x$  - ҳаво зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\beta$  - қаршилик коэффициенти, ўртача қиймати 2,3 га тенг.

Центрифугани юргизиш пайтидаги тулиқ қуввати:

$$N_t = N_1 + N_2 + N_3 \quad (3.35)$$

Узатиш қурилмасининг ф.и.к.  $\eta_y$  ҳисобга олинса, унда

$$N = \frac{N_r}{\eta_y} \quad (3.36)$$

Центрифугаларни ўрнатилган қуввати зарур бўлган қувватдан 10-20 % кўпга қилиб белгиланади.

Ўқтирувчи центрифуга иш унумдорлиги қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$V_y = 25,3 \cdot \eta \cdot L \cdot n^2 R_0^2 \cdot w_y \cdot k \quad (3.37)$$

НОП III типдаги центрифуганинг суспензия бўйича иш унумдорлиги  $V$  ушбу формуладан топилади:

$$V = \frac{3,5 \cdot [D_T^2 \cdot L_T (\rho_k - \rho) \cdot d^2 \cdot n^2]}{\mu} \quad (3.38)$$

$D_T$  ва  $L_T$  - фугатни чиқариш цилиндрининг диаметри ва узунлиги, м;  $d$  - чуқайтган энг кичик заррачалар диаметри, м;  $n$  - роторнинг айланиш частотаси, айл/мин;  $\mu$  - муҳитнинг динамик қорушоқлик коэффиценти, Па·с.

Трубасимон, юқори самарали центрифуга иш унумдорлиги қуйидаги кўринишдаги тенгламадан топилади:

$$V \leq \frac{w \cdot V_c}{h} \quad (3.39)$$

$w$  - заррачаларнинг марказдан қочма куч майдонида чуқиш тезлиги, м/с;  $V_c = 0,785 \cdot (D^2 - D_0^2) \cdot L$  - барабандаги суяқлик ҳажми, м;  $h$  - барабандаги оқим чуқурлиги, м;  $D$  - барабаниннг ички диаметри, м;  $D_0$  - фугатни чиқариш трубасининг диаметри, м.

## МАВҲУМ ҚАЙНАШ ҚАТЛАМИНИНГ ГИДРОДИНАМИКАСИ:

Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқликлар

Қаттиқ жисмлардан иборат кўзга кўринмас қатлам ғоваклиги.

қаттиқ жисмлар эгалламаган бўш ҳажм улушига тенгдир:

$$\varepsilon_0 = \frac{V_k - V}{V_k} \quad (3.40)$$

Агарда қаттиқ заррачалар орасидаги бўшлиқни тўлдириб турган муҳитнинг зичлиги қаттиқ жисмдан жуда кам бўлса, (3.40), тенглама қуйидаги кўринишга олади.

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{\rho_k}{\rho} \quad (3.41)$$

Бу ерда  $V$ ,  $V_k$  - заррачалар ва қатлам ҳажмлари,  $\text{м}^3$ ;  $\rho$ ,  $\rho_k$  - заррача ва қатлам зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Бундай диаметрли шарсимон заррачалардан иборат қўзғалмас қатламнинг амалий ғоваклиги 0,38-0,42 оралиқда бўлади. Ҳисоблаш учун ўртача қиймати 0,4 га тенг деб қабул қилиш мумкин.

Мавҳум қайнаш жараёнида қаттиқ жисмлардан иборат қатламининг ғоваклиги ушбу тенгламадан топилади:

$$\varepsilon = \frac{V_{\text{кат}} - V}{V_{\text{кат}}} \quad (3.42)$$

бу ерда  $V_{\text{кат}}$  - мавҳум қайнаш қатламининг ҳажми,  $\text{м}^3$ .

Мавҳум қайнаш қатламини гидродинамикасининг асосий хара-  
теристикаси —  $\Delta p_{\text{кат}}$  ўзгармаслигидир:

$$\Delta p_{\text{кат}} = \frac{C_{\text{кат}}}{F} = \text{const} \quad (3.43)$$

$C_{\text{кат}}$  - қатламдаги материал с.ирлиги,  $\text{кг}$ ;  $F$  - қўндаланг ке-  
сим юзаси,  $\text{м}^2$ .

Мавҳум қайнаш қатламининг гидравлик қаршилиги қуйидагича аниқланади:

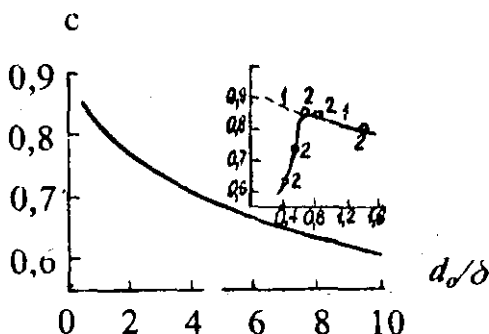
$$\Delta p = g \cdot (\rho_M - \rho) \cdot (1 - \varepsilon) \cdot h = g \cdot (\rho_M - \rho) \cdot (1 - \varepsilon_0) \cdot h \quad (3.44)$$

$h$  ва  $h_0$  — мавҳум қайнаш ва қўзғалмас қатлам баъинликлари,  $\text{м}$ ;  
 $\rho_M$  ва  $\rho$  - материал ва муҳит зичлиги,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Газ тарқатувчи, тўр. лнг гидравлик қаршилиги қуйидаги тенглама орқали топилади:

$$\Delta p_r = \frac{0,503 \cdot w_0^2 \cdot \rho \cdot (1 - \varphi^2)}{C^2} \quad (3.45)$$

бу ерда -  $\varphi = 0,010-0,05$  - газ тарқатувчи тўр тешикларининг улуши;  $w_0 = w/\varphi$  - тешиклар орқали ўтаётган газнинг тезлиги;  $w$  - қурилма қўндаланг кесим юзасига нисбатан ҳисобланган оқим тезлиги, м/с;  $C$  - тўрнинг қаршилиқ коэффиценти,  $d_0/\delta$  нисбатга боғлиқ (3.2 - расмдан топилади);  $d_0$ - тўр тешигининг диаметри, м;  $\delta$  - тўрнинг қалинлиги, м.



3.2-расм. Тўр пардаларнинг қаршилиқ коэффиценти [7]  
1 Г.Хьюмарк ва Х.О. Коннел маълумотлари;  
2-Д.И.Орочко ва бошқалар маълумотлари.

Шарсимон, бир жинсли заррачалар учун биринчи критик тезлик (мавҳум қайнаш бошланиш тезлиги) проф. О.М.Тодес формуласидан топилади.

$$Re_{mk} = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} \quad (3.46)$$

Ушбу тенглама қўзғалмас қатламнинг ғоваклиги  $\epsilon_0 = 0,4$  учун келтириб чиқарилган ва  $\pm 20\%$  хағоликка эга.

$$\begin{aligned} Re_{\text{ук}} &= \frac{w_{\text{ук}} \cdot d \cdot \rho}{\mu} \\ Ar &= \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho_{\text{ж}} - \rho)}{\mu^2} \end{aligned} \quad (3.47)$$

Газлар учун  $\rho = \rho_k$ , унда Архимед критерийи қуйидагича ёзилади:

$$Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot \rho_k}{\rho \cdot \nu^2}$$

Донасимон-тукли (пахта чиқити ва ҳоказолар) ва бошқа қийин сочилувчан материаллар учун мавҳум қайнаш тезлиги проф. Ҳ.С.Нурмухамедов формуласи орқали аниқланади:

$$Re_{\text{ук}} = 0,456 \cdot \left( \frac{Ar}{10^6} \right)^{3,63} \quad (3.48)$$

ёки

$$Re_{\text{ук}} = \frac{\eta \cdot Ar}{1400 + 5,27 \sqrt{Ar}}$$

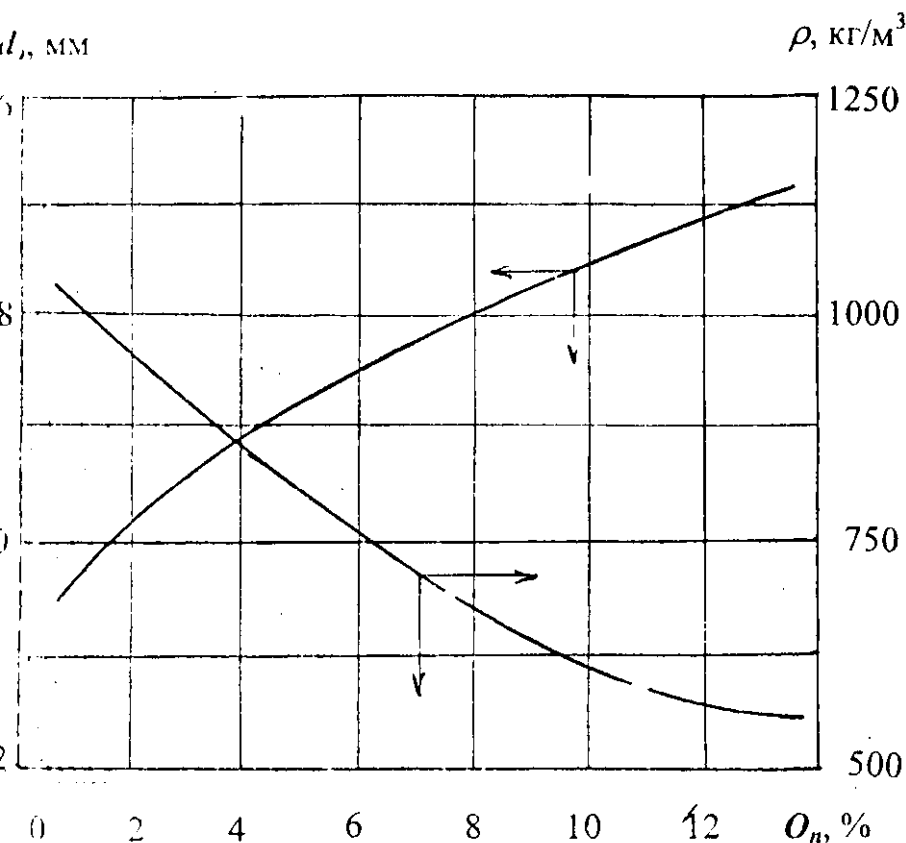
бу ерда  $\eta$  — туқлилик коэффициентини ва у қуйидаги формула ёрдамида топилади:

$$\eta = 1 + 0,43 \cdot 0_n^{0,44} \quad (3.49)$$

Донасимон-тукли материалларнинг учиб чиқиш тезлиги ҳам, проф. Ҳ. С. Нурмухамедов тенгласини ёрдамида аниқлаш мумкин:

$$Re_{\text{ук}} = \frac{\eta^{0,422} \cdot Ar}{20,16 + 0,687 \sqrt{Ar}} \quad (3.50)$$

Донасимон-туқли материалларнинг эквивалент диаметри ва зичлиги 3.3-расмдан олинади.



3.3-рasm. Пахта чигитининг эквивалент диаметри ва зичлигининг унинг ташқи юзасининг туқлилигига боғлиқлиги [30].

Шарсимон бўлмаган заррачаларнинг шаклини белгилловчи катталик  $\Phi$  ҳисобга олган формула ушбу қуриништа эга:

$$\varphi = 0,207 \cdot \frac{F}{V^{0,666}} \quad (3.51)$$

Ушбу заррачалар эквивалент диаметри эса:

$$d_s = \Phi \cdot d, \quad (3.52)$$

бу ерда  $d_{ш}$  - шар диаметри. Ушбу шарнинг ҳажми заррача ҳажмига тенгдир.

Турли диаметрли заррачалардан ташкил топган г.элидисперс қатлам заррачаларининг эквивалент диаметрлари ушбу формуладан топилади:

$$d_s = \frac{1}{\sum_1^n \frac{x_i}{d_i}} \quad (3.53)$$

Мавхум қайнаш қатламининг ф.э.к.т.ти қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$\varepsilon = \left( \frac{18 \cdot Re + 0,36 \cdot Re^2}{Ar} \right)^{0,21} \quad (3.54)$$

Мавхум қайнаш жараёни, мавхум қайнаш сони  $K_w$  проф. Н.А.Шахова формуласидан топилади.

$$K_w = \frac{w}{w_{ук}} \quad (3.55)$$

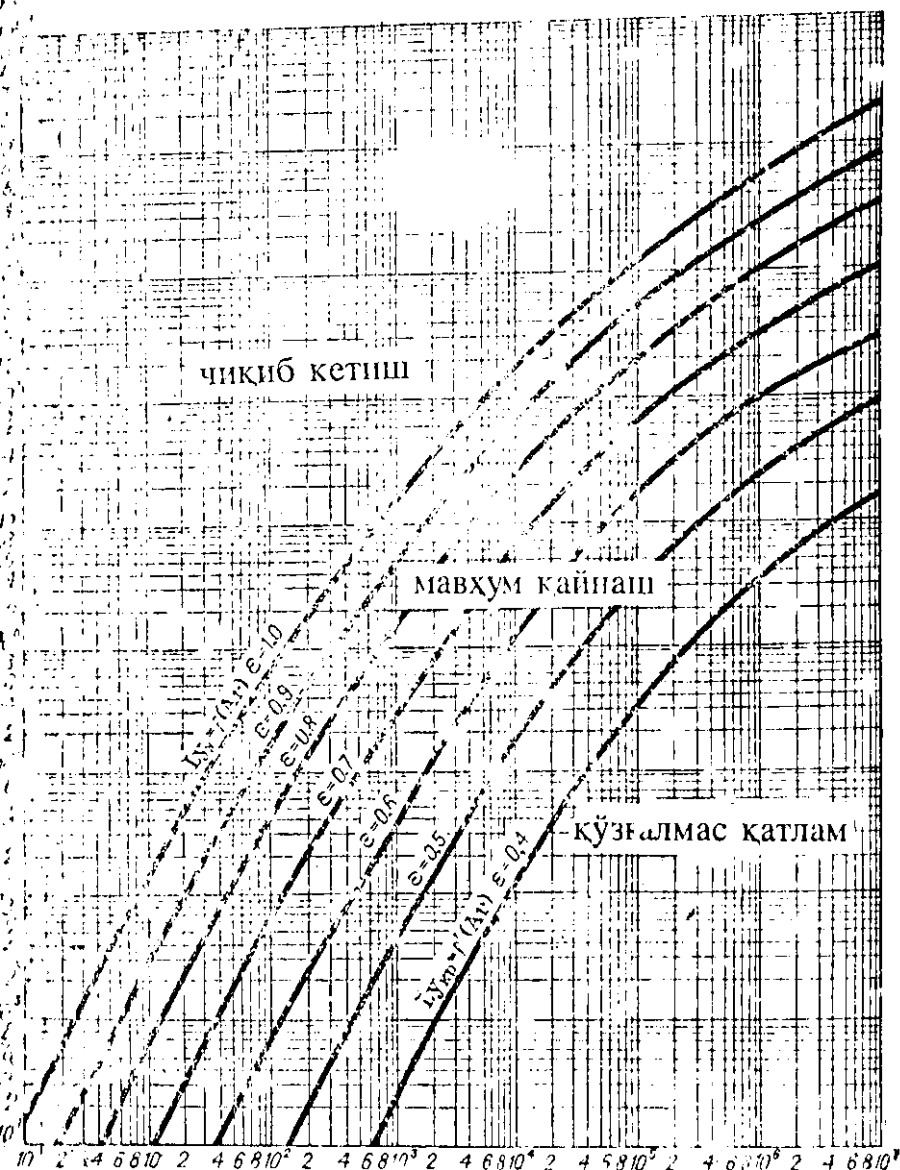
$w$  - оқимнинг ишчи тезлиги, м/с. Ушбу сон заррачаларнинг қатламдаги аралашиш интенсивлигини кўрсатади.

Оқимнинг ҳақиқий тезлиги қуйидаги тенглама билан ифодланади.

$$v_r = \frac{w}{\varepsilon} \quad (3.56)$$

Қаатиқ заррачаларнинг газ ёки суюқлик оқими билан чиқиб кетиш тезлигининг формуласи ҳам проф. О.М.Тодес томонидан келтириб чиқарилган.

$$Re_{qv} = \frac{Ar}{18 + 0,61 \sqrt{Ar}} \quad (3.57)$$



3.4-расм.  $L_y$  критерийсининг  $Ar$  критерийсини ва қатламларнинг ғовақлиги  $\epsilon$  га боғлиқлиги.

3.4 - расмда  $Ly = f(Ag)$  боғлиқлик графигидан говаклиги  $\varepsilon = 0,4$  дан  $\varepsilon = 1,0$  гача бўлган мавхум қатнаш қатлами учун келтирилган. Ушбу график ёрдамида диаметри маълум бўлган заррачалардан иборат қатламда керакли говакликни олиш учун оқим тезлигини топиш керак.

Заррачаларнинг қатламда ўртача бўлиш вақти  $\tau$ :

$$\tau_0 = \frac{M}{G} \quad (3.58)$$

бу ерда  $M$  - қатламдаги материал массаси, кг;  $G$  - қаттиқ материал сарфи, кг/с.

## СУЮҚЛИКЛАРНИ АРАЛАШТИРИШ

### Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар

Ара аштириш жараёни учун гидродинамик ўхшашлик критерийлари қуйидаги кўринишга эга:

$$Re_{\text{м.коч}} = \frac{\rho \cdot n \cdot d^2}{\mu} \quad (3.59)$$

Кувват критерийси:

$$K_N = \frac{N}{\rho \cdot n^3 \cdot d^5} \quad (3.60)$$

Фруд критерийси (марказдан қочма)

$$Fr_{\text{м.коч}} = \frac{n^2 \cdot d}{g} \quad (3.61)$$

Бу критерийларда:  $N$  - аралаштиргич истеъмол қиладиган кувват, Вт;  $\rho$  - суюқлик ёки аралашма зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $n$  - ара-

лаштиргичнинг айланish частотаси,  $c^{-1}$ ;  $d$  - аралаштирувчи қурилма диаметри, м. Узлукли ишлайдиган аралаштиргичларнинг иш унмдорлиги қуйидагича формула орқали топилади:

$$\Pi = \frac{G}{\tau} \quad (3.62)$$

Узлуксиз ишлайдиган аралаштиргичларнинг иш унумдорлиги қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$\Pi = \frac{G_u}{\tau_\delta} \quad (3.63)$$

$G_u$  - аралаштиргичга солинган маҳсулот миқдори, кг ( $m^3$ );  $\tau_\delta$  - аралаштириш цикли вақти, с;

Тургун режимда аралаштириш учун зарур бўлган қувват  $N_1$  қуйидагича аниқланади:

$$N_1 = K_N \cdot \rho \cdot n^2 \cdot d^5 \quad (3.64)$$

Сальникдаги ишқаланиш қушларини енгитиш учун зарур қувват  $N_2$  қуйидаги тенглама билан йфодаланади:

$$N_2 = 1,48 \cdot f \cdot n \cdot d^2 \cdot l \cdot p \quad (3.65)$$

$f$  - ўқнинг сальникга ишқаланиш коэффициенти ( $f=0,2$ );  $l$  - сальник узунлиги, м;  $d$  - аралаштиргич ўқи нинг диаметри, м;  $p$  - қурилмадаги ишчи босим, Па.

Электродвигател ўқидаги номинал қувват,

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta} \quad (3.66)$$

бу ерда  $\eta$  — узатма ф.и.к. ( $\eta = 0,9-0,95$ ).

Муҳитдан аралаштиргич парракларига тушаётган қаршилик кучи

$$p = \frac{M_{\text{аил}}}{r_0 \cdot z} \quad (3.67)$$

формула билан ҳисоблаб топиллади. Бу ерда Майл. - айлантис-  
риш моменти, l м;  $r_0$  - ўқнинг ўртасидан парракнинг учи-  
га бўлган масофа, м; z - парраклар сони.

$$M_{\text{аил}} = \frac{0,163 \cdot N_l}{n} \quad (3.68)$$

Аралаштиргич ўқининг диаметри қуйидагича формуладан то-  
пилади:

$$d = 1,71 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{\text{аил}}}{\sigma_p}} + c \quad (3.69)$$

$\sigma_p$  - ўқнинг айланиши учун рухсат этилган кучланиш, Па;

c - коррозия ва эрозияни ҳисобга олувчи коэффициент, м.

## МИСОЛЛАНИ ИЧЛАШ НАМУНАСИ

3-1. Олхўри ювилганда, зичлиги  $1750 \text{ кг/м}^3$  ва ўлчами 0,4мм.  
бўлган қаттиқ заррачалар 0,4 м қалинликдаги сув қатламидан  
ўтиб, идиш губига чўкиши учун чўктириш қурилмасининг узун-  
лигини қандай бўлиши керак? Сувнинг температураси  $20^\circ\text{C}$ ,  
оқимнинг тезлиги 10 м/с.

**Е ч и ш :**

Чўктириш тезлиги (3.1) формуладан аниқланади:

$$w_v = \frac{9,1 \cdot (0,4 \cdot 10^{-3})^2 \cdot (1750 - 1000)}{18 \cdot 1 \cdot 10^{-3}} = 0,065 \text{ м/с}$$

Заррачаларнинг чўкиши учун керакли вақт эса

$$w_v = \frac{h}{\tau}; \quad \tau = \frac{h}{w_v} = \frac{0,4}{0,065} = 6,15 \text{ с}$$

Чўктириш қурилмасининг узунлиги 1 қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$l = w_v \cdot \tau = 0,065 \cdot 6,15 = 0,4 \text{ м}$$

3-2. Чўкманинг қалинлиги 50 мм ва фильтрпресснинг юзаси  $F=0,1 \text{ м}^2$  бўлганда, температураси  $20^\circ\text{С}$  ли тарыхида 13,9% кальций карбонат сир сувли суспензияни филтратда олинган маълумотлар қуйидаги келтирилган жадвалда берилган:

| Атмосфера босимидан юқори босимда |                      | Олинган филтрат, | Тажриба бошидан ўтган вақт |
|-----------------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|
| Па                                | кг·к/см <sup>2</sup> | дм <sup>3</sup>  | с                          |
| $3,43 \cdot 10^4$                 | 0,35                 | 2,92             | 146                        |
|                                   |                      | 7,80             | 888                        |
| $10,3 \cdot 10^4$                 | 1,05                 | 2,45             | 50                         |
|                                   |                      | 9,80             | 660                        |

Филтрлаш жарасинининг  $K$  (м<sup>2</sup>/соат) ва  $C$  (м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>) константаларини аниқланг.

**Ечиш:**

Филтрлаш жараёни константалари сон қийматларини топиш учун (3.9) формуладан фойдаланилади:

$$V^2 + 2 \cdot V \cdot C = K \cdot \tau$$

Агарда, босим  $3,43 \cdot 10^4$  Па ( $0,35 \text{ кг·к/см}^2$ ) бўлса, тажрибалар қуйидаги натижалар берилади:

$$V_1 = \frac{2,92}{1000 \cdot 0,1} = 2,92 \cdot 10^{-2} \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2}; \quad \tau_1 = \frac{146}{3600} = 0,0405 \text{ соат.}$$

$$V_2 = \frac{7,8}{1000 \cdot 0,1} = 7,80 \cdot 10^{-2} \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2}; \quad \tau_2 = \frac{888}{3600} = 0,246 \text{ соат.}$$

Олинган параметрларининг сон қийматларини (3.9) тенгламага қўйиб натижаларга эга бўламиз:

$$(2,92 \cdot 10^{-2})^2 + 2 \cdot 2,92 \cdot 10^{-2} \cdot C = K \cdot 0,0405$$

$$(7,80 \cdot 10^{-2})^2 + 2 \cdot 7,80 \cdot 10^{-2} \cdot C = K \cdot 0,246$$

Тенгламалар системасини ечиб,  $K=278 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{соат}$  ва  $C=4,7 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{м}^2$  тенглигини топамиз. Худди шу йўл билан босим  $10,3 \cdot 10^4 \text{ Па}$  ( $1,05 \text{ кгк/см}^2$ ) учун филтрлаш жараёни константалари  $K$  ва  $C$  ҳисобланади. Чунончи, бу босим учун  $K=560 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{соат}$  ва  $C=3,78 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{м}^2$  га тенгдир.

3-3. Магний гидроксид сузли суспензиясининг температураси  $30^\circ\text{C}$ , ундаги заррачаларнинг зичлиги  $\rho=2525 \text{ кг/м}^3$  ва энг кичик заррача диаметри  $3 \text{ мкм}$ . АОТ-800 маркали чўктирувчи автоматик центрифуга қуйидаги кўрсаткичларга эга: барабан диаметри  $860 \text{ мм}$ , ён деворининг устки қисми  $570 \text{ мм}$  ва узунлиги  $400 \text{ мм}$ . Айланishi частотаси  $1200 \text{ айл/мин}$ . Центрифуга ишлаш цикли  $20 \text{ мин}$ , шундан  $18 \text{ мин}$  - суспензия узатишга,  $2 \text{ мин}$  эса чўкmani олиб ташлашга сарфланади.

Юқорида қайд этилган шароитда, центрифуганинг иш унумдорлиги ҳисоблансин.

**Е ч и ш :**

Иш унумдорлиги (3.37) формула ёрдамида аниқланади:

$$V_q = 25,3 \cdot \eta \cdot L \cdot n^2 F_0^3 \cdot w \cdot k$$

Заррачалар чўкиш тезлигини Стокс формуласидан олиш мумкин:

$$w_v = \frac{g \cdot d^2 \cdot (\rho_k - \rho)}{18 \cdot \mu} = \frac{9,1 \cdot (5 \cdot 10^{-6})^2 \cdot (2625 - 1000)}{18 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 0,035 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$$

30°C температурда сув динамик қонушқоқлигининг коэффициентини  $\mu = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ .

Марказдан қочма куч таъсиридаги чўкиш тезлиги қуйидагича ҳисобланади:

$$w = w_v \cdot \frac{R_0 \cdot n^2}{900} = 0,035 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,285 \cdot 1200^2}{900} = 4,26 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$$

Чўкиш режимини текшираемиз:

$$Re = \frac{4,26 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3}{0,8 \cdot 10^{-3}} = 1,6 \cdot 10^{-2}$$

яъни,  $Re = 1,6 \cdot 10^{-2}$  ламинар режимга тўғри келади.

Сўнгра,  $k$  ни аниқлаймиз:

$$k = \frac{18}{20} = 0,9$$

Ф.и.к.  $\eta = 0,45$  лигини ҳисобга олсак, центрифуганинг иш унумдорлиги қуйидагига тенг бўлади:

$$\eta_c = 25,3 \cdot 0,45 \cdot 0,4 \cdot 1200^2 \cdot 0,285^2 \cdot 0,035 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 = 4,46 \text{ м}^3 / \text{соат}$$

3-4. Курилмадаги силикагелдан иборат мавҳум қайнаш қатлами, қуйидаги гранулометрик таркибга эга:

|             |           |           |           |            |
|-------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Фракция, мм | 2,0 ÷ 1,5 | 1,5 ÷ 1,0 | 1,0 ÷ 0,5 | 0,5 ÷ 0,25 |
| Таркиби, %  | 43        | 28        | 17        | 12         |

Силикагел зичлиги  $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$ , тўйлам зичлиги эса  $\rho_{\text{тўл}} = 650 \text{ кг/м}^3$ . Ҳаво температураси 150°C. Мавҳум қайнаш сони  $K_v = 1,6$ .

Ҳавонинг кўпик, ҳақиқий ва илпчи тезликларини аниқланг.

### Е ч и ш :

Архимед критерийси -  $Ar$  ҳисобланади ва 3.4 - расмдан фойдаланиб,  $Ly_{кр}$  нинг сон қиймати топилади.

Бунинг учун силикагелнинг эквивалент диаметри аниқланади. Галвирдан ўтган фракцияларнинг ўртача диаметрлари:

$$d_1 = \frac{2,0 + 1,5}{2} = 1,75; \quad d_2 = \frac{1,5 + 1,0}{2} = 1,25 \text{ мм};$$

$$d_3 = \frac{1,0 + 0,5}{2} = 0,75; \quad d_4 = \frac{0,5 + 0,25}{2} = 0,375 \text{ мм};$$

бўлса, эквивалент диаметрини (3.53) формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$d_s = \frac{1}{\frac{0,43}{1,75} + \frac{0,28}{1,25} + \frac{0,1}{0,75} + \frac{0,12}{0,375}} = 1 \text{ мм}$$

Ҳавонинг  $150^\circ\text{C}$  даги динамик қорушоқлик коэффиценти аниқланади  $\mu = 0,024 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$  (Иловадаги 114 - расм).

$150^\circ\text{C}$  температуралаги ҳавонинг зичлиги,

$$\rho = 1,29 \cdot \frac{273}{273 + 150} = 0,835 \text{ м/с}$$

Архимед критерийси қуйидагига тенг бўлади:

$$Ar = \frac{g \cdot d_s^3 \cdot \rho_s \cdot \rho}{\mu^2} = \frac{9,81 \cdot 1^3 \cdot 10^{-9} \cdot 1,1 \cdot 10^3 \cdot 0,835}{2,4^2 \cdot 10^{-10}} = 1,565 \cdot 10^4$$

$Ar = 1,565 \cdot 10^4$  қийматга Лященко критерийсининг  $Ly_{кр} = 3 \cdot 10^2$  қиймати тўғри келди. Бундан,

$$w_{кр} = \sqrt{\frac{Ly_{кр} \cdot \mu_{кр} \cdot \rho \cdot g}{\rho^2}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^2 \cdot 0,024 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 \cdot 10^3 \cdot 9,8}{0,835^2}} = 0,224 \text{ м/с}$$

Ҳавонинг ишчи теслагини аниқлаймиз

$$w = K_w \cdot w_{кр} = 1,6 \cdot 0,224 = 0,358 \text{ м/с}$$

Мавҳум қайнаш қағламининг  $K_w=1,6$  дағи ғоваклигини то-  
пиш

$$Ly = K_w^3 \cdot Ly_{кр} = 1,6^3 \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 1,23 \cdot 10^{-1}$$

3.4- расмдан  $Ly=1,23 \cdot 10^{-1}$  ва  $Ag = 1,565 \cdot 10^4$  бўлганда қағлам  
ғоваклиги  $\varepsilon = 0,47$ .

Қағламнинг бўш ўндаланг кесимида эвонинг ҳақиқий тез-  
лиги ушбу формуладан топилади:

$$w_x = \frac{w}{\varepsilon} = \frac{0,358}{0,47} = 0,762 \text{ м/с}$$

3-5. Агарда, ёғсизлантирилган сут таркиби 0,05% ёғ, сутда 3,2%  
ёғ, қаймоқда эса 40% миқдорда ёғ бўлса, ёғ йўқотилишининг  
кўрсаткичи аниқлансин:

**Е ч и ш:**

Сут ва ёғсизлантирилган сутнинг миқдорий нисбатлари мод-  
дий баланс тенгламасидан топиш мумкин:

$$\frac{O}{M} = \frac{O \cdot J_o}{M \cdot J_m}$$

бу ерда  $M$  — сепарация қилинган сут, кг;  $O$  —  
ёғсизлантирилган сут, кг;  $J_m, J_o$  — сутда ва ёғсизлантирилган  
сутларда ёғ миқдори, %.

Демак,

$$J_{ж} = 0,92 \cdot \frac{0,05}{3,2} = 0,0143$$

3-6. Барабаннинг максимал диаметри 390 мм ва баландлиги  
400 мм бўлган сепаратор қуйидаги техник характеристикаларга  
эга: иш унумдорлиги  $M=13,9 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/\text{с}$ ; тарелкалар сони  $z=110$   
та; тарелкалар баландлиги  $H=138 \text{ мм}$ ;  $R_{ка}=140 \text{ мм}$ ;  $\alpha=55^\circ$ ; бара-  
баннинг айланиш частотаси  $n=100 \text{ с}^{-1}$ . Тарелкалар орасидаги ма-  
софа  $h=0,5 \text{ мм}$ . Сепарация жараёнида температура  $t=140^\circ\text{С}$ .

Сепараторнинг ажратиш коэффициенти  $k$  ни, биринчи ва ик-  
кинчи ҳаракат босқичлари учун ёғ шарчаларининг энг катта диа-

метрини аниқланг. Ундан ташқари, сепаратор истеъмол қилаётган қувват миқдори топилсин.

Е қ и ш:

Сепарация жараёнининг биринчи босқичи ҳаракат пайтида ҳосил бўлаётган ёғ шадчаларининг энг катта ўлчами ушбу формула орқали топил мумкин;

$$d_1 = \sqrt{\frac{M \cdot \mu \cdot 10^6}{4,598 \cdot \beta \cdot z \cdot n^2 \cdot (\rho_1 - \rho_2) (R_{\kappa a}^3 - R_{\kappa u}^3) \cdot \lg \alpha}} =$$

$$= \sqrt{\frac{13,9 \cdot 10^{-7} \cdot 10^6}{4,598 \cdot 0,7 \cdot 110 \cdot \left(\frac{600}{60}\right)^2 \cdot 1,43 \cdot [4 \cdot 10^{-2}]^3 - (14 \cdot 10^{-2})^3} \cdot 2900 \cdot 40}$$

$$= 8 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$d_2 = \frac{M \cdot \mu \cdot 10^6}{5,55 \cdot n^2 \cdot R_{\kappa a}^2 \cdot h^2 \cdot z \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot \cos \alpha} =$$

$$= \frac{13,9 \cdot 10^{-7} \cdot 10^6}{5,55 \cdot 10^4 \cdot (4 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 110 \cdot 0,57 \cdot 2900 \cdot 40} = 7 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Сепараторнинг ажратиш фактори қуйидаги формула ҳисобланади:

$$k = \frac{z \cdot (R_{\kappa a}^2 - R_{\kappa u}^2) \cdot \Pi \cdot H \cdot \omega^2}{4,6 \cdot \lg \frac{R_{\kappa a}}{R_{\kappa u}}}$$

$$\frac{110 \cdot (0,14^2 - 0,05^2) \cdot 3,1 \cdot 0,138 \cdot \left(2 \cdot 3,14 \cdot \frac{6000}{60}\right)^2}{4,6 \cdot 13,9 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{0,14}{0,05}} = 49300$$

Сепаратор истеъмол қилаётган қувват ушбу формуладан

аниқланади:

$$N = K \cdot H_{\text{ка}} \cdot n^3 \cdot R^4 = 0,016 \cdot 0,4 \cdot \left( \frac{6000}{60} \right)^3 \cdot 0,19^4 = 2,5 \text{ кВт}$$

3-7. Сепараторнинг иш ҳудуддорлиги 1000 л/соат ёки  $2,78 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/\text{с}$ . Тарелкалар сони 50 та ва улар орасидаги масофа 0,4 м. Барабаннинг айланиш частотаси 8500 айл/мин. Тарелкалар радиуси  $R_{\text{ки}} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ,  $R_{\text{кр}} = 10^{-1} \text{ м}$ . Сепарация жараёнининг температураси  $45^\circ\text{С}$ .

$R_{\text{ка}}$  ва  $R_{\text{ки}}$  лар учун ёғ шарчаларининг қатлам ичидан сузиб чиқиш тезликлари ва суюқлик оқимининг тезлиги ҳисоблаб топилсин.

Е ч и ш:

Ёғ шарчаларининг суюқлик ичидан сузиб чиқиш тезлиги ушбу формуладан топса бўлади.

$R_{\text{ка}}$  учун

$$\omega_{\text{см}} = \frac{2}{9} \cdot \pi^2 \cdot n^2 \cdot R \cdot d^2 \cdot \frac{\rho_1 - \rho_2}{\mu} \cdot \frac{\rho_1 - \rho_2}{\mu} = 2900 \cdot t$$

$$\omega_{\text{см}} = \frac{2}{9} \cdot 3,14^2 \cdot \left( \frac{8500}{60} \right)^2 \cdot 3 \cdot 10^{-2} \cdot (2,3 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 2900 \cdot 45 = 1,64 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$$

$R_{\text{ки}}$  учун

$$\omega_{\text{см}} = 3,288 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$$

Суюқлик оқимининг тезлиги эса, ушбу формуладан аниқланади:

$$\omega_{\eta} = \frac{M}{2 \cdot \pi \cdot R_{\eta} \cdot h \cdot z}$$

$R_{\text{ки}}$  учун

$$\omega_{\eta} = \frac{2,78 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 60} = 4,4 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$$

$R_{\text{ка}}$  учун

$$\omega_{\text{см}} = 2,2 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$$

3-8. Температураси 50°C бўлган ниста ёғи 6000 кг/м<sup>2</sup> босимда 8 соат мобайнида юзаси F=35 м<sup>2</sup> ли филтрпрессдан ўтказилаётган бўлса, филтрланган ёғ миқдори топилин.

**Е ч и ш:**

Филтрпресснинг иш унумдорлиги ушбу фо. муладан ҳисобланади:

$$V = k \cdot F \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\mu}} \cdot \tau$$

бу ерда k=0,00015 – филтрлаш коэффиценти;  $\mu=0,0212$  Па·с. Унда,

$$V = 0,00015 \cdot 35 \cdot \sqrt{\frac{58860}{0,0212}} \cdot 8 = 25 \text{ м}^3$$

Ёғнинг зичлиги  $\rho=904$  кг/м<sup>3</sup> эканлигини ҳисобга олсак,

$$M = V \cdot \rho = 25 \cdot 904 = 22,600 \text{ кг}$$

3-9. Аралаштиргич ичига бурама труба (змеевик) ўрнатилган бўлиб, бакнинг диаметри D=1,7 м. Ундаги ёғнинг баландлиги H=2,0 м. Бакнинг ичига диаметри d=1,0 м бўлган пропеллерли аралаштиргич ўрнатилган бўлиб, 30 айл/мин билан ҳаракат қилмоқда. Ёғнинг температураси t=37°C. Ушбу аралаштиргичга ўрнатилиши керак бўлган двигателнинг қуввати ҳисоблансин.

**Е ч и ш:**

Ёғнинг зичлиги  $\rho_{37}=909$  кг/м<sup>3</sup>; қовушоқлик коэффиценти  $\mu=0,00273$  кгк/м<sup>2</sup>.

$$Re = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{60 \cdot g \cdot \mu} = \frac{30 \cdot 1^2 \cdot 909}{60 \cdot 9,81 \cdot 0,00272} = 17000$$

бўлса, суюқлик оқиши турбулент режимга тўғри келади (Re=100).

Аралаштириш жараёнининг Эйлер критерийси сон қийматини

аниқлаймиз:

$$Eu = 0,845 \cdot Re^{-0,05} = 0,845 \cdot 17000^{-0,05} = 0,52$$

Ўнгра, аралаштириш учун зарур ишчи қувватни топамиз:

$$N_p = Eu \cdot \frac{\rho}{g} \cdot \left[ \frac{n}{60} \right]^3 \cdot d^5 = 0,52 \cdot \frac{909}{9,81} \cdot \left[ \frac{30}{60} \right]^3 \cdot 1^5 = 6,02 \frac{\text{кДж}}{\text{сoм}}$$

Қабул қилинган аралаштиргич ўлчамлари, геометрик ўхшашлик шартларига мос келмаганлиги учун, қуйидаги берилаётган тенгламадан тузатиш коэффициентини аниқлаймиз:

$$k = \left[ \frac{D}{3 \cdot d} \right]^{1,1} \cdot \left[ \frac{H}{D} \right]^{0,6} \cdot \left[ \frac{4h}{d} \right]^{0,2} = \left[ \frac{1,7}{3,1} \right]^{1,1} \cdot \left[ \frac{2,05}{1,7} \right]^{0,6} \cdot \left[ \frac{4 \cdot 0,2}{1} \right]^{0,2} = 0,56$$

Демак, ҳақиқий ишчи қувват

$$N_p = 6 \cdot 0,56 = 3,37 \text{ кВт}$$

Агарда, қурилма ичида змеевик ўрналган бўлса, ҳақиқий қувват миқдори 2-3 баробар ортиб кетади:

$$N_p = 2,5 \cdot N_p = 8,43$$

Аралаштириш учун биринчи бор юргизиш учун зарур қувват:

$$N_n = \left( \frac{a}{Eu} + 1 \right) \cdot N_p = \left( \frac{0,725}{0,52} + 1 \right) \cdot 3,37 = 8,07$$

Формуладаги  $a$  нинг қиймати э ушбу йўл билан топил мумкин:

$$a = 3,87 \cdot \frac{h}{d} = 3,87 \cdot \frac{0,2}{1} = 0,725$$

Демак,

$$N_n = \frac{\left( \frac{0,725}{Eu} + 1 \right) \cdot N_p}{102} = 0,079 \text{ кВт}$$

Узатманини ф.и.к.  $\eta = 0,5$  ва қувват бўйича захираси 50% бўлса, давиғателнинг қуввати қуйидагига тенгдир:

$$N_{\text{дв}} = 1,5 \cdot \frac{N_n}{0,5} = 0,24 \text{ кВт}$$

## КОНТРОЛ МАСАЛАЛАР

3.1. Бир хил тезликда чўктириладиган турли зичликка эга қўроғошин ( $\rho=7800 \text{ кг/м}^3$ ) ва кварц ( $\rho=2600 \text{ кг/м}^3$ ) заррачалар диаметрларининг нисбатларини қуйидаги ҳолатлар учун аниқланг: а) ҳавода; б) сувда. Чўктириш  $K \leq 0,2$  бўлган шароитда олиб борилмоқда дес ҳисоблансин.

3.2. а) Сувнинг температураси  $15^\circ\text{C}$ ; б) Ҳаётнинг температураси  $15^\circ$  ва  $500^\circ\text{C}$  бўлганда, диаметри  $10 \text{ мкм}$  бўлган шарсимон каттиқ заррачалар ( $\rho=2600 \text{ кг/м}^3$ ) қандай тезликка чўктирилади.

3.3. Таркибида 10% (массавий) қаттиқ фаза бўлган суви суспензиянинг зичлиги аниқлансин. Қаттиқ фазанинг нисбий зичлиги 3 га тенг.

3.4. Таркибида 20% (массавий) қаттиқ фазали, нисбий солиштирама оғирлиги 1,2 га тенг булган  $10 \text{ м}^3$  суспензия филтрлангандан сўнг, филтрда қанча миқдорда ҳў чўкма йиғилади? Чўкманинг намлиги 75 %

3.5. Таркибида 20% қаттиқ фаза бор суви суспензия филтрлангандан сўнг  $15 \text{ м}^3$  филтрат йиғиб олинди. Чўкманинг намлиги 30%. Ўсувқ модда ҳисобида қанча чўкма олинсин ҳисоблансин

3.6 3-8 намунада ечиб кўрсатишган масала шартлари асосида

циклаётган филтпрессда филтрлаш жараёни.  $25^{\circ}\text{C}$  температураси олиб боришганда нш унумдорлиги қанчага ўзгаради?

3.7. Температураси  $40^{\circ}\text{C}$  бўлан  $20\text{ м}^3$  пахта ёғи бор. Ушбу миқдордаги ёғни  $29430\text{ Па}$  босимда 4 соат мобайнида филтрлаш учун неча донa типиг филтпресслар керак?

3.8.  $30^{\circ}\text{C}$  температура ва  $14750\text{ Па}$  босимда зигир ёғи филтрлаш юзаси  $5\text{ м}^2$  бўлган лаборатория филтпрессда филтрланмоқда. Филтпресс 30 минут ишлаганда  $480\text{ л}$  ёғ олинди. Жараёнинг филтрлаш коэффициенти аниқлансин.

3.9.  $50^{\circ}\text{C}$  температура ва  $26000\text{ Па}$  босимда пахта ёғи филтрлаш юзаси  $7,6\text{ м}^2$  булган филтпрессда филтрланмоқда. Агарда, 90 мин вақт ичида  $3\text{ м}^3$  ёғни филтрлаш зарур бўлса, жараёнинг босими қанча бўлиши керак?

3.10. Центрифуга барабанининг ички диаметри  $1\text{ м}$  га, айланиш частотаси эса, минутига 500 га тенгдир. Сууюқлик қатламининг қалинлиги  $10\text{ см}$  бўлганда, барабан деворига кўрсатилаётган солиштирма босимни ҳисобланг. Сууюқлик зичлиги  $1100\text{ кг/м}^3$  га тенг.

3.11. Центрифуга барабани  $0,5\text{ м}$  бўлганда, айланишлар частотаси (1 минутдаги айланишлар сони) ни аниқлаш керак. Барабан деворларига кўрсатилади ан босим  $5\text{ кг/см}^2$  ( $0,5\text{ МПа}$ )га тенг бўлиши керак. Ажратиш учун центрифугага  $400\text{ кг}$  суспензия солинган.

3.12. Куйидаги шартлар ёрдамида грануланган алюмосиликател заррачалари маълум қайнаш қатлами ҳолатига ўтказиш учун талаб қилинадиган ҳаво тезлигини аниқланг: ҳаво температураси  $100^{\circ}\text{C}$ , алюмосиликателнинг зичлиги  $968\text{ кг/м}^3$ , заррача диаметри  $1,2\text{ мм}$ . Кўзгалмас қатлам баландлиги  $400\text{ мм}$  бўлганда, унинг гидравлик қаршилиги қандай бўлади?

3.13. Аввалги масала шартларидан фойдаланиб ҳаво тезлиги критик тезликдан  $1,7$  баробар кўн бўлган хол учун, мавҳум қайнаш қатламининг ғовақлилигини ва баландлигини аниқдаг.

3.14. Курилмада ҳаво оқимининг тезлиги  $0,2\text{ м/с}$  бўлганда, мавҳум қайнаш ҳолатига ўтаётган грануланган кўмир заррачаларининг энг катта диаметрини топишг. Ҳавонинг температураси  $180^{\circ}\text{C}$ . Агарда ҳаво тезлиги  $0,4\text{ м/с}$  гача оширичса, заррачаларининг ҳажмининг концентрациясини ҳам аниқланг. Кўмирнинг зичлиги  $660\text{ кг/м}^3$ .

3.15. Агарда, резервуар баландлиги  $2400\text{ мм}$ ,  $18^{\circ}\text{C}$

температурдаги суслодаги зичлиги  $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$  бўлса, диаметри 0,2 мм ли заррачалар қанча вақт ичида чўкади?

3.16. Резервуар баландлиги 2,4 м ва диаметри 1200 мм заррачаларининг диаметри 0,3 мкм бўлган қаттиқ jismlar  $20^\circ\text{C}$  ли спиртда 24 соатда чўкса, бундай заррачаларининг зичлиги қанча бўлади?

3.17. Агарда 3 та циклда  $42 \text{ м}^3$  вино тозаланса, пластинали филтърнинг ўртача иш унумдорлигини аниқланг. Ҳар бир цикл филтърлаш вақти (3 соат) ва филтърни тозалаш ва ишга тайёрлаш вақти (1 соат) лардан ташкил топган.

3.18. Агар, филтърлаш жараёнининг тезлиги  $w = 0,00012 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  бўлса, филтърнинг иш унумдорлиги  $4 \text{ м}^3/\text{соат}$  бўлиши учун  $0,4 \times 0,4 \text{ м}$  ўлчамли пластинкалардан неча дана керак бўлади?

3.19. Узлукли ишлайдиган центрифуганинг диаметри 0,8 м ва баландлиги 0,4 м барабани 1700 айл/мин частота билан айланиб суспензия центрифугаланмоқда. Турилмага 15 кг суспензия берилмоқда. Унинг зичлиги  $1480 \text{ кг/м}^3$ . Юқоридаги шарт-шароитларда центрифуганинг ажратиш коэффициенти ва филтърлаш босимини аниқланг.

3.20. Филтърловчи центрифуга барабанининг диаметри 0,45 м ва баландлиги 0,3 м. Барабани минутига 2000 айланиш қилмоқда ва натижада ҳосил булётган суюқлик халқасининг диаметри 0,32 м. Суспензия зичлиги  $1380 \text{ кг/м}^3$ , уни қайта ишлаш циклининг вақти 10 мин. Филтърловчи центрифуганинг ажратиш коэффициенти ва ўртача иш унумдорлиги ҳисоблаб топилсин.

3.21. Қуйидаги маълумотларга асосланиб ННП ОҒАЗ типидagi циклон танлансин: чағи ҳаво сарфи  $5100 \text{ м}^3/\text{соат}$  ( $0^\circ\text{C}$  ва 760 мм.сим.уст.), температураси  $50^\circ\text{C}$ , зичлиги  $1200 \text{ кг/м}^3$  ва энг кичик заррачалар диаметри 15 мкм. Циклоннинг гидравлик қаршилиги ҳам аниқлансин.

3.22. Ювиш интенсивлиги  $10 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$ ; чўкма қатлам қалинлиги 25 мм; ювиш суви филтратидagi турчинг бошланғич концентрацияси  $40 \text{ г/дм}^3$ ; филтърлаш вақти 1 соат 20 минут бўлса, ювиш тезлиги константа нини аниқланг.

3.23. Ўқдаги қувват 7 кВт бўлган, умумий ўқда ўрнатилган 2 та икк : парралли аралаштиргични мустақкамлиги ҳисоблансин. Парраклар диаметри 1,6 м, энг 0,16 м ва ўқнинг айланиш сони 48 айл/мин. Аралаштиргич Ст.3 материалдан тайёрланган ва ўқнинг диаметри 0,16 м

3.24. Цилиндрик идиш диаметри 0,9 м ва баландлиги 1,1 м ва 75% пахта ёғи ( $\rho=930 \text{ кг/м}^3$ ) билан тўлдирилган бўлиб, унга уч паррақли аралаштиргич ўрнатилган. Ушбу аралаштиргич 180 айл/мин частотада айланиш учун қандай қувватли электр двигател ўрнатилиши керак?

3.25. Техник глинеринин ( $\rho=1200 \text{ кг/м}^3$ ,  $\mu=1.6 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ) интенсив аралаштириш учун уч паррақли аралаштиргичнинг диаметри қандай бўлиши керак? Цилиндрик идиш диаметри 1,75 м паррақ айланиш сони 500 айл/мин ва сарфланаётган қувват миқдори 17 кВт.

3.26. Уч паррақли пропеллерли аралаштиргич минутига 900 марта айланиб винони аралаштириш учун қандай қувватли двигател зарур? Вино солинган резервуар диаметри 0,12 м., баландлиги 1,5 м, идишдаги суюқлик баландлиги 1,2 м, пропеллер диаметри 0,3 м, ўқ диаметри 0,05 м, вино температураси 15°С.

3.27. Сутдаги ёғ (жир) миқдори ўзгармас, ёғизлантирилган сут таркибида эса 0,02%; 0,05%; 0,08% бўлса, ёғ йўқотиш кўрсаткичи аниқлансин.

Сут ва ёғизлантирилган сутларнинг миқдор нисбатлари 10:9 деб қабул қилинсин.

3.28. Шарсимон ё. заррачаларининг диаметри 2 мкм,  $R_{\text{ки}}=4\text{см}$  ва  $R_{\text{ка}}=11\text{см}$ . Тарелкалар орасидаги масофа  $h=0.5 \text{ мм}$  ва уларнинг сони 70 та. Сепараторнинг иш унумдорлиги 2000 л/соат. Барабанининг айланиш частотаси  $150 \text{ с}^{-1}$ . Тарелкалар оғиш бурчаги 45°. Жараён температураси 40°С бўлса, оқимнинг тезлиги ва ёғ шарларининг суюқлик ичидан сузиб чиқиш тезлигини аниқлан.

3.29. Аввалги масала маълумотлари асосида, сепара орнинг ажратиш фактори  $k$  ни ҳисоблаб чиқинг.

3.30. Аралаштиргич ичига бурама труба ўрнатилган бўлиб, бакнинг диаметри  $D=2,0 \text{ м}$ . Унинг ёғнинг баландлиги  $H=2,4\text{м}$ . Бакнинг ичидаги диаметри  $d=1,5 \text{ м}$  бўлган пропеллерли аралаштиргич ўрнатилган бўлиб, 45 айл/мин билан ҳаракат қилмоқда. Ёғнинг температураси  $t=25^\circ\text{С}$ . Ушбу аралаштиргичга ўрнатилиши керак бўлган двигателнинг қуввати аниқлансин.

## КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ №5

Пахта чигити ядросининг зичлиги  $\rho$  бўлган, диаметри  $d$  ли шарсимон заррачаларни пахта ёғида чуқутирилмоқда. Агарда, ёғнинг температураси  $t$  бўлса, чуқиш тезлиги аниқлансин.

| Параметр | Ўлчов бирлиги     | Шифрнинг охириги рақами бўйича вариантлар |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|-------------------|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |                   | 1                                         | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 0    |
| $\rho$   | кг/м <sup>3</sup> | 1040                                      | 1045 | 1050 | 1042 | 1040 | 1050 | 1040 | 1045 | 1050 | 1040 |
| $D$      | мм                | 0,8                                       | 0,5  | 0,3  | 0,1  | 0,05 | 1,0  | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 3,0  |

| Таблицы | Ўлчов бирлиги | Шифрнинг охиридан олдинги рақами бўйича вариантлар |    |    |    |    |    |    |     |    |    |
|---------|---------------|----------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|
|         |               | 1                                                  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8   | 9  | 0  |
| $T$     | °C            | 40                                                 | 20 | 50 | 70 | 30 | 60 | 80 | 100 | 90 | 10 |

## КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ №6

Циклоннинг қаршилик коэффициентини  $\zeta$ , массавий сарфи  $G$  ва температура  $t$ , заррачалар диаметри  $d$  ва босим фарқининг зичликка нисбати бўлганда, пурқичли қурутгичдан чиқаётган ҳаводан тоза, туруқ материални ажратиш учун циклон ҳисоблансин (3.5-расм).

Бунинг учун қуйидагилар аниқлансин:

а) циклоннинг цилиндрлик қисмида ўтаётган газнинг шартли тезлиги -  $w_{ш}$ , м/с;

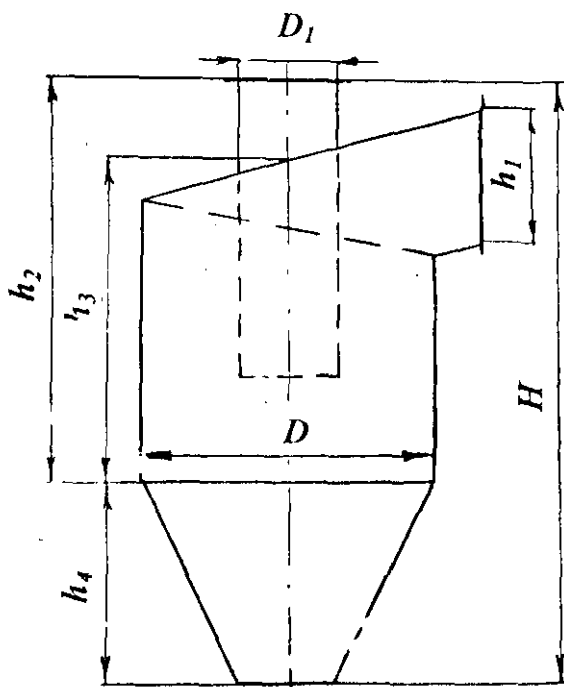
б) циклон диаметри -  $D$ , м;

в) циклоннинг гидравлик қаршилиги - , мм.с.у.в. уст.;

г) циклоннинг  $H, h_1, h_2, h_3, h_4, D$  параметрлари

| Параметр | Ўлчов бирлиги | Шифрнинг охириги рақами бўйича вариантлар |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|---------------|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |               | 1                                         | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 0    |
| $G$      | кг/соат       | 2100                                      | 2200 | 2500 | 2400 | 2600 | 2300 | 2700 | 1800 | 1500 | 3000 |
| $d$      | мкм           | 20                                        | 40   | 50   | 70   | 100  | 80   | 90   | 60   | 30   | 80   |

| Пара-метр        | Ўлчов бирлиги | Шифрнинг охиридан олдинги рақами бўйича вариантлар |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------|---------------|----------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                  |               | 1                                                  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 0   |
| $\xi$            | —             | 100                                                | 70  | 50  | 80  | 90  | 110 | 60  | 40  | 120 | 30  |
| $\Delta p / t_x$ | —             | 720                                                | 740 | 700 | 730 | 710 | 715 | 750 | 725 | 700 | 705 |
| t                | °C            | 100                                                | 110 | 120 | 100 | 110 | 120 | 100 | 110 | 120 | 100 |



3.5-расм. Ҳавони тозалаш циклонининг схемаси.

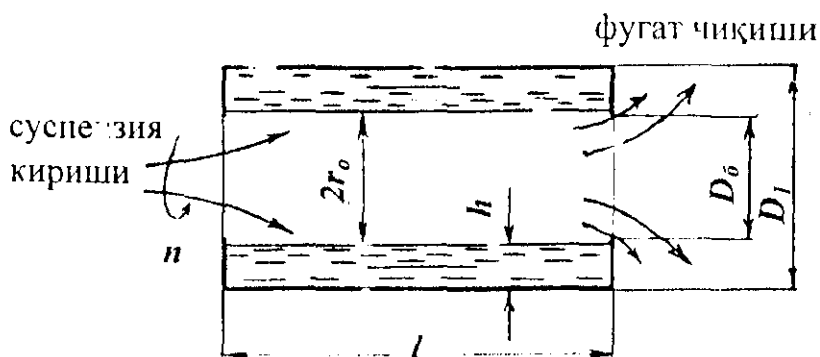
## КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ N7

$\text{CaCl}_2$  нинг сувли эритмаси кристаллизаторга юборилмоқда. Кристаллизаторда ҳосил бўлаётган суспензия горизонтал автоматик центрифугага туширилмоқда. Центрифуга ф.и.к.  $\eta=0,5$  деб қабул қилинсин.  $\text{CaCl}_2$  заррачаларнинг зичлиги  $\rho_k=2500 \text{ кг/м}^3$ , муҳитники эса  $\rho=1200 \text{ кг/м}^3$ , суспензиянинг температураси  $45^\circ\text{C}$  ва динамик қовушқоқлик коэффициенти  $\mu=3,3 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ .

Центрифуга барабанининг диаметри  $D$ , бортининг диаметри  $D_6$ , узунлиги  $l$ , айланиш сони  $n$  ва чўктирилаётган заррачанинг энг кичик диаметри  $d_0$  (3.6-расм). Агарда, фугага ўз хоссалари бўйича сувга яқин деб ҳисобласак, центрифуганинг иш унумдорлиги аниқланади.

| Ла-<br>рам-<br>е-<br>н | Ўлчов<br>бирлиги | Шифрнинг охири ва рақами бўйича вариантлар |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------|------------------|--------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                        |                  | 1                                          | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 0   |
| $D$                    | м                | 1,2                                        | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,1 | 1,3 | 1,4 |
| $l$                    | м                | 0,6                                        | 0,5 | 0,4 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 0,7 | 0,6 | 0,5 |
| $D_6$                  | м                | 0,5                                        | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 0,4 | 0,6 | 0,7 |

| Параметр | Ўлчов<br>бирлиги | Шифрнинг охиридан олдинги рақами бўйича вариантлар |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------|------------------|----------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|          |                  | 1                                                  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 0   |
| $n$      | айл/мин          | 700                                                | 750 | 730 | 740 | 800 | 820 | 930 | 850 | 700 | 750 |
| $d$      | мкм              | 1,5                                                | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 2   |



3.6-расм. Горизонтал чўктирувчи центрифуганинг схемаси.

## КОНТРОЛ ТЭПШИРИҚ №8

Туклининг  $O_{\text{н}}$  бўлган пахта чигитининг температураси . ҳаво ўрдамида мавҳум қайнаш ҳолатига келтирилмоқда. Мавҳум қайнаш қурилмасидаги босим - атмосфера босимига тенг.

Пахта чигитининг мавҳум қайнашининг бошланиш тезлиги ва заррачаларнинг қурилмадан чиқиб кетиш тезликлари аниқлансин.

| Параметр | Ўлчов бирлиги | Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар |   |     |    |    |    |    |    |    |    |
|----------|---------------|-----------------------------------------|---|-----|----|----|----|----|----|----|----|
|          |               | 1                                       | 2 | 3   | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 0  |
| $O$      | %             | 12                                      | 5 | 0   | 2  | 10 | 9  | 11 | 8  | 7  | 4  |
| $T$      | °C            | 20                                      | 0 | -10 | 10 | 30 | 40 | 50 | -5 | 60 | 80 |

## КОНТРОЛ ТЭПШИРИҚ №9

Дастлабки филтрлаш жараёнида  $1 \text{ м}^2$  филтрлаш олинган филтрат миқдори филтрлаш бошлангандан  $t_1$  минутдан сўнг  $V_1$  ҳажмда,  $t_2$  минутдан кейин эса  $V_2$  ҳажмда филтрат олинди. Филтр юзаси  $1 \text{ м}^2$  бўлса,  $V$  миқдордаги суюқликни филтрлаш қанча вақт зарур бўлади.

| Параметр | Ўлчов бирлиги   | Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар |    |     |    |    |    |    |     |    |    |
|----------|-----------------|-----------------------------------------|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|
|          |                 | 1                                       | 2  | 3   | 4  | 5  | 6  | 7  | 8   | 9  | 0  |
| $t_1$    | мин             | 2                                       | 4  | 20  | 15 | 6  | 16 | 12 | 18  | 14 | 8  |
| $V_1$    | дм <sup>3</sup> | 1                                       | 2  | 8   | 5  | 3  | 8  | 6  | 9   | 7  | 4  |
| $t_2$    | мин             | 15                                      | 25 | 100 | 50 | 30 | 60 | 60 | 100 | 90 | 55 |
| $V_2$    | дм <sup>3</sup> | 3                                       | 6  | 24  | 15 | 10 | 20 | 18 | 27  | 21 | 12 |
| $V$      | дм <sup>3</sup> | 10                                      | 20 | 100 | 50 | 30 | 80 | 60 | 90  | 70 | 40 |

## ИССИҚЛИК АЛМАШИНИНИНГ ЖАРАЁНЛАРИ

Кимё, озиқ-овқат ва бошқа саноатларда материалларни иссиқлик ёрдамида ишлов бериш жуда кенг тарқалган жараёнлардан биридир. Технолгик жараённинг мақсади ва характерига қараб материалнинг температураси бир меъёрга ушлаб турилади, иситилади, совутилади ёки музлатилади, булар конденсацияланади. Бу жараёнларнинг ифодаловчи муҳим кўрсаткич бўлиб иссиқлик ўтказиш коэффициентини ҳисобланади ва у қурилмаларнинг лойиҳалашда унинг ўлчамларини ва жараённинг интенсивлигини аниқлашга ёрдам беради.

### Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқликлар

#### 1. Иссиқлик ўтказишнинг асосий тенгламаси.

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{\text{ср}} \quad (4.1)$$

бу ерда  $Q$  – иссиқлик миқдори, Вт;  $K$  – иссиқлик ўтказиш коэффициенти, Вт/(м<sup>2</sup> К);  $F$  – муҳитларни ажратувчи девор юзаси, м<sup>2</sup>;  $\Delta t_{\text{ср}}$  – иссиқ ва совуқ муҳитлар температураларини ўртасидаги фарқи, °С.

#### 2. Иссиқлик алмашининг қурилмасининг иссиқлик баланси.

2.1. Иссиқлик ташувчи агентларнинг агрегат ҳолати ўзгармаганда:

$$Q = G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1'' - t_1') = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_2'' - t_2') + Q_{\text{мк}} \quad (4.2)$$

2.2. Иссиқлик ташувчи муҳитларнинг бирортасининг агрегат ҳолати ўзгарганда:

$$Q = D \cdot r + D \cdot c_{\text{с.мк}} (t_0'' - \theta_{\text{с.мк}}) = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_2'' - t_2') + Q_{\text{мк}} \quad (4.3)$$

бу ерда  $G_1$  ва  $G_2$  – иссиқ ва совуқ агентларнинг сарфи, кг/с;  $c_1$ ,  $c_2$  ва  $c_{\text{с.мк}}$  – иссиқ, совуқ ва иситувчи буғ конденсациянинг иссиқлик ҳолатими, Ж/(кг К);  $t_1'$ ,  $t_1''$ ,  $t_2'$ ,  $t_2''$  – иссиқ (индекс "1") ва

совуқ (индекс "2") агентлари, лг бошлангич ва охирги температуралари;  $\rho$  - иситувчи буғ сарфи, кг/с;  $\tau$  - буғ ҳосил бўлиш иссиқлиги, Ж/кг;  $\theta$  - қурилмадан чиқаётган конденсат температураси, °С;

Агарда қурилмадан чиқаётган конденсат температураси  $t_6$  бўлса,  $\theta_{\text{конд}}=t_6$ ;  $Q_{\text{иук}}$  - иссиқликнинг атроф муҳитга йўқотилиш сарфи; иссиқлик қопламаси бор қурилмалар учун  $Q_{\text{иук}}=0,05 \cdot Q$ .

3. Иссиқлик ўтказиш коэффициентини,  $K$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К).

3.1. Текис ва цилиндрсимон ( $d_{\text{иу}}/d_{\text{г}} > 0,5$  бўлганда) деворлар учун:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_d + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4.4)$$

$$r_d = \frac{\delta_d}{\lambda_d} + r_{u1} + r_{u2} \quad (4.5)$$

3.2 Агарда, труба ўлчамлари  $d_{\text{иу}}/d_{\text{г}} < 0,5$  бўлса, цилиндрсимо деворли юзанинг 1 м узунлиги учун  $K$  қуйидагича ҳисобланади:

$$K = \frac{1 \pi}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_d} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2} + \sum r_{u,r}} \quad (4.6)$$

$K_2$  ва  $K_1$  лар ўртасида қуйидаги боғлиқлик бор.

$$K = \frac{K_1}{\pi \cdot d_{\text{ср}}} \quad (4.6a)$$

(4.4)-(4.6) формулаларда  $\alpha_1$  - иссиқлик ташувчи муҳитдан девор юзасига иссиқлик бериш коэффициенти, Вт/м<sup>2</sup>·К;  $\alpha_2$  - девор юзасидан совуқ муҳитга иссиқлик бериш коэффициенти, Вт/м<sup>2</sup>·К;  $\delta_d$  - иссиқлик ўтказиш деворнинг қалинлиги, м;  $\lambda_d$  - деворнинг иссиқлик ўтказувчанлиқ коэффициенти, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $d_1$  ва  $d_2$  - труба ва цилиндрнинг ички ва ташқи диаметрлари, см;  $\sum r_{u,r}$  - девор ва унгаги ифлосликларнинг термик қаршиликлар йиғиндисини;

ва  $t_{m2}$  - трубаининг ички ва тапқи деворларидаги ифлосликларнинг термик қаршичилиги,  $m^2 \cdot K / Bt$ .

Батамбир иссиқлик ташувчи агентларнинг тахминий қийматлар 4.1-жадвалда келтирилган.

4.1-жадвал

| Иссиқлик ташувчи агент  | $R_{\text{ифл.}} m^2 \cdot K / Bt$ |
|-------------------------|------------------------------------|
| Ифлосланган сув         | $(7,19-5,3) \cdot 10^{-4}$         |
| Ўртача ифлосланган сув  | $(5,3-3,4) \cdot 10^{-4}$          |
| Тозаланган сув          | $(3,47-1,72) \cdot 10^{-4}$        |
| Мой                     | $3,4 \cdot 10^{-4}$                |
| Органик суюқлик         | $1,7 \cdot 10^{-4}$                |
| Сув буғи                | $1,7 \cdot 10^{-4}$                |
| Органик суюқликлар буғи | $8,7 \cdot 10^{-4}$                |
| Ҳалло                   | $3,5 \cdot 10^{-4}$                |

Иссиқлик ташувчи муҳитларнинг ўртача температуралар фарқи ушбу тенгламадан топилади:

$$\Delta t_{\text{ур}} = \frac{t_{\text{ка}} - t_{\text{ку}}}{2,31g \frac{L_{\text{ка}}}{\Delta t_{\text{ка}}}} \quad (4.7)$$

Агар  $\frac{\Delta t_{\text{ка}}}{\Delta t_{\text{ку}}} < 2$  бўлса,  $\Delta t_{\text{ур}}$

$$\Delta t_{\text{ур}} = \frac{\Delta t_{\text{ка}} + \Delta t_{\text{ку}}}{2} \quad (4.8)$$

бу ерда  $\Delta t_{\text{ка}}$  ва  $\Delta t_{\text{ку}}$  - катта ва кичик температуралар фарқи.

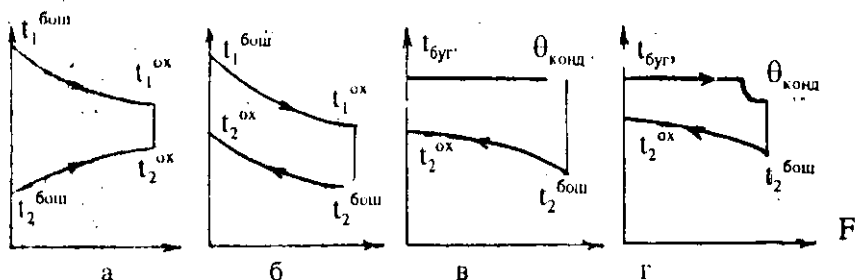
4.1. Иссиқлик ташувчи муҳитларнинг агрегат ҳолати ўзгарганда (4.1а,б-расмлар)  $\Delta t_{\text{ка}}$  ва  $\Delta t_{\text{ку}}$  қуйидагича аниқланади.

бир хил йўнариш учун

$$\Delta t_{ка} = t_1' - t_2', \quad \Delta t_{ки} = t_1'' - t_2'' \quad (4.9)$$

қарама-қарши йўналиш учун

$$\Delta t_{ка} = t_1'' - t_2', \quad \Delta t_{ки} = t_1' - t_2''$$



4.1-расм. Иссиқлик алмашиниш жараёнида температураларнинг ўғариш графиклари. а-бир хил йўлли, агентларнинг агрегат ҳоли ўзгармайди; б-қарама-қарши; агентларнинг агрегат ҳоли ўзгармайди; в-қарама қарши агентларнинг агрегат ҳоли ўзгармайди.  $\theta_{конд} = t_6$ ; г-худди в/дагидек, фақат  $\theta_{конд} < t_6$ .

4.2. Иссиқлик ташувчи муҳитлардан бирининг агрегат ҳолати ўзгарганда (4.1в,г-расмлар)  $\Delta t_{ка}$  ва  $\Delta t_{ки}$  қуйидагича аниқланади:

$$\Delta t_{ка} = \theta_{конд} - t_2', \quad \Delta t_{ки} = t_6 - t_2'' \quad (4.10)$$

5. Иссиқлик бериш коэффициентини  $\alpha$  критериял тенгламаларда топилади.

Конвектив иссиқлик алмашинишнинг критериял тенгламаси умумий ҳолда қуйидаги кўриниши эга

$$Nu = f(Re, Gr, Pr, Fo, \dots) \quad (4.11)$$

Бу ердаги, асосий ўхшашлик критерийлари ушбу формулаларда топилади:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda} \quad (4.12)$$

$$Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} \quad (4.13)$$

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{w \cdot d}{\nu} \quad (4.14)$$

$$Ga = \frac{Re^2}{Fr} = \frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \quad (4.15)$$

$$Cr = \frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t \quad (4.16)$$

$$Fo = \frac{a \cdot \tau}{l^2} \quad (4.17)$$

Фазовий ўзгариш критерийсини қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$Ku = \frac{r}{c \cdot \Delta t_{\phi}} \quad (4.18)$$

(4.11-4.18) формулаларга кирувчи параметрлар:

$d$  — аниқловчи геометрик ўлчам, м;  $\lambda$  — иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти, Вт/(м·К);  $c$  — солиштирма иссиқлик қийми, Ж/(кг·К);  $\mu$  — динамик қовушоқлик коэффиценти, Па·с;  $\nu$  — кинематик қовушоқлик коэффиценти, м<sup>2</sup>/с;  $g$  — эркин тушиш тезлашуви, м/с<sup>2</sup>;  $\alpha$  — иссиқлик ташувчи муҳит тезлиги, м/с;  $\beta$  — ҳажмий кенгайиш коэффиценти, 1/К;  $\Delta t$  — иссиқлик бериш юзаси ва муҳит орасидаги (ёки тескарис) температуралар фарқи, °С;  $\Delta t_{\phi}$  — иссиқлик бериш юзаси ва буғ орасидаги температура фарқи, °С.

Ушбу катталиклар ҳар бир ҳуюқлик учун ўртача температурада топилади:

$$\Delta t_{\phi} = \frac{t' - t''}{2} \quad (4.19)$$

Температуралар фарқи олатда тегишли ҳисоблар ўтказиш учун олдиндан берилади ва ундан сўнг кетма-кет яқинлашиш усули ёрдамида аниқроқ қиймати топилади.  $\Delta t$  ва  $t_d$  катт-ликлари солиштирма иссиқлик оқимларнинг баланси тенгламасидан ҳисобланиб топилади:

$$\alpha_1 \cdot (t_{yp1} - t_d) = \frac{b_d}{\lambda_d} \cdot (t_{d1} - t_{d2}) = \alpha_2 \cdot (t_{d2} - t_{yp}) = K \cdot \Delta t_{yp} \quad (4.20)$$

бу ерда  $\Delta t_{yp1}$  ва  $t_{yp2}$  — иссиқ ва совуқ муҳитларнинг ўртача температураси; буғли иссиқлик алмашиниш қурилмалари учун  $t_{yp1} = t_6$ ;  $t_{d1}$  ва  $t_{d2}$  — иссиқ ва совуқ муҳит ҳомонидаги девор юзларининг температураси.

(4.12), (4.14-4.16) формулалардаги аниқловчи геометрик ўлчам эквивалент диаметрга тенг деб қабул қилинади:

$$d_s = \frac{4 \cdot S}{\Pi} \quad (4.21)$$

$S$  — оқимнинг кўндаланг кесим юзаси,  $m^2$ ;

$\Pi$  — оқим кесимининг тўла периметри,  $m$ .

Думалоқ кўндаланг кесимли труба ичидаги оқим учун  $d_s = d_{и2}$ .

5.1. Иссиқлик тапувчи муҳитларнинг агрегат ҳолати ўзгармаганда иссиқлик беришнинг критериял тенгмалари.

а) тўғри труба ва каналларда иссиқлик бериш ( $Re > 10000$ ).

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr}{Pr_d} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_1 \quad (4.22)$$

б) Ўтиш соҳаси, яъни  $2320 < Re < 10000$  бўлганда, иссиқлик бериш ушбу формуладан аниқланади:

$$Nu = 0,008 \cdot Re^{0,9} \cdot Pr^{0,43} \quad (4.23)$$

Иссиқлик бериш коэффициентини  $\alpha$   $t$  қуйидагича ҳисоблаш

мумкин

$$\alpha_{ym} = \alpha_m \cdot \epsilon_{ym} \quad (4.23a)$$

$\alpha_t$  - турбулент режим учун иссиқлик бериш коэффициент (4.22)дан  $\Delta t_{ур}$  учун топилади;

$\epsilon_{yt}$  - ўтиш соҳаси учун  $Re$  га боғлиқ гузатиш коэффициенти 4-2 жадвалдан олинади.

4-2 жадвал

| Re              | 2500 | 3000 | 4000 | 5000 | 6000 | 8000 | 10000 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|-------|
| $\epsilon_{yt}$ | 0,4  | 0,57 | 0,72 | 0,81 | 0,88 | 0,96 | 1,0   |

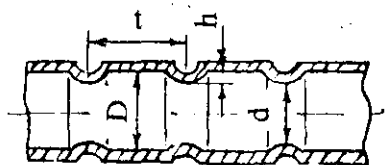
Тўғри труба ва каналларда ламинар режимда ( $Re < 2320$ ) иссиқлик бериш қуйидаги ҳисоблаш тенгласидан аниқланади:

$$Nu = 0,15 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \cdot \left( \frac{Pr}{Pr_0} \right)^{0,25} \cdot \epsilon_1 \quad (4.24)$$

ёки

$$Nu = 0,7 \cdot (Re \cdot Pr)^0 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,1} \quad (4.25)$$

6. Иссиқлик алмашиниш жараёнини интенсифлашнинг энг самарадор усуллари тан бири, бу трубаларга дискрет жойлашган қўндаланг каналлар қилишдир (4.2 – расм).



4.2 расм. Юқори самарадор иссиқлик алмашиниш юзаси.  
/пикатка қилинган труба/.

Газларни совитиш ва иситиш жараёнида иссиқлик алмашиниш интенсифлиги қуйидаги формуладан ҳисоблаб топиш мумкин:

$t/d=0,25-0,8$   $d/D=0,88-0,98$  ва  $Re=10^4-4 \cdot 10^5$  бўлганда,

$$\frac{Nu}{N_{\text{мек}}} = \left(1 + \frac{\lg Re - 4,6}{35}\right) \left\{ 3 - 2 \cdot \exp \left( \frac{-18,2 \cdot \left(1 - \frac{d}{D}\right)^{1,13}}{(t/D)^{0,326}} \right) \right\} \quad (4.26)$$

$t/D=0,5$  ва  $d/D=0,9-0,97$  бўлганда эса,

$$\frac{Nu}{Nu_{\text{мек}}} = \left(1 + \frac{\lg Re - 4,6}{35}\right) \cdot \left( \frac{1,14 - 0,2 \cdot \sqrt{1 - d/D}}{1,1} \right) \cdot \exp \left( \frac{9 \cdot (1 - d/D)}{(t/D)^{0,56}} \right) \quad (4.27)$$

Газларни иситиш пайтида,

$$Nu_{\text{мек}} = 0,0207 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \quad (4.28)$$

Газларни совитиш пайтида

$$Nu_{\text{мек}} = 0,0192 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \quad (4.29)$$

Суюқликлар учун  $\gamma_1$  таъсир иссиқлик алмашиниш коэффициентининг интенсивлиги ( $t/D=0,5$  ва  $d/D=0,94$ )

$$\frac{Nu}{Nu_{\text{мек}}} = \left[ 100 \left( 1 - \frac{d}{D} \right) \right]^{0,445} \quad (4.30)$$

бу ерда

$$Nu_{\text{мек}} = 0,0216 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,445} \quad (4.31)$$

7. Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг (1.3-расм) иссиқлик ўтказиш юзаси ушбу формула орқали топилади:

$$\Gamma = n \cdot d_{\text{сп}} \cdot l \cdot n \quad (4.32)$$

бу ерда -  $n$  - трубалар сони, м;  $l$  - труба узунлиги, м.

8. Суюқлик сарфи тенгламаси.

8.1. Ҳажмий сарф  $V_c$  қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$V_c = w \cdot S \quad (4.33)$$

Бу ерда  $S$  - трубанинг кўндаланг кесими ва у ушбу тенглама ёрдамида ҳисобланади:

$$S = \frac{n \cdot d_2^2 \cdot \pi}{4 \cdot m} \quad (4.34)$$

формуладаги  $m$  - кожух трубага қўрилманинг қўллар сони.

8.2. Массавий сарф қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади

$$G = V_c \cdot \rho = w \cdot S \cdot \rho = w \cdot \frac{n \cdot d_2^2 \cdot \pi}{4 \cdot m} \cdot \rho \quad (4.35)$$

бу ерда  $\rho$  - иссиқлик ташувчи муҳитнинг зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ .

9. Иссиқлик ўтказувчанлиқ.

9.1. Бир қаватли текис девордан ўтаётган иссиқлик оқимининг иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси қуйидагичадир:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{t_n - t_c}{r} = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_n - t_c) \quad (4.36)$$

бу ерда  $q$  - иссиқлик оқимининг зичлиги,  $\text{Вт/м}^2$ ;  $Q$  - иссиқлик оқими,  $\text{Вт}$ ;  $F$  - девор юзаси,  $\text{м}^2$ ;  $t_n$  ва  $t_c$  - иссиқ ва совуқ деворлар юзасининг температураси,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $r = \delta/\lambda$  - деворнинг термик қаршилиги,  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ;  $\delta$  - девор қалинлиги, м;  $\delta/\lambda$  - иссиқлик ўтказувчанлик коэффициент,  $\text{Вт/м} \cdot \text{К}$ .

9.2. Кўп қаватли текис девор орқали ўтган иссиқлик миқдори эса қуйидагича ҳисобланади:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{t_u - t_c}{\sum r} = \frac{t_u - t_c}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}} \quad (4.37)$$

9.3. Цилиндрсимон де орнинг иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_u - t_c) \cdot F_{yp} = \frac{2 \cdot n \cdot \lambda \cdot (t_u - t_c) \cdot L}{2,3 \cdot \lg(d_2/d_1)} \quad (4.38)$$

Бу ерда  $\delta = (d_2 - d_1)/2$ . Цилиндрсимон деворнинг ўртача юзаси қуйидаги формуладан топилади:

$$F_{yp} = \pi \cdot d_{yp} \cdot L = \frac{n \cdot (t_u - t_c) \cdot L}{2,3 \cdot \lg(d_2/d_1)} \quad (4.39)$$

$d_1$  ва  $d_2$  - трубаaning ички ва ташқ. диаметрлари, м;  $L$  - труба узунлиги, м. Агарда  $d_2/d_1 < 2$  бўлса,  $F_{yp}$  ни (4.3) формуладан эмас, балки юқори аниқликка эга ушбу формуладан топса бўлади:

$$F_{yp} = \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2) \cdot L}{2} \quad (4.40)$$

9.4. Кўп қаватли цилиндрсимон девордан ўтаётган иссиқлик миқдори қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_u - t_c)}{\sum \frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_u - t_c)}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_2}{d_1} + \dots} \quad (4.41)$$

9.5. Температура 30°C графиди бўлганда, тажрибавий маълумотлар йўқ бўлса, суюқликларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги ушбу формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$\lambda_{\text{сп}} = A \cdot c \cdot \rho^3 \sqrt{\frac{\rho}{M}} \quad (4.42)$$

$c$  – суюқликнинг солиштирма исс. қлик сифими, Ж/(кг·К);  $\rho$  – суюқлик зичлиги, кг/м<sup>3</sup>;  $M$  – суюқлик моляр массаси, кг/кмоль;  $A$  – суюқликнинг ассоциацияланиш даражасига боғлиқ коэффициент, м<sup>3</sup>·кмоль<sup>-0,33</sup>·с<sup>-1</sup> (сув учун  $A=3,5 \cdot 10^{-6}$ , бензол учун  $A=4,22 \cdot 10^{-6}$ ).

Исталган  $t$  температурадаги суюқликнинг иссиқлик ўтказувчанлиги қуйидаги формулада топилади:

$$\lambda_1 = \lambda_{90} \cdot [1 - \varepsilon \cdot (t - 30)] \quad (4.43)$$

бу ерда  $\varepsilon$  – температуравий коэффициент.

Ғаъзи суюқликлар учун  $\varepsilon \cdot 10^3$  (°C<sup>-1</sup>) қийматлари:

|             |       |                 |       |
|-------------|-------|-----------------|-------|
| Анилин      | - 1,4 | Проц. л спирти  | - 1,4 |
| Ацетон      | - 2,2 | Уксус кислотаси | - 1,2 |
| Бензол      | - 1,8 | Хлор бензол     | - 1,5 |
| Гексан      | - 2,0 | Хлороформ       | - 1,8 |
| Мет.спирти  | - 1,2 | Этилацетат      | - 2,1 |
| Нитробензол | - 1,0 | Этил спирти     | - 1,4 |

Сувли эритмаларнинг  $t$  температурдаги иссиқлик ўтказувчанлиги:

$$\lambda_{\text{ст}} = \lambda_{330} \frac{\lambda_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}30}} \quad (4.44)$$

бу ерда  $\lambda_{\text{ст}}$  ва  $\lambda_{\text{ст}30}$  – эритма ва сувнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари.

9.6. Газларнинг паст босимлардаги иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини ушбу формулада ҳисоблаш мумкин:

$$\lambda = B \cdot c_0 \cdot \mu \quad (4.45)$$

бу ерда  $\mu$  – газнинг динамик қовушоқлиги, Па·с;  $B=0,25 \cdot (9k-5)$ ,  $k=c_p/c_v$  – адиабата кўрсаткичи;  $c_p$  ва  $c_v$  – газнинг ўзгармас босим

ва ҳажмдаги солиштирма иссиқ, ик сифими, Ж/(кг·К); Бир атом-  
ли газлар учун  $V=2,5$ , икки атомликлар учун  $V=1,9$  ва уч атом-  
ликлар учун  $V=1,72$ .

## МИСОЛЛАРНИ ИШТАН НАМУНАСИ

4-1. Сув спиртининг 75%ли буги ректифик ция колоннаси-  
нинг конденсаторида конденсацияланмоқда. Совитувчи сув  $10^{\circ}\text{C}$   
температура қурилмага кириб,  $50^{\circ}\text{C}$ га исмиқмоқда. Конденсатор-  
нинг диаметри  $35 \times 1,5$  мм ва узунлиги 1,3 бўлган 121 та трубадан  
йигилган. Қурилманинг иссиқлик ўтказиш коэффициенти  $400$   
 $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Конденсацияланаётган бугнинг сарфи топилсин.

**Е ч и ш:**

Ҳисоблаш қуйидаги тартибда олиб борилади:

1. Иссиқлик ўтказиш юзаси (4.32) формула ёрдамида  
ҳисобланади:

$$F = 3,14 \cdot \frac{0,032 + 0,035}{2} \cdot 1,3 \cdot 121 = 16,5 \text{ м}^2$$

2. Бугнинг параметрлари 22-жадвалдан топилди. Бугнинг  
концентрацияси 75% бўлганда конденсацияланиш темпера-  
ура  $t_{\text{сд}} = 82,8^{\circ}\text{C}$ , буғланиш иссиқлиги  $r = 1210$  кЖ/кг, зичлиги эса  $\rho =$   
 $1,145$  кг/м<sup>3</sup>.

3. Ўртача температуралар фарқи қуйидагича аниқланади:

$$82,8 \Rightarrow 82,8$$

$$10 \Rightarrow 50$$

Ҳисоблаб

$$\Delta t_{\text{сд}} = 82,8 - 10 = 72,8^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{сн}} = 82,8 - 50 = 32,8^{\circ}\text{C}$$

$\Delta t_{\text{сд}} / \Delta t_{\text{сн}} > 2$  бўлгани учун,  $\Delta t_{\text{ср}}$  (4.7) формула ёрқали  
ҳисобланади:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{72,8 - 32,8}{\ln 72,8 / 32,8} = 50,6^{\circ}\text{C}$$

4. Конденсаторнинг иссиқлик юкласи (4.1) формула ёрдамида аниқланади:

$$Q = 400 \cdot 16,5 \cdot 50,6 = 334177,2 \text{ Вт}$$

5.  $\theta_{\text{конд}} = t_6$  деб қабул қилиб, конденсацияланаётган буғнинг массавий сарфи (4.3) формуладан топилади:

$$D = \frac{Q}{r} = \frac{334177,2}{1210000} = 0,276 \text{ кг/с} = 994 \text{ кг/соат}$$

6. Буғнинг ҳажмий сарфи эса (4.35) тенгламадан топилади:

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{994}{1,145} = 868,12 \text{ м}^3/\text{соат}$$

4.2. Кожух-трубали иссиқлик алмашинини қурилмасининг диаметри  $d=25 \times 2 \text{ мм}$  ли 13 та трубадан ясалган. Кожухнинг ички диаметри 273 мм. Қурилмада соатига 10 т сув  $10^\circ \text{ даг. } 70^\circ \text{С}$  га-ча иситилмоқда. Сув труба ичидан ва трубалараро бўшлиқдан ўтаётган пайтидаги иссиқлик бериш коэффициентини топиш

**Е ч и ш:**

Ҳисоблаш қуйидаги кетма-кетликда олиб борилади:

1. Илс задаги 4-жадвалдан  $t_{\text{ур}} = 40^\circ \text{С}$  да сувнинг физик хара-ктеристикалари аниқланади:

$\rho_2 = 992 \text{ кг/м}^3$ ;  $c_2 = 4,18 \text{ кЖ/кг}$ ;  $\lambda_2 = 0,634 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ;  $\mu = 657 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$ ; Прандтл критерий  $\text{Pr} = 4,31$ .

2. Труба ичида оқаётган сувнинг тезлиги ушбу формула бўйича ҳисобланади:

$$w = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot n \cdot 3600 \cdot \rho} = \frac{4 \cdot 10000}{3,14 \cdot 0,021^2 \cdot 15 \cdot 992 \cdot 3600} = 0,62 \text{ м/с}$$

3. Рейнольдс критерийси (4.14) формуладан топилади:

$$\text{Re} = \frac{0,62 \cdot 0,021 \cdot 992}{657 \cdot 10^{-6}} = 19658,8$$

5.  $Re > 10000$  бўлгани учун,  $\varepsilon_1 = 1$  ва  $(Pr/Pr_d) = 1$  деб қабул қилиб, Нуссельт  $Nu$  қиймати (4.22) тенглама орқали аниқланади:

$$Nu = 0,021 \cdot 19568,8^{0,6} \cdot 4,31^{0,43} = 107,12$$

унда иссиқлик бериш коэффициентини қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$\alpha_2 = \frac{107,12 \cdot 0,634}{0,021} = 3234 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

6. Сувнинг трубаларларо бўшлиқдаги тезлиги (4.29) формуладан топилади:

$$w = \frac{10000}{0,052 \cdot 992 \cdot 3600} = 0,054 \text{ м/с}$$

бу ерда  $S = 0,052 \text{ м}^2$  - труба лараро бўшлиқнинг қўндаланг кесим юзаси:

$$S = 0,785 \cdot (d_{\text{ич}}^2 - d_{\text{т}}^2)$$

$d_{\text{ич}}$  ва  $d_{\text{т}}$  - трубанинг ички ва ташқи диаметрлари, м.

8. Трубалараро бўшлиқнинг эквивалент диаметрини (4.21) формуладан топиш мумкин:

$$d_s = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 - 13 \cdot 0,025^2)}{4 \cdot 3,14 \cdot (0,273^2 + 13 \cdot 0,025^2)} = 0,11 \text{ м/с}$$

9. Рейнольдс критерийси эса (4.14) формула бўйича ҳисобланади:

$$Re = \frac{0,054 \cdot 0,11 \cdot 992}{657 \cdot 10^{-6}} = 8968,7$$

10. Рейнольдс сони  $2300 < Re < 10000$  бўлгани учун  $Nu$  (4.22) формула ёрдамида аниқланади:

$$Nu = 0,008 \cdot 968,7^{0,9} \cdot 4,31^{0,43} = 54,12$$

иссиқлик бериш коэффициентини эса,

$$\alpha = \frac{54,12 \cdot 0,634}{0,0978} = 350,8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

11.  $\epsilon_1 = 1$  ва  $(Pr/Pr_w) = 1$  инобатга олиб, турбулент ҳаракат режими учун (4.22) ва (4.23а) формулалар ёрдамида, иссиқлик бериш коэффициентини ҳисобланади.

$$Nu = 0,021 \cdot 8968,7^{0,8} \cdot 4,31^{0,43} = 57,1$$

$$\alpha_{1T} = 370,6 \cdot 0,975 = 361,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

12. Агар  $Re = 8968,7$  бўлса,  $\epsilon_1 = 0,975$  (10-жадвалга қаралсин), унда ўтиш соҳаси учун иссиқлик бериш коэффициентини қуйидагича топилади:

$$\alpha_{2T} = \frac{57,1 \cdot 0,634}{0,0978} = 361,6 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Улар оралидаги фарқ 2,9% ни ташкил этади.

4-3. Диаметри 1,8 м ва баландлиги 2,6 м ўлчамларга эга бўлган цилиндрик резервуарнинг 80% қувватланган вино билан тўлдирилган. Ушбу винони  $15^\circ\text{C}$  дан  $57^\circ\text{C}$  гача иситиш учун қанча иссиқлик миқдори сарф бўлади? Иссиқликнинг атроф муҳитга исроф бўлиши ҳисобга олинмасин.

**Е ч и ш:**

Резервуарнинг тўла ҳажмини ушбу формулада ҳисоблаш мумкин:

$$V = \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot H$$

Резервуардаги вино ҳажми,

$$V_n = \varphi \cdot V$$

формуладан аниқланади. Унинг миқдори эса,

$$M = V_n \cdot \rho$$

бу ерда

$\rho = 1010 \text{ кг/м}^3$ . Унда,

$$M = \varphi \cdot \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot H \cdot \rho = 0,8 \cdot \left( \frac{3,14 \cdot 1,8^2}{4} \right) \cdot 2,6 \cdot 1010 = 5346 \text{ кг}$$

Иситиш учун зарур иссиқлик миқдори

$$Q = M \cdot c_B \cdot \Delta t_B = 5346 \cdot 3700 \cdot 42 = 830750 \text{ кЖ}$$

$$\Delta t_B = t_{2B} - t_{1B} = 57 - 15 = 42^\circ \text{C}$$

## КОЖУХ-ТРУБАЛИ ИССИҚЛИК АЛМАШИННИШ ҚҮРИЛМАЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ

Ректификацион колоннадан чиқаётган  $G_1 = 6,0 \text{ кг/с}$  миқдордаги куб қолдиги  $t_{100\%} = 102,5^\circ\text{C}$  дан  $t_{10} = 30^\circ\text{C}$  гача совитини учун кожух-трубали иссиқлик алмашинниш қурилмаси (4.3-расм) ҳисоблансин ва нормаллашган қурилма танлансин. Куб қолдиги коррозияга актив органик суюқлик бўлиб, ўртача  $t_1 = 0,5(t_{100\%} + t_{10}) = 66^\circ\text{C}$  да қуйидаги физик-кимёвий характери-стикаларга эга:

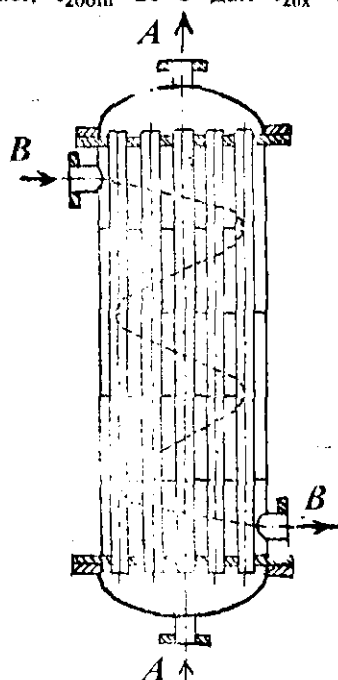
$$\rho_1 = 906 \text{ кг/м}^3;$$

$$\mu_1 = 0,00054 \text{ Па}\cdot\text{с};$$

$$\lambda_1 = 0,662 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)};$$

$$\beta_1 = 0,00048 \text{ K}^{-1}.$$

Совитиш сув ёрдамида амалга оширилмоқда ва унинг температура-си  $t_{20\%} = 20^\circ\text{C}$  дан  $t_{20\%} = 40^\circ\text{C}$  гача кўтарилмоқда.



4.3-расм. Сегмент шиктовали  
қўвдаланг тусиқли кожух - трубали  
иссиқлик алмашинниш қурилмаси

Иссиқлик алмашинниш қурилмасини ҳисоблаш қуйидаги бўла-  
схемада келтирилган кетма-кетликда олиб борилади (4.4 - расм).

1) Қурилманинг иссиқлик алмашинниш юзламасини топади:

$$Q = G_1 \cdot c_1 (t_{1\text{бош}} - t_{1\text{ох}}) = 0,6 \cdot 4180 \cdot (102,5 - 30) = 1820000 \text{ Вт}$$

2) Иссиқлик баланси тенгласидан сувнинг сарф.ни аниқлаймиз:

$$G_2 = \frac{Q}{c_2 \cdot (t_{2\text{ох}} - t_{2\text{бош}})} = \frac{1820000}{4180 \cdot (40 - 20)} = 21,8 \text{ кг/с}$$

бу ерда  $c_2 = 4180 \text{ Ж/кг} \cdot \text{К}$  - сувнинг  $t_2 = 0,5 \cdot (t_{2\text{бош}} + t_{2\text{ох}}) = 30^\circ\text{C}$  температурадаги солиштирма иссиқлик сифими.  $t_2 = 30^\circ\text{C}$  температурадаги сувнинг бошқа физик характеристикалари қўлида келтирилган:

$$\rho_2 = 996 \text{ кг/м}^3; \quad \lambda_2 = 0,618 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}; \quad \mu_2 = 0,000804 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

3) Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг ўрта логарифмик температуралар фарқи ушбу йўл билан ҳисоблаб топилади:

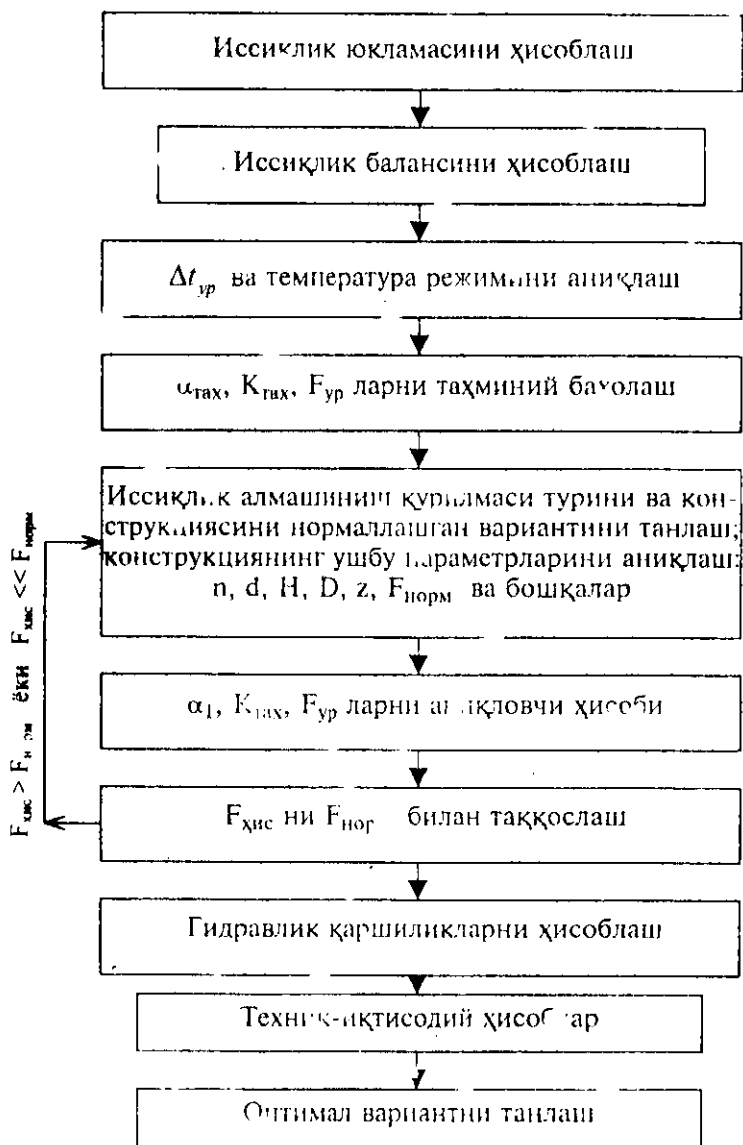
$$\Delta t_{\text{лр}} = \frac{(t_{1\text{бош}} - t_{2\text{ох}}) - (t_{1\text{ох}} - t_{2\text{бош}})}{\ln \frac{t_{1\text{бош}} - t_{2\text{ох}}}{t_2 - t_{2\text{бош}}}} = \frac{(102,5 - 40) - (30 - 20)}{\ln \frac{62,5}{10}} = 28,6^\circ\text{C}$$

4) Иссиқлик алмашиниш қурилмасини тахминий танлаш.

Иссиқлик ташувчи агентларнинг қайси бирини труба ичига, қайси бирини трубалараро бўшлиққа йўналтириш, унинг босими, эрозиян фаолиги, труба юзасини ифлослаш қобилияти ва бошқаларга боғлиқдир. Бизнинг масалада, куб қолдиги - коррозияга доғдул муҳит бўлгани учун уни труба ичига йўналтирамиз, сувни эса трубалараро бўшлиққа юборамиз.

Труба ичидаги суяқликнинг оқиши турғун, турбулент режим ва унга тегишли Рейнольдс сонини тахминан  $Re_{\text{тах}} = 15000$  деб қабул қиламиз. Суяқликнинг бундай оқиш режими диаметр  $d = 20 \times 2 \text{ мм}$ , трубалар сонини  $n$  та бўлган бир йўлли иссиқлик алмашиниш қурилмасида мумкиндир.

$$\frac{n}{z} = \frac{4 \cdot G_1}{n^2 \cdot d \cdot Re_{\text{тах}} \cdot \mu_1} = \frac{4 \cdot 60}{n \cdot 0,016 \cdot 15000 \cdot 0,00054} = 59$$



4.4-расм. Исиклик алмашининг қурилмасини ҳисоблаш схемаси

$d = 25 \times 2$  мм ли трубалар учун

$$\frac{n}{z} = \frac{4 \cdot 6,0}{n \cdot 0,021 \cdot 15000 \cdot 0,00054} = 45$$

Суюқликларни турбулент режимда оқишига тегшли иссиқлик ўтказиш коэффициентининг тахминий минимал сон қиймати қуйидагига тенг бўлади:  $K_{\text{тах}} = 800 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  (4-3 жадвал).

4-3 жадвал

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти  $K$  нинг тахминий қийматлари  
( $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ )

| Иссиқлик алмашиниш тури                            | Мажбурий ҳаракат учун | Эркин ҳаракат учун |
|----------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Газдан газга                                       | 10 – 40               | 4 – 12             |
| Газдан суюқликка                                   | 10 – 60               | 6 – 20             |
| Конденсацияланаётган буғдан газга                  | 10 – 60               | 6 – 12             |
| Суюқликдан суюқликка:                              |                       |                    |
| сув учун                                           | 800 – 1700            | 100 – 340          |
| углеводород, мойлар учун                           | 120 – 270             | 30 – 60            |
| Конденсацияланаётган сув буғидан сувга             | 800 – 3500            | 300 – 1200         |
| Конденсацияланаётган сув буғидан органик суюқликка | 120 – 340             | 60 – 170           |
| Конденсацияланаётган органик суюқлик буғидан сувга | 300 – 800             | 230 – 460          |
| Конденсацияланаётган сув буғидан қайнаётган сувга  | -                     | 300 – 2500         |

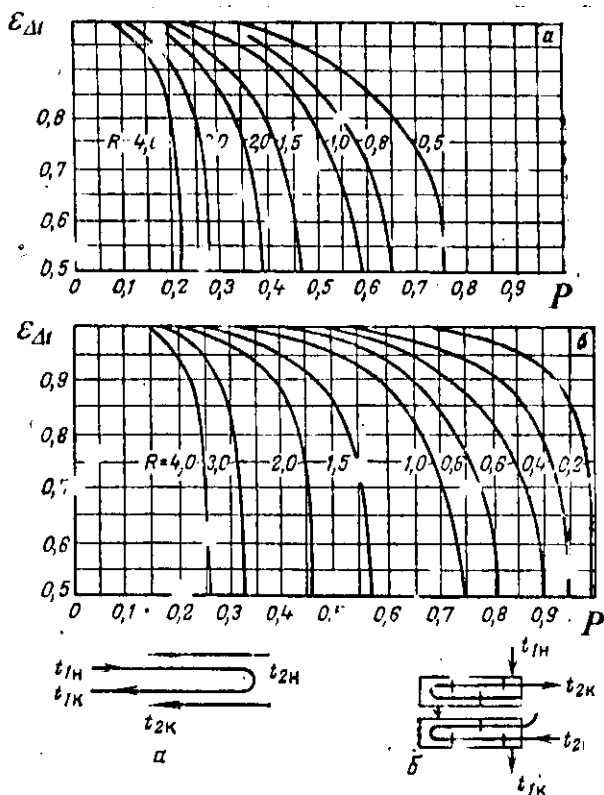
Шунда, иссиқлик алмашиниш юзасининг тахминий сон қиймати қуйидагига тенг бўлади:

$$F = \frac{Q}{\Delta t_{\text{ср}} \cdot K} = 79,5 \text{ м}^2$$

6- жадвалдан кўришиб турибдики, ушбу юзали иссиқлик ал-

машиниш қурилмаси кожухининг диаметри 600-800 мм дйр. Шунга аҳамият бериш керакки, фаз т йўллр сонн  $z = 4$  ва 6 бўлган кўп йўлли қурилмалардагин:  $n/z$  нисбати 50 га яқин.

Маълумки, кўп йўлли иссиқлик алмашиниш қурилмаларида ўртача ҳаракатга келтирувчи куч бир йўлли қурилмаларникидан бирмунча камроқ бўлади. Бунга сабаб, иссиқлик ташувчи агентларнинг ўзаро аралаш йўналишларда ҳаракат ҳосил бўлишидир.



$$P = \frac{t_{1n} - t_{2n}}{t_{1n} - t_{2k}}, \quad R = \frac{t_{1n} - t_{1k}}{t_{2k} - t_{2n}}$$

4.5-расм. Иссиқлик ташувчи агентларнинг ўзаро мураккаб ҳаракатлари учун  $\varepsilon_{\Delta t}$  тузатмани аниқлаш.

4.5 - расмдан ўртача температуралар фарқи учун тегишли тузатиш қийматини топиш.

$$P = \frac{t_{2ox} - t_{2бон}}{t_{1бон} - t_{2бон}} = \frac{40 - 20}{102,5 - 20} = 0,24$$

$$R = \frac{t_{1бон} - t_{2ox}}{t_{2ox} - t_{2бон}} = \frac{102,5 - 30}{40 - 20} = 3,6$$

$$\varepsilon_{\Delta t} = 0,77 \quad \text{ва} \quad \Delta t_{yp} = 28,6 \cdot 0,77 = 22^\circ \text{C}$$

Олинган тузатиш коэффициентини ҳисобга олсак, тахминий иссиқлик алмашиниш юзаси қуйидагига тенг бўлади:

$$F_{max} = \frac{Q}{\Delta t_{yp} \cdot K} = \frac{1820000}{22 \cdot 80^{\circ}} = 103,5 \quad \text{м}^2$$

Энди, қуйидаги вариантлар учун аниқловчи ҳисоблаш ўтказиш мақсадга мувофиқ бўлади:

$$\text{Iк} \quad D = 600 \text{ мм}, \quad d_T = 25 \times 2 \text{ мм}, \quad z = 4, \quad \frac{n}{z} = \frac{206}{4} = 51,5;$$

$$\text{Пк} \quad D = 600 \text{ мм}, \quad d_T = 20 \times 2 \text{ мм}, \quad z = 6, \quad \frac{n}{z} = \frac{316}{6} = 52,7;$$

$$\text{Шк} \quad D = 800 \text{ мм}, \quad d_T = 25 \times 2 \text{ мм}, \quad z = 6, \quad \frac{n}{z} = \frac{384}{6} = 64,0;$$

##### 5) Иссиқлик ўтказиш юзасини аниқловчи ҳисоби:

Вариант Iк

$$Re_1 = \frac{4 \cdot G}{n \cdot d \cdot \left( \frac{n}{z} \right) \cdot \mu_1} = \frac{4 \cdot 6,0}{n \cdot 0,021 \cdot 51,5 \cdot 0,00054} = 13100$$

$$Pr_1 = \frac{c_1 \cdot \mu_1}{\lambda_1} = \frac{4100 \cdot 0,0054}{0,662} = 3,4$$

Труба ичида турбулент режимда оқаётган суюқликнинг иссиқлик алмашиниш коэффициенти қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \cdot \left( \frac{Pr}{Pr_{ден}} \right)^{0,25}$$

$t_1$  ва  $t_{1\text{дев}}$  температуралар фарқи кичик бўлгани учун ( $\Delta t_{ур} = 28,6^\circ\text{C}$  дан кам)  $(Pr/Pr_{ден})^{0,25}$  тузатма ҳисобга олинмаса ҳам бўлади.

Унда,

$$\alpha_1 = \frac{0,662}{0,621} \cdot 0,023 \cdot 13100^{0,8} \cdot 3,4^{0,4} = 2360 \frac{Вт}{м^2 \cdot K}$$

Трубалараро бўшлиқдаги оқимнинг минимал кундаланг кесим юзаси  $S_{траб} = 0,040 \text{ м}^2$  ва унда,

$$Re = \frac{G_2 \cdot d_T}{S \cdot \mu_2} = \frac{21,8 \cdot 0,025}{0,040 \cdot 0,000804} = 16960$$

$$Pr_2 = \frac{c_2 \cdot \mu_2}{\lambda_2} = \frac{4180 \cdot 0,000804}{0,618} = 5,43$$

Девордан сувга иссиқлик гиш пайтидаги иссиқлик алмаши-  
ниш коэффициенти қуйидагича топилади:

$$Nu = 0,23 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,36} \cdot \left( \frac{Pr}{Pr_{ден}} \right)^{0,25}$$

$$\alpha_2 = \frac{0,618}{0,025} \cdot 0,23 \cdot 16960^{0,6} \cdot 3,4^{0,36} = 3785 \frac{Вт}{м^2 \cdot K}$$

Куб қолдиги органик суюқлик бўлгани учун 4-4 жадвалга би-  
ноан трубада ҳосил бўлган ифлосликларнинг термик қаршилиги  
 $\tau_{ифл1} = \tau_{ифл2} = 1/5800 \text{ м}^2 \cdot K/Вт$ .

Ундан ташқари, куб қолдиги коррозия фаоллиги сабабли,  
трубалар мате- риял зашгламайдиган пўлатдан танланади. Бу  
пўлатнинг иссиқлик ўтказиш коэффициенти  $\alpha_{пўлат} = 17,5$   
 $Вт/(м^2 \cdot K)$ .

| Иссиқлик ташувчи агеи                             | $\frac{1}{r_{ифт}}$ |
|---------------------------------------------------|---------------------|
| Сур                                               |                     |
| ифлосланган                                       | 1400 - 1860         |
| ўртача сифатли                                    | 1860 - 2900         |
| яхши сифатли                                      | 2900 - 5800         |
| дистилланган                                      | 11600               |
| Ҳаво                                              | 2800                |
| Нефт маҳсулотлари, мой, со-<br>витувчи агент буғи | 2900                |
| Нефт хом ашёси                                    | 1160                |
| Органик суюқлик, суюқ сову-<br>тувчи агентлар     | 5800                |
| Гаркибида мой бор сув буғи                        | 5800                |
| Органик суюқлик буғлари                           | 11600               |

Девор ва ифлосликларнинг термик қаршилиқтарининг йиғиндиси қуйидагига тенг:

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{5800} = 0,0004588 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$$

Иссиқлик ўтказиш коэффициенти эса,

$$K = \frac{1}{\frac{1}{2360} + \frac{1}{3785} + 0,0004588} = 874 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

Зарур иссиқлик алмашилиш юзаси эса,

$$F = \frac{1820000}{22,0 \cdot 874} = 94,6 \text{ } m^2$$

64-жадвалдан, келтирилган масала учун  $F = 94,6 \text{ м}^2$  бўлгани учун трубаларнинг узунлиги  $L = 6,0 \text{ м}$  ва номинал юзаси  $F_{\text{н}} = 97 \text{ м}^2$  ли иссиқлик алмашинуш қурилмаси тўғри келади.

Демак, юза бўйича заҳира

$$\Delta = \frac{97 - 94,6}{94,6} \cdot 100 = 2,54\%$$

ни ташкил этади.

Иссиқлик алмашинуш қурилмасининг массаси  $M = 3130 \text{ кг}$  (65 - жадвал).

**6) Қурилма лнг конструктив ўлчамларини аниқлаш.**

Бунинг учун керакли бошланғич маълумотлар — иссиқлик алмашинуш юзаси  $F$  ва трубанинг узунлиги  $L$ .

Тўғри керак: трубалар сони -  $n$ , уларнинг жойлашинуш, қурилма корпусининг диаметри -  $D$ , труба ва трубалараро бўшиқдаги йўللар сонларини, ҳамда штуцерларнинг геометрик ўлчамларини.

Трубалар сони ушбу тенглама орқали топилади:

$$n = \frac{F}{\pi \cdot d_{\text{т}} \cdot L}$$

бу ерда  $d_{\text{т}}$  - трубанинг ҳисобий диаметри, агарда  $\alpha_1$  ва  $\alpha_2$  бири-бирига яқинроқ сон қийматларга эга бўлса,

$$d_{\text{т}} = \frac{d_{\text{мах}} + d_{\text{мин}}}{2}$$

агарда  $\alpha_1 \gg \alpha_2$  ёки  $\alpha_1 < \alpha_2$  бўлса, унда  $d_{\text{т}}$  сон қиймати суяқлик билан ювилаётган труба нинг  $\alpha$  си томондаги диаметрига  $d_{\text{т}}$  га тенг бўлади.

Одатда, трубалар труба тўрла, га тўғри олтибурчак қирралари, квадрат томонлари, ҳамда концентрик айланалар бўйлаб жойлаштирилади.

Тўғри олтибурчак қирралари бўйлаб жойлаштирилганда

$$n = 3 \cdot a \cdot (a + 1) + 1$$

бу ерда  $a$  - айлана марказидан бошлаб ҳисобланганда, олти-  
бурчакнинг тартиб рақами.

Энг катта олтибурчак диагоналидаги трубалар сонини  $b$  ни  
ушбу формуладан топиш мумкин.

$$b = 2 \cdot a + 1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{n-1}{3} + 0,25}$$

Труба қаторларининг сони  $m$  эса,

$$m = \sqrt{\frac{n-1}{3} + 0,25} \approx \sqrt{\frac{n}{3}}$$

Труба ўқлари орасидаги масофа ёки қадами  $t$  трубанинг ташқи  
диаметрига боғлиқ ва ушбу тенгликдан аниқлаш мумкин:

$$t = (1,2 + 1,4) \cdot d_{\text{таш}} \quad 1$$

Лекин, ҳар қандай шароитда ҳам

$$t = d_{\text{таш}} + 6 \text{ мм}$$

дан кам бўлмаслиги керак. Шуни назарда тутиш керакки,  $b$  ва  
 $a$  параметрлар бутун сон бўлиши шарт.

Қурилма корпусининг ички диаметри қуйидаги формула билан  
аниқланади:

бир йўлли бўлганда

$$D_{\text{ич}} = t \cdot (b-1) + 4 \cdot d_{\text{таш}}$$

ёки

$$D_{\text{ич}} = 1,1 \cdot t \cdot \sqrt{n}$$

кўп йўлли бўлганда эса,

$$D_{\text{нч}} = 1,1 \cdot t \cdot \sqrt{\frac{n}{\eta}}$$

бу ерда  $\eta = 0,6-0,8$  - труба тўрини трубалар билан тўлдирилиш коэффициенти ва  $u$  ҳисоблаш бўли топилади.  $D_{\text{нч}}$  нинг сон қиймати стандарт ёки нормаллардаги бутун сон қийматларига яхлитланади.

Труба тўрлари орасидаги масофа, яъни трубаларнинг ишчи узунлиги  $l_1$  қуйидаги ҳисоблаш формуласидан топиш мумкин:

$$l_1 = \frac{F}{\pi \cdot d_{\text{ср}} \cdot i \cdot z}$$

бу ерда  $z$  — йўллар сони;  $r$  - бир йўлдаги трубалар сони

Иссиқлик алмашиниш қурилмасининг ишчи узунликлари қуйидагиларга тенг қилиб олиш тавсия этилади:

$$l_1 = 1000; 1500; 2000; 3000; 4000; 6000; 9000$$

Кўп йўлли иссиқлик алмашиниш қурилмаси йўллар сони ҳадоим жуфт бўлиши тавсия қилинади. Агарда, кўп йўл қурилма трубалари узунликлари рухсат этилганидан ортиқ бўлса, йўллар сони 2 ўзгартрилади.

Кожух-трубали иссиқлик алмашиниш қурилмасининг умумий баъандлиги труба узунлиги  $l_1$  ва 2 та тақсимловчи камералар баъандликлари  $h$  ларнинг йиғиндисига тенг, яъни:

$$H = l_1 + 2 \cdot h$$

бу ерда  $h = 200-400$  мм.

Бошқа турдаги иссиқлик алмашиниш қурилмалари учун конструктив ҳисоблашлар қўшимча адабиётларда келтирилган [5,16,31].

Штуцерларнинг шартли диаметри кожух диаметри ва йўллар сонига боғлиқ бўли 5, 66 - жадвалдан танланади.

Сегментли тўсиқлар сони иссиқлик алмашиниш қурилмасининг узунлиги ва диаметрига боғлиқ. Норматив

суюқлик алмашишини қурилмаси лнинг сегментлар сони 67 - жадвалда берилган.

7) Гидравлик қаршиликни ҳисоблаш.

Трубада босимнинг йуқотилиши ушбу формула ёрдамида олинқанади:

$$\Delta p = \left( \lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \zeta_{\text{мк}} \right) \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}$$

бу ерда суюқликнинг ҳаракат йўли  $L$  бўлади.

Труба ичида оқаётган суюқлик тезлиги қуйидаги формулада ҳисобланади:

$$w_{\text{ур}} = \frac{4 \cdot G_{\text{мп}} \cdot z}{\pi \cdot d^2 \cdot n \cdot \rho_{\text{мп}}}$$

Ишқаланиш коэффиценти  $\lambda$  оқимнинг ҳаракат режими ва диаметр-будурлигига боғлиқдир.

Ламинар режимда

$$\lambda = \frac{A}{\text{Re}}$$

бу ерда  $A$  - коэффиценти, труба қувуғининг қўндаланг кесилишининг шаклига боғлиқ.

Қуйида баъзи бир қўндаланг кеси. лар учун коэффицент  $A$  ва эквивалент диаметр  $d_e$  ларнинг қийматлари келтирилган.

Суюқлик турбулент режимда оқиш пайтида учта зона мавжуд бўлиб, улар учун турли формулалар қўлланилади.

Текис ишқаланиш зонаси учун  $(2320 < \text{Re} < 10 \frac{1}{e})$

$$\lambda = \frac{0.316}{\sqrt[4]{\text{Re}}}$$

| Кўндаланг кесим<br>шакли                          | A  | $d_3$ |
|---------------------------------------------------|----|-------|
| D диаметри ай-<br>лана                            | 64 | d     |
| A томонли квад-<br>рат                            | 57 | a     |
| A энли халқа                                      | 96 | 2a    |
| Баландлиги a, эни<br>b бўлган тўғри<br>тўртбурчак |    |       |
| $B \gg a$                                         | 96 | 2a    |
| $B/a = 10$                                        | 85 | 1,81a |
| $B/a = 4$                                         | 73 | 1,6a  |
| $B/a = 2$                                         | 62 | 1,3a  |

бу ерда  $e = \Delta/d_3$  - трубаинг нисбий ғадир-будурлиги;  $\Delta$  - трубаинг абсолют ғадир-будурлиги (ҳисоблар учун  $\Delta = 0,2 \cdot 10^{-3}$  м деб қабул қилинса бўлади).

Трубаларнинг ғадир-будурлиги  $\Delta$  нинг тахминий сон қийматлари 4-6 жадвалда келтирилган.

| Трубалар                                        | $\Delta$ , мм |
|-------------------------------------------------|---------------|
| Янги, пўлат                                     | 0,06 - 0,1    |
| Озгина коррозияга учраган<br>пўлат труба        | 0,1 - 0,2     |
| Ифлосланган, эски труба                         | 0,5 - 2       |
| Янги чўян, керамик трубалар                     | 0,35 - 1      |
| Ишлатилган чўян труба                           | 1,4           |
| Текис алюминий трубалар                         | 0,015 - 0,06  |
| Латунь, мис, қўроғшин ва<br>шиша трубалар       | 0,0015 - 0,01 |
| Тўйинган буғ учун                               | 0,2           |
| Буғ учун, узлукли ишлайди-<br>ган трубалар      | 0,5           |
| Конденсация учун узлукли<br>ишлайдиган трубалар | 1,0           |

Аралаш ишқаланиш соҳаси учун ( $10 \frac{1}{e} < Re < 560 \frac{1}{e}$ )

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( e + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$$

Re га нисбатан автомодел зона учун ( $Re > 560 \frac{1}{e}$ )

$$\lambda = 0,11 \cdot e^{0,25}$$

Агарда,  $Re_{тр} > 2300$  бўлса, ишқаланиш коэффициенти ушбу формуладан тегилади:

$$\lambda = 0,25 \cdot \left\{ \lg \left[ \frac{e}{0,37} + \left( \frac{6,81}{Re_{тр}} \right)^{0,9} \right] \right\}^{-2}$$

Туба ичида суюқлик оқиши пайтидаги маҳаллий қаршиликлар:

$\zeta_{тр} = 1,5$  - камерага кириш ва чиқиш;

$\zeta_{тр} = 2,5$  - йўллар орасидаги бурилиш;

$\zeta_{тр} = 1,0$  - трубага кириш ва ундан чиқиш.

Тақсимловчи камерага кириш ва ундан чиқиш пайтидаги маҳаллий қаршиликлар шгуцерлардаги тезлик орқали ҳисобланади.

Трубалараро бўшлиқдаги гидравлик қаршилик қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\Delta p_{троб} = \sum \zeta_{троб} \left( \frac{\rho \cdot w_{троб}^2}{2} \right)$$

Трубалараро бўшлиқдаги суюқлик тезлигини қуйидаги формула билан аниқлаш мумкин:

$$w_{\text{треб}} = \frac{G_{\text{треб}}}{S_{\text{треб}} \cdot \rho}$$

Трубалараро бушлиқча суюқлик оқиши пайтидаги маҳаллий қаршилиқлар:

$\zeta_{\text{траб1}} = 1,5$  - суюқликнинг кириши ва чиқиши;

$\zeta_{\text{траб2}} = 1,5$  - сегмент тўсиқ орқаси бурилиш;

$\zeta_{\text{траб}} = \frac{3 \cdot m}{\text{Re}_{\text{траб}}^{0,2}}$  - трубалар пакетининг қаршилиғи.

бу ерда  $m$  - труба қаторларининг сони.

$$\text{Re}_{\text{траб}} = \frac{G_{\text{траб}} \cdot d_m}{S_{\text{траб}} \cdot \mu}$$

Шундай қилиб, трубалар ичилиги гидравлик қаршилиқни ҳисоблаш қуйидаги формула ёрдамида олиб борилади:

$$\begin{aligned} \Delta p_{\text{тр}} &= \lambda \cdot \frac{L \cdot z}{d} \cdot \frac{w_{\text{тр}}^2 \cdot \rho_{\text{тр}}}{2} + [2,5 \cdot (z-1) + 2 \cdot z] \cdot \frac{w_{\text{тр}}^2 \cdot \rho_{\text{тр}}}{2} + \\ &+ 3 \cdot \frac{w_{\text{тр}}^2 \cdot \rho_{\text{тр}}}{2} = 0,422 \cdot \frac{4}{0,021} \cdot \frac{986 \cdot 0,338^2}{2} + [2,5 \cdot (4-1) + 2 \cdot 4] \cdot \\ &\cdot \frac{986 \cdot 0,338^2}{2} + 3 \cdot \frac{986 \cdot 0,338^2}{2} = 2720 + 873 + 175 = 3768 \text{ Па} \end{aligned}$$

Труба қаторларининг сони ушбуга тенг:

$$m = \sqrt{\frac{276}{3}} = 8,27$$

яқлитлангандан сўнг  $m = 9$

Сегмент тўсиқлар сони  $x = 18$  (67-жадвал).

Кожухдаги штуцерлар диаметри  $d_{\text{трабш}} = 0,2$  м бўлса, ундаги сувнинг тезлиги эса,

$$w_{\text{трабш}} = \frac{21,8}{n \cdot 0,2^{0,2} \cdot 996} = 0,696 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

га тенг бўлади.

Трубалараро бўшлиқда қуйидаги маҳаллий қаршиликлар бор: штуцерлар орқали кириш ва чиқиш, сегментлар орқали ўтиш пайтида 18 та  $(x - 1)$  ва трубалар пакетини сориб ўтиш вагида 19  $(x + 1)$  та бурилш.

Трубалараро бўшлиқдаги гидравлик қаршиликлар эса, ушбу тенгламадан топилади:

$$\begin{aligned} \Delta p_{\text{траб}} &= \frac{3 \cdot m \cdot (x+1)}{\text{Re}_{\text{траб}}^2} \cdot \frac{\rho_{\text{траб}} \cdot w_{\text{траб}}^2}{2} + x \cdot 1,5 \cdot \frac{\rho_{\text{траб}} \cdot w_{\text{траб}}^2}{2} + \\ &+ \frac{\rho_{\text{траб}} \cdot w_{\text{трабш}}^2}{2} = \frac{3 \cdot 9 \cdot (18+1)}{(16960)^2} \cdot \frac{996 \cdot 0,546^2}{2} + 18 \cdot 1,5 \cdot \frac{996 \cdot 0,546^2}{2} + \\ &+ 3 \cdot \frac{996 \cdot 0,546^2}{2} = 9720 + 4010 + 725 = 11455 \text{ Па} \end{aligned}$$

бу ерда  $x$  - сегмент тўсиқлар сони.

Гидравлик қаршиликларни енгизиш учун сарф бўла тиган қувват миқдор - қуйидаги формуладан аниқланади:

$$N = \frac{V \cdot \Delta p}{1000 \cdot \eta}$$

бу ерда  $V$  - ҳосил қилик таъинувчи агент сарфи,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\Delta p$  - напорнинг тўлиқ йўқотилиши, Па;  $\eta$  - насоснинг ф.и.к.

**8) Иссиқлик алмашишини қурилмаларини механик ҳисоблаш.**

Бу ҳисоблаш, қурилманинг детал, қисм ва бўлакларини мустақамликка текширишдан иборатдир.

**9) Цилиндрик обечайкани ҳисоблаш.**

Ички босим остида ишлайдиган қурилмалар обечайкасининг

муустаҳкамлиги ушбу формула ёрдамида ҳисобланади:

$$S = \frac{P_{\text{хис}} \cdot D_{\text{ич}}}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p2}] - p_{\text{хис}}} + C + C_1$$

бу ерда  $s$  - обечайка девдорининг қалинлиги, м;  $p_{\text{хис}}$  - ҳисобланадиган босим, МПа;  $D_{\text{ич}}$  - қурилманинг ички диаметри, м;  $\varphi$  - пайвандлаш чокининг муустаҳкамлиги;  $C$  - коррозияга ҳисобга олган қўшимча қалинлик, м,  $C_1$  - технологик, монтаж ларни ҳисобга олувчи яхлитланган қўшимча қалинлик, м.

$\sigma_{p2}$  - материалнинг руҳсат этилган кучланиши. Баъзи материаллар учун 4.6 - расмда  $\sigma_{p2}$  - сон қийматлари келтирилган.

$\varphi = 1,0$  - бундай муустаҳкамликни учма-уч ва таврли бирикмаларни икки томонлама, автоматик пайвандлаш беради;

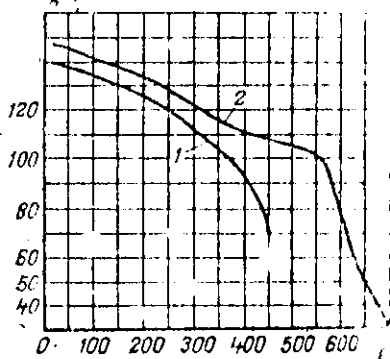
$\varphi = 0,95$  - бундай муустаҳкамликни учма-уч ва таврли бирикмаларни икки томонлама қўлда пайвандлаш беради;

$\varphi = 0,9$  - бундай муустаҳкамликни учма-уч ва таврли бирикмаларни бир томонлама пайвандлаш беради;

$\varphi = 0,8$  - бундай муустаҳкамликни устма-уст ва таврли бирикмаларни икки томонлама, автоматик пайвандлаш беради;

$\sigma_R, \text{МПа/М}^2$

Ҳисобланган қалинликка берилдиган қўшимча қалинликнинг миқдори коррозия тезлиги ва қурилманинг ишлатилиш давомийлигига боғлиқдир. Масалан: 10 йил мобайнида ишлатиладиган қурилмани коррозия тезлиги 1,1 мм/йил бўлса,  $C = 1$  мм га тенг бўлади.



4.6-расм. Ст 3 (1) ва X18Cr10Ti (2) пўлатлар учун  $\sigma_{p2}$

Агрессив муҳитнинг коррозия таъсири туфайли бериладиган материалга қўшимча қалинлик ушбу формула билан аниқланади:

$$C = P \cdot \tau_a$$

$P$  - коррозия тезлиги, мм/йил;  $\tau_a$  - амортизация муддати, йил.

Мустаҳкамланмаган тешик ва пайвандлаш жоклари туфайли обечайка мустаҳкамлигининг камайишини  $\varphi$  коэффициенти ҳисобга олади.

Тешик сабабли обечайкани мустаҳкамлигининг камайишини эса, ушбу формуладан топиш мумкин:

$$\varphi_o = \frac{D_{uc} - d_o}{D_{uc}}$$

Рухсат этилган босим куйида келтирилган формуладан аниқланади:

$$P_{so} = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p2}] \cdot (S - C)}{D + S - C}$$

Юқорида берилган  $S$  ва  $\sigma_{p2}$  формулалар ушбу шарт бажарилганидагина қўлланилади:

$$\frac{S - C}{D} \leq 0,1$$

#### 10) Қопқоқларни ҳисоблаш.

Эллиптик шаклдаги қопқоқ деворининг қалинлиги куйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$s_1 = \frac{P_{xuc} \cdot R}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{p2}] - 0,5 \cdot p_{xuc}} + C + C_1$$

бу ерда  $R = D^2/4H$  Стандарт қопқоқлар учун  $H = 0,25 \cdot D$  бўлганда  $R = D_{uc}$ .

Рухсат этилган босим эса,

$$p_m = \frac{2 \cdot (s_1 - C) \cdot \varphi \cdot [\sigma_{ps}]}{R + 0,5 \cdot (s_1 - C)}$$

Юқорида берилган  $s_1$  ва  $p_{ps}$  формулалар ушбу шарт ба жой қўйилгандагина қўлланилади:

$$\frac{s_1 - C}{\mu} \leq 0,1 \quad \text{ва} \quad H \geq 0,2 \cdot \gamma_{uv}$$

Конусли қопқоқнинг  $l_{кон}$

$$l_{кон} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{D_{uv} \cdot (s_1 - C)}{\cos \alpha}}$$

масофадаги қалинлиги  $s_1$  мана шу тенгламадан топиши мумкин:

$$s_1 = \frac{p_{xuc}}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{ps}] - p_{xuc}} \cdot \frac{D_{uv}}{\cos \alpha} + C + C_1$$

Цилиндрик қисмнинг  $l_y$

$$l_y = 0,5 \cdot \sqrt{D_{uv} \cdot (s_1 - C)}$$

масофадаги қалинлиги  $s_1$  эса ушбу формуладан аниқланади:

$$s_1 = \frac{p_{xuc} \cdot D_{uv} \cdot y}{4 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{ps}]} + C + C_1$$

Юқорида келтирилган, конус ва цилиндрлик қисмларининг қалинликларининг тегишли формулаларда ҳисоблаб чиқилган  $s_1$  ларнинг энг каттаси қабул қилинади, лекин  $s_1$  обечайканинг қалинлиги  $s$  тан кам бўлиши мумкин эмас, яъни ( $s_1 > s$ ).

Думалоқ, текис қопқоқлар қалинлиги ушбу формуладан аниқланади:

$$s_1 = \left( \frac{K}{K_a} \right) \cdot D_{uc} \cdot \sqrt{\frac{P_{xuc}}{[\sigma_{ps}]}} + C + C_1$$

бу ерда  $K$  - қопкоқ конструкциясига боғлиқ ва у жадвалдан алынади [34].

### 11) Энергетик сарфларни ҳисоблаш.

а) Қурилма ва ускуналарга хизмат қилаётган электродвигател-  
лар бир соатлик қуввати қуйидагига тенг:

$$N_{\text{соат}} = N_1 + N_2 + \dots + N_n, \quad [\text{кВт}]$$

Бир суткасига эса,

$$N_{\text{сут}} = N \cdot \tau$$

б) Қурилма ва ускуналарга ишлатилаётган буғ сарфи:

$$D_{\text{соат}} = D_1 + D_2 + \dots + D_n, \quad [\text{кг/соат}]$$

Бир суткасига эса,

$$D_{\text{сут}} = D \cdot \tau$$

в) Қурилма ва ускуналардаги суғ сарфи:

$$W_{\text{соат}} = W_1 + W_2 + \dots + W_n, \quad [\text{кг/с} \cdot \text{т}, \text{м}^3]$$

Бир суткасига эса,

$$W_{\text{сут}} = W \cdot \tau$$

### 12) Фланецли бирикмаларни ҳисоблаш.

Ушбу ҳисоблашда болтлар (ёки шпилькалар) диаметри, улар-  
нинг сонини ва фланец элементларининг ўлчамларини  
аниқлашдан иборатдир.

Ишчи шароитда болтларга таъсир этаётган чўзувчи кучларнинг  
миқдори қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$P_6 = \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} \cdot p + P_n$$

$D_n$  - қистирманинг ўртача диаметри, м;  $P_n$  - зичлаштириш юзасига тушаётган куч, МН;  $p$  - ишчи босим, МПа.

Тўғри тўртбурчак кўндаланг кесимли қистирманинг зичлаш учун зарур сиқилиш кучи ушбу тенгламадан топилади:

$$P_n = \pi \cdot D_n \cdot b \cdot k \cdot p$$

$b$  - қистирманинг эффектив эни, м;  $k$  - қистирманинг материал ва шаклига боғлиқ коэффициент (текис резина учун  $k=1,0$ ; фторопласт, паронит, чарм учун  $k=2,5$ ).

Фланецдаги болт учун тешиклар айланасининг диаметрини қуйидаги формула билан таъиниш мумкин:

$$D_{6\text{ичф}} = (1,1 + 1,2) \cdot D_{\text{ичф}}^{0,933}$$

$D_{\text{ичф}}$  - фланецнинг ички диаметри, одатда у қурилманинг ташқи диаметрига тенг бўлади.

Болтларнинг диаметри ушбу

$$d_6 = \frac{D_6 - D_1}{2} - 0,006$$

формуладан топилади, ва кам сон қиймат томонига яхлитланади. Бу ерда  $D_1$  - фланец пайвандлаш чокининг диаметри, м.

Болтлар сони ушбу формуладан аниқланади:

$$z = \frac{P_6}{\sigma_{pz} \cdot F_6}$$

бу ерда  $F_6$  - болт резьбасининг ички диаметри бўйича аниқланган кўндаланг кесим кўлаши, м<sup>2</sup>;  $\sigma_{pz}$  - болтлар чузилишига рухсат этилган кучланиш.

Ҳисоблаб топилган болтлар сони яқинидаги бутун сонгача яхлитланади. Бу сон 4 карра бўлиши керак.

Фланец ташқи диаметри эса, ушбу тинглама орқали ҳисобланади:

$$D_{\phi} = D_{\delta} + (1,8 \div 2,5) \cdot d_{\delta}$$

Текис фланецнинг баландлигини топиш учун дастлаб қуйидаги қийматлар аниқланади:

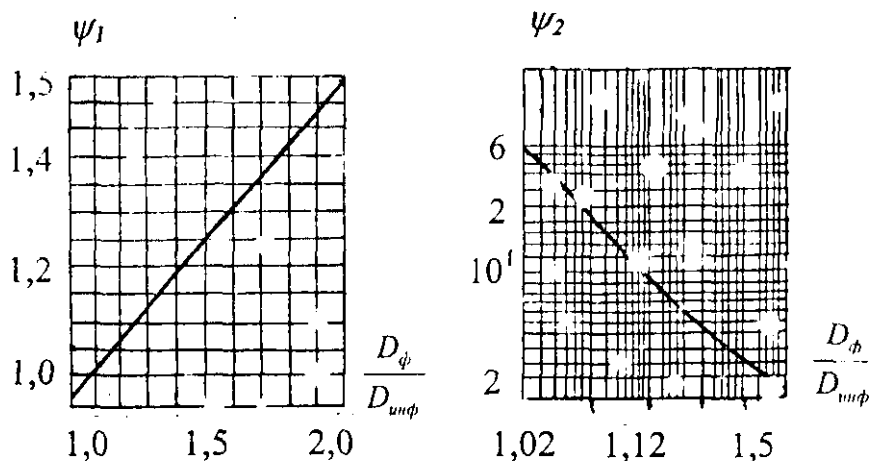
ишчи шароитда фланецга тушаётган юклама

$$P = \frac{D_{\phi}}{D_{\phi} - D_{ин}} \cdot \left[ P_{\delta} \frac{D_{ин}}{D_{\delta}} \cdot \left( \frac{D_{\delta}}{D_n} - 1 \right) + \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} \cdot p \cdot \left( 1 - \frac{D_{\delta}}{D_n} \right) \right], [МН]$$

$$\Phi = \left( \frac{P}{\sigma_T} \right) \cdot \psi_1, [М^2]$$

$$A = 2 \cdot \psi_2 \cdot \delta^2, [М^3]$$

$\sigma_T$  - ишчи температурада фланец материалынинг оғзчанлик чегараси, МН/м<sup>2</sup>;  $\delta$  - фланец билан бирлаштирилган обечайканинг қалинлиги, м;  $\psi_1, \psi_2$  - коэффициентлар, 4.7 - расмдан топилади.



4.7-расм.  $\psi_1$  ва  $\psi_2$  коэффициентларини аниқлаш учун графиклар.

## КОНТРОЛ МАСАЛАЛАР

4-1. Қўндаланг кесими квадрат, томони  $d=10$  мм, узунлиги  $l=1600$  мм бўлган квадрат қўндаланг кесимдан  $w = 4$  м/с тезликда сув оқаяпти. Канал юзасининг температураси  $90^{\circ}\text{C}$ , сувнинг ўртача температураси  $40^{\circ}\text{C}$  бўлганда девор юзасидан сувга иссиқлик бериш коэффициентини  $\alpha$  аниқлансин.

4-2. "Труба ичидаги труба" иссиқлик алмашилиш қурилмасининг трубалараро бўшлиғида ўртача температура  $10^{\circ}\text{C}$  ва  $w = 3$  м/с тезликда сув ўтмоқда. Агарда ички трубанинг ташқи юзаси  $70^{\circ}\text{C}$  бўлса, иссиқлик алмашилиш қурилмасининг иссиқлик бериш коэффициенти ва иссиқлик қуввати топилсин. Ички трубанинг диаметри  $d = 26 \times 3$  мм, узунлиги  $l = 1,4$  м.

4-3. Симоб  $w = 2,5$  м/с тезликда диаметри  $d = 14$  мм ва узунлиги  $l = 900$  мм бўлган трубадан оқиб ўтмоқда. Симобнинг ўртача температураси  $t_{\text{ср}} = 250^{\circ}\text{C}$ , деворнинг ўртача температураси  $t_s = 220^{\circ}\text{C}$  бўлганда, симобнинг деворга иссиқлик бериш коэффициенти, иссиқлик ўтказиш коэффициенти, иссиқлик оқимининг зичлигини ва вақт бирлиги ичида узатилаётган иссиқлик миқдори топилсин.

4.4. Агарда деворнинг усти  $0,5$  мм қалинликда эмал билан қопланган бўлса, диаметри  $38$  мм ли пўлат эмсеевик деворининг термик қаршилиги неча баробар ортади. Девор текис деб ҳисоблансин. Эмалнинг иссиқлик ўтказувчанлиги  $1,05$  Вт/(м·К) га тенг.

4.5. Узунлиги  $40$  м диаметри  $51 \times 2,5$  мм ли буғ узатувчи труба  $30$  мм ли қалинликда ташқи муҳитдан қоплама билан ажратилган (изоляция), қопламанинг ташқи томонидаги температураси  $t = 45^{\circ}\text{C}$ , ички томонида эса,  $t = 175^{\circ}\text{C}$ . Буғ ўтказувчи (узатувчи) трубанинг  $1$  соатда атрофга йўқоётган иссиқлик миқдорини аниқлансин. Қопламанинг иссиқлик ўтказувчанлиги  $0,116$  Вт/(м·К) га тенг қабул қилинсин.

4.6. Диаметр  $60 \times 3$  мм ли пўлат труба қалинлиги  $30$  мм ли пўлак ва унинг устидан  $40$  мм ли қалинликда совелит ( $85\%$  магний +  $15\%$  асбест)ли қатлам билан қопланган. Труба деворининг температураси  $110^{\circ}\text{C}$ , қоплам ташқи деворининг температураси  $10^{\circ}\text{C}$ . Трубанинг  $1$  м узунлигида  $1$  соат мобайнида йўқотилаётган иссиқлик миқдорини аниқлансин.

4.7. Қуришма гиштли қоплама билан қопланган бўлиб, улар-

нинг туташган койидаги қоплама юзасидаги температураси аниқлансин. Қоплама ташқи юзасининг температураси  $35^{\circ}\text{C}$ . гишт қоплама қалинлиги 260 мм. Қопламанинг ташқи юзасидан 50 мм чуқурликда ўрнатилган термометр  $70^{\circ}\text{C}$  ни ўлчашмоқда.

4.8. Буғлатувчи қурилмадан чиқаётган қуюқлаштирилган (конденсирланган) эритма температураси  $106^{\circ}\text{C}$  бўлиб, у суюлтирилган совуқ эритмани  $50^{\circ}\text{C}$  гача иситиш учун фойдаланилмоқда. Совутувчи агентнинг (бошланғич) дастлабки температураси  $20^{\circ}\text{C}$ . Қуюқлаштирилган эритма  $60^{\circ}\text{C}$  гача совутилмоқда. Оқим йўналишлари тўғри ва қарама-қарши бўлган ҳолатлар учун ўртача температуралар фарқини аниқланг.

4.9. Юзаси  $6\text{ м}^2$  бўлган қарама-қарши йўналишли иссиқлик алмашиниш қурилмада  $1900\text{ кг/соат}$  сарф билан ушбу спиртни  $90^{\circ}\text{C}$  дан  $50^{\circ}\text{C}$  гача совитиш керак. Иссиқ муҳит температураси  $18^{\circ}\text{C}$  бўлган сув билан совутилмоқда. Иссиқлик алмашиниш қурилмасидаги иссиқлик ўтказиш коэффициентининг қиймати  $230\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$ ;  $\Delta t$  ўртача арифметик ҳолда ҳисоблансин. Иссиқлик алмашиниш қурилмаси орқали 1 соатда неча метр куб сув оқиб ўтати керак?

4.10. Узунлиги 1,2 м диаметри  $18\times 2\text{ мм}$  ли 19 та латун трубадан тайёрланган кожух-трубали иссиқлик алмашиниш қурилма асбоб-ускуна (жиҳоз)лар омборида сақланмоқда. Сувнинг бошланғич температураси  $15^{\circ}\text{C}$  ва охириги  $35^{\circ}\text{C}$  бўлса, иссиқлик ўтказиш коэффициенти  $700\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$  га тенг бўлганда, соатига 350 кг тўйинган этил спирти ўтқини конденсациялаш (суюқликка айлантириш) учун қурилманинг юзаси етарли бўладими? Суюлтирилган спирт қурилмадан конденсацияланиш температурасида чиқазиб олинмоқда, жараён эса атмосфера босими остида олиб борилмоқда.

4.11. Спиралсимон иссиқлик алмашиниш қурилмаси бўйича қуйидаги маълумотлар аниқ бўлса иссиқлик ўтказиш коэффициенти топилсин: иссиқлик алмашиниш юзаси  $48\text{ м}^2$ ; соатига 85,5 тонна сув  $77^{\circ}\text{C}$  дан  $95^{\circ}\text{C}$  гача иситилмоқда. Иситиш жараёни тўйинган буғ ёрдамида олиб борилмоқда, суюқликнинг босими  $P = 23\text{ кПа}$ .

4.12. Соатига 3700 кг сарф билан ўтиш вақтида метил спирти  $10^{\circ}\text{C}$  дан  $50^{\circ}\text{C}$  гача иситилмоқда. Иссиқлик алмашиниш қурилмаси диаметри  $16\times 2\text{ мм}$  ли 19 та трубалардан иборат ва унинг трубалари ичидан суюқлик ҳаракат қилмоқда. Агарда девор температураси  $60^{\circ}\text{C}$  деб қабул қилинса, иссиқлик бериш коэфф.

циентини аниқланг.

4.13. Кожух-трубалі қурилманинг 46x3 мм диаметри труба таридан 3,7 м/с тезликда сув ўтиб иситилмоқда. Агарда сувга тегиб турган деворнинг ўртача температураси 90°C, сувнинг ўртача температура 46°C бўлса, иссиқлик бериш коэффициентини аниқланг.

4.14. Олтинугурт (II)-улеродиричиг сарфни 0,85 м<sup>3</sup>/соат бўлиб, атмосфера босими остида қайнаш температурасида 22°C гача совутилганда қарама-қарши йўналишли иссиқлик алмашинини қурилмасининг юзасини аниқланг. Совуtuvчи сув 14 дан 25°C гача иситилмоқда;  $\alpha_1=270$  Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\alpha_2=720$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Труба деворининг қалинлиги 3 мм. Деворининг ифлослангани, занглагани ва чуқма қопламаси қалинлигини ҳисобга олган ҳолда  $R_{\text{ифл}}=0,00069$ (м<sup>2</sup>·К/Вт) қабул қилиб, сувнинг сарфини ҳам топинг.

4.15. "Труба ичидаги труба" иссиқлик алмашинини қурилмаси 10 секциядан ташкил топган. Ҳар бир секция узунлиги 5 м, ички трубалар диаметри  $d = 38 \times 2$  мм. Қурилмада 40°C пахта ёғи 10°C гача сув ёрдамида совутилмоқда. Бунда сувнинг температураси 5°C дан 25°C гача иситилти. Пахта ёғидан труба деворига иссиқлик бериш коэффициенти  $\alpha_1=1400$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), труба деворидан сувга эса,  $\alpha_2=800$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Пахта ёғи оғ ётган ифлосланган деворнинг термик қаршиллиги  $R_1=2 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>·К/Вт бўлса, сув оқаётган труба ички эса  $R_2=4 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>·К/Вт. Трубалар материали зангламайдиган 1х18Н10Т ифлатдан ясалган. Сувнинг массавий сарфини аниқланг.

4.16. "Труба ичидаги труба" иссиқлик алмашинини қурилмасида иссиқлик ташувчи муҳитлар қарама-қарши ҳаракат қилиб, совутилч с.фатида ишлатилмоқда. Қурилма 6 та секциядан иборат бўлиб, ҳар бир секция узунлиги 5 м ва 45x2,5 трубалардан ясалган. Агар, артезиан суви 4°C да қурилмага кириб, 70°C гача иситилчқса, қанча миқдорда "Назат" шивосини 90°C дан 10°C гача совутиш мумкин.

Иссиқлик ўтказини коэффициента 400 Вт/(м<sup>2</sup>·К) деб қабул қилинсин.

4.17. Ректификацион колонга конденсаторида 80% ли (масс) сув-спирт буги конденсацияланмоқда. Конденсаторга юбориласган совуқ сув 10°C дан 60°C гача иситилмоқда. Конденсатор диаметри 35x1,5 мм узунлиги 1,3 м бўлган 121 та трубадан ташкил топган. Қурилманин иссиқлик ўтказини коэффициенти 400 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Конденсацияча аётган буг сарфини топинг.

4.18. Кожух-трубалі иссиқлик алмашинини қурилмаси диаметр

ри 25x2 мм ди 13 та трубадан иборат. Кожухнинг ички диаметри 273 мм. Қурилмадан 10000 кг/соат сарф билан оқаятган сув 10°C дан 60°C гача исимоқда. Агарда сув труба ичида ва трубалараро бушлиқдан ўтаётган пайтда труба девори юзасидан сувга бўлган иссиқлик бериш коэффициентини аниқлансин.

4.19. Иссиқлик ишлов берилган 360° л/соат қувватланган вино температураси 57°C дан 25°C гача совутилиши керак. Совутувчи агент-сувнинг бошланғич температураси 8°C, охиригиси эса - 20°C. Совутгичдаги иссиқлик ўтказиш коэффициенти 810 Вт/(м²·К) деб қабул қилинса бўлади. Иссиқлик ташувчи агентларнинг йуналиши қарама-қарши бўлган ҳол учун, иссиқлик алмашинувчи юзаси ва сувнинг сарфи аниқлансин.

4.20. Винога ишлов бериш қуйидаги жараёнлардан иборат: иссиқ сув ёрдамида пастеризация қилиш, "етилтирчиш", рекуперация секцияларида совитиш ва сув ёрдамида зарур температурагача совутилмоқда. Пластинали совитиш қурилмасининг, 2150 л/соат миқдордаги нордон винога ишлов бериш учун қурилманинг яроқлигини аниқланг.

Ҳисоблаш учун маълумотлар: винонинг бошланғич температураси 15°C, охириг температураси - 20°C, пастеризация температураси - 70°C, иссиқ сувнинг бошланғич температураси - 87°C, совуқ сувники эса - 10°C. Иссиқликни регенерация қилиш коэффициенти - 0.8. Пластиналарнинг ишчи юзаси: рекуперация секциясида - 5,4 м², пастеризация секциясида - 2,2 м², ва совитиш секциясида - 2,2 м².

Иссиқ ва совуқ сув миқдорини, виноникига қараганда 3 марта кўп деб қабул қилинсин. Иссиқлик ўтказиш коэффициентлари:

- рекуперация секциясида -  $K = 1700 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

- пастеризация секциясида -  $K = 1265 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

- совитиш секциясида -  $K = 1400 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

4.21. Кожух-трубали иссиқлик алмашинувчи қурилмасининг труба диаметри 25x2 мм, этил спиртининг массавий сарфи 168 кг/с, ўртача температураси 37°C. Қурилманинг трубалараро бушлиғида спирг ламинар режимида оқиб ўтган бўлса, иссиқлик бериш коэффициентининг қиймати аниқлансин.

4.22. Температураси 60°C бўлган вино ёрдамида мева-резавор виноси иссиқ сув ёрдамида 15°C дан 50°C гача иситилмоқда. Вино сарфи 5 м³/соат, иссиқлик ўтказиш коэффициенти 400 Вт/(м²·К). Иситувчи агентларнинг ҳаракат йуналиши бир хил ва қарама-қарши бўлган ҳолда, учун иссиқлик алмашинувчи қурилмасининг

юзаси ҳисоблаб топилсин.

4.23. Диаметри 38x3 мм ли 6 та трубадан 8000 кг/соат сарф бўлган иссиқлик алмашинуш қурилмасида узум шарбати иситилмоқда. Узум шарбатининг зичлиги 1075 кг/м<sup>3</sup>. Юқорида кўрсатилган иш унумдорлигини ушлаб тутиш учун шарбатнинг тезлиги қанча бўлиши зарур.

4.24. "Труба ичидаги труба" типдаги қарама-қарши йўналишда иссиқлик алмашинуш қурилмасининг uzunлиги 5 м ли 6 та секциядан иборат бўлиб, диаметри 45x2,5 мм ли трубалардан ясалган. Совутувчи агент - артезиан суви қурилмага киришда 4°C ва чиқишда 20°C температурали бўлса, қанча миқдорда 70°C ли "Олмали" пивосини 10°C гача совитиш мумкин. Иссиқлик ўтказиш коэффициентини  $K=460 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$  деб қабул қилинсин.

4.25. "Труба ичидаги труба" типдаги иссиқлик алмашинуш қурилмаси 10 та секциядан иборат. Ҳар секциянинг uzunлиги 5 м, ички труба диаметри 38x3 мм. Қурилмада 40°C дан 10°C гача пиво совитилмоқда. Совутувчи агент сувнинг температураси 5°C дан 25°C гача кўтарилмоқда. Пиводан иситувчи юзага бўлган иссиқлик бериш коэффициенти 2000  $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ , иситиш юзасидан сувга эса - 800  $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ . Труба ичиге термик қаршилиги: пиво оқиб ўтаётган томонда  $r_b=2\cdot 10^{-4} \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ , сув ҳаракат қилаётган томонда -  $r_c=4\cdot 10^{-4} \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ . Трубалар зангирладиган Х18Н10Т пулатдан ясалган. Юқоридаги парт-шаронтлар учун сувнинг сарфини ҳисоблаб топилсин.

4.26. Вертикал кожух-трубали иссиқлик алмашинуш қурилмаси диаметри 25x2 мм, uzunлиги 1,2 м ли мис трубалардан ясалган. Трубалараро бўшлиқда 300 м<sup>3</sup>/соат миқдорда 80% ли (ҳажмий) сув-спирт буғлари конденсацияланмоқда. Труба ичидан 0,4 м/с тезликда сув оқиб ўтмоқда. Сувнинг бошланғич температураси 10°C, охиригиси - 60°C. Трубага ёпишган ифлосликларнинг термик қаршилиги  $r_{\text{ифл}} = 7,17\cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{Вт}\cdot\text{К}$ . Қурилмадаги трубалар сонни аниқлансин.

4.27. Вертикал кожух-трубали иссиқлик алмашинуш қурилмасида 300 л писта ёғи 45 минут давомида 16°C дан 40°C гача буғлардамида иситилмоқда. Тўйинган буғнинг босими 0,105 МПа, унинг конденсацияланиши натижасида температураси 77°C бўлган 29,2 л конденсат ҳосил бўлади.

Қурилма куйидаги характеристикага эга: йуллар сони - 1 та; трубалар сони - 6 та; трубалар диаметри - 22x2 мм; uzunлиги - 0,85 м; йурияманинг иссиқлик ўтказиш коэффициенти аниқлансин.

4.28. Иш унумдорлиги 500 л/ эат бўлган ювилиб турувчи ис-  
сиқлик алмашиниш қурилмасининг ички диаметри 35 мм ли тру-  
балардан ясалган ва унинг юзаси 2,53 м<sup>2</sup>. Сутнинг бошланғич  
температураси 80°C, охиригиси эса — 13°C. Ушбу қурил-манинг  
иссиқлик ўтказиш коэффициентини ҳисоблаб чиқилсин.

4.29. Бошланғич температураси 85°C бўлган сут 750 л/соат мас-  
савий сарфда 25°C гача ювилиб турувчи иссиқлик алмашиниш  
қурилмасида совутилмоқда. Жараён пайтида сув 1°C дан 37°C гача  
исинмоқда. Иссиқлик алмашиниш юзаси 4,2 м<sup>2</sup>, сув секциясида  
иссиқлик алмашиниш коэффициенти 1745 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Сувнинг  
сочиб берувчи тарновдаги сарфи 15 см. Сочиб берувчи 2 мм ли  
тешиклардан неча дона бўлиши керак?

## КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ №10

Қуйидаги келтирилган бошланғич маълумотларга эга 10 ар йўлли  
иссиқлик алмашиниш қурилмасида N суяқлик иситилмоқда:

|                                       |                      |
|---------------------------------------|----------------------|
| Иситилган сув миқдори                 | — G;                 |
| суяқликнинг бошланғич температураси   | — $t_6$ ;            |
| суяқликнинг охириг температураси      | — $t_0$ ;            |
| иситувчи буғ босими                   | — p;                 |
| иссиқликнинг атроф-муҳитга йўқотилиши | — $Q_{\text{йўқ}}$ ; |
| труба узунлиги                        | — l;                 |
| труба диаметри                        | — d.                 |

Ушбу қурилманинг иссиқлик алмашиниш юзаси F, трубалар  
сонини n ва иситувчи буғ сарфи D лар топилсин. Ундан ташқари  
қурилманинг схемаси иссиқлик ташувчи агентлар йўналишлари  
курсагилган ҳолда чиқилсин.

| Пара-<br>метр | Улчов<br>бирлиги     | Шифрнинг охириги рақамини бўйича вариантлар |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------|----------------------|---------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|               |                      | 1                                           | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 0    |
| G             | кг/соат              | 5000                                        | 7000 | 8000 | 7000 | 4000 | 5000 | 6000 | 9000 | 6000 | 5000 |
| $t_6$         | °C                   | 20                                          | 22   | 10   | 15   | 17   | 18   | 20   | 25   | 20   | 15   |
| $t_0$         | °C                   | 70                                          | 40   | 50   | 45   | 75   | 55   | 70   | 80   | 60   | 65   |
| P             | атм                  | 2                                           | 3    | 4    | 5    | 6    | 6    | 5    | 4    | 3    | 2    |
| K             | Вт/м <sup>2</sup> ·К | 650                                         | 700  | 750  | 500  | 400  | 450  | 600  | 500  | 550  | 400  |

| Пара метр        | Ўлчов бирлиги | Шифрнинг охиридан аввалги рақами бўйича вариантлар                                       |     |     |     |     |     |    |     |     |     |
|------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|
|                  |               | 1                                                                                        | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7  | 8   | 9   | 0   |
| Q <sub>дух</sub> | %             | 2                                                                                        | 3   | 4   | 5   | 6   | 4   | 5  | 7   | 8   | 3   |
| l                | м             | 1,5                                                                                      | 2,0 | 2,5 | 1,0 | 3,0 | 2,5 | ,0 | 3,0 | 1,5 | 1,0 |
| d                | м             | 25                                                                                       | 20  | 32  | 20  | 38  | 25  | 20 | 38  | 25  | 38  |
| N                |               | Сув, ацетон, бензол, этил спирти, пахта ёғи, вино, сут, глицерин, симоб, пиво, п. та ёғи |     |     |     |     |     |    |     |     |     |

## КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ №11

Агарда, деворнинг усти 3 мм қалинликда Х материал билан қопланган бўлса, диаметри D мм ли У материалдан ясалган деворнинг термик қаршилиги неча баробар ортади?

| Пара метр | Ўлчов бирлиги | Шифрнинг охириги рақами бўйича вариантлар                                         |      |          |      |      |      |      |      |      |       |
|-----------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------|----------|------|------|------|------|------|------|-------|
|           |               | 1                                                                                 | 2    | 3        | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 0     |
| δ         | мм            | 0,1                                                                               | 0,3  | 0,2      | 0,5  | 1,0  | 0,6  | 0,8  | 1,1  | 1,5  | 1,4   |
| D         | мм            | 25х2                                                                              | 38х3 | 20х2     | 14х1 | 76х4 | 32х2 | 57х3 | 20х2 | 14х1 | 108х5 |
| У         | -             | Al                                                                                | Si   | Ст4<br>5 | Брон | Ag   | Al   | Чуян | Ti   | Si   | лат.  |
| Х         |               | Асбест, эмал, торфплита, сов. ит, пенопласт, винипласт, фторопласт, фаолит, пўкак |      |          |      |      |      |      |      |      |       |

## Б У Ф Л А Т И Ш

Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқликлар.

1. Буғлатиш жараёнининг моддий баланс тенгламаси:

$$G_{\text{бош}}' = G_{\text{ох}} + W \quad (5.1)$$

$$G_{\text{бош}} \cdot x_{\text{бош}} = G_{\text{ох}} \cdot x_{\text{ох}} \quad (5.2)$$

бу ерда  $G_{\text{бош}}$ ,  $G_{\text{ох}}$  - эритманинг (дастлабки) бошланғич ва охириги (буғлатилган) моддий сарфи, кг/с  $x_{\text{бош}}$ ,  $x_{\text{ох}}$  - эритманинг бошланғич ва охириги эритилган моддадаги моддий у. д.ш. ри, W - буғлатиладиган сувнинг моддий сарфи, кг/с

$$W = G_{\text{бош}} \cdot \left( 1 - \frac{x_{\text{бош}}}{x_{\text{ох}}} \right) \quad (5.3)$$

2. Буғлатиш қурилмасининг иссиқлик баланс тенгламаси:

$$Q + G_{\text{бош}} \cdot c_{\text{бош}} \cdot t_{\text{бош}} + G_{\text{ох}} \cdot c_{\text{ох}} \cdot t_{\text{ох}} + W \cdot i_{\text{ик}} + Q_{\text{дук}} + Q_{\text{ог}} \quad (5.4)$$

бу ерда Q - буғлатишга сарфланган иссиқлик миқдори, Вт;  
 $c_{\text{бош}}$ ,  $c_{\text{ох}}$  - бошланғич (дастлабки) ва охириги (буғлатилган) эритмаларнинг солиштирма иссиқлик сифими, Ж/(кг·К);

$t_{\text{бош}}$ ,  $t_{\text{ох}}$  - бошланғич эритманинг қурилмага киришидаги ва охириги эритманинг қурилмадан чиқишдаги ҳароратлари, °С;

$i_{\text{ик}}$  - иккиламчи буғнинг қурилмадан чиқаётгандаги солиштирма энтальпияси, Ж/кг;

$Q_{\text{дук}}$  - атроф муҳитга йўқотилган иссиқлик миқдори қўймати  
 Вт

$Q_{\text{ог}}$  - дегидратация иссиқлиги, Вт.

3. Буғлатишга сарфланган иссиқлик миқдорини аниқлаш.

(5.4) тенгламадан қуйидаги ҳоллаги кўринишни ҳосил қиламиз:

$$Q = G_{\text{бош}} \cdot c_{\text{бош}} \cdot (t_{\text{ох}} - t_{\text{бош}}) + W \cdot (t_{\text{жк}} - c_c \cdot t_{\text{ж}}) + Q_{\text{жук}} \quad (5.5)$$

бу ерда:  $t_{\text{ох}}$  — га мос келган сувнинг солиштирма иссиқлик сигими, Ж/(кг·К).

Агар эритма буғлатиш қурилмасига қиздирилган ҳолатда, яни ( $t_{\text{бош}} > t_{\text{ох}}$ ) бўлса, у ҳолда  $Q = G_{\text{бош}} \cdot c_{\text{бош}} \cdot (t_{\text{ох}} - t_{\text{бош}})$  бўлиб, манфий ишорага эга бўлади ва бу ерда маълум қисм сув эритмани совиши туфайли буғланади.  $G_{\text{бош}} \cdot c_{\text{бош}} \cdot (t_{\text{ох}} - t_{\text{бош}})$  қиймат ўз-ўзини буғлатиш қиймати деб номланади.

Атроф муҳитга йўқотишган иссиқлик миқдорини ҳисоблаш учун буғлатиш қурилмасининг  $Q_{\text{исит}} + Q_{\text{буг}}$  йиғиндисининг 3-5% ни олсак, ҳато қилмаган бўламиз.  $Q_{\text{жук}}$  қийматини қуйидагича ҳам ҳисоблаш мумкин:

$$Q_{\text{жук}} = \alpha \cdot F_{\text{изол}} \cdot (t_{\text{изол}} - t_{\text{х}}) \quad (5.6)$$

Бу ерда,  $\alpha = \alpha_{\text{нур}} + \alpha_{\text{конв}}$  — нурланиш ва конвекция иссиқлик бериш коэффициентларининг йиғиндиси, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $F_{\text{изол}}$  — қурилманинг қоплама қилинган юзас, м<sup>2</sup>;  $t_{\text{изол}}$  қоплама ташқи юзасининг температураси, °С ёки К;  $t_{\text{х}}$  — ҳаво температураси °С ёки К.

4. Буғлатиш қурилмасидаги иситувчи буғ сарфи  $G_{\text{ис}}$

$$G_{\text{ис}} = \frac{Q}{(i'' - i) \cdot x} = \frac{Q}{r_{\text{ис}} \cdot x} \quad (5.7)$$

бу ерда  $i''$  — тўйинган қуруқ буғнинг солиштирма энтальпияси, Ж/кг;  $i$  — конденсацияланиш температурадаги конденсатнинг солиштирма энтальпияси Ж/кг;  $x$  — қизитиш буғининг намлик даражаси (қуруқлик даражаси);  $r_{\text{ис}}$  — қиздириш буғи солиштирма конденсацияланиш иссиқлиги, Ж/кг.

Иситувчи буғ сарфи  $G_{\text{ис}}$  нинг буғланаётган сув сарфи  $W$  нисбатига буғлатиш учун кетган буғнинг солиштирма сарфи дейилади:

$$d = \frac{G_{ub}}{W} \quad (5.8)$$

5. Эритманинг иссиқлик сифими. Эритманинг солиштирма иссиқлик сифими қуйидаги тенгламадан аниқлан ти:

$$c = c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + c_3 \cdot x_3 + \dots \quad (5.9)$$

$c_1, c_2, c_3, \dots$  - ташкил этувчи компонентларнинг солиштирма иссиқлик сифими;  $x_1, x_2, x_3, \dots$  - ташкил этувчи компонентларнинг миқдорий улуши.

Икки компонентли суюлтирилган, сувли эритмалар (сув + эритилган модда) нинг солиштирма иссиқлик сифimini ҳисоблаш учун қуйидаги тахминий формуладан фойдаланилади ( $x < 0,2$ ):

$$c = 4190 \cdot (1 - x) \quad (5.10)$$

бу ерда  $4190 \text{ Ж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$  - сувнинг солиштирма иссиқлик сифими;  $x$  - эритилган модда концентрацияси, массавий улуши.

Қуюқлаштирилган икки компонентли сувли эритма учун ( $x > 0,2$ ) ҳисоблаш қуйидаги формула ёрдамида олиб борилади.

$$c = 4190 \cdot (1 - x) + c_1 \cdot x \quad (5.11)$$

$c_1$  - сувсиз эритилган модданинг солиштирма иссиқлик сифими  $\text{Ж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ .

Агар тажриба маълумотлари йўқ бўлиб, кимёвий бирикманинг солиштирма иссиқлик сифimini аниқлаш керак бўлса, қуйидаги тенгламадан тахминий қийматини топиш мумкин:

$$M \cdot c = n_1 \cdot C_1 + n_2 \cdot C_2 + n_3 \cdot C_3 + \dots \quad (5.12)$$

бунда  $M$  - кимёвий бирикманинг моляр массаси;

$c$  - кимёвий бирикманинг массавий солиштирма иссиқлик сифими,  $\text{Ж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ ;

$n_1, n_2, n_3, \dots$  - бирикмадаги элементлар атом сонн;

$C_1, C_2, C_3, \dots$  - атом иссиқлик сифими,  $\text{Ж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

(5.12) формула ёдамида бирикмаларнинг солиштирама иссиқлик сизимини ҳисоблаш учун 5-1 жадвалдаги атом иссиқлик сизимларидан фойдаланиш керак бўлади.

5-1 жадвал

| Элемент | Атом иссиқлик сизими, кЖ/(кг·К) |            | Элемент    | Атом иссиқлик сизими, кЖ/(кг·К) |            |
|---------|---------------------------------|------------|------------|---------------------------------|------------|
|         | қаттиқ ҳолда                    | суяқ ҳолда |            | қаттиқ ҳолда                    | суяқ ҳолда |
| C       | 7,5                             | 11,7       | F          | 20,95                           | 29,9       |
| Ч       | 9,6                             | 18,0       | Г          | 22,6                            | 31,0       |
| B       | 11,8                            | 19,7       | S          | 22,6                            | 31,0       |
| Si      | 15,9                            | 24,3       | Қолганлари | 26,6                            | 33,6       |
| O       | 16,8                            | 25,1       |            |                                 |            |

6. Эритмаларнинг қайнаш температурасини ҳисоблаш ( $P > P_{\text{атм}}$ ).

1 - усул. Агарда эритманинг маълум босимда 2 та қайнаш температураси маълум бўлса қуйидаги тенгламадан

$$\frac{\lg P_{A_1} - \lg P_{A_2}}{\lg P_{B_1} - \lg P_{B_2}} = C \quad (5.13)$$

ёки И7-расмдаги номограммадан фойдаланса бўлади. Бу ерда  $P_{A_1}$  ва  $P_{B_1}$  - бир хил  $t_1$  температурадаги 2 суяқликнинг тўйинган бугларининг босими;  $P_{A_2}$  ва  $P_{B_2}$  - бир хил  $t_2$  температурадаги 2 суяқликнинг тўйинган буглари;  $C$  - ўзгармас константа.

2 - усул. Агарда, эритманинг фақат маълум бир босимда битта қайнаш температураси аниқ бўлса, бошқа босимдаги қайнаш температураси Бабо қондасидан фойдаланиб топилиши мумкин.

$$\left( \frac{p}{p_0} \right)_t = \text{const} \quad (5.14)$$

бу ерда  $p$  - эритма бугининг босими;  $p_0$  - ўша температурада

тоза эритувчининг тўйинган буғ босими.

Концентрланган сувли эритм. лар учун (5.14) формула проф. В.И. Стабников топган коэффициентларни (5-2 жадвал) инобатга олган ҳолда ҳисоблаш керак.

5-2 жадвал

| p/p <sub>0</sub> нисбати |     |     |     |     |     |     | Тузатиш<br>коэффици-<br>енти ±Δt, К |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------|
| 0,9                      | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |                                     |
| Босим p, мм.с.м.уст.     |     |     |     |     |     |     |                                     |
| 100                      | 200 | 400 | 450 | 500 | 550 | 650 | 0,9                                 |
| —                        | —   | 200 | 350 | 450 | 500 | 550 | 1,8                                 |
| —                        | —   | 100 | 275 | 300 | 350 | 400 | 2,6                                 |
| —                        | —   | —   | 150 | 200 | 250 | 300 | 3,6                                 |

Агарда, эриш иссиқлиги мусбаг бўлса (эритиш, пайтида ис-  
сиқлик ажралиб чиқса) тузатиш коэффициенти қўшилади ман-  
фий бўлса - айирилади.

7.  $t_{\text{кал}}$  - бу труба ичида эритманин. ўртача қайнаш температу-  
раси.

$$t_{\text{кал}} = t_{\text{кон}} + \Delta t_{\text{г.эф.}} \quad (5.15)$$

бу ерда  $t_{\text{г.эф.}}$  - гидростатик депрессия, ёки гидростатик босим  
ҳисобига эритманин. қайнаш температурасини ортиши (гидро-  
статик эффект).

Буелатиш қурилма трубаларининг баландлиги бўйича эритма-  
нин. қайнаш температураси ўзгаради. Шунинг учун, гидростатик  
босимни ҳисобга олган ҳолда эритманин. труба баландлиги  
бўйича ўртача қайнаш температураси аниқланади.

Буелатилаётган эритманин. ўрта қатламидаги босим ушбу  
формула ёрдамида топилди:

$$p_{\text{ур}} = p_1 + 0,5 \cdot \rho_p \cdot g \cdot H_{\text{ур}} - p_1 + \Delta p_{\text{г.эф.}} \quad (5.16)$$

гидростатик депрессия  $\Delta p_{\text{г.эф.}}$  бевосита  $\Delta p_{\text{г.эф.}}$  билан боғлиқир  
м  $H_{\text{ур}}$  эритма баландлиги сатҳи ва зичлигига боғлиқ. Оптимал  
баландлик сатҳи, қуйидаги формула билан ҳисоблаб топилди:

$$H_{опр} = [0,26 + 0,0014 \cdot (\rho_p + \rho_s)] \cdot H_{ур} \quad (5.17)$$

Агар,  $t_{кай}$  бўйича маълумотлар бўлмаса,

$$(\rho_p + \rho_s)_{t_{кай}} \approx (\rho_p + \rho_s)_{t=20^\circ C} \quad (5.18)$$

деб олса бўлади.

Гидростатик депрессия  $\Delta t_{г.эф.}$  қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\Delta t_{г.эф.} = t_{ур} - t_1 \quad (5.19)$$

бу ерда  $\Delta t_{ур}$  -  $\Delta p_{ур}$  босимд суннинг қайнаш температураси.

Эритманинг ўртача қайнаш температураси қуйидаги тенглама орқали ҳисобланади:

$$t_{кай} = t_{кон} + \Delta t_{г.эф.} = t_o + \Delta t_{г.с.} + \Delta t_{ур} + \Delta t_{г.эф.} = t_o + \sum \Delta t_{ух} \quad (5.20)$$

8. Умумий ва фойдали темпер. уралар фарқи. Иситувчи буғ конденсацияланиш температураси  $t_{но}$  ва иккиламчи буғ конденсацияланиш температуралари  $t_o$  орасидаги фарқга умумий температуралар фарқи дейилади.

$$\Delta t_{уи} = t_{но} + t_o \quad (5.21)$$

Иситувчи буғ конденсацияланиш температураси  $t_{но}$  ва эритма қайнаш температура  $t_{кай}$  орасидаги фарқга - фойдали температуралар фарқи дейилади:

$$\Delta t_{фой} = t_{но} - t_{кай} = \Delta t_{уи} - \sum \Delta t_{ух} \quad (5.22)$$

Буглатиш қурчмасининг иссиқлик ўтказиш юзаси ушбу формула ёрдамида аниқланади:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{yp}} = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{фой}} \quad (5.23)$$

9. Кристаллизаторда ҳосил бўлган кристаллар массаси  $G_{кр}$  моддий баланс тенгламасидан топилади.

$$G_{кр} = \frac{G_1 \cdot (x_2 - x_1) - W \cdot x_2}{x_2 - x_{кр}} \quad (5.24)$$

бу ерда  $G_1$  - эритма миқдори, кг;  $x_1$  - бошланғич эритма концентрацияси, %;  $x_2$  - кристаллизациядан кейинги эритманинг концентрацияси, % ёки массавий улуш;  $W$  - буғлатилган эритманинг миқдори, кг;  $x_{кр} = M/M_{кр}$ .

Агарда, модда сувсиз шаклда кристалланса,  $x_{кр} = 1$ .

10. Маълум  $p$  босимда суюқликнинг буғ ҳосил қилиш солиштира иссиқлиги қуйидаги тенгламадан топилади:

$$r = r_{эг} \cdot \frac{M_{эг}}{M} \cdot \left( \frac{T}{\theta} \right)^2 \cdot \frac{d\theta}{dI} \quad (5.25)$$

бу ерда  $r$  ва  $r_{эг}$  -  $p$  босимда изланаётган ва эталон суюқликларнинг буғ ҳосил қилиш солиштира иссиқлиги, Ж/кг;  $M$  ва  $M_{эг}$  суюқликларнинг моль массаси, кг/моль;  $T$  ва  $\theta$  -  $p$  босимдаги суюқликларнинг қайнаш температураси, К;  $d\theta/dI$  - изланаётган ва эталон суюқликларнинг қайнаш температура дифференциали.

Поляр бўлмаган суюқликларнинг буғ ҳосил қилиш солиштира иссиқлик Кистяковский формуласи ёрдамида топилади:

$$r = 19,2 \cdot 10^3 \cdot \frac{T}{M} \cdot (1,91 + \lg T) \quad (5.26)$$

бу ерда  $T$  - қайнаш температураси, К;  $M$  - суюқлик моль массаси, кг/моль.

## МИСОЛЛАРНИ ИШЛАШ ЧАМУНАСИ

Бошланғич натрий гидрооксид эри масининг 1 литрида 79 г сув бор. Буғлатилган эритманинг 30 С даги zichлиги 1,555 г/см<sup>3</sup> тенг, концентрацияси эса 840 г/л, 1 т бошланғич эритма учун буғлатилган сув миқдорини аниқланг

**Е ч и ш:**

бошланғич эритмада эриган модданинг масс вий улуши куйидагича топилади:

$$x_{\text{бул}} = \frac{79}{1000 + 79} = 0,0733$$

охирги эритмадаги эса,

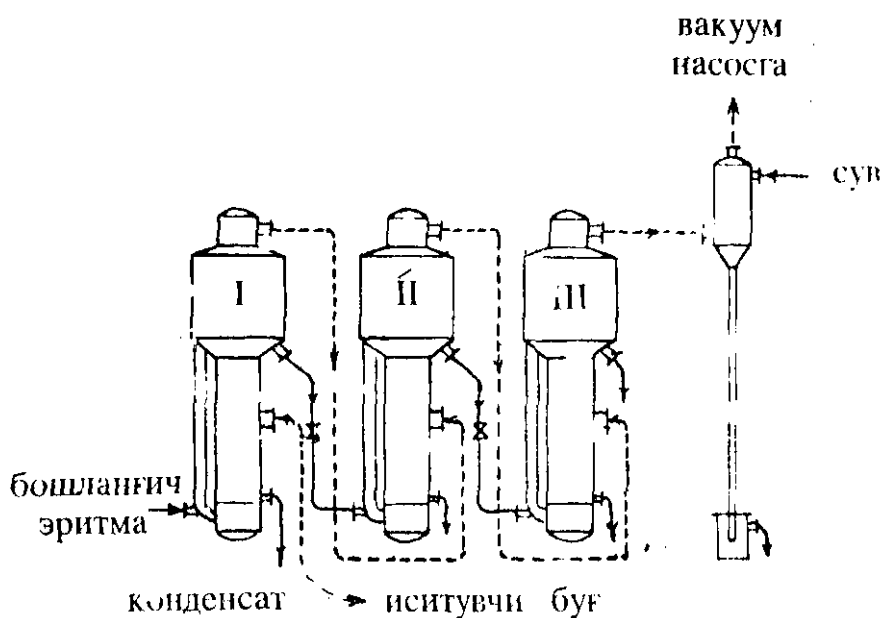
$$x_{\text{ок}} = \frac{840}{1555} = 0,54$$

1 т бошланғич эритмадан буғлатилган сув миқдори ушбу формулалар ҳисобланади:

$$W = G_{\text{бул}} \cdot \left(1 - \frac{x_{\text{бул}}}{x_{\text{ок}}}\right) = 1000 \cdot \left(1 - \frac{0,0733}{0,54}\right) = 865 \text{ кг}$$

## УЧ КОРПУСЛИ БУҒЛАТИШ ҚУРИЛМАСИНИ ҲИСОБЛАШ НАМУНАСИ.

NaNO<sub>3</sub> нинг 12% ли сувлиг эритмасини 5 соат сарфда концентрациялаш учун уч корпусли табиий циркуляция қурилмаси ҳисоблаб чиқилсин (расм.5.1). Эритманинг охириги концентрацияси 40% (масс.). Буғлатиш қурилмасида қайнаш температураси иситилган эритма буғлатиш учун элатилди. Тўйинган иситувчи сув буғининг абсолют босими 4 мм қүмм. Иситувчи трубалар узунлиги 4 м. Барометрик конденсацияли вакуум 0,8 мм қүмм/см<sup>2</sup> га тенгдир.



5.1 расм. Уч корпусли буглатиш қурилмасининг схемаси

**Е ч и ш :**

1) Учала қурилмаларда булланаётган эритувчининг умумий миқдори:

$$W = G \cdot \left( 1 - \frac{X_{\text{сони}}}{X_{\text{ох}}} \right) = \frac{5000}{3600} \cdot \left( 1 - \frac{12}{40} \right) = 3500 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} = 0,97 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

2) Ҳар бир корпусга тоқламани тақдимлаш.

Назарий таҳлил ва саноатдаги кўп йиллик натижалар асосида, ҳар бир корпусдаги иккиламчи буғнинг миқдорини аниқлаймиз.

$$W_1 : W_2 : W_3 = 1,0 : 1,1 : 1,2$$

Ҳар бир корпусда ҳосил бўлган иккиламчи буғ миқдорини топишимиз:

$$1\text{-корпусда} \quad W_1 = \frac{3500 \cdot 1}{3600 \cdot (1 + 1,1 + 1,2)} = 0,295 \text{ кг/с}$$

$$2\text{-корпусда} \quad W_2 = \frac{3500 \cdot 1,1}{3600 \cdot (1 + 1,1 + 1,2)} = 0,324 \text{ кг/с}$$

$$3\text{-корпусда} \quad W_3 = \frac{3500 \cdot 1,2}{3600 \cdot (1 + 1,1 + 1,2)} = 0,351 \text{ кг/с}$$

---

Жами:  $W = 0,97 \text{ кг/с}$

3. Корпуслар бўйича эритманинг конценрациясини ҳисоблаш эритманинг бошланғич конценрацияси  $x_{\text{бош}}$ . Биринчи корпусдан иккинчисига кираётган эритманин миқдори:

$$G_1 = G_{\text{бош}} - W_1 = \frac{5000}{3600} - 0,295 = 1,09 \text{ кг/с}$$

конценрацияси эса,

$$x_1 = \frac{G_{\text{бош}} \cdot x_{\text{бош}}}{G_{\text{бош}} - x_{\text{бош}}} = \frac{1,39 \cdot 12}{1,39 - 0,295} = 15,2\%$$

Иккинчи корпусдан учинчисига кираётган эритма миқдори:

$$G_2 = G_{\text{бош}} - W_1 - W_2 = 1,39 - 0,295 - 0,324 = 0,77 \text{ кг/с}$$

конценрацияси эса,

$$x_1 = \frac{G_{\text{бош}} \cdot x_{\text{бош}}}{G_{\text{бош}} - x_{\text{бош}}} = \frac{1,39 \cdot 12}{1,39 - 0,295} = 15,2\%$$

Учинчи корпусдан чиқаётган эритма миқдори,

$$G_2 = G_{\text{сш}} - W_1 - W_2 = 1,39 - 0,295 - 0,321 = 0,77 \text{ кг/с}$$

концентрацияси эса

$$x_2 = \frac{1,39 \cdot 12}{0,77} = 21,3 \%$$

4) Корпуслар бўйича иситувчи буғ босимининг тақсимланиши.

Биринчи корпус ва барометрик конденсаторлардаги иситувчи буғ босимларининг фарқи.

$$\Delta p = 4,0 - 0,2 = 3,8 \text{ кгк/см}^2$$

Дастлаб, ушбу босимлар фарқини корпуслар ўртасида баробар тақсимлаймиз, яъни

$$\Delta p = \frac{3,8}{3} = 1,27 \text{ кгк/см}^2$$

Бунда, корпуслардаги абсолют босим қуйидагича бўлади:

3-корпусда  $p_3 = 0,2 \text{ кгк/см}^2$  берилган)

2-корпусда  $p_2 = 0,2 + 1,27 = 1,47 \text{ кгк/см}^2$

1-корпусда  $p_1 = 1,47 + 1,27 = 2,74 \text{ кгк/см}^2$

Иситувчи буғ босими:

$$p = 2,74 + 1,27 = 4 \text{ кгк/см}^2$$

Жадваллардан, корпусларда қабул қилинган босимлар унинг сувнинг тўйинган буғи температуралари ва солиштира буғ ҳосил қилиш иссиқликларини топаёмиз.

| Корпуслар    | Тўйинган буғ температураси, °C | Солиштира буғ ҳосил қилиш иссиқлиги |
|--------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1-корпусда   | 129,4                          | 2179                                |
| 2-корпусда   | 110,1                          | 2234                                |
| 3-корпусда   | 59,7                           | 2357                                |
| Иситувчи буғ | 148                            | 2241                                |

Ушбу температураар, корпуслар бўйича иккиламчи бўллар конденсацияланиш температуралари бўлади.

5. Корпуслар бўйича температуранинг пасайишини ҳисобланг а) температур депрессиясидан.

36-жадвалдан атмосфера босимида эритмаларни қайнаш температураси топилади.

| Корпуслар  | NaNO <sub>3</sub> Концентрацияси | Қайнаш температураси, °C | Депрессия, °C ёки K |
|------------|----------------------------------|--------------------------|---------------------|
| 1-корпусда | 15,2                             | 102                      | 2,0                 |
| 2-корпусда | 21,6                             | 103                      | 3,0                 |
| 3-корпусда | 40,0                             | 107                      | 7,0                 |

Ушбу корпус бўйича депрессия

$$\Delta t_{\text{депр}} = 2 + 3 + 7 = 12^{\circ}\text{C}$$

б) Гидростатик эффект депрессияси

20°C температурада NaNO<sub>3</sub> эритманинг зичлиги тапталди [22]:

| NaNO <sub>3</sub> концентрацияси, % | 15,2 | 21,6 | 40,0 |
|-------------------------------------|------|------|------|
| Зичлик, кг/м <sup>3</sup>           | 1098 | 1156 | 1317 |

Грубалардаги эритмаларнинг оптимал сатҳда қайнашини ҳисоблаймиз:

1 - корпусда

$$H_{\text{гид}} = [0,026 + 0,0014 \cdot (\rho_{\text{пр}} - \rho_{\text{сис}})] \cdot H_{\text{теп}} =$$

$$= [0,026 + 0,0014 \cdot (1098 - 1000)] \cdot 4 = 1,589 \text{ м}$$

$$\rho_{\text{пр}} = \rho + 0,5 \cdot \rho_{\text{пр}} \cdot g \cdot H_{\text{гид}} = 274 + \frac{0,5 \cdot 1098 \cdot 9,8 \cdot 1,589}{9 \cdot 10^4} =$$

$$= 2,827 \text{ кгк / см}^2$$

$$\rho_1 = 2,14 \text{ кгк / см}^2 \text{ да } t_{\text{сис}} = 129,4^{\circ}\text{C}$$

$$\rho_{\text{пр}} = 2,827 \text{ кгк / см}^2 \text{ да } t_{\text{пр}} = 130,6^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{гид}} = 130,6 - 129,4 = 1,2^{\circ}\text{C}$$

2 - корпусда

$$H_{\text{онт}} = [0,026 + 0,0014 \cdot (1156 - 1000)] \cdot 4 = 1,91 \text{ м}$$

$$p_{\text{ур}} = 1,47 + \frac{0,5 \cdot 1156 \cdot 9,8 \cdot 1,91}{9 \cdot 10^4} = 1,580 \text{ кгк/см}^2$$

$$p_1 = 1,47 \text{ кгк/см}^2 \text{ да } t_{\text{кит}} = 59,7^\circ \text{C}$$

$$p_{\text{ур}} = 1,580 \text{ кгк/см}^2 \text{ да } t_{\text{кит}} = 112,3^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_{\text{эф}} = 112,3 - 110,1 = 2,2^\circ \text{C}$$

3 - корпусда

$$H_{\text{онт}} = [0,026 + 0,0014 \cdot (1317 - 1000)] \cdot 4 = 2,81 \text{ м}$$

$$p_{\text{ур}} = 0,20 + \frac{0,5 \cdot 1317 \cdot 9,8 \cdot 2,81}{9 \cdot 10^4} = 0,385 \text{ кгк/см}^2$$

$$p_1 = 0,20 \text{ кгк/см}^2 \text{ да } t_{\text{кит}} = 59,7^\circ \text{C}$$

$$p_{\text{ур}} = 0,385 \text{ кгк/см}^2 \text{ да } t_{\text{кит}} = 74,4^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_{\text{эф}} = 74,4 - 59,7 = 14,7^\circ \text{C}$$

---


$$\text{Жами: } \sum \Delta t_{\text{эф}} = 1,2 + 2,2 + 14,7 = 18,1^\circ \text{C}$$

в) Гидравл. қаршилик депрессияси

Ҳар бир корпус оралиғида температуралар пасайишини 1К деб қабул қиламиз. Ораліқлар ҳаммаси булиб 3 (1-2, 2-3, 3-конденсатор). Демак,

$$\Delta t_{\text{гк}} = 1 \cdot 3 = 3 \text{ К}$$

Бутун қурилма учун температуралар йуқотилишининг йиғиндис:

$$\sum \Delta t_{\text{ух}} = 1 + 18,1 + 3 = 33,1 \text{ К}$$

6. Температураларнинг фойдали фарқи.  
температураларнинг умумий фарқи:

$$143 - 59,7 = 83,3^\circ \text{C}$$

Демак, температураларнинг фойдали фарқи

$$\Delta t_{\text{фойд}} = 83,3 - 33,09 = 50,2^{\circ}\text{C}$$

7 Корпусларда қайнаш температураларини аниқлаймиз

3 - корпусда

$$t_3 = 59,7 + 1 + 7 + 14,69 = 82,4^{\circ}\text{C}$$

2 - корпусда

$$t_2 = 110,1 + 1 + 3 + 2,2 = 116,3^{\circ}\text{C}$$

1 - корпусда

$$t_1 = 129,4 + 1 + 2 + 1,2 = 133,6^{\circ}\text{C}$$

8. Ҳар бир корпус учун иссиқлик ўтказиш коэффициентини аниқлайми

Қурилмадаги эритмаларнинг қайнаш температураси ва концентратсияси қараб махсус адабиётлардан эритманинг физик хоссалари (зичлик, қовушқоқлиқ, иссиқлик ўтказувчанлик, иссиқлик-сигими ва шу қабилар) аниқланади. Иссиқлиқ трубаларининг турига қараб қабул қилинади. Сўнгра, конденсацияланаётган буғ ва қайнаётган эритма учун тегишли критериял тегишма лар ёрдамида иссиқлик бериш коэффициентларидан иссиқлик ўтказиш коэффициентини топилади.

Ҳисоблаш пайтида трубаларда қайнаш натижасида ҳосил бўлган қоплама қалинлигини ( $\delta = 0,5 \text{ мм}$ ) инобатга олиш керак.

Дастлабки ҳисоблар қосида қуйидаги қиймагларни қабул қиламиз.

$$1 - \text{корпус учун} \quad K_1 = 1700 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$$

$$2 - \text{корпус учун} \quad K_2 = 990 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$$

$$3 - \text{корпус учун} \quad K_3 = 600 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$$

Тузнинг сувли эритмаларининг бутлатиш жараёнида корпуслар бўйича иссиқлик ўтказиш коэффициентларининг тахминий нисбати қуйидагича:

$$K_1 : K_2 : K_3 = 1 : 0,58 : 0,34$$

9 Корпуслар бўйича иссиқлик балансларини тузамиз.

Тахминий ҳисобларни соддалаштириш мақсадида иссиқлик балансларини иссиқлик йўқотилишини ҳисобга олмаган ҳолда тузимиз ва бир корпусдан иккинчисига эритма ўртача қайнаш температурасида ўтади деб қабул қиламиз.

Шартга биноан 1 - корпусга буғлатиш учун эритмани қайнаш температурасигача қиздирилган ҳолда улатилади.

1 - корпусда иссиқлик сарфининг миқдори,

$$Q_1 = W_1 \cdot r_1 = 0,295 \cdot 2179 \cdot 10^3 = 643000 \text{ Вт}$$

2 - корпусга эритма ўта қиздирилган ҳолда берилади ва урта иссиқлик сарфининг миқдори:

$$Q_2 = W_2 \cdot r_2 - G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t_2) =$$

$$0,324 \cdot 2234 \cdot 10^3 - 1,09 \cdot 4190 \cdot 0,848 \cdot (133,6 - 116,3) = 657000 \text{ Вт}$$

1 - корпусдан чиқаётган иккиламчи буғ берадиган иссиқлик миқдори  $W_1 \cdot r_1 = 643000 \text{ Вт}$ . Иссиқлик кириши ва сарф бўлишининг фарқи 1%.

3 - корпусдаги иссиқлик миқдорининг сарфи

$$Q_3 = W_3 \cdot r_3 - G_3 \cdot c_3 \cdot (t_2 - t_3) =$$

$$0,351 \cdot 2357 \cdot 10^3 - 0,77 \cdot 4190 \cdot 0,784 \cdot (116,3 - 82,7) = 743000 \text{ Вт}$$

10. 1 - корпусда иситувчи буғ сарфи

$$G_{\text{ис}} = \frac{643000}{2141 \cdot 10^3} = 0,3 \text{ кг/с}$$

Буғнинг солиштирма сарфи:

$$d = \frac{G_{\text{ис}}}{W} = \frac{0,3}{0,97} = 0,31 \text{ кг/с}$$

11. Фойдали температурала, фарқининг корпуслар бўйича тақсимланиши. Бу 2 усул ёрдамида қилиш мумкин: ҳамма қурилмаларнинг иситиш юзаси бир хил бўлган шаронда ва умумий иситиш юзаси энг кам бўлган шаронларда, топиш мумкин,

яъни  $Q/K$  га ва  $\sqrt{Q/K}$  га пропорционаллик шартидан.

Пропорционаллик факторларини топамиз:

$$\text{Нисбат} \quad \frac{Q}{K} \quad \sqrt{\frac{Q}{K}} \cdot 10^3$$

$$1 - \text{корпус} \quad \frac{643000}{17000} = 378 \quad 615$$

$$2 - \text{корпус} \quad \frac{657000}{990} = 664 \quad 815$$

$$3 - \text{корпус} \quad \frac{743000}{580} = 1280 \quad 1131$$

$$\sum \frac{Q}{K} = 2322 \quad \sum \sqrt{\frac{Q}{K}} \cdot 10^3 = 2561$$

Фойдали температуралар фарқи корпуслар бўйича қувидагича  
ниқланади:

корпусларнинг иситиш  
юзаси бир хил вариант

умумий иситиш юзаси  
энг кам вариант

$$\Delta t_1 = \frac{Q_1 \cdot \Delta t}{\sum Q} = \frac{50,21 \cdot 378}{2322} = 8,174; \Delta t_1 = \frac{\sum \sqrt{\frac{Q}{K}} \cdot \Delta t}{\sum \sqrt{\frac{Q}{K}}} = \frac{50,21 \cdot 615}{2561} = 12,057$$

$$\Delta t_2 = \frac{50,21 \cdot 664}{2322} = 14,358;$$

$$\Delta t_2 = \frac{50,21 \cdot 815}{2561} = 15,978;$$

$$\Delta t_3 = \frac{50,21 \cdot 1280}{2322} = 27,682;$$

$$\Delta t_3 = \frac{50,21 \cdot 1131}{2561} = 22,174;$$

12. Ҳар бир корпуснинг иситувчи юзаси топилди:

корпусларнинг иситиш  
юзаси бўл хил вариант

умумий иситиш юзаси  
энг кам вариант

$$F_1 = \frac{Q_1}{K_1 \cdot \Delta t_1} = \frac{643000}{1700 \cdot 8,174} = 46,27; F_1 = \frac{Q_1}{K_1 \cdot \Delta t_1} = \frac{643000}{1700 \cdot 12,057} = 31,27$$

$$F_2 = \frac{657000}{990 \cdot 14,358} = 46,27; F_2 = \frac{657000}{990 \cdot 15,978} = 41,58$$

$$F_3 = \frac{743000}{580 \cdot 27,682} = 46,28; F_3 = \frac{743000}{990 \cdot 27,682} = 57,77;$$

$$\sum F = 138,8 \text{ м}^2 \quad \sum F = 138,8 \text{ м}^2$$

Демак, корпусларнинг бир хил иссиқлик алмашишчи юзалари бўлганда, умумий иситиш юзаси аниқ 6% га кўшир. Шунинг учун, корпус тарихинг иситиш юзаси бўл хил вариант к бул қилинади, чунки бу вариант қуришмаларининг бир хиллигини таъминлайди.

Корпуслар бўйича босим ва иккиламчи буг температура, асини текшир аниқ.

| Корпус | Қайнаш температу-<br>раси<br>$\Delta t_{\text{кал}} = t_{\text{вн}} - \Delta t_{\text{фонт}}$ | Иккиламчи буг кон-<br>денсатининг темпе-<br>ратур сн, °C<br>$t_c = t_{\text{кон}} - \sum \Delta t_{\text{инк}}$ | Босим,<br>$P_{\text{абс}}$<br>кг/см <sup>2</sup> |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1      | $143,0 - 10,1 = 132,9$                                                                        | $132,9 - 3,79 = 129,3$                                                                                          | 2,7                                              |
| 2      | $129,3 - 17,6 = 111,7$                                                                        | $111,7 - 4,96 = 106,7$                                                                                          | 1,31                                             |
| 3      | $106,7 - 33,4 = 73,3$                                                                         | $73,3 - 13,52 = 60,0$                                                                                           | 0,2                                              |

Шундан сўнг, микроф муҳитга иссиқлик йўқотилишининг ва тем-  
пература, босимларининг корпуслар бўйича тақсимланишининг бир  
мунча ўзгарганини ҳисобга олиб, корпусларнинг иситиш юзаси  
топишган туфайли қуришманинг аниқ ҳисоби ўтказилди.

## КОНТРОЛ МАСАЛУЛАР

5.1. Атмосфера босими остида ва шайракланиш ҳолатида, яъни  $P_b = 0,8 \text{ кгк/см}^2$  бўлганда сувни буғлатиш учун қуруқ тўйинган сув буғининг солиштирма сарфи ҳисоблансин. Сув буғининг иккала ҳолатдаги абсолют босими  $P_{abs} = 2 \text{ кгк/см}^2$  Сувни буғлатиш учун 2 хил ҳолатда: а) температураси  $15^\circ\text{C}$  да; б) қайнаш ҳолатига борганда ҳисоблансин.

5.2. Буғлатиш қурилма унумдорлиги дастлабки ҳолатдаги эритма бўйича  $2650 \text{ кг/соат}$  бўлиб, эритма концентрацияси 1 литр сувда 50 г тузни ташкил қилади. Буғлатилгандан сўнг, эритманинг концентрацияси 1 литр эритмада 295 г тузни ташкил қилади. Буғлатилган эритманинг зичлиги  $1189 \text{ кг/м}^3$  ни ташкил этади. Қурилманинг буғлатилган эритма бўйича унумдорлиги топилсин.

5.3. 1500 кг дорли калий эритмасининг қуюқлигини 8% дан 30% (массавий) гача ўзгартирилса қанча сув буғлатилади?

5.4. 1  $\text{м}^3$  сульфат кислота зичлиги  $1560 \text{ кг/м}^3$  дан {65,2% (массаси зий)} 1840  $\text{кг/м}^3$  зичликгача {98,7% (массасивий)} бориши учун қанча сув буғлатилиши керак? Қуюқлаштирилган ислода қандэй ҳажмчи эгалланади?

5.5. Охириги қуюқлиги 32% (массавий) бўлган атмосфера босими остида буғлатиладиган бошланғич қуюқлиги 9% бўлган эритма 1,4 т/соат сарф билан қурилмага келиб тушмоқда. Суюлтирилган эритма  $18^\circ\text{C}$  температура билан буғлатишга киририлмоқда. Буғлатилгандан сўнг, эритма  $105^\circ\text{C}$  температура билан қурилмадан чиқмоқда. Суюлтирилган эритманинг солиштирма иссиқлик сисими  $380 \text{ Дж/(кг·K)}$ . Эритмача босими  $P_{орг} = 2 \text{ кгк/см}^2$  га тенг бўлган иситувчи суғиниш сарфи  $1450 \text{ кг/соат}$  бўлиб, уни суюқлиги 4,5% ни ташкил этади. Атроф муҳитга йўқоғиладиган иссиқлик миқдори топилсин.

5.6. Тарқида 2 л сув, 8 кг муз ва 5 кг ош тузидан ҳосил бўлган совутувчи аралашмани солиштирма иссиқлик сисими аниқлансин.

5.7. Эритма таркибида 0,7  $\text{м}^3$  100% - ли сульфат кислота, 400 кг мис сульфоси ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) ва 1,4  $\text{м}^3$  сув бор. а) Эритманинг иссиқлик сисими; б) Эритмани  $12^\circ\text{C}$  дан  $58^\circ\text{C}$  гача иситиш учун керак бўладиган абсолют босими 2  $\text{кгк/см}^2$  бўлган тўйинган қуруқ

сув бугининг (сарф) миқдорини аниқлаш. Эритмани иситиш давомида қурилманинг ташқи муҳитга йўқотган иссиқлик миқдори 25100 кЖ ни ташкил этади. Сульфат кислот ва мис купоросининг солиштирма иссиқлик сифимини (5.12) формула ёрдамида аниқлаш.

5.8. 7% ли сувли эритма атмосфера босимида 2,69 т/соат сарф билан буғлатиш қурилмасида буғлатилмоқда. Эритманинг бошланғич температураси 95°C охиригиси 103°C да. Қурилмадаги ўртача қайнаш температура 105°C. Иситувчи тўйинган буғнинг ортиқча босими 2 кгк/см<sup>2</sup>. Қурилманинг иссиқлик алмаштиниш юзаси 52 м<sup>2</sup>, иссиқлик ўтказиш коэффициентини 10<sup>-9</sup> Вт/(м<sup>2</sup>·К). Атроф муҳитга йўқотиладиган иссиқлик миқдори 110000 Вт га тенг.

а) Эритманинг охириги қуюқтилиги (к) ни центрациялаш.

б) Намлиги 5% бўлган иситувчи буғнинг сарфини аниқлаш.

5.9. Атмосфера босими остида 255°C температура бўлган дифенил (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub> қайнамоқда. Суяқ дифенилнинг солиштирма буғлатиш иссиқлиги ва солиштирма сифимини ҳисоблаб топиш.

5.10. Атмосфера босимида ишлайдиган иссиқлик алмаштиниш юзаси 30 м<sup>2</sup> бўлган буғлатиш қурилмасида хлорли калий эритмаси 9,5% дан 26,6% гача узлуксиз равишда қуюқлаштирилмоқда. Эритманинг бошланғич температураси 18°C тўйинган иситувчи сув буғининг ортиқча босими 2 кгк/см<sup>2</sup>. Қурилманинг дастлабки иш унумдорлиги (сарфи суяқ эритма бўйича) 900 кг/соат, лекин маълум вақтдан сўнг, кўрсаткич деворлар ифлосланиши туфайли 500 кг/соат гача пасайди. Атроф муҳитга йўқотиладиган иссиқлик миқдорини ҳисобга олмаган ҳолда ҳосил бўлган қоплама (накип) қатламининг қалинлигини аниқлаш. Қопламанинг λ=1,4 Вт/(м<sup>2</sup>·К) га тенг.

Гидростатик эффектни ҳисобга олманг.

5.11. Концентрацияси 1% дан 70% гача ортиши учун 1000 кг қанд эритмасининг қанча суғини буғлатиш керак?

5.12. 15% ли қанд эритмасининг солиштирма иссиқлик сифимини ҳисоблаш.

5.13. 70% ли қанд эритмасининг солиштирма иссиқлик сифимини топиш.

5.14. Қанд эритмаси  $x_{\text{бош}} = 15\%$  (қуруқ модда ҳисобида) дан  $x_{\text{ох}} = 65\%$  гача атмосфера босимида буғлатиш қурилмасида қуюқлаштирилмоқда.

Қурилманинг иситиш юзаси  $F = 65 \text{ м}^2$ , қайнашни трубагининг

узунлиги 3,5 м, иситиш ва буғлатиш давлари учун иситиш ўлкаси  $K = 1100 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Иситувчи агент сифатида температураси  $140^\circ\text{С}$  бўлган туйинган сув буғи ишлатилмоқда.

Буғлатиш қурилмасига эритма

а)  $t_0 = 20^\circ\text{С}$ ;

б)  $t_0 = t_{\text{нр}}$ ;

в) қайнаш температураси  $20^\circ\text{С}$  дан ўп бўлган уч вариантга қараётган бўлса, бошланғич эритма ҳисобида қурилманинг иш унумдорлиги ҳисоблансин.

5.15. Бошланғич эритма ҳисобида  $2650 \text{ кг}/\text{соат}$  миқдоридан иш унумдорликка эга буғлатиш қурилмасида ёғсинантирилган сут буғлатилмоқда. Бошланғич маҳсулот концентрацияси  $5\%$  (қуғ қ модд. ҳисобида). Синантирилганики эса -  $10,5\%$  (қуғ қ модд. ҳисобида, КМ).

Тайёр маҳсулот бўйича қурилманинг иш унумдорлиги ҳисоблансин.

5.16. Температураси  $15^\circ\text{С}$  ва бошланғич концентрацияси  $7\%$  (КМ) бўлган  $2,59 \text{ т}/\text{соат}$  томат шарбати атмосфера босимида буғлатиш қурилмасида қуюқлаштирилмоқда. Шарбатнинг қайнаш температураси  $103^\circ\text{С}$ , иситувчи буғ босими  $p_{\text{абс}} = 295 \text{ кПа}$ , қурилманинг иссиқлик алмашининг юзаси  $50 \text{ м}^2$ , иссиқлик ўтказиш коэффициентини  $274,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Атроф муҳитта иссиқликнинг йўқотилиши  $12,2 \text{ кВт}$ .

Эритманинг охириги концентрациясини топинг.

5.17. Қанд эритмаси  $15$  дан  $65\%$  (КМ) қуюқлаштирилиш учун, циркуляцияон кўл корпусли буғлатиш қурилмасида неча дона корпус бўлиши керак.

Биринчи корпусда иситувчи буғ босим  $p_{\text{абс}} = 323 \text{ кПа}$ , конденсатордаги қолдик босим  $19,6 \text{ кПа}$ . Ҳамма корпуслардаги температуралар йўқотилишининг йиғиндисини  $\sum \Delta t_{\text{нр}} = 41^\circ\text{С}$  деб қабул қилинсин. Ҳар бир корпусдаги р. ҳаёт бўлган темпе. туралар фойдали фарқи  $8^\circ\text{С}$  дан юқори.

5.18. Бошланғич концентрация  $10\%$  (КМ)  $1000 \text{ кг}/\text{соат}$  сарфда эритма 2-корпусли буғлатиш қурилмасида қуюқлаштирилмоқда. 1-корпусда эритманинг охириги концентрацияси  $15\%$  (КМ), 2-корпусда эса -  $30\%$  (КМ). 1-корпусда қайнаш температураси  $100^\circ\text{С}$ , 2-да эса -  $95^\circ\text{С}$ .

2-корпусда буғлатилган сув миқдори аниқлансин.

5.19. Бир йўналишли схема бўйича ишловчи икки корпусли буғлатиш қурилмасига 1000 кг/соат миқдорида суюлтирилган глюкоза эритмаси берилмоқда. Эритманинг бошланғич концентрацияси 8% (КМ), охиригиси эса - 30% (КМ).

1-корпусда буғлатиш  $p=98,1$  кПа,  $t=105^{\circ}\text{C}$ да, 2-корпусда эса -  $p=29,4$  кПа ва  $t=80^{\circ}\text{C}$  да олиб С эритмоқда.

1-корпусда 400 кг/соат миқдорда иккиламчи буғ ҳосил бўлмоқда, шундан бир қисмин четга (экстра буғ), бошқа зарурийат учун олинмоқда.

Четга олинаётган экстра буғ миқдори аниқлансин.

5.20. Қанд шартли эритмаси 15 ва 65% (КМ) гача бир йўлчи уч корпусли буғлатиш қурилмасида буғлатилмоқда. Бошланғич эритма сарфи 5500 кг/соат ва у буғлатиш қурилмасига қайнаш температураси киритилмоқда. Иситувчи буғ босими (1-корпус)  $p_{abc}=343$  кПа, охири корпусдаги иккиламчи буғ босими  $p_{abc}=108$  кПа. Ҳамма корпусларнинг иссиқлик алмашинуш юзаси тенг бўлиши керак. Ушбу жараён учун табиий, ички циркуляцияли буғлатиш қурилмалари қўлланилсин.

## КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ №12

Натрий гидрооксиднинг бошланғич эритмаси таркибида А миқдорда сув бор.  $30^{\circ}\text{C}$  температурада буғлатилган эритманинг ағиллиги В. Бу эритманинг В концент. лиясига ўғри келади. 1 г/л на бошланғич эритма ҳисобига буғлатилган сув миқдорини аниқланг.

| Пара-метр | Ўлчов бирлиги     | Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|-------------------|-----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           |                   | 1                                       | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 0    |
| А         | г/л               | 75                                      | 1    | 70   | 50   | 50   | 90   | 100  | 30   | 85   | 65   |
| В         | г/см <sup>3</sup> | 1,55                                    | 1,40 | 1,50 | 1,60 | 1,35 | 1,70 | 2,05 | 1,30 | 1,65 | 1,45 |
| В         | г/л               | 800                                     | 700  | 750  | 840  | 630  | 890  | 920  | 550  | 870  | 750  |

# МОЎДА АТМАШИНИНГ АСОСЛАРИ. АБСОРБЦИЯ

## Ҳисоблаш формуллари ва асосий белгиликлар

1. Суюқлик-газ (буғ) икки компонентли системаларнинг таркибини яфода ўтиш усуллари 6-1 жадвалда келтирилган.

6-1 жадвал

| №<br>т/б | Концентрация                                              | 4-компонент концен-<br>трациясининг белгилари |            |
|----------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------|
|          |                                                           | сувоқ фазада                                  | газ фазада |
| 1.       | Моль улуши, кмоль А/кмоль (А + Б)                         | $x$                                           | $y$        |
| 2.       | Массавий улуши, кг А/(А + Б)                              | $X$                                           | $Y$        |
| 3.       | Нисбий моль концентрация улуши, кмоль А/кмоль Б           | $A$                                           | $B$        |
| 4.       | Нисбий массавий концентрация улуши, кг А/г Б              | $C_x$                                         | $C_y$      |
| 5.       | Ҳажмий моль концентрация, кмоль А/м <sup>3</sup> (А + Б)  | $C_x$                                         | $C_y$      |
| 6.       | Ҳажмий массавий концентрация, кг А/м <sup>3</sup> (А + Б) | $C_x$                                         | $C_y$      |

2. Газ фазадаги компонент концентрацияси унинг парциал босими оқ қали ифода қилиниши мумкин. Клапейрон ва Дальтон теоремасига биноан идеал газ аралашмасининг исоталлан компонентни учун массавий (ҳажмий) улуши қуйидагича топилади:

$$y = \frac{p}{P} \quad (6.1)$$

бу ерда  $p$  - газ аралашмаси компонентининг парциал босими;

$P = p_A + p_B + p_C + \dots$  - газ ёки буғлар аралашмасининг умумий босими бўлиб, ҳамма компонентларнинг умумий босими.

3. Идеал эритмалар учун фазалараро мувозанат қонуни.

а) Генри қонуни:

$$p^* = E \cdot x \quad (6.2)$$

$p^*$  - газ аралашма компонентининг парциал босими;  $x$  - суюқликдаги компонентнинг моль улуши;  $E$  - Генри коэффициент, суюқлик ва газнинг температураси ва хоссаларига боғлиқ. Унинг сон қийматлари илованинг 74 - жадвали да келтирилган.

Агар (6.2) тенгламага (6.1) нинг  $p^* = y^* \cdot \Pi$  кўринишини қўйсак, қуйидаги тенгламан. оламиз:

$$y^* = m \cdot x \quad (6.3)$$

бу ерда  $y^*$  - суюқлик билан мувозанатдаги газ фазадаги компонентнинг моль улуши  $m = E/\Pi$  - ўлчамсиз коэффициент,  $t = const$  ва  $\Pi = const$  бўлганда  $t$  - суюқлик. системаси учун ўзгармасдир.

б) Рауль қонуни:

$$p^* = P \cdot x \quad (6.4)$$

бу ерда  $p^*$  - суюқлик устидаги мувозанат шароитидаги буғ-газ аралашмаси компонентининг парциал босими;  $P$  - тоза компонент тўйинган буғининг босими - температурага бевосита боғлиқдир;  $x$  - суюқликдаги компонентнинг моль улуши.

Агарда,  $p^* = y^* \cdot \Pi$  ни (6.4) тенгламага қўйсак қуйидаги кўринишга эга бўламиз:

$$y^* = \frac{P}{\Pi} \cdot x \quad (6.5)$$

бу ерда  $y^*$  - суюқлик билан мувозанатдаги буғ фазадаги компонентнинг моль улуши.

б. Фазаларни ажратувчи юза бўйлаб ҳаракат қилганда, уларнинг концентрациялари ўзгаради. Натижада жараёнини ҳаракатга келтирувчи кучи ҳам ўзгаради. Шу сабабли, модда утқазинининг асосий тенгласига ўртача ҳаракатлантирувчи куч тушунчаси  $A_{хур}$  ва  $A_{уур}$  киритилади:

$$M = K_y \cdot F \cdot A_{уур}$$

$$M = K_x \cdot F \Delta x_{yp} \quad (6.6)$$

бу ерда  $M$  – тарқалган модда массаси, кг;  $A$  – фазаларни ажратувчи юзаси,  $m^2$ ;  $\Delta x_{yp}$  ёки  $\Delta y_{yp}$  – модда алмашининг жараёнининг ўртача ҳаракатлантирувчи кучи.

$$\Delta x_{yp} = \frac{\Delta x_{ka} - \Delta x_{ku}}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta x_{ka}}{\Delta x_{ku}}} \quad (6.7)$$

$$\Delta y_{yp} = \frac{\Delta y_{ka} - \Delta y_{ku}}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta y_{ka}}{\Delta y_{ku}}} \quad (6.8)$$

бу ерда  $\Delta x_{ku}$  – қурилманинг биринчи (ёки иккинчи) чеккасидаги концентрацияларнинг катта фарқи;  $\Delta y_{ku}$  – қурилманинг иккинчи (ёки биринчи) чеккасидаги концентрацияларнинг кичик фарқи.

Агарда,  $\Delta y_{ka} / \Delta y_{ku} < 2$  бўлса, техникавий ҳисоблар учун модда ўтказишнинг ҳаракатлантирувчи кучи ўртача арифметик қиймат орқали топилади:

$$\Delta x_{yp} = \frac{\Delta x_{ka} + \Delta x_{ku}}{2} \quad (6.9)$$

$$\Delta y_{yp} = \frac{\Delta y_{ka} + \Delta y_{ku}}{2} \quad (6.10)$$

7. Модда ўтказиш ва бериш коэффициентлари ўртасидаги боғлиқликни аниқлаш учун фазаларни ажратиб турувчи юзада мувозанат ҳолати урнатилган теб фараз қилинadi. Бу ҳол фазаларни ажратувчи юзанин модданинг ўтишига қаршilik йўқ деган маънони билиради. Натижада фазавий қаршilikларнинг аддитивлик қонунин келиб чиқади. Асосан  $K$  ва  $\beta$  ўртасида қуйидаги боғлиқликлар бор:

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{\beta_x} + \frac{m}{\beta_y} \quad (6.11)$$

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{\beta_y} + \frac{1}{\beta_x \cdot m} \quad (6.12)$$

бу ерда  $K_x$ ,  $K_y$  - таз ёки сувоқлик концентрациялари орқали ифодаланган модда ўтказиш коэффициенслари;  $\beta_x$ ,  $\beta_y$  - модда беринч коэффициенслари

Бу тенгламаларнинг чап томонлари модданинг бир фазадан иккинчи фазaga ўтиши учун умумий қаршиликни, ўнг томонлари эса фазаладаги модда беринч жараёнининг қаршиликларини билдиради.

Агарда, асосий диффузия қаршилиги таз фазала, яъни

$$\frac{m}{\beta_x} \ll \frac{1}{\beta_y} \quad (6.13)$$

ёўлса,

$$K_y \approx \beta_y \quad \text{бўлади} \quad (6.14)$$

Агарда, асосий диффузия қаршилиги сувоқлик фазала, яъни

$$\frac{1}{\beta_y \cdot m} \ll \frac{1}{\beta_x} \quad (6.15)$$

ёўлса,

$$K_x \approx \beta_x \quad \text{бўлади} \quad (6.16)$$

Олинган натижаларни ва (6.11) - (6.12) формулалар таҳлил қилинса, қуйидаги кўринишдаги тенглама келиб чиқади:

$$K_y = \frac{K_x}{m} \quad (6.17)$$

8. Турғун модда алмашишнинг жараёнларининг асосий ўлчашлик диффузион критерийлари.

Нуссульг диффузия критерийси қуйидаги кўриништа эса:

$$Nu = \frac{\beta \cdot l}{D} \quad (6.18)$$

Пекле диффузия критерийси эса:

$$Pe' = \frac{w \cdot l}{D} \quad (6.19)$$

Прандтс диффузия критерийси эса:

$$Pr = \frac{Pe'}{Re'} = \frac{\nu}{D} = \frac{\mu}{\rho \cdot D} \quad (6.20)$$

бу ерда  $\nu$  - кинематик қовушқочик коэффициент, м<sup>2</sup>/с;  $D$  - молекуляр диффузия коэффициент, м<sup>2</sup>/с.

Агарда, бирор А газнинг В газда (ёки В газнинг А газдаги) молекуляр диффузия коэффициентларининг тажрибавий натижалари йўқ бўлса, унинг коэффициентни қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$D = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot T^{1,5}}{\rho \cdot \left( v_A^{0,33} + v_B^{0,33} \right)^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (6.21)$$

бу ерда  $D$  - диффузия коэффициент, м<sup>2</sup>/с;  $T$  - температура, К;  $\rho$  - газнинг зичлиги (қисқартири), кг/см<sup>3</sup>;  $M_A$  -  $M_B$  - А ва В газларининг моляр массаси;  $v_A$  -  $v_B$  - А ва В газларнинг кинематик қовушқочик коэффициент, м<sup>2</sup>/с.

Бундан  $T_1$  температура ва босим  $p_1$  да молекуляр коэффициент  $D_1$  табиғий сурада,  $T_2$  ва  $p_2$  даги диффузия коэффициент  $D_2$  кинематик қовушқочик коэффициентларининг қисқартири:

$$D_2 = D_1 \cdot \frac{p_1}{p_2} \cdot \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^{1,5} \quad (6.22)$$

Температураси  $20^{\circ}\text{C}$  суюқликдаги диффузия коэффициентини ушбу формула орқали тахминий ҳисоблаш мумкин:

$$D_c = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{A \cdot B \cdot \sqrt{\mu} \cdot (v_A^{0,33} + v_B^{0,33})} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (6.23)$$

бу ерда  $\mu$  - динамик қовушоқлик коэффициентини.

Сувда эриган баъзи моддалар учун  $A$  коэффициентнинг сон қийматлари:

|                      |            |
|----------------------|------------|
| Газлар учун          | $A = 1,0$  |
| Этил спирти учун     | $A = 1,24$ |
| Метил спирти учун    | $A = 1,2$  |
| Сирка кислотаси учун | $A = 1,27$ |

$B$  коэффициентининг сон қийматлари:

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| Сув учун                              | $B = 4,7$  |
| Этил спирти учун                      | $B = 2,0$  |
| Метил спирти учун                     | $B = 2,0$  |
| Ацетон учун                           | $B = 1,15$ |
| Ассонд аницияланмаган суюқликлар учун | $B = 1,0$  |

Маълум бир  $t$  температурада суюқликда эриган газнинг диффузия коэффициентини  $D_{20}$ нинг диффузия коэффициентини  $D_{20}$  ( $20^{\circ}\text{C}$  температурасида) билан боғлиқлиги ушбу тахминий формула орқали ифодаланади:

$$D_t = D_{20} \cdot [1 + b \cdot (t - 20)] \quad (6.24)$$

бу ерда  $b$  - температура коэффициентини ва ушбу эмпирик тенглама ёрдамида аниқланиши мумкин.

$$b = \frac{0,2 \cdot \sqrt{\mu}}{\sqrt{\mu}} \quad (6.25)$$

$\mu$  -  $20^{\circ}\text{C}$  температурасида суюқликнинг динамик қовушоқлик

коэффициенту, мПа·с,

Сунда триган айрим газларнинг диффузия коэффициентлари  
7.3 - жадвалга келтирилган.

## МЫСОЛЛАРНИ ИШЛАШ НАМУНАСИ

6.1. Суюق аралашма таркиби 58.5% (моль) толуол ва 41.2% (моль)  $\text{CCl}_4$  дан иборат. Толуолнинг нисбий массавий концентрацияси ва  $\bar{X}$  ( $\frac{\text{кг толуол}}{\text{кг CCl}_4}$  да), ва унинг ҳажмий массавий концентрацияси  $C_x$  ( $\text{кг/м}^3$ ) аниқлансин.

**Е ч и ш :**

Толуолнинг нисбий массавий концентрацияси қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\bar{X} = \frac{M_{\text{мол}} \cdot x}{M_{\text{CCl}_4} \cdot (1 - x)}$$

бу ерда  $M_{\text{мол}} = 92 \text{ кг/кмоль}$  - толуолнинг моль массаси;  
 $M_{\text{CCl}_4} = 154 \text{ кг/кмоль}$ ;  $x$  - толуолнинг моль улуши.

Сон қийматларни формулага қўйиб, қуйидаги натижани оламиз:

$$\bar{X} = \frac{92 \cdot 0.588}{154 \cdot 0.412} = 0.855 \frac{\text{кг толуол}}{\text{кг CCl}_4}$$

Толуолнинг ҳажмий массавий концентрацияси  $C_x$  ни ҳисоблаш учун аралашманинг зичлиги  $\rho_{\text{ар}}$  ни билиш зарур. Бунинг учун, аввал толуолнинг массавий улуши  $\bar{X}$  ни аниқлаш керак.

К.Ф.Павлов ва бошқалар китобидаги [7] 6.2 - жадвалдан формула танлаб, сўни ҳисобланади:

$$\bar{x} = \frac{X}{1 + \bar{X}} = \frac{0,853}{1,853} = 0,461$$

Иккала фазаларининг зичлиги 28-жадвалдан топилади.

Голуол учун

$\text{CCl}_4$  учун

$\rho_{\text{гол}} = 870 \text{ кг/м}^3$ ;

$\rho = 1630 \text{ кг/м}^3$ ;

Аралаштирини пайтида ҳажм узгармайдиган деб ҳисоблаб, 1 кг аралашманинг ҳажмининг аниқлаймиз:

$$\frac{0,461}{870} = \frac{0,539}{1630} = 0,862 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Аралашманинг зичлиги эса,

$$\rho_{\text{ар}} = \frac{1}{0,862 \cdot 10^{-4}} = 1160 \text{ кг/м}^3$$

Аралашма зичлигини бошқа усул билан ҳам топса бўлади:

$$\rho_{\text{ар}} = \frac{1 - \bar{X}}{\frac{1}{\rho_{\text{CCl}_4}} + \frac{\bar{X}}{\rho_{\text{гол}}}} = \frac{1 - 0,853}{\frac{1}{1630} + \frac{0,853}{870}} = 1160 \text{ кг/м}^3$$

Голуолнинг ҳажмий массавий концентрацияси ҳуруди билан белгиланади.

$$\bar{C} = \rho \cdot \bar{x} = 1160 \cdot 0,461 = 535 \text{ кг/м}^3$$

6.2. 1000 м<sup>3</sup>/соат миқдордаги газ аралашмасидан олтин ва пропанни тўлиқ ажратиб олиш учун моль массаси 224 кг/кмоль суюқ югувчининг назарий минимал сарфи аниқлансин. Газ аралашмаси таркибиди 15% (ҳажмий) пропан ва 10% (ҳажмий) бутан бор. Абсорбёр ичидаги босим 3 кг/см<sup>2</sup>, температура 20 °С. Пропан ва бутанинг югувчида эриши Раунд қонуни

билан инфодаллади.

Ечидиш:

Скруббердан чиқиб чиқаётган ютувчи таркибидаги пропаннинг максимал концентрацияси (6.5) формулада топилди:

$$y_p^* = \frac{P}{P_p} \cdot y_p = \frac{294}{951} \cdot 0,15 = 0,045$$

бу ерда  $P_p = 951 \text{ кПа}$  ( $10 \text{ кгк/см}^2$ ) —  $30^\circ\text{C}$  температурдаги пропаннинг туйинган буғи босими.

Газ аралашмадан ютилиши кера бўлган пропан миқдори ушбу тенгламадан аниқланади:

$$G_p = \frac{V \cdot y_p}{22,4} = \frac{1000 \cdot 0,15}{22,4} = 6,7 \frac{\text{кмоль}}{\text{соат}}$$

Пропанни ютиш учун ютувчининг минимал сарфи ушбу тенгламадан топилди:

$$\frac{L_{\min} \cdot x_p^*}{1 - x_p^*} = G_p$$

Ундан

$$L_{\min} = \frac{G_p \cdot (1 - x_p^*)}{x_p^*} = \frac{6,7 \cdot 0,955}{0,045} = 142 \frac{\text{кмоль}}{\text{соат}}$$

ёки

$$142 \cdot 224 = 31800 \text{ кг/соат}$$

Скруббернинг пастки қисми дан чиқиб чиқаётган ютувчи таркибидаги энг кўп бўлиши мумкин бўлган бутан концентрацияси қуйидагича ҳисобланади:

$$x_b^* = \frac{P}{P_b} \cdot y_b = \frac{294}{265} \cdot 0,10 = 0,11$$

бу ерда  $p_6 = 265$  кПа -  $30^\circ\text{C}$  температурадаги бутаннын қўйилган буги босими.

Ютиладиган бутан миқдори

$$G_6 = \frac{V \cdot y_6}{22,4} = \frac{1003 \cdot 0,10}{22,4} = 4,47 \frac{\text{кмоль}}{\text{соат}}$$

Бутанны ютиш учун ютувчининг минимал сарфи ушбу тенгламадан топилади:

$$L_{\min} = \frac{G_6 \cdot (1 - x_6^*)}{x_6^*} = \frac{4,47 \cdot 0,09}{0,11} = 36,1 \frac{\text{кмоль}}{\text{соат}}$$

| Пропан учун                                       | Бутан учун                                         |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| $L_{\min} = 142 \frac{\text{кмоль}}{\text{соат}}$ | $L_{\min} = 36,1 \frac{\text{кмоль}}{\text{соат}}$ |

Бутанны тўлиқ ютиши учун зарур ютувчининг минимал сарфи, пропанны ютишга керагидан анча кам бўлади

Демак,  $L_{\min} = 142 \frac{\text{кмоль}}{\text{соат}}$  миқдордаги ютувчида бутан тўлиқ ютилади.

## НАСАДКАЛИ АБСОРБЕРЛАРНИ ҲИСОБЛАШ [6].

Абсорбердан газ ўтганда напорнинг йўқотилиши содир бўлади. Унинг миқдори насадканинг ҳарактерига газнинг тезлиги, напорнинг зичлигига боғлиқ. Қуруқ насадкадаги напорнинг йўқотилиши ёки қуруқ насадканинг қаршилиги қуйидагича аниқланади:

$$\Delta p_{\kappa} = \lambda \cdot \frac{H}{d_s} \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (6.26)$$

бу ерда  $H$  - насадка қатламнинг баландлиги, м;  $d_s = 4\epsilon/a$

-насадка элементлари ташқил қилган каналларнинг эквивалент диаметри, м;  $w = w_0/\varepsilon$  - насадка қатламидаги газнинг ҳаққий тезлиги, м/с;  $\varepsilon$  - насадкалар орасидаги бўшлиқ;  $\mu$  - насадкаларнинг солиштирма юзаси  $\text{м}^2/\text{м}^3$ ;  $\lambda$  - ишқилишни ва маҳаллий қаршиликларни енгил учун кетган босимнинг йўқотилишини ҳисобга олувчи қаршилик коэффициенти.

Қаршилик коэффициентини  $\lambda$ нинг қиймати  $Re$  критерийига боғлиқ.  $U$  насадканинг турли элементлари учун газнинг ҳаракат режимига боғлиқ бўлиб, асосан эмпирик тенгламалар билан таърифланади:

Агарда  $Re < 40$ , яъни ламинар режим бўлса,

$$\lambda = \frac{140}{Re} \quad (6.27)$$

Турбулент режимдаги газнинг ҳаракати учун, яъни  $Re > 40$  бўлса,

$$\lambda = \frac{140}{Re^{0.2}} \quad (6.28)$$

Кочоқ тада турбулент жонлаштирилган халқали насадкалар учун

$$\lambda = \frac{140}{Re^{0.375}} \quad (6.29)$$

Намланган насадкалар гидравлик қаршилиги  $\Delta p_h$  ҳуруқ насат таяннигидан катта, чунки суюқлик маълум миқдори насадканинг ҳўлларида нағнастада ушш юзасида ва ушш тор танналарида ушшанб қолади. Ҳўлланган насадканинг гидравлик қаршилиги  $\Delta p_h$  ушбу тахминий эмпирик формула орқали таърифланади:

$$\Delta p_h = 10^{ab} \cdot \Delta p_0 \quad (6.30)$$

бу ерда  $\mu$  - намланган зичлиги,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;  $b$  - насадканинг қатламини ва насадканинг ҳаракат тартиби орқали таърифланадиган коэф-

финишга.

Намланган тўла  $a_n$  нинг ҳамми насадка элементларининг солиштирма юзасининг  $a$  га нисбати насадканинг намлаш коэффициенти  $\psi$  ни беради:

$$\psi = \frac{a_n}{a} \quad (6.31)$$

Насадканинг намланиш коэффициенти қуйидаги тенглама билан аниқлашнинг ҳам мумкин:

$$\psi = 1 - \Phi \cdot e^{-m} \quad (6.32)$$

Даража кўрсаткичи  $m$  нинг қиймати:

$$m = c \cdot \text{Re}_c^n = c \cdot \left( \frac{4 \cdot u \cdot \rho}{a \cdot \mu} \right) \quad (6.33)$$

Насадканинг турига қараб  $A$ ,  $c$  ва  $n$  ларнинг миқдори махсус алаббёвлардан топилади. Масалан, Рашид а. а. а. қаси ушун  $A = 1,02$ ;  $c = 0,16$ ;  $n = 0,4$  [7].

Абсорбернинг диаметри қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$D = \frac{L_0}{0,785 \cdot L} \quad (6.34)$$

бу ерда  $L$  - абсорбердаги ҳажмий сарф, м<sup>3</sup>/с.

Абсорбернинг тўлиқ динги насадкаларининг ҳажмига қараб аниқланади. Насадканинг ҳажми эса, ўз навбатида, худди шу насадка учун унинг модела ўтказиш юзасига боғлиқ. Бу ҳолда насадканинг ҳажми:

$$V_{\text{нас}} = H \cdot S = \frac{F}{a \cdot \psi} \quad (6.35)$$

бу ерда  $S$  - колоннанинг кўндаланг қесим юзаси м<sup>2</sup>;

Модела ўтказиш юзаси эса, модела ўтказишнинг асосий тенгла-

масдан аниқланади.  $F$ нинг  $\Delta y$  лтини (6.35) тенгламага қўйиб, абсорбернинг баландлигини аниқлаш мумкин.

$$H = \frac{V_{\text{мас}}}{S} = \frac{F}{S \cdot a \cdot \psi} = \frac{A_1}{S \cdot a \cdot \psi \cdot K_x \cdot \Delta y_{\text{пр}}} \quad (6.36)$$

Модда ўтказиш коэффициентлари  $K_x$ ,  $K_y$  ларни ҳисоблашда, газ фазасидаги модда бериш коэффициентини  $\beta_2$  тартибсиз ўрнатилган насадкалар учун қуйидаги критериял тенгламадан аниқланади:

$$Nu'_x = C_1 \cdot Re_x^{0,665} \cdot (Pr')^{0,33} \quad (6.36)$$

Газ фазаси учун баландлик бирлигидан ўтаётган газ фазасидаги ўтказиш коэффициентининг баъандлиги қуйидагича:

$$h_x = 0,615 \cdot a_x \cdot Re_x^{0,345} \cdot (Pr')^{0,66} \quad (6.37)$$

Тартибли жойлаштирилган насадкалар учун:

$$Nu'_x = 0,167407 \cdot Re_x^{0,74} \cdot (Pr')^{0,33} \cdot \left( \frac{l}{d_s} \right)^{0,47} \quad (6.38)$$

ёки

$$h_x = 1,5 \cdot a_x \cdot Re_x^{0,26} \cdot (Pr')^{0,67} \cdot \left( \frac{l}{d_s} \right)^{0,47} \quad (6.39)$$

бу ерда  $l$  - насадканинг баландлиги.

(6.36), (6.39) тенгламаларда топилган  $Nu_x = \beta_2 d_s D$  ва  $Re_x = w_n d_s \rho_2 / \mu_2$  критерийларни аниқловчи геометрия қатъийлик сифатида насаданинг эквивалент диаметри олинади ( $d_s = 4 \cdot c / a$ ) Ҳақиқатан насадкалар учун суюқлик фазасидаги модда бериш коэффициентларининг бирлик фазасига бўлган нисбати қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$Nu'_c = 0,0021 \cdot Re_c^{0,75} \cdot (Pr')^{0,5} \quad (6.40)$$

бу ерда

$$Nu_c = \frac{L_c \cdot \delta_k}{D_c}$$

бу ерда  $Nu_c$  - Нуссельт критериниси ҳосил бўлган юнқа қатлам қалинлиги учун ҳисобланган.

Суёқ фазадаги ўтказиш сонининг баландлиги эса:

$$h_c = 119 \cdot L_c \cdot Re_c^{0,25} \cdot (Pr')^{0,5} \quad (6.41)$$

## К О Н Т Р О Л М А С А Л А Л А Р

6.1. Ўзаро ҳажмлари тенг бўлган бензол ва нитро бензол суёққиклари аралаштирилган. Аралашманинг ҳажми ташкил этувчи компонентлар ҳажмлари йиғиндисига тенг деб олиб, аралашманинг зичлигини, нитробензолнинг  $\bar{X}$  солиштирма массавий концентрациясини ва унинг ҳажмий моляр конценрациясини  $C_x$  ни аниқланг.

6.2. Суёқ аралашманинг таркиби қуйидагилардан иборат: 20% хлороформ, 40% ацетон ва 40% олтингугурт углерод. Ҳамаи газлар молекуляр ҳолатда ҳисобланган. Компонентларни бири-бирига аралаштириш натижасида ҳажмлари ўзгармайди деб ҳисоблаб, аралашманинг зичлигини ҳисоблаб топинг.

6.3. Ҳаво этил спиртининг буги билан тўйинтирилган. Бу ҳаво-буг аралашмасининг умумий босими 600 мм.с.м.уст, температураси 60°C. Иккала ташкил этувчилар идеал газ деб ҳисобланиб, аралашмадаги этил спиртининг нисбий массавий концентрацияси  $Y$  ва аралашма зичлигини аниқланг.

6.4. Таркибида 26% водород 60% метан ва 14% этилен газлари бўлган аралашма босими  $P_{абс} = 30$  кгк/см<sup>2</sup> ва температураси 20°C (% моляр ҳолатда ҳисобланган). Аралашма газларини идеал ҳисоблаб, уларнинг ҳажмий массавий концентрацияларини  $C_x$  (кг/м<sup>3</sup>) аниқланг.

6.5. Атмосфера босими остида бинар аралашма буглари таркибида 50% хлороформ ва 50% бензол бўлган, таркибида 44% хлороформ ва 56% (% моляр ҳолатда ҳисобланган) бензоли

бўлган суюқлик билан тўқнашмоқ а.

а) Хлороформ ва бензол қайси аралашмадан қайсинининга тегишли рақат қилишини;

б) Бунга суюқлик фазалари бўйича бугинги суюқликка қаршида моля ўтказиш жараёнини ҳаракатга келтирувчи қувват (моляр улушда) аниқланг.

Мувозанат таркиби бўйича маълумотлар 62 - жадвалда берилган.

6.6.  $CCl_4$  буғи ҳаво билан абсолют қисми  $10 \text{ кгк/см}^2$  га тенг қилиб, тегишли совутигичда сув билан совутилмоқда.  $40^\circ\text{C}$  да  $CCl_4$ нинг конденсацияланиши бошланади.

а) Бошлангич аралашмада  $CCl_4$ нинг массавий фойзини аниқланг.

б)  $27^\circ\text{C}$  гача совутилгандан сўнг газ аралашмасидан ажратиб чиқариш кўрсаткичини аниқланг.

$CCl_4$ нинг тўғрисида бугун босими 117 ёки 118 мм. расмларда олинади.

6.7. Таркибида 9,8% (% ҳажмий) октан бўлган газ аралашма компрессор ёрдамида  $P_{абс} = 5 \text{ кгк/см}^2$  гача сиқилиб, сўнг  $25^\circ\text{C}$  гача совутилмоқда. Окτανнинг ажратиш кўрсаткичини аниқланг. Агар сиқилган газ аралашма совутувчи агент ёрдамида  $0^\circ\text{C}$  гача температураси пасайтирилса, унинг ажратиш кўрсаткичи қанчага ўзгаради? Окτανнинг тўғрисида бугунги босими 117 расм, 31 нуктадан аниқланади.

6.8. а) Температураси  $100^\circ\text{C}$  бўлганда бензол бугинини толуол бугидаги; б) Температура  $92^\circ\text{C}$  бўлганда этил спирти бугинини сув бугидаги молекуллар диффузия коэффициентларини атмосфера босимига тегишли босим учун аниқланг.

6.9. Агарда, абсорберда сув пуркалиб берилаётган пайгидаги  $\beta_y = 2,76 \cdot 10^{-3} \text{ кмоль/(м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кПа)}$  ва  $\beta_x = 1,17 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$  бўлса, моля ўтказиш коэффициентини аниқланг. Қурилмадаги босим  $P_{абс} = 1,67 \text{ кгк/с}^2$  га тенг. Мувозанат қизиқ тенгламаси моля улушда бўлиб, қурилмадаги қуринишча эга  $y^* = 102x$ .

6.10. Температураси  $20^\circ\text{C}$  бўлган углевод диоксиди газда кали абсорберда сизда ютилибган пайгида, суюқ фазанинг моля берилиш коэффициентини ҳисоблаб толинг. Суюқлик пуркаш қисми  $60 \text{ м}^3/\text{с}$  оат. Қорғиш халқилар ўлчами  $35 \times 35 \times 4 \text{ мм}$  бўлиб, улар қурилмага тартибсиз жонланган. Пасадканинг ҳўланиш коэффициентини  $\psi = 0,86$ .

## КОНТРОЛ ТОННИРИ К №13

Температура  $t$  бўлганда,  $A$  модданинг суздаги диффузия коэффициенти ҳисоблаб топилсин.

| Пара-метр | Ўлчов бирлиги | Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|---------------|-----------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|           |               | 1                                       | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 0  |
| $t$       | °C            | 4                                       | 20 | 30 | 50 | 15 | 60 | 25 | 35 | 45 | 55 |

| Пара-метр | Ўлчов бирлиги | Шифрнинг охиридан аввалги рақами бўйича вариантлар |    |                  |                 |     |                 |                 |                 |    |                 |
|-----------|---------------|----------------------------------------------------|----|------------------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|----|-----------------|
|           |               | 1                                                  | 2  | 3                | 4               | 5   | 6               | 7               | 8               | 9  | 0               |
| $A$       |               | NO                                                 | SO | H <sub>2</sub> S | CO <sub>2</sub> | COS | NH <sub>3</sub> | NO <sub>2</sub> | Br <sub>2</sub> | CO | Cl <sub>2</sub> |

## КОНТРОЛ ТОННИЧРИҚ №14

Абсолют босим  $P$  остида ишлатган модда алмашининг қўрамаси қуйидаги модда бериш коэффициентлариغا эга:

$$B = 1,1 \text{ кмоль/м}^2 \cdot \text{соат}; \quad C = 25 \text{ кмоль/м}^2 \cdot \text{со.т.}$$

Газ ва суюқлик фазаларининг мувозанат таркиби Генри қонуни билан ифодаланади  $p_{\text{с}} = 0,08 \cdot 10^6 \text{ х.}$

Юқоридаги маълумотларга таяниб, қуйидаги параметрлар ҳисоблансин.

1)  $K_v$  ва  $K_T$  модда ўтказиш коэффициентлари;

2) суюқ фазанинг диффузион қаршилиги, газ фазанинг диффузион қаршилигидан неча марта фарқ қилини.

| Пара-метр | Ўлчов бирлиги             | Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------|---------------------------|-----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|           |                           | 1                                       | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 0   |
| $P$       | кПа/см <sup>2</sup>       | 2,5                                     | 3,1 | 3,5 | 5,0 | 1,5 | 2,8 | 4,0 | 4,5 | 6,0 | 1,5 |
| $B$       | кмоль/м <sup>2</sup> соат | 1,1                                     | 1,  | 1,5 | 1,2 | 1,6 | 1,3 | 1,9 | 1,7 | 2,0 | 2,5 |
| $C$       | кмоль/м <sup>2</sup> соат | 25                                      | 20  | 35  | 30  | 40  | 35  | 50  | 45  | 80  | 100 |

## СҮЮҚЛИКЛАРНИ ҲАЙДАНИ

## Ҳисоблаш формулалар ва асосий боғлиқликлар

1. Оддий ҳайданг тенгламаси:

$$\ln \frac{F \cdot V}{W \cdot x_p} \int_{x_p}^{x_w} \frac{dx}{y^x - x} \quad (7.1)$$

бу ерда  $F$  - ҳайдашнинг араваннинг бошланғич миқдори,  $W$  - ҳайдашнинг жараёнидан сўнг қубда қолган суюқлик миқдори,  $y$  ва  $x$  - буғ ва суюқликнинг ситил учувчан компонентининг мувофиқат концентратсиялари;  $x_p$  - бошланғич араванидаги ситил учувчан компонент миқдори;  $x_w$  - ҳайданг жараёнидан сўнг ҳосил бўлган қоллиқда ситил учувчан компонент миқдори.

Ҳайдашдан суюқликнинг ўрта таркиби ҳайдаш формуласи орқали топилган:

$$x_d = \frac{F \cdot x_p + W \cdot x_w}{F + W} \quad (7.2)$$

2. Сувда эримай қолган суюқликларни буғ ёрдамида ҳайданг пайидаги бутуннинг сарфи ушбу формула ёрдамида ҳисобланадиган:

$$G_B = G \cdot \frac{M_B \cdot (n + m)}{M \cdot P \cdot \varphi} \quad (7.3)$$

бу ерда  $G_B$  - ҳайдашдан суюқлик билан кетаётган сув буғи миқдори, кг;  $G$  - ҳайдаётган суюқлик миқдори, кг;  $M$  ва  $M_B$  - сув ва ҳайдашган араванидаги моль массаси;  $P$  - ҳайданг температура билан ҳайдаётган суюқлик тўйинган бўлишнинг босими;  $n$  - араванида буларнинг умумий босими;  $\varphi$  - 0,7-0,8.

Икки компонентли  $A$  ва  $B$  фазаларнинг таркиби моль фазаси ( $\%$  мол.) ва мунозарна:

$$x_{mol} = \frac{\text{кмоль } A}{\text{кмоль } (A + B)} \cdot 100 \quad (7.4)$$

гидратний фаз (% мас) ва улушларда:

$$x_{\text{мас}} = \frac{\kappa^2 \cdot A}{\kappa^2(A + B)} \cdot 100 \quad (7.5)$$

ҳаётини фаз (% ҳажм) ва улушларда:

$$x_{\text{ҳажм}} = \frac{M^3 \cdot A}{M^3 \cdot (A + B)} \cdot 100 \quad (7.6)$$

ифодаланиши мумкин. Бу ерда  $x$  — суяқ фаздаги енгил учувчан А компонентнинг концентратсияси.

Концентрациялар ўртасидаги инебалар қуйидаги кўринишда бўлади:

$$x_{\text{ҳажм}} = \frac{x_{\text{ҳажм}} \cdot \rho_A}{\rho_{\text{ҳажм}}} \quad (7.7)$$

$$x_{\text{ҳажм}} = \frac{x_{\text{мас}} \cdot \rho_{\text{ҳажм}}}{\rho_A} \quad (7.8)$$

Бу ерда  $\rho_A$  — 20°C температурада тоза компонент А нинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup> (14-жадвалдан топилади);  $\rho_{\text{ҳажм}}$  — 20°C ҳаётини концентрацияда А компонентнинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup> (23-жадвалдан аниқланади).

$$x_{\text{мас}} = \frac{x_A \cdot 100}{\frac{M_A}{x_{\text{мас}}} + \frac{100 - x_{\text{мас}}}{M_B}} \quad (7.9)$$

$$x_{\text{мас}} = \frac{x_A \cdot M_A \cdot 100}{x_{\text{мас}} \cdot M_A + (100 - x_{\text{мас}}) \cdot M_B} \quad (7.10)$$

$M_A$  ва  $M_B$  — А ва В тоза компонентларнинг моляр массаси г/кмоль (20-жадвалдан олинади).

Сув спирт аралашмаси учун массавий фаздан моль фазга ўтиш ушбу формула ёрдамида амалга оширилиши мумкин:

$$x_{\text{мол}} = \frac{x_{\text{масс}}}{256 - 1,58 \cdot x_{\text{масс}}} \quad (7.11)$$

Бинар аралашмалар моль массаси (кг/кмоль) қуйидаги формуладан топилади:

$$M = \frac{100}{\frac{x_{\text{масс}}}{M_A} + \frac{100 - x_{\text{масс}}}{M_B}} \quad (7.12)$$

3. Узлуксиз ишлайдиган ректификация колоннасининг моддий баланс тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$G_{\text{бош}} = G_D + G_K \quad (7.13)$$

$$G_{\text{бош}} \cdot x_{\text{бош}} = G_D \cdot x_D + G_K \cdot x_K \quad (7.14)$$

бу ерда  $G_{\text{бош}}$ ,  $G_D$ ,  $G_K$  — аралашма, дистиллят ва куб қолдиқларининг массавий ёки моль сарфи;  $x_{\text{бош}}$ ,  $x_D$ ,  $x_K$  — аралашма, дистиллят ва куб қолдиқларида енгил учувчан компонентнинг массавий ёки моль миқдори.

4. Иш чиқиқ тенгламалари:

а) Колоннанинг юқориги буг таркибни оши,увчи қисми учун иш чиқиғи қуйидагича аниқланади.

$$y = \frac{R_{\phi}}{R_{\phi} + 1} \cdot x + \frac{R_{\phi}}{R_{\phi} + 1} \quad (7.15)$$

б) колоннанинг энг пастки қисми учун иш чиқиғи тенгламаси ушбу кўринишга э:

$$y = \frac{R + 1}{R_{\phi} + 1} \cdot x - \frac{F - 1}{R + 1} \cdot x_2 \quad (7.16)$$

Ректификацион колонналарда, назарни таҳлильгар асосиди

нинг бутун баландлиги бўйича суюқлик ва буғнинг моль сар-  
 фар : ўзгармас деб қабул қилинади.

Агарда, нисбий моль сарфлар қўлланилса, (7.13) ва (7.14) тенг-  
 малар куйидаги кўринишга эга бўлади.

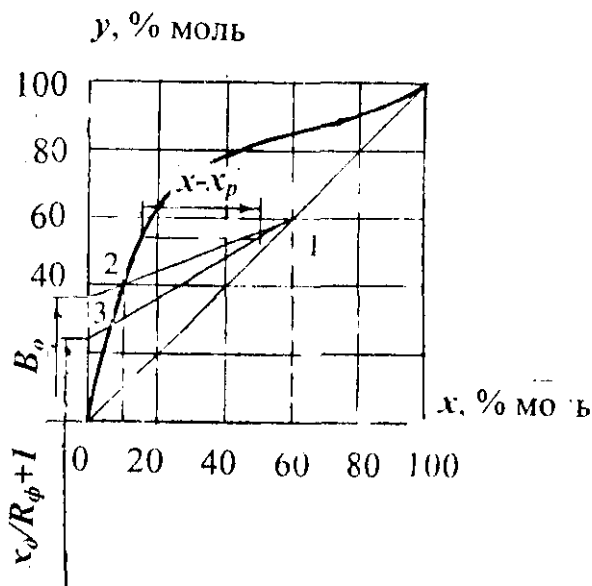
$$F = 1 + W \quad (7.17)$$

$$F \cdot x_F = x_D + W \cdot x_W \quad (7.18)$$

бу ерда

$$W = \frac{G_W}{G_D} = \frac{x_D - x_W}{x_F - x_W}$$

5. Мувозанат эгри  
 зигид сениш  
 қталари  
 лаганда, узлук-  
 в ишлайдиган рек-  
 фикацион колон-  
 нинг минимал  
 егми сони  $R_{\min}$   
 йидаги тенглама-  
 н топилади (7.1-  
 см):



7.1-расм. Минимал ва оптимал флегма сони  
 аниқловчи  $x - y$  диаграмма

$$R_{\min} = \frac{x_d - y_p^x}{y_p^x - x_p} \quad (7.19)$$

бу ерда  $x_d$  - енгил учувчан компонентнинг дистиллятдаги моль улуши,  $x_p$  - худди шу, фақат колоннанинг бошланғич суюқлигида;  $y_p^x$  - худди шу, фақат бошланғич суюқлигининг мувозанат буғида.

Минимал флегма сони:

$$R_{\min} = \frac{x_d - B_0}{B_0} \quad (7.19a)$$

формула ёрдамида ҳам ҳисобласа бўлади.  $B_0$  - 7.1 - расмдан, мувозанат чизигининг ордината ўқидаги кесмасининг қиймати.

Ҳақиқий флегма сони тахминий усул билан ушбу тенгликдан топилади яъни,

$$R = \varphi \cdot R_{\min} \quad (7.20)$$

бу ерда  $\varphi > 1$  - флегманинг кўпроқ олинishiни ҳисобга олувчи коэфф.ициент. одатда  $\varphi = 1.04-1.05$ .

Ректификацион колонналарни ҳисоблашда флегманинг ҳақиқий сони қандаги формула ёрдамида аниқланади:

6. Узлуксиз ишлайдиган ректификацион колонна учун куйидаги иссиқлик балансини тузиш мумкин:

$$Q_K + G_F \cdot t_F = Q_D + G_D \cdot t_D + G_W \cdot t_W + Q_{\text{отк}} \quad (7.21)$$

бу ерда  $Q_K$  - қанаъатган суюқликта иситувчи буғдан ўтаётган иссиқлик миқдори, Вт;  $Q_D$  - дефлегматорда конденсацияланган буғлардан совитувчи сув ёрдамида олинаётган иссиқлик миқдори, Вт;  $Q_{\text{отк}}$  - атроф муҳитга иссиқлиқнинг йўқотилиши, Вт;  $t_F$ ,  $t_D$ ,  $t_W$  - бошланғич суюқлик, дистиллят ва куб қолдини энгалыиылари.

Олинган (7.21) тасвирламадан  $Q_K$  ни топиш мумкин:

$$Q_K = Q_D + G_D \cdot t_D + G_W \cdot c_W \cdot t_W + G_F \cdot c_F \cdot t_F + Q_{\text{отк}} \quad (7.22)$$

бу ерда  $c_D$ ,  $c_F$ ,  $c_W$  ўртача солиштирма сифимлар, Ж/(кг·К);  $t_D$ ,  $t_F$ ,  $t_W$  - тегишли температуралар, °С.

Дефлегматорда совитувчи сувга ўтган иссиқлик сарфи ушбу формулада ҳисобланади:

$$Q_D = G_D \cdot (I + R) r_D \quad (7.23)$$

$R$  - флегма сони;  $r_D$  - дефлегматорда буларнинг конденсациялаш солиштирма иссиқлиги, Ж/кг.

7. Тарелкали ректификацион колоннанинг диаметри қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w}} \quad (7.24)$$

бу ерда  $V$  - колоннадан ўтган буғ сарфи, м/с;  $w$  - буғ тезлиги, м/с.

Қўп қўлланиладиган буғнинг тезлиги эса, ушбу формуладан топилади:

$$w = C \cdot \sqrt{\frac{p_c - p_o}{p_o}} \quad (7.25)$$

агарда  $p_c \gg p_o$  бўлса,

$$w = C \cdot \sqrt{\frac{p_c}{p_o}} \quad (7.26)$$

8. Ректификацион колонна баландлиги қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$H_T = (n - 1) \cdot h \quad (7.27)$$

$n$  - тарелкалар сони,  $h$  - тарелкалар орасидаги масофа.

Тахминий ҳисоблар учун тарелкалар сонини уларнинг ўртача ф.и.к. орқали аниқлаш мумкин:

$$n = \frac{n_f}{\eta}$$

$n_f$  - тарелкаларнинг назарий сон.

## МИСОҢЛАРНИ ЧИЛАШ НАМУНАСИ

7.1. Бензол 40% (моль) ва толуолдан 60% (моль) танкига тоналган 60°Cда суюқ аралашма учун буғ фазасининг мувозанат таркиби ҳисоблансин. Аралашма Рауль қонун. билан характерланган. Атмосфера босими 760 мм.с.м.у.с. ва температура 90°C ларга қайтийдиган, бензол ва толуолнинг суюқ аралашмасининг таркиби аниқлансин.

**Е ч и ш :**

И8 расмдан 60°C учун бензол ва толуолнинг тўйинган буғларининг босимини топамиз. Бензол учун -  $P_6 = 385$  мм.с.м.у.с. ва толуол учун -  $P_T = 140$  мм.с.м.у.с.

Бензол ва толуол учун парциал босимлар ушбу формулалар билан қланади:

$$P_6 = P_6 \cdot x_6 = 385 \cdot 0,4 = 154 \text{ мм.с.м.у.с.}$$

$$P_T = P_T \cdot x_T = P_T \cdot (1 - x_6) = 140 \cdot (1 - 0,4) = 84 \text{ мм.с.м.у.с.}$$

Умумий босим эса,

$$P = p_6 + p_T = 154 + 84 = 238 \text{ мм.с.м.у.с.}$$

Буғ фазасининг таркиби ушбу тенглама орқали аниқланади:

$$y_6 = p_6 / P = 154 / 238 = 0,648$$

Демак, мувозанатдаги буг таркибид: 64,8% (моль) бензол ва 35,2% (моль) толуол бор.

Атмосфера босими 760 мм.с.м.уст. ва температура 90° С да қайнаётган, бензол ва толуолнинг суюқ аралашмасининг таркиби аниқлаш учун ушбу теңламани ёзамиз:

$$P = P_6 \cdot x_6 + P_T \cdot x_T$$

ёки

$$760 \approx 1013 \cdot x_6 + 408 \cdot (1 - x_6)$$

ундан  $x_6 = 58,3 \%$ ;  $x_T = 41,7 \%$

Бу ерда: 1013 ва 408 (мм.с.м.уст.) - тоза бензол ва толуолнинг 90°С даги туйинган буғларининг босими.

7.2. Аралашма Раул қонуни билан характерланади. Атмосфера босимида бензол-толуол аралашмаси учун  $t - x$ ,  $t - y$  ва  $y^* - x$  координатларида мувозанат диаграммасини қуринг ва фазаларнинг мувозанат таркибини ҳисобланг.

**Е ч и ш :**

Фазаларнинг мувозанат таркиби қуйидагича аниқланади:

$$p_6 = P_6 \cdot x; \quad p_T = P_T \cdot (1 - x)$$

Давытов қонунига биноан

$$P = p_6 + p_T = P_6 \cdot x + P_T \cdot (1 - x)$$

бунида :

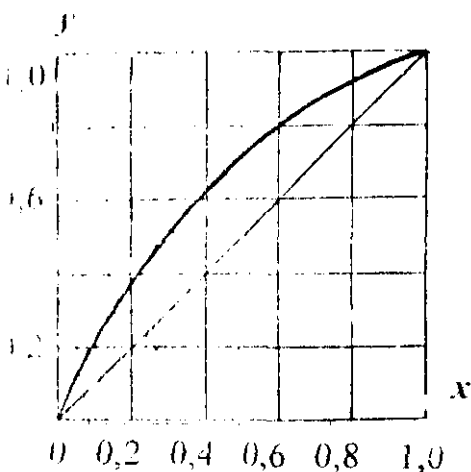
$$x = \frac{P - P_T}{P_6 - P_T}$$

сб. 5) формулага оинван

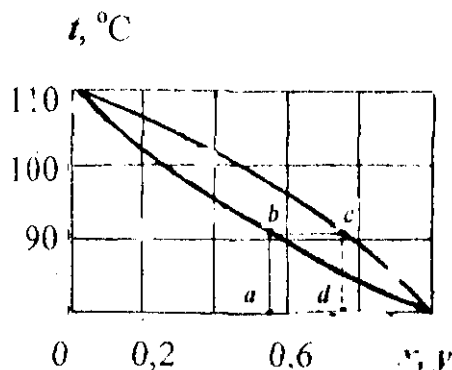
$$y^* = \frac{P_6}{\Pi} \cdot x$$

Олинган натижалар 7.1 - жадвалда келтирилган ва 7.2, 7.3 расмларда график ҳолида тасвирланган.

| t, °C | P <sub>1</sub><br>мм.<br>симоб<br>устуни | P <sub>2</sub><br>мм.<br>симоб<br>устуни | П<br>мм.<br>симоб<br>устуни | $x = \frac{\Pi - P_2}{P_6 - P_2}$          | $y^* = \frac{P_6}{\Pi} \cdot x$        |
|-------|------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|
| 80    | 760                                      | 300,0                                    | 780                         | 1                                          | 1                                      |
| 84    | 852                                      | 333,0                                    | 760                         | $\frac{760 - 333}{852 - 333} = 0,823$      | $\frac{852}{760} \cdot 0,823 = 0,922$  |
| 88    | 957                                      | 379,5                                    | 760                         | $\frac{760 - 379,5}{957 - 379,5} = 0,659$  | $\frac{957}{760} \cdot 0,659 = 0,830$  |
| 92    | 1078                                     | 432,0                                    | 760                         | $\frac{760 - 432}{1078 - 432} = 0,508$     | $\frac{1078}{760} \cdot 0,508 = 0,720$ |
| 96    | 1204                                     | 492,5                                    | 760                         | $\frac{760 - 492,5}{1204 - 492,5} = 0,376$ | $\frac{1204}{760} \cdot 0,376 = 0,596$ |
| 100   | 1344                                     | 559,0                                    | 760                         | $\frac{760 - 559}{1344 - 559} = 0,256$     | $\frac{1344}{760} \cdot 0,256 = 0,453$ |
| 104   | 1495                                     | 625,5                                    | 760                         | $\frac{760 - 625,5}{1495 - 625,5} = 0,155$ | $\frac{1495}{760} \cdot 0,155 = 0,304$ |
| 108   | 1659                                     | 704,5                                    | 760                         | $\frac{760 - 704,5}{1659 - 704,5} = 0,058$ | $\frac{1659}{760} \cdot 0,058 = 0,128$ |
| 110   | 1748                                     | 760,0                                    | 780                         | 0                                          | 0                                      |



7.2-расм.  $y' - x$  диаграмма.



7.3-расм.  $t - x, y$  диаграмма.  
(7.15 - масалага ҳам оид.)

7.3. Конденсатордан чиқётган дистиллят концентрацияси  $x_d = 71,2\%$  (ҳажмий), флегма сонини  $R_{\text{флг}} = 1,9$  бўлса, дефлегматорга сираётган бўғ концентрацияси ва флегмадаги этил спирт концен-трацияси аниқлансин.

**Ҳал:**

Ҳисоблаш кесма-кетлиги қуйидагича бўлади:

1. (7.7) ва (7.8) формулалар орқали  $\%$  (ҳажмий) концентрация-ни,  $\%$  (мас) ва  $\%$  (моль) ларга қайта ҳисобланади.

$$x_d = 71,2\% \text{ (ҳажмий)} = 62\% \text{ (мас)} = 40,8\% \text{ (моль)}$$

2. 27-жадвал маълумотлари асосида  $t - x, y$  диаграмма сурилади (7.3-расм). Ушбу диаграммадан, дистиллят концен-трацияси  $x_d = 40,8\%$  (моль) учун флегмани концен-трацияси  $x_{\text{флг}} = 8,0\%$  (моль) топанмиз.

3.  $a + b = (40,8 - 8,0) = 32,8\%$  (моль) кесманинг қиймати то-панмиз.

Флегма сонини

$$R_{\text{флг}} = 1,9 = a/b \text{ да}$$

$$a/1,9 + a = 32,8 \%$$

Демак,  $a = 21,5 \%$

4. Кесма  $a$  нинг 1,9 ити нуқта 1 нинг ўрнини аниқлашга ёрдам беради ва унга қараб буғнинг концентрацияси  $y_6 = 19,6 \%$  (моль) ёки  $38,2 \%$  (масс) топилади.

7-4. Аввалги, 7-3 масаланинг берилган шароитлари бўйича, конденсатордан чиқаётган дистиллят миқдори  $G_d = 155$  кг/соат бўлса, флегма миқдори  $G_f$  аниқ лсин.

**Е ч и ш :**

1. (7.12) формула ёрдамида буғ ва дистиллятнинг моль массаси ҳисобланади:

$$M_d = \frac{100}{63,8 / 46,07 + (100 - 63,8) / 18,02} = 29,2 \text{ кг / кмоль}$$

$$M_o = \frac{100}{38,2 / 46,07 + (100 - 38,2) / 18,02} = 23,5 \text{ кг / кмоль}$$

2. Қуйидаги формула орқали эса дефлегматорга кирётган буғнинг миқдори аниқланади:

$$G_o = 155 (1,9 + 1) / 23,5 = 19,12 \text{ кмоль/с.ат}$$

3.  $M_d = 29,2$  кг/кмоль эканлигини ҳисобга олиб, дистиллят миқдорини кг/соат дан кмоль/соат бирлигига ўтказамиз.

$$G = \frac{155}{29,2} = 5,31 \text{ кмоль / соат}$$

4. Дефлегматорнинг моддий баланситан, флегма миқдорини аниқлаймиз:

$$G_{\text{д}} = 19,12 - 5,31 = 13,89 \text{ кмоль/сат}$$

5. (7.12) формула ёрламида,  $x_{\text{ф}} = 8,0 \text{ \% (моль)} = 18,2 \text{ \% (м.г.)}$  бўлганда, флегманинг моль массаси ҳисоблаб топилади:

$$M_{\text{д}} = \frac{100}{18,2 / 46,07 + (100 - 18,2) / 18,02} = 20,3 \text{ кг / кмоль}$$

бўлса, флегманинг миқдори қуйи ағига тенг бўлади:

$$13,89 \cdot 20,3 = 281,9 \text{ кг/соат}$$

### ТАРЕЛКАЛИ РЕКТИФИКАЦИОН КОЛОННАНИ ҲИСОБЛАШ ПАРАУНАСИ

Унумдорлиги  $G_{\text{д}}=155 \text{ кг/соат}$  спирт ишлаб чиқарадиган брагоректификацион колоннани ҳисобланг (7.4 - расм).

Ҳисоблаш учун маълумотлар:

- бошланғич аралашма таркибида спирт миқдори,  $x_{\text{бош}} = 10\%$  (ҳажмий), куб қолдиги -  $x_{\text{к}} = 0,0064\%$  (ҳажм), дистиллят эса -  $x_{\text{д}} = 69,3 \text{ \% (ҳажм)}$ ;

- флегманинг кўпроқ олинishiни ҳисобга олган коэффициент  $\beta = 3,1$ ;

- колонна  $p = 0,22 \text{ МПа}$  босимда буг билан иситилмоқда;

- колоннанинг юқори қисмидаги ишчи босим  $p = 0,12 \text{ МПа}$ ;

- аралашма тарелкага  $t_{\text{бош}} = 85^{\circ}\text{C}$  да киритилмоқда;

- колонналаги тарелкалар орасидаги масофа  $h = 250 \text{ мм}$ .

Колоннанинг диаметри, баландлиги, тарелкалар сони ва иситувчи буг сарфи ҳисоблаб топилсин.

**Ечиш:**

Ҳисоблани ушбу кетма - кетликда олиб борилади.

Бошлан ич аралашма, дистиллят ва куб қолдиқларнинг концентратсиялари ҳажмий фoиздан (ҳажм), массавий фoизга (масс) (7.7) формула ёрдамида, сўнгра э.а (7.9) формула ёрдамида массавий фoиздан (масс) ҳажмий фoизга (ҳажм) қайта ҳисобланади.

Натижада бошлангич аралашма, дистиллят ва куб қолдиқларининг концентратсиялари

қуйида сон қийматларига эга бўлади:

$$x_{\text{бош}} = 10 \% \text{ ҳажм} = 8,01 \% \text{ масс} = 3,34 \% \text{ моль.}$$

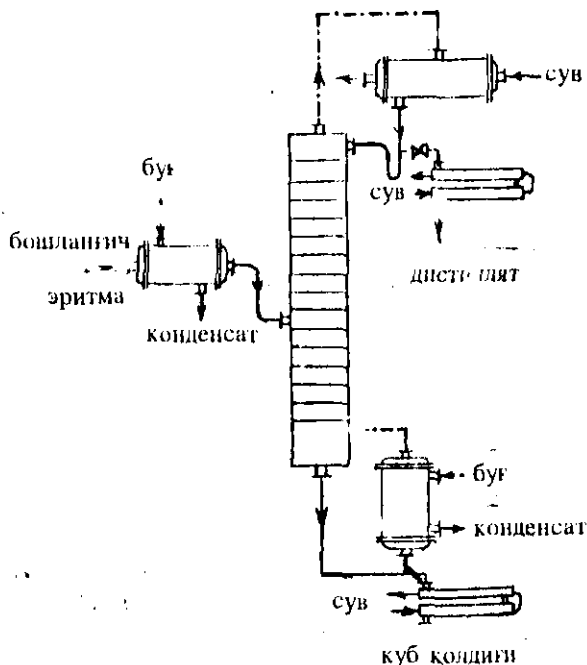
$$x_{\text{бош}} = 69,3 \% \text{ ҳажм} = 61,6 \% \text{ масс} = 38,5 \% \text{ моль.}$$

$$x_{\text{к}} = 0,0064 \% \text{ ҳажм} = 0,005 \% \text{ масс} = 0,002 \% \text{ моль.}$$

2. (7.9а) формула ёрдамида минимал флегма сони аниқланади.

2.1. 27 - жадвалдаги маълумотлар асосида  $x - y$  мувозанат чизиги кўрилади (7.5-расм).

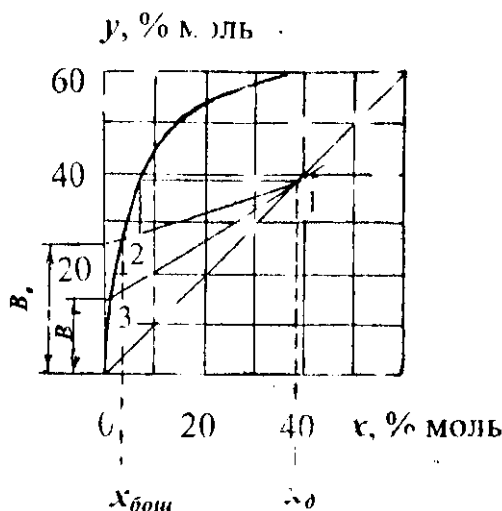
2.2. Аъенисса ўқидаги  $x_p = 38,5$  мольга тааллуқли нуқтадан диагональ чизиги билан нуқтада кесилишгунча вертикаль чизик ўтказилади.



7.4-расм. Ректификация қурилмасининг схемаси

2.3. Абсцисса ўқилади  $x_{\text{бoш}} = 3,34$  моль га тааллуқли нуқтадан мувозит чизиги билан нукта 2 да кесишгунча вертикал чизик ўтказилади.

2.4. Нуқталар 1 ва 2 ўзаро бирлаштирилади ва ордината ўқи билан кесишгунча давом эттирилади ва  $B_0 = 26,5$  моль қиймат топилади.



7.5-расм. Сув-спирт ариаланимасининг минимал флегма ва қолданининг теңори қисмидаги назарий тарелкалар сонларини аниқлаш учун  $x - y$  диаграмм

Минимал флегма сонининг қиймати

$$R_{\text{мин}} = \frac{38,5 - 26,5}{26,5} = 0,453$$

ушбу йўл билан ҳисобланади.

3. Ҳақиқий флегма сони (7.20) формуладан топилади:

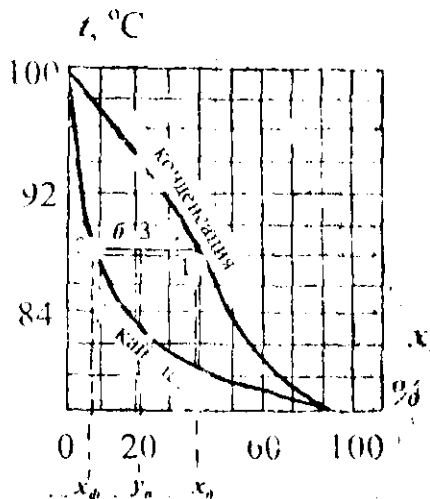
$$R_{\phi} = 0,453 \cdot 3,1 = 1,4$$

4. 27 - жадвалдаги маълумотлар асосида диафрагма кўрилади ва кейинчи ҳисобларда зарур флегма таркиби, дефлегматорга бериладиган буг таркиби ва температуралар аниқланади (7.6-асм).

4.1. Дистиллятнинг концентрацияси  $x_d = 38,5\%$  мольга қараб флегма таркиби  $x_f = 6,8\%$  моль  $= 15,9\%$  масс, ҳамда буғнинг конденсациялашнинг бошланғич температураси  $t_k = 88,5^\circ\text{C}$  белгилаб олинган.

4.2. Кесмалар нисбати  $a/b = R_f = 1,7$  га қараб нукта 3 топилади. Бу нукта, дефлегматорга кираётин буғ концентрациясини характерлади:  $y_b = 21\%$  моль  $= 46,3\%$  масс.

5. Колоннадан де-76-расм. Сув-спирт аралашмаси буғнинг флегматорга кираётин буғ миқдорини ушбу тенгликдан аниқланади:



$$G_b = \frac{G_d \cdot (R_f + 1)}{M_b} = \frac{155 \cdot (1,7 + 1)}{20,8} = 12,9 \frac{\text{кмоль}}{\text{соат}}$$

ёки

$$G_b = 12,9 \cdot 23,9 = 308,5 \text{ кг/соат}$$

Дистиллят  $M$  нинг моль массаси (7.12) формула орқали аниқланади:

$$M_t = \frac{100}{\frac{61,6}{46,07} + \frac{100 - 61,6}{18,02}} = 28,8 \text{ кг/кмоль}$$

Худди шу ўл билан буғнинг моль массаси ҳисобланади

$$M_b = 23,9 \text{ кг/кмоль}$$

Дистиллят ҳосил бўлиши учун сарф бўлган буғ миқдори

$$\frac{155}{28,8} = 5,38 \text{ кмоль / соат}$$

б. Флегма миқдори ушбу формуладан топилади:

$$G_{\phi} = G_{\psi} + G_{\text{д}} = G_{\text{д}} \cdot (R_{\phi} + 1)$$

$$G_{\phi} = G_{\psi} - G_{\text{д}} = 12,9 - 5,3 = 7,52 \text{ кмоль/соат}$$

ёки

$$G_{\phi} = 7,52 \cdot 20 = 150,4 \text{ кг/соат}$$

Флегманинг моль массаси (7.12) формуладан топилади:

$$M_{\phi} = \frac{100}{\frac{15,9}{46,07} + \frac{100 - 15,9}{18,02}} = 20,0 \text{ кг / кмоль}$$

(7.13) ва (7.14) формулалардан фойдаланиб бошланғич ара-  
торма миқдори  $G_{\text{бош}}$  ва куб қолдиги  $G_{\text{ох}}$  аниқланади:

$$\begin{cases} G_{\text{бош}} = 155 + G_{\kappa} \\ \frac{G_{\text{бош}} \cdot 8,01}{100} = \frac{155 \cdot 61,6}{100} + \frac{G_{\kappa} \cdot 0,005}{100} \end{cases}$$

Бу тенгламаларда

$$G_{\kappa} = 1037,5 \text{ кг/соат}$$

$$G_{\text{бош}} = 1192,65 \text{ кг/соат}$$

8. Ифтиври буғ сарфини билиш учун колоннанинг иссиқлик  
баланси тузилади

## Иссиқлик кириши:

8.1. Дағлабки аралашма билан

$$Q_1 = 1192,65 \cdot 4,27 \cdot 85 = 432872,3 \text{ кЖ/сoат}$$

Температураси ва концентрацияси маълум бўлган бонгилнинг аралашманинг солиштирма иссиқлик сифими 15 - жадвалдан топилади ( $c_{\text{бонг}} = 4,27 \text{ кДж/(кг·К)}$ ).

8.2. Флегма билан

$$Q_2 = 150,4 \cdot 4,31 \cdot 88,5 = 57367,8 \text{ кЖ/сoат}$$

Флегманинг солиштирма иссиқлик сифими  $c_f = 4,31 \text{ кЖ/(кг·К)}$  (15 - жадвалдан)

8.3. Иситгичда иситувчи буғ билан

$$Q_3 = D \cdot 2711,3$$

Иситувчи буғнинг солиштирма энталпияси унинг босимига қараб 38 - жадвалдан таъланadi.

## Иссиқлик сарфи:

8.4. Колоннадан дефлегматорга ўтаётган буғлар билан

$$Q_4 = 308,3 \cdot 2086,8 = 643360,4 \text{ кЖ/сoат}$$

Спирт буғи концентрациясига қараб 22 - жадвалдан унинг солиштирма энталпияси топилади ва  $i = 2086,8 \text{ кЖ/кг}$ .

8.5. Қолдиқ билан

$$Q_5 = 1037,5 \cdot 4,27 \cdot 100,5 = 445227,5 \text{ кЖ/сoат}$$

Қолдиқнинг концентрацияга қараб, 15 - жадвалдан унинг солиштирма иссиқлик сифими аниқланади:  $c_k = 4,27 \text{ кЖ/(кг·К)}$ .

8.6. Иситувчи буғ сарфи ушбу формуладан топилади.

$$D = \frac{643360,4 + 445227,5 - 43272,3 - 57367,8}{2711,3 - 516,5} = 272,5 \text{ кг/сорт}$$

Агроф муҳитга йўқоғинлар билан ( $Q_{\text{пук}} = 5\%$ ).

$$D = 1,05 \cdot 272,5 = 26,2 \text{ кг/сорт}$$

9. Истифода бунинг саништирма сарфи ушбу  $D$  билан топилади:

$$d_0 = \frac{286,2 \cdot 100}{156 \cdot 61,6} = 2,99 \text{ кг/кг}$$

10. Колоннанинг терекалари санилини аниқлаш.

10.1. Бунинг учун 7.15 формула асосида колоннанинг юқори қисми учун ишчи чизик тенгламаси ёзилади:

$$y = \frac{38,5}{1,4 + 1} + \frac{1,4}{1,4 + 1} \cdot x$$

$$y = 16 + 0,504 \cdot x$$

Ушбу тенгламага биноан, 7.3 расмнинг ордината ўқига 0-3 кесмаси қўйилади ( $B = 16$  моль). Сўнг нуқталар 1 ва 3 бирлаштирилади ва ҳосил бўлган 1-3 чизик колоннанинг юқори қисмидаги ишчи чизигини ифодалайди. Нуқта 1 дан бошлаб, мувофиқат ва ишчи чизиклар орасидан,  $x_{\text{бон}}$  гача вертикал ва горизонтал чизиклар ўтказилади. Ҳосил бўлган зиналар сони назарий терекалар сони  $n_n^{\text{н}} = 1,8$  куратади.

10.2. Колоннанинг пастки қисмидаги терекалар сони. Бунинг учун

$$y = \frac{G}{G_0} \cdot (x) + \left[ 1 - \frac{G_k}{G_0} \right] \cdot x_k$$

формула ёрдамида колоннанинг пастки қисми учун ишчи чизик тенгламаси тузилади

Колоннадаги суюқлик оқимининг миқдори ушбу формуладан топилади:

$$G_c = \frac{G_{\text{булл}}}{M_{\text{булл}}} + \frac{G_{\text{ф}}}{M_{\text{ф}}} = \frac{1192,65}{18,96} + 7,52 = 70,41 \text{ кмоль / соат}$$

Бошланғич аралашма мол массаси (7.12) тенгламадан аниқланади:

$$I_{\text{булл}} = \frac{100}{\frac{8,01}{46,07} + \frac{100 - 8,01}{18,02}} = 18,96 \text{ кг / кмоль}$$

Колоннадаги (сув - спирт буллари) буғ оқимининг миқдори асосида аниқлаш мумкин:

$$G_b = \frac{G_{\text{ц}} \cdot (R + 1)}{M_b} = \frac{D}{M_c} = \frac{272,5}{10,02} = 15,1 \text{ кмоль / соат}$$

бу ерда  $M_{\text{ф}}$ ,  $M_{\text{булл}}$ ,  $M_c$  - флегма, бошланғич аралашма ва сувнинг молн массалаари

Унда,

$$y = \frac{70,41}{15,1} \cdot x + \left[ 1 - \frac{70,41}{15,1} \right] \cdot 0,002$$

ёки

$$y = 4,66 \cdot x + 0,0073$$

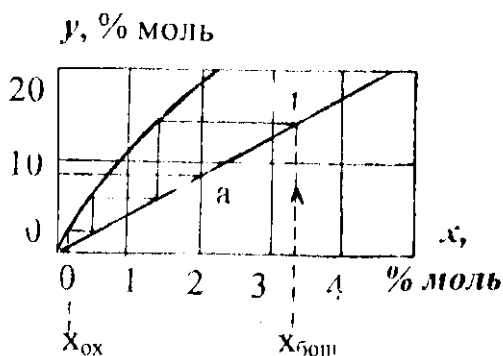
Сўнгра, мувозанат чизиги кўрилади (7.7 расм).

Бунинг учун қуйидагилар топилади:  $x = 0$  бўлганда  $O$  нуқтада  $y = -0,0073$ ;  $x = 2$  бўлганда,  $a$  нуқтада  $y = 9,3$ .  $O$  ва  $a$  нуқталар бирлантирилса, колоннанинг пастги қисми  $2$  тун ишчи чизиги ҳосил бўлади.

Агар, нуқта  $I$  даги мувозанат чизиги билан кесилишунча горизонтал ва вертикал чизиклар ўтказсак, дистилляция жараёни учун назарий тарелкалар сони чиқади

$$n''_1 = 2,9$$

Бошланғич аралашманын концентрациясини 0,2 % моль дан 0,002 % моль га пайызлап кичирәтү өчен зарур тарелкалар сани ушбу формулада исобланади:



7. расм. Сув-спирт аралашмасын үчүн колоннаның һастки қисмидәгә, һазар тарелкалар санын анықлаш үчүн  $x - y$  диаграмма.

$$n_{n2} = \frac{4,34 \cdot \ln \left[ 1 + \frac{x_{бон}}{x_{ox}} \cdot \left( \frac{G_6 \cdot k_u}{G_c} \right) - 1 \right]}{0,434 \cdot \ln \frac{G_6 \cdot k_u}{G_c}} - 1$$

$$\frac{4,34 \cdot \ln \left[ 1 + \frac{0,2}{0,002} \cdot \left( \frac{15,1 \cdot 13}{70,41} \right) - 1 \right]}{0,434 \cdot \ln \frac{15,1 \cdot 13}{70,41}} - 1 = 4,0$$

10.3. Колоннаның умумий һазар тарелкалар сани ушбу формулада анықланади:

$$n_n = n_n^{ю} + n_{n1}^n + n_{n2}^n = 1,8 + 2,9 + 4,0 = 8,7$$

10.4. Һақиқәти тарелкалар санын билиш үчүн, 49 - жолралдан тараның ф.п.к. топилады:

Колоннаның юғори қисми, қалпоқчалы тарелкалар үчүн  $\eta = 0,5$ .

$$n_x'' = \frac{n}{\eta} = \frac{1,8}{0,5} = 3,6 \approx 4 \text{ дона тарелка}$$

Колоннанинг пастки қисмидаги тарелкалар учун  $\eta = 0,5$ ,

$$n_x'' = \frac{2,9 + 4,0}{0,5} = 13,8 \approx 14 \text{ дона тарелка}$$

11. Колоннанинг модда алмашининг қисмининг баландлиги  $h_{\text{кол}}$  қандагича ҳисобланади:

$$h_{\text{кол}} = (n_x - 1) \cdot h = 0,25 \cdot (4 + 14 - 1) = 4,25 \text{ м}$$

12. Колонна пастки қисми диаметри (7.24) формула ёрдамида топилади.

12.1. Буғ қажми ушбу формулада ҳисобланади:

$$V = \frac{G_b \cdot i_{b_{\text{ис}}}}{p_b \cdot i_b \cdot 3600} = \frac{286,2 \cdot 2711,3}{0,632 \cdot 2568 \cdot 3600} = 0,14 \text{ м}^3/\text{с} = 178, \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{ч}$$

Бошланғич аралашма тарелкаларга кираётган пайтда  $u_b = x_{\text{бош}} = 8,0$  % масс,  $p_b = 0,632 \text{ кг/м}^3$  ва  $i_b = 2568 \text{ Дж/кг}$  параметрларга эга булган ҳол учун  $p_b$  ва  $i_b$  лар 22 - жадвалдан танланади.

12.2. Дарботаж чуқурлиги  $z = 30 \text{ мм}$  қабул қилиб, колоннанинг буш қундалиг кесими учун буғнинг тезлиги

$$w = \frac{0,30 \cdot h}{60 + 0,05 \cdot h} = 0,012 \cdot z$$

формуладан топилади:

$$w = \frac{0,305 \cdot 250}{60 + 0,05 \cdot 250} - 0,012 \cdot 30 = 0,69 \text{ м}^3/\text{с}$$

Колонна диаметри эса

$$d_{\text{к}} = \sqrt{\frac{0,14}{0,785 \cdot 0,69}} \approx 0,52 \text{ м}$$

Каталог ёрдамида юқори ва пастки қисмларда қалпоқчали (ТСК -) тарелкалар диаметри 600 мм тенг колонна танланади [3].

## К О Н Т Р О Л М А С А Л А Л А Р

7.1. Крезол ( $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$ ) сув буғи ёрдамида а) атмосфера босими остида; б) 30°C мм.с.м.у.г. остида ҳайдалмоқда. Ҳуҷайдагиларни аниқлаш керак: ҳайдаш температурасини; олинаётган аралашманинг массавий таркибини; Крезолнинг буғдаги ҳажмий фоизи (%)ни ва унинг парциал босимини,  $\varphi = 0,8$  деб қабул қилинсин. Крезолнинг тўйинган буғи босимини И7 расмдан (м-крезол) олинсин.

7.2. Бензол ва толуол аралашмаси 760 мм.с.м.у.ст. босими остида ва 95°C температурада қайнамоқда. 9. °C температурада бензолнинг тўйинган буғи босими 480 мм.с.м.у.ст. нинга тенг. Аралашма Раул қонуни бўйича характерланиши деб ҳисоблаб, қайнаётган суюқликнинг таркибини аниқланг.

Агарда суюқликдаги толуол миктори 2 баробар кам бўлса, шۇ температурада суюқлик қандай босимда қайнаши мумкин?

7.3. 50°C температурада метил спирти-сув аралашмаси учун суюқлик ва буғ мувозанат ҳолат таркибларини қуйидаги 2 шарҳ бўйича аниқланг: а) 300 мм.с.м.у.ст. босим остида ва б) 500 мм.с.м.у.ст. босими остида бўлганда аниқланг. Аралашма Раул

қонуни бүйінча тарақтерланади деб олинсин.

б) толат бүйінча олинган мат умот изоҳлаб берилсин.

7.4. Раул қонунини қўллани мумкин деб ҳисоблаб, тексиритган аралашмаси учун умумий боғлам  $2 \text{ кг/см}^2$  бўлганда  $x = y^*$  мувозанат ҳолатири чизигини кўринг. Ташкил этувчиларнинг алоҳида олинган тўйинган буғлар босимларини номограммадан олинг (117-расм).

7.5. Суёқ аралашма 10% (моль) сув ва 50% (моль) сирка кислотаси ва 40% (моль) ацетондан ташкил топган бўлиб, температураси  $8^\circ\text{C}$  га тенг. Аралашмани ташкил этувчи компонентлар Раул қонунига бўйингани учун, суёқ аралашма юқорисидида ҳосил бўладиган мувозанат ҳолатдаги буғнинг таркибини аниқлаб беринг.

7.6. 1000 кг ли 2 компонентли аралашма, бензол ва толуолдириборат бўлиб, унинг 30% (масс) ни бензол ташкил этади. Бу аралашма атмосфера босими остида оддий ҳайдалмоқда. Агар қолдиқ йиғинида бензол миқдори 18% (масс) ни ташкил этса, дистиллятнинг таркиби ва миқдорини 7.1-жадвал маълумотларидан фойдаланиб аниқланг.

7.7. 2600 кг ли сув ва сирка кислота аралашмаси атмосфера босими остида оддий ҳайдаш ёрдамида ажратилмоқда. Дастлаб аралашма таркибида сирка кислотаси 10% (моль) ни ташкил этган бўлса, ҳайдалгандан сўнг, қолдиқдаги миқдори 50% (моль) ни ташкил этди.

Қолдиқ ва дистиллят миқдорлари ва дистиллятнинг таркибинини аниқланг. Ташкил этувчиларнинг мувозанат ҳолати ҳақиқатини маълумотни 62-жадвалдан олинг.

7.8. Узлуксиз ишлайдиган ректификацион колоннага этил учувчан 24% (моль) ли сув қилик келиб тушмоқда. Дистиллятнинг концентрацияси (қуюқчилиги) 95% (моль), қайнатилган қолдиқ этил учувчан компонентининг (куб) миқдори 3% (моль) ни ташкил этди. Соатига 850 кмоль миқдордаги бут дефлегматорга тулади ва дефлегматордан 670 кмоль/соат миқдорида флегма колоннага қайтиб келади. Қайнаткич (куб)даги қолдиқ миқдори қанча бўлишини аниқланг.

7.9. Узлуксиз ишлайдиган ректификацион колонна ёрдамида этил спирни ва сув аралашмаси ҳайдаб ажратилмоқда. Колонна пастки қисми ишчи чизиги тегиламаси  $y = 1,28 \cdot x - 0,0143$ . Қайнаткич (куб) даги спирт қолдиқининг массавий % миқдори аниқлансин. Колонна дуруқ (глухой) бут билан пентилмоқда.

7.10. Узлуксиз ишлайдиган колоннага бензол ва хлор форм аралашмаси қайта ишланмоқда. Ректификация қилингандан сўнг дистилят таркибида енгил учувчан модда компонентдан 95% (моль) ҳосил бўлмоқда. Ютувчи (таъминловчи) суюқлик таркибида ушбу компонентдан 40% бор. Флегмани иш қиймати минимал қийматдан икки баробар катта бўлиши маълум бўлса, колонна юқори қисми илгир чизиги инг оғиш бурчаги тангенсини аниқлаб беринг. Ташкил эгувчиларнинг мувозанат ҳолатлари маълумотлари 62- жалвалдан олинг.

7.11. Гексан ва сувдан ташкил топган  $65^{\circ}\text{C}$  температурали суюқ аралашма учун буғ фазасининг мувозанат таркиби ҳисоблансин. Иккала суюқлик ўзаро эримайди деб тахмин қилинсин.

7.12. Сув ва бензолдан иборат суюқ аралашма учун атмосфера босимида қайнаш температураси аниқлансин. Улар бир бирига эримаслиги ҳисобга олинсин.

7.14. Атмосфера босимида Рауль қонуни билан ҳарактерланган бензол-толуол аралашмаси учун  $t-x$  ва  $y^*-x$  координатларида мувозанат диаграммаси ва фазаларнинг мувозанат таркиби ҳисоблансин.

7.15.  $t-x$ ,  $y$  диаграммаси (7.10 расм) ёрдамида 55% (моль) бензол ва 45% (моль) толуолдан иборат суюқ аралашманинг қайнаш температураси ва бугининг мувозанат таркиби аниқлансин.

7.16. Суюқлик таркибида спирт миқдори 6,1% (ҳажмий) бўлганда, буғланиш коэффициентини аниқланг.

7.17. Конденсатордан чиқаётган дистилят концентрацияси  $x = 75,2\%$  (ҳажмий), флегма сони  $R_{\min} = 1,6$  бўлса, дефлегматорга кираётган буғ концентрацияси ва флегмадаги метил спирти концентрациялари аниқлансин.

7.18. Конденсатордан  $G = 155$  кг/соат сарфда дистилят чиқса, 7.17 масала шартлари бўлган жараси учун флегма миқдори  $G_f$  ҳисоблансин.

7.19. Сув-спирт аралашмада спирт концентрацияси  $x = 8,0\%$  (ҳажмий) дистилятда эса  $x_d = 69,5\%$  (ҳажмий) бўлганда минимал флегма сонини аниқланг.

7.20. Бугдан спиртнинг концентрацияси 35,0%, 55,0%, 73,5% (ҳажмий), қайнаётган сув-этил спирт аралашмада эса - 4,0%, 10,0%, 91,8% (ҳажм). Бугланиш коэффициенти чиқлансин.

7.21. Конденсаторда  $G_d = 1200$  кг/соат сарф билан ацетон-этил-спирти конденсацияланмоқда. Дистилят таркибида ацетон концентрацияси 50%, конденсацияланаётган буғда эса - 43% (моль).

Флегма соми ва унинг миқдори топилисин.

7.22. Концентрацияси  $x_{\text{бощ}} = 1\%$  бўлган 800 л миқдордаги, таркибида спирт бор суюқлик ҳайдалмоқда. Ҳайдаш жараёни тугайдигандан сўнг концентрацияси  $x_d = 24\%$  (ҳажм) бўлган 270 л суюқлик олинади. Қолдиқдаги спирт концентрацияси  $x_k = 0,1\%$  (ҳажмий). Ҳайдаш учун юзоридаёган араша машини температури  $t = 60^\circ\text{C}$ , иштувчи буг босими  $p = 0,15 \text{ МПа}$  га тенг.

7.23. Сув-ангстр аралашмаси фазаларга ажратишнинг керакли бўлган араша таркибидаги этгон концентрацияси 10% (масс), дистиллятдаги эса - 92, 8% (масс).

Минимал флегма сони ҳисоблансин.

7.24. Концентрацияси 60% (ҳажмий) бўлган 300 кг/соат сарфда арашама брага ҳайдаш қурилмасига юборилмоқда. Флегма сони 2,0 га тенг. Қолончадаги бутнинг тезлиги 0,5 м/с, босим эса 1,2-1,05 Па. Қолонча юқори қисмига қанч диметри аниқлансин.

7.25. Концентрацияси 8% (ҳажмий) бўлган сув-спирт аралашмаси 1200 кг/соат миқдорда брага ҳайдаш қурилмасига қириниб кетмоқда. Концентрацияси 30% (ҳажмий) бўлган флегма миқдори 200 кг/соатни ташкил этади. Қолдиқдаги спирт миқдори - 0,01% (ҳажмий). Флегма сони 2,0.

Қолончанинг пастки қисмидаги назарий тарелкалар сони топилисин.

## КОНТРОЛ ТОПИРИНИ №15

А % (ҳажм) концентрацияли дистиллят В кг/соат массавий сарфда конденсатордан оқиб чиқмоқда. Флегма сони С га тенг. Оқиб чиқадиган флегмадаги спиртнинг концентрацияси ва унинг миқдори аниқлансин.

| Вариант | Ўлчов бирлиги | Шифрнинг охириги рақами бўйича вариантлар |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------|---------------|-------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|         |               | 1                                         | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 0   |
| A       | % (ҳажм)      | 70                                        | 73  | 65  | 75  | 68  | 80  | 58  | 55  | 85  | 82  |
| B       | кг/соат       | 130                                       | 135 | 120 | 140 | 128 | 150 | 110 | 100 | 170 | 160 |
| C       |               | 1,8                                       | 1,5 | 1,2 | 1,9 | 1,4 | 2,5 | 1,1 | 1,0 | 2,6 | 2,6 |

### КОНТРОЛ ТОПИШРИҚ №6

Ректификацион колоннанинг тарелкалари орасидаги масофа 1 м қурилмадан V ҳажмий сарфда буг ўтмоқда. Нормал шароитда буғнинг зичлиги  $1,25 \text{ кг/м}^3$ , суюқлиқники esa -  $430 \text{ кг/м}^3$ . Колоннадаги абсолют босим P ўртача температура - t. Колоннанинг диаметри қанча бўлиши керак?

| Вариант | Ўлчов бирлиги      | Шифрнинг охириги рақами бўйича вариантлар |     |     |     |     |      |      |     |     |     |
|---------|--------------------|-------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|
|         |                    | 1                                         | 2   | 3   | 4   | 5   | 6    | 7    | 8   | 9   | 0   |
| I       | мм                 | 25                                        | 40  | 50  | 30  | 35  | 27   | 32   | 50  | 45  | 47  |
| II      | кг/см <sup>2</sup> | 1,2                                       | 1,5 | 1,8 | 1,2 | 1,3 | 1,18 | 1,22 | 1,4 | 1,6 | 1,7 |

## ЭКСТРАКЦИЯГА

## Ҳисоблаш формуллари ва асосий боғлиқликлар

Экстракциялаш эб шундай жараё га айтиладики, аралашмани таркибидан қаттиқ ёки суяқ ҳолатдаги бир ёки бир неча компонентни эритувчи (экстрагент) ёрдамида бошқа компонентга ҳисбатан эритиб ажратиб олиниши айтилади. Ҳосил бўлган аралашма таркибидан эса, керакли компонентни буғлатиш ёки ректификациялаш ёрдамида ажратиб олинади.

Қаттиқ жисмлардан эрийдиган моддаларни экстракция қилиш жараёнлари шакар, усимлик, қўғал, патока, шай татлар, витаминлар, фармацевтика, нефтни қайта ишлов, нодир ва камёб элементларни олиш, чиқинди сувларни тозалаш, ишқор, кислоталар ва тузларни олиш технологияларида, ҳамда озиқ-овқат маҳсулотларини тшлаб чиқаришда кен қўлланилади.

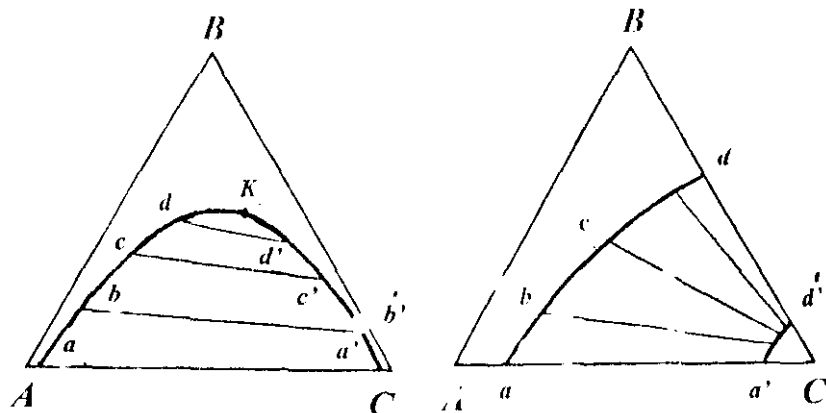
Суяқлик экстракциясини қўллашдан мақсад:

1) ректификация ёрдамида аралашмадан ажраладиган азеотроп аралашма ҳосил бўлиши, компонентларни термик чидамсизлиги туғиб чиқа олмаслиги туфайли;

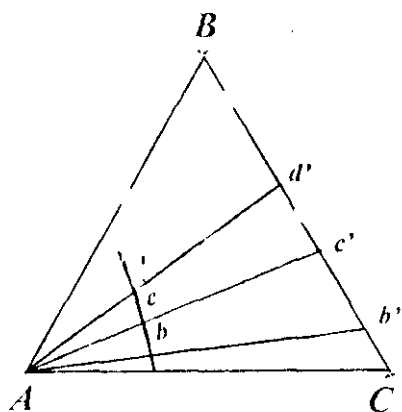
2) ташкил этувчи компонентларни қайтариш температуралари бир - бирига яқин бўлиб, ёки контракцияси кам бўлса, ёки бошқа сабаблар билан ректификация усули экстракцияга нисбатан иқтисодий сарф ҳаражати катта бўлишида.

8.1- расм:  $abcd/Kd'e'b'a'$  - чегаравий чизик (бинода); ушбу эгри чизик ичига жойлашган майдон б, 2 та ташкил этувчи фаза жойланган ажратувчи аралашма маҳдони бўлиб, унинг ташкил этувчиларнинг қийматлари шу эгри чизикдаги нуқталар билан ифода этилади; эгри чизик ташқарисида жойлашган майдон эса, бу аралашмани эритмалар майдони қилиб белгиланади.

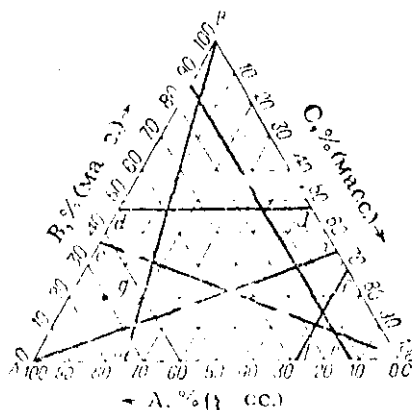
К нуқта - критик нуқта ҳисобланади; чегаравий эгри чизикнинг ол. қисми - рафина тиниш шохобчаси (бирламчи эритувчининг қолдиги шу қолдигдан экстракцияланган моддадан олингандан сўнгги ҳолати); эгри чизик чегарани ўнг - экстрактлар шохобчаси;  $bb'$ ,  $cc'$ ,  $dd'$  ушбу фазаларни бирлаштирувчи нуқталар - яъни мувозанат бўлаклаги;



8.1-расм.  $t = \text{const}$  бўлганда, бир (а) ва икки (б) бир-бирига қисман эрийдиган компонентли «суяқлик-суяқлик» системаси.



8.2-расм.  $t = \text{const}$  бўлганда «қаттиқ жисм-суяқлик» системаси



8.3-расм. Мувоzanатнинг учбўракли диаграммаси

8.2- расмда  $abcde$  - чегаравий эгри чизик бўлиб, унинг чап томони уч компонентли гетероген аравага мائلони; ўнг томон эса қатлам арга ажралмиш мائلони.

Учбўрақнинг BC томони оқимнинг (қатламнинг) юқори қисминини ҳарактерлайди (оқсрақий пайвандаган модданинг эри-

тувчидаги эритма қисми) чегаравини, эгри, чизик эса, пастки оқим (қағлам)нинг таркибини характерлайди:  $bb'$ ,  $cc'$ ,  $dd'$ , мувозанат бўлаклари бўлиб ҳисобланади. Учбурч киши  $A$  чўққиси орқали давоми бўлиб ҳисобланади.

Статик экстракцияга бағишланган масалалар асосан график усулда, яъ. и учбурчак ёки тўртбурчак диаграммалар ёрдамида ечилади.

1. Учбурчак диаграмманинг хусусиятлари:

а) Учбурчак чўққилари тоза, соф компонент  $A$ ,  $B$  ва  $C$  га томонлари  $AB$ ,  $BC$  ва  $AC$  лар икки компонентли  $A$  ва  $B$ ,  $B$  ва  $C$ ,  $A$  ва  $C$  аралашмага, учбурчак ичидаги нуқталар эса - уч компонентли аралашмани ифодалайди. Масалан, 8.3-расмдаги  $g$  нуқта аралашманинг қуйидаги таркибини кўрсатади: 70% (масс)  $A$ , 20% (масс)  $B$ , 10% (масс)  $C$ .

б) Учбурчак чўққисидан чиқарилган  $Aa$ ,  $Bb$ ,  $Cc$  нурлар бошқа икки компонентдан ташкил топган, бир хил ўзгармас  $x_B/x_C$ ,  $x_A/x_C$ ,  $x_A/x_B$  нуқталарнинг геометрик ўрнини кўрсатади.

в)  $da$ ,  $eb$ ,  $fc$  чизиклар, учбурчакнинг  $AC$ ,  $BC$ ,  $AB$  томонларига параллел бўлиб, ўзгармас  $B/A$ ,  $C$  компонентли аралашмаларнинг геометрик ўрнини кўрсатади.

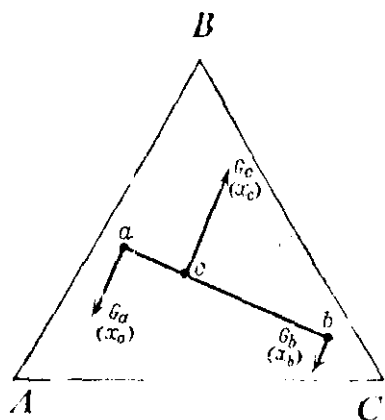
2) Посонги қондаси (оғирлик кучи маркази қондасининг хусусий ҳоли). Исталган 2 та эритма қўшилганда, уларнинг таркиби диаграммада "а" ва "б" нуқталар билан берилган бўлсин.  $A$  аралашманинг умумий таркиби  $ab$  тўғри чизикда ётган "с" нуқта орқали ифодаланган.  $ac$  ва  $bc$  кесмалар олинган эритмалар миқдорига тескари пропорционалдир (8.4- расм):

$$G_a + G_b = G_c \quad (8.1)$$

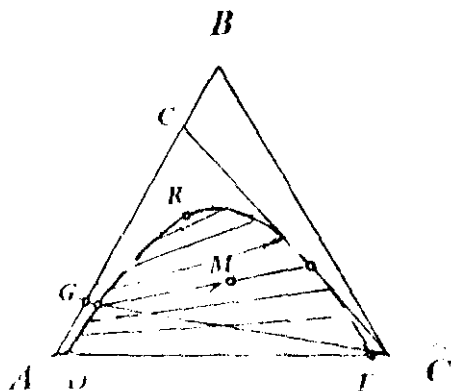
бузида  $x_a + x_b + x_c = 1$  та

$$\left. \begin{aligned} G_c / ac &= G_b / bc; & G_c / bc &= G_b / ac; \\ G_c / ac &= G_a / ab; \\ G_c / bc &= G_a / ab; & G_c / ab &= G_b / ac = G_a / bc \end{aligned} \right\} \quad (8.2)$$

бу ерда  $G_a$ ,  $G_b$ ,  $G_c$  - аралашмадаги  $a$ ,  $b$  ва  $c$  компонентлар массаси;  $x_a$ ,  $x_b$ ,  $x_c$  - исталган ( $A$ ,  $B$  ва  $C$ ) компонентнинг  $a$ ,  $b$  ва  $c$  аралашмадаги миқдори, % (масса)



8.4-рasm. Пясончи қонуни



8.5-рasm. Экстракцион жараёнининг ушбурчакли диаграммаларни тасвири

3. Ушбурчак диаграмма ёрдамида экстракторда юз бераётган жараёнларни ифодалаш мумкин (8.5 рasm). Дастлабки аралашманинг таркиби E нукта, экстракцион таркиби Bcа, D нукта билан белгиланади. D нуктага мос келган аралашманинг миқдори  $G_D$ , E нуктага мос келган экстрагентнинг миқдори  $G_E$  га тенг.

Дастлабки аралашма ва эритувчини аралаштириш натижасида ҳосил бўлган суяқлик аралашмаси M нукта билан белгиланади.

Бунда

$$\frac{G_D}{G_E} = \frac{M/E}{M/D} \quad (8.3)$$

M нуктага туғри келган аралашма экстракт ва рафинатга ажратилади. Шундай қилиб, дастлабки аралашманинг эритувчи билан бир марта тўқнашуви орқали 2 та суяқлик (экстракт ва рафинат) ҳосил бўлади.

Экстракт B компоненти билан бойитилган бўлса, рафинатнинг таркибида B компонент жуда оз миқдорда бўлади. Экстракт ва рафинат миқдори қуйидаги ифода ёрдамида топилади:

$$\frac{G_R}{G_L} = \frac{M_L}{M_R} \quad (8.4)$$

4. Экстракция дитилаэтан компонент В нин экстракт ва рафинат фазалари ўртасидаги қисмларнинг коэффициентни қуйидаги нисбатдан топилди:

$$k = \frac{1}{x_B}; \quad k \leq 1 \quad (8.5)$$

бу ерда  $x_B$  — экстракт таркибидаги В компонент миқдори, % (масса);

$x_B$  — рафинат фазасидаги В компонентининг мувозират миқдори, % (масса).

Одатда таққиланинг коэф. ёниги концентратцияга боғлиқ бўлади. Шунинг учун аналитик ҳисоблар фақат тахминий натижалар беради.

5. Тўғри тўрибурчак диаграммалари.

Адатда бирламчи А ва иккиламчи В эритмаларнинг ўзаро эришиш ҳисобида олчимада, граф. усулда ҳисоблаш учун тўғри тўрибурчак диаграммадан фойдаланилади. Бунинг учун  $x'$  ва  $y'$  координатдаги диаграмма жуда қўл келди.

унда

$$x'_B = \frac{x_B}{100 - x_B} \left\{ \frac{\text{кг-экстракцияшувчи компонент}}{\text{кг-бирламчи эритма}} \text{ раф. ф. азда} \right\} \quad (8.6)$$

$$y'_B = \frac{y_B}{100 - y_B} \left\{ \frac{\text{кг-экстракцияшувчи компонент}}{\text{кг-иккиламчи эритма}} \text{ экстр. ф. азда} \right\}$$

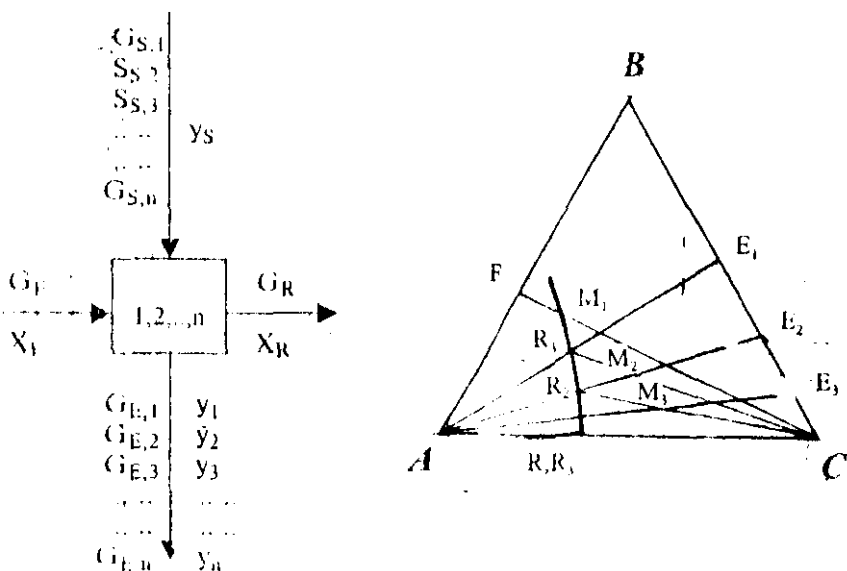
6. Эритмани қисман алмаштирилиш усули билан қатъқ қисман экстракция қилиш, яъни энгачи экстракциянинг умумий моддий баланси қилинган кўринишга эга:

$$G_{R,n} + G_{S,n} = G_{R,n} + G_{E,n} \quad (8.7)$$

Экстракция қилинган В компонент бунинг н-погонанинг умумий моддий баланси ушбу формула орқали топилади:

$$G_{Rn-1} \cdot x_{n-1} + G_{Sn} \cdot y_s = G_{Rn} \cdot x_n + G_{En} \cdot y_n \quad (8.8)$$

7. Қаттиқ жиемларни тўғри йўналишли экстракциялаш.  
 Моддий баланс тенламаси худди қарама-қарши йўналишли  
 қўқинқ экстракция тенламаси кабидир, яъни 8.6-расм, ва  
 убу тенламалар орқали топилади.



8.6-расм. Эритувчининг вақти вақтда алмаштириш усулида қаттиқ жиемдан  
 экстракция қилини.

Моддий баланси экстракторнинг умумий моддий баланси тенла-  
 маси:

$$G_F + G_S = G_R + G_E$$

Экстракция қилинаётган компонент бўйича моддий баланс  
 тенламаси ушбу кўринишда эди:

$$G_F \cdot x_F + G_S \cdot x_S = G_R \cdot x_R + G_E \cdot x_E$$

Агар биринчи поғонадан ташқари ҳамма поғоналар учун оқимлар нисбати ўзгармас бўлса, яъни  $a_2 = a_3 = \dots = a_n = \text{const}$ , экстракциялашган компонентнинг кал ажратиладиган поғонада қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$\varphi = \frac{I}{I + a_1 \cdot (1 + a + a^2 + \dots + a^{n-1}) - \frac{G_s \cdot y_s}{G_{R,n} \cdot x_n} \left[ 1 + a \cdot (1 + a + a^2 + \dots + a^{n-2}) \right]} \quad (8.9)$$

Тоғра эритувчинини қўйласак,  $y_s=0$  бўлади ва (8.9) кўринишини қуйидагича бўлади:

$$\varphi = \frac{I}{I + a_1 \cdot (1 + a + a^2 + \dots + a^{n-1})} \quad (8.10)$$

Бундан ташқари, киритилаётган қаттиқ модда миқдори эритувчи миқдорига тенг бўлса ва худди поғоналар орасидек бўлса, яъни  $a_1=a$  бўлса, у ҳолда

$$\varphi = \frac{I}{I + a + a^2 + \dots + a^n} \quad (8.11)$$

Экстракциялашнинг назарий поғоналар сонни  $n$  аниқлаш учун, оқимлар нисбати  $a_2 = a_3 = \dots = a_n = \text{const}$  ўзгармас бўлганда қуйидагича аниқланади:

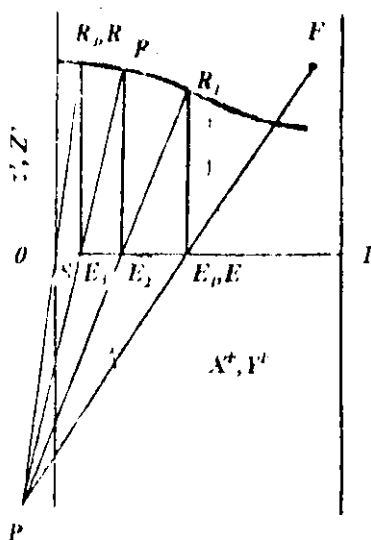
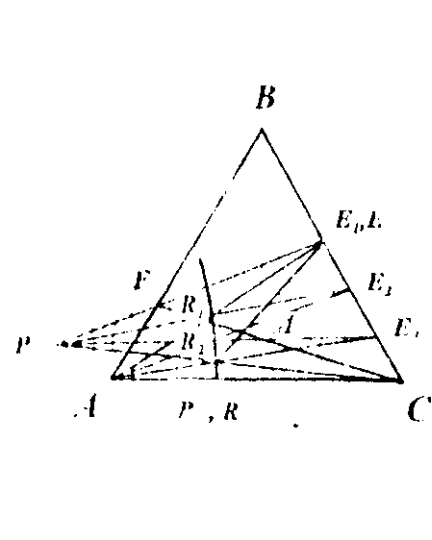
$$n_s - 1 = \frac{\lg \frac{x_R - y_s}{x_1 - y_2}}{\lg \frac{y_2 - y_s}{x_1 - x_R}} = \frac{\lg \frac{x_1 - y_2}{x_R - y_s}}{\lg \frac{x_1 - x_R}{y_2 - y_s}} \quad (8.12)$$

Юқоридаги сонни график ёрдамида аниқлаш мумкин, худди бинар системаларини аниқлагандак  $y - x'$  түргн координатчи диаграммада,  $x' = x_2/(1-x_A)$ ; яъни эримайинан қаттиқ жисм мас-саси ҳисобда иштирок этади.

Мувозанат чизик тенграмаси ушбу ҳолатда  $y^* = x'$  шартини тенграмаларини моддий бағанаси тенграмаларини чиқариш мумкин.

$$\begin{array}{c} G_{E1} = G_E \\ Y_1 = Y_E \\ G_{E1} \rightarrow \\ X_1 \end{array} \quad \boxed{1} \quad \begin{array}{c} \leftarrow \frac{G_{E1}}{Y_1} \\ \leftarrow \frac{G_{E1}}{X_1} \end{array} \quad \boxed{2} \quad \boxed{3} \quad \dots \quad \boxed{n} \quad \begin{array}{c} \leftarrow \frac{G_S}{Y_S} \\ \leftarrow \frac{G_{E,n}}{X_n} \end{array}$$

8)



Каттик жисмларни экстракция қилиш жараёнида молекуляр диффузия йўли билан ажратиб олинган моддани миқдори уйдаги формула ёрдамида аниқланади:

$$G = \frac{D_H}{l} \cdot (c_1 - c_2) \cdot F \cdot \tau \quad (8.13)$$

$D_{11}$  - молекуляр ички диффузия коэффициенти,  $\text{м}^2/\text{соат}$ ;  $l$  - қаттиқ жисмнинг геометрияқ ұлчамы,  $\text{м}$ ;  $T$  - экстракциялану вақты,  $\text{соат}$ ;  $F$  - жием көзасы,  $\text{м}^2$ ;  $c_1$  - қаттиқ жиемдан ажратыб олинаётган модданың ұртача концентрациясы,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $c_2$  - ажратыб олинаётган модданың экстракттағы концентрациясы,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Конвектив диффузия йўлы билан экстрактаға ўтган модданың миқдори ушбу формула орқали тапшылы:

$$G = \frac{D_l}{S} \cdot (c_1 - c_2) \cdot F \quad (8.14)$$

бу ерда  $D_T$  - конвектив (ташқын) диффузия коэффициенти,  $\text{м}^2/\text{соат}$ ;  $\delta$  - чегаравий қатлаң қалыңлыгы,  $\text{м}$ ;  $\text{м}^2/\text{соат}$ ;  $c_2$  - ажратыб олинаётган модданың эритмадағы концентрациясы,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

"Газ - газ" ва "газ - суюқлық" система ларыда диффузия коэффициентини тапшылы. Газ А ның В газдағы диффузия коэффициенти (ёки В ның А дағы) қуйыдағы теңлама ёрдамыда тапшы мүмкин:

$$D = \frac{0,00435 \cdot 10^{-4} \cdot T^{1,5}}{p \cdot [V_A^{0,33} + V_B^{0,33}]} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (8.15)$$

$T = 2/3,16 + t$  - абсолют температура,  $\text{К}$ ;  $p$  - босым,  $\text{МПа}$   $10^6$ ;  $V_A$ ,  $V_B$  - газларның моляр ҳажмлары  $\text{см}^3/\text{мол}$ ;  $M_A$ ,  $M_B$  - газларның молекуляр массалары.

Агарда газлар учу  $T$  температура ва  $p$  босымдағы диффузия коэффициентини маълум бўйса, онда  $T$  температура ва  $p$  босымдағы диффузия коэффициентини ушбу формуладан ҳисоблаб тапшылы.

$$D = D_0 \cdot \left( \frac{p}{p_0} \right)^{-1} \cdot \left( \frac{T}{T_0} \right)^{1,5} \quad (8.16)$$

Бунда  $T_0$  - температура,  $p_0$  - босымдағы диффузия коэффициентини тапшылы маълум бўйса, онда  $T$  температура ва  $p$  босымдағы диффузия коэффициентини тапшылы.

$$D_{20} = - \frac{10^{-6}}{AB \cdot \sqrt{\mu_{20}} \cdot [V_A^{0,33} + V_B^{0,33}]} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (8.17)$$

Агарда  $20^\circ\text{C}$  температура учун  $D$  маълум бўлса, бошқа температураларга тегишли диффузия коэф. ф. иненти ушбу формула орқали ҳисоблаб топилади:

$$D = D_0 \cdot [1 + b \cdot (t - 20)] \quad (8.18)$$

$$b = \frac{0,2 \cdot \sqrt{\mu_{20}}}{\sqrt{\rho}}$$

бу ерда  $b$  - коэффициент;  $\rho$  - суюқликни. г ҳажмий массаси,  $\text{кг/м}^3$ .

Температура  $20-90^\circ\text{C}$  оралиқда сахарозанинг сувда эриган концентрацияси  $c = 5-30\%$  бўлса, диффузия коэффиценти ушбу формуладан топилади:

$$D = 0,422 \cdot 10^{-5} \cdot e^{0,015 \cdot c} \cdot e^{\frac{2700}{T}} \quad (8.19)$$

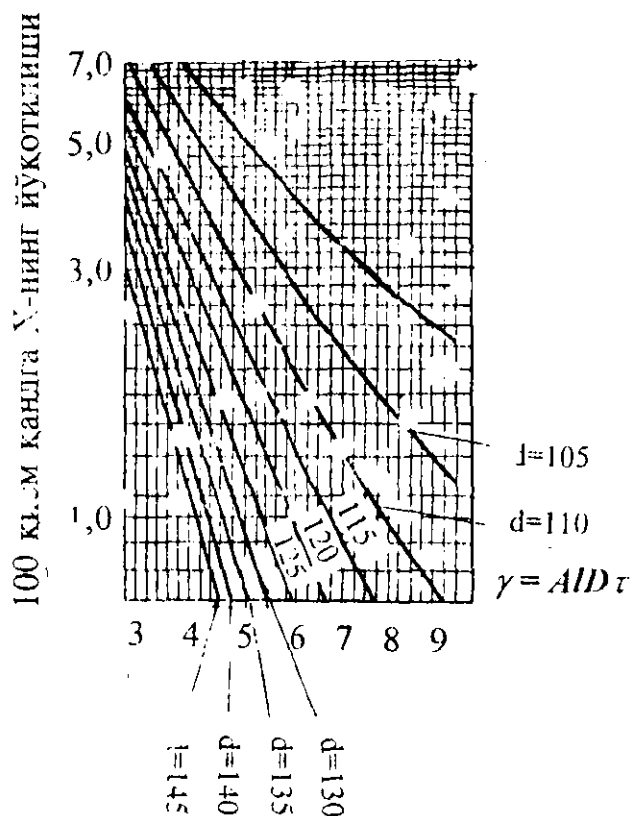
## МИСОЛЛАРНИ ИШЛАШ НАМУНАСИ

8-1. Лавлаги таркибидаги бадд. ич. ш. миқдори  $17,5\%$ , диффузия коэффиценти  $D = 69,2 \text{ м}^2/\text{с}$ , жараён температураси  $63^\circ\text{C}$ ,  $100 \text{ г}$  паррак узунлиги  $l = 20 \text{ м}$ , батарея айланиш вақти  $\tau = 70 \text{ мин}$ , экстракт саралаб олишда  $a = 175\%$  бўлса,  $14 \text{ қсм}$ ли диффузион батареяда қайта ишланаётган лавлаги парракларидаги қанд миқдори  $C$  ишқлансин.

Самарали диффузия вақти:

$$\tau = \frac{\tau_0 \cdot (m - 4)}{14}$$

бу ерда  $m$  - диффузион Батареялар сони;  $4$  - я. раёнда иштирок этмаётган диффузор тар сони  $\{20\}$ .



| $t^{\circ}\text{C}$ | $D$  |
|---------------------|------|
| 60                  | 63,0 |
| 62                  | 67,1 |
| 64                  | 71,7 |
| 66                  | 75,3 |
| 68                  | 79,4 |
| 70                  | 83,5 |
| 72                  | 87,6 |
| 74                  | 91,7 |

8.8-расм. Диффузион коэффициентин хисоблаш учун номограмма

$$\tau = \frac{70 \cdot (14 - d)}{14}$$

8.1 жадвал

|                        |                        |                        |                        |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| диффузия коэффициентин | 12                     | 14                     | 16                     |
| коэффициент $A$        | 5,5 · 10 <sup>-5</sup> | 5,7 · 10 <sup>-5</sup> | 5,2 · 10 <sup>-5</sup> |

Коэффициент А диффузион батареялар таркибидаги блоklarга боғлиқ бўлиб,  $\delta$ -1 шартдан танланади.

$$\gamma = A \cdot D \cdot l \cdot \tau = 5,7 \cdot 10^{-5} \cdot 69,2 \cdot 20 \cdot 50 = 3,94$$

Агар,  $\alpha=125\%$  ва  $\gamma=3,94$  аниқланганидан сунг, номограммалан (8.8-расм) жом билан йўқотилинаётган қанд миқдори топилади, яъни 100 қисм қанд ҳисобига  $X=2,65\%$ .

Агар, бошланғич лавлаги парракларида қанд миқдори 17,5% бўлса, қалга ишланган жом таркибидаги қанд миқдори қуйидагига тенг бўлади:

$$c_1 = \frac{X \cdot 17,5}{100} = \frac{2,65 \cdot 17,5}{100} = 0,46 \%$$

8-2. Концентрацияси 20% ва температураси 70°C бўлган сахарозанинг сувдаги диффузия коэффициенти аниқланг.

**Е ч и л:**

Жараён температураси  $T = 273 + 70 = 343$  К га тенг бўлади.

Диффузия коэффициентини (8.19) формула орқали топилади

$$D = 0,422 \cdot 10^{-5} \cdot e^{0,015 \cdot c} \cdot e^{-\frac{2700}{T}} = 0,422 \cdot 10^{-5} \cdot e^{0,015 \cdot 20} \cdot e^{-\frac{2700}{343}} =$$

$$= 0,422 \cdot 0,7408 \cdot 0,3882 \cdot 10^{-5} = 1,195 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$$

### УЗЛУКСИЗ ИШЛАЙДИГАН ЭКСТРАКТОРЛАРНИНГ ГИДРОДИНАМИК ҲИСОБИ [6,10]

Одатда, тарелкалардаги тешиклар диаметри  $d_0=3-6$  мм, тенг томонли учбурчак шаклқилари бўйича жойлаштириш қадами  $\Delta=12-20$  мм. Кўпкина тажрибалар шунни кўрсатдики, ушбу тешикларда дисперс фазанинг тезлиги 0,15-0,30 м/с бўлиши оптимал режимга тўғри келади.

Санаятда галвирсимон тарелкали экстракторлар анча кўп ишлатилади, шу сабабли мисол тариқасида шу қурилмаларнинг ҳисоблаш тартиби билан танишиб чиқамиз.

Дисперс (ёки томчи) фазанинг сарфи бўйича тарелканинг перфорация қилинган қисмининг (яъни тешикларининг) юзаси ҳисобланади:

$$F_1 = \frac{G}{3600 \cdot \rho_d \cdot \varepsilon \cdot w_o} \quad (8.21)$$

бу ерда  $\rho_d$  - дисперс фазанинг зичлиги,  $\text{кг/м}^3$ ;  $w_o$  - томчининг нисбий тезлиги.  $W_o = 0,15 - 0,30$  м/с;  $\varepsilon$  - тарелканинг перфорацияланган қисми, эркин кесимининг коэффиценти. Бу коэффицент тешиклари учбурчак учлари бўйича сойлаштирилганда қуйидагига топилади:

$$\varepsilon = 0,507 \cdot \frac{d_o^2}{t^2} \quad (8.21)$$

бу ерда  $t$  - тешиклар орасидаги масофа.

Яхлит фазанинг сарфи  $L$  бўйича тарелкадаги қуйилиш трубкасининг юзаси топилади:

$$F_2 = \frac{G}{3600 \cdot \rho_c \cdot w_g} \quad (8.22)$$

бу ерда  $\rho_c$  - яхлит юза зичлиги,  $\text{кг/м}^2$ ;  $w_g$  - бу фазанинг патрубकाдаги тезлиги, м/с.

Қуйилиш патрубकाдаги яхлит фаза оқими орқали олиб кетилаётган майда томчиларнинг диаметри ёрдамида  $w_g$ нинг қийматини аниқлаш мумкин:

$$w_g = \frac{\Delta \gamma \cdot d_{cr}^2}{18 \cdot \mu_c} \quad (8.23)$$

бу ерда  $\mu_c$  - яхлит фазанинг динамик қовушқлиқ коэффиценти Па·с;  $\Delta \gamma$  - дисперс ва яхлит фазаларнинг солиштирма массалари орасидаги фарк,  $\text{Н/м}^3$ .

Тарелкани қурилма корпусига бирлаштириш ва қуйилиш қурилмаларини йиғиш учун  $F_1$  ва  $F_2$  юзалар йиғиндисининг 10% га тенг бўлган ҳаққиситон кесимли майда қолдирилади:

10% - га тенг бўлган ҳалқасимон кесимли майдон қолдирилади:

$$F_3 = 0,1 \cdot (F_1 + F_2) \quad (8.24)$$

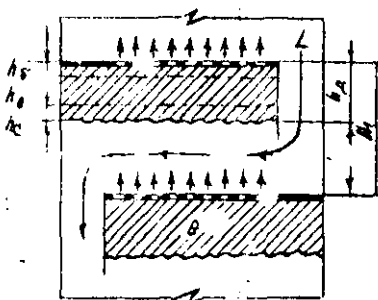
Бунда экстракторнинг ички диаметри қуйидагича аниқланади:

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} (F_1 + F_2 + F_3)} \quad (8.25)$$

Ҳар бир тарелка остидаги (ёки устидаги) томчиланган суяқлик тиргович қатламининг баландлиги (8.9-рasm) қуйидагича аниқланади:

$$h_d = h_s + h_o + h_{II} \quad (8.26)$$

(8.26) тенгламадаги фазаларнинг ўзаро кучини енгиш учун зарур бўлган томчиланган суяқлик қатламининг баландлиги  $h_s$  қуйидаги тенгламадан топилади:



8.9-рasm. Тиргович баландлигини ва тарелкалар орасидаги масофани ҳисоблаш

$$h_s = \frac{4 \cdot S}{d_{MT} \cdot \Delta \gamma} \quad (8.27)$$

бу ерда  $d_{MT}$  - суяқликни томчиларга ажратувчи қўриқма тешикларининг диаметри, м,  $S$  - фазалар орасидаги тараллик кучи, Н/м.

Тешиклардаги иш тезлиги  $w_0$  ни ҳосил қилиш учун керак бўлган томчиланган суяқлик қатламининг баландлиги  $h_o$  қуйидагича аниқланади:

$$\gamma_o = \zeta_o \cdot \frac{w_o \cdot \gamma_d}{2 \cdot g \cdot \Delta \gamma} \quad (8.28)$$

бу ерда  $w_o$  - дисперс фазанинг солиштирма массаси,  $\text{Н/м}^3$ ;  $\zeta_o = 1,82$  - тешикларнинг қаршилик коэффициенти.

Қуйилиш патрубккаларида яхлит фазанинг  $w_n$  тешик билан ҳаракатланиши ушун зарур бўлган томчиланган суюқлик қатламининг баландлиги  $h_n$  қуйидаги ифодадан топилган:

$$h_n = \zeta_n \cdot \frac{w_n^2 \cdot \gamma_c}{2 \cdot g \cdot \gamma} \quad (8.29)$$

бу ерда  $w_n$  - яхлит фазанинг солиштирма массаси,  $\text{Н/м}^3$ ;  $\zeta_n = 4,5$  - қуйилиш патрубккасининг қаршилик коэффициенти.

Тарелкалар орасидаги масофа  $H_T$  дисперс ва яхлит фазалар қатламлари баландликлари  $h_d$  ва  $h_c$  нинг йиғиндисига тенг (8.7-расм).

$$H_T = h_d + h_c \quad (8.30)$$

Тажриба натижаларига кўра, яхлит фаза қатламининг баландлиги  $h_c = 0,2$  м бўлганда модда ўткизини жараёнда ангитиб беради. Тарелкалар орасидаги масофа  $0,25 - 0,6$  м қилиб бўлиши Катта ўлчамдаги колонналар учун  $H_T = 0,4 - 0,6$  м, шунда тарелкаларни вақт-вақти билан дозалаб туриш учун тарелкалар орасида люклар ўрнатилиши керак.

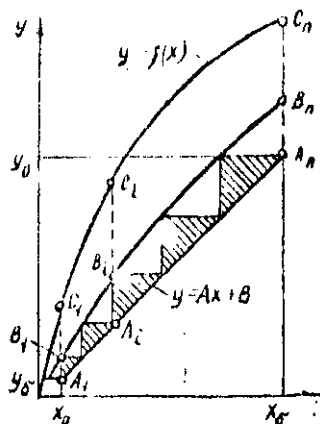
Тарелкалар юзасига нисбаган олинган модда ўтказиш коэффициенти  $K_{UT}$  ни билган ҳолда тарелканинг ўтказиш бирлиги сонни топилади:

$$n_{UT} = \frac{K_{UT} \cdot \gamma}{G} \quad (8.31)$$

$x - y$  - диаграммасига мувозанат чизиги  $y_M = f(x)$  ва экстракциялашнинг ишчи чизиги  $y = A \cdot x + B$  ни жонланштириш орқали жаргоннинг хиссиёти чизигини ҳам чизиб мумкин (8.10-расм). Бунинг учун мувозанат ва ишчи чизиклари орасидаги масофалар қуйидаги нисбатлар бўйича бўлилади:

$$\frac{A_1 C_1}{B_1 C_1} = \frac{A_2 C_2}{B_2 C_2} = \dots = \frac{A_n C_n}{B_n C_n} = \dots = \frac{A_n C_n}{B_n C_n} = L_{\text{max}} \quad (8.32)$$

$L_{\text{max}}$  нинг қийматларини билиш орқали  $B_1, B_2, \dots, B_n, \dots, B_n$  нуқдаларни аниқлаймиз. Сўнг, бу нуқдаларни ўзаро бирлаштириб кинетик эри чизигини қосна қиламиз.  $y - x$  диаграммада топишган кинетик эри чизик ипчи чизиги орасида ва берилган концентрациялар  $x_0, x_n$  ёки  $y_0, y_n$  чегараларида тузилган погоналарининг сони қолданидан тарелкалар сони  $n$  ни беради.



8.10-расм. Қарама - қарши ўнашчи экстракторларда тарелкалар сони аниқлаш.

Шундай қилиб, экстракторларнинг ипчи баландлиги қуйидагича аниқланади:

$$H_{\text{ипчи}} = H_t \cdot n \quad (8.33)$$

## КОНТРОЛ МАСАЛАЛАР

8.1. Температураси  $25^\circ\text{C}$  бўлганда сув-сирка кислотаси ( $84^\circ\text{C}$ -3,85%-7,2%) системаси учун учбурчакли мувозират диаграммасини кўринг.

8.2. 10 кг сув, 5 кг этил афири ва 5 кг сирка кислотани қатламларга ағдаришган араваниманинг таркиби ва фазалар миқдорини аниқлаб беринг. Қўшча миқдорда этил афири қўшиб

кетиши билан ушбу аралашма қатл мларга ажратили тўхтайди.

8.3. 25°С температурада таъкибида 1% (массе) сувли эритмадан сирка кислотаси экстракцияланмоқда. Аралашманинг дастлабки массаси 1206 кг. Агарда экстракция қарама-қарши йўналишда тоза эфир ёрдамида олиб бориладиган бўлса, эритувчининг ҳайдаб бў гандан сўнг, ҳосил бўладиган маҳсулот миқдори ва таркибининг аниқлаб беринг. Жараён, эритувчинининг массасининг ишлов берилаётган аралашмасига нисбати 1,5 баробар катта бўлганда 2 та поғона ёрдамида олиб бориладиган бўлади.

8.4. Таркибида 20% (массе) сирка кислотаси бўлган сувли эритмадан экстракция ёрдамида, этил эфирини оқими қарама-қарши йўналишда сирка кислота ажратиб олинадиган бўлади. Агарда экстракт миқдорига 60% (массе), рафинатда эса 2% кислота қолиши керак бўлса, (эритувчининг ҳайдаб бў гандан сўнг) дастлабки эритма миқдори 1000 кг/соат учун зарур бўладиган эритувчинининг миқдори ва экстракцияланган учун назарий поғоналар сонини аниқлаб беринг.

8.5. 1 м<sup>3</sup> сув таркибида 1,5 кг бензой кислотаси бор сувли эритма экстракцияланмоқда. Сўнг, бу маҳсулот кетма-кет 1 м<sup>3</sup> бензолда 0,2 кг бензой кислотаси ёр эритма билан ювилмоқда. Сув ва бензол ҳажмларинининг нисбати  $V_g / V_s = 4$  га тенг. Сувдаги бензой миқдори 0,2 кг/м<sup>3</sup> га етгунча неча марта ювиш тарклигининг аниқлаб беринг (яъни неча поғона). Ҳосил бўладиган экстрактнинг таркибини ҳам аниқлаб беринг. Ишчи температурасида мувозанат ҳолатдаги маълумотлар қуйидагича:

Бензой кислотасининг сувдаги концентраси, кг/м<sup>3</sup>:

0,104; 0,456; 0,707; 1,32; 1,56.

Бензой кислотасининг бензолдаги концентраси, кг/м<sup>3</sup>:

0,182; 2,45; 6,12; 18,2; 21,5.

8.6. Бензолнинг 25% ли сувдаги эритмасида 0,5% (массе) 1,4 диоксан бўлиб, у қарама-қарши оқимни экстракторда экстракцияланмоқда. Диоксанининг сувдаги охири миқдори 2% (массе) танкига тенг бўлади.

1) 100 кг дастлабки аралашмага тўғри келадиган эритувчиларнинг минимал миқдори;

2) Экстракциядан учун керакли назарий поғоналар сонини;

3) Эритувчинининг миқдорининг минимал миқдорида 1,5 баробар кўп булганда экстракт таркибини аниқлаб беринг.

25°С даги мувозанат ҳолатдаги маълумотлар қуйидагича:

Диоксанининг сувдаги миқдори кг/м<sup>3</sup>: 0,0537; 0,233; 0,337;

Диоксанининг бензолдаги миқдори кг/м<sup>3</sup>: 0,0548; 0,291; 0,471;

8.11. Экстракт ва рафинатнинг бир қисми қайта келинчи билан экстракция қурилмасида  $25^{\circ}\text{C}$  да метилциклогексан гептандаги 10% эритмасидан аналитик ёрдамида экстракцияланмоқда. Экстракт таркибида метилциклогексан миқдори 98%, рафинат таркибида эса 1% (эритувчидан ташқари) ташкил этади. Қайтувчи экстракт миқдорининг - экстракт-махсулот миқдoriga нисбатининг минимал қийматида  $1,615$  баробар кўп деф олиш керак. Дастлабки аралашма миқдори  $100$  кг/соат. бўлганда, экстракциялаш поғоналар сонини, рафинат ва экстракт таркибини, рафинат ва экстрактнинг, қайтувчиларнинг ва эритувчининг миқдорлари аниқлансин.

8.12. Хар бири  $7$  м<sup>3</sup> ҳажмга эга бўлган қарама-қарши оқимли 3 та тиндиргич батареясига,  $\text{CaCO}_3$  чўкмаси  $1$  м<sup>3</sup> сулга  $2$  т  $\text{NaOH}$  эритма киритилмоқда ва буғлатиш учун эса  $6$  м<sup>3</sup> пайзори тан концентрланган эритма олинимоқда. Бошқа томондан эса, эритувчи сифатида батареяга  $2000$  кг  $\text{NaOH}$  га мос равишда  $6$  м<sup>3</sup> тоза сув киритилмоқда.  $\text{CaCO}_3$  чўкмаси поғонадан поғонага ўтишда ва батареядан чиқариб ташлаётган пайтида  $1$  м<sup>3</sup> эритмани ушлаб қолмоқда.

Юқоридаги шартонларда қуйидагиларни аниқланг:

- а) шламдаги  $\text{NaOH}$  миқдорини;
- б)  $\text{NaOH}$  ажратиб олинишини;
- в) буғлатишга юборилаётган эритмадаги  $\text{NaOH}$  неча фоизни ташкил қилади.

8.13.  $\text{NaOH}$  нинг чиқариб олиш даражаси  $0,98$  га тенг бўлганда, 8.12 масала шарти бўйича экстракциялаш поғона сонини аниқлаб беринг.

8.14. Агар экстрактда  $\text{SiCl}_2$  миқдори 9% бўлиб (масс) ва мислини чиқариб олиниш даражаси 92% ташкил этса, 8.13 масала шарти бўйича экстракциялаш жараёнининг поғоналар сонини аниқлаш керак.

8.15. Температура  $20^{\circ}\text{C}$  ва босим  $1 \cdot 10^5$  Па бўлганда, аммиакни сувдаги диффузия коэффициентини аниқлашсин.

8.16. Температура  $20, 50, 100^{\circ}\text{C}$  бўлганда аммиакни сувдаги диффузия коэффициентини ҳисоблаб чиқилсин.

8.17. Температураси  $60^{\circ}\text{C}$  ва концентрацияси 25% бўлганда сахарозани сувдаги диффузия коэффициентини топилсин.

8.18. Босим  $2 \cdot 10^5$  Па ва температура  $70^{\circ}\text{C}$  бўлганда, углерод диоксиднинг ҳаводаги диффузия коэффициентини аниқлашсин.

8.19. Жом таркибида шакар миқдори 0.1% бўлиши учун 16

қисми батареядан экстракт (қанд лавлағи массасига % ҳисобида олинган) қандай бўлиши керак? Қанд лавлағи таркибида шакар миқдори 19%. 100 г қанд лавлағи паррағининг узунлиги 20 м. Жараён температураси 70°С ( $D = 79,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ). Батарея түлиги айланмиши  $\tau = 80$  мин.

8.20. Жом таркибиде шакар миқдори 0,4% (лавлағи массасига олинганда, бўлиши учун узлуксиз ишлайдиган колонна диффузия ол қурилмада экстракция жараёни қанча вақт  $\tau$  бўлишини ҳисобланг. Қанд лавлағи таркибидеги шакар миқдори 18%, жараён температураси 75°С,  $D = 83,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ , экстракт олганиши  $a = 120\%$  (қанд лавлағи массасига), 100 г қанд лавлағи паррағи узунлиги  $l = 10$  м,  $A = 6 \cdot 10^{-5}$ .

### КОНТРОЛ ОПЦИИРИ N17

Концентрацияси  $x$  в температураси  $t$  бўлганда, сахарозанинг сувдаги диффузия коэффициенти ҳисоблаб чиқилсин.

| Параметр | Ўлчов бирлиги | Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------|---------------|-----------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|          |               | 1                                       | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 0  |
| $x$      | %             | 70                                      | 50 | 40 | 60 | 30 | 20 | 10 | 50 | 80 | 40 |
| $t$      | °С            | 50                                      | 20 | 30 | 60 | 40 | 80 | 60 | 35 | 25 | 90 |

### КОНТРОЛ ТОПЦИРИК N18

Ўзгармас концентрацияли ва температураси  $t$  бўлган  $Z$  модданинг сувдаги диффузия коэффициенти ҳисоблаб топилсин. Коэффициент  $f = 0,02$ .

| Параметр | Ўлчов бирлиги | Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар |        |       |       |      |      |      |        |        |        |
|----------|---------------|-----------------------------------------|--------|-------|-------|------|------|------|--------|--------|--------|
|          |               | 1                                       | 2      | 3     | 4     | 5    | 6    | 7    | 8      | 9      | 0      |
| $l$      | °С            | 100                                     | 30     | 90    | 120   | 200  | 60   | 50   | 150    | 300    | 70     |
| $Z$      | -             | $N_2$                                   | $NH_3$ | $H_2$ | $O_2$ | $Cl$ | $CO$ | $NO$ | $H_2S$ | $CH_3$ | $SO_2$ |

## АДСОРБЦИЯ

Газ ёки суюқ фаза таркибидаги бир ёки бир неча компонентларни қаттиқ жисм ёрдамида ютилиш жараёни адсорбция деб аталади.

Адсорбция пайтида ютиладиган модда адсорбтив деб юритилади.

Адсорбция жараёни саноатда газларни тозалаш ва қуритиш, эритмаларни тозалаш ва тиндириш, ҳамда газ ва буг аралашмаларини ажратиш учун ишлатилади. Масалан, ҳаво ва бошқа газ аралашмаларидан учувчан эритувчиларни ажратиш, аммиакни тозалаш, табиий газни қуритиш, кокс газидан ароматик углеводородларни ажратиш, пластмасса ва синтетик каучук ишлаб чиқаришда, нефтни қайта ишлаш атижасида ҳосил бўлган газ аралашмаларидан водород ва этиленни, бензин фракцияларидан ароматик углеводородларни ажратиб олишда, ёғларни, вино маҳсулотларини ҳар хил мета-сабзавот шартлатларини тозалашда адсорбция жараёни кенг ишлатилади.

Саноат газларини  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{NO}$  ва бошқа шу каби бирикмалардан адсорбентлар ёрдамида тозалаб, атроф муҳитни муҳофаза қилишда ишлатилади.

Қаттиқ жисмнинг юзасига таъсир қилаётган кучларнинг табиатига қараб адсорбция 2 хил бўлади: физик адсорбция ва хемосорбция.

Физик адсорбция молекуляр кучларнинг ўзаро таъсир натижасида асосланган. Хемосорбция эса, кимевий кучларнинг ўзаро таъсирланиши натижасида юз берили.

*Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқлар*

Адсорбциядаги мувозанат концентрациялари ўртасидаги боғлиқлик қуйидаги ирода орқали ўқиллади:

$$x^* = f(\bar{y}, T) \quad (9.1)$$

Агарда температура ўзгармас бўлса,

$$x^* = f(\bar{y}) \quad (9.2)$$

бу ерда  $x^*$  - газ ёки суюқлик фазасидаги адсорбтивнинг конц.трациясига тенг бўлган; адсорбтивнинг адсорбентдаги нисбий концентратсияси;

$\bar{y}$  - ютиётган газ ёки суюқлик аралашмаларидаги адсорбтивнинг нисбий концентратсияси;

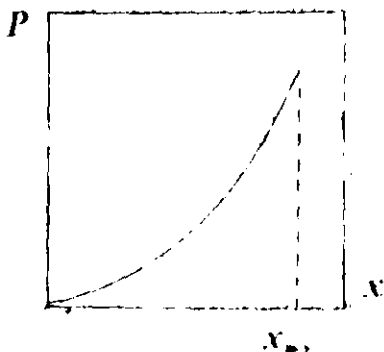
Хусусий ҳолатларда буғ-газ аралашмаларидан ютилаётган модданинг концентратсияси унинг нормал босими билан алмаштирилиши мумкин.

$$x^* = f(P) \quad (9.3)$$

Умуман олганда  $x^* = f(\bar{y})$  ва  $x^* = f(P)$  бегликлар адсорбция пайтидаги мувозанат чизиклари ёки адсорбция изотермаларини ифода қилади.

Изотерманинг аниқ шакли адсорбент ва ютилаётган модданинг хоссаларига ва улар ўртасидаги ўзаро таъсир қилиш кучларига боғлиқ бўлади.

Агар, адсорбция изотермасини  $P$ -  $x$  координаталарида ифода этилса, эгри чизикни бовлангич қисмида  $P$  ва  $x$  ларнинг таъминан тўғри пропорционалтиги борлиги, охири қисмида эса, эгри чизик асимптотик ҳолати адсорбтивнинг қаттиқ фазалаги чегара концентратсияси  $x_0$  га интилишини кўрамыз.



9.1-расм. Адсорбция жараёни изотермаси

9.1-расмдаги эгри чизикнинг ўрта қисми Фрейндлихнинг эмпирик тенгламаси орқали ифодаланади.

$$P = K \cdot \bar{x}^n \text{ ёки } \bar{x} = K \cdot P^{1/n}$$

бу ерда  $K$  ва  $n$  тажриба йўли билан топиладиган константалар.

Физик адсорбция жараёни Лангмюв тенгламаси билан ифода қилинади:

$$x = \frac{a \cdot b \cdot p}{1 + a \cdot p} \quad (9.4)$$

бу ерда  $a, b$  - температурага боғлиқ ва тажриба йўли билан таъинланган коэффициентлар.

Стандарт модда бўғинининг  $T_1$  температурадаги адсорбция изотермасига кўра бошқа модда бўғинининг  $T_2$  температурадаги адсорбция изотермасичи ҳисоблаш мумкин.

Адсорбция пайтида ютилган модданинг миқдорини аниқлаш учун қуйидаги тенгламадан фойдаланилади:

$$a_2^* = a_1^* \cdot \frac{V_1}{V_2} \quad (9.5)$$

бу ерда  $a_1^*$  - стандарт модда адсорбция изотермасининг ординатаси, кг/кг;  $a_2^*$  - аниқланаётган изотерманинг ординатаси, кг/кг;  $V_1, V_2$  - стандарт ва текшириляётган модданинг моль ҳажмлари, м<sup>3</sup>/кмоль.

Жараён узвуксиз равишда олиб борылганда, адсорбция жараёнининг моддий балансини қуйидагича топиш мумкин:

$$L \cdot (a - a_0) = G \cdot (c_0 - c_1) \quad (9.6)$$

бу ерда  $L$  - адсорбентнинг сарфи, кг/с;  $a_0, a_1$  - ютиляётган модданинг адсорбентдаги бошланғич ва охирий таркиби;  $G$  - ташувчи газнинг сарфи, кг/с;  $c_0, c_1$  - ютиляётган модданинг адсорбция пайтида чиқаётган газлардаги ўрғача таркиби;  $c_1$  - адсорбтивнинг ташувчи газдаги таркиби.

Адсорбция жараёни иссиқлик ажратиб чиқиши билан боғлиқ. Шу сабабли, саноатда ажратиб чиққан иссиқликни фойдали сарфлайдиган қурилмадан фойдаланилади.

Адсорбция жараёнида ажратиб чиққан иссиқлик яширин бўғланиш иссиқлиги дейилади ва у ютилган бўғимикдорига боғлиқ бўлиб қуйидаги формуладан аниқланади:

$$q = m \cdot a^n$$

бу ерда  $a$  - ютилган бўғимикдори, дм<sup>3</sup>/кг кўмир;  $m$  ва  $n$  - константалар, уларнинг сон қийматлари 9-2 жадвалда келтирилган.

| Модда                  | Формула                                         | N      | m 10 <sup>-2</sup> |
|------------------------|-------------------------------------------------|--------|--------------------|
| 1. Бензол              | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                   | 0,959  | 3,24               |
| 2. Бромли этил         | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Br                | 0,900  | 3,77               |
| 3. Диэтил эфири        | (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O | 0,915  | 3,84               |
| 4. Йодли этил          | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> I                 | 0,956  | 3,10               |
| 5. Метил спирт         | CH <sub>3</sub> OH                              | 0,918  | 3,11               |
| 6. Олтингугурт         | CS <sub>2</sub>                                 | 0,920  | 3,15               |
| 7. Хлорли этил         | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl                | 0,915  | 3,06               |
| 8. Хлороформ           | CHCl <sub>3</sub>                               | 0,935  | 3,47               |
| 9. Тўрт хлорли углерод | CCl <sub>4</sub>                                | 0,930  | 3,74               |
| 10. Этил спирти        | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH                | 0,928  | 3,65               |
| 11. Этил формиат       | HCOOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>               | 0,9075 | 3,96               |

### Адсорбция жараёнининг кинетикаси

Адсорбция жараёнида модда ўтказиш 2 босқичдан иборат бўлади:

- ташқи диффузия;
- ички диффузия

Ташқи диффузиянинг тезлиги асосан жараёнининг гидродинамик ҳолати билан, ички диффузиянинг тезлиги эса, адсорбентнинг тузилиши ва адсорбцион системанинг физик-кимёвий хоссалари билан ҳарактерланади.

Ташқи диффузияда модда ўтишининг тезлиги қуйидаги тенглама ёрдамида аниқланади:

$$\frac{da}{a\tau} = \beta_y \cdot (\bar{C} - \bar{C}_\infty) \quad (9.7)$$

бу ерда  $a$  - ютилган модданинг миқдори;  $\tau$  - вақт, с;  $\bar{C}$  - ютилатган компонентнинг буғ, газ аралашмаси ҳажмидаги концентрацияси, кг/м<sup>3</sup> - инерт газ;  $\bar{C}_\infty$  - ютилмаган компонентнинг н юзасидаги концентрацияси, кг/м<sup>3</sup> - инерт газ;  $\beta_y$  - модда бериш коэффициенти, с<sup>-1</sup>.

Ички диффузияда пайида модда ютишининг тезлиги

молекуляр диффузия тенгламаси билан ифодаланади:

$$\frac{dc}{d\tau} = D_2 \cdot \left( \frac{d^2c}{dx^2} + \frac{d^2c}{dy^2} + \frac{d^2c}{dz^2} \right) \quad (9.8)$$

бу ерда  $D_2$  - диффузиянинг эффектив коэффициент. Жараён давомида  $D$  нинг қиймати ўзгармас деъллинади.

Адсорбция кинетикасини ифодалайдиган критериял тенглама  $Nu'$  ни аниқлаш мумкин:

$$Nu' = A \cdot Re^m \cdot (Pr')^n \quad (9.9)$$

бу ерда  $Nu'$  - Нуссельт диффузия критерийиси;  $Pr'$  - Прандтл диффузион критерийиси;  $Re$  - Рейнольдс критерийиси;  $A, m, n$  - тажриба йўли билан аниқланадиган доимий қийматлар.

Масалан, ниста кўмир учун ( $d_2 = 1,7-2,2$  мм,  $w_2 = 0,3-2$  м/с) критериял тенглама куйидаги кўринишга эга бўлади:

$$Nu' = A \cdot Re^{0.54} \quad (9.10)$$

бу ерда

$$Nu' = \frac{\beta \cdot d_2^2}{D}; \quad Re = \frac{w_r \cdot d_2}{\nu_r}$$

$D$  - диффузия коэффициент,  $m^2/c$ ;  $d_2$  - адсорбент заррачаларининг ўртача диаметри,  $m$ ;  $w$  - буғ-газ ариштирилмасининг тезлиги,  $m/c$ ;  $\nu_r$  - газнинг кинематик қовушқоқлик коэффициент,  $m^2/c$ .

Юқоридаги тенгламадан  $\beta$  топилади:

$$\beta = \frac{1,6 \cdot D \cdot w_r^{0.54}}{\nu_r^{0.54} \cdot d_2^{0.46}} \quad (9.11)$$

Исталган температура ва босим учун диффузия коэффициентни  $D$  куйидагича топилади:

$$D = D_0 \cdot \left( \frac{P_0}{P} \right) \cdot \left( \frac{T}{T_0} \right)^{1.5} \quad (9.12)$$

Ютувчи сорбент қатламининг химоя ҳаракати вақти Н.А.Шилов тенгломаси ёрдамида ҳисобланади:

$$\tau = K \cdot (H - h)$$

бу ерда  $\tau_0 = K \cdot h$

Демак,  $\tau = K \cdot H - \tau_0$

$K$  - сорбент қатламининг химоя ҳаракати коэффициенти;  $H$  - сорбент қатламининг баландлиги, м;  $h$  - динамик тажриба шароитида сорбент қатламининг ишлатилмаган баландлиги, м;  $\tau_0$  - сорбент қатламининг химоя ҳаракат вақтининг йўқотилиши ёки кинетик коэффициент, с.

Сорбент қатламининг химоя ҳаракати коэффициентини қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$K = \frac{a_0}{w \cdot C_0} \quad (9.14)$$

бу ерда  $a_0$  - мувозанат абсорбцион ҳажм, кг/м<sup>3</sup>;  $w$  - тезлик, м/с;  $C_0$  - газ-аралашмадаги ютиладиган модданинг бошланғич концентрацияси, кг/м<sup>3</sup>.

Узлукли адсорбция қараёнишининг давомийлиги ютилган модда баланс, адсорбция кинетикаси ва изотермаси тенгламалари системасини ечиш орқали аниқланади.

Адсорбция изотерма 13 қисмга бўлинади:

а) Бу қисмда адсорбция изотермаси тўғри чизиқли ва тахминан Генри қонуни билан тўғраланади.

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\frac{a_0}{w \cdot C_0}} \cdot \sqrt{H} + b \cdot \sqrt{\frac{a_0}{w \cdot C_0}} \quad (9.15)$$

$\tau$  - адсорбция жараёны давомийтиги, с;  $w$  - буг - газ оқимининг тезлиги, м/с;  $H$  - писта кўмир қатлам баландлиги, м;  $C_o$  - буг - газ оқимида ютиладиган модда нг бошланғич концентрацияси, кг/м<sup>3</sup>;  $a_o$  - оқим концентрацияси  $C_o$  билан мувозанатдаги ютилган модда миқд  $p$ , кг/м<sup>3</sup>;  $\beta$  - модда алмашиниш коэффициенти, с<sup>-1</sup>.

$b$ - коэффициент қиймати 9-3 жадвалдан қараб танланади.

9-3 жадвал.

| $\frac{\bar{C}}{C_o}$ | $b$  | $\frac{\bar{C}}{C_o}$ | $b$    | $\frac{\bar{C}}{C_o}$ | $B$    |
|-----------------------|------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|
| 0,05                  | 1,54 | 0,2                   | 0,63   | 0,7                   | - 0,27 |
| 0,01                  | 1,67 | 0,3                   | 0,42   | 0,8                   | - 0,4  |
| 0,03                  | 1,35 | 0,4                   | 0,23   | 0,9                   | - 0,68 |
| 0,05                  | 1,19 | 0,5                   | 0,09   |                       |        |
| 0,1                   | 0,94 | 0,6                   | - 0,10 |                       |        |

б) Адсорбция изотермасининг иккинчи қисми учун  $\tau$  ни аниқлашда ушбу тизламадаги фойдаланилади.

$$\tau = \frac{a_o}{w \cdot C_o} \cdot \left\{ H - \frac{w}{\beta_v} \cdot \left[ \frac{1}{P} \cdot \ln \left( \frac{\bar{C}_o}{\bar{C}} - 1 \right) + \ln \frac{\bar{C}_o}{\bar{C}} - i \right] \right\} \quad (9.16)$$

в) Адсорбция изотермасининг учинчи қисми учун  $\tau$  ни, тоғиш учун қуйидаги тенглама тўғри келади.

$$\tau = \frac{a_o}{w \cdot C_o} \cdot \left[ H - \frac{w}{\beta_v} \cdot \ln \left( \frac{C_o}{\bar{C}} - 1 \right) \right] \quad (9.17)$$

Модда ўтказиш зонасининг баландлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$h_o = H \cdot \frac{\tau_{myu} - \tau_{ck}}{\tau_{myu} - (1 - f) \cdot (\tau_{myu} - \tau_{ck})} \quad (9.18)$$

бу ерда  $\tau_{myu}$  - мувозанатли туйинишсиз кетган вақт;  $\tau_{ck}$

минимал сакраб ўтиш концентрациясининг химоя ҳаракати вақти;  $f$  - сорбентнинг ишлатилмаган мувозанат адсорбцион ҳажми.

Қатламнинг ҳарат тезлиги  $u$  ушбу формула орқали ҳисобланади.

$$u = \frac{1}{K} = (\bar{C}_o - \bar{C}_a) \cdot \frac{w}{a_o} \quad (9.19)$$

Курилмадаги қатламнинг тўғри баландлиги қуйидаги формуладан аниқланади:

$$H_o = \gamma \cdot h_o \quad (9.20)$$

$h_o$  - қуўғалмас қатламнинг одда ўтказиш зонасининг баландлиги, м;  $\gamma = 1,4$  - эгармас коэффициент.

Ўтказиш бирлигининг сочи концентрациялар эгарганда, ҳар поғона учун алоҳида ҳисобланади:

$$m_o = \frac{2 \cdot (\bar{C}_{\text{бош}} - \bar{C}_{\text{ох}})}{\bar{C}_{\text{бош}} - \bar{C}_{\text{ох}}} \quad (9.21)$$

Изотерманинг тўғри чизикли қисмида, қатлам баландлиги ушбу формуладан топилади:

$$H = h_o \cdot \sum_1 m_o \quad (9.22)$$

Ундан ташқари  $H$  ни топишда ушбу формуладан фойдаланиш ҳам бўлади:

$$H = \frac{G}{S \cdot \beta_A \cdot \Delta \bar{C}_{op}} \quad (9.23)$$

$G$  — вақт бирлигига котилаётган модда миқдори;  $\Delta \bar{C}_{op}$  — адсорбция жараёнини ўртача ҳаракатга келтирувчи куч:

$$\Delta \bar{C}_{op} = \frac{\Delta \bar{C}_o - \Delta \bar{C}_1}{\ln \frac{\Delta \bar{C}_o}{\Delta \bar{C}_1}} \quad (9.24)$$

$\Delta \bar{C}_0 = (\Delta \bar{C}_0 - \Delta \bar{C}_0^*)$  - қатлам охиридаги катта ҳаракатгелтирувчи куч.

$\Delta \bar{C}_1 = (\Delta \bar{C}_1 - \Delta \bar{C}_1^*)$  - бошқа қатлам охиридаги кичик ҳаракатгелтирувчи куч.

## МИСОЛЛАРНИ ИШЛАШ НАМУНАСИ

9-1. Буғ - ҳаво аралашмасининг сарфи  $3450 \text{ м}^3/\text{соат}$ . Бензиннинг бошланғич концентрацияси  $C = 0,02 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Писта кўмирнинг зичлиги  $\rho = 500 \text{ кг}/\text{м}^3$ , десорбциядан сўн. қолдиқ активлиги  $0, \%$  (масс), бензинга нисбатан кўмирнинг динамик активлиги  $7\%$  (масс) ва қурилманинг тўлиқ кўндалани ҳиссимига ҳисобланган буғ - ҳаво аралашманинг тезлиги  $= 0,23 \text{ м}/\text{с}$ . Адсорбентни десорбция, қуритиш ва соьитиш вақти  $1 \text{ соат } 45 \text{ минут}$ .

Бензин буғи ва ҳаво аралашмадан бензин буғини ютиш учун узлуқли адсорбернинг диаметри, адсорбент қатламининг баландлиги ва писта кўмирнинг зарур миқдори аниқлансин.

**Е ч и ш:**

$1 \text{ соат } 45 \text{ минут}$  вақт ичида бензинни ютиш учун адсорбент миқдори:

$$G = \frac{V \cdot \tau \cdot C}{C_2 - C_1} = \frac{3450 \cdot 1,45 \cdot 0,02}{0,07 - 0,008} = 1612 \text{ кг}$$

Буғ - ҳаво аралашмасининг тезлиги  $0,23 \text{ м}/\text{с}$  ва сарфи  $3450 \text{ м}^3/\text{соат}$  бўлганда, адсорбер диаметри қуйидагига тенг булади:

$$D = \sqrt{\frac{3450}{3600 \cdot 0,785 \cdot 0,23}} = 2,3 \text{ м}$$

Адсорбент қатламининг баландлиги эса:

$$H = \frac{1612}{100 \cdot 0,785 \cdot 2,3^2} = 0,8 \text{ м}$$

9-2. Адсорбер диаметри 2 м ва адсорбент қатламидини баланслиги  $H = 1,0$  м. Этил спирти буги ва ҳаво аралашмасининг тезлиги  $w = 25$  м/мин; бошланғич концентрацияси  $\bar{C}_0 = 0,029$  кг/м<sup>3</sup>; адсорбердан чиқётган аралашма концентрацияси  $\bar{C}_1 = 0,0002$  кг/м<sup>3</sup>; қатламнинг сочилган ҳолдаги зичлиги  $\rho_{с.х.} = 500$  кг/м<sup>3</sup>.

Бир давр ичида ( $\tau = 133$  мин) этил спирти буллари иста кўмир билан ютилиши пайтида адсорбиб чиқётган иссиқлик миқдори чиқлансин.

**Е ч я ш:**

Курилманинг кўндаланг кесим юзаси:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} = 3,14 \text{ м}^2$$

Бу давр ичида адсорбердан ўтаётган буги ва ҳаво аралашмасининг миқдори:

$$V = w \cdot S \cdot \tau = 25 \cdot 3,14 \cdot 133 = 10400 \text{ м}^3$$

Ўтиляётган этил спирти буллариинг миқдори:

$$G_{сн} = \frac{10400 \cdot (29 - 0,2)}{1000} = 300 \text{ кг}$$

ёки

$$G_{сн} = \frac{300}{46} = 6,52 \text{ кмоль}$$

Адсорберга солинадиган писта кўмир массаси:

$$S \cdot H \cdot \rho_{нас} = 3,14 \cdot 1,0 \cdot 500 = 1570 \text{ кг}$$

бу эса

$$\frac{1570}{6,52} = 240,3 \frac{\text{кг} \cdot \text{кумир}}{\text{кмоль}}$$

ни таъкид этади.

Адсорбция жараёнида ажралиб чиқаёган иссиқлик миқдори ушбу формуладан топилади:

$$q = m \cdot a^n$$

1 кг писта кўмирغا ютилган бу  $a$  нинг миқдори қуйидагини таъкид этади:

$$a = \frac{6.52 \cdot 22,4 \cdot 1000}{1570} = 93 \text{ л/кг}$$

бу ерда  $m$  ва  $n$  ларнинг сон қийматлари 9-2 жадвалга н олинади:  $m = 3,65 \cdot 10^3$ ,  $n = 0,928$ . Формулага биноан 1 кг писта кўмирغا тўғри келадиган иссиқлик миқдори

$$q = 3.65 \cdot 10^3 \cdot 93^{0,928} = 245 \text{ кЖ/кг}$$

Битта давр мобайнида ажраб чиққан иссиқлик миқдори,

$$q_1 = 245 \cdot 1570 = 385000 \text{ кЖ}$$

Ушбу иссиқлик писта кўмирни ва қурилмани иситишга, атроф муҳитга йўқотилишга ва кўп қисми буғ - газ аралашмани қиздиришга сарф бўлади.

Агарда, ҳамма ажраб чиққан иссиқлик буғ - газ аралашмани қиздиришга сарфланмоқда деб тахмин қилсак ва унинг солиштирма иссиқлик сизимини ва zichлигини ҳавоникидек деб ҳисобланса, аралашманинг температураси қуйидаги қийматга кўтарилади:

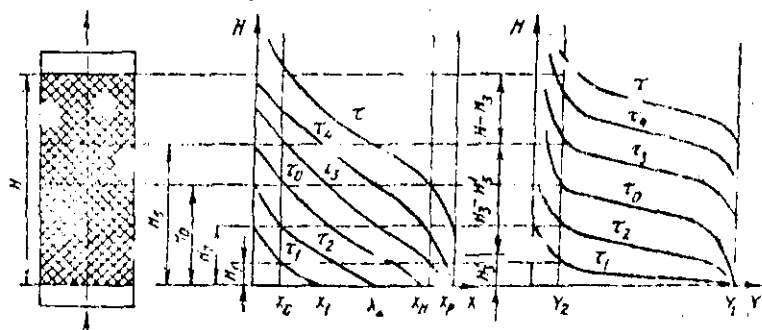
$$\Delta t = \frac{385000 \cdot 10^3}{10400 \cdot 1,2 \cdot 1,01 \cdot 10^3} = 30,5 \text{ K}$$

### АДСОРБЕНТЛАРНИ ҲИСОБЛАШ [6,10].

Ушбунинг қатламини адсорбентни ҳисоблаш. Адсорбция жараёнининг давом этиш вақти адсорбент қатламини таҳлил

қилиш йўли билан топилади. Ютилидиган модданинг адсорбентдаги миқдори  $x$  қатлам баландлиги ва вақт бўйича ўзгаради (9.2 - расм).  $x_c$  — адсорбентдаги модданинг  $y_2$  га қўри келган концентрацияси.  $x_c$  бирор вақтдан сўнг, адсорбентнинг  $H$  баландлигида ҳосил бўлади. Шу сабабдан  $H$  баландлиқда амалий жиҳатдан ютилиш керак бўлган модда адсорбентга гўла ютилган бўлади.

$\tau_0$  — вақтнинг бошланғичида адсорбентдаги модданинг концент.ацияси  $x_n$  бўлади,  $x_p$  эса  $y_1$  билан мувозанатда бўлган концентрациядир.



9.2-расм. Адсорбция жараёнида қўзғалмас адсорбент қатламининг концентрациялар айтолари [10].

Адсорбция вақти Н.А. Шитков теңламасида аниқланади.

$$\tau = \tau_0 + k \cdot (H - H_0) \quad (9.26)$$

$k$  — қатламининг ютиш қобилиятини ҳарактерловчи коэффициент, с/м.

Бу коэффициент 1 м адсорбент қатламининг тўйиниш вақтини ҳарактерлайди. Ё. қуйидаги моддий баланс теңламаси орқали топилади:

$$S \cdot \rho_a \cdot x_n = G \cdot y_1 \cdot k \quad (9.26)$$

бундан

$$k = \frac{S \cdot \rho_a \cdot x_n}{G \cdot y_1} \quad (9.27)$$

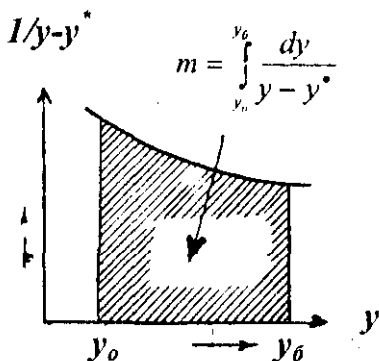
бу ерда  $S$  — адсорбернинг қўндаланг кесим юзаси,  $m^2$ ;  $\rho_a$  — адсорбентнинг зичлиги,  $kg/m^3$ ;  $G$  — газнинг сарфи,  $kg/s$ .

$\tau_0$  - нинг қиймати қуйидаги ифода о, қали аниқланади:

$$\tau_0 = \frac{\rho_a}{\nu \cdot f} \int_0^{x_0} \frac{dx}{y_1 - y_2} \quad (9.28)$$

бу ерда,  $K$  - модда ўтказиш коэффициент,  $\text{кг м}^2/\text{с}$ ;  $\rho_a$  - адсорбентнинг солиштирма юзаси;  $y_1 - y_2$  - жараёнинг ҳаракатга келтирувчи куч.

Интегралнинг ўнг томони график усулда топилади. Унинг қиймати  $I/y_1 - y_2$  координатларида чизилган эгри чизикнинг юзасига тенг (9.3 - расм). Мнда ўтказиш коэффициент  $K_y$  қуйидаги тенгламалар орқали аниқланади:



9.3-расм. Жараёнинг даракатлантирувчи кучини интеграллаб, ўтказиш бирлигини аниқлаш [6].

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{B_y} + \frac{m}{\beta_y}} \quad (9.29)$$

$Re = 2 \div 30$  бўлганда,

$$Nu' = 0,725 \cdot Re^{0,47} \cdot (Pr')^{0,33} \quad (9.30)$$

$H_0$  нинг қиймати қуйидагича топилади:

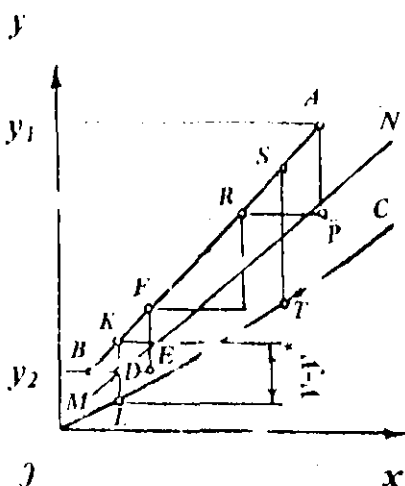
$$H_0 = n \cdot h \quad (9.31)$$

бу ерда  $h$  - ўтказиш бирлигининг баландлиги, м;  $n$  - ўтказиш

бирлигининг сони.

$n$  — нинг миқдори график усул билан топилади (9.4 - расм).  $AB$  — иш чизиги;  $OC$  — мувозанат чизиги;  $M$  —  $A$  ва  $OC$  чизикларини ўртаидан тенг бўлувчи чизик;  $K$  — биринчи бўлақдаги жараёнинг ҳаракатга келтирувчи кучни ифодалайди.

Ўтказиш бирлиги сонини топиш учун  $B$  нуқтадан горизонтал чизик ўтказамиз.  $BF = 2BD$  деб оламиз. Сунгра  $E$  нуқтадан  $AB$  билан кесилишгунча вертикал чизик ўтказиб,  $D$  нуқтини ҳосил қилами:  $BEF$  учбурчак битта ўтказиш бирлигига тенг бўлади ва унинг ўртача ҳаракатлантирувчи кучи  $KL$  га тенг. Худди шу усул билан  $F$  нуқтадан  $A$  нуқтагача учбурчакликлар чизамиз. Учбурчакларнинг сони ўтказиш бирлигининг сонини белгилайди. Ўтказиш бирлигининг сони:



9.4-расм. Ўтказиш бирлиги сони график усулда аниқлаш.  $OC$ —мувозанат чизиги;  $AB$ —иш чизиги;  $M$ —мувозанат чизиги билан иш чизикларининг ордината қисмини тенг қилиб бўлувчи

$$n = \frac{y_1 - y_2}{\Delta y_1} \quad (9.32)$$

$\Delta y_1$  — ўртача ҳаракатлантирувчи куч. Ўтказиш бирлигининг баландлиги шундайла аниқланади:

$$h = \frac{G}{K \cdot S \cdot f} \quad (9.33)$$

бу ерда  $S$  — аппарат қўндаги кесимининг юзаси;  $m^2$ .

Ҳисоблар кесимининг юзаси қўндаги тенглама билан

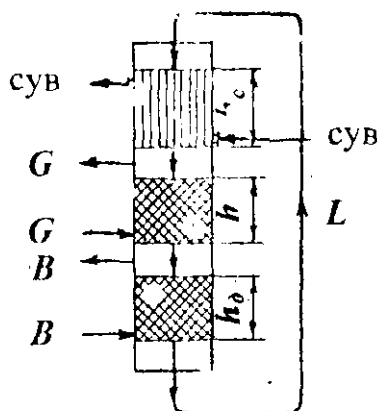
топилади:

$$S = \frac{G}{w_0 \cdot \rho_{\Gamma}} \quad (9.34)$$

бу ерда  $G$  - газ сарфи, кг/с;  $w_0$  - газнинг мавҳум (қурилма ўла кесимига нисбатан олинган) тезлиги, м/с;  $\rho_{\Gamma}$  - газнинг зичлиги кг/м<sup>3</sup>. Одатда  $w = 0,08 \div 0,25$  м/с қилиб олинади.

Ўзгарувчан қатламли узлусиз ишлайдиган адсорберларни ҳисоблаш.

Бу қурилмаларда донатор қатламли адсорбент юқоридан пастга томон спиралсимон ҳаракат қилиб, кетма - кет равишда баландликдаги совитиш, баландликдаги ресорбция ва иситиш соҳаларидан ўтади (9.5 - расм). Қурилманинг умумий иш баландлиги эса учала баландликнинг йиғиндисига тенг:



9.5-расм. Қурилманинг умумий баландлигини аниқлаш [10].

$$H = h_c + h + h_o \quad (9.35)$$

фазаларнинг бир-бирига тегиб турган ҳолатда ўтказишнинг асосий тенгламаларидан аниқланади:

$$F = \frac{M}{K \cdot \Delta y_{yp}} \quad (9.36)$$

бу ерда

$$\Delta y_{yp} = \frac{\bar{y}_o - \bar{y}_o}{\int_{y_o}^{y_a} \frac{dy}{y - y_m}} \quad (9.37)$$

$M$  - адсорбция қилинган модданинг миқдори;  $K$  - модда ўтказиш коэффициент;  $y_o$  - газ аралашмасидан ютиляётган модданинг бошлагич концентрацияси;  $y_a$  - газ аралашмасидаги ютиляётган модданинг охириги концентрацияси;  $y_m$  - мувозанат концентрацияси.

Ўзгарувчан қатламдаги донадор қатламли адсорбентнинг кўндаланг кесим юзаси сарф тенгласидан аниқланади:

$$S = \frac{V}{w} \quad (9.38)$$

бу ерда  $V$  - қурилмадаги газ аралашмасининг сифи,  $m^3/c$ ,  $w$  - газ оқими,  $m^3/c$ .

Адсорбция зонасининг баландлиги қуйидагича аниқланади:

$$h = \frac{F}{S \cdot f} \quad (9.39)$$

бу ерда  $f$  - адсорбентнинг солиштирма юзаси,  $m^2/m^3$ .

Қурилманинг қолган иш қисмларининг баландликлари қуйидаги шартлар орқали аниқланади:

$$\frac{h}{h_c} = \frac{\tau}{\tau_c} \quad \text{ва} \quad \frac{h}{h_d} = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (9.40)$$

ёки

$$h_c = h \cdot \frac{\tau_c}{\tau} \quad \text{ва} \quad h_d = h \cdot \frac{\tau_d}{\tau} \quad (9.41)$$

бу ерда,  $\tau$ ,  $\tau_c$ ,  $\tau_d$  - адсорбция, соъитиш ва десорбция учун кетган вақтни кўрсатади.

Адсорбция учун кетган вақт қуйидагича аниқланади:

$$\tau = \frac{S \cdot h}{L_c} \quad (9.42)$$

бу ерда  $L_c$  - адсорбентнинг сарфи, м/с.

Адсорбентнинг сарфи эса материал баланс тенгласидан аниқланади.

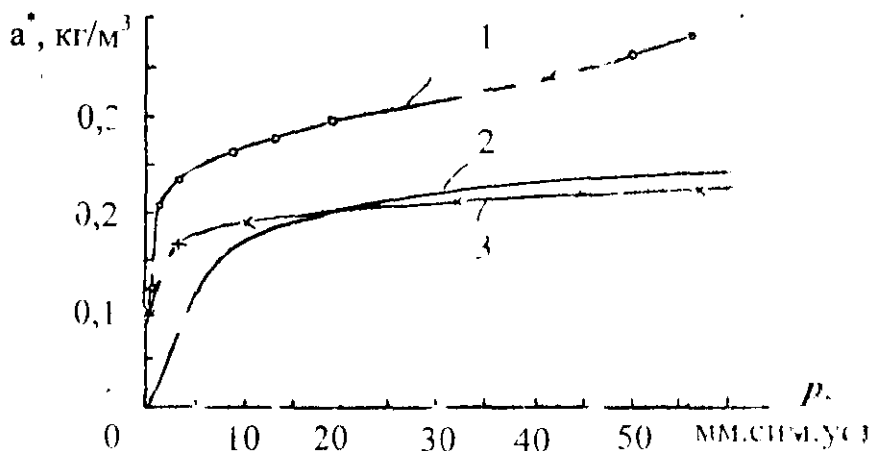
## КОНТРОЛ МАСАЛАЛАР.

9.1. Оқтан буғларининг бошланғич концентрациясининг миқдори  $C_0 = 0,012$  кг/м<sup>3</sup>, тезлиги 20 м/мин, кўмирнинг бензолга кўрсатадиган активлиги 7%, кўмирнинг тўкиб уйиб қўйилгандаги зичлиги 350 кг/м<sup>3</sup>, абсорбер ичидаги кўмирнинг қатламининг баландлиги  $H = 0,8$  м бўлган ҳолда, абсорбер диаметри ва ҳаво билан аралашлан 100 кг оқтан буғининг югтилиш даври давомийлигини юқоридаги маълумотлар ёрдамида аниқлаб беринг.

9.2. Углерод заррачалардан иборат қатламининг баландлиги  $H = 0,1$  м бўлганда  $CCl_4$  буғлари адсорбцияланиш учун - нинг сакрагунча бўлган ютилиш давомийлигини ва  $\tau_0$  ҳимоя ҳаракати вақтининг йўқотилишини аниқлаш керак. Газ-буғ аралашманинг тезлиги 5 м/мин, кўмир заррачаларининг диаметри  $d = 2,75$  мм, динамик коэффициентлар қиймати  $P_1$

$=14500$ ,  $P_2=529$  мм.с.т.г.

9.3.  $20^\circ\text{C}$  даги бензол адсорбцияси изотермаси ёрдамида (9.6-расм)  $25^\circ\text{C}$  этил спирти буғи адсорбцияси изотермаси чизиғини қуринг.



9.6-расм.  $20^\circ\text{C}$  температурада адсорбция изотермлари [7].

9.4. 9.6 - расмдаги бензол адсорбцияси изотермаси ёрдамида бошланғич концентрацияси  $\bar{C}_0 = 0,11$  кг/м<sup>3</sup> бўлган, газ-буғ аралашманинг узлуксиз адсорбцияланишидан ташкил топган кўмир қатлами баландлигини аниқлаш керак. Аралашманинг ўтиш тезлиги  $w = 20$  м/т.ин, моля берини коэффициентини  $\beta_y = 4$  с<sup>-1</sup>. Кўмир ўзининг статик фаоллигида адсорбцияланган жараёнда 80% гача түрғнади. Кўмирнинг десорбцияланиш тезлиги, бошланғич статик фаоллигига нисбатан қолдиқ фаоллиги  $14,5^\circ\text{C}$  ни ташкил этади. Газ-буғ аралашма концентрация миқдори  $\bar{C}_0 = 0,01$  кг/м<sup>3</sup> дан ошмаган қўймағача тозаланиши керак.

9.5. Диаметри 3 м бўлган вертикал адсорберга, диаметри 0,35 м бўлган пўнат қувурдан 170 м<sup>3</sup>/мин. миқдорда газ-буғ аралашма кирмоқда. Газ-буғ аралашмадаги этил спиртининг бошланғич концентрацияни миқдори  $\bar{C}_0 = 0,02$  кг/м<sup>3</sup>. Этил спиртининг адсорбердан чиқиб кетаётган газдаги концентрацияси  $\bar{C}_1 = 0,0002$  кг/м<sup>3</sup>. Адсорбернинг кўмир қатламининг баландлиги  $H = 1,5$  м,

қўмирнинг тўкиб уйилиш зичлиги  $500 \text{ кг/м}^3$ . Бир эгиш даврининг вақти 4 соат 37 мин. Биринчи давр учун адсорбердан ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдорини аниқлаш керак.

9.6. Колонналик қурилмада ҳавони узоқ муддат қуритганда қуйидаги маълумотлар олунган:

$$\bar{C}_0 = 0,01 \text{ кг/м}^3, \quad \bar{C}_{\text{кел}} = 2,94 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3, \quad d_0 = 0,002 \text{ м}; \quad a_0^* = 170 \text{ кг/м}^3$$

*NaA* типдаги цеолитнинг минимал тезлик ҳаракатини аниқлаш. Қурилманинг кўндаланг кесими бўйича газ оқими тезлиги  $0,5 \text{ м/с}$ .

### КОНТРОЛ ТОПИШИРИҚ №19

Кўзгалмас қатлам баландлиги  $H$ ,  $C_0 = 0,01 \text{ кг/м}^3$ , қурилманин тўлиқ кўндаланг кесими юзасига ҳисобланган буғ-ҳаво аралашмаси оқими нинг тезлиги  $w = 0,5 \text{ м/с}$ ,  $\tau = x \text{ м}^2/\text{с}$ ,  $\tau_{\text{кел}} = y \text{ мин}$ .

Юқорида қайд этилган шароитлар учун газларни туқур қуритиш ( $C_{\text{кел}} = 2,94 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ ) жараёнининг колонналик қурилманинг ишчи баландлиги ва *NaA* ( $d_0 = 0,002 \text{ м}$ ) типдаги цеолит кўзгалмас қатламининг модда ўтказиш соҳасининг узунлиги аниқлансин.

| Пара-<br>метр       | Улчов<br>бирлиги  | Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------|-------------------|-----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                     |                   | 1                                       | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 0   |
| $\tau_{\text{кел}}$ | мин               | 200                                     | 150 | 160 | 190 | 170 | 120 | 100 | 250 | 230 | 300 |
| $C_{\text{кел}}$    | кг/м <sup>3</sup> | 115                                     | 80  | 90  | 110 | 100 | 70  | 60  | 150 | 140 | 190 |

| Пара-<br>метр | Улчов<br>бирлиги | Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар |     |     |     |     |     |      |     |      |     |
|---------------|------------------|-----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|
|               |                  | 1                                       | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7    | 8   | 9    | 0   |
| $H$           | м                | 0,4                                     | 0,3 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 0,25 | 0,6 | 0,45 | 0,7 |

## Қ У Р И Т И Ш

## Ҳисоблаш формулалари ва исосий боғлиқликлар

1. Нам модда намлик миқдори унинг умумий массасини нисбатан ( $u$ ) фоиз ҳисобида, ёки қуруқ модда массасига нисбатан ( $u'$ ) ифоцалаш мумкин.  $u$  ва  $u'$  катталиклари қуйидагича боғлиқликка эга:

$$u' = \frac{100 \cdot u}{100 - u}; \quad u = \frac{100 \cdot u'}{100 + u'}; \quad (10.1)$$

2. Қуритиш жараёнида модда намлиги  $u_{\text{бош}}$  дан  $u_{\text{ох}}$  ўзгаргандаги намлик миқдори  $W$  қиймати қуйидагича аниқланади:

$$W = G_{\text{бош}} \cdot \frac{u_{\text{бош}} - u_{\text{ох}}}{100 - u_{\text{ох}}} \quad W = G_{\text{ох}} \cdot \frac{u_{\text{бош}} - u_{\text{ох}}}{100 + u_{\text{бош}}} \quad (10.2)$$

бу ерда,  $G_{\text{бош}}$  - бошланғич масса, кг;  $u_{\text{бош}}$  - бошланғич намлик, %;  $G_{\text{ох}}$  - охириги масса, кг;  $u_{\text{ох}}$  - охириги намлик, %

Агарда, модданинг  $n$  л сақлаш миқдори қуруқ модда массасига нисбатан фоизда ( $w$ ) берилган бўлса, у ҳолда

$$W = G_{\text{куп}} \cdot \frac{u'_{\text{бош}} - u'_{\text{ох}}}{100}$$

$G_{\text{куп}}$  - абсолют қуруқ моддага нисбатан қуритилчининг маҳсулдорлиги, кг/с.

3. Б, г-ҳаво арағачмасида буғ миқдори  $x$  (кг буғ/кг қуруқ газ);

$$x = \frac{M_a}{M_g} \cdot \frac{P_a'}{P - P_a'} \quad (10.4)$$

$M_6$  ва  $M_7$  - буг ва ҳавонинг моляр массаси;  $\Pi$  - буг-ҳаво аралашмасининг умумий босим.;  $P_6$  - бугнинг парциал босими.

Буг ва ҳаводан иборат аралашманинг нам сақлаш миқдори  $x$  (г-сув/бугн/кг-қуруқ ҳаво):

$$x = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{\text{буғи}}}{\Pi - \varphi \cdot P_{\text{буғи}}} \quad (10.5)$$

бу ерда 0,622 - сув буги ва ҳавонинг моляр массалари нисбати;  
 $\varphi$  - ҳавонинг нисбий намлиги:

$$\varphi = \frac{P_n}{P_{\text{н.и}}} \quad (10.6)$$

$P_{\text{н.и}}$  - сув бугининг ҳаводаги парциал босими. (қуруқ термометр температураси бўйича).

$P_{\text{буғи}}$  - шу температурадаги тўйинган сув бугининг босими (иловадаги 34-жадвал).

4. Нам ҳавонинг энтальпияси  $I$  (кЖ/кг қуруқ ҳаво)

$$I = (c_a + c_v \cdot x) \cdot t + r_v \cdot x = (1,01 + 1,97 \cdot x) \cdot t + 2493 \cdot x \quad (10.7)$$

бу ерда  $c_a = 1,01$  кЖ/(кг·К) - қуруқ ҳавонинг ўртача солиштирма иссиқлик сифими (босим ўзгармас бўлганда)  $c_v$  - 1,97 кЖ/(кг·К) - сув бугининг ўртача солиштирма иссиқлик сифими.

$x$  - ҳавонинг нам сақлаши, кг-бугн/кг-қуруқ ҳаво;

$t$  - ҳаво ҳарорати (қуруқ термометр бўйича), °С;

$r_v = 2493$  кЖ/кг - сувнинг 0°С да бугга айланиш солиштирма иссиқлик миқдори.

Қуригиш жараёнининг потенциали қуйидаги формула бўйича экинчи даражаси:

$$\varepsilon = t_k - t'_n$$

бу ерда  $t_k$  - қуруқ термометр бўйича ҳавонинг температураси;

$t'_n$  - нам термометр бўйича ҳавонинг температураси;

Ҳуқ термометрнинг ҳақиқий температураси

$$t_n = t_n - \frac{\Delta \cdot (t_k - t_n)}{100}$$

$\Delta$  - ҳўл термометр кўрсаткичига киритиладиган тузатиш, %.

5. Нам ҳавонинг параметрлари  $x$ ,  $t$ ,  $\varphi$ ,  $\Gamma$  орасидаги боғлиқликлар Рамзиннинг  $\Gamma - x$  диаграммаси орқали осон аниқланади (10-1 расм) ва унинг ёрдамида нам материални конвектив қуритиш масалалари ечилади.

6. Босим:  $\Pi$ , температураси  $\Gamma$  бўлган нам ҳавонинг э. олин қуйидагича аниқланади:

$$\rho_{n\kappa} = \rho_{\kappa\kappa} + \rho_0 \quad (10.8)$$

бу ерда  $\rho_{\kappa\kappa}$  - қуруқ ҳаво зичлиги;  $\rho_0$  - сув бугининг зичлиги, ўз парциал босими ёрдамида аниқланган:

$$\rho_n = \frac{M_n \cdot T_o \cdot (n \cdot \varphi \cdot P_{\text{муи}})}{22,4 \cdot T \cdot n_o} \quad (10.9)$$

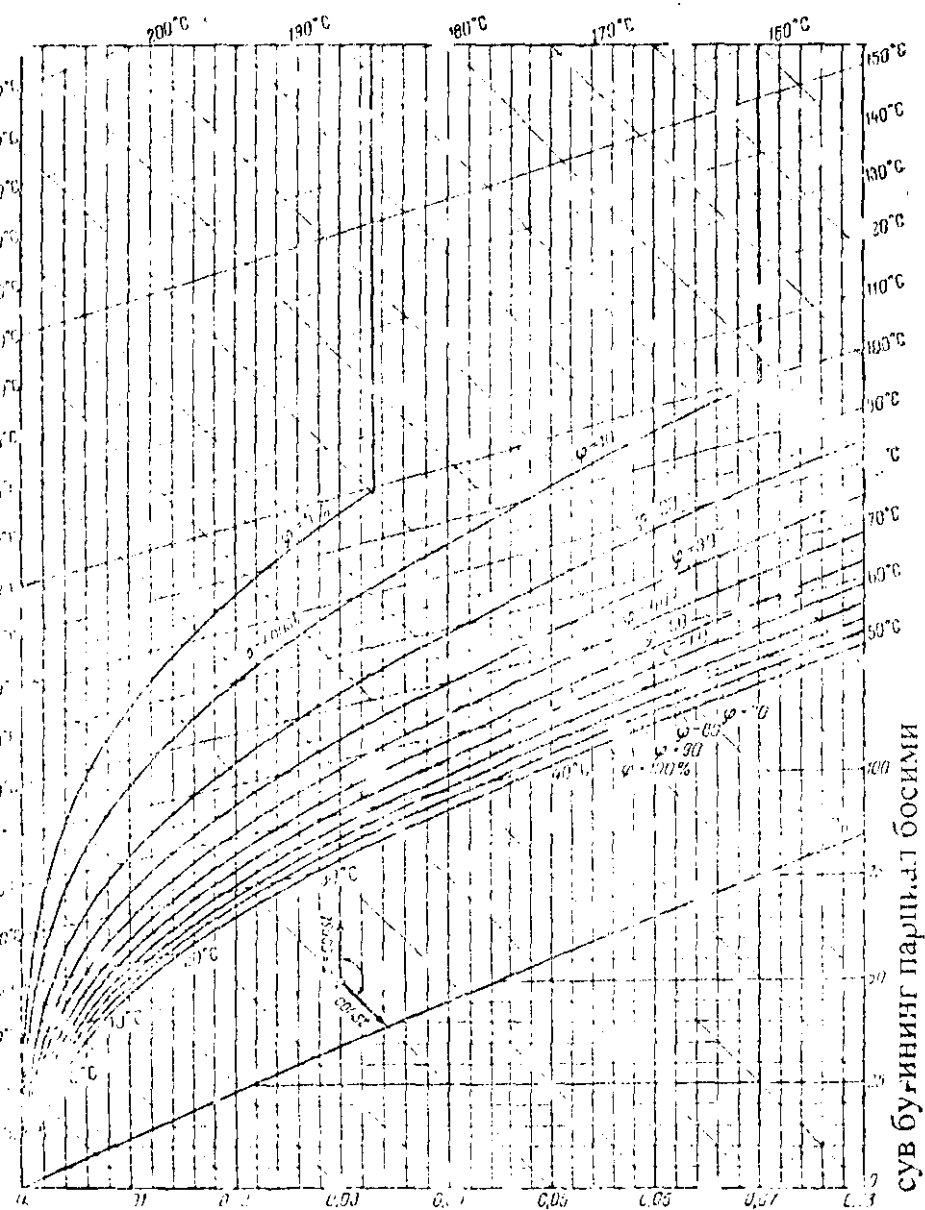
$$\rho_0 = \frac{M_{\text{сув}} \cdot T_o \cdot \varphi \cdot P_{\text{муи}}}{22,4 \cdot T \cdot n_o} \quad (10.10)$$

яъни  $\Pi$  - буғ-ҳаво аралашмасининг умумий босими,

$\Pi_0$  - нормал босим (0,1013 МПа ёки 1 атм)

(10.8)-(10.10) - формулаларни қўшиб қуйидаги формулани ҳосил қиламиз:

$$\begin{aligned} \rho_n &= \frac{M_n \cdot T_o \cdot \Pi}{22,4 \cdot T \cdot \Pi_o} \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \frac{M_n}{M_o} \right) \cdot \frac{\varphi \cdot P_{\text{муи}}}{\Pi} \right] = \\ &= 1,293 \cdot \frac{273 \cdot \Pi}{T \cdot 101300} \cdot \left( 1 - 0,378 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{\text{муи}}}{\Pi} \right) = \\ &= \frac{3,48 \cdot 10^{-3}}{T} \cdot \left( \Pi - 0,378 \cdot \varphi \cdot P_{\text{муи}} \right) \end{aligned} \quad (10.11)$$



Нам сақлаш  $x$ ,  $\text{кг/кг}$  қуруқ ҳаво

10.1-расм. Нам ҳавонинг 1-х диаграммаси.

8. Қуриттич орқали утадиган қуруқ ҳаво сарфи  $L$  (кг/с, ушбу тенгламадаги аниқланади:

$$L = W/I \quad (10.12)$$

бу ерда  $W$  - қуриттичнинг буғлатиётган (моҳдадан ажратаётган) намлик бўйича унумдорлиги, кг/с;  $I$  - қуруқ ҳаво солиштирма сарфи, кг/кг буғланаётган намлик.

$$I = \frac{1}{x_2 - x_0} \quad (10.13)$$

$x_0$  ва  $x_2$  - қуриттичга кираётган ва ундан чиқаётган ҳавонинг нам сақлаши.

9. Қуриттич жараёни нормал шароитда олиб борилганда, калорифергаги нesiқлик сарфи  $Q$  (Вт),

$$Q = L \cdot (I_1 - I_0) \quad (10.14)$$

бу ерда  $I_1$  ва  $I_2$  - ҳавонинг калориферга кириш ва ундан чиқнадаги нiгариниялари, Ж/кг қуруқ ҳаво.

Қуриттичда жараёни нормал қуритиш шароитида олиб борилганда нesiқлик баланси ушбу кўринишда эга:

$$Q = L \cdot (I_2 - I_1) + \sum Q \quad (10.15)$$

$I_2$  - қуриттичдан чиқаётган ҳаво нiгаринияси;

$\sum Q$  - мейвириваниш калорифер думб сарфи, мейвириваниш калориферга келадиган ва калориферга келадиган нesiқликнинг қисмига қараб,  $Q_{\text{нesiқлик}}$  ва  $Q_{\text{қуруқ ҳаво}}$  қисмларига бўлиниши билан,  $Q_{\text{нesiқлик}} = Q_{\text{қуруқ ҳаво}} = Q_{\text{нesiқлик}}$ .

Ҳам  $Q_{\text{нesiқлик}}$  ва  $Q_{\text{қуруқ ҳаво}}$  қисмларига қараб сарф қилинган нesiқликнинг ҳар бирига қараб,  $Q_{\text{нesiқлик}}$  ва  $Q_{\text{қуруқ ҳаво}}$  қисмларига бўлиниши билан,  $Q_{\text{нesiқлик}} = Q_{\text{қуруқ ҳаво}} = Q_{\text{нesiқлик}}$ .

$$Q_{\text{нesiқлик}} = L \cdot (I_2 - I_0) \quad (10.16)$$

10. Ҳақиқий қуритгичдаги солиштирма иссиқлик сарфи  $q$  (Ж/кг бугланаётган намлик) лшбу формула ёрдамида топилади:

$$q = \frac{Q}{W} = \frac{I_1 - I_0}{x_2 - x_0} = l \cdot (I_1 - I_0) \quad (10.17)$$

назарий қуритгичда ҳавонинг охириги ҳолати бўйича

$$q_{нат} = \frac{I_2 - I_0}{x_2 - x_0} \quad (10.18)$$

Ҳақиқий ва назарий қуритгичда,нинг солиштирма иссиқлик сарфларининг фарқи:

$$q - q_{нат} = \frac{I_2 - I_0}{x_2 - x_0} - \Delta \quad (10.19)$$

агарда, қуритгич камерасида қўшимча иситкич бўлмаса, унда:

$$\Delta = \frac{\sum Q}{W} = c_{нат} + q_{тр} + q_{шук} - c \cdot \theta_6 \quad (10.20)$$

Бу ерда

$$q_{нат} = \frac{G_6}{W} \cdot c_{ок} \cdot (\theta_{ок} - \theta_6); \quad q_{тр} = \frac{G_{тр}}{W} \cdot c_{ок} \cdot (\theta_{ок} - \theta_6);$$

$$q_{шук} = \frac{Q_{шук}}{W}$$

бу ерда  $c_{ок}$ ,  $c_{тр}$ ,  $c$  - қуритилган материалнинг, транспорт қурилмаси, сувнинг солиштирма иссиқлик сггимлари;  $\theta_6$ ,  $\theta_{ок}$  - бошланғич (нам материалнинг қуритгичга кирётганидаги) ва охириги (қуритилган материалнинг қуритгичдан чиққандаги) температуралари, °С.

11. Қуритгичнинг иссиқлик ф.и.к.

$$\eta = \frac{r}{q} \quad (10.21)$$

бу ерда  $r$  - материални қуритиш айтидаги температура бўйича аниқланадиган (хўл термометр температураси бўйича), сувнинг буғга айланиш солиштира иссиқлиги, Ж/кг.;  $q$  - қуритгичдаги иссиқликнинг солиштира сарфи, Ж/кг.

Ўзгармас бир хил шароитда қуритиш жараёнининг даражасини қуйидаги тахминий формулалар ёрдамида топиш мумкин:

а) ўзгармас тезлик даври (I-давр) учун

$$\tau_1 = \frac{1}{N} \cdot (u'_{\text{бош}} - u'_{\text{кр}}) \quad (10.22)$$

б) камаювчи тезлик даври (II-давр) учун

$$\tau_2 = \frac{u'_{\text{кр}} - u'_{\text{н}}}{N} \cdot 2,3 \cdot \lg \frac{u'_{\text{кр}} - u'_{\text{н}}}{u'_{\text{н}} - u'_{\text{н}}'} \quad (10.23)$$

бу ерда  $N$  - I-давр қуритиш тезлиги;  $u'_{\text{бош}}$ ,  $u'_{\text{кр}}$ ,  $u'_{\text{н}}$ ,  $u'_{\text{н}}'$  жараённинг бошланғич, критик, сирдидаги ва мувознаат ҳолатидаги материал намлиги.

Умумий қуритиш вақти

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 \quad (10.24)$$

Ўртача ҳаракатлаштирувчи куч ушбу формулалар орқали аниқланади:

$$\Delta x_{\text{ур}} = \frac{\Delta x_1 - \Delta x_2}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta x_1}{\Delta x_2}} \quad (10.25)$$

бу ерда

$$\Delta x_1 = x_{\text{max}} - x_1$$

$$\Delta x_1 = x_{\text{max}} - x_2$$

1-дир қўриғини тезлиги  $N$  таъриба ўтказини йўли билан ёки модала берини коэффициентни орқали аниқлайтишни мумкин.

Нам материал юзасидан бугланилган намлик миқдори

$$W = \beta \cdot F \cdot \Delta x_{1p} \quad (10.26)$$

булса, қўриғини тезлиги  $N$  ушбу ифода ёрдамида топилади:

$$N = \frac{W}{G_k} = \frac{\beta \cdot F \cdot \Delta x}{G_k} \cdot \frac{p}{p_0} = j \cdot f \cdot \Delta x_{1p} \quad (10.27)$$

бу ерда,  $\beta$  - газ фазасидаги модала берини коэффициентни,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кг}/\text{кг})$ ;  $F$  - бугланиш юзаси,  $\text{м}^2$ ;  $f = F/G_{k,p}$  - солиниларма юза,  $\text{м}^2/\text{кг}$ ;  $\Delta x$  - ўртача ҳаракатга келтирувчи куч,  $\text{кг буг}/\text{кг қуруқ ҳаво}$ .

Модала берини коэффициентни  $\beta$  ушбу критериял тегиламадан топилади:

$$Nu' = A \cdot Re_r^n \cdot (Pr_r')^{0.33} \cdot Gr^{0.136} \quad (10.28)$$

$$\text{бу ерда} \quad Nu' = \frac{\beta \cdot l}{D}; \quad Re = \frac{w \cdot l}{\nu}; \quad Pr_r' = \frac{\nu}{D}$$

Гухман критерийси:

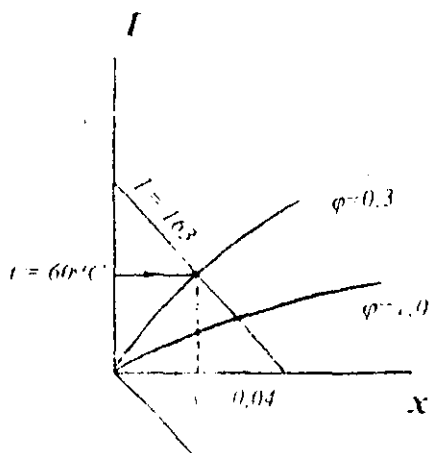
$$Gr = \frac{T_a - T_n}{T_n} \quad (10.29)$$

## МИСОЛЛАР НИ ТИПЛАНИ НАМУЧАСИ

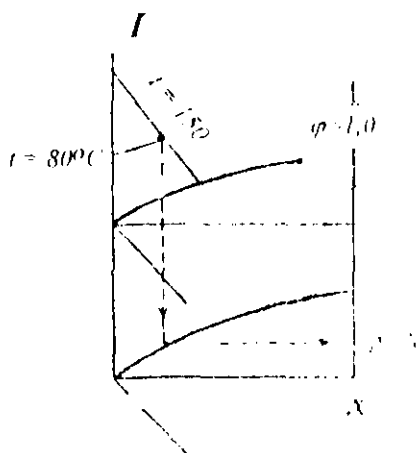
10.1. Нисбий намлиги  $\phi = 0,3$  ва температураси  $20^\circ\text{C}$  булган ҳавонинг эпитанилмаси ва нам сақлаши Рамиянинг 1-хитлаграммасидан топили.

Е ч и ш :

10.2-расмда кўрсатиладек, энтальпия  $I = 163$  кЖ/кг қуруқ ҳаво нам сқлаши  $x = 0,04$  кг/кг-қуруқ ҳаво.



10.2-расм. 10.1 масалага оид



10.3-расм. 10.2 масалага оид

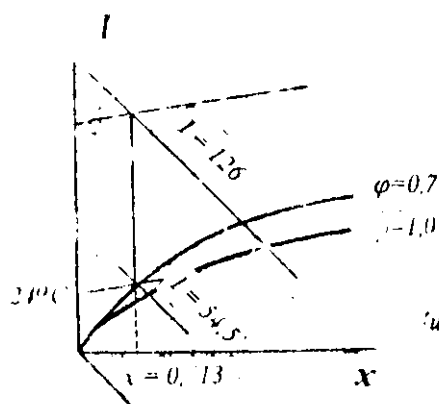
10.2. Температураси  $80^\circ\text{C}$  ва энтальпияси  $I = 150$  кЖ/кг қуруқ ҳаво бўлган буг-ҳаво аралашмасидан сув бугинини парциал босимни аниқлансин.

Е ч и ш :

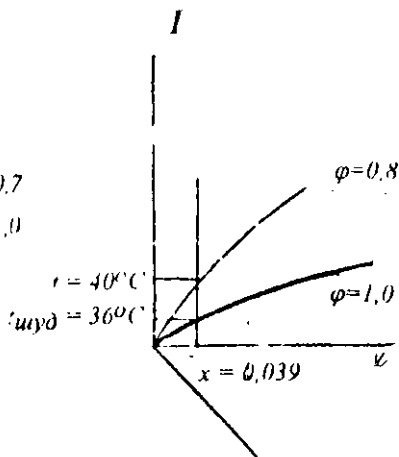
Рамдиннинг  $I$ - $x$  (10.1-расм) диаграммасидан  $80^\circ\text{C}$  ни изотерма ва  $I = 150$  кЖ/кг қуруқ ҳаво чизикларининг кесилиши нуқтасини топиб, уни сув бугининг парциал босими чизигига туширилади. Сунггиса абсцисса уқига параллел эҳда ординатига тушиб оқиш борами.

Демак,  $t = 80^\circ\text{C}$  ва  $I = 150$  кЖ/кг қуруқ ҳаво ушун парциал босим  $p_{\text{н}} = 28$  мм.с.м.устга тенг. Единиини график схемаси 10.3-расмда келтирилган.

10-3. Температураси  $24^{\circ}\text{C}$  ва  $\varphi = 0,7$  бўлган ҳаво калорифердан  $90^{\circ}\text{C}$  гача иситилмоқда. Калорифердан чиқаётган ҳавонинг энthalпияси ва нам сақлаши топилисин.



10.4-рasm. 10-3 масалага оид



10.5-рasm. 10-4 масалага оид

**Ҳ. ч и ш :**

1-x диаграммада ҳавонинг бошланғич ҳолати  $t = 24^{\circ}\text{C}$  ли изотерманинг  $\varphi = 0,7$  чизиги билан кесилган нуқтасига дури келади (10.4-рasm).

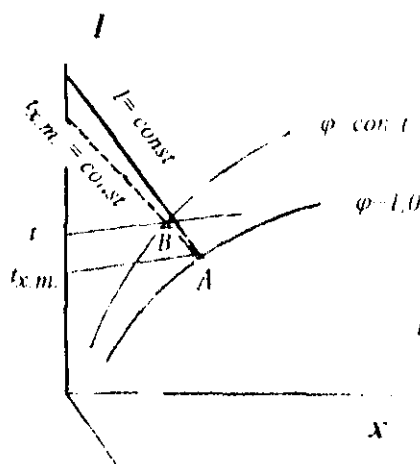
Ушбу нуқтага  $x = 0,013$  кг/кг-қуруқ ҳаво ва  $I = 54,5$  кЖ/кг-қуруқ ҳаво дури келади. Иситиш пайтида ҳавонинг нам сақлаши ўзгармайди, шу сабабли ҳавони иситиш жараёни  $x = \text{const}$  чизиги билан ифодаланади. Демак, ҳавонинг охириги ҳолати  $x = 0,013$  чизиги  $t = 90^{\circ}\text{C}$  ли изотерма билан туташган нуқтаси билан ҳарактерланади. Бу нуқтага энthalпиянинг  $I = 126$  кЖ/кг қуруқ ҳаво сон қиймати тури келади.

10-4. Агар ҳавонинг температураси  $t = 40^{\circ}\text{C}$  ва нисбий намлиги  $\varphi = 0,8$  бўлса, унинг шудринг нуқтаси топилисин

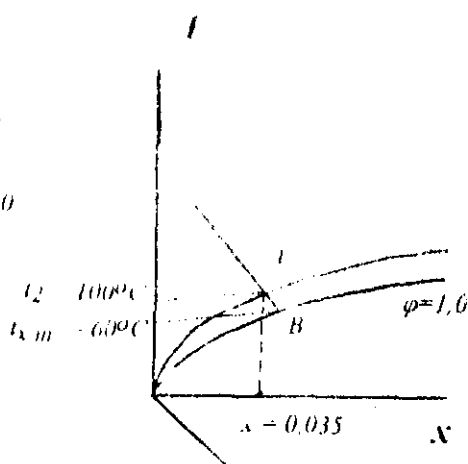
# Е ч и ш:

Нам ҳаво совитишчи бориса, маълум температурага етди, намлик шудринг сифатида ажрати бошлайди. Намликнинг бундай ҳолатда ажратишга туғри келадиган температурага шудринг нуқтаси деб атайлади. Бу нуқтани топиш учун 1-х диаграмманинг ордината ўқидан  $60^{\circ}\text{C}$  га тегишли нуқтадан изотерма чизигини  $\varphi = 0,8$  билан кесинишча давом эттирамиз. Тугашган ушбу А нуқтадан  $x = \text{const}$  чизик бўйлаб нақша  $\varphi = 1,0$ , яъни тўйиннинг чизиги билан кесинишча туширамиз (10.5-р.см). Беришган параметрларга туғри келган нам сифати  $x = 0,039$  кг/кг ва шудринг нуқтаси  $t = 30^{\circ}\text{C}$ .

10-5. Дана; катта қурғишнинг қулайлигича қуруқ термометр  $t_k = 40^{\circ}\text{C}$ , ҳуш термометр эса  $t_{xm} = 36^{\circ}\text{C}$ . 1-х диаграммдан ҳавонинг нисбони пазланишан қилансиз.



10-6-расм. 10-5 масаллага оид



10-7-расм. 10-6 масаллага оид

$t_x = 35^\circ\text{C}$  изотермани  $\varphi = 100\%$  билан кесилгунча чўзиб орамиз ва А нуқтани топамиз (10.6-расм). Ушбу нуқтадан изотерма бўйича ( $t_x = \text{const}$ ) ҳаракат этиб В нуқтада  $t$  температура изотерма билан кесилгунча чўзамиз ва бу нуқтага оид  $\varphi$  ни ниқдаймиз.

Бизнинг мисолимиз учун  $t_k = 40^\circ\text{C}$  ва  $t_x = 35^\circ\text{C}$  бўлганда  $I = \text{const}$  чизиги бўйича  $\varphi = 70\%$  лғини топамиз.

10-6. Қуритгичдан чиқётган ҳаво температураси  $t_2 = 100^\circ\text{C}$  ва нам сақлаши  $x_2 = 0,0135$  кг/кг ва материалнинг намлиги критик намлик юқори бўлса, материалнинг температураси топилин.

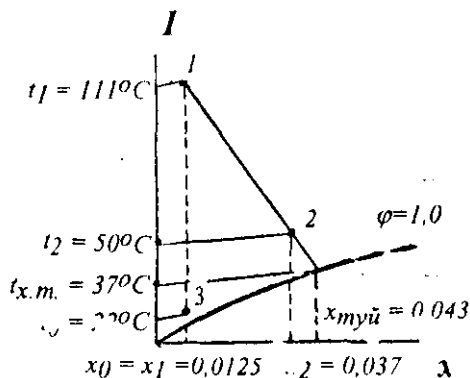
**Е ч и ш:**

Қуритиш жараёнининг I-даврига нам материалнинг температураси ҳўл термометрнинг температураси  $t_x I$  тенг бўлади.

Бу температурани топиш учун А нуқтада.  $I = \text{const}$

чизигини  $\varphi = 1$  билан В нуқтада туташгунча давом эттирамыз (10.7-расм). Ушбу нуқтадан  $t_x = 60^\circ\text{C}$  изотерма ўтади.

10-7. Соатига 550 кг, намлиги 23% гўча қуритилган мармелад ишлаб чиқариш учун қуритиш қуролмасига намлиги 30% бўлган мармеладдан қанча миқдорда қуритиш керак.



10.8-расм. 10-7 масалага оид

**Е ч и ш:**

Нам материал бўйича қуритгичнинг шумдорлигини ҳисоблаш учун (10.2) формуладан фойдаланамиз:

$$G = 550 \cdot \frac{100 - 23}{100 - 30} = 605 \text{ кг/соат}$$

10-8. Ушбу шаронлар:  $t_0 = 22^\circ\text{C}$   $t_2 = 50^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_0 = 0.75$ ,

$\varphi_2=0,45$  учун назарий қуритишнинг ҳаракатга келтирувчи кучлари  $\Delta x_{\text{вр}}$  ва  $\Delta u_{\text{вр}}$  ларни ҳисоблаб топинг.

**Е ч и ш:**

1-х диаграммаси (10.8 расм) дан  $x_1 = 0,0125$  кг/кг;  $x_2=0,037$  кг/кг;  $x_{\text{тз}} = 0,043$  кг/кг;  $\theta = 37^\circ\text{C}$  ларни тонамиз.

Демак,

$$\Delta x_{\text{вр}} = \frac{\Delta x_1 - \Delta x_2}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta x_1}{\Delta x_2}} = \frac{(0,043 - 0,0125) - (0,043 - 0,037)}{2,3 \cdot \lg \frac{0,043 - 0,0125}{0,043 - 0,037}} = 0,0152 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

$$\Delta x_{\text{вр}} = \frac{x_1 - x_2}{2,3 \cdot \lg \frac{x_1}{x_2}} = \frac{(11 - 37) - (50 - 37)}{2,3 \cdot \lg \frac{11 - 37}{50 - 37}} = 35^\circ\text{C} = 35\text{K}$$

10-9. Нормал қуритиш шароитида ишлаётган узлуксиз қуритгич учун ҳаво сарфи иситувчи буғнинг зарур босими ва сарфи ҳам аниқлансин:

- нам материал бўйича қуритишнинг иш унумдорлиги -  $G_K = 350$  кг/соат;
- материалнинг бошланғич намлиги -  $u_{\text{боi}} = 42\%$ ;
- материалнинг охириги намлиги -  $u_{\text{ох}} = 11\%$ ;
- материалнинг бошланғич температураси -  $\theta_1 = 18^\circ\text{C}$ ;
- қуритгичдан чиқаётган ҳаво температураси -  $\theta_2 = 47^\circ\text{C}$ ;
- ҳавонинг ҳолат характеристикалар: -  $t_0 = 15^\circ\text{C}$ ;  $\varphi_0 = 70\%$ ;
- қуритгичда чиққандаги -  $t_2 = 45^\circ\text{C}$ ;  $\varphi_2 = 60\%$ ;
- қуритилган материалнинг солиштира иссиқлик сисими -  $c_{\text{ох}} = 2350$  Ж/г·К;
- транспортёр массаси -  $G_{\text{тр}} = 600$  кг;
- атроф муҳитга иссиқликнинг йўқотилиши -  $Q_{\text{иук}} = 12\%$ ;
- иситувчи буғ намлиги -  $6\%$ .

**Е ч и ш :**

Қуритгичда булганган намлик (ёки материалдан чиқарилган сувнинг) миқдорини қуйидаги тенгла орқали топилади:

$$W = I_{\text{булган}} \cdot \frac{H_{\text{булган}}}{100} \cdot \frac{H_{\text{ох}}}{H_{\text{ох}} - 11} = 350 \cdot \frac{42 - 11}{100 - 11} = 122 \text{ кг/ соат}$$

Сўнгра,  $x_0 = 0,0777$ ,  $x_2 = 0,038$ ,  $I_0 = 35 \text{ кЖ/кг}$ ,  $I_2 = 145 \text{ кЖ/кг}$  ларни аниқлаймиз.

Калориферга киришдан олдин ва қуритгичдан чиққан пайтдаги ҳавонинг нам сақлашнинг ва энтальпиясини  $I$ -х диаграммалардан аниқлаймиз.

$W$  (кг/соат) миқдордаги сувни (намликни) буғлатиш учун ҳавонинг сарфни (қуруқ ҳаво ҳисобида) ушбу формула билан топиш мумкин:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0} = \frac{122}{0,3 - 0,0077} = 4030 \frac{\text{кг}}{\text{соат}} = 1,12 \text{ кг/ с}$$

Назарий қуритгичда иссиқликнинг сарфи

$$Q_n = L \cdot (I_2 - I_0) = 1,12 \cdot (145 \cdot 10^3 - 35 \cdot 10^3) = 123000 \text{ Вт}$$

Ҳақиқий қуритгичда материални иситиш учун қўшимча иссиқлик сарфланади:

$$G_{\text{ох}} \cdot c_{\text{ох}} \cdot (\theta_1 - \theta_2) = \frac{350 - 122}{3600} \cdot 2,35 \cdot 10^3 \cdot (47 - 1^\circ) = 4300 \text{ Вт}$$

Транспортёрни қиздириш учун кетган иссиқлик

$$G_{\text{тр}} \cdot c_{\text{тр}} \cdot (\theta_1 - \theta_2) = \frac{500 \cdot 0,5 \cdot 10^3 \cdot (47 - 18)}{3600} = 2420 \text{ Вт}$$

га тенг бўлади. Бу ерда  $0,5 \cdot 10^3$  - пўлатнинг солиштирма иссиқлик сизими,  $\text{кЖ/(кг} \cdot \text{К)}$  (иловадаги 42-ҳаддан ош танланади).

Материал билан кираётган иссиқлик миқдорини айниб ташлаш керак ва унинг сон миқдори ушбу йўл билан топилади:

$$W \cdot \theta_1 \cdot c_c \cdot \frac{122}{3600} \cdot 18 \cdot 4,19 \cdot 10^3 = 2560 \text{ Вт}$$

Агроф муҳитга йўқотилишни ҳисобга олсак, умумий иссиқлик миқдори қуйидагига тенг бўлади:

$$Q = (123000 + 4300 + 2420 - 2560) \cdot 1,12 = 142560 \text{ Вт}$$

Назарий ва ҳақиқий дуритгичлардаги иссиқлик сарф миқдорларини солиштирсак, ҳақиқий дуритгичдаги иссиқлик сарфи 15% юқорилиги кўринади, чунки  $12300 < 14250$  дан.

$$Q = L \cdot (I_1 - I_0) = 142500 \text{ Вт}$$

унда

$$I_1 - I_0 = \frac{Q}{L} = \frac{142500 \cdot 3600}{4000} = 127500 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{курук хаво}}$$

Демак,

$$I_1 = 127,5 + I_0 = 127,5 + 35 \cdot 162,5 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{курук хаво}}$$

$I_1 = 162,5$  - калорифердан чиқаётган ҳавонинг энтальпиясига  $I - x$  диаграммада  $t_1 \approx 138^\circ\text{C}$  тўғри келади.

Калорифердан чиқаётган ҳавонинг ва иситувчи бўё температураларининг фарқи

$$\Delta t = t_{\text{вб}} - t_1 = 10^\circ\text{C} = 10\text{ K}$$

га тенг бўлади. Унда,  $t_{\text{вб}} = 138 + 10 = 148^\circ\text{C}$

Бу температурага  $p_{\text{абс}} \approx 0,461 \text{ МПа}$  ёки  $4,7 \text{ кг/см}^2$  тўғри келади (34 - жалвал).

Иситувчи буг сарфи қуйидагича аниқланади:

$$G_{ис} = \frac{Q}{r \cdot x'} = \frac{142500}{2122 \cdot 10^3 \cdot 0,94} = 0,0715 \text{ кг/с} = 257 \text{ кг/соат}$$

бу ерда  $r = 2122 \text{ кЖ/кг}$  -  $148^\circ\text{C}$  температурадаги иситувчи бугнинг солиштирма конденсацияланиш иссиқлиги.

Иситувчи бугнинг солиштирма сарфи

$$d = \frac{G_{ис}}{W} = \frac{257}{122} = 2,1 \frac{\text{кг иситувчи буг}}{\text{кг буғлатилган суь}}$$

10-10. Барабанли қуритгичда  $500 \text{ кг/соат}$  сарфда узум турпи 65% бошланғич намликдан 8% гача қуритилмоқда. Жараён қарама-қарини йўналишда таъкил этилган қуритгичга кирётган иссиқ ҳаво температураси  $120^\circ\text{C}$ , чиқаётганиники эса  $60^\circ\text{C}$ . Атроф муҳитдаги ҳавонинг параметрлари:  $t = 20^\circ\text{C}$ , намлиги 50%, барометрик босим  $0,1 \text{ МПа}$ . Барабанли қуритгичдан чиқаётган ҳаво намлиги 18%. Материалга берилаётган иссиқлик миктори, иссиқ ҳавонинг сарфи ва унинг солиштирма сарфи аниқлансин.

**Е ч и ш :**

$$L = \frac{\dot{W}}{x_2 - x_0}$$

$$W = G_1 \cdot \frac{u_1 - u_2}{100 - u_2} = 500 \cdot \frac{65 - 8}{100 - 8} = 309,8 \text{ кг/соат} = 0,086 \text{ кг/с}$$

қуритгичга кираётган ҳавонинг нам сақлаши:

$$x_1 = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{\text{нуги}}}{P - \varphi \cdot P_{\text{нуги}}} = 0,622 \cdot \frac{0,6 \cdot 0,00238}{0,1 - 0,6 \cdot 0,00238} = 0,009 \text{ кг/кг}$$

Худши шундай, қуритгичдан чиқаётган ҳавонинг нам сақлашини аниқлаймиз:

$$x_2 = 0,622 \cdot \frac{c \cdot 18 \cdot 0,02031}{0,1 - 0,18 \cdot 0,02031} = 0,0236 \text{ кг/кг}$$

Қуритгичга қираётган нам ҳавонинг энтальпияси:

$$I_1 = (1000 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot x) \cdot t + 2493 \cdot 10^3 \cdot t = \\ = (1000 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot 0,009) \cdot 60 + 2493 \cdot 10^3 \cdot 0,009 = 14,56 \cdot 10^4 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}}$$

$$I_2 = (1000 + 1,97 \cdot 10^3 \cdot 0,0236) \cdot 60 + 2493 \cdot 10^3 \cdot 0,0236 = 12,26 \cdot 10^4 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}}$$

Унда

$$L = \frac{0,086}{0,0236 - 0,009} = 5,89 \text{ кг/с} = 5 \cdot 205 \text{ кг/соат}$$

Ҳавонинг солиштирма сарфи

$$l = \frac{L}{W} = \frac{5,89}{0,086} = 68,5 \text{ кг/соат}$$

Материалга ҳаво билан берилган иссиқлик миқдори

$$Q = \frac{L \cdot (I_1 - I_2)}{0,5} = \frac{5,89 \cdot (14,56 - 12,26) \cdot 10^4}{0,5} = 27,1 \cdot 10^4 \text{ Вт} = 271 \text{ кВт}$$

## МАВҲУМ ҚАЙНАШ ҚАТЛАМЛИ ҚУРИТГИЧЛАРНИ ҲИСОБЛАШ

Иш унумдорлиги

(қуритилаётган материал бўйича)  $- G_{ox} = 0,556 \text{ кг/с}$   
 материал қуйидаги таркибдаги фракцияла дан иборат  
 диаметри 2,0 дан 1,5 мм гача  $- 25\%$   
 диаметри 1,5 д... 1,0 мм гача  $- 75\%$

Грануллашган кунжара намлиги:

Бол танни  $\phi_{ox} = 12\%$   
 охиргиси  $u_{ox} = 0,5\%$

Нам материалнинг температураси  $\theta_1 = 18^\circ\text{C}$

Тоza ҳаво параметрлари:

температураси  $t_o = 18^\circ\text{C}$   
 нисбий намлиги  $\phi_o = 72\%$

Қуригичдаги босим  $p_o = 1 \text{ атм.}$

Калорифердан чиқаётган ҳаво температураси  $t_1 = 130^\circ\text{C}$

1 кг сувни буғлатиш учун атроф муҳитга солиштирама  
 иссиқликнинг йўқотилиши  $q_{сув} = 22,6 \text{ кЖ/кг}$

Бутланган намликнинг (ёки материалдан чиқарилган сувнинг)  
 миқдори қуйидаги тенглама орқали топиши мумкин:

$$W = G \cdot \frac{u_{бош} - u_{ox}}{100 - u_{ox}} = 0,556 \cdot \frac{12 - 0,5}{100 - 12} = 0,0726 \text{ кг/с}$$

Қуригичдан чиқаётган нам ҳавонинг температурасини  $60^\circ\text{C}$  деб қабул қилиб, унинг асосий параметрларини аниқ- лайм из. Одатда, мавҳум қайнаш қатламли қуригичдаги материал температурасини чиқиб кетаётган иссиқ ҳавонинг температурасидан  $1-2^\circ\text{C}$  пастроқ деб ҳисобланади. Демак, қатламдаги материал температураси  $58^\circ\text{C}$  тенг бўлади, яъни  $\theta_2 = 58^\circ\text{C}$ .

Қуригичнинг ички иссиқлик балансини ушбу тенглама орқали ҳисоблайми

$$\Delta = c \cdot \theta_1 + q_{\text{уш}} - (q_c + q_m + q_{\text{рк}}) = 4,19 \cdot 18 -$$

$$- \frac{0,556 \cdot 0,88 \cdot (58 - 18)}{0,0726} - 22,6 = -192 \text{ кЖ/кг намлик}$$

Рамзиннинг  $I - x$  диаграммасидан, маълум  $t_c = 18^\circ\text{C}$  ва  $\varphi_0 = 72\%$   $x_0$ ,  $I_0$  нг топамиз:

$$x_0 = 0,0092 \text{ кг-намл / кг-курук хаво};$$

$$I_0 = 41,0 \text{ кЖ/кг-курук хаво.}$$

Ҳаво  $t_1 = 130^\circ\text{C}$  гача иситилганда, унинг энтальпияси  $I_1 = 157$  кЖ/кг гача ортади, чунки жараён  $x_c = x_1$  шароитда олиб борилади. Сўнг, қуритгидан чиқаётган иссиқ ҳавонинг бошқа параметрларини топиш учун ихтиёрчй  $x = 0,04$  нам сақлаш миқдорини тандаб, қуйидаги формула орқали унинг энтальпиясини топамиз:

$$\text{Кейин, } I = x_0 = 0,0092 \text{ кг/кг, } I_1 = 157 \text{ кЖ/кг}$$

$$\text{ва } x = 0,04 \text{ кг/кг, } I = 151 \text{ кЖ/кг}$$

нуқталари орқали  $t_2 = 60^\circ\text{C}$  мос келадиган нуқта билан туташгунча чизик ўтказиб, из.

Қуритиш чизиги ва  $60^\circ\text{C}$  ли изотермагнинг кесилиш нуқтасида қуритгидан чиқаётган ҳавонинг охириги нам сақлаши  $x_2 = 0,035$  кг/кг аниқланади.

Қуруқ ҳавочинг сарфи  $L$  ушбу тенгламадан топилади:

$$L = \frac{H}{x_2 - x_0} = \frac{0,0726}{0,035 - 0,0092} = 2,81 \text{ кг/с}$$

Қуритгичдаги иссиқ ҳавонинг ўртача температураси  $t_{yp}$  қуйидаги формуладан аниқлаш мумкин;

$$t_{yp} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{130 + 60}{2} = 95^\circ C$$

Бу иссиқ ҳавонинг ўртача нам сақлаш  $x_{yp}$  эса,

$$x_{yp} = \frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{0,0092 + 0,035}{2} = 0,0221 \frac{\text{кг} \cdot \text{намлик}}{\text{кг} \cdot \text{қуруқ ҳаво}}$$

Ҳавонинг  $\rho_{yp}$  ва сув буғининг  $\rho_s$  ўртача з.д.лари қуйидагига тенг:

$$\rho_{yp} = \frac{M}{v_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_{yp}} = \frac{29}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 95} = 0,16 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_s = \frac{18}{22,4} \cdot \frac{273}{273 + 95} = 0,596 \text{ кг/м}^3$$

Ҳаво бўйича ўрта ҳажмий  $V$  шунингдек  $V$  ушбу тенглама орқали ҳисобланади:

$$V = \frac{r}{\rho_{yp}} + \frac{x_{yp} \cdot L}{\rho_s} = \frac{2,81}{0,16} + \frac{0,0221 \cdot 2,81}{0,536} = 3,04 \text{ м}^3/\text{с}$$

Қатламнинг мавҳум қайнашининг бошланиш тезлиги  $w_{чк}$  қуйидагича топилади:

$$w_{чк} = \frac{Re \cdot \mu_{yp}}{\rho_{yp} \cdot d},$$

бу ерда

$$Re_{mk} = \frac{Ar}{1400 + 5,2 \cdot \sqrt{Ar}}$$

$$Ar = \frac{g \cdot d_s^3 \cdot \rho \cdot \rho_s}{\eta^2}$$

Полидисперс материал заррачаларининг эквивалент диаметри ушбу формула ёрдамида ҳисобланади:

$$d_s = \frac{1}{\sum_i \frac{m_i}{d_i}} = \frac{1}{\frac{0,25}{\left(\frac{2,0-1,5}{2}\right) \cdot 10^{-3}} + \frac{0,25}{\left(\frac{2,0+1,5}{2}\right) \cdot 10^{-3}}} = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Архимед критерийси эса

$$Ar = \frac{(1,35 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 0,96 \cdot 9,8 \cdot 1500}{(2,2 \cdot 10^{-3})^2} = 7,17 \cdot 10^4$$

Рейнольдс критерийси

$$Re_{mk} = \frac{7,17 \cdot 10^4}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{7,17 \cdot 10^4}} = 25,6$$

$$w_{mk} = \frac{25,6 \cdot 2,2 \cdot 10^{-3}}{0,96 \cdot 1,35 \cdot 10^{-3}} = 0,435 \text{ м/с}$$

Мавҳум қайнаш қатламининг энг юкори чегараси чиқиб кетиш тезлиги билан белгиланади.

Энг кичик заррачанинг диаметри 1 мм бўлса, унга мос Архимед критерийси қуйидагига тенгдир:

$$Ar = \frac{(10^{-3})^3 \cdot 0,96 \cdot 9,8 \cdot 1500}{(2,2 \cdot 10^{-5})^2} = 2,91 \cdot 10^4$$

Чиқиб кетиш тезлиги эса,

$$w_{\text{ув}} = \frac{2,2 \cdot 10^{-5}}{0,96 \cdot 10^{-3}} \cdot \left( \frac{2,91 \cdot 10^4}{18 + 0,575 \sqrt{2,91 \cdot 10^4}} \right) = 5,75 \text{ м/с}$$

Иситувчи агентнинг ишчи тезлиги  $w_{\text{иш}}$  ва  $w_{\text{ур}}$  оралиғида бўлади.

Агар

$$K_{\text{кет}} = \frac{w_{\text{ув}}}{w_{\text{иш}}} = 40 \div 50 \text{ булса,} \quad K_y = \frac{w}{w_{\text{иш}}} = 3 \div 7$$

агарда

$$K_{\text{кет}} \leq 20 \div 30 \text{ булса,} \quad K_y = 1,5 \div 3$$

Бизнинг шароит учун  $K_y = 2,3$  деб қабул қиламиз. Унда, иситувчи агентнинг ишчи тезлиги қуйидагига тенг бўлади:

$$v = k_y \cdot w_{\text{иш}} = 2,3 \cdot 0,435 = 1,0 \text{ м/с}$$

Қуритгичнинг диаметри  $d$  ушбу формуладан топилади:

$$d = \sqrt{\frac{1}{F \cdot w}} = \sqrt{\frac{3,04}{0,785 \cdot 1^2}} = 1,97 \approx 2 \text{ м/с}$$

Қуритилаётган материал учун мавҳум қайнаш қатламини -  $h$ нинг баландлигини аниқлаш.

Мавҳум қайнаш қатламининг баландлигини иссиқлик ва модда алмашинуви кинетикаси асосида аниқлаш мумкин.

Модда бериш ва олдиш баланс формулаларини тенглаштириб, қуйидаги тенгламани оламиз:

$$dM = w \cdot \rho_{yp} \cdot S \cdot dx = \beta_y \cdot (x^* - x) \cdot dF$$

$M$  - буғлатилган намлик ҳисобида қуритгичнинг иш унумдорлиги, кг/с;  $S$  - қуритгичнинг қўндаланг кесими юзаси, м<sup>2</sup>;  $x, x^*$  - ҳавонинг ишчи ва мувозанат нам сақлаши, кг намлик/кг қуруқ ҳаво;  $F$  - материал юзаси, м<sup>2</sup>;  $\rho_{кс}$  - қуритгичдаги қуруқ ҳавонинг ўртача температурадаги zichligи, кг/м<sup>3</sup>.

Шарсимон заррачаларнинг юзаси

$$dF = \left[ \frac{6 \cdot (1 - \varepsilon)}{d_s} \right] \cdot S \cdot dh$$

бу ерда  $h$  - мавҳум қайнаш қатламининг баландлиги, м.

Ўзгаришчи параметрларни бўлиб, интегралласак ва қатлам баландлиги бўйича заррачаларнинг температураси ўзгармас деб ҳисобласак, қуйидаги қўринишдаги тенгламани оламиз:

$$\frac{x^* - x_2}{x^* - x_1} = \exp \left[ - \frac{\beta_y}{w \cdot \rho_{yp}} \cdot \frac{6 \cdot (1 - \varepsilon)}{d_s} \cdot h \right]$$

Иситувчи агентнинг мувозанат нам сўқлаши  $x^*$  ни  $I - x$  диаграммидан ишчи қуритиш чизигини  $\varphi = 100\%$  чизиги билан кесилиш нуқтасининг абсцисса миқдори олинади, яъни  $x^* = 0,0438$  кг/кг га тенг эканлигини топамиз.

(А) Тенгламанинг чап т.мони қуйидаги миқдорга тенгдир:

$$\frac{x^* - x_2}{x^* - x_0} = \frac{0,0438 - 0,035}{0,0438 - 0,0092} = 0,204$$

Қатламнинг тоъваклиги  $\varepsilon$  ушбу формула билан аниқланади:

$$\varepsilon = \left( \frac{18 \cdot Re + 0,36 \cdot Re^2}{Ar} \right)^{0,21}$$

Рейнольдс критерийси

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho_{yp}}{\mu_{yp}} = \frac{1,0 \cdot 1,35 \cdot 10^{-3} \cdot 0,96}{2,2 \cdot 10^{-3}} = 58,9$$

$$\varepsilon = \left( \frac{18 \cdot 58,9 + 0,36 \cdot 58,9^2}{7,16 \cdot 10^{-4}} \right)^{0,21} = 0,4886 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Материал юзасидан намлик буғланаётган пайтидаги модда бериш коэффициентини  $\beta_y$  ушбу критериял тенгламадан топилади:

$$Nu' = 2 + 0,51 \cdot 1^{0,52} \cdot Pr_y^{0,33}$$

Қуриткичдаги ғартаа температура сув буғларининг ҳаводани диффузия коэффициенти:

$$D = D_{20} \cdot \left( \frac{T_o + t_{yp}}{T_o} \right)^{1.5}$$

бу ерда  $D_{20} = 21,9 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с. Унда,

$$D = 21,9 \cdot 10^{-6} \cdot \left( \frac{273 + 96}{273} \right)^{1.5} = 3,44 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$Pr'_y = \frac{2,2 \cdot 10^{-5}}{0,06 \cdot 3,4 \cdot 10^{-5}} = 0,67$$

Модели бериш коэффициент ушбу формула орқали аниқланади:

$$\beta_y = \frac{D}{d_s} \cdot (2 + 0,51 \cdot Re^{0.52} \cdot Pr_y'^{0.33}) = \frac{3,44 \cdot 10^{-5}}{1,35 \cdot 10^{-3}} \cdot (2 + 0,51 \cdot 58,9^{0.52} \cdot 0,67^{0.33}) = 0,145 \text{ м/с}$$

Қуритлаётган материалларнинг таъхум қайнаш баландлиги

$$0,254 = \exp \left[ - \frac{0,145}{1 \cdot 0,96} \cdot \frac{6 \cdot (1 - 0,48)}{1,35 \cdot 10^{-3}} \cdot h \right]$$

бу тенглама  $h$  га нисбатан ечилса, қуйидаги натижа оламыз:

$$h = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Мавҳум қайнаш қатламли қуритгичларни кимё ва бошқа саноат корхоналарида кўп йиллик ишлатиш шуни кўрсатдики, қуритманинг баландлиги

$$H \cong 4 \cdot H_{cm}$$

бўлиши керак экан. Бу ерда  $H_{cm}$  - қатламнинг гидродинамик розлаш соҳасининг баландлиги.

$$H = \delta : d_o$$

бу ерда  $d_o$  - тўр парда тешикларининг диаметри. Диаметрлар ўнбў стандарг ўлчам лр қаторидан т ланади:

|                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $d_o, \text{мм}$ | 2,0 | 2,2 | 2,5 | 2,8 | 3,2 | 3,6 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,6 |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

Агарда,  $d_o = 2,5$  мм ни талласак, мавҳум қайнаш қатламин баландлиги

$$H = 80 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 0,2 \text{ м}$$

Газ тақсимловчи тўр пардадаги тешиклар сон,  $n$  қуйидагича топиллади:

$$n = \frac{4 \cdot S \cdot F_{mn}}{\pi \cdot d_o^2} = \frac{d^2 \cdot F_{mn}}{d_o^2}$$

$S$  - тўр парда кўндаланг кесимининг сон қиймати қуритгич кўндаланг кесимига тенг;  $F_{mn}$  - тўр парда тешиклари юзасининг туши, шунда  $F_{mn} = 0,02-0,1$ .

Агарда  $F_{mn} = 0,05$  деб қабул қилсак, тўр пардадаги тешиклар сон

$$n = \frac{2^2 \cdot 0,05}{0,0025^2} = 32000$$

Қурилманинг сензация ёқлими  $H_c$  ни мавҳум қайнаш қатлам баландлигидан 4 - 6 мартаба катта қилиб қабул қилинади

$$H_c = 5 \cdot H = 5 \cdot 0,2 = 1 \text{ м}$$

### Қуритгичнинг гидравлик қаршилиги

Қуритгичнинг асосий гидравлик қаршилиги мавҳум қайнаш қатлами  $\Delta P_{mk}$  ва тўр парда  $\Delta P_{mn}$  ларнинг қаршиликларининг йиғиндисиغا тенг

$$\Delta P = \Delta P_{mk} + \Delta P_{mn}$$

$\Delta P_{mk}$  қиймати эса, ушбу формуладан ҳисобланади:

$$\Delta P_{mk} = \rho_k \cdot (1 - \varepsilon) \cdot g \cdot H = 1500 \cdot (1 - 0,486) \cdot 9,8 \cdot 0,2 = 1511 \text{ Н}$$

Тўр парданинг минимал гидравлик қаршилиги  $\Delta P_{mn \text{ min}}$  қуйидагича топилиши мумкин:

$$\Delta P_{mn \text{ min}} = \Delta P_{mk} \cdot \frac{K_u^2 \cdot (\varepsilon - \varepsilon_u)}{(K_u^2 - 1) \cdot (1 - \varepsilon_u)} = 1511$$

$$\cdot \frac{2,3^2}{(2,3^2 - 1)} \cdot \left( \frac{0,486 - 0,4}{1 - 0,486} \right) = 1112 \text{ Н/м}$$

Тапланган түр парданинг гидравлик қаршилиги ушбу формуладан аниқланади:

$$\Delta P_{mn} = r \cdot \left( \frac{w}{F_{mn}} \right)^2 \cdot \frac{\rho_{\text{др}}}{2}$$

бу ерда  $r = 1,5$ .

Унда

$$\Delta P_{mn} = 1,75 \cdot \left( \frac{1}{0,05} \right)^2 \cdot \frac{0,96}{2} = 336 \text{ П}$$

$\Delta P_{mn} = 336 > \Delta P_{mn \text{ min}} = 312$ . Қурутгичнинг умумий гидравлик қаршилиги.

$$\Delta P = \Delta P_{\text{мк}} + \Delta P_{mn} = 1511 + 336 = 1847 \text{ Па}$$

га тенглигини аниқлаб, ҳамда таътир тозалаш қурилмаларини (циклон, скруббер, фильтр ва ҳокимолар) билан ҳолда сентилятор ва турбогазодувкалар тапланади.

## К О Н Т Р О Л М А С А Л А Л А Р

10.1. 1 кг нам материални 50% дан 25% гача қурутганда, 1 кг нам материални 2% дан 1% гача қуригиллигига қарганда неча баробар кўп намлик чиқарилади (умумий массага нисбатан ҳисобланганда).

10.2. Қуригичдан чиқаётган ҳавонинг температураси  $t = 50^\circ\text{C}$  ва нисбий намлиги  $\phi = 0,7$  бўлганда уни 1 г нам қлаши, энтальпияси, ҳўл термометр температураси ва шўдрин нуқталарини аниқлани.

10.3. Ҳавонинг қурут термометрлаги, ҳарорати  $50^\circ\text{C}$  ва ҳўл термометрлаги температураси  $3^\circ\text{C}$  бўлганда, ҳавонинг қол н

ҳамма характерловчи параметрларини аниқлаб беринг.

10.4. Сув буғининг ҳаво билан аралашмасидаги парциал босими  $0,1 \text{ кгк/см}^2$  лиги маълум бўлган,  $50^\circ\text{C}$  температурда бу аралашманинг нисбий намлиги ва нам сақлашини аниқлаб беринг.

10.5. Сув буғининг а) ҳаво билан; б) водород билан ва в) этан билан аралашмаларидаги температураси  $t = 35^\circ\text{C}$  да ва нисбий намлиги  $\varphi = 0,45$  даги миқдорини аниқланг (газларнинг миқдорини  $1 \text{ кг}$  деб олинсин). Умумий абсолют босим  $P = 1,033 \text{ кгк/см}^2$ .

10.6. Агарда, қуритгичдан чиқаётган ҳавонинг температураси  $t_2 = 40^\circ\text{C}$  ва нисбий намлиги  $\varphi_2 = 0,6$  бўлса, ёз ва қиш фазллари (Тошкент шаҳри шартли) учун ҳавонинг солиштирма сарфи ва иссиқлик миқдори аниқлансин. Назарий қуритгичда нормал қуритиш жараёни ташкил этилган.

10.7. Ҳаво-буғ аралашмаси температураси  $150^\circ\text{C}$  да ва нисбий намлиги  $\varphi = 0,5$  га тенг бўлганда умумий (абсолют) босим миқдори  $745 \text{ мм.с.м.уст.ни}$  ташкил этади. Сув буғи ва ҳавонинг парциал босимини ва ҳавонинг нам сақлашини топинг.

10.8. Нам ҳаво температураси  $130^\circ\text{C}$ , нисбий намлиги  $\varphi=0,3$  ва абсолют босими  $7 \text{ кгк/см}^2$  ( $0,7 \text{ МПа}$ ) га тенг. Ҳавонинг парциал босимини, зичлиги ва нам сақланишини аниқлаб беринг.

10.9. Қуритгичга кираётган ҳаво миқдори соатига  $200 \text{ кг}$  (абсолют қуруқ ҳаво деб ҳисобланганда) бўлиб, унинг температураси  $t_1 = 95^\circ\text{C}$  ва  $\varphi_1 = 5\%$  ни ташкил этади. Қуритгичдан чиқаётганда  $t=50^\circ\text{C}$  ва  $\varphi = 6\%$  бўлса, қуритгичдаги материалдан чиқаётган намлик миқдори қанча? Ҳавонинг солиштирма сарфи ҳам аниқлансин.

10.10. Соатига  $800 \text{ кг}$  намлиги  $32\%$  тастиклани қуритиш жараёнида  $144 \text{ кг/соат}$  миқдордаги намлик буғлатилган бўлса, олинган пастада неча фоиз намликда бўлади?

10.11. Қуридаги шароитларда, яъни  $t_0 = 15^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_0 = 0,8$ ,  $t_2 = 45^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_2 = 0,6$ ;  $P = 150 \text{ мм.с.м.уст.}$  да қуритиладиган материаллардан соатига  $100 \text{ кг}$  намлик ажралаётган бўлса, вентиляторнинг иш суръатдорлигини аниқланг.

10.12. Ҳаво қуритгичга киришдан олдин калориферда  $113^\circ\text{C}$  гача иситилади. Қуритгичдан чиқаётганда ҳаво температураси  $50^\circ\text{C}$  ва нисбий намлиги  $0,3$ . Калориферга кираётган ҳавонинг шудринг нуктасини аниқлаб беринг. Қуритиш  $I = \text{соат}$  қизиги

бўйлаб бормоқда деб ҳисоблансин.

10.13. Нон маҳсулотларини қуёшни жароёнида чиқиб кетаётган иссиқ ҳавонинг бир қатъини қуритишга қайтариш йўлида ишламоқда:

Ҳавонинг параметрлари қуйидагича:  $t_0 = 30^\circ\text{C}$ ,  $\phi_0 = 49\%$ ;

Ишлатиб бўлинган иссиқ ҳаво параметрлари:  $t_2 = 52^\circ\text{C}$ ,  $\phi_2 = 55\%$ ;

Аралаштириш даражаси:  $n = 2$ ;

Калорифердан чиқаётган ҳаво температураси  $t_{\text{арал}} = 93^\circ\text{C}$ .

Ушбу жароёнлар учун қуйидагилар аниқлансин: ҳавонинг солиштирма энтальпияси ва намлиги; ишлатиб бўлинган иссиқ ҳавонинг солиштирма намлиги, энтальпияси, температураси ва нисбий намлиги; ўрнатилган қуритилган ҳавонинг солиштирма намлиги, энтальпияси, температураси ва нисбий намлиги. Ҳисоблар аналитик ва график ( $I-x$  диаграммаси ёрдами) қилинсин ва бир-бирига таққослансин.

10.14. Иш унумдорлиги  $G_1 = 1600$  кг/соат бўлган қуритгич нонни нормал қуритиш жароёнида қуритмоқда. Ноннинг намлиги  $u_1 = 52\%$ , қуритилгандан кейин эса,  $u_2 = 9\%$ .

Ўрилма ўрнатилган пех-пихидаги ҳавонинг температураси  $t_0 = 23^\circ\text{C}$ , калорифердан чиқаётган ишлатилиб бўлинган иссиқ ҳаво параметрлари қуйидагича:  $t_2 = 40^\circ\text{C}$ ,  $\phi_2 = 45\%$ . Қуритиш жароёнини ўтказиш учун калорифердан чиқаётган, ишлатиб бўлинган иссиқ ҳаво ҳажмлари ва калориферда сарфланётган иссиқлик миқдори аниқлансин.

10.15. Намлиги  $52\%$  (умумий массага нисбатан) нон  $1600$  кг/соат сифатида тоғонетган қуритмада қуритилмоқда. Қуритилган нон намлиги  $9\%$ . Қуритилган лондаги абсолют қуруқ модданинг солиштирма иссиқлик сифими  $c_{\text{кк}} = 1.42$  кЖ/к. К.

Қурилма ўрнатилган бино ичидаги ҳавонинг температураси  $22^\circ\text{C}$ , калорифердан чиқаётган ҳаво эса -  $105^\circ\text{C}$ , қуритгичда ишлатиб бўлинган ҳавоник эса -  $55^\circ\text{C}$ .

Ҳаво ва материаллар қуритиш камерасидаги ҳаракати 2 хил йўналишда, яъни:

- тўғри йўлли;

- қарама-қарши йўлли бўлганда, материални иситиш учун сарф бўладиган иссиқлик миқдори ҳисоблансин.

## КОНТРОЛ ТОЛШИРИҚ №20

Температураси  $t$  ва нисбий намлиги  $\varphi$  бўлган ҳавонинг нам сақланиш қобилияти, параллел босими, ҳўла турмуш термометри, ҳамда шуднинг нуқтасига мос температураларнинг  $t$  -  $x$  диаграмма ёрдамида аниқлани.

| Ҳарф<br>Т<br>р | Ўлчаш<br>бирлиги   | Параллел босимнинг охири рақам буйича вариантлар |     |     |      |     |     |     |     |     |     |
|----------------|--------------------|--------------------------------------------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                |                    | 1                                                | 2   | 3   | 4    | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 0   |
| $T$            | $^{\circ}\text{C}$ | 10                                               | 15  | 20  | 30   | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  |
| $\varphi$      | -                  | 0,7                                              | 0,5 | 0,3 | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |

## КОНТРОЛ ТОЛШИРИҚ №21

Нормал қуришнинг жараёнида шундайлаётган узлуксиз қуришнинг ушбу амплитудаси ҳисобида ҳисоблаб чиқилсин.

1. Нам материал ҳисобида қуришнинг умумий умдорлиги -  $G$ ;
2. Материалнинг босилган намлиги -  $U_1$ ;
3. Материалнинг охириги намлиги -  $U_2$ ;
4. Қуришган материалнинг иссиқлик сисими -  $Q$ ;
5. Транспорт қурилмасининг массаси -  $G_{\text{тр}}$ ;
6. Транспорт қурилмасининг солинтириш иссиқлиги сисими -  $C_{\text{тр}}$ ;
7. Қуришга қираётган материал температураси -  $\theta_1$ ;
8. Қалоллиферга қираётган ҳавонинг нисбий намлиги -  $\phi_0$ ;
9. Қуришдан чиқаётган ҳавонинг температураси -  $\theta_2$ ;
10. Қалоллифердан чиқаётган ҳавонинг температураси -  $t_f$ ;
11. Қуришга қираётган транспорт қурилмасининг температураси -  $t'_{\text{баш}}$ ;
12. Қуришдан чиқаётган транспорт қурилмасининг температураси -  $t'_{\text{ох}}$ ;
13. Атроф муҳитга нуқотилаётган иссиқлик миқдори -  $q_n$ ;
14. Атроф муҳит температураси -  $t_{\text{о}}$ ;

Юқорида келтирилган маълумотлар асосида ҳавонинг ва психик ва сарфи, ҳамда иситувчи бугнинг сарфлари аниқлансин. Назарий ва ҳақиқий қуриштиш жараёни Рамзиннинг  $I - x$  диаграммасида тасвирлансин.

| ара<br>сир       | лчо<br>ирл<br>ги | Шифрнинг охири рақами бўйича вариантлар |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------------------|-----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                  |                  | 1                                       | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 0    |
| $G$              | г/с              | 1000                                    | 3000 | 2500 | 4000 | 1500 | 3500 | 5000 | 4500 | 2000 | 3000 |
| $U_1$            | оат              | 30                                      | 34   | 31   | 33   | 35   | 32   | 30   | 34   | 31   | 30   |
| $U_2$            | %                | 10                                      | 11   | 9    | 10   | 11   | 10   | 9    | 10   | 10   | 11   |
| $c_{\text{ж}}$   | %                | 2,14                                    | 2,25 | 2,18 | 2,22 | 2,37 | 2,20 | 2,12 | 2,26 | 2,19 | 2,15 |
| $G_{\text{тр}}$  | Ж/               | 700                                     | 2000 | 1000 | 3100 | 1100 | 2000 | 4000 | 3700 | 1000 | 2100 |
| $c_{\text{тр}}$  | кг·К             | 1,57                                    | 1,58 | 1,55 | 1,65 | 1,62 | 1,68 | 1,59 | 1,50 | 1,5  | 1,60 |
| $t_{\text{ком}}$ | г/с              | 20                                      | 18   | 22   | 19   | 21   | 23   | 17   | 21   | 24   | 16   |
| $t_{\text{ох}}$  | оат              | 60                                      | 55   | 57   | 58   | 50   | 53   | 60   | 56   | 54   | 59   |
| $q_{\text{ох}}$  | Ж/               | 10                                      | 12   | 11   | 11   | 13   | 12   | 15   | 16   | 9    | 7    |
| $\theta_1$       | кг·К             | 20                                      | 18   | 22   | 19   | 21   | 23   | 17   | 21   | 24   | 16   |
| $\theta_2$       | °С               | 60                                      | 55   | 57   | 58   | 50   | 53   | 62   | 56   | 54   | 59   |
|                  | °С               |                                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                  | %                |                                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                  | °С               |                                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                  | °С               |                                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

| ара<br>сир  | лчо<br>ирл<br>ги | Шифрнинг охиридан аввалги рақами бўйича вариантлар |     |     |    |     |     |     |     |     |    |
|-------------|------------------|----------------------------------------------------|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
|             |                  | 1                                                  | 2   | 3   | 4  | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 0  |
| $\varphi_0$ |                  | 68                                                 | 60  | 65  | 69 | 57  | 65  | 70  | 78  | 55  | 60 |
| $t_1$       | °С               | 110                                                | 115 | 100 | 95 | 105 | 120 | 112 | 100 | 117 | 99 |
| $t_0$       | °С               | 20                                                 | 22  | 18  | 20 | 19  | 21  | 20  | 18  | 22  | 20 |

## С О В И Т И Ш

## Ҳисоблаш формулалари ва асосий боғлиқликлар

1. Икки изотермик ва икки изотропик жараёнларга ташкил топган Карнонинг совитиш цикли учун коэффициент қуйидагича аниқланади:

$$\varepsilon_k = \frac{Q_o}{L} = \frac{Q_o}{L_k - L_d} = \frac{Q_o}{Q - Q_o} = \frac{T_o}{T - T_o} \quad (11.1)$$

$Q_o$  - совитишнинг  $T_o$  температурада совитилаётган муҳитдан олган иссиқлик миқдори сарфи, Вт;  $Q$  - совитишдан  $T$  температурада суғи бераётган иссиқлик миқдори сарфи, Вт;  $L_k$  - компрессорда иккинчи муҳит бўлиши сиқилиш пайtida сарфланаётган қувват, Вт;  $L_d$  - детандерда совитишни изотропик кенайиши пайtida бераётган қувват миқдори, Вт;  $L = L_k - L_d = Q - Q_o$  - циклда сарфланаётган назарий қувват, Вт.

Юқорида келтирилган (11.1) формуладан кўриниб турибдики, назарий ҳисобдан кўра фақат  $T$  ва  $T_o$  температураларий қиймалари боғлиқдир. Лекин совитишнинг физик-кимёвий хоссаларига боғлиқ эмас.

2. Ҳақиқий нам циклда буғ компрессион совитиш қурилмаси учун совитиш коэффициенти қуйидагича топилади:

$$\varepsilon_k = \frac{Q_o}{L} = \frac{Q}{Q - Q_o} = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1} = \frac{i_1 - i_3}{i_2 - i_1} \quad (11.2)$$

$L$  - совитувчи агентни компрессорда иккинчи пайtda сарфланаётган қувват, Вт;  $i_1, i_2, i_3, i_4$  - циклниң 1, 2, 3 ва 4 нуқталаридаги совитувчи агентнинг энтальпияси.

3. Кўруқ циклда бир босқичли буғ компрессион совитиш қурилмаси учун (11.1 расм).

а) суюқ совитувчи агентнинг совитилмаган (1-2-3-4-1) ҳолати учун

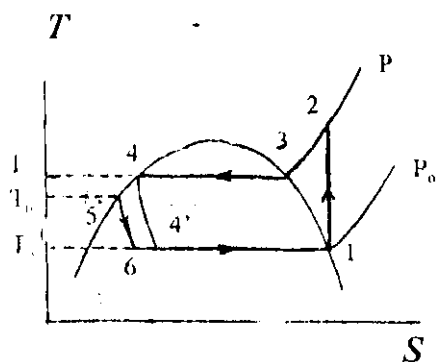
$$\varepsilon = \frac{Q_0}{L} = \frac{i - i'_4}{i_2 - i_1} = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1} \quad (11.3)$$

б) сууқ совитувчи агентни ўта совитилмаган (1-2-3-4-5-6) ҳоли учун

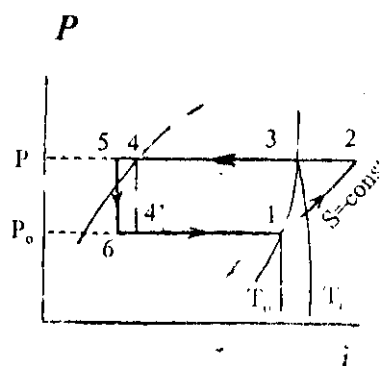
$$\varepsilon = \frac{Q_0}{L} = \frac{i_1 - i_0}{i_2 - i_1} = \frac{i_1 - i_5}{i_2 - i_1} \quad (11.4)$$

бу ерда, (11.4) формулада:  $\varepsilon$  - совитилиш коэффициенти;  $Q_0 = G_1(i_1 - i_5)$  - сууқ чишлаб чиқариш қобилияти, Г/с;  $L = Q - Q_0 = G(i_2 - i_1)$  - компрессор сарфлаётган назарий қувват Вт;  $Q = G(i_2 - i_5)$  - конденсатордаги сууқ совитувчи агентдан берилаётган иссиқлик сарфи, ккал/с;  $i_1, i_2, \dots$  - совитувчи агентнинг тегишли нукталардаги солиштирма энтальпиялари, Ж/кг.

11.2-расмда қуруқ, бир погонали компрессион қурилманинг қуруқ цикли  $p - i$  координатларда тасвирланган.



11.1-расм. Қуруқ цикл.



11.2-расм.  $p - i$  координаталарда қуруқ цикл тасвири

1. Компрессион совитиш қурилмасининг ҳақиқий қуввати қуйидаги формула билан аниқланади:

$$N = \frac{L}{1000 \cdot \eta} \quad (11.5)$$

бу ерда  $\eta$  - умумий фойдали иш коэффициентлари ва у пастда белгиланган тегиликдан топилади:

$$\eta = \eta_i \cdot \eta_{мех} \cdot \eta_{уз} \cdot \eta_{дв} \quad (11.6)$$

$\eta_i$  - компрессорнинг индикатор ф.и.к.;  $\eta_{мех}$  - компрессорнинг механик ф.и.к. ишқаланишга сарфланаётган ўқотилишни ҳисобга олади (11.3 расм);  $\eta_{уз}$  - узатиш механизми ф.и.к.;  $\eta_{дв}$  - компрессор электродвигалининг ф.и.к..

Тахминий ҳисоблар учун  $\eta_{мех} = 0,8 - 0,9$ ,  $\eta_{уз} = \eta_{дв} = 0,95$ .

5. Компрессорнинг совуқлик ишлаб чиқариш қобилияти  $Q$  (Вт) ушбу формуладан ҳисоблаб чиқарилади:

$$Q_o = \lambda \cdot V_z \cdot q_v \quad (11.7)$$

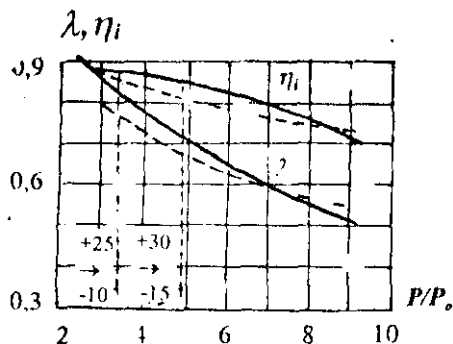
бу ерда  $\lambda$  - компрессорнинг узатиш коэффициенти (11.3 - расмдан топиш мумкин);  $q_v$  - совитувчи агентнинг ҳажмий совуқлик ишлаб чиқариш коэффициенти ва у

$$q = \rho_1 \cdot (i_1 - i_5) \quad (11.8)$$

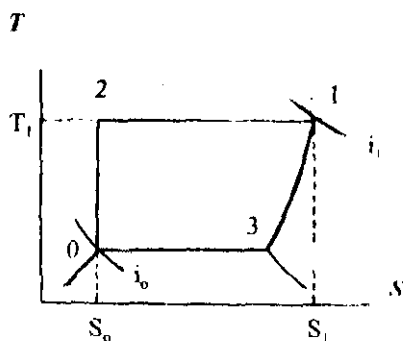
формула ёрдамида аниқланади.  $i_1$  ва  $i_5$  - буғлатгичга кириш ва чиқиш пайтида совитувчи агентнинг солиштирма энтальпиялари, Ж/кг;  $\rho_1$  - компрессор сўриб олаётган буғ зичлиги, кг/м<sup>3</sup>.

6. Компрессорнинг совуқ ишлаб чиқариш қобилияти  $Q_o$  (айланиш сони  $n = \text{const}$ ) ни бошқа  $Q_o$  ларонт учун ушбу формуладан фойдаланилади:

$$\frac{Q_o}{Q_o'} = \frac{q_v \cdot \lambda}{q_v' \cdot \lambda'} \quad (11.9)$$



11.3-расм. Тўғри йўлди вертикал ва икки босқичли горизонтал ам. акли ком. ессорлари учун (—) ва (---) коэффициентларнинг қийматлари.



11.4-расм. Газларни суюлтиришнинг идеал жараёни

Бўланиш температураси -  $10^{\circ}\text{C}$ , конденсацияланиш температураси -  $25^{\circ}\text{C}$ , ўта совитилган суюқ агентнинг температураси -  $15^{\circ}\text{C}$  ми параметрлар бир босқичли буғ ком. ессорли совитиш қурилмалари учун нормал иш шартити деб ҳисобланади.

7. Идеал суюлтириш жараёнида, 1 кг газни суюлтириш учун сарфланадиган минимал к.ш (11.4-расм):

$$L_{\min} = T_1 \cdot (S_1 - S_0) \cdot (i_1 - i_0) \quad (11.10)$$

бу ерда  $T_1$ ,  $S_1$  ва  $i_1$  - газнинг бошланғич (1 нукта) ҳолатдаги температураси, солиштира энтропияси ва эн. альпиялари;  $S_0$ ,  $i_0$  - 0 нуктадаги суюқликнинг солиштира энтропия ва эн. альпиялари.

Идеал суюлтириш жараёни ҳаёда амалга ошириб бўлмаганига қарамасдан,  $L_{\min}$  ни аниқлаш катта аҳамиятга эга, чунки идеал шартитдаги  $L_{\min}$  реал цикллар учун олинган  $L_{\min}$  аниқлашда масштаб вазиқасини ўтади.

10. Совуқликнинг йўқотилиши ишбу формула ёрдамида ҳисобланади:

$$C_{\text{ошк}} = q_{\text{рб}} + q_{\text{отт}} \quad (11.11)$$

Рекуперация бўлмаганлиги сабабли со.уқликни йўқотилиши

ушбу формуладан топилади.

$$c_{до} = c_p \cdot \Delta t \quad (11.12)$$

Бу ерда  $c_p$  - газнинг иссиқлик алмашинини қурилмасидан чиққан пайтдаги температурага мос солиштира иссиқлик сисими, Ж/(кг·К);  $\Delta t$  - иссиқлик алмашинини қурилмасига кирган ва ундан чиққан сиққан газ температураларининг фарқи, К.

Нормал шароитда 1 м<sup>3</sup> ҳаво қайта ишланганда атроф муҳитга қонлама орқали йўқотилаётган совуқлик миқдори  $q_{атм} = 4 + 12$  кЖни ташкил этади.

## МИСОЛЛАРНИ ИШЛАШ НАМУНАСИ

11-1. Карно циклида ишлайдиган компрессион совитиш қурилмасининг совитиш коэффициентини топинг.

**Е ч и ш :**

(11.1) формула орқали талаб қилинаётган коэффициент ҳисоблаб топилади:

$$\epsilon_o = \frac{T_o}{T - T_o} = \frac{273 - 23}{(273 + 27) - (273 - 23)} = 5$$

11-2. -19°C температурада 17400 Ж иссиқлик олаётган ва Карно циклида ишлайдиган совитиш қурилмасига сарфланаётган назарий қувват миқдори аниқлансин. Конденсацияланиш температураси 15°C.

**Е ч и ш :**

Совитиш коэффициенти ушбу формуладан топилади:

$$\varepsilon_o = \frac{T_o}{T - T_o} = \frac{254}{263 - 254} = 7,2$$

Назариі. қувват эса,

$$N_n = \frac{L}{1000} = \frac{Q}{\varepsilon_{ox} \cdot 10^3} = \frac{17400}{7,5 \cdot 10^3} = 2,32 \text{ кВт}$$

11-3. Ҳар бир картон қутичага 500 г ан олхўри солинган бўлса, 400 кг олхўрини музлатиш учун қанча миқдорда совуқлик сарфлаш зарур. Олхўрининг бошланғич температураси  $t_{бош} = 19^\circ\text{C}$ , жараёни тугатгандан кейинги картон қутичадаги олхўрининг охириги температураларининг ўртача қиймати  $t_{ох.ур} = -18^\circ\text{C}$ .

**Е ч и ш :** Маҳсулотни совитиш учун (музлатиш бошлангунга қадар) совуқлик миқдорининг сарфи ушбу тенглача орқали юқори аниқликда топилади:

$$Q_1 = G \cdot c \cdot (t_1 - t_{кр}) = 400 \cdot 3,352 \cdot [19 - (-2)] = 28156,8 \text{ кВт}$$

бу ерда  $t_{кр} = -2^\circ\text{C}$  олхўрининг криоскопик температураси 11-1 жадвалдан олинди;  $c = 3,352 \text{ кЖ/кг}\cdot\text{К}$  олхўрининг солиштирама иссиқлик сизими.

11-1 жадвал

| Маҳсулот  | Криоскопик температура, $t_{кр}, ^\circ\text{C}$ | Маҳсулот           | Криоскопик температура, $t_{кр}, ^\circ\text{C}$ |
|-----------|--------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------|
| Узум      | $-2,2 \div -5$                                   | Қиёмдаги мев       | $-5 \div 7$                                      |
| Олча      | $-2,4 \div -3,5$                                 | Балиқ (денгизники) |                                                  |
| Нок       | $-2,0$                                           | Балиқ (дёреники)   | $-0,8 \div -2$                                   |
| Қўқ нўхат | $-1,1$                                           | Олхўри             |                                                  |
| Пиёз      | $-1,1$                                           | Томат              | $-0,5 \div -1$                                   |
| Малина    | $-0,9$                                           | Олма               | $-2,0$                                           |
| Гушт      | $-0,6 \div -1,2$                                 |                    | $-0,9$                                           |
| Ёнғоқ     | $-6 \div 7$                                      |                    | $-2,0$                                           |

2. Олхўри таркибидаги сувни музлатиш учун зарур совуқлик миқдори ушбу формуладан аниқланади:

$$Q_2 = G \cdot W \cdot \omega \cdot r_{\text{мз}}$$

бу ерда  $W = 0,812$  кг/кг, 1 кг олхўри таркибидаги сувнинг миқдори, 11-2 жадвалдан топилади.

11-2 жадвал

| Маҳсулот        | Нисбий сув миқдори, кг/кг | Маҳсулот          | Нисбий сув миқдори, кг/кг |
|-----------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|
| Ёғлиқ қўй гўшти | 0,533                     | Сабзи             | 0,868                     |
| Узум            | 0,782                     | Шефтоли           | 0,800                     |
| Олча            | 0,798                     | Олхўри            | 0,812                     |
| Ёғлиқ мол гўшти | 0,530                     | Зариг ёғ          | 0,136                     |
| Ёғсиз мол гўшти | 0,764                     | Ёғлиқ чўчка гўшти | 0,474                     |
| Нок             | 0,830                     | Ёғсиз чўчка гўшти | 0,725                     |
| Камбала         | 0,840                     | Стородина         | 0,784                     |
| Карам           | 0,900                     | Треска            | 0,815                     |
| Сут (сиир)      | 0,872                     | Чўпон балиқ       | 0,796                     |
| Нўғматак        | 0,876                     | Тухум (совуқ)     | 0,736                     |
| Лосаб           | 0,515                     | Олма              | 0,848                     |
| Плёз            | 0,86                      | Гилос             | 0,735                     |
| Ўрик            | 0,850                     | Беҳи              | 0,825                     |

$\omega$  - музлатилган сув миқдорининг 1 кг олхўри таркибидagi сув миқдорига нисбати ва у ушбу формуладан ҳисоблаб топилади:

$$\omega = \frac{110,5}{1 + \frac{0,31}{\lg[t_{\text{ох.ур}} + (1 + t_{\text{ф}})]}} = \frac{110,5}{1 + \frac{0,31}{\lg[18 + (1 + 2)]}} = 88\% = 0,88$$

$t_{\text{ф.мз}} = 335,2$  К, яъни сувнинг музлаш иссиқлиги.

$$Q_2 = 400 \cdot 0,812 \cdot 0,88 \cdot 335,2 = 94400 \text{ кВт}$$

3. Маҳсулот таркибидаги қуруқ моддалар, муз ва музламган сувларни криоскопик нуқтадан пастки температурагача совиғиш учун сарф булаётган совуқлик миқдори ушбу тасгламадан топиш мумкин:

$$Q_3 = G \cdot c_m \cdot (t_{кр} - t_{охлр})$$

бу ерда  $c_m$  - музлагилган маҳсулотнинг солиштирма иссиқлик сифими. Уни қуйидаги формулада аниқласа бўлади:

$$\begin{aligned} c_m &= (1-W) \cdot c_{хур} + w \cdot W \cdot c_{сув} + (1-W) \cdot c_{сув} = \\ &= (1-0,812) \cdot 1,257 + 0,88 \cdot 0,812 \cdot 2,095 + (1-0,88) \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 4,19 = \\ &= 0,236 + 1,497 + 0,408 = 2,141 \text{ кЖ/}^\circ\text{К} \end{aligned}$$

Олинган  $c_m$  нинг сон қийматини  $Q_3$  формуласига қўйиб ҳисобланса, ушбу қийматни олиш мумкин:

$$Q_3 = 400 \cdot 2,141 \cdot [-2 - (-18)] = 13702,4 \text{ кВт}$$

4. Картон қутиларни совиғиш учун сарф булган иссиқлик миқдори:

$$Q = G_k \cdot c_k \cdot (t_{охла} - t_{охлр})$$

бу ерда

$$G_k = \frac{400}{0,5} \cdot 0,03 = 24 \text{ кг}$$

Битта картон қутининг массаси - 0,03 кг;  $c_k$  - картоннинг солиштирма иссиқлик сифими  $c_k = 1,341 \text{ кЖ/кг} \cdot \text{К}$ .

$$Q_4 = 24 \cdot 1,341 \cdot [(19 - (-18))] = 1190,8 \text{ кВт}$$

5. Зарур бўлган совуқликнинг умумий сарфи қуйидагича ҳисоб аниди:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = \\ = 28156,8 + 94400 + 13702,4 + 1190,8 = 37450 \text{ кВт}$$

## К О Н Т Р О Л . М А С А Л А Л А Р

11.1.  $-10^\circ\text{C}$  температурада буғлатувчи совитиш бўйича унумдорлиги 6400 Вт бўлган Карно пиллада ишловчи совитиш қўрилмасининг талаб этувчи қуввати ва совитиш коэффициентини ҳисоблаб топинг. Конденсацияланиш температураси  $22^\circ\text{C}$ .

11.2.  $0^\circ\text{C}$  температурага эг бўлган, сувдан соатига 100 кг муз (яъ) ишлаб берувчи конденсаторда сарфланувчи сувни ва (Карно цикли бўйича) минимал эъжарилган ишнинг миқдорини топинг. Совуқлик ташувчи (агент)  $-5^\circ\text{C}$  да буғланиб,  $25^\circ\text{C}$  да конденсацияланади. Конденсаторга сув  $12^\circ\text{C}$  да кириштириб,  $20^\circ\text{C}$  да чиқарилиб юборилади. Сувнинг солиштирма музташувчи иссиқлиги  $335 \text{ кЖ/кг}$ .

11.3. а) аммиак; б) углерод диоксиди; в) дифтордихлорметан  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  ларнинг цикллари учун совитиш коэффициентини ва совуқлик ташувчи агентларнинг солиштирма совитиш унумдорлигини аниқлаб беринг. Агар буғланиш температураси  $-15^\circ\text{C}$ , конденсацияланиш температураси  $30^\circ\text{C}$  бўлса, циклни қуруқ ҳисоблаб, дросселланишдан олдин суюқлик қайта соьитилмайди. (Совитувчи агент керагидан ортиқча соьитилмайди).

11.4. Агар конденсацияланиш температураси  $20^\circ\text{C}$  ва буғланиш температураси  $-40^\circ\text{C}$  бўлганда, углекислотали совитиш қўрилмасининг назарий совитиш коэффициентини ҳисоблаб топинг. Цикл қуруқ бўлиб, суюқлик дросселланишдан олдин керагидан ортиқча соьитилмайди.

11.5. Буғланиш температураси  $-20^\circ\text{C}$  ва конденсацияланиш температураси  $30^\circ\text{C}$  да ишловчи аммиакли компрессия совитувчи қўрилманинг қуйилган бир неча цикллари бўйича назарий

совитиш коэффициентларини солиштириб кўринг: а) Карно цикли бўйича; б) реал нам цикли бўйича; в) суюқ аммиакни керагидан ортиқча совутилмаган қуруқ цикл бўйича; г) суюқ аммиакни конденсациядан сўнг  $25^{\circ}\text{C}$  гача совитилганда қуруқ цикл бўйича.

11.7. Соатига  $20\text{ м}^3$  совитилиши аммиакли қурилма конденсаторида сув  $6\text{ К}$  га совутилади. Компрессор сарфлайдиган назарий қувват  $23,5\text{ кВт}$ . Қурилманинг совуқлик бўйича унумдорлиги ва совутиш коэффициентини аниқланг.

11.8. Совуқлик унумдорлиги  $58100\text{ кВт}$  бўлган, конденсацияланиш температураси  $25^{\circ}\text{C}$ , совитилмайдиган, буғланиш температураси  $-15^{\circ}\text{C}$ , қуруқ циклда ишловчи қурилманинг компрессорга келадиган аммиакнинг бир соатдаги ҳажмий сарфини аниқланг.

11.9. Соатига  $1000\text{ кг}$  сарфланувчи этил спирти  $20^{\circ}\text{C}$  дан  $-15^{\circ}\text{C}$  гача совутиш керак.  $-25^{\circ}\text{C}$  да қайнайдиغان аммиак ёрдамида совутилмоқда. Компрессор сарфлаётган назарий қувватни миқдорини аниқлаш керак.  $25^{\circ}\text{C}$  температурада конденсацияланмоқда. Цикл қуруқ бўлиб, дросселлашдан олдин суюқлик керагидан ортиқча совутилмайди (ўта совутилмайди).

11.10. Буғланиш температураси  $-15^{\circ}\text{C}$  ва конденсацияланиш температураси  $25^{\circ}\text{C}$  бўлган (горизонтал, ГД типдаги аммиакли компрессор совутиш бўйича самарадорлиги  $697800\text{ Вт}$  ни ташкил этади. Агарда буғланиш температураси  $-5^{\circ}\text{C}$  ва конденсацияланиш температураси  $30^{\circ}\text{C}$  бўлса, ушбу компрессорнинг совуқлик бўйича самарадорлигини аниқланг.

11.11. Углекислотали совитиш қурилмасининг самарадорлиги  $116300\text{ Вт}$  бўлиб,  $-15^{\circ}\text{C}$  да буғланиш температураси ада ишлайди. Конденсаторнинг абсолют босими  $75\text{ кг/см}^2$  ва  $25^{\circ}\text{C}$  гача ўта совутилади (қайта совутилади) компрессор иш йўли қуруқ циклда. Совитиш коэффициенти ва назарий талаб этиладиган қувватни аниқлаш керак.

11.12. Соатига  $1000\text{ л}$  узум шарбати  $30^{\circ}\text{C}$  дан  $0^{\circ}\text{C}$  гача совитиш машинасида совутилмоқда. Буғлатгичда совуtuvчи агент  $-12^{\circ}\text{C}$  да қайнамоқда ва конденсаторда  $30^{\circ}\text{C}$  да конденсацияланмоқда. Совитиш машинаси Карно циклида иш айди. Конденсаторда сув  $20$  дан  $25^{\circ}\text{C}$  гача исийди. Назарий энергия сарфи  $N$  ва совуtuvчи сув сарфи  $G$  аниқлансин.

11.13. Кондитер маҳсулотларини совитиш учун температураси  $t_1 = 5^{\circ}\text{C}$  бўлган соатига  $5000\text{ м}^3$ /соатига ҳаво керак. Бунинг учун

атроф муҳитдан ҳаво  $t_1 = 15^\circ\text{C}$ ,  $\phi = 70\%$  вентилятор ёрламида трубади ҳаво совитгичга юборилади ва у ерда қайнаётган фреон ҳисобига зарур температурагача пасайтирилади. Совитгич трубасининг ташқариси қовурғани юзаси қилиб ясалган. Қайнаётган фреон ва ҳаво орасидаги температуралар фарқи  $8^\circ\text{C}$  ни ташкил этади.

Ҳаво совитгич трубаларининг юзаси  $F$  ва ғавдодан конденсацияланаётган буғнинг миқдори топилисин.

## КОНТРОЛ ТОПШИРИҚ №22

Ҳар бир картон қутичага  $M_1$  миқдорда ҳўл мева солинган бўлса,  $M_2$  наҳсёлотни музлатиш учун қанча миқдорда совуқлик сарфлана керак. Ҳўл меванинг бошланғич температураси  $t_{\text{бош}}$ , жараён тугагандан кейинги картон қутичалар ва ҳўл меванинг охириги температураларининг ўрта қийматлари  $t_{\text{ох.ур}}$  аниқлансин.

| Парам<br>етр       | Ўлчов<br>бирлиги | Шифрнинг охириги рақами бўйича<br>вариантлар |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------------|------------------|----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                    |                  | 1                                            | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 0   |
| $M_1$              | кг               | 0,8                                          | 0,3 | 0,7 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,9 | 1,0 | 0,6 | 2,0 |
| $M_2$              | кг               | 960                                          | 750 | 840 | 700 | 400 | 800 | 900 | 500 | 300 | 600 |
| $t_{\text{бош}}$   | °C               | 15                                           | 20  | 17  | 14  | 22  | 16  | 18  | 19  | 21  | 24  |
| $t_{\text{ох.ур}}$ | °C               | -18                                          | 15  | -20 | -24 | -17 | -19 | -21 | -22 | -30 | -27 |

| Пара<br>метр | Шифрнинг охиридан аввалги рақами бўй. ча<br>вариантлар |       |      |      |        |      |        |     |   |   |
|--------------|--------------------------------------------------------|-------|------|------|--------|------|--------|-----|---|---|
|              | 1                                                      | 2     | 3    | 4    | 5      | 6    | 7      | 8   | 9 | 0 |
| Ҳўл<br>мева  | олча                                                   | гилёс | узум | олма | олхўри | ўрик | малина | ноқ |   |   |

## АДАБИЁТЛАР

1. Каримов И.А. Баркамол авлод - Ўзбекистон тараққиётининг пойдевори. - Тошкент: Шарк, 1997. - 636.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1973. - 750 с.
3. Плановский А.И., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1967. - 847 с.
4. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1981. - кн.1-2. - 847 с.
5. Дыгнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1995. - кн.1-2. - 768 с.
6. Салимов З., Тўйчиев И.С. Қиёвий технология процесслари ва аппаратлари. - Т.: Ўқитувчи, 1987. - 48 б.
7. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1981. - 576 с.
8. Основные процессы и аппараты химической технологии / Под ред. Ю.И.Дыгнерского. - М.: Химия, 1991. - 494 с.
9. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк Э.М., Курочкина М.И. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии. - СПб.: Химия, 1987. - 540 с.
10. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. - М.: Химия, 1987. - 540 с.
11. Руководство к практическим занятиям в лаборатории процессов и аппаратов химической технологии. / Под рук. П.Г.Романкова. - Л.: Химия, 1979. - 256 с.
12. Рудобашта С.П. Массоперенос в системах с твердой фазой. - М.: Химия, 1980. - 248 с.
13. Сажин Б.С. Основы техники сушки. - М.: Химия, 1984. - 319 с.
14. Липатов Н.Н. Руководство к лабораторным и практическим занятиям по курсу оборудования предприятий молочной промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1978. - 287 с.

15. Козулин Н.А., Соколов В.Н., Шапиро А.Э. Примеры и задачи по курсу оборудования заводов химической промышленности. - М-Л.: 1965. - 484 с.
16. Расчеты и задачи по процессам и аппаратам пищевых производств / С.М.Гребенюк, Н.С.Михеева, Ю.П.Грачев и др. - М.: Агропромиздат, 1987. - 304 с.
17. Зычич, Ц.Р. Сборник задач по расчетам оборудования винодельческого производства. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 200 с.
17. Твердохлеб Г.В., Диламан Э.Х. и др. Технологии молока и молочных продуктов. - М.: Агропромиздат, 1991. - 463 с.
19. Белобородов В.В. Методы расчета процесса экстракции растительных масел. - М.: Пищепромиздат, 1960. - 116 с.
20. Силин П.М. Технология сахара. - М.: Пищпром, 1967. - 624 с.
21. Чубик М.А., Маслов А.М. Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов и полуфабрикатов. - М.: Пищевая промышленность, 1970. - 120 с.
22. Николаев А.И. Процессы и аппараты пищевых производств. Примеры и задачи. - Киев, Высшая школа, 1992. - 232 с.
23. Инихов Г.С. Химия молока и молочных продуктов. - М.: Пищепромиздат, 1951. - 207 с.
24. Руководство по методам исследования, теххимическому контролю и учету производства в масложировом производстве / Под ред. Ржекина В.П., Сергеева А.Г. - Л.: ВНИИЖ, 1969. - т.V. - 502 с.
25. Гинзбург А.С., Громов А.А. Теплофизические характеристики картофеля, овощей и плодов. - М.: Агропромиздат, 1987. - 272 с.
26. Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. - М.: Агропромиздат, 1985. - 336 с.
27. Расчеты и аппараты кипящего слоя: Справочник / Под ред. И.П.Муленова, Б.С.Сажина, В.Ф.Фролова. - Л.: Химия, 1986. - 352 с.
28. Процессы и аппараты пищевых производств. Примеры и задачи / А.П.Николаев, А.С.Марценюк, Л.В.Зоткина. - Киев: Высшая школа, 1992. - 232 с.

29. Бажан П.И., Каневец Г.Е., Теливерстов В.М. Справочник по теплообменным аппаратам. - М.: Машиностроение, 1989. - 366 с.

30. Нурмухамедов Х.С. Научные основы разработки процессов и аппаратов для сушки и гранулирования зернисто-волоконистых материалов. Диссерт. техн. наук, - Ташкент, ТашХТИ, 1993. - 440 с.

31. Кувшинский М.Н., Соболева А.П. Курсовое проектирование по процессам и аппаратам химической промышленности. - М.: Высшая школа, 1980. - 223 с.

32. Стахеев И.В. Пособие по курсовому проектированию процессов и аппаратов пищевых производств. - Минск, Высшая школа, 1975. - 280 с.

33. Маликов В.А. Примеры расчетов оборудования производства растительных масел. - М.: Пищепромиздат, 1984. - 226 с.

## **И Л О В А Л А Р**

**БАЪЗИ КИМЁВИЙ ЭЛЕМЕНТЛАРНИНГ  
АТОМ ОҒИРЛИГИ**

| <i>Номи</i> | <i>Белгиси</i> | <i>Атом<br/>оғирлиги</i> | <i>Номи</i> | <i>Белгиси</i> | <i>Атом<br/>оғирлиги</i> |
|-------------|----------------|--------------------------|-------------|----------------|--------------------------|
| Азот        | N              | 14,007                   | Марганец    | Mn             | 54,938                   |
| Алюминий    | Al             | 26,982                   | Мис         | Cu             | 63,54                    |
| Аргон       | Ar             | 39,94                    | Молибден    | Mo             | 95,94                    |
| Барий       | Ba             | 137,33                   | Ас          | As             | 74,922                   |
| Бериллий    | Be             | 9,012                    | Натрий      | Na             | 22,990                   |
| Бор         | B              | 10,81                    | Никель      | Ni             | 58,70                    |
| Бром        | Br             | 79,904                   | Қамай       | Sn             | 118,69                   |
| Ванадий     | V              | 50,941                   | Платина     | Pt             | 195,0                    |
| Висмут      | Pb             | 208,980                  | Радий       | Ra             | 226,025                  |
| Водород     | H              | 1,008                    | Симоб       | Hg             | 200,5                    |
| Гелий       | He             | 4,003                    | Қўрғошин    | Pb             | 207,2                    |
| Темир       | Fe             | 55,84                    | Қумуш       | Ag             | 107,868                  |
| Олтин       | Au             | 196,967                  | Олтингугурт | S              | 32,06                    |
| Йод         | I              | 125,905                  | Стронций    | Sr             | 87,62                    |
| Кадмий      | Cd             | 112,41                   | Сурьма      | Sb             | 121,7                    |
| Калий       | K              | 39,098                   | Титан       | Ti             | 47,90                    |
| Кальций     | Ca             | 40,08                    | Углерод     | C              | 12,011                   |
| Кислород    | O              | 15,999                   | Уран        | U              | 238,02                   |
| Кобальт     | Co             | 58,933                   | Фосфор      | P              | 30,974                   |
| Кремний     | Si             | 28,085                   | Фтор        | F              | 18,998                   |
| Криптон     | Kr             | 83,80                    | Хлор        | Cl             | 36,453                   |
| Ксенон      | Xe             | 131,30                   | Хром        | Cr             | 51,996                   |
| Литий       | Li             | 6,94                     | Цинк        | Zn             | 65,38                    |
| Магний      | Mg             | 24,30                    |             |                |                          |

# АЙРИМ МОДДАЛАРНИНГ АТОМ ВА МОЛЬ ҲАЖМИ, ҲАМДА МОЛЬ МАССАСИ

| Мо-да                                  | том ёки<br>моль<br>ҳажми,<br>см <sup>3</sup> /моль | Моль<br>масса | Модда   | том ёки<br>моль<br>ҳажми,<br>см <sup>3</sup> /моль | Моль<br>масса |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------|---------|----------------------------------------------------|---------------|
| Углерод                                | 14,8                                               | 12            | Азот    | 31,2                                               | 28            |
| Хлор                                   | 24,6                                               | 35            | Углерод | 34                                                 | 44            |
| Водород (атомар)                       | 3,7                                                | 1             | диоксид |                                                    |               |
| Водород                                | 14,3                                               | 2             | Аммиак  | 25,8                                               | 17            |
| Ҳаво                                   | 29,9                                               | 29            | Сув     | 18,8                                               | 18            |
| Кислород                               | 25,6                                               | 32            | Бром    | 53,2                                               | 100           |
| Кислород (иқкит<br>тўйинган боғ билан) | 7,4                                                | 16            |         |                                                    |               |

## 3- жадвал

| Атом ҳажми, см <sup>3</sup> /атом |      | Моль ҳажми, см <sup>3</sup> /моль |      |
|-----------------------------------|------|-----------------------------------|------|
| B                                 | 27,0 | H <sub>2</sub>                    | 14,3 |
| C                                 | 14,3 | C <sub>2</sub>                    | 25,6 |
| Cl                                | 24,6 | N <sub>2</sub>                    | 31,2 |
| H                                 | 3,7  | Ҳаво                              | 29,9 |
| N бирламчи аминда                 | 10,5 | CO                                | 30,7 |
| N иккиламчи аминда                | 12,0 | CO <sub>2</sub>                   | 34,0 |
| O 2 та тўйинган боғ               | 7,4  | SO <sub>2</sub>                   | 44,8 |
| O альдегидларда                   | 7,4  | NO                                | 23,6 |
| O мураккаб эфирда                 | 9,1  | N <sub>2</sub> O                  | 36,4 |
| O кислоталарда                    | 12,0 | NH <sub>3</sub>                   | 25,8 |
| S                                 | 25,6 | H <sub>2</sub> O                  | 18,9 |
| I                                 | 37,0 | COS                               | 51,5 |
| Cl <sub>2</sub>                   | 38,4 | I <sub>2</sub>                    | 71,5 |
| Br <sub>2</sub>                   | 53,2 | H <sub>2</sub> S                  | 32,9 |
| Таркибий константалар             |      |                                   |      |
| Бензол ҳалқаси - 15               |      |                                   |      |
| Нафталин ҳалқаси - 30             |      |                                   |      |
| Антрацен ҳалқаси - 47,5           |      |                                   |      |

## ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРНИНГ ЗИЧЛИГИ

| Материал               | Зичлиги<br>кг/м <sup>3</sup> | Сочилувчан<br>халдаги<br>зичлиги,<br>кг/м <sup>3</sup> | Материал                  | Зичлиги<br>кг/м <sup>3</sup> | Сочилувчан<br>халдаги<br>зичлиги,<br>кг/м <sup>3</sup> |
|------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Алебастр               | 2500                         | -                                                      | Бетон                     | 2300                         | -                                                      |
| Антрацит               | 1800                         | -                                                      | Рчинипласт                | 1380                         | -                                                      |
| Анатит                 | 3190                         | 1850                                                   | Гипс                      | 2240                         | 1300                                                   |
| Асбест                 | 2600                         | -                                                      | Сода                      | 1150                         | 800                                                    |
| Қуруқ лой              | -                            | 1380                                                   | Туз                       | 2350                         | 1020                                                   |
| Гранит                 | 2700                         | -                                                      | Қағаз                     | 500                          | -                                                      |
| Кул                    | 2200                         | 680                                                    | Шиша                      | 2500                         | -                                                      |
| Қуруқ ер               | 1800                         | 1300                                                   | Текстолит                 | 1380                         | -                                                      |
| Каолин                 | 2200                         | -                                                      | Писта кўмир               | 1450                         | 200                                                    |
| Каучук                 | 930                          | -                                                      | Тог кўмир                 | 1350                         | 800                                                    |
| Кварц                  | 2650                         | 1500                                                   | Фаолит                    | 1730                         | -                                                      |
| Сопол ғишт<br>оддий    | 1500                         | -                                                      | Фосфорит                  | -                            | 1600                                                   |
|                        |                              |                                                        | Цемент                    | 2900                         | -                                                      |
| Коке                   | 1300                         | 500                                                    | Эмаль                     | 2350                         | -                                                      |
| Колчедан<br>(кул ранг) | 5000                         | 3300                                                   | М Е Т А Л Л А Р           |                              |                                                        |
|                        |                              |                                                        | Пўлат                     | 7850                         | -                                                      |
| Чарм                   | 860                          | -                                                      | Чугун                     | 7250                         | -                                                      |
| Мел                    | 2200                         | 1300                                                   | Мис                       | 8600                         | -                                                      |
| Мармар                 | 2600                         | -                                                      | Латунь                    | 8500                         | -                                                      |
| Парафин                | 900                          | -                                                      | Алюминий                  | 2700                         | -                                                      |
| Паролит                | 1200                         | -                                                      | Кўрғошин                  | 11400                        | -                                                      |
| Қум                    | 1500                         | 1200                                                   | О Л О З Б А Р Д О Ш Л А Р |                              |                                                        |
| Поташ                  | 2260                         | -                                                      | Динас                     | 1900                         | -                                                      |
| Пўкак                  | 240                          | -                                                      | Магnezит                  | 2900                         | -                                                      |
| Резина                 | 1500                         | -                                                      | Шамот                     | 1900                         | -                                                      |
| Селитра<br>(натрийли)  | 2260                         | 1260                                                   |                           |                              |                                                        |

**БАЪЗИ БИР СУЮҚЛИКЛАРНИНГ 0-20°C  
ТЕМПЕРАТУРАДАГИ ЗИЧЛИГИ**

| <i>Суюқлик</i>      | <i>З.члик,<br/>кг/м³</i> | <i>Суюқлик</i>                    | <i>Зичлик,<br/>кг/м³</i> |
|---------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Азот кислотаси, 92% | 1500                     | Сульфат кислотаси, 30%            | 1220                     |
| Аммиак, 26%         | 910                      | Хлорид кислотаси,<br>(тутайдиган) | 1210                     |
| Бензин              | 760                      | Сирка кислотаси, 70%              | 1070                     |
| Глицерин, 100%      | 1270                     | Хлороформ                         | 1550                     |
| Изтил эфирин        | 710                      | Карбон IV хлорид                  | 1630                     |
| Керосин             | 850                      | Этил хлорид                       | 1280                     |
| Мазут               | 890-950                  | Этил спирти, 10%                  | 790                      |
| Метилов спирти, 90% | 820                      | Этил спирти, 10%                  | 850                      |
|                     | 950                      | Этил спирти, 10%                  | 920                      |
| 30%                 | 1100                     | Симоб                             | 13600                    |
| Нафталин (кристалл) | 790-950                  |                                   |                          |
| Нефть               |                          |                                   |                          |

**СУВ-СПИРТ АРАЛАШМАЛАРИНИНГ ЗИЧЛИГИ,  
ҲАЖМИЙ ВА МАССАВИЙ % ЛАР АИСБАТИ**

| <i>%<br/>ҳажм</i> | <i>%<br/>масса</i> | <i>Зичлик<br/>кг/м³</i> | <i>%<br/>ҳажм</i> | <i>%<br/>масса</i> | <i>Зичлик<br/>кг/м³</i> | <i>%<br/>ҳажм</i> | <i>%<br/>масса</i> | <i>Зичлик<br/>кг/м³</i> |
|-------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|-------------------------|
| 0                 | 0,00               | 998                     | 10                | 8,01               | 987                     | 20                | 16,24              | 973                     |
| 1                 | 0,79               | 996                     | 11                | 8,83               | 983                     | 21                | 17,04              | 972                     |
| 2                 | 1,59               | 995                     | 12                | 9,64               | 982                     | 22                | 17,88              | 971                     |
| 3                 | 2,38               | 993                     | 13                | 10,46              | 981                     | 23                | 18,71              | 970                     |
| 4                 | 3,19               | 992                     | 14                | 11,27              | 980                     | 24                | 19,54              | 969                     |
| 5                 | 3,98               | 991                     | 15                | 12,09              | 978                     | 25                | 20,33              | 968                     |
| 6                 | 4,78               | 990                     | 16                | 12,91              | 977                     | 26                | 21,20              | 966                     |
| 7                 | 5,59               | 988                     | 17                | 13,74              | 976                     | 27                | 22,06              | 965                     |
| 8                 | 6,40               | 987                     | 18                | 14,56              | 975                     | 28                | 22,91              | 964                     |
| 9                 | 7,20               | 986                     | 19                | 15,37              | 974                     | 29                | 23,66              | 963                     |

| Модда           | Температура, °C |      |      |      |      |
|-----------------|-----------------|------|------|------|------|
|                 | -20             | 0    | 40   | 60   | 120  |
| Ацетон          | 835             | 813  | 761  | 719  | 665  |
| Дихлорэтан      | 1310            | 1282 | 1244 | 1163 | 1102 |
| Этил спирт      |                 |      |      |      |      |
| концентрацияси, |                 |      |      |      |      |
| %мас. 1°0       | 823             | 806  | 772  | 735  | 683  |
|                 | -               | 904  | 878  | 849  | 820  |
| 60              | -               | 977  | 957  | 934  | 910  |
| 20              | -               | 1000 | 992  | 972  | 943  |
| Сув             |                 |      |      |      |      |

8 - ЖАД. УЛ.

## СУВ БУҒИ ТҒЙИНГАН ҲОЛДА (босим бўйича)

| $P \cdot 10^4$ ,<br>Па | $t$ ,<br>°C | $I$ ,<br>кЖ/кг | $G$ ,<br>кЖ/кг | $I'$ ,<br>кЖ/кг |
|------------------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|
| 10                     | 45,83       | 2584,4         | 2392,6         | 191,84          |
| 20                     | 60,09       | 2609,6         | 2351,1         | 251,46          |
| 30                     | 73,12       | 2625,3         | 2336,7         | 269,81          |
| 40                     | 75,89       | 2636,8         | 2319,2         | 317,65          |
| 50                     | 81,35       | 2646,0         | 2305,4         | 340,57          |
| 60                     | 85,95       | 2653,6         | 2293,7         | 359,93          |
| 100                    | 99,53       | 2675,7         | 2258,2         | 417,51          |
| 150                    | 111,7       | 2693,9         | 2226,8         | 467,13          |
| 200                    | 120,23      | 2706,9         | 2202,2         | 504,7           |
| 250                    | 127,43      | 2717,2         | 2181,6         | 535,4           |
| 300                    | 133,54      | 2725           | 2164,1         | 561,4           |
| 350                    | 138,88      | 2732,5         | 2148,2         | 584,3           |
| 400                    | 143,62      | 2738,5         | 2137,8         | 604,7           |
| 450                    | 147,92      | 2743,8         | 2120,6         | 623,2           |
| 470                    | 149,93      | 2745,8         | 2115,7         | 630,1           |

## ПИСАНИНГ ҲАЖМИЙ МАССАСИ ВА ЗИЧЛИГИ [24]

| Навнинг номи     | Ўртача ҳажмий<br>масса, кг/м <sup>3</sup> | Ўртача<br>зичлик, кг/м <sup>3</sup> |
|------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|
| ВНИИМК - 1646    | 464                                       | -                                   |
| - 8931           | 423                                       | -                                   |
| - 6540           | 407                                       | -                                   |
| Передовик        | 422                                       | -                                   |
| Армавирский 3497 | 438                                       | -                                   |
| Смена            | 425                                       | 708,5                               |
| Степняк          | 453                                       | 676,9                               |
| Зеленка          | 423                                       | 678,7                               |
| завод арашмаси:  |                                           |                                     |
| Краснодар ЕМК    | 405                                       | 749,8                               |
| Хвошнеск ЕМК     | 380                                       | 656,0                               |
| Россоши ЕМК      | 396                                       | 705,0                               |
| Николаев ЕМК     | 418                                       | 712,1                               |
| турли жойларники | 392-462                                   |                                     |

10 - жадал

## ПАХТА ЧИҚТИ, ЯДРОСИ ВА ШУЛҒАСИНИНГ ЗИЧЛИГИ [24]

| Материал номи           | Зичлик, кг/м <sup>3</sup> |             |
|-------------------------|---------------------------|-------------|
|                         | Тоғ'ирий                  | Ҳажмий      |
| Пахта чигити:           |                           |             |
| 108 ф нави              | 1,05 - 1,06               | 1,11 - 1,13 |
| 153 ф нави              | 1,03 - 1,06               | 1,11 - 1,13 |
| 590-ч и пиллага тоғ'аси | 1,06 - 1,07               | 1,11 - 1,12 |
| Ядро                    | -                         | 1,04 - 1,05 |
| Шулға                   | -                         | 1,34 - 1,36 |

ТАРҚИБИДА ЁҒ БОР ҲУРУҒЛАРНИНГ  
ФИЗИК-МЕХАНИК ХОССАЛАРИ

| Номч            | Ҳажмий масса<br>кг/м <sup>3</sup> | Зичлиги, кг/м <sup>3</sup> | Шакли     |
|-----------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------|
| Ёр ёнғок        | 430-450                           | -                          | -         |
| Тарвуз          | 460-470                           | -                          | -         |
| Бук ёнғоғи      | 460-470                           | -                          | учбурчак  |
| Узум данағи     | 446-558                           | 1041-1060                  | -         |
| Горчица         | 666-712                           | 1040-1160                  | -         |
| Жўт             | 680-690                           | 1000-1350                  | учбурчак  |
| Кедр ёнғоғи     | 520-560                           | -                          | -         |
| Қрамбе          | 230-350                           | 1030                       | бурчсимон |
| Кунжут (U=4,5%) | 598-616,~                         | 1250                       | -         |
| Мак (U = 5,5%)  | 732                               | 1140                       | эллипс    |
| Рапс            | 636                               | 1134-1143                  | -         |
| Тамак           | 709                               | -                          | эллипс    |
| Хурмо           | 680-690                           | -                          | чўзинчоқ  |
| Писта           | 457                               | 730                        | чўзинчоқ  |
| Соя             | 700                               | 1240                       | шарсимон  |

СПИРТНИНГ ТУРЛИ ТЕМПЕРАТУРА ВА КОНЦЕНТРАЦИЯЛАРДА  
ҲУВ-СПИРТ АРАЛАШМАСИНИНГ СОЛЫШТИРМА ИССИҚЛИК  
СИҒИМИ ( $\kappa\text{Ж/кг}\cdot\text{K}$ ).

| спирт<br>Конц.<br>% | Температура, °C |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                     | 40              | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  |
| 5                   | 4,23            | 4,27 | 4,27 | 4,27 | 4,27 | 4,27 | 4,27 | 4,27 |
| 10                  | 4,27            | 4,27 | 4,31 | 4,31 | 4,31 | 4,31 | 4,35 | 4,31 |
| 20                  | 4,31            | 4,31 | 4,31 | 4,31 | 4,31 | 4,31 | 4,31 | 4,31 |
| 30                  | 4,27            | 4,29 | 4,38 | 4,48 | 4,52 | 4,56 | 4,60 | 4,65 |
| 40                  | 4,10            | 4,19 | 4,20 | 4,35 | 4,39 | 4,4  | 4,48 | 4,52 |
| 50                  | 3,89            | 4,02 | 4,10 | 4,23 | 4,31 | 4,40 | 4,48 | 4,56 |
| 60                  | 3,60            | 3,64 | 3,93 | 4,10 | 4,23 | 4,35 | 4,48 | 4,60 |
| 70                  | 3,39            | 3,68 | 3,77 | 3,93 | 4,10 | 4,27 | 4,43 | 4,60 |
| 80                  | 3,14            | 3,22 | 3,43 | 3,64 | 3,85 | 4,06 | 4,27 | 4,48 |
| 90                  | 2,85            | 2,93 | 3,14 | 3,34 | 3,56 | 3,77 | 3,98 | 4,19 |
| 100                 | 2,59            | 2,72 | 2,85 | 2,97 | 3,10 | 3,26 | 3,43 | 3,60 |

| $t, ^\circ\text{C}$           | 20   | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  |
|-------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>Пахта ёғи</b>              |      |     |     |     |     |     |     |
| $\mu \cdot 10^3$ ,<br>Па·с    | 140  | 100 | 75  | 56  | 42  | 32  | 25  |
| $\rho$ ,<br>кг/м <sup>3</sup> | 850  | 840 | 835 | 830 | 825 | 820 | 815 |
| <b>Писта ёғи</b>              |      |     |     |     |     |     |     |
| $\mu \cdot 10^3$ ,<br>Па·с    | 73,4 | 5   | 56  | 47  | 39  | 30  | 21  |
| $\rho$ ,<br>кг/м <sup>3</sup> | 920  | 910 | 905 | 900 | 895 | 890 | 885 |

**ҚАНД ҚИЁМИНИНГ ЗИЧЛИГИ ВА ҚОВУШОҚЛИК  
КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ**

Солиштирма иссиқлик сифими  $C = 2514 \text{ Ж/кг·К}$

| $t, ^\circ\text{C}$        | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\mu \cdot 10^3$ , Па·с    | 90   | 53,2 | 34,0 | 21,0 | 11,0 | 10,5 | 7,3  |
| $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> | 1310 | 1195 | 1299 | 1293 | 1288 | 1282 | 1276 |

**ЎЗУМ СУСЛОСИНИНГ КЎРСАТКИЧЛАРИ [17]**

| Умумий<br>экстрак<br>ми<br>дорн,<br>% | Зиқлик |      |      | олишт<br>ирма<br>иссиқ-<br>лик<br>сифими<br>КЖ /<br>(кг К) | Иссиқлик<br>ўтказувчанлик<br>коэффицентини<br>Вт/м·К |       | Қиёматлик<br>қовушқоқлик<br>коэффицентини $10^6$ м |        |      |
|---------------------------------------|--------|------|------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------|--------|------|
|                                       | 10     | 30   | 50   |                                                            | 20                                                   | 60    | 10                                                 | 30     | 50   |
| 10                                    | 1038   | 1054 | 1027 | 3,92                                                       | 0,570                                                | 0,648 | 1,83                                               | 1,5000 | 0,75 |
| 15                                    | 1058   | 1054 | 1049 | 3,8                                                        | 0,546                                                | 0,615 | 2,10                                               | 1,36   | 0,68 |
| 20                                    | 1080   | 1075 | 1070 | 3,72                                                       | 0,535                                                | 0,592 | 2,44                                               | 1,16   | 1,01 |
| 25                                    | 1102   | 1099 | 1093 | 3,64                                                       | 0,522                                                | 0,582 | 2,84                                               | 1,65   | 1,11 |
| 30                                    | 1125   | 1123 | 1116 | 3,60                                                       | 0,500                                                | 0,570 | 3,14                                               | 1,87   | 1,29 |

УЗУМ ВА МЕВАЛАР ВИНОЛАРИНИНГ  
БАЪЗИ БИР КУЎ САТКИЧЛАРИ [17]

| Вино тури    | Параметр         | Ўртача кўрсаткичлар |       |       |       |
|--------------|------------------|---------------------|-------|-------|-------|
|              |                  | 0                   | 20    | 40    | 60    |
| Цордон       | $\rho$           | 978                 | 975   | 966   | 955   |
|              | $\epsilon$       | 3843                | 3765  | 3712  | 3787  |
|              | $\lambda$        | 0,422               | 0,493 | 0,538 | 0,557 |
|              | $\mu \cdot 10^4$ | 29,7                | 15,2  | 12,3  | 8,84  |
|              | $\mu \cdot 10^6$ | 3,01                | 1,52  | 1,04  | 0,90  |
|              |                  |                     |       |       |       |
| Қувватланган | $\rho$           | 1014                | 1005  | 994   | 982   |
|              | $\epsilon$       | 3682                | 3730  | 3730  | 3730  |
|              | $\lambda$        | 0,366               | 0,407 | 0,418 | 0,421 |
|              | $\mu \cdot 10^4$ | 54,3                | 23,6  | 13,0  | 10,3  |
|              | $\mu \cdot 10^6$ | 5,76                | 2,30  | 1,29  | 1,03  |
|              |                  |                     |       |       |       |
| Мева-рецивор | $\rho$           | 998                 | 992   | 983   | 973   |
|              | $\epsilon$       | 4060                | 4100  | 4100  | 4100  |
|              | $\lambda$        | 0,336               | 0,383 | 0,429 | 0,465 |
|              | $\mu \cdot 10^4$ | 46,6                | 20,8  | 12,1  | 10,3  |
|              | $\mu \cdot 10^6$ | 4,58                | 2,04  | 1,20  | 1,04  |
|              |                  |                     |       |       |       |
| Оқ мускат    | $\rho$           | 1072                | 1066  | 1057  | 1045  |
|              | $\epsilon$       | 3600                | 3610  | 3610  | 3610  |
|              | $\lambda$        | 0,354               | 0,390 | 0,429 | 0,473 |
|              | $\mu \cdot 10^4$ | 72,5                | 31,3  | 17,6  | 13,4  |
|              | $\mu \cdot 10^6$ | 6,75                | 2,88  | 1,64  | 1,26  |
|              |                  |                     |       |       |       |

**БУҒЛАТИНИНҒ ЖАРАЁНИДАН КЕЙИНКИ  
ҚУЮҚЛАНТИРИЛҒАН МАҲСУЛОТНИНҒ ФИЗИК  
КЎРСАТКИЧЛАРИ**

| <i>Қурук<br/>моддаларининг моль<br/>улуғи</i>                | <i>Қовушқоқлик<br/>мПа·с</i> | <i>Зичлик<br/>кг/м<sup>3</sup></i> |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| <i>Нормал аралашма</i>                                       |                              |                                    |
| 11,8                                                         | 2,3                          | 1027                               |
| <i>Сут-шакар аралашмасы (30 минут буғлатилгандан сўнг)</i>   |                              |                                    |
| 20,9                                                         | 4,0                          | 1054                               |
| 57,3                                                         | 436,0                        | 1231                               |
| <i>Сут-шкар аралашмасы буғлатилгандан чиққан пайт</i>        |                              |                                    |
| 63,5                                                         | 530,0                        | 1281                               |
| 88,4                                                         | 1090,0                       | 1276                               |
| <i>Қуюқлантирилган маҳсулот ссзутинчга берилгандан анвал</i> |                              |                                    |
| 70,5                                                         | 3320,0                       | 1283                               |

**СУТ ЁҒЛИҚЛИГИНИНҒ ЗИЧЛИККА ТАЪСИРИ**

| <i>Сүтнинг<br/>ёғлиқлиғи, %</i>             | <i>20°С дағи<br/>зичлик, кг/м<sup>3</sup></i> | <i>Сүтнинг<br/>ёғлиқлиғи, %</i> | <i>20°С дағи<br/>зичлик, кг/м<sup>3</sup></i> |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|
| 0,5                                         | 1034                                          | 6,0                             | 1027                                          |
| 1,0                                         | 1033                                          | 7,0                             | 1026                                          |
| 2,0                                         | 1032                                          | 8,0                             | 1025                                          |
| 3,0                                         | 1030,5                                        | 9,0                             | 1024                                          |
| 4,0                                         | 1029                                          | 10,0                            | 1023                                          |
| 5,0                                         | 1028                                          |                                 |                                               |
| <i>Қовушқоқлик коэффициент - 0,02 пуаз.</i> |                                               |                                 |                                               |

ТЕМПЕРАТУРА 20°C БЎЛГАНДА  
СУЮҚЛИКЛАРНИНГ ҲАЖМИЙ КЕНГАЙИШ  
КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ, (1/K)

| Суюқлик      | $\beta \cdot 10^6$ | Суюқлик                          | $\beta \cdot 10^6$ |
|--------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
| Безин        | 125                | Центан                           | 159                |
| Глицерин     | 53                 | CaCl <sub>2</sub> эритмаси, 6%   | 25                 |
| Керосин      | 100                | CaCl <sub>2</sub> эритмаси, 41 % | 46                 |
| М-Кеилол     | 101                | NaCl эритмаси, 26%               | 44                 |
| Оливка мойи  | 70                 |                                  |                    |
| Парафин мойи |                    |                                  |                    |

БЎЗНИ ПАСТЕРИЗАЦИЯ ҚИЛГАН  
СУТЛАРНИНГ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ

| Сут              | Массавий улуш |       | Зичлик, кг/м <sup>3</sup> |
|------------------|---------------|-------|---------------------------|
|                  | г.с           | СОМ/О |                           |
| Ҳабийи           | 3,2 - 3,5     | 8,1   | 1027                      |
| Қай ёғли         | 2,5           | 8,7   | 1027                      |
| Безиқлиги        |               |       |                           |
| Нормадан юқори   | 4,0           | 8,0   | 1025                      |
|                  | 6,0           | 8,0   | 102                       |
| Оқсилли          | 2,5           | 10,5  | 1036                      |
|                  | 1,0           | 11,0  | 1037                      |
| Гликолизирланган | -             | 8,1   | 1030                      |

**СУЮҚ МОЛДАЛАР ВА СУВЛИ ЭРИТМАЛАР  
ЗИЧЛИКЛАРИНИНГ ТЕМПЕРАТУРАГА БОҒЛИҚЛИГИ**

| <i>Модда</i>                  |      | <i>Зичлиги, кг/м<sup>3</sup></i> |                 |                  |                  |                   |                   |
|-------------------------------|------|----------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
|                               |      | <i>-20<br/>°C</i>                | <i>0<br/>°C</i> | <i>20<br/>°C</i> | <i>60<br/>°C</i> | <i>100<br/>°C</i> | <i>120<br/>°C</i> |
| Азот кислотаси,               | 100% | 1582                             | 1547            | 1513             | 1443             | 1373              | 1338              |
|                               | 50   | -                                | 1334            | 1310             | 1263             | 1212              | 1186              |
| Аммиак (суяқ)                 |      | 665                              | 639             | 610              | 545              | 462               | 390               |
| Аммиакли сув,                 | 25%  | -                                | 918             | 907              | 887              | 866               | 856               |
| Анилин                        |      | 1039                             | 1022            | 987              | 952              | 933               | -                 |
| Ацетон                        |      | 835                              | 813             | 791              | 746              | 693               | 665               |
| Бензол                        |      | -                                | 900             | 879              | 836              | 793               | 769               |
| Бутил спирт                   |      | 338                              | 824             | 810              | 781              | 751               | 735               |
| Сув                           |      | -                                | 1000            | 998              | 983              | 958               | 943               |
| Гексан                        |      | 693                              | 677             | 660              | 622              | 581               | 559               |
| Глицерин,                     | 50%  | -                                | 1136            | 1126             | 1106             | 996               | 986               |
| Олтингувурт чюксиди<br>(суяқ) |      | 1484                             | 1434            | 1483             | 1264             | 1111              | 1010              |
| Ихлорэтан                     |      | 1310                             | 1282            | 1254             | 1194             | 1133              | 1102              |
| Диэтил эфир                   |      | 758                              | 736             | 714              | 666              | 611               | 576               |
| Изопропил спирт               |      | 817                              | 801             | 785              | 752              | 718               | 700               |
| Кальций хлорид,               | 25%  | 1248                             | 1239            | 1230             | 1210             | 1190              | 1180              |
| m-Кендол                      |      | -                                | 882             | 865              | 831              | 796               | 77                |
| Метил спирт,                  | 100% | 828                              | 810             | 792              | 756              | 714               | -                 |
|                               | 40   | -                                | 946             | 935              | 913              | 891               | 880               |
| Чумоли кислотаси              |      | -                                | 1244            | 1220             | 1171             | 1121              | 1096              |
| Ишкорий натрий,               | 50%  | -                                | 1540            | 1525             | 1497             | 1469              | 1454              |
|                               | 40   | -                                | 1443            | 1430             | 1403             | 1375              | 1360              |
|                               | 30   | -                                | 1340            | 1328             | 1303             | 1276              | 1261              |
|                               | 20   | -                                | 1230            | 1219             | 1196             | 1170              | 1155              |
|                               | 10   | -                                | 1117            | 1109             | 1089             | 1064              | 1049              |
| Хлорид натрий,                | 20%  | -                                | 1117            | 1148             | 1130             | 1110              | 1100              |
| Нитробензол                   |      | -                                | 1223            | 1203             | 1163             | 1123              | 1103              |
| Ортан                         |      | 734                              | 718             | 702              | 669              | 635               | 617               |

|                        |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Олеум, 20%             | -    | 1922 | 1896 | 844  | 1792 | 1766 |
| Пронил спирти.         | -    | 819  | 804  | 770  | 735  | 711  |
| Сульфат кислотаси, 98% | -    | 1857 | 1837 | 1798 | 1761 | 1742 |
|                        | 2    | 1866 | 1845 | 1824 | 1785 | 1744 |
|                        | 75   | 1759 | 1689 | 1669 | 1632 | 1597 |
|                        | 60   | 1532 | 1515 | 1498 | 1466 | 1434 |
| Олтингурут углерод     | 1323 | 1293 | 1263 | 1200 | 1125 | 1082 |
| Хлорид кислотаси, 30%  | 1173 | 1161 | 1149 | 1126 | 1103 | 1090 |
| Толуол                 | 902  | 884  | 866  | 828  | 788  | 766  |
| Сирка кислотаси, 100%  | -    | 1072 | 1048 | 1004 | 958  | 922  |
|                        | 50   | 1074 | 1058 | 1026 | 994  | 978  |
| Фенол суялтирилган     | -    | -    | 1075 | 1040 | 1005 | 987  |
| Хлорбензол             | 1150 | 1128 | 1107 | 1065 | 1021 | 995  |
| Хлороформ              | 1563 | 1526 | 1489 | 1411 | 1356 | 1280 |
| Карбон IV хлорид       | 167  | 163  | 1594 | 1517 | 1454 | 1390 |
| Этилацетат             | 947  | 924  | 905  | 851  | 797  | 768  |
| Этил спирти, 100%      | 823  | 806  | 789  | 751  | 716  | 693  |
|                        | 80   | 857  | 843  | 813  | 783  | 768  |
|                        | 60   | 904  | 891  | 864  | 835  | 820  |
|                        | 40   | 947  | 935  | 910  | 885  | 872  |
|                        | 20   | 977  | 969  | 949  | 922  | 910  |

22-жидвал

**УРУҒ ВА УНИ ҚАЙТА ИШЛАШДА  
ҲОСИЛ БЎЛАДИГАН МАҲСУЛОТЛАРИНИНГ  
ТЎКМА ОҒИРЛИГИ**

| Номи         | γ, кг/м³ | Номи                   | γ, кг/м³ |
|--------------|----------|------------------------|----------|
| Писта        | 400-440  | Писта чақилмаси        | 328      |
| Зигир        | 600-700  | Писта пўчоғи           | 168      |
| Наиша        | 490-550  | Писта я. илмаси        | 450      |
| Канақунжут   | 450-550  | Соя япроғи             | 418      |
| Пахта чигити | 500-515  | Пахта чигити япроғи    | 380      |
| Соя          | 600-700  | Пахта чигити йирик уни | 425      |
| Ёр ёнғок     | 240      | Писта йирик уни        | 425      |

**ЎС ТЕМПЕРАТУРАДА  
АБСОЛЮТ ҚУРҒ  
УРУҒЛАРИНИНГ  
ИССИҚЛИК  
СИҒИМИ**

| Номи      | $c$ ,<br>кЖ/кг·К |
|-----------|------------------|
| Паста     | 0,356            |
| Зир       | 0,390            |
| Гаша      | 0,363            |
| Канакунжу | 0,434            |

**УРУҒ ВА ЭЛИЧИМАЛАР  
ТАРКИБИЙ  
ҚИСМЛАРИНИНГ  
ИССИҚЛИК СИҒИМИ**

| Номи                                      | $c$ ,<br>кЖ/<br>кг·К |
|-------------------------------------------|----------------------|
| Ёғ                                        | 0,490                |
| Клетчатка                                 | 0,320                |
| Протеин ва азотсиз<br>экстрактив моддалар | 0,340                |

**БАЪЗИ ЁҒЛАРИНИНГ  
МОЛЕКУЛЯР  
ОҒИРЛИГИ**

| Ёғ номи | $M$     |
|---------|---------|
| Паста   | 873     |
| Пахта   | 863-905 |
| Кастор  | 938     |
| Зир     | 875-902 |

**БАЪЗИ СУҲҚЛАРИНИНГ  
ҲАЖМИИ КЕНГАЙИШИ  
КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ**

| Суюқлик номи | $\beta$ |
|--------------|---------|
| Ўсимчиқ ёғи  | 0,00014 |
| Бозир        | 0,00035 |
| Димурган     | 0,0002  |
| Сув          | 0,00018 |

## БАЪЗИ ЁҒЛАРНИНГ ФИЗИК ХОССАЛАРИ [33]

| Тем-<br>пера-<br>тура,<br>°C | Солн<br>шти<br>рма<br>оғир<br>лик,<br>кг/м <sup>3</sup> | Динам<br>ик<br>қонуш<br>лик<br>коэфф<br>ициент<br>и,<br>кг·с/м <sup>2</sup> ·<br>10 <sup>4</sup> | Солнш<br>тирма<br>иссиқл<br>ик си<br>ғими<br>ккал/<br>кг·°C | Иссиқл<br>ик<br>ўтказув<br>чанлик<br>ккал/м<br>соат·°C | Солн<br>штир<br>-ма<br>оғир<br>лик,<br>кг/м <sup>3</sup> | Динам<br>ик<br>қонуш<br>оқлик<br>коэфф<br>ициен<br>ти<br>кг·с/м <sup>2</sup> ·<br>10 <sup>4</sup> | Солн<br>штир<br>а<br>иссиқ-<br>лик<br>свғи-<br>ми,<br>ккал/<br>кг·°C | Иссиқ<br>-лик<br>ўтка-<br>зув<br>чанли<br>к,<br>ккал/<br>м·соат<br>°C |
|------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Писта ёғи                    |                                                         |                                                                                                  |                                                             |                                                        | Нахла ё.                                                 |                                                                                                   |                                                                      |                                                                       |
| 25                           | 921                                                     | 0,474                                                                                            | 0,430                                                       | 0,142                                                  | -                                                        | -                                                                                                 | -                                                                    | -                                                                     |
| 30                           | 919                                                     | 0,387                                                                                            | 0,435                                                       | 0,143                                                  | 919                                                      | 0,455                                                                                             | 0,425                                                                | 0,143                                                                 |
| 35                           | 914                                                     | 0,303                                                                                            | 0,440                                                       | 0,142                                                  | -                                                        | -                                                                                                 | -                                                                    | -                                                                     |
| 40                           | 909                                                     | 0,272                                                                                            | 0,445                                                       | 0,141                                                  | 912                                                      | 0,366                                                                                             | 0,435                                                                | 0,141                                                                 |
| 45                           | 908                                                     | 0,231                                                                                            | 0,450                                                       | 0,140                                                  | -                                                        | -                                                                                                 | -                                                                    | -                                                                     |
| 50                           | 904                                                     | 0,212                                                                                            | 0,455                                                       | 0,140                                                  | 904                                                      | 0,218                                                                                             | 0,445                                                                | 0,140                                                                 |
| 55                           | 901                                                     | 0,179                                                                                            | 0,460                                                       | 0,140                                                  | -                                                        | -                                                                                                 | -                                                                    | -                                                                     |
| 60                           | 898                                                     | 0,156                                                                                            | 0,465                                                       | 0,140                                                  | 898                                                      | 0,162                                                                                             | 0,455                                                                | 0,140                                                                 |
| 65                           | 894                                                     | -                                                                                                | 0,470                                                       | 0,139                                                  | -                                                        | -                                                                                                 | -                                                                    | -                                                                     |
| 70                           | 891                                                     | 0,116                                                                                            | 0,475                                                       | 0,138                                                  | 891                                                      | 0,125                                                                                             | 0,465                                                                | 0,138                                                                 |
| 75                           | 887                                                     | -                                                                                                | 0,480                                                       | 0,137                                                  | -                                                        | -                                                                                                 | -                                                                    | -                                                                     |
| 80                           | 884                                                     | 0,870                                                                                            | 0,485                                                       | 0,137                                                  | 884                                                      | 0,950                                                                                             | 0,475                                                                | 0,137                                                                 |
| 85                           | 881                                                     | -                                                                                                | 0,490                                                       | 0,136                                                  | -                                                        | -                                                                                                 | -                                                                    | -                                                                     |
| 90                           | 878                                                     | 0,740                                                                                            | 0,495                                                       | 0,135                                                  | 871                                                      | 0,770                                                                                             | 0,485                                                                | 0,135                                                                 |
| 95                           | 874                                                     | -                                                                                                | 0,500                                                       | 0,135                                                  | -                                                        | -                                                                                                 | -                                                                    | -                                                                     |
| 100                          | 871                                                     | 0,600                                                                                            | 0,505                                                       | 0,134                                                  | 871                                                      | 0,610                                                                                             | 0,495                                                                | 0,134                                                                 |
| 110                          | 864                                                     | 0,520                                                                                            | 0,515                                                       | 0,133                                                  | 864                                                      | 0,510                                                                                             | 0,505                                                                | 0,133                                                                 |
| 120                          | 857                                                     | 0,420                                                                                            | 0,525                                                       | 0,132                                                  | 857                                                      | 0,440                                                                                             | 0,515                                                                | 0,132                                                                 |
| 130                          | 850                                                     | 0,360                                                                                            | 0,535                                                       | 0,131                                                  | 850                                                      | 0,370                                                                                             | 0,525                                                                | 0,131                                                                 |
| 140                          | 845                                                     | 0,310                                                                                            | 0,545                                                       | 0,130                                                  | 843                                                      | 0,320                                                                                             | 0,535                                                                | 0,130                                                                 |

## СУВНИНГ ФИЗИК ХОССАТАРЫ

| $t, ^\circ\text{C}$ | $\rho, \text{кг/м}^3$ | $I \cdot 10^3, \text{Ж/кг}$ | $c \cdot 10^3, \text{/кг} \cdot \text{K}$ | $\lambda \cdot 10^2, \text{Вт/м} \cdot \text{K}$ | $\mu \cdot 10^6, \text{Па} \cdot \text{с}$ | $\alpha \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$ | $\beta \cdot 10^6, \text{1/K}$ | $\gamma$ |
|---------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 0                   | 1000                  | 0                           | 4,23                                      | 53,1                                             | 1790                                       | 1,70                                     | -0,63                          | 13,7     |
| 10                  | 1000                  | 41,9                        | 4,19                                      | 57,5                                             | 1310                                       | 1,31                                     | -0,70                          | 9,52     |
| 20                  | 998                   | 83,8                        | 4,19                                      | 59,9                                             | 1000                                       | 1,01                                     | -1,82                          | 7,02     |
| 30                  | 996                   | 126                         | 4,18                                      | 61,8                                             | 801                                        | 0,81                                     | -3,21                          | 5,42     |
| 40                  | 992                   | 168                         | 4,18                                      | 63,1                                             | 657                                        | 0,66                                     | -3,87                          | 4,31     |
| 50                  | 988                   | 210                         | 4,18                                      | 64,8                                             | 549                                        | 0,536                                    | -4,49                          | 3,54     |
| 60                  | 983                   | 251                         | 4,18                                      | 65,9                                             | 470                                        | 0,478                                    | -5,11                          | 2,98     |
| 70                  | 978                   | 293                         | 4,19                                      | 66,8                                             | 406                                        | 0,415                                    | -5,70                          | 2,55     |
| 80                  | 972                   | 335                         | 4,19                                      | 67,6                                             | 355                                        | 0,365                                    | -6,32                          | 2,21     |
| 90                  | 965                   | 376                         | 4,19                                      | 68,0                                             | 311                                        | 0,326                                    | -6,95                          | 1,95     |
| 100                 | 958                   | 419                         | 4,23                                      | 68,2                                             | 283                                        | 0,295                                    | -7,52                          | 1,75     |
| 120                 | 943                   | 502                         | 4,27                                      | 68,5                                             | 238                                        | 0,252                                    | -8,84                          | 1,17     |
| 140                 | 926                   | 590                         | 4,27                                      | 66,5                                             | 201                                        | 0,217                                    | -9,72                          | 1,26     |

## АЙРИМ СУЮКЛИКЛАРИНИНГ ФИЗИК ХОССАТАРЫ

| Модля       | Моль<br>массасы,<br>кг/кмоль | 20°C температурада<br>түйнган буу басымы |       | $p = 0,098 \text{ МПа}$<br>басындагы<br>кайнагы<br>температура<br>сы, °C |
|-------------|------------------------------|------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------|
|             |                              | мм рт.ст.                                | кПа   |                                                                          |
| Ацетон      | 58,08                        | 136                                      | 24,73 | 56,6                                                                     |
| Дихлорган   | 98,97                        | 65                                       | 8,61  | 83,7                                                                     |
| Этил спирти | 46,07                        | 14                                       | 5,35  | 78,3                                                                     |
| Сув         | 18,02                        | 17                                       | 2,33  | 99,0                                                                     |

БАҒЫН БЫР ҒАЗДАРНИНГ АСОСИЙ ФИЗИК ХОССАЛАРИ  
СИ системасында: 1 : 4 СИМУСТ.=133,3 Па; 1 КГК/СМ<sup>2</sup> =9.81·10<sup>4</sup> Па.

| Номи     | Формула                        | 0°С ва 760 мм                            |                     | Молекуляр куяр | 20°С ва $P_{ж.с.} \approx 0,1$ МПа | $k = c_p/c_v$ | 760 мм сим. уст. даги айна | 760 мм сим. уст. бутыл. ниш | Критик нукталар | $P_{ж.с.} = 1$ кг/см <sup>2</sup> даги ковушоклик |         |              |
|----------|--------------------------------|------------------------------------------|---------------------|----------------|------------------------------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------------------------------|---------|--------------|
|          |                                | сим. уст. даги зичлик, кг/м <sup>3</sup> | сим. уст. даги айна |                |                                    |               |                            |                             |                 |                                                   |         |              |
|          |                                |                                          |                     |                | $c$                                | $c$           |                            |                             | симп. атура, °С | осим(а б-оля.) кг/см <sup>2</sup>                 | IC Па·с | Константа, С |
| Азот     | N <sub>2</sub>                 | 1,25                                     | 28                  |                | 1,05                               | 0,75          | -195,8                     | 1,24                        | -147,1          | 33,39                                             | 17      | 114          |
| Аммиак   | NH <sub>3</sub>                | 0,77                                     | 17                  |                | 2,22                               | 1,68          | -33,4                      | 1374                        | +132            | 111,5                                             | 9,18    | 626          |
| Аргон    | Ar                             | 1,78                                     | 39,9                |                | 0,53                               | 0,33          | -185,9                     | 163                         | -122,4          | 48,00                                             | 20,9    | 142          |
| Ацетилен | C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>  | 1,17                                     | 26,0                |                | 1,68                               | 1,36          | -83,7                      | 830                         | +35,7           | 61,6                                              | 9,35    | 198          |
| Г нзол   | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>  |                                          | 78,1                |                | 1,25                               | 1,14          | +80,2                      | 3,4                         | +28             | 47,7                                              | 7,2     | -            |
| Бутан    | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | 2,75                                     | 58,1                |                | 1,92                               | 1,80          | -0,5                       | 387                         | +152            | 37,5                                              | 9,1     | 377          |

|                |                                |        |        |      |      |      |        |       |        |        |      |     |
|----------------|--------------------------------|--------|--------|------|------|------|--------|-------|--------|--------|------|-----|
| Хаво           | -                              | 1,293  | (29,0) | 1,01 | 0,72 | 0,40 | -195   | 197   | -140,7 | 37,2   | 17,3 | 124 |
| Водород        | H <sub>2</sub>                 | 0,0899 | 2,02   | 1,43 | 10,1 | 1,41 | -252,8 | 455   | 239,9  | 12,80  | 8,42 | 73  |
| Гелий          | He                             | 0,175  | 4,0    | 5,28 | 3,18 | 1,66 | -69,9  | 19,5  | -268,0 | 2,26   | 18,8 | 78  |
| Азот диоксиди  | NO <sub>2</sub>                | -      | 46,0   | 0,80 | 0,62 | 1,3  | +21,2  | 112   | +158   | 100,00 | -    | -   |
| Оксидингун, рт |                                |        |        |      |      |      |        |       |        |        |      |     |
| Диоксиди       | SO <sub>2</sub>                | 2,93   | 64,1   | 0,53 | 0,00 | 1,25 | -10,8  | 394   | +158   | 7,78   | 11,7 | 396 |
| Углерод        |                                |        |        |      |      |      |        |       |        |        |      |     |
| Диоксиди       | CO <sub>2</sub>                | 1,98   | 44,0   | 0,84 | 0,65 | 1,30 | -78,2  | 574,0 | +31,1  | 72,9   | 13,7 | 254 |
| Хлороген       | O <sub>2</sub>                 | 1,429  | 32     | 0,91 | 0,65 | 1,40 | -183,0 | 213   | -118,8 | 49,11  | 20,3 | 131 |
| Метан          | CH <sub>4</sub>                | 0,72   | 16,0   | 2,23 | 1,70 | 1,31 | -161,6 | 511   | -82,15 | 45,6   | 10,3 | 107 |
| Углерод оксиди | CO                             | 1,25   | 28,0   | 1,05 | 0,75 | 1,40 | -191,5 | 212   | -140,2 | 34,53  | 16,6 | 100 |
| Пентан         | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> |        | 72,7   | 1,72 | 1,38 | 1,09 | +36,1  | 360   | 197,1  | 33,0   | 8,74 | -   |
| Пропан         | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>  | 2,02   | 44,1   | 1,87 | 1,65 | 1,1  | -421   | 427   | 95,6   | 43     | 7,95 | 278 |
| Пропилен       | C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>  | 1,91   | 42,1   | 1,63 | 1,44 | 1,17 | -47,7  | 440   | 91,4   | 45,4   | 8,35 | 377 |
| Водород        | H <sub>2</sub> S               | 1,54   | 34,1   | 1,06 | 0,80 | 1,30 | -60,2  | 549   | 100,4  | 188,9  | 11,6 | -   |
| Сульфид        | Cl <sub>2</sub>                | 3,22   | 70,9   | 0,48 | 0,66 | 1,36 | -33,8  | 306   | 144,0  | 76,1   | 12,9 | 351 |
| Хлор           | CH <sub>3</sub> Cl             | 2,3    | 50,5   | 0,4  | 0,58 | 1,23 | -21,4  | 406   | 148    | 66,0   | 9,89 | 454 |
| Хлорин дитил   | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>  | 1,36   | 30,1   | 1,73 | 1,45 | 1,20 | -88,50 | 486   | 32     | 48,85  | 8,5  | 287 |
| Этан           | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>  | 1,26   | 28,1   | 1,53 | 1,26 | 1,20 | -103,7 | 482   | 9,7    | 50,2   | 9,85 | 241 |
| Этилен         |                                |        |        |      |      |      |        |       |        |        |      |     |

СУВ ЎЗГЎНИНГ КОНДЕНСАЦИЯЛАНАЁТГАН ҲАЙТИДАГИ  
 КОНДЕНСАТИНННГ ФИЗИК ХОССАЛАРИ  
 (СУЙИШНИН ЧИЗИШДА)

| $P$<br>кг/см <sup>2</sup> | $t$<br>°C | $\rho$<br>кг/м <sup>3</sup> | $i$<br>кЖ/кг | $c$<br>кЖ/кг·K | $\lambda \cdot 10^3$<br>Вт/м·K | $\alpha \cdot 10^3$<br>м <sup>2</sup> /с | $\mu \cdot 10^3$<br>Па·с | $\nu \cdot 10^3$<br>м <sup>2</sup> /с | $\beta \cdot 10^3$<br>K <sup>-1</sup> | $\sigma \cdot 10^3$<br>кг/с <sup>2</sup> | $Pr$ |
|---------------------------|-----------|-----------------------------|--------------|----------------|--------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|------|
| 1                         | 0         | 1000                        | 0            | 4,23           | 55,1                           | 1,31                                     | 790                      | 1,79                                  | -0,63                                 | 756                                      | 13,7 |
| 1                         | 10        | 1000                        | 41,9         | 4,19           | 57,5                           | 1,37                                     | 310                      | 1,31                                  | +0,7                                  | 762                                      | 9,52 |
| 1                         | 20        | 998                         | 83,8         | 4,19           | 59,9                           | 1,43                                     | 000                      | 1,01                                  | 1,82                                  | 727                                      | 7,02 |
| 1                         | 20        | 996                         | 126          | 4,18           | 61,8                           | 1,49                                     | 804                      | 0,81                                  | 3,21                                  | 712                                      | 5,42 |
| 1                         | 40        | 992                         | 168          | 4,18           | 63,4                           | 1,53                                     | 657                      | 0,66                                  | 3,87                                  | 697                                      | 4,31 |
| 1                         | 50        | 988                         | 210          | 4,18           | 64,8                           | 1,57                                     | 549                      | 0,56                                  | 4,49                                  | 677                                      | 3,54 |
| 1                         | 60        | 983                         | 251          | 4,18           | 65,9                           | 1,61                                     | 470                      | 0,48                                  | 5,11                                  | 662                                      | 2,98 |
| 1                         | 70        | 978                         | 293          | 4,19           | 66,8                           | 1,63                                     | 406                      | 0,42                                  | 5,70                                  | 643                                      | 2,55 |
| 1                         | 80        | 972                         | 335          | 4,19           | 67,5                           | 1,66                                     | 355                      | 0,37                                  | 6,32                                  | 626                                      | 2,21 |
| 1                         | 90        | 965                         | 377          | 4,19           | 68,0                           | 1,68                                     | 315                      | 0,33                                  | 6,95                                  | 607                                      | 1,95 |
| 1,03                      | 100       | 958                         | 419          | 4,23           | 68,3                           | 1,69                                     | 282                      | 0,30                                  | 7,5                                   | 589                                      | 1,75 |
| 1,46                      | 110       | 951                         | 461          | 4,23           | 68,5                           | 1,69                                     | 256                      | 0,27                                  | 8,0                                   | 569                                      | 1,58 |
| 2,02                      | 120       | 943                         | 503          | 4,23           | 68,6                           | 1,72                                     | 234                      | 0,24                                  | 8,6                                   | 549                                      | 1,43 |
| 2,75                      | 130       | 935                         | 545          | 4,27           | 68,6                           | 1,72                                     | 212                      | 0,23                                  | 9,2                                   | 529                                      | 1,32 |
| 3,68                      | 140       | 926                         | 587          | 4,27           | 68,5                           | 1,72                                     | 196                      | 0,22                                  | 9,7                                   | 507                                      | 1,23 |
| 4,85                      | 150       | 917                         | 629          | 4,32           | 68,4                           | 1,72                                     | 185                      | 0,20                                  | 10,3                                  | 487                                      | 1,17 |
| 6,30                      | 160       | 907                         | 671          | 4,36           | 68,3                           | 1,72                                     | 174                      | 0,19                                  | 10,8                                  | 466                                      | 1,10 |
| 8,08                      | 170       | 897                         | 713          | 4,40           | 67,9                           | 1,72                                     | 163                      | 0,18                                  | 11,5                                  | 444                                      | 1,05 |
| 10,2                      | 180       | 887                         | 755          | 4,44           | 67,5                           | 1,72                                     | 153                      | 0,173                                 | 12,2                                  | 424                                      | 1,01 |

ЎРБТМАЛАРИННГ СІРТНІЙ ТЎРТИШНН КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ

| Эритилган<br>матла              | Темпера-<br>тура, °C | Турли концентрацияларда<br>[масс % да]   |      |      |       |
|---------------------------------|----------------------|------------------------------------------|------|------|-------|
|                                 |                      | $\sigma \cdot 10^3$ (Н/м) сон шисмаларни |      |      |       |
|                                 |                      | 5                                        | 10   | 20   | 50    |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 18                   | 73,8                                     | 75,2 | -    | -     |
| NaNO <sub>3</sub>               | 30                   | 72,1                                     | 72,8 | 74,4 | 79,8  |
| KCl                             | 18                   | 73,6                                     | 74,8 | 77,3 | -     |
| KNO <sub>3</sub>                | 18                   | 73,0                                     | 73,6 | 75,0 | -     |
| K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>  | 19                   | 75,8                                     | 77,0 | 79,2 | 106,4 |
| NH <sub>4</sub> OH              | 18                   | 66,5                                     | 63,5 | 59,3 | -     |
| NH <sub>4</sub> Cl              | 18                   | 73,3                                     | 74,5 | -    | -     |
| NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> | 100                  | 59,2                                     | 60,1 | 61,6 | 61,5  |
| MgCl <sub>2</sub>               | 18                   | 73,8                                     | -    | -    | -     |

СУЎҚЛИК ВА СУВЛИ ЭРИТМАЛАРИНИНГ СИРТҲИ  
ТОРТИЛИШИНИНГ ТЕМПЕРАТУРАГА БОҒЛИҚЛИК И

| Модда              |      | Сиртний тортилиш, $\sigma \cdot 10^6$ [Н/м] |         |          |          |          |          |           |           |
|--------------------|------|---------------------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
|                    |      | -20<br>°C                                   | 0<br>°C | 20<br>°C | 40<br>°C | 60<br>°C | 80<br>°C | 100°<br>C | 120<br>°C |
| Азот кислотаси,    | 100% | 48,3                                        | 44,8    | 41,4     | 38,2     | 35,2     | 32,4     | 29,8      | 27,4      |
|                    | 50   | -                                           | 68,2    | 65,4     | 62,2     | 58,8     | 55,2     | 51,5      | 47,       |
| Аммиак (сухъ)      |      | 38                                          | 27      | 21,2     | 16,8     | 12,8     | -        | -         | -         |
| Аммиакли сув,      | 25   | -                                           | 65,7    | 62,9     | 59,7     | 56,3     | 52,7     | 49        | 45        |
| Ацетон             |      | 28,7                                        | 26,2    | 23,7     | 21,2     | 18,6     | 16,2     | 13,8      | 11,4      |
| Бензол             |      | -                                           | 31,7    | 29       | 26,3     | 23,7     | 21,3     | 18,8      | 16,4      |
| Бутил спирти       |      | 28                                          | 26,2    | 24,6     | 22,9     | 21,2     | 19,5     | 17,8      | 16        |
| Сув                |      | -                                           | 75,6    | 72,8     | 69,6     | 66,2     | 62,6     | 58,9      | 54,9      |
| Гексан             |      | 22,6                                        | 20,5    | 18,4     | 16,3     | 14,2     | 12,1     | 10        | 7,9       |
| Глицерин,          | 50%  | -                                           | 72,4    | 69,6     | 66,4     | 63       | 59,4     | 55,7      | 51,7      |
| Диэтил эфирн       |      | 22                                          | 19,5    | 17       | 14,6     | 12,4     | 10,2     | 8         | 6,1       |
| Дихлорэтан         |      | 37,8                                        | 35      | 32,2     | 29,5     | 26,7     | 24       | 21,3      | 18,6      |
| Метил спирт,       | 100% | 26,6                                        | 24,5    | 22,6     | 20,9     | 19,3     | 17,6     | 15,7      | 13,6      |
| Чумоли кислотаси   |      | -                                           | 39,8    | 37,6     | 35,5     | 33,3     | 31,2     | 29        | 26,8      |
| Ишқорий натр,      | 50%  | -                                           | -       | 130      | 130      | 129      | 129      | 128       | 128       |
|                    | 30%  | -                                           | -       | 97       | 96,4     | 95,8     | 95,3     | 94,4      | 93,6      |
|                    | 10%  | -                                           | -       | 77,3     | 76,1     | 75       | 73       | 70,7      | 69        |
| Нитробензол        |      | -                                           | 46,4    | 43,9     | 41,4     | 39       | 36,7     | 34,4      | 32,2      |
| Сульфат кислотаси, | 98%  | -                                           | 55,9    | 55,1     | 54,3     | 53,7     | 53,1     | 52,5      | 51,9      |
|                    | 75%  | 74,1                                        | 73,6    | 73,1     | 72,6     | 72,1     | 71,6     | 71,1      | 70,6      |
|                    | 60%  | 77,3                                        | 76,7    | 76,1     | 75       | 74,5     | 74,6     | 72,7      | 71,8      |
| Водород хлорид     | 30%  | -                                           | 72,6    | 69,8     | 66,6     | 63,2     | 59,6     | 55,9      | 51,9      |
| Толуол             |      | 33                                          | 30,7    | 28,5     | 26,2     | 23,8     | 21,8     | 19,8      | 18        |
| Сирка кислотаси,   | 100% | -                                           | 29,7    | 27,8     | 25,8     | 23,8     | 21,8     | 19,8      | 18        |
|                    | 50%  | -                                           | 43      | 40       | 37       | 33       | 30       | 27        | 24        |
| Фенол (эритилган)  |      | -                                           | 43,1    | 40,9     | 38,8     | 36,6     | 34,4     | 32,2      | 30        |
| Хлороформ          |      | 32,8                                        | 30      | 27,2     | 24,4     | 21,7     | 19       | 16,3      | 13,6      |
| Этил спирти,       | 100% | 25,7                                        | 24      | 22,3     | 20,6     | 19       | 17,3     | 15,5      | 13,4      |
|                    | 60%  | -                                           | 28      | 27       | 25       | 23       | 22       | 20        | 18        |
|                    | 20%  | -                                           | 40      | 38       | 36       | 33       | 31       | 29        | 27        |

ТУЙИНГАН СУВ БҒИНИНИНГ  
ТЕМПЕРАТУРАГА БОҒЛИҚЛИГИ

СИ системаси бирлигинга ҳисоблаш:  $1 \text{ кг/см}^3 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Г/см}^3$ .

| Тем-<br>ператур<br>а, °С | Босим<br>(абсолют)<br>кг/см² | Силиш-<br>тирма<br>гажм,<br>м³/кг | Зичлик,<br>кг/м³ | Суюқ-<br>ликнинг<br>олиштирм<br>и<br>ишталыныс<br>и,<br>кЖ/кг | Бутнинг<br>олиштирм<br>а<br>ишталыныс<br>си,<br>олиштирм<br>а хажм,<br>м³/кг,<br>кЖ/кг | олиштир<br>ма<br>буғланиш<br>сисклиги,<br>кЖ/кг |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 0                        | 0,0062                       | 206,5                             | 0,00484          | 0                                                             | 2493,1                                                                                 | 2493,1                                          |
| 10                       | 0,0125                       | 106,4                             | 0,00940          | 41,90                                                         | 2512,3                                                                                 | 2470,4                                          |
| 20                       | 0,0238                       | 57,8                              | 0,01729          | 83,80                                                         | 2532,0                                                                                 | 2448,2                                          |
| 30                       | 0,0433                       | 32,93                             | 0,03036          | 125,70                                                        | 2551,3                                                                                 | 2425,6                                          |
| 40                       | 0,0752                       | 19,55                             | 0,05114          | 167,60                                                        | 2570,6                                                                                 | 2403,0                                          |
| 50                       | 0,1258                       | 12,054                            | 0,0830           | 209,50                                                        | 2589,5                                                                                 | 2380,0                                          |
| 60                       | 0,2031                       | 6,67                              | 0,1301           | 251,40                                                        | 2608,3                                                                                 | 2356,9                                          |
| 70                       | 0,3177                       | 5,052                             | 0,1979           | 293,30                                                        | 2626,3                                                                                 | 2333,0                                          |
| 80                       | 0,483                        | 3,414                             | 0,2929           | 335,2                                                         | 2644                                                                                   | 2310                                            |
| 90                       | 0,715                        | 2,365                             | 0,4229           | 377,1                                                         | 2662                                                                                   | 2285                                            |
| 100                      | 1,033                        | 1,675                             | 0,5970           | 419,0                                                         | 2679                                                                                   | 2260                                            |
| 110                      | 1,461                        | 1,212                             | 0,8254           | 461,3                                                         | 2696                                                                                   | 2234                                            |
| 120                      | 2,025                        | 0,893                             | 1,1199           | 504,1                                                         | 2711                                                                                   | 2207                                            |
| 130                      | 2,755                        | 0,6693                            | 1,474            | 546,8                                                         | 2726                                                                                   | 2179                                            |
| 140                      | 3,685                        | 0,5096                            | 1,962            | 589,5                                                         | 2740                                                                                   | 2150                                            |
| 150                      | 4,855                        | 0,3933                            | 2,545            | 632,7                                                         | 2753                                                                                   | 2120                                            |
| 200                      | 15,85                        | 0,1276                            | 7,840            | 852,7                                                         | 2798                                                                                   | 1945                                            |
| 250                      | 40,55                        | 0,0499                            | 20,01            | 1082                                                          | 2792                                                                                   | 1710                                            |
| 300                      | 87,6                         | 0,0213                            | 47,93            | 1377                                                          | 2710                                                                                   | 1364                                            |
| 350                      | 168,6                        | 0,0088                            | 113,2            | 1638                                                          | 2519                                                                                   | 881,2                                           |
| 37                       | 225                          | 0,00315                           | 22,6             | 2100                                                          | 2100                                                                                   | 0                                               |

БАЪЗИ ЁҒЛАРНИНГ СОЛТИШТИРМА ИССИҚЛИК СИФИМИ ВА  
УТКАЗУВЧАНЛИК КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ [24]

| Температура, °C      | Солтиштирма<br>иссиқлик сифими<br>кЖ/кг·K | Иссиқлик<br>ўтказувчанлик<br>коэффициенти,<br>Вт/м·K |
|----------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Писта ёғи            |                                           |                                                      |
| 15 - 25              | 1,76                                      | 0,169                                                |
| 15 - 50              | 1,80                                      | 0,166                                                |
| 15 - 100             | 1,93                                      | 0,163                                                |
| 50 - 100             | 2,01                                      | 0,159                                                |
| 50 - 150             | 2,10                                      | 0,156                                                |
| 50 - 200             | 2,2                                       | 0,152                                                |
| 50 - 250 ва 70 - 200 | 2,30                                      | 0,149                                                |
| 100 - 150            | 2,22                                      | 0,152                                                |
| 120 - 200            | 2,35                                      | 0,148                                                |
| 150 - 200            | 2,30                                      | 0,149                                                |
| 100 - 250            | 2,43                                      | 0,145                                                |
| Пахта ёғи            |                                           |                                                      |
| 15 - 50              | 1,80                                      | -                                                    |
| 15 - 100             | 1,93                                      | -                                                    |
| 50 - 100             | 2,01                                      | -                                                    |
| 70 - 100             | 2,05                                      | 0,157                                                |
| 120 - 200            | 2,35                                      | 0,482                                                |

ГЛИЦЕРИННИНГ ДИНАМИК ҚОВУШОҚЛИК  
КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ

| температура,<br>°C | Динамик<br>қовушқоқлик<br>коэффициенти<br>мПа·с (сП) | температура,<br>°C | Динамик<br>қовушқоқлик<br>коэффициенти<br>мПа·с (сП) | температура,<br>°C | Динамик<br>қовушқоқлик<br>коэффициенти<br>мПа·с (сП) |
|--------------------|------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------|
| 0                  | 12100                                                | 40                 | 330                                                  | 100                | 13                                                   |
| 5                  | 7600                                                 | 50                 | 180                                                  | 120                | 5,2                                                  |
| 10                 | 3950                                                 | 60                 | 102                                                  | 140                | 1,8                                                  |
| 15                 | 2350                                                 | 70                 | 59                                                   | 160                | 1,0                                                  |
| 20                 | 1480                                                 | 80                 | 35                                                   | 180                | 0,45                                                 |
| 30                 | 600                                                  | 90                 | 21                                                   | 200                | 0,22                                                 |

**БАЪЗИ ЭРИТМАЛАР ДИНАМИК ҚОВУШОҚЛИК  
КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ**

| Эритма<br>молда                 | Концен-<br>трация,<br>%<br>(масс) | Динамик қовушқлик коэффициенти,<br>мПа·с (сП) |      |      |      |      |
|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|------|------|------|------|
|                                 |                                   | 0°C                                           | 20°C | 30°C | 40°C | 60°C |
| NaOH                            | 5                                 | -                                             | 1,3  | 1,05 | 0,85 | -    |
|                                 | 15                                | -                                             | 2,18 | 2,10 | 1,65 | -    |
| NaCl                            | 5                                 | 1,86                                          | 1,07 | 0,8  | 0,71 | 0,51 |
|                                 | 15                                | 2,27                                          | 1,36 | 1,07 | 0,89 | 0,64 |
|                                 | 25                                | 3,31                                          | 1,89 | -    | -    | -    |
| NaNO <sub>3</sub>               | 10                                | -                                             | 1,07 | 0,88 | 0,72 | 0,54 |
|                                 | 20                                | -                                             | 1,18 | 1,03 | 0,86 | 0,62 |
|                                 | 30                                | -                                             | 1,33 | 1,3  | 1,0  | 0,79 |
|                                 | 10                                | -                                             | 1,74 | 1,38 | 1,1  | -    |
| Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | 20                                | -                                             | 4,02 | 2,91 | 2,25 | -    |
|                                 | 10                                | -                                             | 1,23 | 1,0  | 0,83 | -    |
| KOH                             | 20                                | -                                             | 1,63 | 1,3  | 1,11 | -    |
|                                 | 5                                 | 1,7                                           | 0,99 | 0,8  | 0,66 | 0,48 |
| KCl                             | 15                                | 1,58                                          | 1,0  | 0,83 | 0,69 | 0,52 |
|                                 | 20                                | -                                             | 1,02 | 0,85 | 0,72 | 0,54 |
|                                 | 5                                 | 1,68                                          | 0,98 | 0,8  | 0,65 | 0,49 |
| KNO <sub>3</sub>                | 15                                | -                                             | 0,98 | 0,8  | 0,69 | 0,51 |
|                                 | 30                                | -                                             | -    | 0,89 | -    | -    |
|                                 | 10                                | 1,58                                          | 0,96 | 0,66 | 0,5  | -    |
| NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> | 30                                | 1,51                                          | 1,0  | 0,84 | 0,73 | 0,57 |
|                                 | 50                                | -                                             | 1,33 | 1,14 | 0,99 | 0,77 |
|                                 | 10                                | 2,8                                           | 1,5  | -    | -    | -    |
|                                 | 20                                | 5,3                                           | 2,7  | -    | -    | -    |
| MgCl <sub>2</sub>               | 10                                | 2,17                                          | 1,27 | -    | -    | -    |
|                                 | 20                                | 3,14                                          | 1,89 | -    | -    | -    |
| CaCl <sub>2</sub>               | 35                                | 8,9                                           | 5,1  | -    | -    | -    |

БАЪЗИ СУЮКЛИКЛАР ВА ЭРИГМАЛАРНИНГ ТУРЛИ ТЕМПЕРАТУРАЛАРДА  
ДИНАМИК ҚОҶУШСҮНІК КООЭФФИЦИЕНТЛАРИ

| Модда            | 100%<br>50%<br>25% | Динамик қочушқандық коэффициенттері, мПа·с (сП) |       |       |       |       |       |       |       |  |  |
|------------------|--------------------|-------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|
|                  |                    | -10°C                                           | 0°C   | 10°C  | 30°C  | 50°C  | 80°C  | 100°C | 120°C |  |  |
| Азот қатасы      | 100%               | 1,24                                            | 1,05  | 0,92  | 0,72  | 0,57  | 0,39  | 0,35  | 0,31  |  |  |
| Суюқ аммиак      | 50%                | -                                               | 3,05  | 2,4   | 1,55  | 1,7   | 0,65  | 0,55  | 0,44  |  |  |
| Аммиаклы сув     | 25%                | 0,251                                           | 0,244 | 0,235 | 0,217 | 0,199 | -     | -     | -     |  |  |
| Аммиак           | -                  | -                                               | -     | 1,2   | 1,05  | 0,71  | 0,45  | 0,32  | 0,23  |  |  |
| Ацетон           | -                  | -                                               | 10,2  | 6,5   | 3,12  | 1,8   | 1,1   | 0,8   | 0,59  |  |  |
| Бензол           | 0,42               | 0,395                                           | 0,356 | 0,293 | 0,246 | 0,246 | 0,2   | 0,17  | 0,15  |  |  |
| Бутыл спирти     | 7,4                | 0,91                                            | 0,76  | 0,56  | 0,36  | 0,436 | 0,316 | 0,261 | 0,219 |  |  |
| Сув              | -                  | -                                               | 5,10  | 3,87  | 2,28  | 1,41  | 0,76  | 0,54  | 0,38  |  |  |
| Гексан           | -                  | -                                               | 1,79  | 1,31  | 0,801 | 0,549 | 0,357 | 0,284 | 0,232 |  |  |
| Глицерин         | 0,426              | 0,397                                           | 0,355 | 0,9   | 0,9   | 0,241 | 0,19  | 0,158 | 0,132 |  |  |
| Олтигурут        | -                  | 12                                              | 8,5   | 4,25  | 4,25  | 2,6   | 1,2   | 0,73  | 0,45  |  |  |
| Диоксиди (суво)  | 0,41               | 0,368                                           | 0,334 | 0,28  | 0,28  | -     | -     | -     | -     |  |  |
| Дихлорэтан       | 1,24               | 1,08                                            | 0,95  | 0,74  | 0,74  | 0,565 | 0,45  | 0,36  | 0,31  |  |  |
| Диэтил эфири     | 0,328              | 0,296                                           | 0,268 | 0,22  | 0,22  | 0,182 | 0,14  | 0,118 | 0,1   |  |  |
| Изопропил спирти | 6,8                | 4,6                                             | 3,26  | 1,76  | 1,76  | 1,03  | 0,52  | 0,38  | 0,29  |  |  |
| Кальций хлорид   | -                  | -                                               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |  |  |
| 25% раствор      | 7                  | 4,47                                            | 3,36  | 2,25  | 2,25  | 1,55  | -     | -     | -     |  |  |
| Метил спирти     | 0,97               | 0,817                                           | 0,68  | 0,51  | 0,51  | 0,390 | 0,29  | 0,24  | 0,21  |  |  |
| -                | -                  | -                                               | 3,65  | 2,54  | 1,37  | -     | -     | -     | -     |  |  |
| Чумоли кислотасы | -                  | -                                               | 2,25  | 1,46  | 1,46  | 1,03  | 0,68  | 0,54  | 0,4   |  |  |
| Индорий натр.    | 50%                | -                                               | -     | -     | 46    | 16    | 5,54  | 3,97  | 3,42  |  |  |

|                  |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 40%              | -     | -     | 23    | 9,2   | 3,62  | 2,72  | 2,37  |
| 30%              | -     | -     | 9     | 4,6   | 2,16  | 1,82  | 1,51  |
| 20%              | -     | -     | 3,3   | 2     | 1,27  | 1,15  | 1,08  |
| 10%              | -     | -     | 1,45  | 0,98  | 0,7   | 0,65  | 0,6   |
| Хлорли натрий    |       |       |       |       |       |       |       |
| 20% эритма       | 4,08  | 2,67  | 1,24  | 0,87  | 0,57  | 0,46  | 0,38  |
| Нитробензол      | -     | 3,09  | 1,69  | 1,24  | 0,87  | 0,7   | 0,58  |
| Октан            | 0,829 | 0,703 | 0,479 | 0,76  | 0,29  | 0,245 | 0,208 |
| Олеин,           | -     | 95    | 28,8  | 12,8  | 5,3   | -     | -     |
| Сульфат кислота, | -     | 55    | 17,1  | 9,46  | 4,1   | 2,7   | 2     |
| 98%              | -     | 48    | 15,6  | 8,4   | 3,8   | 2,5   | 1,95  |
| 92%              | 90    | 32    | 10,6  | 5,9   | 2,3   | 1,9   | 1,45  |
| 75%              | 50    | 20    | 4,08  | 2,8   | 1,5   | 1,07  | 0,9   |
| 60%              | 15    | 7,7   | 0,319 | 0,27  | 0,21  | 0,19  | 0,17  |
| Углерод сульфид  | 0,488 | 0,396 | 1,43  | -     | -     | -     | -     |
| Хлорид кислота,  | -     | 2,1   | 0,522 | 0,42  | 0,319 | 0,27  | 0,231 |
| Толуол           | 0,9   | 0,667 | 1,04  | 0,79  | 0,56  | 0,46  | 0,37  |
| Сирка кислота,   | -     | -     | 1,7   | 1,11  | 0,65  | 0,5   | 0,4   |
| 50%              | -     | 4,75  | 7     | 3,43  | 1,55  | 1,05  | 0,78  |
| Фенол (суюс)     | -     | -     | 0,71  | 0,57  | 0,435 | 0,37  | 0,32  |
| Хлорбензол       | 1,24  | 1,06  | 0,51  | 0,426 | 0,33  | 0,29  | 0,26  |
| Хлороформ        | 0,79  | 0,7   | 0,84  | 0,65  | 0,472 | 0,387 | 0,323 |
| Карбон IV хлорид | 1,68  | 1,35  | 0,4   | 0,326 | 0,248 | 0,21  | 0,178 |
| Этилалкал        | 0,67  | 0,578 | 1,0   | 0,71  | 0,435 | 0,326 | 0,248 |
| Этил спирти,     | 2,83  | 1,78  | 1,53  | 0,97  | 0,57  | 0,52  | 0,43  |
| 80%              | -     | 3,69  | 1,93  | 1,13  | 0,6   | 0,45  | 0,34  |
| 10%              | -     | 5,25  | 2,02  | 1,13  | 0,6   | 0,44  | 0,34  |
| 40%              | -     | 7,14  | 1,25  | 0,9   | 0,51  | 0,38  | 0,3   |
| 20%              | -     | 5,32  |       |       |       |       |       |

## НОРДОН ВИНОЛАР ҚОВУШОҚЛИК КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ, [сН]

| Темпера-<br>тура, °С | Спирт миқдори, % |      |      |      |      |      |
|----------------------|------------------|------|------|------|------|------|
|                      | 7                | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
| -6                   | -                | -    | -    | -    | 4,12 | 4,3  |
| 6                    | 2,6              | 2,7  | 2,88 | 3,00 | 3,16 | 3,3  |
| 12                   | 2,10             | 2,19 | 2,2  | 2,40 | 2,51 | 2,62 |
| 18                   | 1,72             | 1,7  | 1,86 | 1,94 | 2,03 | 2,11 |
| 24                   | 1,44             | 1,49 | 1,54 | 1,61 | 1,67 | 1,73 |
| 30                   | 1,24             | 1,26 | 1,30 | 1,34 | 1,39 | 1,45 |
| 36                   | 1,07             | 1,08 | 1,10 | 1,14 | 1,18 | 1,22 |
| 42                   | 0,9              | 0,93 | 0,95 | 0,98 | 1,01 | 1,05 |
| 48                   | 0,79             | 0,81 | 0,83 | 0,86 | 0,88 | 0,91 |
| 54                   | 0,70             | 0,72 | 0,73 | 0,75 | 0,77 | 0,8  |
| 60                   | 0,63             | 0,64 | 0,65 | 0,67 | 0,68 | 0,7  |
| 60                   | 0,56             | 0,57 | 0,58 | 0,59 | 0,61 | 0,62 |

## ТАРКИБИДА ШАКАРҲОР ВИНОЛАР ҚОВУШОҚЛИГИ, [сН]

| Темпера-<br>тура, °C | Спирт миқдори, % (ҳажмий) |       |      |       |      |       |
|----------------------|---------------------------|-------|------|-------|------|-------|
|                      | 12                        |       | 18   |       | 24   |       |
|                      | Шакар миқдори, % (ҳажмий) |       |      |       |      |       |
|                      | 8                         | 23    | 8    | 23    | 8    | 23    |
| -10                  | -                         | 13,47 | -    | 15,75 | -    | 17,90 |
| 0                    | 4,47                      | 8,40  | 5,2  | 9,80  | 5,70 | 11,80 |
| 10                   | 2,96                      | 5,33  | 3,39 | 6,31  | 3,65 | 7,28  |
| 20                   | 2,7                       | 3,7   | 2,35 | 4,00  | 2,50 | 4,62  |
| 30                   | 1,53                      | 2,52  | 1,69 | 2,76  | 1,75 | 3,13  |
| 40                   | 1,16                      | 1,87  | 1,25 | 2,06  | 1,30 | 2,73  |
| 50                   | 0,91                      | 1,43  | 0,97 | 1,56  | 1,02 | 1,67  |
| 60                   | 0,73                      | 1,12  | 0,77 | 1,20  | 0,81 | 1,30  |

БАЪЗИ СУЮҚЛИК ВА СУВЛИ  
АРАЛАШИМЛАРИНИНГ СОЛИШТИРМА  
ИССИҚЛИК СИҒИМИ, кЖ/кг·К.

| Модда                      | ош<br>и<br>гра<br>ция<br>% | Температура, °С |      |      |      |      |      |
|----------------------------|----------------------------|-----------------|------|------|------|------|------|
|                            |                            | -20             | 0    | 20   | 60   | 100  | 120  |
| Азот кислотаси             | 100                        | 1,74            | 1,75 | 1,76 | 1,80 | 1,84 | 1,86 |
|                            | 50                         | -               | 2,79 | 2,83 | 3,01 | 3,10 | 3,18 |
| Глицерин                   | 50                         | -               | 3,55 | 3,56 | 3,52 | -    | -    |
| Метил спирти               | 100                        | 2,38            | 2,47 | 2,57 | 2,76 | 2,96 | 3,07 |
|                            | 40                         | -               | 3,52 | 3,56 | 3,6  | 3,86 | 3,72 |
| Этил спирти                | 100                        | 2,12            | 2,29 | 2,48 | 2,96 | 3,5  | 3,80 |
|                            | 80                         | -               | 2,68 | 2,83 | 3,22 | 3,64 | 3,90 |
|                            | 60                         | -               | 3,06 | 3,14 | 3,48 | 3,77 | 3,98 |
|                            | 40                         | -               | 3,44 | 3,51 | 3,69 | 3,94 | 4,02 |
|                            | 20                         | -               | 3,81 | 3,85 | 3,93 | 4,06 | 4,10 |
| Натрий гидро-<br>кислотаси | 50                         | -               | -    | 3,23 | 3,21 | 3,19 | 3,18 |
|                            | 40                         | -               | 3,38 | 3,41 | 3,8  | 3,49 | 3,49 |
|                            | 30                         | -               | 3,45 | 3,52 | 3,62 | 3,64 | 3,61 |
|                            | 20                         | -               | 3,53 | 3,56 | 3,60 | 3,72 | 3,72 |
|                            | 10                         | -               | 3,69 | 3,77 | 3,84 | 3,88 | 3,89 |
| Натрий хлориди             | 20                         | -               | 3,94 | 3,92 | 3,90 | 3,86 | 3,86 |
| Сульфат кислотаси          | 98                         | -               | 1,41 | 1,46 | 1,57 | 1,68 | 1,73 |
|                            | 92                         | 1,47            | 1,53 | 1,58 | 1,67 | 1,78 | 1,83 |
|                            | 75                         | 1,80            | 1,87 | 1,94 | 2,07 | 2,21 | 2,27 |
| Хлорид к-таси              | 60                         | 2,11            | 2,20 | 2,28 | 2,45 | 2,61 | 2,70 |
| Сирка кислотаси            | 30                         | -               | 2,3  | 2,47 | 2,80 | 3,18 | 3,35 |
|                            | 100                        | -               | 1,88 | 1,99 | 1,21 | 2,42 | 2,53 |
|                            | 50                         | -               | 3,06 | 3,10 | 3,18 | 3,30 | 3,45 |

ТЕМПЕРАТУРА 0-100 °C да ҚАТТЫҚ МАТЕРИАЛЛАРҢЫҢ  
ҰРТАЧ. СОЛЫШЫҢ МА ИССИҚЫК СИҢИМІ, кЖ/(кг·К)

| Материал номы  | C     | Материал номы     | C         |
|----------------|-------|-------------------|-----------|
| Алюминий       | 0,52  | Таш күймір        | 1,30      |
| Асбест         | 0,84  | Кварц             | 0,80      |
| Бетон          | 1,13  | Фишт (сизил)      | 0,92      |
| Кумуш          | 0,385 | Фишт (оловбардош) | 0,88-1,01 |
| Винипласт      | 1,76  | Кокс              | 0,84      |
| Лой            | 0,92  | Латунь            | 0,394     |
| Ёғоч (қариғай) | 2,72  | Муз               | 2,14      |
| Темир          | 0,50  | Күйма (тош)       | 0,84      |
| Охак           | 0,92  | Магnezия          | 0,92      |
| Ваолин         | 0,92  | Мис               | 0,385     |
| Пүлат          | 0,50  | Шипа              | 0,42-0,84 |
| Нафталин       | 1,30  | Текстолит         | 1,47      |
| Парафин        | 2,72  | Целлюлоза         | 1,55      |
| Пұхак          | 1,68  | Чүйи              | 0,50      |
| Резина         | 1,68  | Жуи               | 1,63      |
| Күрғошин       | 0,13  | Шлак              | 0,75      |

ЭТИЛ СПИРТІН-СУВ АРАДАНЫМАСЫНЫҢ ҚАЙНАШ  
ТЕМПЕРАТУРАСЫ

| Суюқлық эги<br>спирт<br>милдори |       | айна<br>ш<br>темпе-<br>ратура-<br>сы, °C | Бұздағы<br>спирт<br>милдори |       | Сув эидағы<br>спирт<br>милдори |       | айна<br>ш<br>емпер-<br>ури-си<br>°C | Бұздағы<br>спирт<br>милдори |       |
|---------------------------------|-------|------------------------------------------|-----------------------------|-------|--------------------------------|-------|-------------------------------------|-----------------------------|-------|
| мас                             | % мол |                                          | % мас                       | % мол | % мас                          | % мол |                                     | % мас                       | % мол |
| 0,01                            | 0,004 | 99,9                                     | 0,13                        | 0,053 | 25,00                          | 11,53 | 85,7                                | 68,6                        | 3,08  |
| 0,50                            | 0,19  | 99,3                                     | 6,1                         | 2,48  | 31,00                          | 14,9  | 84,5                                | 71,7                        | 49,77 |
| 1,00                            | 0,39  | 98,75                                    | 10,75                       | 4,51  | 36,00                          | 18,03 | 83,7                                | 73,5                        | 57,04 |
| 5,00                            | 2,01  | 94,96                                    | 37,0                        | 18,68 | 40,00                          | 20,68 | 83,1                                | 74,6                        | 53,46 |
| 10,00                           | 4,16  | 91,3                                     | 52,2                        | 29,92 | 45,00                          | 24,25 | 82,45                               | 75,9                        | 55,82 |
| 15,00                           | 6,46  | 89,0                                     | 60,0                        | 36,98 | 50,00                          | 28,12 | 81,9                                | 77,0                        | 56,71 |
| 20,00                           | 8,92  | 87,0                                     | 65,0                        | 42,6  | 55,00                          | 32,34 | 81,4                                | 78,2                        | 58,39 |
| 60,00                           | 36,98 | 81,0                                     | 79,5                        | 60,29 | 78,00                          | 58,11 | 79,65                               | 84,9                        | 68,76 |
| 65,00                           | 42,09 | 80,6                                     | 80,8                        | 62,22 | 83,00                          | 65,64 | 79,2                                | 87,2                        | 72,71 |
| 70,00                           | 47,72 | 80,2                                     | 82,1                        | 64,21 | 87,00                          | 74,15 | 78,65                               | 90,1                        | 78,00 |
| 75,00                           | 54,00 | 79,75                                    | 82,8                        | 66,93 | 93,00                          | 83,87 | 78,27                               | 92,4                        | 4,70  |

СУТ ВА СУТ МАҲСУЛОТЛАРИНИНГ СОЛШТИРМА  
ЎССИҚЛИК СИҒИМЛАРИНИНГ ҚИМАТЛАРИ [18].

| Сут ва сут<br>Маҳсулотлари | Температура, °C |       |       |       |
|----------------------------|-----------------|-------|-------|-------|
|                            | 0               | 15    | 40    | 60    |
| Зардоб                     | 0,978           | 0,976 | 0,974 | 0,972 |
| Ёғизлантирилган сут        | 0,940           | 0,943 | 0,952 | 0,963 |
| Ёғли сут                   | 0,929           | 0,938 | 0,930 | 0,918 |
| Қаймоқ 15 %                | 0,750           | 0,923 | 0,899 | 0,9   |
| 60 %                       | 0,560           | 1,053 | 0,721 | 0,737 |
| Ёғ                         | 0,512           | 0,527 | 0,556 | 0,580 |
| Ёғ дончалари               | 0,445           | 0,407 | 0,500 | 0,530 |

ГАЗЛАРИНИНГ МОЛЯР ЎССИҚЛИК СИҒИМИ

[кЖ/кмоль·К] Босим  $p = 1$  атм

| Газ                  | Температура, °C |      |      |       |
|----------------------|-----------------|------|------|-------|
|                      | 0               | 100  | 300  | 600   |
| N, O, C оксиди       | 29,0            | 29,3 | 30,0 | 31,0  |
| Аммиак               | 35,3            | 37,9 | 43,2 | 51,1  |
| Водород              | 29,1            | 29,3 | 29,7 | 30,4  |
| Сув буғи             | 35,0            | 35,5 | 36,7 | 39,3  |
| C ва S диоксиди      | 38,6            | 41,1 | 45,7 | 54,33 |
| Метан                | 35,7            | 39,7 | 46,8 | 59,8  |
| Олтингурут ( $H_2$ ) | 34,3            | 35,8 | 38,8 | 43,3  |
| Хлор                 | 36,3            | 36,4 | 36,7 | 37,0  |

МЕВАЛАРИНИНГ АБСОЛЮТ ҚУРУК МОДДАЛАРИНИНГ  
СОЛШТИРМА ЎССИҚЛИК СИҒИМИ [25].

| Маҳсулот  | $\rho$ , кг/л | $c$ , Ж/кг·К |
|-----------|---------------|--------------|
| Олма      | 804 - 889     | 1395         |
| Беҳи      | 951 - 1097    | 1376         |
| Нок       | 850 - 1130    | 1387         |
| Олхўри    | 932 - 1089    | 1391         |
| Ўлча      | 886 - 1109    | 1385         |
| Шафтоли   | 933 - 1081    | 1397         |
| Олча      | 970 - 1092    | 1390         |
| Гилос     | 970 - 1050    | 1404         |
| Ушум      | 1036 - 1100   | 1412         |
| Малчи     | 950 - 1077    | 1385         |
| Рябина    | 960 - 1010    | 1380         |
| Смородина | 1000 - 1070   | 1375         |

ТЕМПЕРАТУРА 0-100°C да БАЪЗИ МАТЕРИАЛЛАРНИНГ  
ИССИҚЛИК ҮТКАЗУВЧАНИЛИК КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ

| Материал                 | Эңилк,<br>кг/м <sup>3</sup> | Иссиқлик<br>үтказувчанлик<br>коэффициенти,<br>Вт/(м·К) |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------|
| Асбест                   | 600                         | 0,151                                                  |
| Бетон                    | 2500                        | 1,28                                                   |
| Винилпласт               | 1380                        | 0,163                                                  |
| Войлок (жуви)            | 300                         | 0,047                                                  |
| Қарағай (кўндаланг)      | 600                         | 0,140-0,174                                            |
| Қарағай (толалар бўйлаб) | 600                         | 0,384                                                  |
| Оддий ғиштли девор       | 1700                        | 0,698-0,814                                            |
| ловбардош ғиштли девор   | 1800                        | 0,605                                                  |
| Изоляция ғиштли девор    | 600                         | 0,116-0,209                                            |
| Мойли бўёқ               | -                           | 0,233                                                  |
| Му                       | 920                         | 2,33                                                   |
| Қуйма (тошдан)           | 3300                        | 0,698                                                  |
| Магнезия (85% кукунда)   | 216                         | 0,070                                                  |
| Накиш қатлами            | -                           | 0,163-3,49                                             |
| Порцелин                 | 230                         | 0,070-0,93                                             |
| Пенопласт                | 30                          | 0,007                                                  |
| Қуруқ кум                | 1500                        | 0,349-0,814                                            |
| Пўяк кукуни              | 160                         | 0,047                                                  |
| Заг                      | -                           | 1,16                                                   |
| Совелит                  | 450                         | 0,98                                                   |
| Шинча                    | 2500                        | 0,698-0,814                                            |
| Шинча пахтаси            | 200                         | 0,035-0,070                                            |
| Текстолит                | 1380                        | 0,244                                                  |
| Горфилиталари            | 220                         | 0,064                                                  |
| Фаолит                   | 1730                        | 0,419                                                  |
| Шлак пахтаси             | 250                         | 0,076                                                  |
| Силикат                  | 2350                        | 0,870-1,163                                            |
| <b>Металлар</b>          |                             |                                                        |
| Алюминий                 | 2700                        | 203,5                                                  |
| Бронза                   | 7900                        | 64,0                                                   |
| Латуни                   | 8500                        | 93,0                                                   |
| Мис                      | 8800                        | 384                                                    |
| Кўрғашин                 | 11400                       | 34,9                                                   |
| Пўлат                    | 7850                        | 46,5                                                   |
| Зенитамайданган пўлат    | 7900                        | 17,5                                                   |
| Чуян                     | 7500                        | 46,5-93,0                                              |

**ЭРИТМАЛАР ВА СУЅҚЛИКЛАРНИНГ  
ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНИК КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ**

| <i>Модда</i>                   | <i>Концентрация, %<br/>(масс)</i> | <i>Температура,<br/>°C</i> | <i>Иссиқлик<br/>ўтказувчанлик,<br/>Вт/(м·К)</i> |
|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------|
| BaCl <sub>2</sub>              | 21                                | 32                         | 0,58                                            |
| KBr                            | 40                                | 32                         | 0,50                                            |
| KOH                            | 21                                | 32                         | 0,58                                            |
|                                | 42                                | 32                         | 0,55                                            |
| K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 10                                | 32                         | 0,60                                            |
| KCl                            | 15                                | 32                         | 0,58                                            |
|                                | 30                                | 32                         | 0,57                                            |
| MgSO                           | 22                                | 32                         | 0,59                                            |
| MgCl <sub>2</sub>              | 11                                | 32                         | 0,58                                            |
|                                | 29                                | 32                         | 0,57                                            |
| CuSO <sub>4</sub>              | 18                                | 32                         | 0,58                                            |
| NaPr                           | 20                                | 32                         | 0,57                                            |
|                                | 40                                | 32                         | 0,54                                            |
| Na CO <sub>3</sub>             | 10                                | 32                         | 0,58                                            |
| натр                           | 12,5                              | 32                         | 0,58                                            |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 30                                | 32                         | 0,52                                            |
|                                | 50                                | 32                         | 0,35                                            |
| HCl                            | 12,5                              | 32                         | 0,52                                            |
|                                | 38                                | 32                         | 0,44                                            |
| Аммиак (суяқ)                  | 100                               | 0                          | 0,541                                           |
|                                | 100                               | 100                        | 0,314                                           |
| Дихлорэтан                     | 100                               | 0                          | 0,1396                                          |
| Сирка                          | 50                                | 0                          | 0,314                                           |
| кислотаси                      | 50                                | 100                        | 0,477                                           |
| Хлорбензол                     | 100                               | 0                          | 0,132                                           |
|                                | 100                               | 100                        | 0,1128                                          |
|                                | 100                               | 0                          | 0,142                                           |
| Хлороформ                      | 100                               | 100                        | 0,0919                                          |

**СОСИМ  $P_{абс}=1$  атм БЎЛГАҒДА ГАЗЛАРИНИНГ  
ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧАНЛИК КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ, Вт/(м·К)**

| Газ              | Температура, С |        |        |        |
|------------------|----------------|--------|--------|--------|
|                  | 0              | 50     | 100    | 200    |
| Азот             | 0,0233         | 0,0257 | 0,0314 | 0,0384 |
| Аммиак           | 0,0209         | 0,0256 | 0,0314 | -      |
| Водород          | 0,1628         | 0,1861 | 0,2210 | 0,0259 |
| Сув буғи         | 0,0163         | 0,0198 | 0,0244 | 0,0326 |
| Ҳидр.            | 0,0244         | 0,0279 | 0,0326 | 0,0395 |
| Кислород         | 0,0244         | 0,0279 | 0,0326 | 0,0407 |
| Метан            | 0,0302         | 0,0361 | 0,0465 | -      |
| Углерод оксиди   | 0,0221         | 0,0274 | -      | -      |
| Углерод диоксиди | 0,0140         | 0,0186 | 0,0233 | 0,0314 |
| Этан             | 0,0174         | 0,0233 | 0,0314 | -      |
| Этилен           | 0,0163         | 0,0209 | 0,0267 | -      |

50-жадвал

**ИФЛОСЛАНГАН ДЕВОРЛАРИНИНГ ИССИҚЛИК  
ЎТКАЗУВЧАНЛИК КОЭФФИЦИЕНТЛАРИНИНГ  
ЎРТАҒА ҚИЙМАТЛАРИ**

| Иссиқлик ташувчи агент                              | Ифлосланган деворларни иссиқлик<br>ўтказувчанлиги, Вт/(м·К) |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Ифлосланган сув                                     | 1400-1860*                                                  |
| Ўртача сифатли сув                                  | 1860-2900*                                                  |
| Юқори сифатли сув                                   | 2900-5800*                                                  |
| Тоzaланган сув                                      | 2900-5800*                                                  |
| Дистилланган сув                                    | 11600                                                       |
| Нефть маҳсулотлари, мой,<br>совитувчи агент буғлари | 2900                                                        |
| Хом нефть маҳсулотлари                              | 1160                                                        |
| Органик суюқликлар                                  | 5800                                                        |
| Сув буғи                                            | 5800                                                        |
| Органик суюқлик буғлари                             | 11600                                                       |
| Ҳаво                                                | 2800                                                        |

# АТМОСФЕРА БОСИМИНИНГ ДЕНГИЗ САТҲИ БАЛАНДИГИГА БОҒЛИҚЛИГИ

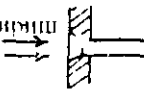
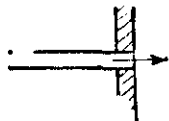
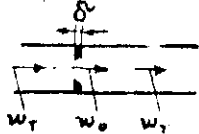
$P_{\text{м.сув.уст.}} = 9810 \text{ Па}$

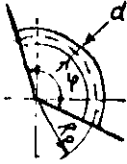
| Денгиз<br>сатҳидан<br>баландлиги, м   | -600 | 0   | +100 | 200  | 300  | 400 | 500 | 600 | 800 | 1000 | 1500 |
|---------------------------------------|------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Атмосфера<br>босими А,<br>мм.сув.уст. | 11,3 | 0,3 | 10,2 | 10,1 | 10,0 | 9,8 | 9,7 | 9,6 | 9,4 | 9,2  | 8,6  |

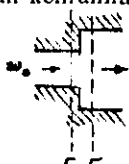
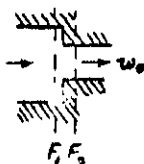
## ТРУБА ДЕВОРИ ҒАДИР-БУДУРЛИКЛАРИНИНГ ЎРТАЧА ҚИЙМАТЛАРИ

| Труба қувурлари                                                                             | с, мм                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Пулатдан ясалган қисман коррозия учраган трубалар;<br>ёқин заминдаги трубалар.              | 0,2<br>0,67 ва юзори |
| Мақлага эга бўлган тунука трубалар.                                                         | 0,125                |
| Чўяидан ясалган, ишлатилган трубалар.                                                       | 1,4                  |
| Алюминийдан тайёрланган қисмлик трубалар.                                                   | 0,015 - 0,06         |
| Латунидан, мисдан, қўрғошиндан ясалган трубалар;                                            | 0,0015 - 0,01        |
| Шинида ясалган трубалар                                                                     | 0,1 - 0,8            |
| Бетондан ясалган ғадир-будир сиртга эга бўлган трубалар.                                    | 3 - 9                |
| Нефть узатувчи ўртача диаметрда ишлатилган ва<br>тайёрланган бўлиб узатиб берувчи қувурлар. | 0,2                  |
| Узлуқли ишлайдиган қувурлар.                                                                | 0,5                  |
| Ҳаво узатиб берувчи қувурлар.                                                               | 0,8                  |
| Қондириш узатувчи қувурлар, узлуқли ишловчи.                                                | 1,0                  |

## МАҲАЛЛИЙ ҚАРИШЛ. К. КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ

| Қаршиликлар тури                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Маҳаллий қаршилик<br>коэффициентларининг қийматлари                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |      |      |      |      |      |      |      |         |      |     |     |     |      |      |     |      |     |      |     |     |     |         |     |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|---------|------|-----|-----|-----|------|------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|---------|-----|------|------|------|------|------|
| Трубага кириш                                                                                                                                                                                                                                                        | Ўткир қиринли: $\zeta = 0,5$<br>силанқланган қиринли: $\zeta = 0,2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |      |      |      |      |      |      |      |         |      |     |     |     |      |      |     |      |     |      |     |     |     |         |     |      |      |      |      |      |
| Трубадан чиқиш                                                                                                                                                                                                                                                       | 1.49) формула ёрдамида $\Delta p$ ҳисобланса шунда $\zeta$ қаршилик қиймати ҳисобга олинмайди<br><br>$\zeta = 1$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |      |      |      |      |      |      |      |         |      |     |     |     |      |      |     |      |     |      |     |     |     |         |     |      |      |      |      |      |
| Тўғри трубада ўткир қиринли диафрагма <br>$\delta$ - диафрагма тешигининг м;<br>$\delta$ - диафрагма қаллиғлиғи, м; $w$ - оқимнинг тешикдаги ўртача тезлиги, м/с;<br>$w$ - оқимнинг трубадаги ўртача тезлиги, м/с<br>$m = (d_0/D)^2$ ; $D$ - труба ички диаметри, м. | $\frac{\delta}{d_0} = 0 - 0,015$ бўлганда, босимнинг кўпайиши $\Delta p = \zeta \cdot \frac{\rho w^2}{2}$ га тенг бўлади.<br>$\zeta$ шунинг қиймати шундай $\zeta$ топилади.                                                                                                                                                                                                                                                                                           |      |      |      |      |      |      |      |         |      |     |     |     |      |      |     |      |     |      |     |     |     |         |     |      |      |      |      |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <table><tr><td><math>m</math></td><td>0, 2</td><td>0,06</td><td>0,1</td><td>0,15</td><td>0,18</td><td>0,22</td></tr><tr><td><math>\zeta</math></td><td>7000</td><td>730</td><td>245</td><td>117</td><td>65,5</td><td>40,6</td></tr><tr><td><math>m</math></td><td>0,24</td><td>0,2</td><td>0,34</td><td>0,5</td><td>0,7</td><td>0,9</td></tr><tr><td><math>\zeta</math></td><td>370</td><td>22,3</td><td>13,1</td><td>4,00</td><td>0,97</td><td>0,15</td></tr></table> | $m$  | 0, 2 | 0,06 | 0,1  | 0,15 | 0,18 | 0,22 | $\zeta$ | 7000 | 730 | 245 | 117 | 65,5 | 40,6 | $m$ | 0,24 | 0,2 | 0,34 | 0,5 | 0,7 | 0,9 | $\zeta$ | 370 | 22,3 | 13,1 | 4,00 | 0,97 | 0,15 |
| $m$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0, 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0,06 | 0,1  | 0,15 | 0,18 | 0,22 |      |      |         |      |     |     |     |      |      |     |      |     |      |     |     |     |         |     |      |      |      |      |      |
| $\zeta$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 7000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 730  | 245  | 117  | 65,5 | 40,6 |      |      |         |      |     |     |     |      |      |     |      |     |      |     |     |     |         |     |      |      |      |      |      |
| $m$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0,24                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0,2  | 0,34 | 0,5  | 0,7  | 0,9  |      |      |         |      |     |     |     |      |      |     |      |     |      |     |     |     |         |     |      |      |      |      |      |
| $\zeta$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 370                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 22,3 | 13,1 | 4,00 | 0,97 | 0,15 |      |      |         |      |     |     |     |      |      |     |      |     |      |     |     |     |         |     |      |      |      |      |      |

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |      |       |      |           |     |     |      |      |      |       |      |      |           |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------|-------|------|-----------|-----|-----|------|------|------|-------|------|------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Диалок ёки тўртбурча кўидалани кесимли тирсак                                     | Қаршилик коэффициенти кўидаги жадвалдан топилади                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 |      |       |      |           |     |     |      |      |      |       |      |      |           |     |     |     |     |     |     |
|  | $\zeta = AB$ <table><tr><td>Ф бўлаги град.</td><td>20</td><td>45</td><td>90</td><td>130</td><td>180</td></tr><tr><td>A</td><td>0,31</td><td>0,6</td><td>1,0</td><td>1,120</td><td>1,40</td></tr></table>                                                                                                                     | Ф бўлаги град.  | 20   | 45    | 90   | 130       | 180 | A   | 0,31 | 0,6  | 1,0  | 1,120 | 1,40 |      |           |     |     |     |     |     |     |
| Ф бўлаги град.                                                                    | 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 45              | 90   | 130   | 180  |           |     |     |      |      |      |       |      |      |           |     |     |     |     |     |     |
| A                                                                                 | 0,31                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0,6             | 1,0  | 1,120 | 1,40 |           |     |     |      |      |      |       |      |      |           |     |     |     |     |     |     |
| d - трубаиниң чки диаметри, м; R <sub>0</sub> - трубаиниң бугланиш радиуси        | <table><tr><td>R/d 1,0</td><td>2,0</td><td>4,0</td><td>6,0</td><td>15</td><td>30</td><td>50</td></tr><tr><td>B</td><td>0,21</td><td>0,15</td><td>0,11</td><td>0,09</td><td>0,06</td><td>0,04 0,03</td></tr></table>                                                                                                          | R/d 1,0         | 2,0  | 4,0   | 6,0  | 15        | 30  | 50  | B    | 0,21 | 0,15 | 0,11  | 0,09 | 0,06 | 0,04 0,03 |     |     |     |     |     |     |
| R/d 1,0                                                                           | 2,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 4,0             | 6,0  | 15    | 30   | 50        |     |     |      |      |      |       |      |      |           |     |     |     |     |     |     |
| B                                                                                 | 0,21                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0,15            | 0,11 | 0,09  | 0,06 | 0,04 0,03 |     |     |      |      |      |       |      |      |           |     |     |     |     |     |     |
| 90° ли стандарт чўян тирсак                                                       | <table><tr><td>Шартли ўтиш, мм</td><td>12,5</td><td>25</td><td>37</td><td>50</td></tr><tr><td>ζ</td><td>2,2</td><td>2</td><td>1,6</td><td>1,1</td></tr></table>                                                                                                                                                              | Шартли ўтиш, мм | 12,5 | 25    | 37   | 50        | ζ   | 2,2 | 2    | 1,6  | 1,1  |       |      |      |           |     |     |     |     |     |     |
| Шартли ўтиш, мм                                                                   | 12,5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 25              | 37   | 50    |      |           |     |     |      |      |      |       |      |      |           |     |     |     |     |     |     |
| ζ                                                                                 | 2,2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2               | 1,6  | 1,1   |      |           |     |     |      |      |      |       |      |      |           |     |     |     |     |     |     |
| Нормал вентиль                                                                    | <p>Вентиль тўлиқ очик бўлганда кийматлари:</p> <table><tr><td>D, мм</td><td>13</td><td>20</td><td>40</td><td>80</td><td>100</td><td>150</td><td>200</td><td>250</td><td>350</td></tr><tr><td></td><td>10,8</td><td>6,0</td><td>4,9</td><td>4,0</td><td>4,1</td><td>4,1</td><td>4,7</td><td>5,1</td><td>5,5</td></tr></table> | D, мм           | 13   | 20    | 40   | 80        | 100 | 150 | 200  | 250  | 350  |       | 10,8 | 6,0  | 4,9       | 4,0 | 4,1 | 4,1 | 4,7 | 5,1 | 5,5 |
| D, мм                                                                             | 13                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 20              | 40   | 80    | 100  | 150       | 200 | 250 | 350  |      |      |       |      |      |           |     |     |     |     |     |     |
|                                                                                   | 10,8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 6,0             | 4,9  | 4,0   | 4,1  | 4,1       | 4,7 | 5,1 | 5,5  |      |      |       |      |      |           |     |     |     |     |     |     |
| Тўри йўлли                                                                        | <p>Re ≥ 3 · 10<sup>5</sup> бўлганда ζ кўидаги жадвалдан аниқланади:</p> <table><tr><td>D, мм</td><td>25</td><td>50</td><td>76</td><td>150</td><td>250</td></tr><tr><td>ζ</td><td>1,04</td><td>0,79</td><td>0,60</td><td>0,42</td><td>0,37</td></tr></table>                                                                  | D, мм           | 25   | 50    | 76   | 150       | 250 | ζ   | 1,04 | 0,79 | 0,60 | 0,42  | 0,37 |      |           |     |     |     |     |     |     |
| D, мм                                                                             | 25                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 50              | 76   | 150   | 250  |           |     |     |      |      |      |       |      |      |           |     |     |     |     |     |     |
| ζ                                                                                 | 1,04                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0,79            | 0,60 | 0,42  | 0,37 |           |     |     |      |      |      |       |      |      |           |     |     |     |     |     |     |
|                                                                                   | <p>Re &lt; 3 · 10<sup>5</sup> бўлганда, қаршилик коэффициенти <math>\zeta = \zeta_1 \cdot K</math><br/>ζ киймати Re &gt; 3·10<sup>5</sup> дагидек топилади,<br/>K киймати эса ушбу жадвалда берилган:</p>                                                                                                                    |                 |      |       |      |           |     |     |      |      |      |       |      |      |           |     |     |     |     |     |     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  |             |         |        |          |                |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------|---------|--------|----------|----------------|------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Re                               | 5000        | 20000   | 100000 | 300000   |                |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | K                                | 1,40        | 0,94    | 0,91   | 1        |                |      |
| Кран                                                                                                                                                                                                                                                                              | Шартли ўтиш диаметри, мм         | 13          | 19      | 25     | 32       | 38 50 ва юқори |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  | 4           | 2       | 2      | 2        | 2              |      |
| Задвижка                                                                                                                                                                                                                                                                          | Шартли ўтиш Диаметри, мм         | 15-10       | 175-200 | 300    | ва юқори |                |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | $\zeta$                          |             | 0,5     | 0,25   | 0,15     |                |      |
| Труба и г<br>б'дан кенгайиш                                                                                                                                                                                                                                                       | $Re = \frac{w_0 \cdot d_0}{\nu}$ | $F_0 / F_1$ |         |        |          |                |      |
|  <p><math>F_0, F_1</math> - кичик кўндаланг кесим юзаси, м<sup>2</sup>; <math>w</math> - кичик кўндаланг кесимли юзада оқим тезлиги, м/с; <math>F_1</math>-катта кўндаланг кесим юзаси, м.</p>   |                                  | 0,1         | 0,2     | 0,3    | 0,4      | 0,5            | 0,6  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 10                               | 3,1         | 3,1     | 3,1    | 3,1      | 3,1            | 3,1  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 100                              | 1,70        | 1,40    | 1,20   | 1,10     | 0,90           | 0,80 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1000                             | 2,0         | 1,60    | 1,30   | 1,05     | 0,90           | 0,60 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3000                             | 1,00        | 0,70    | 0,60   | 0,40     | 0,30           | 0,20 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3500                             | 0,81        | 0,64    | 0,50   | 0,36     | 0,25           | 0,16 |
| Труба и г<br>бирдан тарайиши                                                                                                                                                                                                                                                      | $Re = \frac{w_0 \cdot d_0}{\nu}$ | $F_0 / F_1$ |         |        |          |                |      |
|  <p><math>F_0, F_1</math> - кичик кўндаланг кесим юзаси, м<sup>2</sup>; <math>w</math> - кичик кўндаланг кесимли юзада оқим тезлиги, м/с; <math>F_1</math>-катта кўндаланг кесим юзаси, м.</p> |                                  | 0,1         | 0,2     | 0,3    | 0,4      | 0,5            | 0,6  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 10                               | 5,0         | 5,0     | 5,0    | 5,0      | 5,0            | 5,0  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 100                              | 1,30        | 1,20    | 1,10   | 1,00     | 0,9            | 0,80 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1000                             | 0,64        | 1,60    | 1,4    | 1,35     | 0,30           | 0,24 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3000                             | 0,50        | 0,3     | 0,35   | 0,30     | 0,25           | 0,20 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3500                             | 0,45        | 0,40    | 0,35   | 0,30     | 0,25           | 0,20 |

**ЛАМИНЛАР РЕЖИМДА ТҮРЛИ КЎНДАЛАНГ  
КЕСИМЛАР УЧУН ЭКВИВАЛЕНТ ДИАМЕТРЛА  
А КОЭФФИЦИЕНТ ҚИЙМАТЛАРИ**

| <i>Кўндаланг кесим шакли</i>                       | <i>d</i> | <i>A</i> |
|----------------------------------------------------|----------|----------|
| d – диаметри айлана                                | d        | 64       |
| a – томонли квадрат                                | a        | 57       |
| a – томонли тенг ёнли учбурчак                     | 0,58a    | 53       |
| a – кенга, ака ота халса                           | 2a       | 96       |
| a и b томонли тўғри тўртбурчак                     |          |          |
| a/b=0                                              | 2a       | 96       |
| a/b=0,1                                            | 1,81a    | 85       |
| a/b=0,25                                           | 1,6a     | 73       |
| a/b=0,5                                            | 1,3a     | 62       |
| Эллипс ( a – кичик ярим ўқ,<br>b – катта ярим ўқ): |          |          |
| a/b=0,1                                            | 155a     | 73       |
| a/b=0,3                                            | 1,4a     | 68       |
| a/b=0,5                                            | 1,3a     | 78       |

**ДНАФРАГМАНИНГ САРФ  
КОЭФФИЦИЕНТЛАРИНИНГ ҚИЙМАТЛАР**

| <i>Re</i> | <i>m=0,05</i> | <i>m=0,1</i> | <i>m=0,2</i> | <i>m=0,3</i> | <i>m=0,4</i> | <i>m=0,5</i> | <i>m=0,7</i> |
|-----------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 5000      | 0,6032        | 0,6110       | 0,6341       |              |              |              |              |
| 10000     | 0,6026        | 0,6092       | 0,6261       | 0,6530       | 0,6890       | 0,7367       |              |
| 20000     | 0,5996        | 0,6050       | 0,6212       | 0,6454       | 0,6765       | 0,7186       | 0,7540       |
| 30000     | 0,5990        | 0,6038       | 0,6187       | 0,6403       | 0,6719       | 0,7124       | 0,8404       |
| 50000     | 0,5984        | 0,6032       | 0,6168       | 0,6384       | 0,6666       | 0,7047       | 0,8276       |
| 100000    | 0,5980        | 0,6026       | 0,6162       | 0,6359       | 0,6626       | 0,6992       | 0,8155       |
| 400000    | 0,5978        | 0,6020       | 0,6150       | 0,6340       | 0,6600       | 0,6950       | 0,8019       |

d - днафрагма тешигининг диаметри, м;  $m = (d_1/d)^2$ .

## ТУЗАТИШ КОЭФФИЦИЕНТЎНИНГ ҚИЙМАТЛАРИ

| Труба<br>диаметри,<br>м | $m=0,1$ | $m=0,2$ | $m=0,3$ | $m=0,4$ | $m=0,5$ | $m=0,6$ | $m=0,7$ |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0,05                    | 1,0037  | 1,0063  | 1,0082  | 1,0118  | 1,0144  | 1,017   | 1,02    |
| 0,10                    | 1,0024  | 1,0045  | 1,0064  | 1,0065  | 1,0108  | 1,011   | 1,014   |
| 0,20                    | 1,0017  | 1,0023  | 1,0034  | 1,004   | 1,0052  | 1,006   | 1,007   |
| 0,30                    | 1,0005  | 1,001   | 1,001   | 1,001   | 1,001   | 1,001   | 1,001   |

 $m=(d_1/d)^2$ БЎЛАК МАТЕРИАЛ ХАЛҚАЛАРИДАН ТАШКИЛ ТОПГАН  
СКРУББЕР НАСАДКАЛАРИНИНГ ТАВСИФИ

| Насадкалар турли                          | Насадка<br>элементи<br>нинг<br>ўлчамлари,<br>мм | 1 м насадка<br>ли ҳажм-<br>даги эле-<br>ментлар<br>сони | Ўқи<br>ҳажми,<br>м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> | Силиш<br>тирма<br>юза,<br>м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> | 1 м <sup>3</sup><br>ҳажм<br>даги на-<br>садка<br>ёғи<br>г/л, кг |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Фарфор халқалар                           | 8 3х1,5                                         | 1405000                                                 | 0,64                                            | 570                                                      | 600                                                             |
| Керамик халқалар                          | 15х15х2                                         | 25000                                                   | 0,70                                            | 330                                                      | 690                                                             |
| " "                                       | 50х35х4                                         | 20260                                                   | 0,78                                            | 140                                                      | 505                                                             |
| " "                                       | 50х50х5                                         | 6000                                                    | 0,785                                           | 87,5                                                     | 530                                                             |
| Пулат халқалар                            | 35х35х2,5                                       | 19000                                                   | 0,83                                            | 147                                                      | -                                                               |
| " "                                       | 50х50х1                                         | 6000                                                    | 0,95                                            | 110                                                      | 430                                                             |
| Шағал (думалок)                           | 42                                              | 14400                                                   | 0,388                                           | 80,5                                                     | -                                                               |
| Анцезит (бўлаклари)                       | 43,2                                            | 12600                                                   | 0,305                                           | 68                                                       | 1200                                                            |
| Кокс (бўлаклари)                          | 42,6                                            | 14000                                                   | 0,56                                            | 77                                                       | 455                                                             |
| " "                                       | 24,4                                            | 64800                                                   | 0,532                                           | 20                                                       | 1600                                                            |
| Аммиак синтези                            |                                                 |                                                         |                                                 |                                                          |                                                                 |
| Каталитизаторлари                         | 6,1                                             | 500000                                                  | 0,465                                           | 90                                                       | 2420                                                            |
| СО конверсияси ката-<br>лизатор, таблетка | d=11,5<br>h=6                                   | 1085000                                                 | 0,38                                            | 460                                                      | 1100                                                            |

ПОРШНЕЛИК НАСОСЛАР ЁРДАМИДА  
СУВИН УЗАТИШ ДАВРИДАГҲ СЎРИШ БАЛАНДЧИГИ

| Насоснинг айлан-<br>иш частотаси,<br>айл/мин | Сув температураси, °C |     |     |     |     |     |    |
|----------------------------------------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|
|                                              | 0                     | 20  | 30  | 40  | 50  | 60  | 70 |
| 50                                           | 7                     | 6,5 | 6   | 5,5 | 4   | 2,5 | 0  |
| 60                                           | 6,5                   | 6   | 5,5 | 5   | 3,5 | 2   | 0  |
| 90                                           | 5,5                   | 5   | 4,5 | 4   | 2,5 | 1   | 0  |
| 120                                          | 4,5                   | 4   | 3,5 | 3   | 1,5 | 0,5 | 0  |
| 150                                          | 3,5                   | 3   | 2,5 | 2   | 0,5 | 0   | 0  |
| 180                                          | 2,5                   | 2   | 1,5 | 1   | 0   | 0   | 0  |

ТУРЛИ ХИЛДАГҲ АРАЛАШТИРГИЧЛАР УЧУН  
С ВА Т КОНСТАНТАЛАР ҚИЙМАТЛАРИ

| Аралаштиргичла-<br>р турли          | Геометрик<br>тавсифнома |       |       | Константала-<br>р сон<br>қиймати |      | Эслатма                                                 |
|-------------------------------------|-------------------------|-------|-------|----------------------------------|------|---------------------------------------------------------|
|                                     | $H/d$                   | $D/d$ | $h/d$ | $\sigma$                         | $m$  |                                                         |
| Икки парракли                       | 2                       | 2     | 0,36  | 111,0                            | 1,0  | $Re < 20$<br>$Re=100 \div 5 \cdot 10^4$                 |
| "                                   | 3                       | 3     | 0,33  | 11,35                            | 0,31 |                                                         |
| 2 парракли, парра-<br>ги 45° остида | 3                       | 3     | 0,33  | 6,8                              | 0,2  |                                                         |
| 4 парракли                          | 3                       | 3     | 0,33  | 4,05                             | 0,2  |                                                         |
| парраги 45° остида                  | 3                       | 3     | 0,33  | 3,52                             | 0,2  |                                                         |
| 4 парракли, парра-<br>ги 60° остида | 3                       | 3     | 0,33  | 5,05                             | 0,2  | аррак шакли<br>думалок                                  |
| Якорли 2 парракли                   | 3                       | 3     | 0,33  | 6,2                              | 0,18 |                                                         |
| Тўрт парракли                       | 1,11                    | 1,11  | 0,11  | 6,2                              | 0,25 |                                                         |
|                                     | 1,11                    | 1,11  | 0,11  | 6,0                              | 0,25 |                                                         |
| Пропеллерли уч<br>парракли, 22,5°   | 3                       | 3     | 0,33  | 0,98                             | 0,15 |                                                         |
| Пропеллерли, уч<br>парракли         | 3,5                     | 3,8   | 1     | 230                              | 1,67 | $Re < 80$<br>$Re < 5 \cdot 10^4$<br>$Re < 3 \cdot 10^4$ |
|                                     |                         |       |       | 4,63                             | 0,35 |                                                         |
|                                     |                         |       |       | 1,19                             | 0,15 |                                                         |
| Турбинали уч пар-<br>ракли          | 3                       | 3     | 0,33  | 3,90                             | 0,2  |                                                         |

## СУЮКЛИКЛАР СИРТИЙ ТОРТИЛИШ КОЭФФИЦИЕНТИ

| Суюқлык          | Температура | Сиртий тортилиш,<br>$\sigma \cdot 10^4$ , Н/м |
|------------------|-------------|-----------------------------------------------|
| Азот (суюк)      | -196        | 8,5                                           |
| Кислорс - (суюк) | -183        | 13,2                                          |
| Олпика мойи      | +20         | 32,0                                          |
| Парафи 1 мойи    | +25         | 26,1                                          |
| Скитилар         | +15         | 27,3                                          |

61 - Ж.Д.18.18

ТРУБА ҚУВУРИШНИНГ 1 М. УЗУНЛИГИДА БОСЫЛЫШ  
НҮҚОТИЛИШИ, кПа/м

| Ҳажмий<br>сарф,<br>м <sup>3</sup> /с | Трубалар диаметри, м. |      |      |      |       |       |       |
|--------------------------------------|-----------------------|------|------|------|-------|-------|-------|
|                                      | 0,032                 | 0,04 | 0,05 | 0,08 | 0,100 | 0,150 | 0,200 |
| Томат - паста      Температура 10°C  |                       |      |      |      |       |       |       |
| 0,00139                              | 69,0                  | 50,0 | 35,6 | 16,6 | 11,6  | 6,34  | 4,40  |
| 0,00278                              | 74,0                  | 55,6 | 41,0 | 20,0 | 13,9  | 7,01  | 4,53  |
| 0,00444                              | 80,0                  | 58,0 | 43,0 | 22,3 | 15,5  | 7,65  | 5,00  |
| Температура 33°C                     |                       |      |      |      |       |       |       |
| 0,00139                              | 52,0                  | 38,0 | 26,4 | 11,0 | 8,03  | 3,56  | 2,06  |
| 0,00278                              | 59,0                  | 44,5 | 31,5 | 13,5 | 9,50  | 4,50  | 2,56  |
| 0,00444                              | 64,0                  | 48,0 | 34,0 | 15,3 | 10,41 | 5,25  | 3,00  |
| Температура 72°C                     |                       |      |      |      |       |       |       |
| 0,00139                              | 36,2                  | 26,6 | 18,2 | 6,90 | 4,65  | 2,00  | 1,20  |
| 0,00278                              | 43,0                  | 32,0 | 20,0 | 8,80 | 5,77  | 2,60  | 1,50  |
| Олма тюреси      Температура -1°C    |                       |      |      |      |       |       |       |
| 0,00139                              | -                     | 6,65 | 4,20 | 1,60 | 1,09  | -     | -     |
| 0,00278                              | -                     | 8,55 | 5,40 | 2,04 | 1,32  | -     | -     |
| Температура 30°C                     |                       |      |      |      |       |       |       |
| 0,00139                              | 3,3                   | 3,2  | 1,90 | 0,73 | -     | -     | -     |
| 0,00278                              | 7,3                   | 4,3  | 2,60 | 0,90 | -     | -     | -     |

**БИНАР АРАЛАШМАЛАРНИНИГ СУЮҚЛИК ВА  
БУҒЛАРИНИНИГ МУВОЗАНАТ ТАРКИБИ**

$P_{\text{абс}} = 160 \text{ мм. с.м. } \pm 1.$

| Метил спир - сув |                      |       | Хлороформ - бензол |                   |       |
|------------------|----------------------|-------|--------------------|-------------------|-------|
| t, °C            | % (мол) метил спирги |       | t, °C              | % (мол) хлороформ |       |
|                  | суюқликда            | буғда |                    | суюқликда         | буғда |
| 100,0            | 0                    | 0     | 80,6               | 0                 | 0     |
| 96,4             | 2                    | 13,4  | 79,                | 8                 | 10    |
| 93,5             | 4                    | 3,0   | 79,0               | 15                | 20    |
| 87,7             | 10                   | 41,8  | 77,3               | 29                | 40    |
| 81,7             | 20                   | 51,9  | 76,4               | 36                | 50    |
| 78,0             | 30                   | 65,5  | 75,3               | 44                | 60    |
| 73,1             | 50                   | 77,9  | 71,9               | 66                | 80    |
| 64,5             | 100                  | 100,0 | 61,4               | 100               | 100   |

| Сув - спирка кистота |             |       | Азот - кислород |              |       |
|----------------------|-------------|-------|-----------------|--------------|-------|
| t, °C                | % (мол) сув |       | t, °C           | % (мол) азот |       |
|                      | суюқликда   | буғда |                 | суюқликда    | буғда |
| 118,1                | 0           | 0     | 90,1            | 0            | 0     |
| 115,4                | 5           | 9,2   | 89,5            | 3,5          | 13,0  |
| 113,8                | 10          | 16,7  | 89              | 6,2          | 20,2  |
| 110,1                | 20          | 30,2  | 88              | 11           | 30,4  |
| 107,5                | 30          | 42,5  | 87              | 17,1         | 39,7  |
| 105,8                | 40          | 53,0  | 86              | 22,2         | 47,8  |
| 104,4                | 50          | 62,2  | 85              | 27,7         | 55,7  |
| 103,2                | 60          | 71,6  | 84              | 33,8         | 63,1  |
| 101,3                | 80          | 86,4  | 82              | 47,8         | 76,4  |
| 100,0                | 100         | 100   | 77,3            | 100,0        | 100,0 |

**СҮВ-СПИРТ БУҒЛАРИНИНҢ КОНДЕНСАЦИЯЛАШУУ  
ТЕМПЕРАТУРАСИ ВА  $10^4$  Па БОСИМДАҒИ ЭНТАЛПИЯСИ**

| Буғ<br>аркиби<br>аги<br>спирт<br>хажми,<br>% мас. | конденсацияла-<br>нуу тем-<br>пера-<br>турасы,<br>°C | Суюқлик<br>энтальпиясы<br>$i$ , кЖ/кг | Буғ хосил<br>қилинуу<br>иссиқлиги<br>$g$ , кЖ/кг | Буғның э-<br>нтальпиясы<br>$i$ , кЖ/кг | Буғның<br>зичлиги,<br>$\rho$ , кг/м <sup>3</sup> |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 0                                                 | 100                                                  | 418,70                                | 2256,7                                           | 2675                                   | 0,589                                            |
| 5                                                 | 99,4                                                 | 424,56                                | 2185,6                                           | 2610                                   | 0,620                                            |
| 10                                                | 98,8                                                 | 426,24                                | 2114,1                                           | 2540                                   | 0,645                                            |
| 15                                                | 98,2                                                 | 423,3                                 | 2043,0                                           | 2466,5                                 | 0,667                                            |
| 20                                                | 97,6                                                 | 429,79                                | 1972,1                                           | 2392,9                                 | 0,694                                            |
| 25                                                | 97,0                                                 | 423,37                                | 1902,9                                           | 2383,4                                 | 0,722                                            |
| 30                                                | 96,0                                                 | 417,86                                | 1833,9                                           | 2253,5                                 | 0,750                                            |
| 35                                                | 95,3                                                 | 406,97                                | 1762,7                                           | 2169,7                                 | 0,785                                            |
| 40                                                | 94,0                                                 | 397,3                                 | 1691,5                                           | 2087,2                                 | 0,817                                            |
| 45                                                | 93,2                                                 | 382,27                                | 1624,5                                           | 2006,8                                 | 0,754                                            |
| 50                                                | 91,9                                                 | 369,29                                | 1553,1                                           | 1922,6                                 | 0,881                                            |
| 55                                                | 90,5                                                 | 356,73                                | 1484,3                                           | 1841,0                                 | 0,933                                            |
| 60                                                | 89,0                                                 | 342,91                                | 1415,2                                           | 1758,1                                 | 0,976                                            |
| 65                                                | 87,0                                                 | 322,81                                | 1334,0                                           | 1668,9                                 | 1,025                                            |
| 70                                                | 85,1                                                 | 306,48                                | 1277,0                                           | 1585,2                                 | 1,075                                            |
| 75                                                | 82,8                                                 | 284,29                                | 1210,0                                           | 1494,3                                 | 1,115                                            |
| 80                                                | 80,8                                                 | 260,01                                | 1143,0                                           | 1403,0                                 | 1,214                                            |
| 85                                                | 89,6                                                 | 249,96                                | 1071,8                                           | 1321,8                                 | 1,295                                            |
| 90                                                | 78,7                                                 | 237,40                                | 996,5                                            | 1233,9                                 | 1,380                                            |
| 95                                                | 78,2                                                 | 222,74                                | 925,3                                            | 1148,0                                 | 1,480                                            |
| 100                                               | 78,3                                                 | 209,76                                | 854,1                                            | 1063,9                                 | 1,598                                            |

| Қожу<br>дәне<br>три,<br>мм | Құбыр<br>ның<br>диамет<br>ри, мм | Құбыр<br>лар<br>саны | Құбыр<br>арның<br>ұзынды<br>ғы, м | Құбырлар ұзындығы құбырлар<br>бүтіндігі, мм |        |      |      |      |     | Құбырлар<br>арның<br>өкімнің<br>енг тор<br>құбырлар<br>қесімі,<br>м² | Құбыр<br>арның<br>құбырлар<br>қесімі,<br>м² |
|----------------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|--------|------|------|------|-----|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                            |                                  |                      |                                   | 1,0                                         | 1,5    | 2,0  | 3,0  | 4,0  | 6,0 | 9,0                                                                  |                                             |
| 159                        | 20x2                             | 1                    | 19                                | 1,0                                         | 2,0    | 2,5  | 3,5  | -    | -   | -                                                                    | 0,004                                       |
| 273                        | 25x2                             | 1                    | 13                                | 1,0                                         | 1,56,0 | 2,0  | 3,0  | -    | -   | -                                                                    | 0,005                                       |
| 325                        | 20x2                             | 1                    | 61                                | 4,0                                         | 4,5    | 7,5  | 11,5 | -    | -   | -                                                                    | 0,012                                       |
|                            | 25x2                             | 1                    | 37                                | 7,0                                         | 9,5    | 6,0  | 9    | -    | -   | -                                                                    | 0,013                                       |
|                            | 20x2                             | 1                    | 100                               | -                                           | 8,5    | 12,5 | 19   | 25,0 | -   | -                                                                    | 0,020                                       |
|                            | 25x2                             | 2                    | 90                                | -                                           | 7,5    | 11,0 | 17   | 22,5 | -   | -                                                                    | 0,009                                       |
|                            | 25x2                             | 1                    | 62                                | -                                           | 7,5    | 10,0 | 14,5 | 19,5 | -   | -                                                                    | 0,021                                       |
| 400                        | 20x2                             | 2                    | 56                                | -                                           | -      | 9,0  | 13   | 17,5 | -   | -                                                                    | 0,010                                       |
|                            | 20x2                             | 1                    | 181                               | -                                           | -      | 23,0 | 34   | 46,0 | 68  | -                                                                    | 0,036                                       |
|                            | 25x2                             | 2                    | 166                               | -                                           | -      | 21,0 | 31   | 42,0 | 63  | -                                                                    | 0,017                                       |
|                            | 25x2                             | 1                    | 111                               | -                                           | -      | 17,0 | 26   | 35,0 | 52  | -                                                                    | 0,038                                       |
| 600                        | 20x2                             | 2                    | 100                               | -                                           | -      | 16,0 | 24   | 31,0 | 47  | -                                                                    | 0,017                                       |
|                            | 20x2                             | 1                    | 389                               | -                                           | -      | 49   | 70   | 98   | 147 | -                                                                    | 0,078                                       |
|                            | 20x2                             | 2                    | 370                               | -                                           | -      | 47   | 70   | 93   | 139 | -                                                                    | 0,037                                       |
|                            | 20x2                             | 1                    | 334                               | -                                           | -      | 42   | 63   | 84   | 126 | -                                                                    | 0,016                                       |
|                            | 20x2                             | 6                    | 316                               | -                                           | -      | 40   | 60   | 79   | 119 | -                                                                    | 0,009                                       |
|                            | 25x2                             | 1                    | 257                               | -                                           | -      | 40   | 61   | 81   | 121 | -                                                                    | 0,040                                       |

|      |      |   |      |   |    |     |     |     |     |       |       |
|------|------|---|------|---|----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|
| 800  | 20x2 | 2 | 240  | - | 38 | 57  | 75  | 113 | -   | 0.040 | 0.042 |
|      |      | 4 | 206  | - | 32 | 49  | 65  | 97  | -   | 0.040 | 0.018 |
|      |      | 6 | 196  | - | 31 | 46  | 61  | 91  | -   | 0.037 | 0.011 |
|      |      | 1 | 717  | - | 90 | 135 | 180 | 270 | 405 | 0.069 | 0.144 |
|      |      | 2 | 690  | - | 87 | 130 | 173 | 260 | 390 | 0.069 | 0.069 |
|      |      | 4 | 638  | - | 80 | 120 | 160 | 240 | 361 | 0.065 | 0.030 |
| 1000 | 25x2 | 6 | 618  | - | 78 | 116 | 155 | 233 | 349 | 0.065 | 0.020 |
|      |      | 1 | 466  | - | 73 | 109 | 144 | 219 | 329 | 0.070 | 0.161 |
|      |      | 2 | 442  | - | 69 | 104 | 139 | 208 | 312 | 0.070 | 0.077 |
|      |      | 4 | 404  | - | 63 | 95  | 127 | 190 | 285 | 0.060 | 0.030 |
|      |      | 6 | 386  | - | 60 | 90  | 121 | 181 | 270 | 0.065 | 0.022 |
|      |      | 2 | 1173 | - | -  | 221 | 295 | 442 | 663 | 0.101 | 0.236 |
| 1200 | 25x2 | 4 | 1138 | - | -  | 214 | 286 | 420 | 643 | 0.101 | 0.114 |
|      |      | 6 | 1072 | - | -  | 202 | 269 | 404 | 606 | 0.101 | 0.051 |
|      |      | 2 | 1044 | - | -  | 197 | 262 | 393 | 590 | 0.096 | 0.034 |
|      |      | 4 | 747  | - | -  | 176 | 235 | 352 | 528 | 0.106 | 0.259 |
|      |      | 6 | 718  | - | -  | 169 | 226 | 338 | 507 | 0.106 | 0.124 |
|      |      | 2 | 666  | - | -  | 157 | 209 | 314 | 471 | 0.106 | 0.055 |
| 1200 | 30x2 | 4 | 642  | - | -  | 151 | 202 | 302 | 454 | 0.102 | 0.036 |
|      |      | 6 | 1701 | - | -  | -   | 427 | 641 | 961 | 0.145 | 0.342 |
|      |      | 2 | 1658 | - | -  | -   | 417 | 625 | 937 | 0.145 | 0.165 |
|      |      | 4 | 1380 | - | -  | -   | 397 | 595 | 893 | 0.145 | 0.079 |
|      |      | 6 | 1544 | - | -  | -   | 388 | 582 | 873 | 0.131 | 0.049 |
|      |      | 2 | 1080 | - | -  | -   | 340 | 510 | 766 | 0.164 | 0.375 |
| 1200 | 25x2 | 4 | 1048 | - | -  | -   | 329 | 491 | 740 | 0.164 | 0.179 |
|      |      | 6 | 986  | - | -  | -   | 313 | 469 | 697 | 0.164 | 0.084 |
| 1200 | 25x2 | 2 | 958  | - | -  | -   | 301 | 451 | 677 | 0.142 | 0.052 |

| Бо-<br>сим,<br>МПа                     | Кожух<br>диаметри<br>мм | Ўруллар<br>сони | Диаметри 20x2 мм бўлган трубалар узунлиги, м |     |      |      |      |       |
|----------------------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------------------------------|-----|------|------|------|-------|
|                                        |                         |                 | 1,0                                          | 1,5 | 2,0  | 3,0  | 4,0  | 6,0   |
| Кожух трубади совутигичлар массаси, кг |                         |                 |                                              |     |      |      |      |       |
| 1,6                                    | 159                     | 1               | 174                                          | 196 | 217  | 263  | -    | -     |
| 1,6                                    | 273                     | 1               | 320                                          | 388 | 355  | 590  | -    | -     |
| 1,6                                    | 325                     | 1               | -                                            | 495 | 575  | 735  | 895  | -     |
| 1,6                                    | 325                     | 2               | -                                            | 510 | 575  | 740  | 890  | -     |
| 1,0                                    | 400                     | 1               | -                                            | -   | 860  | 1130 | 1400 | 1850  |
| 1,0                                    | 400                     | 2               | -                                            | -   | 870  | 1090 | 1370 | 1890  |
| 1,0                                    | 600                     | 1               | -                                            | -   | 1540 | 1980 | 2480 | 3450  |
| 1,0                                    | 600                     | 2,4,6           | -                                            | -   | 1650 | 2100 | 2500 | 3380  |
| 1,0                                    | 800                     | 1               | -                                            | -   | 2560 | 3520 | 4150 | 5800  |
| 1,0                                    | 800                     | 2,4,6           | -                                            | -   | 2750 | 3550 | 4350 | 5950  |
| 0,6                                    | 1000                    | 1               | -                                            | -   | -    | 5000 | 6520 | 9030  |
| 0,6                                    | 1000                    | 2,4,6           | -                                            | -   | -    | 5450 | 6700 | 9250  |
| 0,6                                    | 1200                    | 1               | -                                            | -   | -    | -    | 9000 | 12800 |
| 0,6                                    | 1200                    | 2,4,6           | -                                            | -   | -    | -    | 9750 | 13400 |
|                                        |                         |                 |                                              |     |      |      |      | 18900 |

| Босны,<br>МПа                         | оюу дн<br>м-гн, мм | Йуллар<br>сонн | Диаметри 25х2 мм болган тубалар узунлыгы, м |     |      |      |      |       |
|---------------------------------------|--------------------|----------------|---------------------------------------------|-----|------|------|------|-------|
|                                       |                    |                | 1,0                                         | 1,5 | 2,0  | 3,0  | 4,0  | 6,0   |
| Кожу-тубалар сонгүүлчлар массасын, кг |                    |                |                                             |     |      |      |      |       |
| 1,6                                   | 159                | 1              | 174                                         | 192 | 211  | 255  | -    | -     |
| 1,6                                   | 273                | 1              | 404                                         | 465 | 527  | 649  | -    | -     |
| 1,6                                   | 325                | 1              | -                                           | 485 | 540  | 680  | 820  | -     |
| 1,6                                   | 325                | 2              | -                                           | 485 | 550  | 67   | 820  | -     |
| 1,0                                   | 400                | 1              | -                                           | -   | 780  | 1035 | 1290 | 1750  |
| 1,0                                   | 400                | 2              | -                                           | -   | 820  | 1040 | 1260 | 1600  |
| 1,0                                   | 600                | 1              | -                                           | -   | 1350 | 1810 | 2410 | 3150  |
| 1,0                                   | 600                | 2,4,6          | -                                           | -   | 1480 | 1890 | 2290 | 3130  |
| 1,0                                   | 800                | 1              | -                                           | -   | 2280 | 3130 | 3720 | 5360  |
| 1,0                                   | 800                | 2,4,6          | -                                           | -   | 2520 | 3230 | 3950 | 5360  |
| 0,6                                   | 1000               | 1              | -                                           | -   | -    | 4500 | 5600 | 7850  |
| 0,6                                   | 1000               | 2,4,6          | -                                           | -   | -    | 4850 | 6100 | 8160  |
| -0,6                                  | 1200               | 1              | -                                           | -   | -    | -    | 8000 | 11250 |
| 0,6                                   | 1200               | 2,4,6          | -                                           | -   | -    | -    | 8700 | 11850 |
|                                       |                    |                |                                             |     |      |      |      | 16000 |
|                                       |                    |                |                                             |     |      |      |      | 16550 |

| Бөсө<br>м.<br>МПа           |      | Кожух<br>диамет-<br>ры, мм | Йүзләр<br>саны | Диаметри 20x2 мм бүткән кураблар утун, мм, м |     |     |      |       |       |     |
|-----------------------------|------|----------------------------|----------------|----------------------------------------------|-----|-----|------|-------|-------|-----|
|                             |      |                            |                | 1,0                                          | 1,5 | 2,0 | 3,0  | 4,0   | 6,0   | 9,0 |
| Бүткән кураблар утун, мм, м |      |                            |                |                                              |     |     |      |       |       |     |
| 1,0                         | 600  | 1                          | -              | -                                            | -   | -   | 1970 | 420   | 3320  | -   |
| 1,0                         |      | 2,4,6                      | -              | -                                            | -   | -   | -    | -     | -     | -   |
| 1,6                         |      | 1                          | -              | -                                            | -   | -   | 2050 | 2510  | 3450  | -   |
| 1,6                         |      | 2,4,6                      | -              | -                                            | -   | -   | -    | -     | -     | -   |
| 1,0                         | 800  | 1                          | -              | -                                            | -   | -   | 3600 | 4400  | 5900  | -   |
| 1,6                         |      | 2,4,6                      | -              | -                                            | -   | -   | -    | -     | -     | -   |
| 1,6                         |      | 1                          | -              | -                                            | -   | -   | 3850 | 4500  | 6100  | -   |
| 1,6                         |      | 2,4,6                      | -              | -                                            | -   | -   | -    | -     | -     | -   |
| 1,0                         | 1000 | 1                          | -              | -                                            | -   | -   | 5450 | 6760  | 9250  | -   |
| 1,6                         |      | 2,4,6                      | -              | -                                            | -   | -   | -    | -     | -     | -   |
| 1,6                         |      | 1                          | -              | -                                            | -   | -   | 5750 | 7100  | 9700  | -   |
| 1,6                         |      | 2,4,6                      | -              | -                                            | -   | -   | -    | 10100 | 13450 | -   |
| 1,0                         | 1200 | 1                          | -              | -                                            | -   | -   | -    | -     | -     | -   |
| 1,0                         |      | 2,4,6                      | -              | -                                            | -   | -   | -    | 10400 | 13700 | -   |
| 1,6                         |      | 1                          | -              | -                                            | -   | -   | -    | -     | -     | -   |
| 1,6                         |      | 2,4,6                      | -              | -                                            | -   | -   | -    | -     | 18390 | -   |
| 1,0                         | 140  | 1                          | -              | -                                            | -   | -   | -    | -     | -     | -   |
| 1,0                         |      | 2,4,6                      | -              | -                                            | -   | -   | -    | -     | -     | -   |
| 1,6                         |      | 1                          | -              | -                                            | -   | -   | -    | -     | -     | -   |
| 1,6                         |      | 2,4,6                      | -              | -                                            | -   | -   | -    | -     | 18790 | -   |

| Босн<br>м.<br>МПа       | Кожу<br>диамет-<br>рн, мм | Цугла<br>сонн | Диаметр 25х2 мм буглан 1, убагалар үзүүлнэг, м |     |      |      |        |       |     |
|-------------------------|---------------------------|---------------|------------------------------------------------|-----|------|------|--------|-------|-----|
|                         |                           |               | 1,0                                            | 1,5 | 2,0  | 3,0  | 4,0    | 6,0   | 9,0 |
| Бугдатын ба конденсатор |                           |               |                                                |     |      |      |        |       |     |
| 1,0                     | 600                       | 1             | -                                              | -   | 1340 | -    | 2420   | 3320  | -   |
| 1,0                     |                           | 2,4,6         | -                                              | -   | -    | 1970 | -      | -     | -   |
| 1,6                     |                           | 1             | -                                              | -   | -    | 2050 | 2510   | 3450  | -   |
| 1,6                     |                           | 2,4,6         | -                                              | -   | -    | -    | -      | -     | -   |
| 1,0                     | 800                       | 1             | -                                              | -   | -    | 360  | 4400   | 5900  | -   |
| 1,0                     |                           | 2,4,6         | -                                              | -   | -    | -    | -      | -     | -   |
| 1,6                     |                           | 1             | -                                              | -   | -    | 385  | 4500   | 6100  | -   |
| 1,6                     |                           | 2,4,6         | -                                              | -   | -    | -    | -      | -     | -   |
| 1,0                     | 1000                      | 1             | -                                              | -   | -    | 5450 | 6700   | 9250  | -   |
| 1,0                     |                           | 2,4,6         | -                                              | -   | -    | -    | -      | -     | -   |
| 1,6                     |                           | 1             | -                                              | -   | -    | 5750 | 7 900  | 9700  | -   |
| 1,6                     |                           | 2,4           | -                                              | -   | -    | -    | -      | -     | -   |
| 1,0                     | 1200                      | 1             | -                                              | -   | -    | -    | 10 000 | 13450 | -   |
| 1,0                     |                           | 2,4,6         | -                                              | -   | -    | -    | -      | -     | -   |
| 1,6                     |                           | 1             | -                                              | -   | -    | -    | 10400  | 13700 | -   |
| 1,6                     |                           | 2,4,6         | -                                              | -   | -    | -    | -      | -     | -   |
| 1,0                     | 1400                      | 1             | -                                              | -   | -    | -    | -      | 18390 | -   |
| 1,0                     |                           | 2,4,6         | -                                              | -   | -    | -    | -      | -     | -   |
| 1,6                     |                           | 1             | -                                              | -   | -    | -    | -      | -     | -   |
| 1,6                     |                           | 2,4,6         | -                                              | -   | -    | -    | -      | -     | -   |

| Қожух<br>диамет<br>ри, мм | Труба бўшлиғи учун г-уцерларнинг<br>шартли ўтиш диаметри, мм |     |     |     | Трубалариро<br>бўшлиғи учун<br>г-уцерларни. г<br>шартли ўтиш<br>диаметрлари,<br>мм |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|------------------------------------------------------------------------------------|
|                           | Ўўлар сон                                                    |     |     |     |                                                                                    |
|                           | 1                                                            | 2   | 4   | 6   |                                                                                    |
| 159                       | 80                                                           | -   | -   | -   | 80                                                                                 |
| 273                       | 100                                                          | -   | -   | -   | 100                                                                                |
| 325                       | 150                                                          | 100 | -   | -   | 100                                                                                |
| 400                       | 150                                                          | 150 | -   | -   | 150                                                                                |
| 600                       | 200                                                          | 200 | 150 | 100 | 200                                                                                |
| 800                       | 250                                                          | 250 | 200 | 150 | 250                                                                                |
| 1000                      | 300                                                          | 300 | 200 | 150 | 300                                                                                |
| 1200                      | 350                                                          | 350 | 250 | 200 | 350                                                                                |
| 1400                      | -                                                            | 350 | 250 | 200 | -                                                                                  |

| Қожух<br>диамет<br>ри, мм | Қуйдаг. трубаларнинг уз. синкларида (м)<br>сегмент тўсиқлар сон |     |     |        |     |        |        |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----|-----|--------|-----|--------|--------|
|                           | 1,0                                                             | 1,5 | 2,0 | 3,0    | 4,0 | 6,0    | 9,0    |
| 159                       | 6                                                               | 10  | 14  | 26     | -   | -      | -      |
| 273                       | 4                                                               | 8   | 12  | 18     | -   | -      | -      |
| 325                       | -                                                               | 0   | 8   | 14(16) | 18  | 36(38) | -      |
| 400                       | -                                                               | -   | 6   | 10     | 14  | 22(24) | (24)   |
| 600                       | -                                                               | -   | 4   | 8      | 10  | 18(16) | 22(20) |
| 800                       | -                                                               | -   | 4   | 6      | 8   | 14(12) | 16(18) |
| 1000                      | -                                                               | -   | -   | 4      | 6   | 10     | 14(12) |
| 1200                      | -                                                               | -   | -   | -      | 6   | 8      | -      |

**25X мм ДН ТРУБАЛАРДАН ЯСАЛГАН КОЖУХ-ТРУБАЛЫ  
КОНДЕНСАТОР ВА ИСТИГЧЛАРНЫҢ ИСТИКЛИК  
АЛМАШЫНЫҢ ЮЗАСЫ**

| Кожух<br>ички<br>диамет<br>ри, мм | рубал. 7 они |              | Труба, диаметр, м                                |     |     |     | Курч<br>ма<br>тур  |
|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------------------------------------------|-----|-----|-----|--------------------|
|                                   | умумий       | би. а<br>йўл | 2                                                | 3   | 4   | 6   |                    |
|                                   |              |              |                                                  |     |     |     |                    |
|                                   |              |              | Иссиқлик алмашыныгы юзасы, м<br>(ташкы а буйыча) |     |     |     |                    |
| Бир йўлли                         |              |              |                                                  |     |     |     |                    |
| 600                               | 216          | 261          | 40                                               | 61  | 81  | -   | Пол<br>тун<br>лик  |
| 800                               | 473          | 473          | 74                                               | 112 | 150 | -   |                    |
| 1000                              | 783          | 783          | 121                                              | 182 | 244 | -   |                    |
| 1200                              | 1125         | 1125         | -                                                | 260 | 348 | -   |                    |
| 1400                              | 1549         | 1549         | -                                                | 358 | 480 | -   |                    |
| Икки йўтлы                        |              |              |                                                  |     |     |     |                    |
| 600                               | 244          | 122          | -                                                | 57  | 76  | 114 | Исти<br>гич<br>лик |
| 800                               | 450          | 225          | -                                                | 106 | 142 | 212 |                    |
| 1000                              | 754          | 377          | -                                                | 175 | 234 | 353 |                    |
| 1200                              | 1090         | 545          | -                                                | -   | 378 | 509 |                    |
| 1400                              | 1508         | 754          | -                                                | -   | -   | 706 |                    |
| Тўрт йўтлы                        |              |              |                                                  |     |     |     |                    |
| 600                               | 210          | 52,5         | -                                                | 49  | 65  | 98  | Исти<br>гич<br>лик |
| 800                               | 408          | 102          | -                                                | 96  | 128 | 193 |                    |
| 1000                              | 702          | 175,5        | -                                                | 163 | 218 | 329 |                    |
| 1200                              | 928          | 257          | -                                                | -   | 318 | 479 |                    |
| 1400                              | 1434         | 58,5         | -                                                | -   | -   | 672 |                    |
| Олти йўтлы                        |              |              |                                                  |     |     |     |                    |
| 600                               | 198          | 33           | -                                                | 46  | 62  | 93  | Исти<br>гич<br>лик |
| 800                               | 392          | 65,3         | -                                                | 93  | 123 | 185 |                    |
| 1000                              | 678          | 113          | -                                                | 160 | 213 | 319 |                    |
| 1200                              | 1000         | 166,6        | -                                                | -   | 314 | 471 |                    |
| 1400                              | 1400         | 225,3        | -                                                | -   | -   | 559 |                    |

АТМОСФЕРА БОСИМИДА ҚАЙНАЙДИГАН БАЪЗИ СУВЛИ  
ЭРИТМАЛАР КОНЦЕНТРАЦИЯСИ  
масс. %

| Эри-<br>тан<br>моли | Қ. тан температураси, °С. |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     | 101                       | 102   | 103   | 104   | 105   | 107   | 110   | 115   | 120   |
|                     | 5,66                      | 10,31 | 14,16 | 17,36 | 20,00 | 24,24 | 29,33 | 35,68 | 40,83 |
|                     | 4,49                      | 8,51  | 11,97 | 14,82 | 17,01 | 20,88 | 25,65 | 31,97 | 36,51 |
|                     | 8,42                      | 14,31 | 18,96 | 23,02 | 26,57 | 32,62 | -     | -     | -     |
|                     | 10,31                     | 18,31 | 24,24 | 27,57 | 32,24 | 37,69 | 43,97 | 50,86 | 56,04 |
|                     | 13,19                     | 23,66 | 32,23 | 39,20 | 45,10 | 54,65 | 61,34 | 79,5  | -     |
|                     | 4,67                      | 8,42  | 11,66 | 14,31 | 16,59 | 20,32 | 24,41 | 29,48 | 33,07 |
|                     | 14,31                     | 22,78 | 28,81 | 32,23 | 35,32 | 42,66 | -     | -     | -     |
|                     | 4,12                      | 7,40  | 10,15 | 12,51 | 14,53 | 18,32 | 23,08 | 26,21 | 3,77  |
|                     | 6,19                      | 11,03 | 14,67 | 17,69 | 20,32 | 25,09 | -     | -     | -     |
|                     | 8,26                      | 15,61 | 21,87 | 27,53 | 32,43 | 40,47 | 49,87 | 60,94 | 68,94 |
|                     | 15,26                     | 24,81 | 30,73 | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
|                     | 9,42                      | 17,22 | 23,72 | 29,18 | 33,86 | -     | -     | -     | -     |
|                     | 26,95                     | 39,98 | 50,88 | 44,47 | -     | -     | -     | -     | -     |
|                     | 20,00                     | 31,22 | 37,89 | 42,92 | 46,15 | -     | -     | -     | -     |
|                     | 6,10                      | 11,55 | 15,96 | 17,30 | 22,89 | 28,37 | 35,90 | 46,95 | -     |
| Эриган<br>молда     | Темп е р а т у р а, °С    |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                     | 125                       | 140   | 160   | 180   | 200   | 220   | 240   | 260   | 300   |
| aCl <sub>2</sub>    | 45,80                     | 57,89 | 68,94 | 75,8. | -     | -     | -     | -     | -     |
| Ca                  | 40,23                     | 48,05 | 54,89 | 60,41 | 64,91 | 68,73 | 72,46 | 75,76 | 81,63 |
| gCl <sub>2</sub>    | 36,02                     | 38,61 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| aOH                 | 37,68                     | 48,32 | 60,13 | 69,97 | 77,53 | 84,03 | 88,89 | 93,02 | 98,47 |

## ТУРЛИ ХИЛДАГИ ТАРЕЛКАЛАРНИНГ ЎРТАЧА ф.и.к.

| Қуралма             | Тарелкалар хили                         | $\eta$ |
|---------------------|-----------------------------------------|--------|
| Брага ҳайдаш        |                                         |        |
| Брага колоннаси     | Икки марта қайнатадиган                 | 0,6    |
|                     | Бир марта қайнатадиган                  | 0,5    |
| спирт колоннаси     | Икки марта қайнатадиган                 | 0,5    |
| лютер колоннаси     | Икки марта қайнатадиган                 | 0,6    |
| Куб ректификацион   | Қўй қалин дачали                        | 0,5    |
| Брага ректификацион |                                         |        |
| брага колоннаси     | Икки марта қайнатадиган,<br>Ғайвирсимон | 0,5    |
| эпюрацион           | қўй қалпоқчани                          | 0,7    |
| ректификацион       | қўй қалпоқчани                          | 0,5    |

БАЪЗИ ОРГАНИК МОЛДАЛАРНИНГ СОЛИШТИРМА  
АДСОРБЦИЯ ИССИҚЛИГИ

| Молда                   | Формула            | Адсорбция<br>иссиқлиги |        |
|-------------------------|--------------------|------------------------|--------|
|                         |                    | кЖ/<br>кмоль           | кЖ/кг  |
| Бензин                  | -                  | 50280                  | 628,5  |
| Бензол                  | $C_6H_6$           | 61590                  | 789,8  |
| Бутил хлорид            | $CH_3(CH_2)_3Cl$   | 65360                  | 706,4  |
| Бутил хлорид - экиламчи | $CH_3CH_2CH_2CH_2$ | 69340                  | 652,4  |
| Бутил хлорид - учламчи  | $(CH_3)_3CCl$      | 56930                  | 615,9  |
| Дихлорметан             | $CH_2Cl_2$         | 51960                  | 511,3  |
| Изопропил хлорид        | $CH_3CH_2CH_2$     | 54890                  | 699,3  |
| Метан                   | $CH_4$             | 18860                  | 1230   |
| Метил хлорид            | $CH_3Cl$           | 38550                  | 165,4  |
| Пропил хлорид           | $CH_3(CH_2)_2Cl$   | 61170                  | 779,3  |
| Осгин турт углерод      | $CS_2$             | 52380                  | 689,3  |
| Метил спирти            | $CH_3OH$           | 54890                  | 1715   |
| Пропил спирти           | $C_3H_7OH$         | 68720                  | 1145   |
| Этил спирти             | $C_2H_5OH$         | 62850                  | 1366   |
| Турт хлорин углерод     | $CCl_4$            | 64410                  | 115,2  |
| Хлороформ               | $CHCl_3$           | 60760                  | 508,2  |
| Этил бромид             | $C_2H_5Br$         | 55240                  | 534,6  |
| Этил йодид              | $C_2H_5I$          | 58660                  | 37,3   |
| Этил хлорид             | $C_2H_5Cl$         | 50280                  | 79,3   |
| Бензформилат            | $HC_6H_5OOCCH_3$   | 60760                  | 8820,8 |
| Диэтил эфир             | $(C_2H_5)_2O$      | 64920                  | 877,8  |

АЙРИМ ГАЗЛАРНИНГ ДИФФУЗИЯ  
КОЭФФИЦИЕНТЛАРИ, м<sup>2</sup>/с.

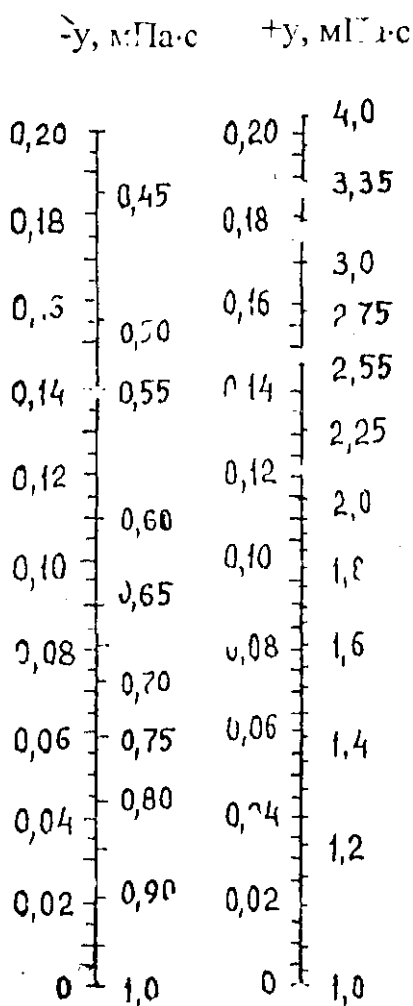
| Газ             | $P=10^5$ Па, $t=0^\circ\text{C}$ да<br>диффузия коэффициентлари<br>$D_i$ |                  |                 | $T=20^\circ\text{C}$ да<br>сувдаги<br>диффузия<br>коэффициенти<br>$D_i \cdot 10^5$ |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | ҳавода                                                                   | $\text{CO}_2$ да | $\text{H}_2$ да |                                                                                    |
| Азот            | 0,132                                                                    | 0,146            | 0,674           | 1,64                                                                               |
| Азот оксиди     | 0,145                                                                    | -                | -               | 1,54                                                                               |
| Азот диоксиди   | 0,119                                                                    | -                | -               | -                                                                                  |
| Аммиак          | 0,198                                                                    | -                | 0,745           | 1,76                                                                               |
| Ацетон          | 0,082                                                                    | -                | -               | 1,03                                                                               |
| Бензол          | 0,077                                                                    | 0,053            | 0,295           | -                                                                                  |
| Сув (буғ)       | 0,220                                                                    | 0,139            | 0,752           | -                                                                                  |
| Водород         | 0,611                                                                    | 0,550            | -               | 5,13                                                                               |
| Диэтил эфери    | 0,078                                                                    | 0,055            | 0,296           | -                                                                                  |
| Кислород        | 0,178                                                                    | -                | 0,697           | 1,8                                                                                |
| Метан           | 0,223                                                                    | 0,153            | 0,625           | 2,06                                                                               |
| Метанол         | 0,132                                                                    | 0,088            | 0,506           | 1,28                                                                               |
| Олтингург       | 0,122                                                                    | -                | 0,480           | 1,47                                                                               |
| Оксиди          | 0,094                                                                    | -                | -               | -                                                                                  |
| Толуол          | 0,071                                                                    | -                | -               | -                                                                                  |
| Углерод диоксид | 0,138                                                                    | -                | 0,550           | 1,77                                                                               |
| Углерод оксиди  | 0,202                                                                    | 0,137            | 0,051           | 1,19                                                                               |
| Сирка кислотаси | 0,106                                                                    | 0,072            | 0,416           | 0,88                                                                               |
| Хлор            | 0,124                                                                    | -                | -               | 1,22                                                                               |
| Хлорли водород  | 0,130                                                                    | -                | 0,112           | 2,64                                                                               |
| Этанол          | 0,102                                                                    | 0,068            | 0,375           | 1,00                                                                               |
| Этилацетат      | 0,072                                                                    | 0,049            | 0,273           | -                                                                                  |
| Этилен          | 0,152                                                                    | -                | 0,18            | 1,59                                                                               |

**20°С ТЕМПЕРАТУРАДА СУВДА ЭРИЙДИГАН АЙРИМ  
ГАЗЛАРНИНГ ДИФФУЗИЯ КООФФИЦИЕНТЛАРИ**

| Газ                           | $D \cdot 10^9, \text{ м}^2/\text{с}$ | $D \cdot 10^9, \text{ м}^2/\text{соат}$ |
|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| Азот                          | 1,9                                  | 6,1                                     |
| Аммиак                        | 1,8                                  | 6,6                                     |
| Водород                       | 5,3                                  | 19,1                                    |
| Углерод диоксида, азот оксиди | 1,8                                  | 6,4                                     |
| Кислород                      | 2,1                                  | 7,5                                     |
| Хлор, олтинугурт водород      | 1,6                                  | 5,8                                     |
| Хлорли водород                | 2,3                                  | 8,3                                     |

**АЙРИМ ГАЗЛАРНИНГ СУВЛИ ЭРИТМАЛАРИ УЧУН ГЕНРИ  
КОЭФФИЦИЕНТИ  $E$  НИНГ СОН ҚИЙМАТЛАРИ  
( $E, 10^{-6} \text{ мм.см.уст}$ )**

| Газ               | 0      | 10    | 20    | 40    | 80    | 100  |
|-------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|
| Азот              | 40,52  | 50,8  | 61,1  | 79,2  | 95,9  | 95,4 |
| Ацетилен          | 0,55   | 0,73  | 0,92  | -     | -     | -    |
| Бром              | 0,0162 | 0,02  | 0,045 | 0,091 | 0,307 | -    |
| Водород           | 44     | 48,3  | 51,9  | 57,1  | 57,4  | 56,6 |
| Хаво              | 32,8   | 41,7  | 50,4  | 66,1  | 81,7  | 81,0 |
| Кислород          | 19,5   | 24,9  | 30,4  | 40,7  | 52,2  | 53,3 |
| Метан             | 17     | 22,6  | 28,5  | 39,5  | 51,8  | 53,3 |
| Углерод оксиди    | 26,7   | 32,6  | 40,7  | 52,9  | 64,3  | 64,3 |
| Олтинугурт водор. | 0,203  | 0,278 | 0,367 | 0,566 | 1,03  | 1,0  |
| Хлор              | 0,204  | 0,297 | 0,402 | 0,6   | 0,73  | -    |
| Этан              | 9,55   | 14,4  | 20    | 32,2  | 50,2  | 52,6 |
| Этилен            | 4,19   | 5,84  | 7,74  | -     | -     | -    |

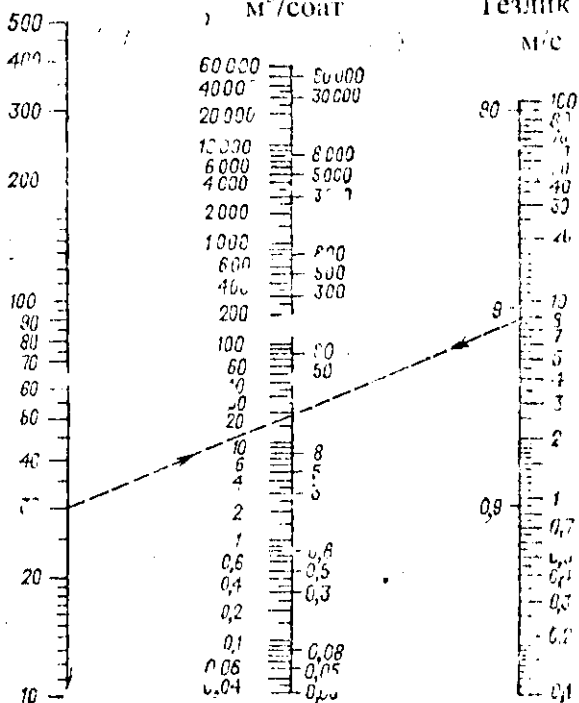


И1-расм. Органик суюқликларнинг динамик қовушқлик  
коэффициентини аниқлаш учун номограмма

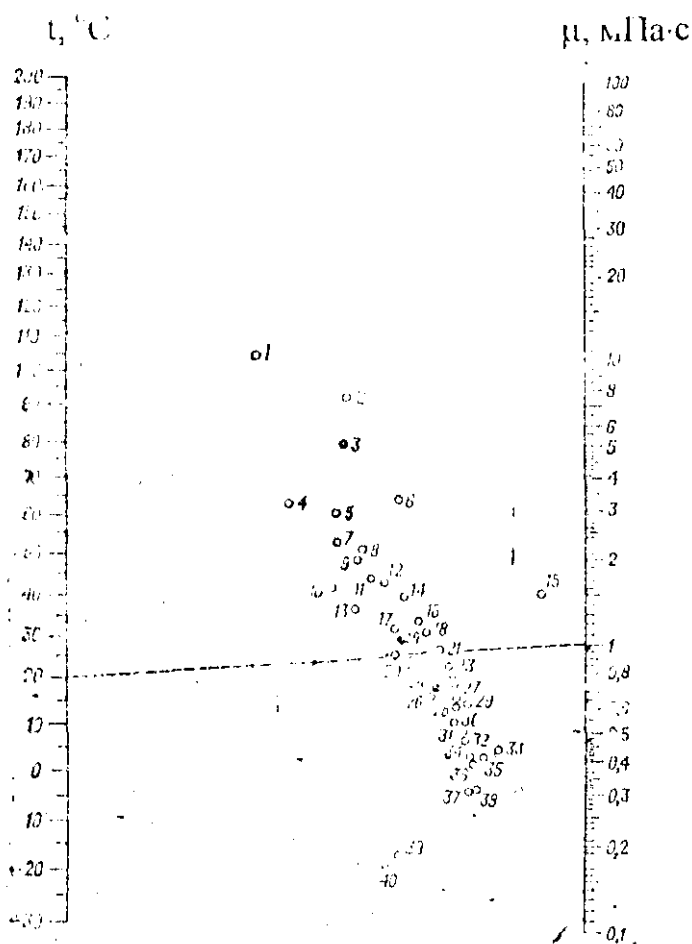
Диаметр  $d$ , мм

Сарф  $V$ ,  
 $\text{м}^3/\text{соат}$

Тезлик  $u$ ,  
 $\text{м}/\text{с}$

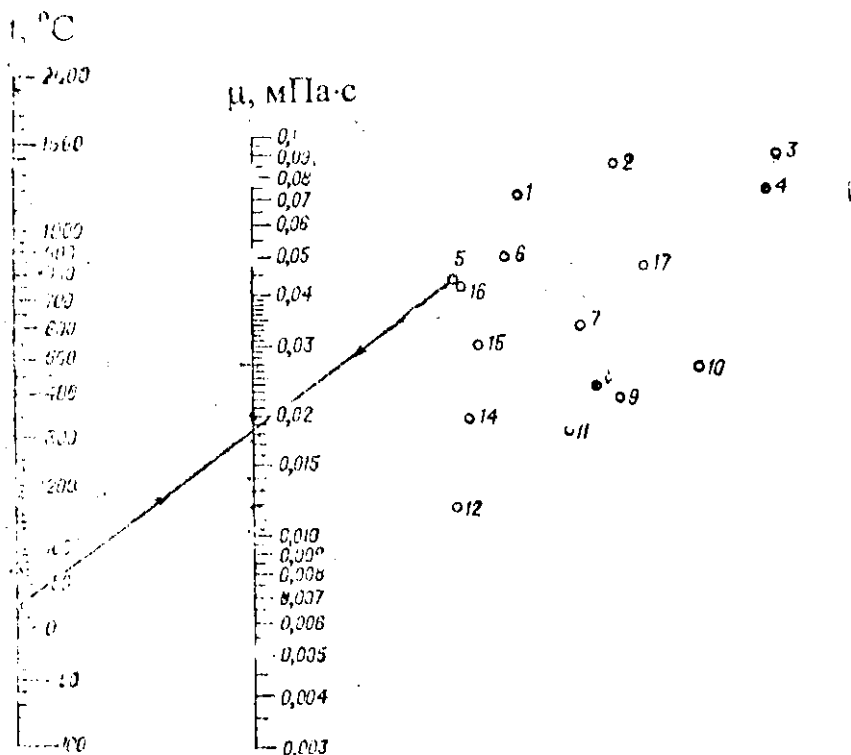


И2-расм. Думалоқ кўндаланг кесимли труба қувурларида  
суюқлик ёки газнинг сарфини аниқлаш учун  
номограмм



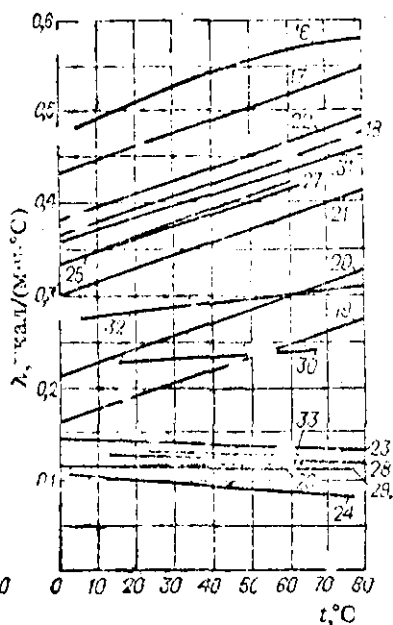
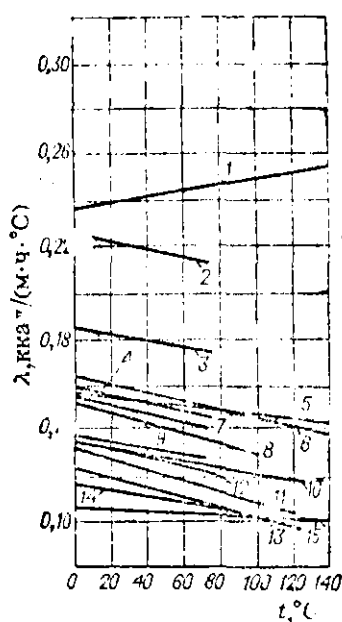
ИЗ-расм. Турли температураларда суюқликларнинг- динамик қонушқлик коэффициентини аниқлаш учун номограмма

| Сук қлик             | Рақам |
|----------------------|-------|
| Аммиак               | 39    |
| Ацетон               | 34    |
| Бутил спирти         | 11    |
| Сув                  | 20    |
| Глицерин 100%        | 1     |
| 60%                  | 7     |
| Углерод диоксид      | 40    |
| Диэтил эфири         | 37    |
| Метилацетат          | 32    |
| Метил спирти 100%    | 26    |
| Нафталин             | 5     |
| Нитробензол          | 14    |
| Этиленгликоль        | 4     |
| Этил спирти 100%     | 19    |
| Пентан               | 38    |
| Симаб                | 15    |
| Сульфат кислот. 100% | 2     |
| 98%                  | 3     |
| 60%                  | 6     |
| Олтингугурт углерод  | 33    |
| Толуол               | 27    |
| Сирка кислота 100%   | 18    |
| 70%                  | 12    |
| Фенол                | 5     |
| Хлорбензол           | 22    |
| Тўрт хлорли углерод  | 21    |
| Этиленхлорид         | 23    |
| Этил спирти 49%      | 10    |



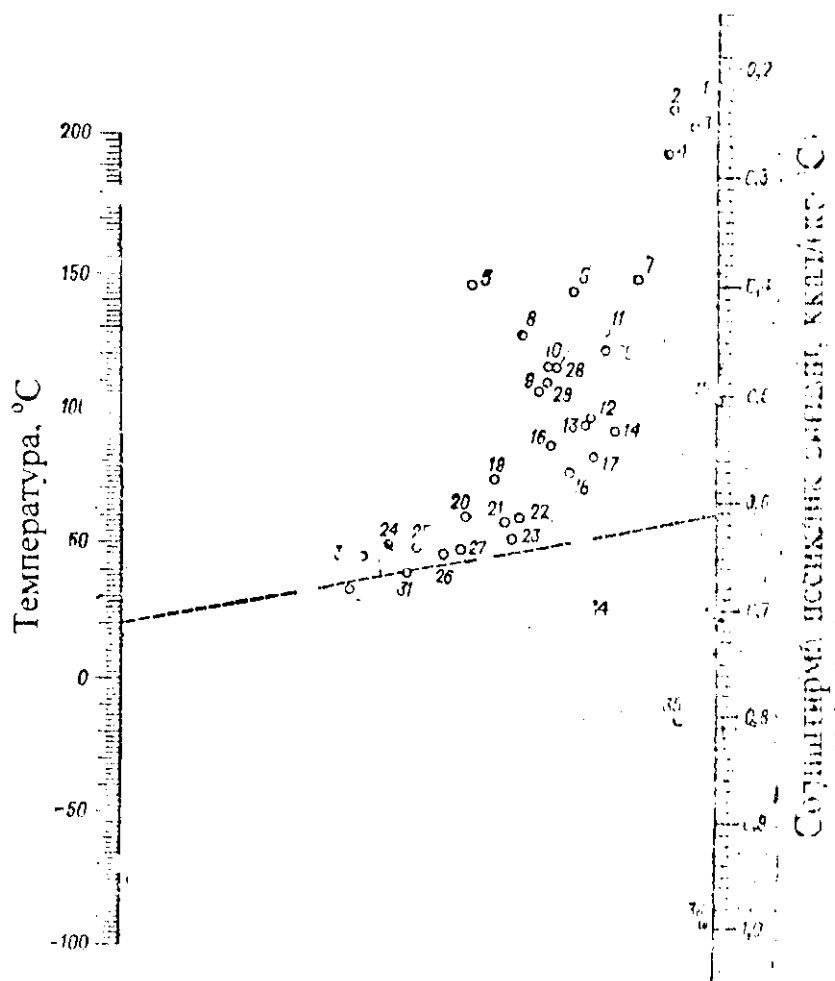
И4-расм. Босим  $p = 1$  атм бўлганда газларнинг динамик қонушлоқлик коэффициентини аниқлаш учун номограмма.

|                      |                             |                                 |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 1 - $\text{O}_2$     | 7 - $\text{SO}_2$           | 13 - $\text{C}_6\text{H}_6$     |
| 2 - $\text{NO}$      | 8 - $\text{CH}_4$           | 14 - $9\text{H}_2 + \text{N}_2$ |
| 3 - $\text{CO}_2$    | 9 - $\text{H}_2\text{O}$    | 15 - $3\text{H}_2 + \text{N}_2$ |
| 4 - $\text{HCl}$     | 10 - $\text{NH}_3$          | 16 - $\text{CO}$                |
| 5 - $X_{\text{аво}}$ | 11 - $\text{C}_5\text{H}_6$ | 17 - $\text{Cl}_2$              |
| 6 - $\text{N}_2$     | 12 - $\text{H}_2$           |                                 |



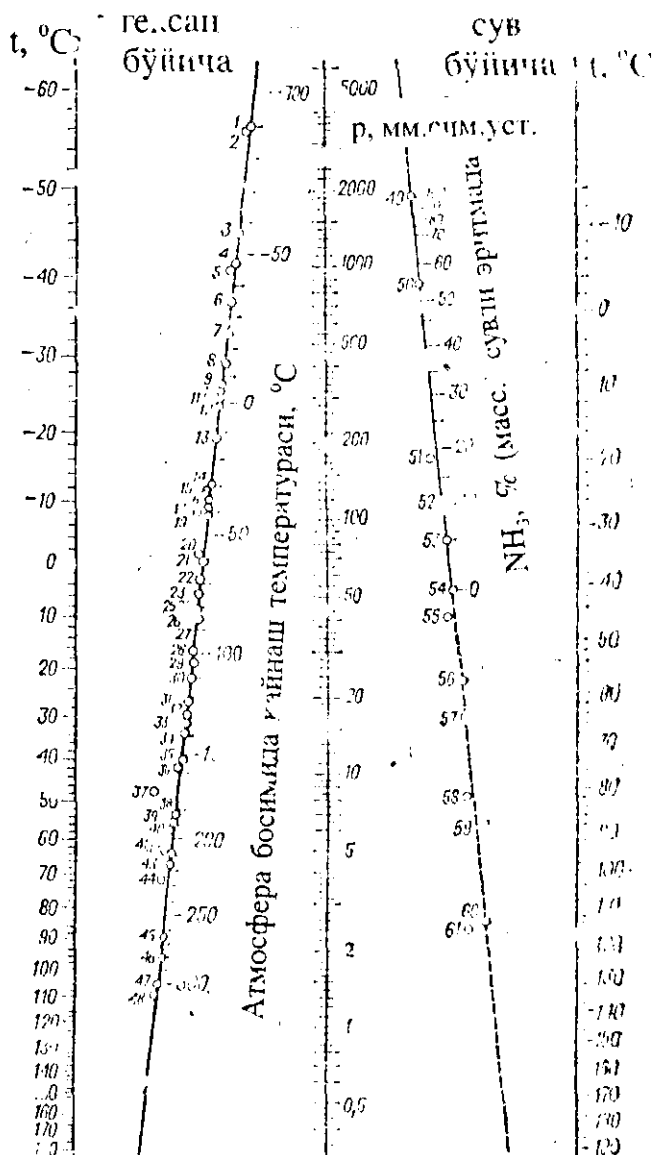
И5-расм. Айрим суюқликларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари

| Модда             | Чизик<br>рақами | Модда                | Чизик<br>рақами |
|-------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| Аммиак 26%        | 31              | Чумоли кислота       | 2               |
| Анилин            | 6               | Нитроб. изол         | 10              |
| Ацетон            | 8               | Экст.                | 3               |
| Бензол            | 11              | Сульфат кислота 98%  | 30              |
| Бутил спирти      | 9               | Селитра углерод      | 2               |
| Вазелин мойи      | 15              | Водород хлорид 30%   | 27              |
| Сув               | 16              | Толуол               | 13              |
| Гексан            | 26              | Сарка кислота        |                 |
| Глицерин, сувсиз  | 1               | Кальций хлориди 25%  | 17              |
| Глицерин 50%      | 25              | Натрий хлориди 25%   | 18              |
| Диэтил эфири      | 29              | Турт хлориди у терод | 24              |
| Изопропил спирти  | 12              | Этил спирти 100%     | 4               |
| Кастор мойи       | 5               | 80%                  | 19              |
| Керосин           | 28              | 6%                   | 20              |
| Кенлол            | 14              | 40%                  | 21              |
| Метил спирти 100% | 3               | 20%                  | 22              |
| 40%               | 32              |                      |                 |



16-рәс. Су оқликларининг исекилик сис-темын аныкдан узун номограмма

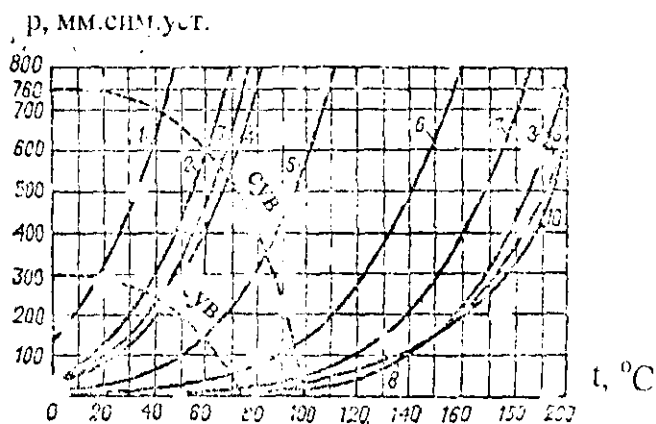
| Модда            | Нуқта<br>рақами | Модда                | Нуқта<br>рақами |
|------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| Амилацетат       | 12              | Метил спирти         | 23              |
| Анилин           | 14              | Октан                | 15              |
| Ацетон           | 18              | Пролил спирти        | 25              |
| Бензол           | 29              | Сульфат кислота 100% | 7               |
| Этил бромид      | 1               | Олтингугурт углерод  | 4               |
| Бутил спирти     | 24              | Водород хлорид 30%   | 26              |
| Сув              | 36              | Толуол /-65 + 4°C/   | 28              |
| Гептан           | 18              | /40 + 100°C/         | 30              |
| Глицерин         | 21              | Сирка кислота 100%   | 16              |
| Диэтил           | 8               | Хлорбензол           | 6               |
| Диэтил эфери     | 17              | Кальций хлорид 25%   | 34              |
| Изобутил спирти  | 32              | Натрий хлориди 25%   | 35              |
| Изопентан        | 20              | Хлорли этил          | 11              |
| Изопропил спирти | 32              | Хлороформ            | 3               |
| Йодли этил       | 6               | Тўрт хлорли углерод  | 2               |
| о-ва м-Ксилол    | 9               | Этилацетат           | 13              |
| п-Ксилол         | 10              | Этиленгликоль        | 22              |
| Этил спирти      | 31              |                      |                 |



И7-расм. Баъзи бир суяқликларнинг қайнаш температураси ва тўйинган буғи босимини аниқлаш учун номограмма.

| Модда             | Нуқта<br>рақам | Модда               | Нуқта<br>рақам |
|-------------------|----------------|---------------------|----------------|
| Аллен             | 6              | 1,2-Дихлорэтан      | 26             |
| Аммиак            | 49             | Диэтил эфир         | 15             |
| Анилин            | 40             | Изопропен           | 14             |
| Ацетилен          | 2              | Йодбензол           | 39             |
| Ацетон            | 51             | m-Крезол            | 44             |
| Бензол            | 24             | o-Крезол            | 41             |
| Бромбензол        | 35             | л-Ксилол            | 34             |
| Этилбромид        | 18             | азо-MoF кислотаси   | 57             |
| α-Бромнафталин    | 46             | Метил мин           | 50             |
| 1,3-Бутадиен      | 10             | Метилмонохлорид     | 3              |
| Бутан             | 11             | Метил спирти        | 52             |
| α-Бутилен         | 9              | Метилформат         | 16             |
| β-Бутилен         | 12             | Нафталин            | 43             |
| Бутилглицоль      | 58             | α-Нафтол            | 47             |
| Сув               | 54             | β-Нафтол            | 48             |
| Гексан            | 22             | Нитробензол         | 37             |
| Гептан            | 28             | Сикан               | 31             |
| Глицерин          | 60             |                     | 32*            |
| Декалин           | 38             | Пентан              | 17             |
| Декан             | 36             | Пропан              | 5              |
| Диоксан           | 29             | Хлорди винил        | 8              |
| Дифенил           | 45             | метил               | 7              |
| Пропилен          | 3              | метилден            | 19             |
| Пропион кислотаси | 56             | этил                | 13             |
| Симоб             | 61             | Хлороформ           | 21             |
| Тетралин          | 42             | Тўрт хлорли углерод | 23             |
| Толуол            | 30             | Этан                | 1              |
| Сирка кислота     | 55             | Этилацетат          | 25             |
| Фторбензол        | 27             | Этиленил ал         | 59             |
| Хлорбензол        | 33             | Этил спирти         | 53             |
| Этилформат        | 20             |                     |                |

СИ бирликлар системасида: 1 мд симулет 133,3 Нд



И8-ра.м. Су билан аралашмайдиган, с таник суюқлик-  
нинг тўйинган бути босимининг температурага  
боғлиқлиги.

1-олтин угутт углерод; 2-гексан;

3-тўрт хлорли углерод; 4-бензол;

5-толуол; 6-скинидар; 7-анилин;

8-крезол; 9-нитробензол,

10-нитротолуол.

С.А бирлигига ўтказиш: 1 мм.с.и.м. уст. = 133,3 Па

Юсулбеков Нодирбек Рустамбекович  
Нурмух медов Ҳабидулла Саъдуллаевич  
Исматуллаев Патхилла Рахматович

Кимё ва озиқ-овқат саноатларининг  
жараёнлари ва қурилмалари фанидан  
ҳисоблар ва мисоллар  
(ўқув қўлланма)

Бадний муҳаррир  
Мусаҳҳих  
Расмлар муҳаррирлари -

Т.А.Отақўзиев  
А.Х.Ўкубов  
С.К.Нигмаджонов  
А.Ш.А. Ёдуллаев

Босишга рухсат этилди 15.12.1999. Бичими 60x84 1/16.  
Типогр. қоғози №2. Юқори босма усулда босилди.  
Шартли б.т. 22,0. Тиражи 1000 нусха. Буюртма 28.  
Баҳоси – келишилган нарх.

МЧЖ "Нисим", Тошкент, Марказ 5, Ш.Рашидов шох  
кўчаси, кафе "Ширин" биноси, 1 қават. Шартнома 4+.