Н.Р.Юсуфбеков, Б.Э.Муҳамедов, Ш.М.Ғуломов

ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРНИ БОШҚАРИШ СИСТЕМАЛАРИ

Н. Р. ЮСУФБЕКОВ, Б. Э. МУҲАМЕДОВ,
Ш. М. ҒУЛОМОВ

ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРНИ БОШҚАРИШ СИСТЕМАЛАРИ

Техника олий ўқув юртлари учун дарслик

ТОШКЕНТ «ЎҚИТУВЧИ» 1997

«Технологик жараёнларни бошқариш системалари» дарслиги шу номли китобнинг иккинчи нашри бўлиб, унинг ҳамма бўлимлари янги ўқув дастурига мувофиқ қайта ишлаб чиқилди ва тўлдирилди. Унда технологик жараёнларни бошқариш системаларининг асосий бўлимлари — технологик параметрларни назорат қилиш усуллари ва воситалари, технологик жараёнларни бошқариш системалари, автоматлаштириш системаларини лойиҳалаш ва ишлаб чиқаришни (кимё ва озиқ-овқат саноатларининг асосий жараёнларини) автоматлаштириш баён қилинди. Узлукли жараёнларни автоматик бошқариш системалари бўйича янги материаллар билан тўлдирилди. Технологик жараёнларни микро-ЭҲМ ва микропроцессорлар билан бошқариш системалари қўшимча материаллар билан бирмунча кенгайтирилди.

Дарсликда атроф-муҳитни муҳофаза қилиш борасида фан-техника ютуқлари асосида яратилган технологик жараёнларни автоматлаштириш масалаларига алоҳида эътибор берилди.

Дарслик асосан олий техника ўқув юртларининг муҳандис-технолог ихтисослиги талабаларига мўлжалланган, лекин ундан шу соҳа бўйича таҳсил олувчи аспирантлар, илмий ва муҳандис-техник ходимлар, шунингдек, шу соҳага қизиққан барча китобхонлар ҳам фойдаланишлари мумкин.

НОДИРБЕК ЮСУФБЕКОВ, БАХТИЁР МУҲАМЕДОВ,
ШУҲРАТ ҒУЛОМОВ

ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРНИ БОШҚАРИШ СИСТЕМАЛАРИ

Тошкент «Ўқитувчи» 1997

Муҳаррирлар: *А. Аҳмедов, Д. Аббосова*
Расмлар муҳаррири *Ф. Некқадамбоев*
Техник муҳаррир *С. Турсунова*
Мусаҳҳиҳ *У. Ҳусниддинов*

ОИБ № 7308

Теришга берилди 13.01.97. Босишга рухсат этилди 04.06.97. Формати 60 × 90¹/₁₆. Кегли 10 шпонсиз. Литературная гарнитураси. Юқори босма усулида босилди. Шартли 5. л. 44,0. Шартли кр.-отт. 44.0. Нашр. л. 42,85. 1000 нусхада. Буюртма № 2895.

«Ўқитувчи» нашриёти. Тошкент, 129. Навоий кўчаси, 30. Шартнома 11-121-96.

Ўзбекистон Республикаси Давлат матбуот комитетининг Тошполиграфкомбинати. Тошкент, Навоий кўчаси, 30. 1997.

1402060000
ISBN 5—645-03219-5

© «Ўқитувчи» нашриёти, 199

КИРИШ

Кимё, озиқ-овқат саноати технологияси ва бошқа технологиялар соҳасида эришилган муваффақиятлар халқ хўжалигининг техник тараққиёти, мустақил мамлакатимизнинг иқтисодиёти ва маданиятини ривожлантириш, шунингдек, аҳолининг турмуш фаровонлигини ошириш учун биринчи даражали аҳамиятга эга бўлган саноатни яратиш учун асос бўлади.

Ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштириш техника тараққиётининг асосий йўналишларидан бири бўлиб, у ишлаб чиқариш самарадорлигини муттасил ошириш, маҳсулот сифатини юқори даражага кўтариш, харажатларни камайтириш, меҳнат шароитларини яхшилаш, ишлаб чиқаришда хавфсизлик .ехникасини таъминлаш ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш учун хизмат қиладиган асосий омил ҳисобланади.

Моддий ишлаб чиқаришни такомиллаштиришда сифат жиҳатдан янги ҳисобланган автоматлаштириш бу соҳада ҳақиқий туб ўзгаришларни вужудга келтиради, технологик жараёнларни қайта ишлаб чиқишни, ишчи, муҳандис-техник ходимларнинг ва хизматчиларнинг ихтисосларини ишлаб чиқариш ва бошқариш соҳасида ўзгартиришни талаб қилади. Автоматлаштириш илмий тадқиқотларга тобора кенгроқ кириб бориб, фан ва техникани ривожлантириш учун янги имкониятлар очиб бермоқда. Бундан ташқари, автоматлаштириш авваллари инсон бошқаришга қодир бўла олмаган янги, юқори интенсив жараёнларни амалга оширишга, табиатда маълум бўлмаган янги, самарали материалларни яратишга имкон беради.

Саноатни автоматлаштиришнинг аҳволи ва истиқболларини баҳолашда фақат автоматик бошқариш системалари ва автоматиканинг техник воситалари тавсифномаси билангина чекланиб қолмасдан, автоматлаштирилган ишлаб чиқариш, бошқаришнинг система ва воситаларини ташкил этишнинг ҳамда иқтисодининг ўзаро шартлашилган муаммолари кенг қамровда қараб чиқилиши керак. Бунда шуни ҳисобга олиш керакки, автоматлаштириш — узлуксиз ривожланувчи жараён бўлиб, у ишлаб чиқаришнинг ўзига хос хусусиятлари ва фан-техниканинг кўпчилик соҳалари билан узвий боғлангандир.

Ишлаб чиқаришни автоматлаштиришда юқори самарадорликка эришишнинг бевосита шарти асосий ва ёрдамчи ишлаб

чиқариш жараёнларини механизациялаш ҳисобланади. Автоматлаштиришни ривожлантириш динамикасига қуйидаги кўп сонли қонуний ва тасодифий омиллар таъсир кўрсатади: технология ва қурилманинг ҳолати ҳамда автоматлаштиришга тайёргарлиги, хомашё, чала маҳсулотлар ва энергетик ресурсларнинг сифати ҳамда барқарорлиги, ходимларнинг малакаси, ишчи ва мутахассислар фаолиятини ташкил этиш ва ҳоказо.

Технологик жараёнлар ва ёрдамчи хизматларни автоматлаштириш фақат ишлаб чиқариш техникасини такомиллаштириш ва меҳнат шароитларини яхшилаш билангина эмас, балки ишлаб чиқариш рентабеллигини ошириш, бирлик маҳсулотга кетадиган моддий ва меҳнат харажатларини пасайтириб, унинг техник-иқтисодий кўрсаткичларини орттириш билан боғлиқ.

Иқтисодий омиллар автоматлаштириш объектини танлаб олишда асосий омил ҳисобланади. Саноатда автоматлаштиришнинг иқтисодий самарадорлигини орттириш омиллари жуда кўп. Ҳозирги шароитда автоматлаштиришнинг иқтисодий самарадорлигига хизмат кўрсатувчи ходимлар сонини камайтириш ҳисобигагина эришишга кўп ҳолларда имкон бўлмайди, чунки замонавий заводлар, цехлар, бўлинмалар, участкаларга нисбатан кам миқдордаги одамлар билан хизмат кўрсатилади. Шунинг учун иқтисодий самарадорликни ошириш омилларига қуйидагиларни киритиш мумкин: маҳсулот сифатини ошириш, хом ашё ва турли хил энергия сарфини, ишлаб чиқариш чиқиндиларини камайтириш, ишлаб чиқариш ритмини ошириш, меҳнат унумдорлигини ошириш, чиқарилаётган маҳсулот ҳажмини ошириш, хизмат кўрсатувчи ходимларнинг меҳнат шароитини ишлаб чиқаришнинг кишилар ҳаёти ва соғлиғи учун хавфли бўлган участкаларидаги зарарли ишларни йўқотиш ҳисобига яхшилаш.

Лойиҳаланаётган ва қурилаётган янги ишлаб чиқариш корхоналарида автоматлаштириш технология билан узвий равишда боғланиши керак. Иқтисодий самарадорликка бир қатор чоратадбирларни ўтказиш натижасида эришилади ва у ишлаб чиқариш ҳамда корхона учун яхлит баҳоланади; бу ҳолларда автоматлаштиришни мустақил равишда иқтисодий баҳолаш кўпинча қийинлашади, чунки бу янги ишлаб чиқаришнинг ёки корхонанинг умумий иқтисодий баҳоси билан қўшилиб кетади.

Жадал техник тараққиёт туфайли «ёш» ишлаб чиқариш маълум даврдан сўнг «эскиради» ва янгилашни талаб қилади, шу жумладан амалдаги автоматлаштириш системалари ва воситаларини янада замонавий ҳамда такомиллашганлари билан алмаштиришни талаб қилади. Амалдаги ишлаб чиқариш корхоналаридаги автоматлаштириш системаларини такомиллаштиришда, шунингдек технология ва жиҳозларни модернизациялашда мустақил иқтисодий баҳолашлар бўлиши мумкин.

Технологик жараёнларнинг мураккаблашуви ва жадаллашуви туфайли замонавий ишлаб чиқариш корхоналарини бош-

қариш уларни микропроцессор техникаси ва бошқарувчи ҳисоблаш техникасини қўллаб кенг автоматлаштириш асосидагина самарали бўлишига эришилади. Автоматлаштириш талаблари технологик жараёнлар лойиҳаланаётган босқичдаёқ ҳисобга олинганда автоматлаштириш энг катта самара беради.

Айтилганлардан, автоматлаштиришнинг илмий-техник, иқтисодий жиҳатлари саноат тараққиётини, меҳнаткашларнинг маданиятини ва турмуш даражасини кўтаришни таъминлашда катта аҳамиятга эга бўлиши келиб чиқади. Бироқ саноатни автоматлаштиришда муваффақиятга эришишнинг муҳим шарти институтларда, конструкторлик бюроларида ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш масалаларини юқори илмий-техник даражада ҳал қилишга қодир корхоналарда автоматика бўйича кўп сонли малакали кадрлар, мутахассислар етиштиришдан иборат.

Ҳозирги кунда республикамиздаги олий ўқув юртларида олиб борилаётган тадбирларнинг асосий мақсади мутахассислар тайёрлаш сифатини тубдан яхшилашдир. Бу ишларни жадаллаштиришда таълим, ишлаб чиқариш ва фаннинг узвий алоқада бўлиши асосий омилдир.

Юқорида айтиб ўтилган муҳим вазифаларни муваффақиятли ҳал этиш учун юқори малакали муҳандис кадрлар керак. Бундай кадрлар тубдан янги илмий ғояларга ва юксак техник ечимларни ҳал этиш қобилиятига эга бўлишлари зарур. Халқ хўжалигини фан-техника тараққиёти асосида жадаллаштириш — бозор иқтисодиёти шароитидаги муҳим вазифалардан ҳисобланади. Бу улкан ишларни бажариш кадрларнинг малакасига боғлиқдир.

Кимё, озиқ-овқат ва бошқа саноатлар учун юқори малакали кадрлар тайёрлашда «Технологик жараёнларни бошқариш системалари» фани катта аҳамиятга эга. Бу фан талабаларга ўз ихтисосликларини назарий жиҳатдан чуқур эгаллашга, уларнинг муҳандислик билимларини мустаҳкамлашга, ишлаб чиқариш самарадорлигини қайси йўл билан ошириш ва технологик жараёнлардан унумли фойдаланиш мумкинлигини ўргатади. Автоматлаштириш борасида энг масъулиятли ишлар эса, шубҳасиз, муҳандис-техник кадрлар зиммасига тушади. Бугунги кун муҳандислари янги техника ва технологиядан фойдаланишга, технологик жараёнларни автоматлаштиришни кенг жорий этишга, ишлаб чиқариш захираларини аниқлаш ва уни жадаллаштиришга қодир бўлишлари керак. Хусусан, муҳандислар олдида фан-техника тараққиётининг йўл бошловчиси бўлишдек масъулиятли вазифа туради. Шунинг учун технологик жараёнларни бошқариш системалари асосларини шу соҳа мутахассисларигина эмас, балки муҳандис технолог-конструкторлар, иқтисодчилар ва бошқалар ҳам билишлари муҳим.

«Технологик жараёнларни бошқариш системалари» фани бўйича ўзбек тилидаги биринчи дарслик 1982 йили нашр қилинди (Н. Р. Юсуфбеков. Б. Э. Муҳамедов, Ш. М. Ғуломов.

Автоматика ва ишлаб чиқариш жараёнларининг автоматлаштирилиши. Тошкент, «Ўқитувчи»). Ҳозирги вақтга келиб ушбу фан соҳасида бир қатор янгиликлар юз берди. Ана шу янгиликлар асосида фанни ўқитишда ҳам ўзгартиришлар қилинди.

Мазкур дарслик муаллифларнинг Тошкент давлат техника университетида ва Тошкент кимё-технология институтида «Технологик жараёнларни бошқариш системалари» курси бўйича олиб борган кўп йиллик педагогик тажрибалари асосида, янги ўқув дастурига мувофиқ ёзилди. Китобда технологик жараёнларни бошқариш системаларининг асосий бўлимлари, яъни технологик параметрларни назорат қилиш усуллари ва воситалари, технологик жараёнларни бошқариш системалари, автоматлаштириш системаларини лойиҳалаш ва ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштириш баён этилган.

Муаллифлар ушбу дарсликни ёзиш жараёнида ўзларининг қимматли фикр-мулоҳазалари билан яқиндан ёрдам берган Тошкент давлат техника университетининг ҳамда Тошкент кимё-технология институтининг «Ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштириш» кафедралари аъзоларига чуқур миннатдорчиликларини изҳор этадилар. Шунингдек, дарслик қўлёзмаси билан танишиб, унинг сифатини яхшилашга қаратилган маслаҳатлари учун т.ф.д., профессор К. Аҳметовга самимий ташаккур билдирадилар.

Биринчи бўлим

ТЕХНОЛОГИК ПАРАМЕТРЛАРНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШ УСУЛЛАРИ ВА ВОСИТАЛАРИ

I боб. МЕТРОЛОГИЯ АСОСЛАРИ ВА ЎЛЧАШ ВОСИТАЛАРИ

I.1-§. МЕТРОЛОГИЯНИНГ АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАРИ

Метрология — ўлчашлар, уни таъминлаш усуллари ва воситалари ҳамда талаб этилган аниқликка эришиш йўллари ҳақидаги фан. Метрологиянинг асосини ўлчашнинг умумий масалалари, физик катталиклар бирлиги ва уларнинг системалари ҳақидаги маълумотлар, ўлчашнинг усул ва воситалари, ўлчаш натижасининг тўғрилигини аниқлаш усуллари ва ҳоказолар ҳосил қилади. Ўлчашга доир физик катталиклар механик, электр, иссиқлик, оптик, акустик бўлиши мумкин. Бу катталикларнинг бир тури технологик жараён ривожланишининг бевосита кўрсаткичи бўлса, бошқалари шу жараён билан функционал боғланган бўлади.

Физик ҳодисаларни ўрганиш ва улардан амалда фойдаланиш турли физик катталикларни ўлчаш, яъни маълумот олиш билан боғлиқ. Маълумот қанча тўла ва холисона бўлса, физик ҳодисаларнинг туб маъносини тушуниш шунчалик чуқур бўлади. Физик катталикнинг муайян қиймати технологик жараённинг ривожланиши ҳақидаги маълумотнинг муҳим қисмидир. Турли усул ва асбоблар орқали ифодаланган технологик жараённинг ҳолати ҳақидаги ахборотларни маълумот, яъни **информация** деб биламиз. Информациялар, асосан, ўлчаш асбоблари ва қурилмалари ёрдамида олинади.

Физик объектнинг сифат жиҳатдан умумий, лекин миқдор жиҳатдан ҳар бир объект учун алоҳида хусусияти **физик катталик** деб аталади. Шундай қилиб, ҳар бир физик катталик айнан шу катталикнинг сонли қиймати бирлигига кўпайтмасидан иборат бўлган индивидуал қиймати билан ифодаланади.

Бир-бирига муайян эрксизлик билан боғланган катталиклар йиғиндиси **физик катталиклар системаси** дейилади. Физик катталиклар системаси асосий, қўшимча ва ҳосила катталиклардан иборат. Системага кирган ва бошқа системаларга нисбатан шартли равишда эркин ҳисобланган физик катталик **асосий физик катталик деб аталади.**

Халқаро бирликлар системаси — СИ (Sisteme International — SI) фан ва техниканинг барча соҳалари учун физик катталикларнинг универсал системаси бўлиб, 1960 йилнинг октябрь ойида Ўлчов ва тарозилар XI Бош конференциясида қабул

1-1- ж а д в а л. **Халқаро (СИ) бирликлар системаси**

Тартиб №	Катталиклар	Ўлчов бирлиги	Қисқартирилган белгилари		Ҳосила бирликлар ўлчови
			ўзбекча	халқаро	
		Асосий бирликлар			
1.	Узунлик	метр	м	*m*	—
2.	Масса	килограмм	кг	*kg*	—
3.	Вақт	секунд	с	*S*	—
4.	Ток кучи	ампер	А	*A*	—
5.	Термодинамик температура	Кельвин градуси	К	*K*	—
6.	Ёруғлик кучи	кандела	кд	*cd*	—
7.	Модда миқдори	моль	моль	*mol*	—
		Қўшимча бирликлар			
1.	Ясси бурчак	радиан	рад	*rad*	—
2.	Фазовий бурчак	стерадиан	ср	*sr*	—
		Ҳосила бирликлар			
1.	Юза	метр квадрат	$м^2$	m^2	1 $(м)^2$
2.	Ҳажм	метр куб	$м^3$	m^3	1 $(м)^3$
3.	Частота	Герц	Гц	*Hz*	1 : (с)
4.	Зичлик	килограмм тақсим метр куб	$кг/м^3$	kg/m^3	(1 кг) : $(1 м^3)$
5.	Тезлик	метр тақсим секунд	м/с	*m/s*	(1м) : (1 с)
6.	Бурчак тезлик	радиан тақсим секунд	рад/с	*rad/s*	(1 рад) : (1с)
7.	Тезланиш	метр тақсим секунд квад.	$м/с^2$	m/s^2	$(1м) : (1с)^2$
8.	Бурчак тезланиш	радиан тақсим секунд квадр.	$рад/с^2$	rad/s^2	(1 рад) : $(1с^2)$
9.	Куч	Ньютон	Н	*N*	(1 кг)·(1 м) : $(1с)^2$
10.	Босим	Ньютон тақсим метр квадр.	$Н/м^2$	N/m^2	$(1Н) : (1м)^2$
11.	Динамик қовушоқлик	Ньютон кўпайтирилган секунд тақсим метр квадр.	$Н·с/м^2$	$N \cdot S/m^2$	$(1Н)·(1с) : (1м)^2$
12.	Кинематик қовушоқлик	метр квадр. тақсим секунд	$м^2/с$	m^2/s	$(1м)^2 : (1с)$
13.	Иш, энергия, иссиқлик миқдори	жоуль	Ж	*J*	(1Н)·(1м)
14.	Қувват	ватт	Вт	*W*	(1Ж) : (1с)
15.	Электр миқдори	кулон	Кл	*G*	(1А). (1с)
16.	Электр кучланиш, электр потенциаллар айирмаси, электр юритувчи куч	вольт	В	*V*	(1В т) : (1А)
17.	Электр майдони кучланганлиги	вольт тақсим метр	В/м	*V/m*	(1В) : (1м)
18.	Электр қарши-	Ом	Ом	Ω	(1 Вт) : (1А)

Тартиб №	Катталиклар	Ўлчов бирлиги	Қисқартирилган белгилари		Ҳосила бирликлар ўлчови
			ўзбекча	халқаро	
	лик				
19.	Электр сиғим	Фарада	Ф	*F*	(1К) : (1В)
20.	Магнит индукцияси оқими	Вебер	ВБ	*Wb*	1 (к) : (1Ом)
21.	Индуктивлик	генри	Гн	*H*	(1 Вб) : (1 А)
22.	Магнит индукцияси	тесла	тл	*T*	(1 Вб) : (1м)^2
23.	Магнит майдони кучланганлиги	ампер тақсим метр	А/М	*A/m*	(1А) : (1м)
24.	Магнит юритувчи куч	Ампер	А	А	(1А)
25.	Ёруғлик оқими	Люмен	Лм	*lm*	(1 қд)·(1 ср)
26.	Равшанлик	кд тақсим метр квад. ёки нит	кд/м^2 (Нт)	*cd/m*^{2} (*nt*)	(1 кА) : (1 м)^2
27.	Ёритилиш даражаси	люкс	ЛК	*lk*	(1 лм) : (1 м)^2

қилинган. СИ нинг жорий этилиши шу системада назарда тутилган ва унинг таркибига кирмайдиган (аммо ҳозир ўлчов бирликлари сифатида қўлланилаётган) бирликларнинг илмий-тадқиқот натижаларини ҳисоблашда, ишлаб чиқариш воситалари ва асбоб ускуналарини лойиҳалашда, қурилиш ҳамда қурилган объектлардан фойдаланишда, шунингдек ўқув-таълим ишларида кўп қийинчиликлар туғдираётган ўлчов бирликларидаги бир хилликка барҳам беради. СИ нинг ҳозирги қўлланилаётган айрим ўлчов системаларига нисбатан муҳим афзаллиги шундаки, у — универсал; ўлчов бирликларини бирхиллаштирган; асосий, қўшимча ва ўз ҳосилавий бирликларини амалиёт учун қулай ўлчамларга мужассамлаштирган; когерент, яъни ҳосилавий бирликлар ўлчамларини аниқловчи физик тенгламалардаги мутаносиблик коэффициентларини тугатган системадир. Унинг татбиқи билан ҳисоблаш формулаларининг ёзилиши анча соддалашди.

Халқаро бирликлар системаси (СИ) да еттита асосий ва иккита қўшимча катталик қабул қилинган. Шунингдек, улар асосида кўпгина ҳосилавий катталиклар ва уларнинг бирликлари ҳам тасдиқланган. 1.1-жадвалда халқаро бирликлар системаси (СИ) да ифодаланган асосий ва қўшимча ҳамда ўқув жараёнида тез-тез учраб турадиган муҳим ҳосилавий катталикларнинг ўлчов бирликлари, белгилари келтирилган.

Шундай соҳалар борки, унда СИ бирликлари ишлатиш ҳисоблашларда бир оз қийинчиликлар туғдиради. Масалан, СИ га биноан массани доимо килограммларда ўлчаш ноқулай. У гоҳ грамм (г) ларда ифодаланса, гоҳ тонна (т) ларда ўлчанади. Шу сабабли массани грамм (г), миллиграмм (мг), тонна (т) каби бирликларда ифодалаш қулай. Улар асосида масса ҳисобини шу бирликларда олиб бориш хато ҳисобланмайди.

Шунинг учун баъзи ҳисоблашларда қулайлик яратиш мақсадида бирликларнинг ўнлик каррали ва улушли қийматларидан фойдаланилади.

Бирликларнинг ўнлик каррали ва улушли қийматлари барча бирликлардан эмас, балки амалий ҳисобларда қулайлик яратадиган бирликлардангина ҳосил қилинади. Шундай соҳалар ҳам борки, уларда доимо каррали ёки улушли бирликларгина ишлатилади (масалан, чизмачиликда уларнинг ўлчамлари фақат миллиметр — мм да ифодаланади).

1.2- ж а д в а л. **Бирликларнинг каррали ва улушли қийматлари**

№ №	Катталик номи	Белгилари		
		СИ бирликлари	СИ нинг каррали ва ва улушли бирликлари	СИ га кирмаган бирликлари
1.	Узунлик	м (метр)	км; см; мм; мкм; нм.	
2.	Юза	$м^2$ (метр квадрат)	$км^2$; $дм^2$; $см^2$; $мм^2$.	
3.	Ҳажм ва сиғим	$м^3$ (метр куб)	$дм^3$; $см^3$; $мм^3$.	л (литр)
4.	Ясси бурчак	рад (радиан)	мрад; мкрад	. . . ° (градус) . . . ′ (минут) . . . ″ (секунд)
5.	Вақт	с (секунда)	кс; мс; мкс;	сут (сутка) соат (соат, мин)
6.	Тезлик	м/с	—	км/соат
7.	Айланишлар такрорлиги	$с^{-1}$	—	$мин^{-1}$
8.	Масса	кг (килограмм)	Мг; г; мг; мкг.	т (тонна)
9.	Куч, оғирлик	Н (ньютон)	МН; кН; мкН.	
10.	Куч моменти	Н · м	МН · м; кН · м мкН · м	
11.	Босим	Па (паскаль)	ГПа; МПа; кПа; мкПа	
12.	Динамик қовушоқлик	Па·с	мПа·с	
13.	Кинематик қовушоқлик	$м^2/с$	$мм^2/с$	
14.	Энергия, иш	Ж (жоуль)	ТЖ; ГЖ; МЖ; кЖ; мЖ	ЭВ (электрон вольт)
15.	Қувват	Вт (ватт)	ГВт; МВт; кВт; мкВт.	
16.	Температура	К (кельвин)	МК; кК; мкК	
17.	Электр токи (электр токининг кучи)	А (ампер)	кА; МА; мкА; нА; пА	
18.	Электр миқдори, электр заряд	Кл (Кулон)	кКл; мкКл; нКл; пКл	
19.	Модда миқдори	моль	кмоль; ммоль; мкмоль	
20.	Моляр масса	кг/моль	г/моль	

1 ва 2-жадвалларда фан, техника ва халқ хўжалигининг турли соҳаларида кенг қўлланиладиган бирликларнинг ўнлик каррали ва улушли қийматлари келтирилган. Жадвалда шунингдек, СИ бирликлари билан бир қаторда қўлланишга

рухсат этилган катталиклар ва уларнинг бирликлари ҳам берилган.

Техника тараққиётининг ривожланиши, маҳсулот сифатининг ошиши, унинг мустаҳкамлиги ва чидамлиги физик ҳодисалар, моддаларнинг хусусияти, технологик жараён тавсифи ҳақида тўла ва ишончли маълумотлар олиш усули ҳамда воситалари йиғиндиси бўлган ўлчов техникаси билан боғлиқдир. Қўлланилаётган ўлчовларнинг сўзсиз муштараклиги, ўлчаш ва санаш усулларининг бир хиллиги ва улар натижаларини таққосланиши, шу билан бирга ўлчов бирликлари, ўлчаш усул ва воситаларининг юқори даражали аниқ давлат эталонларини яратиш ҳамда уларни мукаммаллаштириш ўлчов техникасининг халқ хўжалигида унумли қўлланишининг муҳим шартидир. Мамлакатимизда ўлчовларнинг муштараклиги Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг стандартлар давлат қўмитаси ва метрологик муассасалари томонидан амалга оширилади.

1.2-§. ЎЛЧАШЛАР. ЎЛЧАШ ТУРЛАРИ

Ўлчаш — физик катталиклар қийматларини тажрибада махсус техник воситалар ёрдамида аниқлаш.

Кўп ҳолларда ўлчаш жараёнида ўлчанаётган катталикни шундай физик катталик билан таққосланадики, унга 1 га тенг бўлган қиймат берилади ва у физик катталик бирлиги ёки **ўлчов бирлиги** дейилади.

Ўлчаш натижаси — катталикнинг ўлчаш усули билан, масалан, катталикни ўлчов бирлиги билан таққослаш усули ёрдамида топилган қийматидан иборат. Ўлчаш натижасини тенглама кўринишида қуйидагича ёзиш мумкин:

$$U = \frac{Q}{q} \quad \text{ёки} \quad Q = U \cdot q \qquad (1.1)$$

бунда Q — ўлчанаётган физик катталик, U — ўлчаш натижаси ёки ўлчанаётган катталикнинг сон қиймати, q — физик катталик бирлиги.

(1.1) тенглама ўлчашнинг асосий тенгламаси дейилади. Унинг ўнг томони ўлчаш натижаси деб юритилади. Ўлчаш натижаси доимо ўлчамли катталик бўлиб, у ўз номига эга бўлган q бирликдан ҳамда айни бирликдан ўлчанаётган катталикда нечта борлигини англатадиган U сондан ташкил топган.

Ўлчанаётган катталикнинг сон қиймати бевосита, билвосита, бирлаштириб ва биргаликда ўлчаш усуллари ёрдамида топилади. Лаборатория амалиётида ва илмий текширишларда бирлаштириб ва биргаликда ўлчаш усулларидан фойдаланилади.

Бевосита ўлчаш деб шундай ўлчашга айтиладики, унда ўлчанаётган катталикнинг изланаётган қиймати тажриба маълумотларидан бевосита аниқланади. Масалан, температурани

термометр билан, босимни манометр билан, узунликни чизғич **билан ўлчаш** ва ҳоказо бевосита ўлчашдан иборат.

Бевосита ўлчаш тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$Q_{бев.} = C \cdot n \qquad (1.2)$$

бунда $Q_{бев.}$ — ўлчанаётган катталикнинг унинг учун қабул қилинган ўлчов бирликларидаги қиймати; C—рақамли ҳисоблаш қурилмаси шкаласи бўлинмаларининг ёки бир марта кўрсатишининг ўлчанаётган катталик бирликларидаги қиймати; n — шкала бўлинмаларининг ҳисобида индикаторли қурилма бўйича олинган сонқ.

Билвосита ўлчаш деб шундай ўлчашга айтиладики, унда ўлчаш натижаси ўлчанаётган катталик билан маълум муносабат ёрдамида боғланган катталикларни бевосита ўлчашга асосланган бўлади. Билвосита ўлчаш тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$Q_{бил} = f(Q_1, Q_2, \ldots, Q^n_{бев.}). \qquad (1.3)$$

бунда $Q_{бил.}$ — ўлчанаётган катталикнинг изланган қиймати;

$Q_1, Q_2, \ldots, Q^n_{бев.}$ — бевосита ўлчанадиган катталикларнинг сон қийматлари.

Билвосита ўлчашга ўтказгичнинг солиштирма электр қаршилигини унинг қаршилиги, узунлиги ва кўндаланг кесимини юзи бўйича топиш; жисм зичлигини унинг массаси ва ҳажмини ўлчаш натижаси бўйича топиш ва бошқалар мисол бўла олади. Билвосита ўлчашлар бевосита ўлчашларнинг иложи бўлмаган ишлаб чиқариш жараёнларини назорат қилишда кенг қўлланади.

Бирлаштириб ўлчаш бир неча бир номли катталикларни бир вақтда ўлчашдан иборатки, унда изланган катталикларнинг қийматлари бевосита ўлчашда ҳосил қилинган тенгламалар системасидан топилади.

Бир вақтда икки ёки бир неча номли турли катталикларни, уларнинг орасидаги функционал муносабатларни топиш учун олиб борилган ўлчашлар **биргаликда ўлчаш** дейилади. Жумладан ўлчаш резисторининг 20°С даги электр қаршилиги ва температура коэффициентлари унинг қаршилигини турли температураларда бевосита ўлчаш маълумотлари бўйича топилади.

Ўлчашлар яна мутлақ ва нисбий ўлчашларга бўлинади.

Битта ёки бир неча асосий катталикларни физик константалар қийматларидан фойдаланиб ёки фойдаланмасдан бевосита ўлчаш **мутлақ ўлчаш** деб аталади. Масалан, штангенциркуль ёрдамида бажарилган ўлчашлар мутлақ ўлчашдир, чунки унда ўлчанаётган катталик қийматини бевосита олинади.

Бирор катталикнинг шу исмли бирлик ролини ўйнаётган катталикка нисбатини ўлчаш ёки катталикни шу исмли бирлик катталик деб қабул қилинган катталик бўйича ўлчаш **нисбий ўлчаш** деб аталади. Масалан, оптиметр ёки пишангли скоба ёрдамидаги ўлчашлар нисбийдир: аввал охирги ўлчов ёки охирги ўлчов блоки қўйилади ва ўлчаш воситалари шка-

ладаги кўрсаткич нолга тенг бўладиган қилиб созланади, сўнгра ўлчанаётган детални жойлаштирилади ва саноқ олинади, яъни стрелка деталь ўлчамининг охирги ўлчов ёки блокнинг маълум ўлчамидан четга чиқишини кўрсатади. Температурани термоэлектр эффектдан фойдаланишга асосланган ўлчаш ёки массани тортиш усули билан, яъни массага пропорционал бўлган оғирлик кучидан фойдаланиш усули билан ўлчаш ҳам нисбий ўлчашдан иборат. Нисбий ўлчашдан катта аниқлик зарур бўлган ҳолларда фойдаланилади.

Ўлчашлар ўлчаш асосини аниқлаб берадиган физик ҳодисаларга асосланиб олиб борилади. Масалан, модданинг кенгайиши бўйича температурани ўлчаш, мувозанатлаштирувчи суюқлик устунининг кўтарилиши бўйича вакуумни ўлчаш. Ўлчашнинг бирор асосини амалга ошириш учун турли техник воситалар қўлланилади. Ўлчашларда қўлланиладиган ва нормаллашган метрологик хоссаларга эга бўлган техник воситалар **ўлчаш воситаси** дейилади. Ўлчаш асоси ва воситасини белгилаб берадиган усуллар мажмуи **ўлчаш усули** дейилади.

Ўлчашларда бевосита баҳолаш, дифференциал, ўлчов билан таққослаш ва ноль (компенсацион) усуллар кенг тарқалган.

Бевосита баҳолаш усули ўлчанаётган катталик миқдорини бевосита ўлчаш асбобининг ҳисоблаш қурилмаси бўйича бевосита топиш имконини беради. Масалан, босимни пружинали манометр билан, массани циферблатли тарозида, ток кучини амперметр билан ўлчаш ва ҳоказо. Бу усулда ўлчаш аниқлиги унча катта бўлмаса ҳам, ўлчаш жараёнининг тезлиги уни амалда қўлланишда тенги йўқ усулга айлантиради.

Дифференциал усул ўлчанаётган ва маълум катталикларнинг айирмасини ўлчашни характерлайди. Масалан, газ аралашмаси таркибини ҳавонинг иссиқ ўтказувчанлигига таққослаш йўли билан иссиқ ўтказувчанлик бўйича ўлчаш.

Ғоятда аниқ ўлчашларда **ўлчов билан таққослаш усули** қўлланади. Бунда ўлчанаётган катталик ўлчов ёрдамида топилган катталиклар билан таққосланади. Масалан, ўзгармас токнинг кучланишини электр юритувчи кучи нормал элемент ЭЮК ига тенг бўлган таққослаш компенсаторида ўлчаш ёки массани пишангли тарозиларда мувозанатлаштирувчи тошлар билан ўлчаш. Бу усул таъсир этувчи катталикларнинг ўлчаш натижасига таъсирини камайтиришга имкон беради, чунки улар ўлчанаётган катталикларни ўзгартириш занжирида ҳам, ўлчов натижасида топилган катталиклар занжирида ҳам ўлчашга доир сигналларни кўпми ёки озми текис бузади.

Ноль (компенсацион) усул ўлчанаётган катталикни қиймати маълум бўлган катталик билан таққослашдан иборат, аммо улар орасидаги айирма маълум катталикни ўзгартириш усули билан нолга келтирилади. Потенциометрлар, мувозанатлаштирилган кўприклар ва бошқалар ноль усулга асосланган асбобларга мисол бўла олади. Ноль усул ўлчашнинг юқори аниқлигини таъминлайди.

1.3-§. ЎЛЧАШ ЎЗГАРТИРИШЛАРИ ВА ЎЗГАРТҚИЧЛАРИ

Технологик ўлчашларнинг моҳиятини техник жиҳатдан қисқача қуйидагича ифодалаш мумкин: «нимани, қандай қилиб ва нима билан ўлчанади»? Шунинг учун бундан кейин аниқ физик катталикларни ўлчаш методлари ва ўлчашларнинг энг кенг тарқалган ишчи воситалари: ўлчаш ўзгарткичлари ва ўлчаш асбоблари қараб чиқилади.

Кўпчилик ҳолларда ўлчашлар ўлчанаётган катталикни олдиндан ўзгартириш билан боғлиқ.

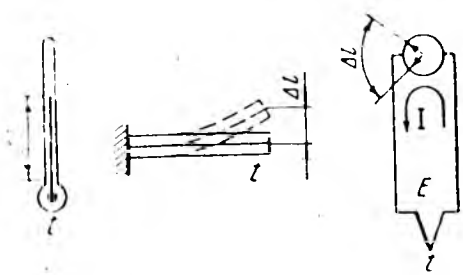
Ўлчаш ўзгартириши битта физик катталикнинг ўлчамини бошқа физик катталикнинг ўлчамига ўзгартиришдан иборатдир.

Мисол тариқасида P босимни деформацион (найчали — пружинали) манометр ёрдамида ўлчашни қараб чиқамиз. Босим таъсирида трубасимон пружина буралади (унинг эркин учи бироз силжийди) — бу ўзгартиришнинг биринчи босқичи: $\Delta P \rightarrow \Delta l$. Трубасимон пружина учининг нишанг — трубали механизм ёрдамида силжиши найча (ўқ)нинг бурилиш бурчагига ўзгаради: $\Delta l \rightarrow \Delta \varphi$ — бу ўзгартиришнинг иккинчи босқичидир. Ўқда стрелка мавжуд бўлиб, унинг учи бўлинмали шкала бўйича силжийди — бу ўзгартиришнинг учинчи босқичидир. $\Delta \varphi \rightarrow \Delta a$, у ўлчанаётган катталикнинг сон қийматини олишга имкон беради. Умумий ҳолда ҳамма ўзгартиришларни бундай ёзиш мумкин:

$$\Delta P \rightarrow \Delta l \rightarrow \Delta \varphi \rightarrow \Delta a.$$

Ўлчаш ўзгарткичи — ўлчашлар воситаси сифатида ўлчаш ўзгартириши $\Delta P \rightarrow \Delta a$ ни амалга оширишга имкон берди. Катталикнинг кетма-кет ўзгартиришлар қаторидан биттаси юз берадиган ўлчаш воситалари элементи **ўзгартириш элементи** деб аталади. Ўзгартириш элементи ҳар доим ҳам конструктив ажралиб турмайди, яъни ўлчаш воситаси конструкциясининг айни битта элементи икки ва ундан ортиқ ўзгартириш элементига эга бўлиши мумкин.

Ўлчаш ахбороти сигнали ҳамма ўзгаришларининг амалга ошишини таъминловчи ўзгартириш элементлари тўплами ўлчаш воситасининг **ўлчаш мақсади** дейилади. Ўлчаш занжирида бевосита ўлчанаётган катталикнинг таъсирида бўлган биринчи ўзгартириш элементининг қисми **сезгир элемент** дейилади. Конструкцияда сезгир элементнинг ўлчаш воситасини аниқлашда эътиборли бўлиш ва уни ҳимоя армату-



1.1-расм. $\Delta l \rightarrow \Delta l$ ўзгарткичлар схемаси.

раси билан чалкаштирмаслик керак, чунки бу арматура ўлчанаётган катталикка бевосита тегиб туради.

«Ўлчаш ўзгартириши» тушунчаси «ўлчов ўзгарткичи» тушунчасига қараганда анча кенг маънога эга, чунки айни бир ўлчов ўзгартириши ўлчов ўзгарткичларнинг иш (таъсир) принципи турлича бўлган қатори билан бажарилиши мумкин. 1.1- расмда айни бир хил температура ўлчаш ўзгартиришини механик Δl силжишга ўзгартирадиган турли ўзгарткичларга мисоллар келтирилган. Биринчи ҳолда бу симоб устунининг t температура кўтарилиши натижасида кенгайишидаги силжиши бўлса, иккинчи ҳолда — турли қатламлари турлича температура кенгайиш коэффициентига эга бўлган биметалл пластинкаларнинг силжиши; учинчи ҳолда — температура ўлчанадиган муҳит билан бевосита алоқада бўлган сезгир элемент билан боғлиқ кўрсаткич асбоб кўрсаткичининг (стрелкасининг) силжиши. Шундай қилиб, ўлчаш ўзгартиришининг кўрсатмаси нимани ва нимага айлантириш керак, деган саволгагина жавоб беради, аниқ ўлчаш ўзгарткичларининг кўрсатиши эса буни табиатан қандай бажариш мумкин, деган саволга жавоб беради. Аслида ўлчаш ўзгарткичи бир хусусий ўлчаш ўзгартиришини бажарувчи маълум амал принципида ясалган техник қурилмани ифодалайди.

Ўлчаш ўзгарткичининг асосий характеристикаларидан бири ўзгартириш коэффициенти бўлиб, у ўлчанаётган катталикни акслантирувчи ўзгарткичнинг чиқишидаги сигналнинг ўзгарткич киришидаги уни чақирувчи сигналга нисбатини ифодалайди.

Функционал вазифасига кўра ўлчаш ўзгарткичларини қуйидаги турларга ажратиш қабул қилинган: бирламчи, оралиқ, масштабли, узатувчи ва бошқалар.

Бирламчи ўлчаш ўзгарткичи — ўлчаш ўзгарткичи бўлиб, унга ўлчанаётган физик катталик келтирилган, яъни ўлчов занжирида биринчи, масалан, деформацион манометрнинг трубасимон пружинаси. Бирламчи ўлчаш ўзгарткичи ёрдамида ўлчанадиган катталик ёки ўзгартириладиган физик катталик бошқа ўзгарткичга ёки ўлчаш асбобига узатилиши мумкин.

Оралиқ ўлчаш ўзгарткичи — ўлчаш занжирида бирламчидан кейинги ўринни эгаллаган ўлчаш ўзгарткичидир.

Узатувчи ўлчаш ўзгарткичи — ўлчаш ахбороти сигналларини масофадан туриб узатиш учун мўлжалланган ўзгарткичдир.

Масштабли ўлчаш ўзгарткичи — катталикни берилган марта ўлчаш учун мўлжалланган ўзгарткич.

Истаган вазифани бажарувчи ўлчаш ўзгарткичи ўлчаш асбоби билан конструктив бирлаштирилган бўлиши ёки ўзи алоҳида қурилмани ташкил этиши мумкин. Ўлчаш объектига ўрнатилган ва ўлчамлари, массаси ҳамда таъсир кўрсатувчи омилларга мустаҳкамлигига нисбатан алоҳида талабларга жавоб берувчи, зарур ёрдамчи элементлар билан бирга ўлчов

ўзгарткичларининг бир қатор конструктив тўпламини датчик деб аташ қабул қилинган.

Чиқиш сигналининг турига қараб бир хиллаштирилган, табиий ёки дискрет (контактли) сигналлар фарқ қилинади.

Чиқиш сигналлари бир хиллаштирилган ўлчаш ўзгарткичлари чиқишда ўлчанаётган физик катталикнинг турига боғлиқ бўлмаган ҳолда махсус қурилмалар ёрдамида шаклланадиган сигналларга эга (улар тегишли давлат андозаларида кўзда тутилган).

Чиқиш сигналлари табиий бўлган ўлчов ўзгарткичлари шундай қурилмаларки, уларда чиқишдаги сигналлар табиий йўл билан шаклланади, яъни ўлчанаётган катталикни бирламчи алмаштириш учун энг оддий ва самарали йўл билан шаклланади. Ўлчанаётган катталикларнинг жуда хилма-хиллигига қарамай табиий чиқиш сигналларининг турлари, одатда, ўнта билан чегаралади: силжиш, буриш бурчаги, кучланиши, вақт оралиғи, ўзгармас ва ўзгарувчан кучланиш, актив ва комплекс қаршилик, электр сиғим, частота (такрорийлик). Табиий сигналли ўлчов ўзгарткичларининг баъзи ҳолларда қўлланиши асосан локал назорат қурилмаларида ва унча мураккаб бўлмаган объектларни автоматлаштиришда иқтисодий ва техник жиҳатдан жуда мақсадга мувофиқдир.

Табиий сигналларни бир хиллаштирилган сигналларга айлантириш учун махсус **нормаловчи ўзгарткичлар** кўзда тутилган.

Дискрет чиқиш сигналли ўлчаш ўзгарткичлари (релели ўзгарткичлар) чиқишда ўлчанаётган катталик маълум қийматга эришганда ўз ҳолатини ўлчовчи контакт гуруҳга эга. Улар асосан технологик сигнализация учун қўлланади.

Ўлчов қурилмаларида ахборотни узатиш воситаси энергия ёки модда оқимлари ҳисобланади. Ўлчов ўзгарткичининг ёки асбобнинг киришига энергия кирмаса (ўлчаш объектидан ёки олдинги ўзгарткичдан), ўлчаш ахборотини узатиш мумкин бўлмайди. Буни ҳисобга олиб, барча бирламчи ўзгарткичлар икки гуруҳга бўлинади: генераторли ва параметрик ўзгарткичлар.

Генераторли ўзгарткичлар — шундай ўзгарткички, уларда ахборот оқимини шакллантириш учун қўшимча манбадан энергия олиб келиш талаб қилинмайди. Масалан, терможуфт температурани тормоЭЮК га айлантириб, энергияни фақат ўлчаш объектидангина олади. Шундай қилиб, генераторли ўзгарткичларда энергия ва ахборот оқимларининг йўналишлари бир хил бўлади.

Параметрик ўзгарткичлар — шундай ўзгарткичларки, уларда энергия ва ахборот оқимларининг йўналишлари бир хил бўлмайди. Жумладан, агар объектда қаршилиги температурага боғлиқ бўлган терморезистор ўрнатилган бўлса, у ҳолда ахборот олиш учун асбобдан ёки ўзгарткичдан терморезисторга ток ўтказиш зарур. Токнинг ўзгариши ўлчанаётган температу-

ранинг ўзгариши ҳақидаги ахборот бўлади. Ахборот сигналининг интенсивлиги манба сигнали интенсивлигига боғлиқ бўлиб, бу параметрик ўзгарткичларнинг ўзига хос хусусиятидир.

I.4- §. ЎЛЧАШ ВОСИТАЛАРИ, УЛАРНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИ ВА ПАРАМЕТРЛАРИ

Ўлчаш воситалари ўлчашларда ишлатилади ва улар нормаллашган метрологик хоссаларга, яъни катталикларнинг маълум сонли қийматларига ҳамда ўлчаш натижаларининг аниқлиги ва ишончлилигини ифодаловчи хоссаларига эга бўлади.

Ўлчаш воситаларининг асосий турларига ўлчовлар, ўлчаш асбоблари, ўлчаш ўзгарткичлари ва ўлчаш қурилмалари киради.

Ўлчов — берилган ўлчамдаги физик катталикни қайта ўлчаш учун мўлжалланган ўлчаш воситаси. Масалан, қадоқтош — масса ўлчови; ўлчов резистори — электр қаршилик ўлчови; ёритиш лампаси — ёруғлик ўлчови ва ҳоказо.

Бир хил ўлчамли турли физик катталикни қайта ўлчайдиган бир қийматли ҳамда турли ўлчамдаги қатор бир номли катталикларни қайта ўлчайдиган кўп қийматли ўлчовлар бор. Кўп қийматли ўлчовларга бўлинмали чизғичлар, индуктивлик вариометри ва бошқалар мисол бўла олади. Махсус танланган, фақат алоҳидагина эмас, балки турли бирикмаларда турли ўлчамли қатор бир номли катталикларни қайта ўлчаш мақсадида қўлланиладиган ўлчовлар комплекти ўлчовлар тўпламини ташкил этади. Масалан, қадоқтошлар тўплами, учликли узунлик ўлчовлари тўплами, ўлчов конденсаторлари тўплами ва ҳоказо. Ўлчовлар магазини — саноқ қурилмалари билан боғланган махсус қайта улагичларга эга бўлган битта конструктив бутун қилиб бирлаштирилган ўлчовлар тўплами. Ўлчовлар магазини электротехникада кенг қўлланилади: қаршилик магазини, сиғимлар магазини, индуктивликлар магазини.

Ўлчовларга стандарт намуналар ва намуна моддалар ҳам киради.

Стандарт намуна — модда ва материалларнинг хоссаларини ёки таркибини характерловчи катталикларнинг бирлигини қайта тиклаш учун ўлчов. Масалан, таркибидаги кимёвий элементлари кўрсатилган ферромагнит материаллар хоссаларнинг стандарт намунаси.

Намуна модда — тасдиқланган спецификацияда кўрсатилган, тайёрлаш шартларига риоя қилинганда тикланадиган маълум хоссаларга эга бўлган моддадан иборат ўлчов. Масалан, «тоза» газлар, «тоза» металлар, «тоза» сув.

Кузатувчи идрок қилиши учун қулай шаклдаги ўлчов ахбороти сигналини ишлаб чиқувчи ўлчаш воситаси **ўлчов асбоби** дейилади. Ўлчов асбобида кузатувчи ўлчанаётган катталикнинг сон қийматини ўқийди ёки санайди. Ўлчов асбоблари аналог ва рақамли бўлиши мумкин. Аналог ўлчов асбобларида асбобнинг кўрсатиши ўлчанаётган катталик ўзгаришининг узлуксиз функциясидан иборат бўлади, рақамли ўлчов асбобларида эса

кўрсатишлар ўлчов ахбороти сигналини дискрет ўзгартириш натижасидан иборат бўлган рақамли шаклда ифодаланган бўлади.

Кейинги вақтларда рақамли асбоблар борган сари кенгроқ қўллана бошланди, чунки уларнинг кўрсатувлари осонгина қайд қилинади, уларни ЭҲМ га киритиш қулай. Рақамли асбобларнинг тузилиши ўлчашда аналог асбобларга қараганда катта аниқликка эришишга имкон беради. Шу билан бирга рақамли асбоблар қўлланганда ўқиш хатолиги бўлмайди. Аммо аналог асбоблар рақамли асбобларга қараганда анчагина содда ва арзондир.

Ўлчов асбоблари кўрсатувчи, қайд қилувчи, комбинацияланган, интегралловчи ва жамловчи асбобларга бўлинади. Кўрсатувчи асбобларда рақамли қийматлар шкала ёки рақамли таблодан ўқилади. Қайд қилувчи асбобларда кўрсатувларни ё диаграмма қоғозида ёзиб олиш ёки рақамли тарзда чоп этиш кўзда тутилади. Комбинацияланган асбоблар ўлчанаётган катталикни бир вақтнинг ўзида кўрсатади ҳамда қайд қилади. Интегралловчи асбобларда ўлчанаётган катталик вақт бўйича ёки бошқа эркли ўзгарувчи бўйича интегралланади. Жамловчи асбобларда кўрсатишлар турли каналлар бўйича унга келтирилган икки ёки бир неча катталикнинг йиғиндиси билан функционал боғланган бўлади.

Ўлчашга доир ахборотни узатиш, ўзгартиш, ишлов бериш ва сақлаш учун қулай бўлган, аммо кузатувчи бевосита идрок қилиши мумкин бўлмайдиган шаклдаги сигнални ишлаб чиқувчи ўлчаш воситаси **ўлчаш ўзгарткичи** деб аталади. Инсон ўзининг сезги органлари билан ўлчаш ўзгарткичи сигналларини қабул қила олмайди. Ўзгартириладиган физик катталик — **кириш катталиги,** унинг ўзгартирилгани эса **чиқиш катталиги** дейилади. Кириш ва чиқиш катталиклари орасидаги боғланишни ўзгарткич функцияси қарор топтиради. Ўлчаш ўзгарткичлари ўлчов асбобларининг, турли ўлчов системаларининг, бирор жараёнларни автоматик назорат қилиш ёки бошқариш системаларининг таркибий қисми ҳисобланади. Ўлчанаётган катталик келтирилган ўлчаш ўзгарткичи **бирламчи ўзгарткич** дейилади. Бирламчи ўлчаш ўзгарткичлари, кўпинча, датчик деб юритилади. Унинг бевосита ўлчанаётган катталик таъсиридаги қисми сезгир элемент дейилади. Масалан, термоэлектрик термометрда терможуфт, манометрик термометрда тармобаллон ана шундай элементлардир. Ўлчов асбоблари ва ўзгарткичлари ўлчанаётган катталикнинг турига қараб тегишли номларга эга бўлади, масалан, термометрлар, манометрлар, дифманометрлар, сарф ўлчагичлар, сатҳ ўлчагичлар, газ анализаторлари, концентратометрлар, нам ўлчагичлар ва ҳоказо.

Айрим ўлчов воситалари ва ўлчов системаларидан ташқари мураккаб ахборот-ўлчов системалари ҳам қўлланади. Улар кўплаб нуқталарда автоматик ўлчашни амалга оширишнигина таъминлаб қолмай (ўлчов каналлари сони минг-минглаб бўлиши

мумкин), балки ўлчаш натижаларини берилган алгоритмлар бўйича зарур қайта ишлашни ҳам бажаради. Шу муносабат билан ўлчаш ўзгарткичларининг ахборот-ҳисоблаш машиналари ва кириш қурилмалари киришига келадиган сигналларини унификациялаштириш (бир хиллаштириш) зарурати туғилади. Сигналларни унификациялаштириш ўлчов асбоблари турларини минимумга келтириш имконини беради.

Ўлчов воситалари ўлчаш жараёнидаги бажараётган вазифаси, ролига қараб иш, намуна ва эталон ўлчов асбобларига бўлинади.

Иш ўлчов воситалари халқ хўжалигининг барча тармоқларида амалий ўлчашлар учун мўлжалланган. Улар аниқлиги орттирилган ўлчов воситаларига ва техник ўлчов воситаларига бўлинади.

Намуна ўлчов воситалари иш ўлчов асбобларини текшириш ва уларни ўзлари бўйича даражалашга хизмат қилади.

Эталонлар физик катталик бирикларини қайта тиклаш ва сақлаш, уларнинг ўлчамларини намуна ўлчов асбоблари орқали халқ хўжалигида қўлланадиган иш ўлчов воситаларига ўтказишга хизмат қилади. Физик катталикларнинг бирликлари ўлчами шу усул билан эталонлардан намуна ўлчов асбоблари ёрдамида бошқа ўлчов асбобларига ўтказилади.

Ўлчаш воситаларининг кўрсатишларидаги хатоликларни аниқлаш ёки уларнинг кўрсатишларига тузатиш киритиш мақсадида ўлчов воситалари кўрсатишларини намуна ўлчов асбобларининг кўрсатишларига таққослаш **асбобни текшириш** деб аталади.

Шкала бўлинмаларига қабул қилинган ўлчов бирликларида ифодаланган қийматлар беришдан иборат операция **даражалаш** деб аталади.

Ўлчаш воситалари ёрдамида ўлчанаётган физик катталиклар ўлчаш ахбороти сигнали фойдаланиладиган бирор чиқиш катталигига ўзгартирилади.

Физик катталикни ўлчашда ўлчов қурилмаси (асбоби) физик катталикни кўрсаткичнинг мутаносиб силжишига ўзгартиради:

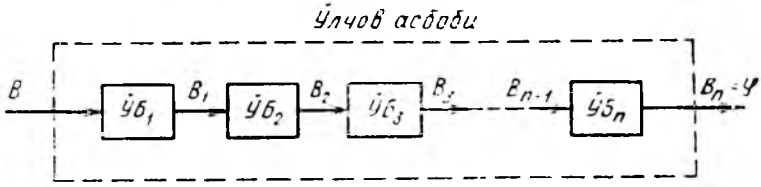
$$\varphi = f(B), \qquad (1.4)$$

бунда φ — асбоб кўрсаткичининг бурчакли ёки чизиқли силжиши, B — ўлчанаётган физик катталик.

(1.4) боғланиш асбоб шкаласининг тенгламаси ёки характеристикаси дейилади.

Ҳар қандай ўлчов асбобининг иши оқибат натижада ўлчанадиган катталикни кўрсаткичнинг силжишига мослаб ўзгартиришга келтирилади. Шу сабабли ўлчаш асбобини схематик равишда, ўлчанаётган физик катталик B ни кўрсаткичнинг механик силжиш миқдори φ га ўзгартирадиган ўзгарткич деб қараш мумкин.

Оралиқ ўзгартишлар сонига қараб асбобни бўғинларга бўлиш мумкин, бу бўғинларнинг ҳар бири асбоб ичида В миқдорни маълум тарзда ўзгартиради. Ана шу бўғинлар мажмуаси ўлчанаётган катталикнинг талаб этилган ўзгаришини кўрсаткичнинг силжиши φ га ўзгартиради.



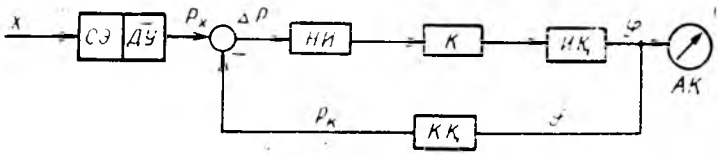
1.2- расм. Ўлчов асбобининг умумлашган структура схемаси.

Исталган ўлчов асбобининг структура схемаси, унинг ишлаш принципидан қатъи назар, кетма-кет уланган ўлчаш бўғинлари $ЎБ_1$, $ЎБ_2$, $ЎБ_3$, ... $ЎБ_n$, (1.2-расм) қаторидан тузилган занжир каби тасвирланиши мумкин.

Биринчи бўғин $ЎБ_1$ учун кириш миқдори бўлиб B катталик хизмат қилади. Ҳар бир бўғиннинг чиқиш миқдори кейинги бўғин учун кириш миқдори бўлиб хизмат қилади. Охирги $ЎБ_n$ бўғиннинг чиқиш миқдори кўрсаткичнинг $B_n = \varphi$ силжишини англатади.

Умумий ҳолда ўлчов воситаларининг структура схемасини қурилиш принципига қараб икки гуруҳга бўлиш мумкин: тўғри ўзгартирадиган ўлчаш схемаси ва сигнали мослаштириладиган ўлчаш схемалари. Тўғри ўзгартириш принципи бўйича қурилма ўлчов воситаларида ўлчанаётган катталик дастлабки ўзгарткичга ёки унинг ўлчаш занжири қисмидан иборат бўлган сезгир элементига келади. Ўлчаш занжирида, одатда, ўлчанаётган катталикни ахборотнинг бирор элтувчиси (электр токи кучи ёки кучланиши, сиқилган ҳаво босими ва бошқалар) сигналига ўзгартириш киритиш амалга оширилади. Мазкур сигнал сўнгра кучайтирилади ва санаш қурилмасига узатилади. Энг содда вариантда шу схемадан фақат сезгир элемент ва санаш қурилмаси қолиши мумкин. Тўғри ўзгарткич схемалари содда, ишончли, етарли тезкорликка эга ҳамда унча қимматга тушмайди. Аммо улардан, амалда, кичик энергия сигналларини ўлчашда фойдаланиб бўлмайди. Дефференциал ўзгарткичлар ва улар билан ўлчаш схемалари сигнали тўғри ўзгарткич схемалари турларидан биридир.

Сигнални мувозанатлаштирадиган ўлчаш схемалари структураси 1.3-расмда келтирилган. Ўлчанаётган катталик X дастлабки ўзгарткич $ДЎ$ га ёки унинг сезгир элементи $СЭ$ га келади ва $Рх$ сигналга айлантирилади, бу сигнал компенсация қурилмаси $КҚ$ дан чиққан $Р$ сигнал билан мослаштирилади. Компенсация қурилмаси $КҚ$ чиқиш сигнали φ ни компенсация



1.3- расм. Сигналли мувозанатлаштирувчи ўлчов асбобларининг структура схемаси.

қилувчи $P_к$ сигналга ўзгартиради. Нобаланс сигнали ΔP номувофиқлаштириш индикатори *НИ* орқали кучайтиргич *К* киришига берилади. Кучайтиргичнинг чиқиш сигнали интегралловчи қурилма *ИҚ* га (масалан, реверсив двигателига) таъсир қилади ёки чиқиш сигнали φ кучайтиргич чиқишидан олинадиган сигнал йўқ бўлганда ўзгармай қолаверади. Сигнал асбоб кўрсаткичи *АК* ва компенсация қурилмаси *КҚ* га берилади. Шундай қилиб, чиқиш сигнали φ ўлчанаётган *X* катталик қийматини аниқлайди. Сигналли мувозанатлаштирувчи асбоблар юқори аниқликка эга бўлиб, кичик сигналларни ўлчаш имконини беради, аммо уларнинг тезкорлиги кам, баҳоси юқори, ишончлилиги эса тўғри ўзгарткич асбобларникига қараганда паст.

1.5- §. ЎЛЧАШ ХАТОЛИКЛАРИ ВА АНИҚЛИК СИНФИ

Ўлчаш натижасида, одатда, ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий қийматидан фарқ қиладиган қиймати топилади. Кўпинча, физик катталикнинг ҳақиқий қиймати номаълум бўлади ва шу катталикнинг қиймати ўрнида унинг тажриба ёрдамида топилган қийматларидан фойдаланилади. Бу қиймат катталикнинг ҳақиқий қийматига шунча яқин бўладики, кўзда тутилган мақсад учун ундан фойдаланиш мумкин. Катталикнинг ўлчаш усули билан топилган қиймати **ўлчаш натижаси** дейилади. Ўлчаш натижаси билан ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий қиймати орасидаги фарқ **ўлчаш хатолиги** дейилади. Ўлчанаётган катталик бирликларида ифодаланган ўлчаш хатолиги ўлчашнинг **мутлақ хатолиги** дейилади:

$$\Delta X = X - X_ҳ \qquad (1.5)$$

бунда ΔX — мутлақ хатолик; X — ўлчаш натижаси; $X_ҳ$ — ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий қиймати.

Ўлчаш абсолют хатолигининг ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий қийматига нисбати ўлчашнинг **нисбий хатолиги** дейилади.

Ўлчаш хатоликлари уларнинг келиб чиқиши сабабларига кўра мунтазам, тасодифий ва қўпол хатоликларга бўлинади.

Мунтазам хатолик дейилганда фақат битта катталикни қайта-қайта ўлчаганда ўзгармас бўлиб қоладиган ёки бирор қонун бўйича ўзгарадиган ўлчаш хатолиги тушунилади. Улар

аниқ қиймат ва ишорага эга бўлади, уларни тузатмалар киритиш билан йўқотиш мумкин.

Қатталикни ўлчаш натижасида олган қийматга мунтазам хатоликни йўқотиш мақсадида қўшиладиган қиймат **тузатма** деб аталади. Одатда, мунтазам хатоликлар инструментал (ўлчаш асбоблари), ўлчаш усуллари, субъектив (ноаниқ ўқиш), ўрнатиш, методик хатоликларга бўлинади.

Инструментал хатолик дейилганда қўлланаётган ўлчов асбоблари хатоликларига боғлиқ бўлган ўлчаш хатоликлари тушунилади. Юқори аниқликда ўлчайдиган асбоблар қўлланганда ўлчов асбобларининг такомиллашмагани орқасида келиб чиқадиган инструментал хатоликлар тузатма киритиш усули билан йўқотилади. Техник ўлчов асбобларининг инструментал хатоликларини йўқотиб бўлмайди, чунки бу асбоблар уларни текширилганда тузатмалар билан таъминланмайди.

Ўлчаш усули хатолиги дейилганда усулнинг такомиллашмаганлиги орқасида келиб чиқадиган хатолик тушунилади. Улар, кўпинча, янги усуллар қўллаганда, миқдорлар орасидаги ҳақиқий боғланишни тахминий аппороксимация қилувчи тенгламалардан фойдаланилганда пайдо бўлади. Ўлчаш усули хатолиги ўлчов воситаси, хусусан, ўлчаш қурилмаси, баъзида эса, ўлчаш натижаси хатоликларини баҳолашда эътиборга олиниши лозим.

Субъектив хатоликлар кузатувчининг шахсий хусусиятларидан масалан, бирор сигнал берилган пайтни қайд қилишда кечикиш ёки шошилишдан, шкала бир бўлими чегарасида кўрсатувни нотўғри ёзиб олишдан, параллаксдан ва ҳоказодан келиб чиқади. Параллаксдан ҳосил бўлган хатолик дейилганда санаш хатолигига кирадиган, шкала сиртидан бирор масофада жойлашган стрелка шу сиртга перпендикуляр бўлмаган йўналишда визирлаш (белгилаш) натижасида келиб чиқадиган хатолик тушунилади.

Урнатиш хатолиги ўлчов асбоби стрелкасининг шкала бошланғич белгисига нотўғри ўрнатилиши натижасида ёки ўлчаш воситасини эътиборсизлик билан, масалан, вертикал ёки горизонтал бўйича ўрнатилмаслиги натижасида келиб чиқади.

Ўлчаш методикаси хатоликлари катталикларни (босим температура ва б. ни) ўлчаш методикаси билан боғлиқ бўлган ва қўлланаётган ўлчаш асбобларига боғлиқ бўлмаган хатоликларидан иборат.

Ўлчашларни, айниқса, аниқ ўлчашларни бажаришда ўлчаш натижасини мунтазам хатоликлар анчагина бузиши мумкин. Шунинг учун ўлчашларни бажаришга киришишдан аввал бу хатоликларнинг барча манбаларини аниқлаш ва уларни йўқотиш чораларини кўриш зарур. Аммо мунтазам хатоликларни топиш ва йўқотиш учун узил-кесил қоидалар бериш амалда мумкин эмас, чунки турли катталикларни ўлчаш усуллари ғоятда турли-тумандир.

Тасодифий хатолик дейилганда фақат битта катталикни

қайта-қайта ўлчаш мобайнида тасодифий ўзгарувчи ўлчаш хатолиги тушунилади. Тасодифий хатоликнинг борлигини фақат битта катталикни бир хил синчковлик билан қайта-қайта ўлчангандагина сезиш мумкин. Агар ҳар бир ўлчаш натижаси бошқалардан фарқ қилса, у ҳолда тасодифий хатолик мавжуд бўлади. Шу хатоликларни баҳолаш эҳтимоллар назарияси ва математик статистика назариясига асосланган бўлиб, улар ўлчаш натижаси ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий қийматига яқинлашиш даражасини баҳолаш методларини, хатоликнинг эҳтимолий чегарасини баҳолаш имконини беради, яъни натижани аниқлаш, бошқача айтганда, ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий қийматига анчагина яқин қийматини топиш ва бир каррали кузатиш натижасини топиш имконини беради.

Ўлчашнинг қўпол хатолиги дейилганда берилган шартлар бажарилганда юз берадиган кутилган натижадан тубдан фарқ қиладиган ўлчаш хатолиги тушунилади.

Ўлчашдан кўзда тутилган мақсад ва ўлчаш аниқлигига қўйиладиган талабларга қараб ўлчашлар аниқ (лаборатория) ва техник ўлчашларга бўлинади. Ўлчаш натижасининг ўлчанаётган катталик ҳақиқий қийматига яқинлигини ифодаловчи ўлчаш сифати **ўлчаш аниқлиги** деб аталади. Аниқликни оширишга интилиб, биз ўлчаш хатолигини камайтиришимиз лозим. Аммо аниқликни ошириш усуллари, кўпинча, мураккаб бўлади ва қиммат туради. Шунинг учун аввал ўлчашнинг конкрет шарт-шароитлари ва мақсадларга боглиқ бўлган мақбул аниқликни баҳолаб олиш ва зарур бўлса, сўнгра аниқликни ошириш чораларини кўриш лозим. Ўлчашни бажарувчи асбобларнинг кўрсатиши ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий қийматидан фарқ қилади. Шунинг учун ўлчов асбобининг кўрсатиши ва ҳақиқий кўрсатиши деган тушунчалар мавжуд.

Катталикнинг саноққа кўра топилган қиймати **ўлчов асбобининг кўрсатиши** дейилади. Бу асбобнинг намуна асбоблар орқали аниқланган кўрсатиши **ҳақиқий кўрсатиши** дейилади. Асбобнинг кўрсатиши ва ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий қиймати орасидаги фарқ **ўлчов асбобининг хатоси** дейилади. Катталикнинг ҳақиқий қийматини аниқлаш мумкин бўлмагани сабабли, ўлчов техникасида намуна асбобнинг кўрсатиши шу катталикнинг ҳақиқий қиймати деб қабул қилинади.

Агар $X_к$ билан саноқ кўрсатишидаги қийматни, $X_х$ билан ҳақиқий қийматни белгиласак, қуйидаги формуладан ΔX мутлақ хатоликни топамиз:

$$\Delta X = X_к - X_х. \qquad (1.6)$$

Ўлчов асбобининг абсолют хатолиги деб, шу асбобнинг кўрсатиши билан ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий қиймати орасидаги фарққа айтилади. Бунда хатолар плюс ёки минус ишораси билан катталикнинг бирликларида ифодаланади. Мутлақ хатолик катталигининг ҳақиқий қийматига нисбати **нисбий**

хатолик деб аталади. Нисбий хатолик орқали ўлчашнинг аниқлик даражасини ифодалаш жуда қулай.

$$b = \pm \frac{\Delta X}{X_х} \cdot 100\ \% = \pm \frac{X_к - X_х}{X_х} \cdot 100\ \%. \qquad (1.7)$$

Одатда, ҳақиқий қиймат — $X_к$ ва топилган қийматлар $X_к$ га нисбатан ΔX жуда кичик бўлади, яъни

$$\Delta X \leqslant X_х \text{ ва } \Delta X \leqslant X_к$$

Шунинг учун қуйидаги формулани ёзиш мумкин:

$$b = \pm \frac{\Delta X}{X_х} \cdot 100\ \% \approx \pm \frac{\Delta X}{X_к} \cdot 100\ \% \qquad (1.8)$$

Шундай қилиб, нисбий хатоликни ҳисоблашда мутлақ хатоликнинг асбобнинг кўрсатишига нисбатини олиш мумкин. Нисбий хатолик % ларда ифодаланади.

Катталикнинг ҳақиқий қийматини аниқлаш учун ўлчов асбобининг кўрсатишига тузатиш киритилади. Унинг сон қиймати тескари ишора билан олинган мутлақ қийматга тенг:

$$T = X_х - X_к$$

ёки

$$T = -\Delta X \qquad (1.9)$$

бу ерда T — тузатма.

Асбобнинг хатолиги шкала диапазонининг фоизларида ифодаланади. Бундай хатоликлар келтирилган хатолик дейилади ва абсолют хатоликнинг асбоб ўлчаш чегарасига нисбатига тенг, яъни

$$j = \frac{\Delta X}{N} \cdot 100\ \% \qquad (1.10)$$

бу ерда N — асбобнинг ўлчаш чегараси.

Мисол. Юқориги ўлчаш чегараси 300° С бўлган потенциометрнинг кўрсатиши $X_к = 240$°С ва ўлчанаётган температуранинг ҳақиқий қиймати $X_х = 241{,}2$°С бўлганидаги абсолют, нисбий, келтирилган хатоликлари топилсин.

Абсолют хатолик (1.6) формула бўйича: $\Delta X = -1{,}2$°С, нисбий хатолик (1.8) формула бўйича $b = -0{,}5$ %, келтирилган хатолик (1.10) формула бўйича $j = 0.4$ %.

Хатолик қиймати ўлчаш асбоби аниқлигини, демак, ўлчаш натижасини ҳам характерлайди. Ўлчаш аниқ бўлиши учун хатоси кичик бўлган асбоблардан фойдаланиш лозим. Аммо хатосиз асбоблар тайёрлаш мумкин эмас. Хатоси кичик бўлган асбоблар билан ишлашда катта эҳтиёткорлик талаб этилади. Техник ўлчашлар учун белгиланган қийматдан ошмайдиган йўл қўйиладиган хатоси бор асбоблардан фойдаланилади.

Асбоб кўрсатишининг стандарт йўл қўядиган энг катта хатолиги **йўл қўйиладиган хатолик** дейилади. Хатолик миқдори ўлчашлар олиб борилаётган ташқи муҳитга (атроф муҳит температураси, атмосфера босими, тебраниш ва бошқаларга) боғлиқ бўлгани сабабли асосий ва қўшимча хатоликлар тушунчалари киритилади.

Ўлчаш асбоби учун техник шароитлар имкон берган, махсус яратилган нормал иш шароитида йўл қўйилган хато **асосий хатолик** дейилади. Атроф-муҳитинг нормал ҳолати деб 20°С температура ва 101325 Н/м² (*760 мм* сим. уст) атмосфера босими қабул қилинган. Ташқи шароит ўзгаришининг асбобларга бўлган таъсиридан келиб чиққан хато **қўшимча хатоликдир.** Ўлчов асбобларининг сифати уларнинг хатоликларидан ташқари асбоблар вариацияси, сезгирлиги ва сезгирлик чегараси билан характерланади.

Бир катталикни кўп марта такрорий ўлчашлар натижасида асбоб кўрсатишлари орасидаги энг катта фарқ **ўлчов асбобининг вариацияси** дейилади. Вариация ўлчанаётган катталикни маълум бир миқдоргача аста-секин ошириб ва камайтириб аниқланади. Вариация ўлчов асбобининг механизми, оралиқлари, гистерезиси ва бошқа қисмлардаги ишқаланиши сабабли келиб чиқади. Вариация (V) ўлчов асбоби шкаласи максимал қийматининг фоизи ҳисобида ифодаланиб, асосий йўл қўйиладиган хатолик қийматидан ошиб кетмаслиги лозим:

$$V = \frac{\Delta N}{N_{max} - N_{min}} \cdot 100\ \% \qquad (1.11)$$

бу ерда ΔN — асбоб кўрсатишидаги энг катта фарқ; N_{max} ва N_{min} — асбоб шкаласининг юқори ва қуйи қийматлари.

Асбоб кўрсатишининг аниқлигига унинг сезгирлиги ҳам катта таъсир қилади. Асбоб стрелкаси чизиқли ёки бурчак силжишининг у силжишни ҳосил қилган катталик ўзгаришига нисбати **асбобнинг сезгирлиги** дейилади:

$$S = \frac{\Delta n}{\Delta Q} \qquad (1.12)$$

бу ерда S — асбобнинг сезгирлиги; Δn — стрелка силжишининг ўзгариши; ΔQ — ўлчанаётган катталикнинг ўзгариши.

Сезгирлиги юқори бўлган асбоблар асосан аниқ ўлчашлар учун ишлатилади.

Ўлчанаётган катталик қийматининг асбоб кўрсатишига таъсир қила оладиган энг кичик ўзгариши **сезгирлик чегараси** дейилади.

Шкала ва стрелкага эга бўлган асбоблар учун асбобнинг сезгирлигига тескари бўлган катталик **шкала бўлинмаси қиймати** дейилади:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta n} \qquad (1.13)$$

бунда C — шкала бўлинмасининг қиймати.

Иккита ёнма-ён белги (штрих ёки нуқталар) орасидаги фарқ — **шкала бўлинмаси** дейилади. Шкала бўлинмасининг қиймати стрелкани бир бўлинмага силжитган катталик қийматининг ўзгаришини характерлайди.

Баъзан катталикнинг ҳақиқий қийматини топиш учун асбоб кўрсатишини тузатиш коэффициенти K га кўпайтирилади:

$$X_{\text{ҳ}} = k \cdot X_{\text{к}} \qquad (1.14)$$

Ўлчов асбоби кўрсатишининг кечикиши унинг инерциясини, яъни катталик ўзгарган вақтдан асбоб кўрсатишининг силжишигача ўтган вақтни характерлайди. Асбоб кўрсатишининг кечикиши қанча кам бўлса, асбобнинг сифати шунча юқори бўлади.

Ўлчаш воситаларининг умумлашган характеристикаси асосий ва қўшимча хатоликларнинг чегаравий қийматлари билан, шунингдек, ўлчаш воситалари аниқлигига таъсир этувчи бошқа параметрлар билан ифодаланадиган аниқлик синфидан иборат; параметрларнинг қиймати ўлчаш воситаларининг айрим турлари учун стандартларда белгиланган. Ўлчаш воситаларининг аниқлик синфи уларнинг аниқлик хоссаларини характерлайди, аммо улар шу воситалар ёрдамида олиб борилган ўлчашларнинг бевосита кўрсаткичи бўла олмайди. Чунки аниқлик ўлчаш усулларига ҳамда ўлчаш ўтказилаётган шароитга ҳам боғлиқ. Йўл қўйиладиган асосий хатоликлар чегаралари келтирилган (нисбий) хатоликлар кўринишида берилган ўлчаш асбоблари учун қуйидаги сонлар қаторидан олинган аниқлик синфи берилади:

(1, 1,5; 2,0; 2,5; 3; 4; 5; 6)·10^n, бунда $n = 1,0; -1; -2$ ва ҳоказо.

Ўлчаш асбобининг аниқлик синфи фоизларда ҳисобланган энг катта келтирилган хатоликка тенг:

$$A_{\text{A}} = j_{\max} = \frac{\Delta X_{\max}}{N} \cdot 100\ \% = \frac{\Delta X_{\max}}{N_{\max} - N_{\min}} \cdot 100\ \% \qquad (1.15)$$

Турли ўлчов асбоблари учун Давлат стандартида турли аниқлик синфлари қабул қилинган. Улар асбобнинг циферблатида кўрсатилган. Масалан, шкаласи 0—100°С дан иборат бўлган логометрни даражалаш натижасида абсолют хатоликнинг қуйидаги қийматлари олинган:

Шкаласи белгиси, °С . . . 0 20 40 60 80 100
Абсолют хатолик, Δx, °С . . . 0,4 1,6 1,0 0,4 0 — 0,6

Бунда логометрнинг келтирилган хатоси

$$j = \frac{\Delta X_{\max}}{N} \cdot 100\ \% = \frac{1,6}{100} \cdot 100\ \% = 1,6\ \%$$

Юқорида келтирилган маълумотларга кўра аниқлик синфини 2,0 га тенг деб оламиз (яхлитлаш катталаштириш томон олиб борилади).

Йўл қўйиладиган хатоликлари чегаралари фоизларда ифодаланадиган нисбий хатоликлардан иборат асбобларнинг аниқлик синфлари қавс ичида ёзилган сонлар билан белгиланади (масалан, 5%), бу сонлар йўл қўйиладиган асосий нисбий

хатоликлар қиймати билан устма-уст тушади. Масалан, 2,5 аниқлик синфидаги, шкаласи 0—100 мВ бўлган милливольтметр учун шкаланинг ихтиёрий белгисида асосий нисбий хатолик ±2,5% дан ошмайди, яъни шкаланинг ихтиёрий белгисида абсолют хатолик (мВ ларда)

$$\Delta X \leqslant \pm \frac{2{,}5}{100} \cdot X_к$$

бунда $X_к$ — асбобнинг кўрсатиши.

Йўл қўйиладиган хатоликлари шкала узунлиги билан аниқланадиган нормаловчи қийматларга боғлиқ фоизларда ифодаланадиган асбобларнинг аниқлик синфлари бурчакча билан ажратиб қўйилган сонлар билан белгиланади (масалан, 0,5; 1,5), бу сонлар йўл қўйиладиган асосий келтирилган хатоликлар қиймати билан устма-уст тушади.

Масалан, шкаласи 5—50 мВ ва аниқлик синфи 2,5 бўлган милливольтметр учун йўл қўйиладиган асосий мутлақ хатолик қуйидаги формула бўйича (мВларда) ҳисобланади:

$$X_к = \pm \frac{2{,}5 \cdot N_н}{100} = \pm \frac{2{,}5 \cdot 45}{100} = \pm 1{,}1$$

бунда

$N_н = N_{max} - N_{min}$; N_{max} ва N_{min} — асбоб шкаласининг охирги ва бошлангич қийматлари.

Ўлчаш учун асбоб танлашда унинг аниқлик синфи асосий чегаравий абсолют хатолик билан аниқланишини эътиборга олиш лозим, бу хатолик шкаланинг турли белгиларида нисбий хатоликнинг турли қийматларига мос келади.

Масалан, шкаласи 0...150 мВ ва аниқлик синфи 1,5 бўлган милливольтметр учун асосий чегаравий мутлақ хатолик 2,25 мВ га тенг бўлиб, шкаланинг 25 ва 100 мВ белгиларида нисбий хатолик тегишлича қуйидагига тенг бўлади (% ларда):

$$b_{25} = \frac{\Delta X}{X_к} \cdot 100 = \pm \frac{2{,}25}{25} \cdot 100 = \pm 9;$$

$$b_{100} = \pm \frac{2{,}25}{100} \cdot 100 = \pm 2{,}25$$

Нисбий хатоликни камайтириш мақсадида ўлчаш асбоби шкаласининг юқориги чегарасини шундай танлаш лозимки, ўлчанаётган катталикнинг кутиладиган қиймати (кўрсатиши) унинг охирги учинчи қисмида (ёки охирги ярмида) жойлашган бўлсин.

Ўлчаш воситаларининг хатоликлари статистик ва динамик хатоликларга бўлинади. **Статистик хатолик** ўзгармас катталикларни ўлчаш учун фойдаланиладиган ўлчаш воситаси хатолигидир. Агар ўлчанаётган катталик вақтнинг функцияси бўлса, воситаларнини **динамик хатолиги** деб аталадиган умумий хато-

ликнинг ташкил этувчиси ҳосил бўлади. Динамик режимда умумий хатолик статистик ва динамик хатоликлар йиғиндисига тенг.

Икки ёки ундан ортиқ ўлчов воситаларига эга бўлган ўлчаш комплектидан фойдаланганда комплектнинг мутлақ хатолиги

$$\Delta X_{ком} = \pm \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta X_2^2 + \ldots + \Delta X_n^2} \qquad (1.16)$$

ифода билан аниқланади, бунда ΔX_1, ΔX_2, . . . , ΔX_n — комплектнинг 1-, 2-, ... , n- ўлчов воситаси.

Комплектнинг нисбий ва келтирилган хатолиги шунга ўхшаш аниқланади:

$$b_{ком} = \pm \sqrt{b_1^2 + b_2^2 + \ldots + b_n^2}; \qquad (1.17)$$

$$j_{ком} = \pm \sqrt{j_1^2 + j_2^2 + \ldots + j_n^2} \qquad (1.18)$$

II боб. ТЕМПЕРАТУРАНИ ЎЛЧАШ

II.1-§. ТЕМПЕРАТУРА ВА УНИ ЎЛЧАШДАГИ АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Температура — технологик жараёнларнинг муҳим параметри бўлиб, амалда ҳам паст, ҳам юқори температуралар билан иш кўришга тўғри келади.

Жисмнинг температураси молекулаларнинг иссиқлик ҳаракатидан ҳосил бўладиган ички кинетик энергияси билан белгиланадиган қиздирилганлик даражаси орқали характерланади. Температурани ўлчаш амалда иккаласидан бирининг қиздирилиш даражаси маълум бўлган икки жисмнинг қиздирилишини таққослаш ёрдамидагина мумкин бўлади. Жисмларнинг қиздирилганлик даражасини таққослашда уларнинг температурага боғлиқ бўлган ва осонгина ўлчанадиган физик хоссаларидан бирортасини ўзгартиришдан фойдаланилади.

Молекулаларнинг ўртача кинетик энергияси ва идеал газ температураси орасидаги боғланиш қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$E = \frac{3}{2} K \cdot T \qquad (2.1)$$

бунда $K = 1{,}380 \cdot 10^{-23}$ $Ж \cdot К^{-1}$, — Больцман доимийси; T — жисм мутлақ температураси, $К$.

Агар жисмнинг температураси турлича бўлса, улар бир-бирига тегиб турганида энергияларнинг тенглашуви рўй беради: юқорироқ температурага ва, демак, молекулаларининг кўпроқ ўртача кинетик энергиясига эга бўлган жисм ўз иссиқлигини (энергиясини) камроқ температурага ва, демак, молекулаларининг камроқ ўртача кинетик энергиясига эга бўлган жисмга беради. Шундай қилиб, температура иссиқлик алмашиш, иссиқлик ўтказиш жараёнларининг ҳам сифат, ҳам миқдорий томон-

ларини характерлайдиган параметрдир. Аммо температурани бевосита ўлчаш мумкин эмас: уни жисмнинг температурага бир қийматли боғлиқ бўлган қандайдир бошқа физик параметрлари бўйичагина аниқлаш мумкин. Температурага боғлиқ параметрларга масалан, ҳажм, узунлик, электр қаршилик, термоэлектр юритувчи куч, нурланишнинг энергетик равшанлиги ва ҳоказолар киради.

Температура ўлчайдиган асбобни 1598 йилда Галилей биринчи бўлиб тавсия этган. Сўнгра М. В. Ломоносов, Фаренгейтлар термометр ишлаб чиқишган.

Ўлчанаётган температуранинг сон қийматини топиш учун температуралар шкаласини ўрнатиш, яъни саноқ бошини ва температура оралиғининг ўлчов бирлигини танлаш лозим.

Кимёвий тоза моддаларнинг осон тикланадиган (асосий репер ва таянч) қайнаш ва эриш нуқталари билан чегараланган температура оралигидаги қатор белгилар, температура шкаласини ҳосил қилади. Бу температураларга t' ва t'' қийматлар берилган. У ҳолда ўлчов бирлиги

$$1 \text{ градус} = \frac{t'' - t'}{n}, \qquad (2.2)$$

бу ерда t' ва t'' — осон тикланадиган ўзгармас температуралар: $n = t''$, t' таянч нуқталар орасидаги температура оралиғи бўлинадиган бутун сон.

Температура шкаласининг тенгламаси:

$$t = t' + \frac{v - v'}{v'' - v'} \cdot (t'' - t'), \qquad (2.3)$$

бу ерда t' ва t'' — модданинг таянч нуқталари (760 мм сим. уст. босимида ва оғирлик кучининг 980, 665 см/с² тезланишида музнинг эриш ва сувнинг қайнаш температуралари); v' ва $v'' - t'$, t'' температуралардаги модданинг (суюқликнинг) ҳажми; $v - t$ температурадаги модданинг (суюқликнинг) ҳажми.

Табиатда ҳажмий кенгайиши ва температураси чизиқли боғланган суюқликлар бўлмайди. Шунинг учун температураларнинг кўрсатиши термометрга солинадиган модданинг (симоб, спирт ва бошқалар) табиатига боғлиқ. Фан ва техниканинг ривожланиши билан термометрга солинадиган модданинг бирорта хусусияти билан боғланмаган ягона температура шкаласини яратиш зарурати пайдо бўлади. 1848 йилда инглиз физиги Кельвин термодинамиканинг иккинчи қонуни асосида янги температура шкаласини тузишни таклиф қилди. Термодинамик температуралар шкаласининг тенгламаси:

$$T = \frac{Q}{Q_{100} - Q_0} \cdot 100\ \% \qquad (2.4)$$

бу ерда Q_{100} ва Q_0 — сувнинг қайнаш ва музнинг эриш температураларига мос иссиқлик миқдорлари; $Q - T$ температурага мос иссиқлик миқдори.

Ўлчов ва вазнлар бўйича 1960 йил ўтказилган XI халқаро конференция қарорларида икки температура шкаласи: Кельвин

градуси (К) ўлчов бирлиги билан ўлчанадиган термодинамик шкала ва Цельсий градуси (°С) ўлчов бирлиги билан ўлчанадиган халқаро амалий шкалаларнинг қўлланиши кўзда тутилган. Кельвин термодинамик шкаласидаги пастки нуқта — мутлақ ноль нуқта (K) бўлиб, ягона экспериментал асосий нуқта эса сувнинг учлик нуқтасидир. Бу нуқтанинг сон қиймати 273,15 К. Сувнинг муз, суюқ, газ фазаларидаги мувозанат нуқтаси бўлган сувнинг учлик нуқтаси муз эриш нуқтасидан 0,01 K юқорироқ туради. Термодинамик температура T ҳарфи билан сон қийматлари эса K билан ифодаланади.

Амалий ўлчашларда ишлатиладиган халқаро амалий температура шкаласи термодинамик шкала кўринишида ишланган. Бу шкала кимёвий тоза моддаларнинг бир қадар осон тикланадиган ўзгармас қайнаш ва эриш нуқталари асосида тузилган. Уларнинг сонли қиймати газли термометрлар орқали аниқланган бўлиб, халқаро амалий температура шкаласи ўлчов ва вазнлар бўйича ўтказилган XI умумий конференцияда қабул қилинган.

Халқаро амалий шкала бўйича ўлчанадиган температура t ҳарфи билан, сонли қиймати эса °С белгиси билан ифодаланади. Мутлақ термодинамик шкала бўйича ифодаланган температура билан шу температуранинг халқаро шкала бўйича ифодаси орасидаги муносабат қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$T = t + 273{,}15, \qquad (2{,}5)$$

бу ерда T — абсолют термодинамик шкаладаги K температура; t — халқаро амалий шкаладаги °С температура.

Англия ва АҚШ да 1715 йилда таклиф қилинган Фаренгейт шкаласи ($°F$) қўлланади. Бу шкалада икки нуқта: музнинг эриш нуқтаси ($32°F$) ва сувнинг қайнаш ниқтаси ($212°F$) асос қилиб олинган. Халқаро амалий шкала, мутлақ термодинамик шкала ва Фаренгейт шкаласи бўйича ҳисобланган температура муносабати қуйидагича:

$$t\,°C = T\,°K - 273{,}15 = 0{,}556\,(n°F - 32), \qquad (2.6)$$

бу ерда n — Фаренгейт шкаласи бўйича градуслар сони.

Ҳозир 1968 йилда қабул қилинган ва 1971 йил 1 январдан мажбурий жорий этилган Халқаро амалий температура шкаласи (МПТШ-68) қўлланилади. МПТШ-68 температурани 13,81 дан 6300°К гача оралиқда ўлчашни таъминлайди.

Замонавий термометрия ўлчашнинг турли усул ва воситаларига эга. Ҳар бир усул ўзига хос бўлиб, универсаллик хусусиятига эга эмас. Берилган шароитда оптимал ўлчаш усули ўлчашга қўйилган аниқлик шарти ва ўлчашнинг давомлилиги шарти, температурани қайд қилиш ва автоматик бошқариш зарурати ёрдамида белгиланади.

Назорат қилинадиган муҳитлар ташқи шароитни ўзгартир-

ганда физик хоссаларининг турли агрессивлиги ва турғунлиги даражаси билан суюқ, сочилувчан, газсимон ёки қаттиқ бўлиши мумкин.

Температурани ўлчаш асбоби ишлаш принципига қараб қуйидаги гуруҳларга бўлинади:

1. Кенгайиш термометрлари. Бу термометрлар температура ўзгариши билан суюқлик ёки қаттиқ жисмлар ҳажмининг ёхуд чизиқли ўлчамларининг ўзгаришига асосланган.

2. Манометрик термометрлар. Бу асбоблар моддалар ҳажми ўзгармас бўлганда температура ўзгариши билан босимнинг ўзгаришига асосланган;

3. Температура таъсирида ўзгарган термоэлектр юритувчи кучнинг ўзгаришига асосланан термоэлектр термометрлар.

4. Ўтказгич ва ярим ўтказгичларнинг температураси ўзгариши сабабли электр қаршиликнинг ўзгаришига асосланган қаршилик термометрлари.

5. Нурланиш термометрлари. Улар орасида энг кўп тарқалганлари; а) оптик пирометрлар — иссиқ жисмнинг равшанлигини ўлчаш асбоби; б) рангли пирометрлар (спектрал нисбат пирометрлари), жисмнинг иссиқликдан нурланиш спектридаги энергиянинг тақсимланишини ўлчашга асосланган; в) радиацион пирометрлар — иссиқ жисм нурланишининг қувватини ўзгаришига асосланган.

Энг қулай, аниқ ва ишончли ўлчаш усуллари температуранинг бирламчи датчиклари сифатида қаршиликнинг термоўзгарткичи ва термоэлектр ўзгарткичлардан фойдаланадиган контактли усуллардан иборат.

2.1-жадвал. **Саноатда температурани ўлчаш воситаларидан фойдаланиш чегаралари**

Ўлчаш воситаси тури	Ўлчаш воситаларининг турли-туманлиги	Давомли фойдаланиш чегараси, °С	
1	2	3	4
Кенгайиш термометрлари	Суюқликка оид шиша термометрлар	— 200	750
	Дилатометрик, биметалли термометрлар	— 150	700
Манометрик термометрлар	Газли	— 150	1000
	Суюқликли	— 150	600
	Буғ — суюқликли (конденсацион)	— 50	300
Термоэлектрик термометрлар	Термоэлектрик термометрлар	— 200	2500
Қаршилик термометрлари	Металл (ўтказғичлик) қаршилик термометрлари	— 260	1100
	Ярим ўтказгичли қаршилик термометрлари	— 272	600
Пирометрлар	Квазимонохроматик пирометрлар	700	6000
	Спектрал нисбатли пирометрлар	300	2800
	Тўлиқ нурланиш пирометрлари	50	3500

2.1- жадвалда саноатда энг кўп тарқалган ўлчаш воситалари келтирилган ва серияли ўлчаш воситаларининг қўлланиш чегаралари кўрсатилган.

II.2-§. КЕНГАЙИШ ТЕРМОМЕТРЛАРИ

Суюқликли термометрлар —200°С дан +750°С гача оралиқдаги температурани ўлчаш учун ишлатилади. Шиша термометрларнинг ишлатилиш усули содда, аниқлиги етарли даражада юқори ва арзон бўлгани сабабли лаборатория ва саноатда кенг тарқалган. Суюқликли термометрларнинг ишлаш принципи термометр ичига солинган термометр суюқлигининг ҳажми температура кўтарилиши ёки пасайишида ўзгаришига асосланган. Шиша термометрларнинг суюқлиги сифатида симоб, толуол, этил спирт (этанол), керосин, петролей эфир, пентан ва бошқалар ишлатилади. Уларнинг қўлланиш чегаралари 2.2- жадвалда келтирилган.

Суюқликли термометрлар орасида энг кўп тарқалган симобли термометрлардир.

Симоб кенгайиш коэффициентининг кичиклиги термометрия нуқтаи назаридан унинг камчилиги ҳисобланади. Суюқликнинг иссиқликдан кенгайиши ҳажмий кенгайиш коэффициенти билан характерланади. Бу коэффициент қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\beta_{t_1,\ t_2} = \frac{v_{t_2} - v_{t_1}}{v_0 (t_2 - t_1)},\ 1/\text{град}, \qquad (2.7)$$

бу ерда v_{t_1} ва v_{t_2} —суюқликнинг t_1 ва t_2 температуралардаги ҳажми; v_0—шу суюқликнинг 0°С даги ҳажми

2.2- ж а д в а л. **Термометрларга солинадиган суюқлик**

Суюқлик	Қўлланиш чегаралари, °С да	
	пастки	юқори
Симоб	—35	750
Толуол	—90	200
Этил спирти (этанол)	—80	70
Керосин	—60	200
Петролей эфир	—120	25
Пентан	—200	20

β коэффициент қанча катта бўлса, ҳажмий кенгайиш температурасининг 1°С га ўзгаришига шунча кўпроқ мослашади. Термометрларда ҳажмий кенгайиш температура коэффициенти юқори бўлган суюқликлардан фойдаланиш мақсадга мувофиқ. Ўлчашнинг мақсади ва диапазонига қараб термометрлар кенгайиш коэффициенти кичик бўлган турли маркали шишалардан ишланади. Техникада қўлланадиган суюқликли шиша термометрлар қуйидаги хилларга бўлинади:

1. Кўрсатишларига тузатиш киритилмайдиган термометрлар

ғ миқёсида қўлланиладиган термометрлар): а) симобли
ометрлар (—35 дан +750°С гача); б) органик суюқликли
ометрлар (—200 дан+200°С гача).
. Кўрсатишларига тузатиш киритиладиган термометрлар:
ниқлик даражаси юқори симобли термометрлар (—35 дан
0°С гача); б) аниқ ўлчовларга мўлжалланган симобли тер-
етрлар (0 дан +500°С гача); в) органик суюқликли тер-
етрлар (—80 дан +100°С гача).
Конструкцияларининг хилма-хиллигига қарамай барча
қликли термометрлар икки асосий турнинг бирига: таёқча
лидаги ёки шкаласи ичига ўрнатилган термометрлар
га тегишли бўлади. Таёқча шаклидаги термометр қалин
рли, ташқи диаметри 6...8 мм гача қилиб тайёрланган
ллар найчадан иборат. Найчанинг пастки қисми суюқлик
ганадиган резервуар ҳосил қилади. Уларнинг шкаласи
осита капиллярнинг сиртида даражаланади.
Шкаласи ичига ўрнатилган термометрларда капилляр най-
ингичка деворли бўлиб, резервуари кенгайтирилган.
ла даражалари ясси шиша пластинкада жойлашган ва
ллар билан биргаликда резервуарга ёпишган шиша қобиқ
а олинган. Ҳозирги вақтда шкаласи ичига ўрнатилган ёки
акли (термометрнинг пастки қисми 90°, 120°, 135° ли бур-
ҳосил қилади) техник термометрлар тайёрланади. Юқори
жали термометрларда капиллярлардаги суюқлик устидаги
лиқ инерт газ билан тўлдирилади. Температуранинг маъ-
даражада сақланишини автоматик равишда таъминлаш ва
г маълум қийматини сигнализация қилиш учун контактли
ометрлар қўлланилади. Бундай термометрлар икки ёки
ин кўпроқ контактли бўлиб юқоридаги контакт ўрни ўзга-
ан бўлади. Температурани суюқликли шиша термометр
ин ўлчаш аниқлигидаги хатоликлар бир қатор фактор-
а боғлиқ: текширилмаган шкала бўлинмалари учун кири-
диган тузатиш қийматининг ноаниқлиги; ноль нуқтасининг
риши; термометрнинг ўлчанаётган муҳитга кириш чуқур-
нинг ҳар хиллиги; ташқи босимнинг ўзгариши; термометр
циясининг ва резервуар билан атроф-муҳит иссиқлигининг
озанати.
Хатоликларга сабаб бўладиган келтирилган омиллардан энг
ияглиси ноль нуқтасининг ўзгариши ҳамда термометрнинг
наётган муҳитга кириш чуқурлигининг ҳар хиллигидир.
Агар термометрни ишлатилиш шароитларига кўра ўлчана-
н муҳитга тўлиқ киритиб бўлмаса, унда унинг резервуари
уюқлик устуни турли температурада бўлади. Чиқиб турган
нга тузатма қуйидаги формула бўйича киритилади:

$$\Delta t = n \cdot \beta_{t_1,\, t_2}(t_2 - t_1), \qquad (2.8)$$

n — чиқиб турган устундаги даражалар (градуслар) сони; $\beta_{t_1,\, t_2}$ — шиша-суюқликнинг кенгайиш коэффициенти (симоб учун 0,00016, спирт учун

0,001), 1/°C; t_2 — термометр кўрсатаётган температура, °C; t_1 — резервуарлардан чиқиб турган устуннинг ўртача температураси.

Агар чиқиб турган устун температураси ўлчанаётгандан кам бўлса, унда Δt тузатма ишораси мусбат, ортиқ бўлса, манфий бўлади. Чиқиб турган устун ҳисобига пайдо бўладиган хатолик анча катта бўлиши мумкин ва шунинг учун уни эътиборга олмасликнинг иложи йўқ.

Вазифаси ва қўлланиш соҳасига кўра суюқликли термометрлар одатда лаборатория термометрлари, умумсаноат ва махсус вазифаларни бажарувчи техник термометрлар, қишлоқ хўжалик учун мўлжалланган термометрлар, метрологик, маиший термометрларга бўлинади.

Суюқликли шиша термометрларнинг камчилигига шкала бўйича ҳисоблаш ноқулайлиги, кўрсатишларни қайд қилиб, уларни масофага узатиб бўлмаслиги, иссиқлик инерциясининг катталиги (кўрсатишларнинг кечикиши) ва асбобларнинг механик нуқтаи назардан мустаҳкам эмаслиги киради.

Дилатометр ва биметалли термометрларнинг ишлаш принципи температура ўзгаришида қаттиқ жисм чизиқли ўлчамининг ўзгаришига асосланган. Температура ўзгаришига боғлиқ бўлган қаттиқ жисм чизиқли ўлчамининг ўзгариши формула орқали қуйидагича ифодаланади:

$$l_t = l_0(1 + \beta_r \cdot t) \qquad (2.9)$$

бу ерда l_t — t температурада қаттиқ жисмнинг узунлиги; l_0 — шу жисмнинг 0 °C даги узунлиги; β_r — ўртача чизиқли кенгайиш коэффициенти (0°C дан t °C гача бўлган температуралар оралиғида).

Дилатометрик термометр, одатда, иссиқликдан кенгайиш коэффициенти катта бўлган металл найча (актив элемент) ва иссиқликдан кенгайиш коэффициенти жуда кичик бўлган найча ичида жойлашган стержендан иборат.

Дилатометрик термометрларнинг актив элементи (найчаси) нинг асоси материаллари жез Л62 ($\beta_r^* = 18{,}3 \div 23{,}6 \cdot 10^{-6} \cdot °C^{-1}$) ёки никелланган пўлат ХН60В, 10Х17Н13М2Т ($\beta_r^T = 20 \cdot 10^{-6}\ C^{-1}$) бўлади. Пассив элемент сифатида, одатда, инвар қотишмаси ($B_r^n = 0{,}9 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$) қўлланади. Температура органда актив элемент (найча) стерженга нисбатан анча кўпроқ узаяди. Стерженнинг силжиши (чўзилиши) температуранинг ўзгаришига тўғри мутаносибликда бўлади ва найчанинг бошлангич узунлиги билан аниқланади.

Дилатометрик термометрлар суюқликлар температурасини ўлчашда ҳамда температурани маълум даражада автоматик равишда сақлаш учун ва сигнализацияда қўлланилади. Дилатометрик термометрлар 1,5 ва 2,5 аниқлик синфларида чиқарилади, уларнинг юқориги ўлчаш чегараси 500°C гача.

Афзалликлари: ишончли, оддий ва арзон.

Камчиликлари: асбоб ўлчамлари катта, темпера-

тура бир нуқтада эмас, балки ҳажмда ўлчанади, иссиқлик инерцияси катта.

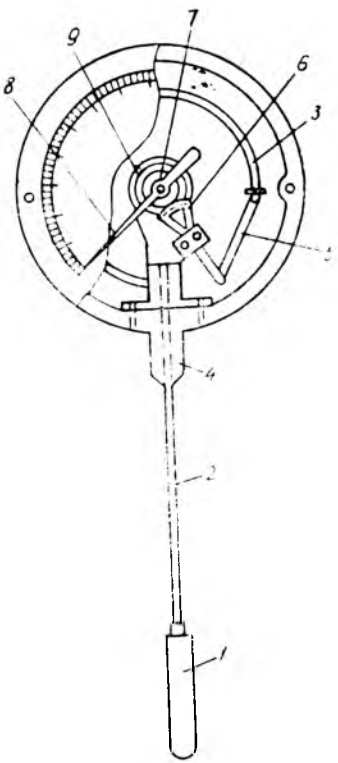
Биметалл термометрларнинг сезгир элементи кавшарланган иккита пластинкадан тайёрланган пружинадан иборат. Бу пластинкалар иссиқликдан кенгайиш температура коэффициенти турлича бўлган металлардан тайёрланади. Температура ўзгарганда пластинкалар узаяди. Пластинкалар бир-бирига нисбатан силжий олмаганлиги сабабли пружина иссиқликдан кенгайиш температура коэффициенти кам бўлган пластинка томонга оғади. Пластинкалар узайишининг температура коэффициенти фарқи қанча катта бўлса, пружинанинг температура ўзгаришидаги оғиши шунча кўп бўлади. Биметалл термометрлар билан температурани ўлчаш чегараси —150°С дан +700°С гача, хатоси 1...1,5%. Бу турдаги термометрлар температурани маълум даражада автоматик равишда ростлаш ва сигнализация учун қўлланилади.

II.3- §. МАНОМЕТРИК ТЕРМОМЕТРЛАР

Манометрик термометрлар техник асбоб бўлиб, термосистеманинг иш моддаси жиҳатидан газли, суюқли ва конденсацион (буғ-суюқликли) термометрларга бўлинади. Бу асбоблар суюқ ва газсимон муҳитларнинг —150 дан +1000°С гача бўлган температурасини ўлчаш учун қўлланилади.

Манометрик термометрлар кўрсатувчи ва ўзиёзар қилиб ишланади. Ўзиёзар термометрлар доиравий ёки лентасимон диаграмма қоғози билан таъминланади. Диаграмма қоғозини синхрон двигатель, баъзи турларида эса соат механизми силжитади.

Манометрик термометрлар кимё саноатида кенг қўлланилади, улар портлаш хавфи бор жойларда ишлатилиши мумкин. Бу ҳолда диаграмма қоғози соат механизми билан юритилади. Манометрик термометрларнинг схемаси 2.1-расмда кўрсатилган. Асбоб термобаллон *1*, капилляр найча *2* ва манометрик қисм *3—9* дан иборат. Манометрик пружина *3* нинг бир учи тутқич *4* га кавшарланган. У канал орқали пружинанинг ички бўшлиғини термобаллон билан



2. 1- расм. Манометрик термометр.

улайди. Пружинанинг иккинчи бўш учи герметикланган ва тортқич *5* ёрдамида сектор *6* билан боғланган. Бу сектор ўз навбатида трибка *7* билан тишли илашиш воситасида уланган. Трибка *7* нинг ўқига стрелка *8* ўрнатилгақ. Узатиш механизмдаги оралиқни тўлдириш учун спираль тола *9* ўрнатилган, унинг ички ўрамининг учи трибка ўқига уланган.

Асбоб системаси (термобаллон, капилляр ва манометрик пружина) иш моддаси, асосан, газ (газли термометрларда) ва суюқлик (суюқликли термометрларда) билан бошланғич босимда тўлдирилади. Термобаллон исиши билан иш моддасининг герметикланган термосистемадаги босими ошади, бунинг натижасида пружина ёйила бошлайди ва унинг бўш учи силжийди. Пружина бўш учининг силжиши узатиш механизми орқали (тортқич, сектор ва трибка) кўрсаткичнинг ҳолати бўйича ҳисобга олинади.. Термобаллон, одатда, зангламас пўлатдан ишланади, капилляр эса жездан ёки пўлатдан ишланиб, унинг ташқи диаметри 2,5 мм, ички диаметри эса 0,35 мм га тенг бўлади. Асбоб вазифасига кўра капилляр найчанинг узунлиги турлича (0,6 м дан 60 м гача) бўлади. Манометрик термометрларда бир чулғамли, кўп чулғамли (чулғамлар сони 6 дан 9 гача) ва спирални манометрик пружиналар ишлатилади.

Газли манометрик термометрларнинг ишлаш принципи герметик беркитилган термосистемадаги инерт газ босимининг температурага боғлиқлигига асосланган. Газли термометрлардаги бошлангич босим температурани ўлчаш чегараларига боғлиқ бўлиб, одатда 0,98...4,9 МН/м² (10...50 кгк/см²) ни ташкил қилади. Бу термометрлар — 150°С дан +1000°С гача температураларни ўлчаш имконини беради. Газли термометрларнинг иш моддаси сифатида азот ишлатилади.

Газли термометрларнинг иши идеал газ босими ва температураси орасида тўғри чизиқли муносабат ўрнатувчи Шарль қонунига асосланган:

$$P_t = P_0 [1 + \beta (t - t_0)], \qquad (2.10)$$

бунда P_0 ва P_t — газнинг 0 ва t температуралардаги босими; β — газ кенгайишининг термик коэффициенти; t_0 ва t — °С да берилган бошланғич ва охирги температуралар.

Термометр шкаласи текис, бу эса унинг афзаллиги ҳисобланади.

Температуралар фарқи туфайли босимнинг ўзгариши қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\Delta P = P_t - P_0 = P_0 \beta (t - t_0) \qquad (2.11)$$

Газ билан тўлдирилган термометр системасидаги бошланғич босим:

$$P_0 = \frac{\Delta P}{\beta (t - t_0)} . \qquad (2.12)$$

Термометр системасидаги бошланғич босим катта бўлгани учун атмосфера босимининг асбоб кўрсатишига бўлган таъсири жуда кам, шунинг учун уни амалда ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

Атроф муҳит температурасининг +20°С дан четга чиқиши ўлчашда хатолик пайдо бўлишига сабаб бўлади. Бу хатоликни қуйидаги формуладан ҳисоблаб чиқиш мумкин:

$$\Delta t_м = \frac{v_м}{v_б} (t_м - t_0) \qquad (2.13)$$

бунда $v_м$ — манометрик пружинанинг ҳажми; $v_б$ — термобаллоннинг ҳажми; $t_м$ — манометр атрофидаги °С да берилган температура; t_0 — асбоб даражаланган вақтдаги температура (20°С)

Капиллярнинг ҳажми исишидан келиб чиққан хатолик:

$$\Delta t_к = \frac{v_к}{v_б} (t_к - t_0) \qquad (2.14)$$

бунда $v_к$ — капиллярнинг ҳажми; $t_к$ — капиллярнинг атрофидаги °С да берилган температура.

Термобаллон ҳажми термометр ҳажмининг 90% ини ташкил этади. Термобаллон, капиллярлар ва пружиналарнинг нисбий ҳажмлари тўғри танланган тарзда капиллярлари 40 м узунликдаги термометрлар температурани компенсациясиз етарли даражада аниқ ўлчай олади. Капиллярлар жуда ҳам узун бўлса, термобаллоннинг керакли ҳажми ҳаддан ташқари катталашади, натижада асбобнинг иссиқлик инерцияси ошиб кетади.

Ҳамма ҳолларда, айниқса, ишлатиш вақтида манометрик пружина ва капиллярлар найчани атрофидаги қизиган буюмлар таъсиридан эҳтиёт қилиш зарур. Баъзан температура ўзгаришидан келиб чиқадиган хатоликни компенсация қилиш учун манометрик пружинанинг узатувчи механизми ичига ўрнатилган биметалл спираль кўринишидаги компенсацион қурилмадан фойдаланади. Биметалл спираль монометрик пружина температурасини ўлчашда асосий пружинага нисбатан тескари йўналишда ҳаракат қилади.

Атроф-муҳит ҳавоси температурасини ўлчаш капиллярда ва манометрик пружинада ни-моддасининг кенгайишга таъсир қилади. Бу ҳол термосистема босимини ва термометрининг кўрсатишини ҳам ўзгартиради. Бу таъсирни камайтириш учун пружина ва капиллярнинг ички ҳажмининг термобаллон ҳажмига нисбатини камайтиришга ҳаракат қилинади. Бунинг учун термобаллон узунлиги ёки унинг диаметри орттирилади. Газли манометрик термометр термобаллонининг узунлиги 500 мм дан ортмаслиги лозим, термобаллон диаметри ушбу: 5, 8, 10, 12, 16, 20, 25 ва 30 мм қатордан танланади. Капиллярнинг узунлиги 0,6 дан то 60 м гача бўлиши мумкин.

Махсус тайёрланган газли манометрик термометрлар 0°С дан паст температураларни ўлчаш учун ҳам қўлланилади.

Масалан, водород газли термометр —250°С гача, гелийлиси эса —267°С гача температураларда ишлатилиши мумкин.

Газли манометрик термометрларнинг ўзига хос камчиликларидан бири, уларнинг иссиқлик инерциясининг катталигидир. Бунинг сабаби термобаллон деворлари билан уни тўлдирган газ ўртасидаги иссиқлик алмашиш коэффициентининг кичиклиги ва газнинг иссиқлик ўтказиш қобилиятининг камлигидир.

Суюқликли манометрик термометрлар системаси бошланғич босим остида суюқлик билан тўлдирилади. Бунинг учун симоб, ксилол, пропил алкоголь, метаксилол ва ҳоказолар ишлатилади. Суюқликли термометрлар учун боғловчи капиллярлар узунлиги 0,6 м дан 10 метргача бўлади. Бу термометрлар —150°С дан 600°С гача бўлган температураларни ўлчашга имкон беради.

Термобаллон температураси t_0 дан t гача орттирилганда ундаги суюқлик кенгаяди, ортиқча ҳажм капиллярга ва монометрик пружинага сиқилади. Термобаллон ва капилляр қаттиқлиги монометрик пружинаникидан анчагина кўп, шунинг учун система ҳажмининг орттирилиши монометрик пружина ҳажмининг ўзгариши ҳисобидан бўлади. Монометрик пружинанинг деформацияланиши натижасида унинг эркин учи силжийди.

Суюқлик учун температура таъсирида ўзгарган босимни қуйидаги тенглама орқали топиш мумкин:

$$\Delta P = \frac{\beta}{\mu} \Delta t, \qquad (2.15)$$

бунда ΔP — берилган босимнинг ўзгариши, Н/м²; β — берилган суюқликнинг ҳажмий кенгайиш коэффициенти, $\frac{1}{\text{град}}$; Δt — температуранинг ўзгариши, °С; μ — берилган суюқлик ҳажмининг камайиш коэффициенти, м²/Н.

Термобаллондан сиқиб чиқариладиган ортиқча суюқлик ҳажми қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланиши мумкин:

$$\Delta V = V_0(\beta - 3\alpha)(t - t_0), \qquad (2.16)$$

бунда $V_0 - t_0$ температурада термобаллондаги суюқлик ҳажми; α — термобаллон материали чизиқли кенгайишининг температура коэффициенти; β — суюқлик ҳажмий кенгайишининг температура коэффициенти.

(2.16) тенгламадан кўринадики, қиздиришда суюқлик ҳажмининг ўзгариши температуранинг чизиқли функциясидан иборат экан. Шунинг учун суюқликли термометрларнинг шкаласи газли термометрники каби текис бўлади.

Термометрдаги суюқлик қайнаб кетмаслиги учун ундаги бошланғич босим 1,47...4,96 мН/м² (15...50 кг·/см²) га етказилади.

Таъкидлаб айтамизки атроф муҳит температурасининг ўзгаришидан келиб чиқадиган хатолик суюқликли термометрларда

газли термометрларга қараганда катта. Бу хатоликлар газли термометрлар учун ҳисобланадиган формулалар бўйича ҳисобланаверади. Капилляр температурасининг ўзгаришида айниқса катта хатоликлар юзага келади. Шунинг учун капиллярнинг узунлиги катта бўлганда компенсацион қурилмадан фойдаланиш зарур.

Суюқликли термометрларда термобаллоннинг манометрга нисбатан баландлиги бўйича турлича жойлашишидан келиб чиқадиган хатоликни ҳам эътиборга олиш лозим. Бу хатоликни, асбобни ўрнатгандан кейин, нолни тўғрилаш ҳисобига компенсация қилиш мумкин.

Манометрик конденсацион (буғ-суюқликли) термометрлар — 50 °С дан + 300°С гача температураларни ўлчайди. Конденсат сифатида фреон (CHF_2Cl — 25°С . . . + 80°С гача); пропилен (C_3H_6 — 50°С . . . + 60°С гача); метил хлорид (CH_3Cl, 0 . . . 125°С гача); ацетон (C_3H_6O 100°С . . . 200°С гача); этил бензол (C_8H_{10} — 160°С . . . 300°С гача) ва ҳоказолар ишлатилади.

Бу термометрларнинг термобаллонлари ҳажмининг 2/3 қисми паст температурада қайнайдиган суюқлик билан тўлдирилади. Термометрларнинг берк системасида доим буғланиш ва конденсацияланишнинг динамик мувозанати мавжуд. Температура кўтарилиши билан бирга буғланиш кучайиб, буғнинг эластиклиги ўсади, шунинг учун конденсацияланиш жараёни кучаяди. Бунинг натижасида тўйинган буғ маълум температурада мос муайян босимга эришади. Буғ босими температура ўзгариши билан ўзгариб, капиллярни тўлдирган муҳит орқали манометрик пружинага ўтади.

Тўйинган буғ босимининг ўзгариши температура ўзгаришига мутаносиб эмас, шунинг учун конденсацион термометрнинг шкаласи нотекис бўлади.

Капилляр ва монометрик пружина температурасининг ўзгариши конденсацион термометр системасида босим қийматига таъсир этмайди; бундай тур термометрларда капилляр узунлиги асосан капиллярдаги суюқлик ишқаланиши билан чегараланади. Конденсацион термометрлар бошқа турдаги термометрларга қараганда анча сезгирдир. Бу тўйинган газ босими температура кўтарилиши натижасида жуда тез ортиши билан тушунтирилади.

Конструкцияси бўйича конденсацион термометрлар юқорида келтирилганларга ўхшаш, аммо уларда термобаллон ўлчамлари кичик (диаметри 10...12 мм, узунлиги 80...125 мм).

Термометр системасидаги босим ўлчанаётган температуранинг юқориги чегарасида 3,5 МН/м² дан ошмайди, пастки чегарасида эса бир неча юз КН/м² ни ташкил этади. Шунинг учун уларнинг кўрсатишига, айниқса унча юқори бўлмаган температураларда, барометрик босимнинг ўзгариши таъсир этади.

Манометрик термометрлар барча турларнинг кўрсатишлари тўлдирувчининг физик ҳолатларига ва уларнинг иссиқлик-физик хоссаларига боғлиқ бўлиб, катта кечикишларга эга. Газли тер-

мометрлар энг кўп, буғ-суюқликли термометрлар эса энг кам кечикишга эга (газ билан тўлдирилганларига нисбатан 2,5 марта кам); суюқликли термометрлар ўрта ҳолатни эгаллайди.

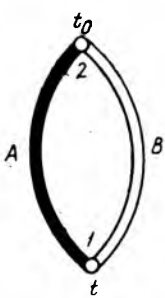
Иккиламчи асбоблар билан ишлаш учун кўрсатишни масофадан узатадиган электр ва пневматик манометрик термометрлар тайёрланади. Бу асбобларда температура унификацияланган электр ёки пневматик сигналга ўзгартирилади.

Манометрик термометрлар тузилиши соддалиги ва автоматик ёзиши билан ажралиб туради. Унинг яна бир афзалликларидан бири, ундан ёнғин ва портлаш хавфи бор бўлган муҳитда фойдаланиш мумкинлигидадир. Унинг камчиликларига системанинг герметиклиги бузилганда тузатиш қийинлиги ва кўп ҳолларда термобаллон ўлчамларининг катталиги киради.

Газли ва суюқликли манометрик термометрларнинг аниқлик синфи 1; 1,5 ва 2,5; конденсацион термометрларники 1,5; 2,5 ва 4.

II.4-§. ТЕРМОЭЛЕКТР ТЕРМОМЕТРЛАР НАЗАРИЙ АСОСЛАР ВА ТЕРМОЭЛЕКТР ЗАНЖИРЛАР

Температурани ўлчашнинг термоэлектр усули термоэлектр термометр (терможуфт) термо ЭЮК ининг унинг температурасига боғлиқлигига асосланган. Бу асбоб —200°С дан +2500°С гача бўлган температураларни ўлчашда техниканинг турли соҳалари ва илмий-текшириш ишларида кенг қўлланади. Термоэлектр термометрлар ёрдамида температурани ўлчаш 1821 йилда Зеебек кашф этган термоэлектр ҳодисасига асосланган. Бу ҳодисанинг температураларни ўлчашда қўлланиши икки хил металл симдан иборат занжирда уларнинг кавшарланган жойида температуралар фарқи ҳисобига ҳосил бўладиган ЭЮК эффектига асосланган. Ҳар хил *A* ва *B* ўтказгичлардан иборат занжирни кўриб чиқамиз (2.2-расм). Терможуфтнинг ўлчанаётган муҳитга тегиб турган жойи, кавшарланган учи *1* иссиқ уланма, ўзгармас t_0 температурали муҳитдаги жойи *2* эса (эркин учи) совуқ уланма дейилади. *A* ва *B* ўтказгичлар термоэлектродлар дейилади. Бундай кавшарланган ўтказгичлар эса терможуфт деб аталади, уларда ҳосил бўладиган электр юритувчи куч термоэлектр юритувчи куч (ТЭЮК) дейилади. ТЭЮК ҳосил бўлишининг сабаби эркин электронлар зичлиги кўпроқ металлнинг эркин электронлар зичлиги камроқ металлга диффузияси билан изоҳланади. Шу пайтда икки хил металлнинг бирикиш жойида пайдо бўладиган электр майдон диффузияга қаршилик кўрсатади. Электронларнинг диффузион ўтиш тезлиги электр майдон таъсирида уларнинг қайта ўтиш тезлигига тенг бўлганда ҳаракатли мувозанат ҳолати қарор топади. Бу



2.2-расм. Икки хил ўтказгичли термометрик занжир.

мунозанатда А ва В металлар орасида потенциаллар айирмаси пайдо бўлади. Электронлар диффузиясининг жадаллиги ўтказгичлар бириккан жойнинг температурасига ҳам боғлиқ бўлгани сабабли биринчи ва иккинчи уланмаларда ҳосил бўлган ЭЮК ҳам турлича бўлади.

Агар кавшарланган ўтказгичлар бир хил бўлса ва уларнинг икки учи турлича температурада қиздирилса, у ҳолда ўтказгичнинг иссиқроқ қисмидан совуқроқ қисмига бўш электронларнинг диффузияланиши тескари йўналишдаги диффузиясидан жадалроқ бўлади. Потенциаллар айирмаси электронларнинг иссиқлик диффузиясига тескар йўналишда таъсир қилади, бунинг натижасида мувозанат ҳолати қарор топгунча ўтказгичнинг иссиқроқ учи мусбат ишорада зарядланади. Бинобарин, ҳар хил *A* ва *B* ўтказгичлардан ташкил топган энг содда термоэлектр занжирда тўртта турлича ТЭЮК ҳосил бўлади. Яъни иккита ТЭЮК А ва В ўтказгичларнинг кавшарланган учида битта ТЭЮК А ўтказгичнинг учида; битта ТЭЮК В ўтказгичнинг учида. Шуни назарда тутиб, 2.2-расмда тасвирланган занжирдаги ТЭЮК катталигини аниқлаш мумкин. Занжирни соат стрелкаси ҳаракатига тескари йўналишда кузатсак, қуйидаги натижа чиқади:

$$E_{AB}(t,\ t_0) = e_{AB}(t) + e_{BA}(e_0), \tag{2.17}$$

бу ерда $E_{AB\,(t,t_0)}$ — иккала фактор таъсиридаги жамланган ТЭЮК; $B_{AB\,(t)}$ ва $B_{BA\,(t_0)}$ — *A* ва *B* ўтказгичлар учидаги потенциаллар ҳамда температуралар айирмаси натижасида ҳосил бўлган ТЭЮК.

Агар кавшарланган учларнинг температураси бир хил бўлса, ТЭЮК нолга тенг бўлади, чунки иккала кавшарда ҳам ҳосил бўлган ТЭЮК нинг қиймати бир-бирига тенг бўлиб, ўзаро қарама-қарши томонга йўналган бўлади. Демак, $t = t_0$ бўлса,

$$E_{BA\,(t_0)} = e_{AB}(e_0) + e_{BA\,(t_0)} = 0, \tag{2.18}$$

$$e_{AB\,(t_0)} = -\,e_{AB\,(t_0)} \tag{2.19}$$

(2.19) натижани (2.17) га қўйсак, қуйидагига эга бўламиз:

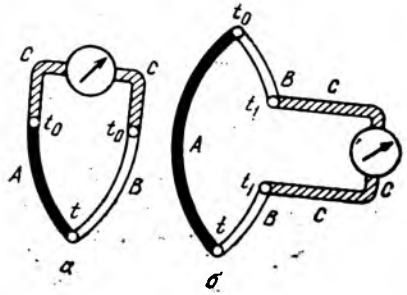
$$E_{AB\,(t.\,t)_0} = e_{AB\,(t)} - e_{AB\,(t_0)}\ . \tag{2.20}$$

(2.20) тенгламадан кўриниб турибдики, ТЭЮК иккита ўзгарувчан t ва t_0 температуранинг мураккаб функциясидан иборат экан.

Уланмалардан бирининг температураси ўзгармас, масалан, $t_0 = \text{const}$ бўлса, унда

$$E_{AB(t.\,t_0)} = f(t). \tag{2.21}$$

(2.21) ифода мазкур терможуфт учун даражалаш йўли билан ТЭЮК ва температура нисбатини топиш, температурани ўлчаш масаласини тескари ечиш кераклигини, яъни терможуфтнинг ТЭЮК ини ўлчаш билан температуранинг қийматини аниқлаш мумкинлигини билдиради.



2. 3- расм. Учинчи ўтказгич (ўлчаш асбоби) ни терможуфт занжирига улаш схемаси.

Ўлчаш асбобини улаш учун уланмалардан биридаги занжирни (2.3- расм.), *а*) ёки термоэлектродлардан бирини узиш (2.3- расм, *б*) керак.

Терможуфт занжирига учинчи С ўтказгични улаш вариантларидаги жамланган ТЭЮК ни кўриб чиқамиз. 2. 3 расм, *а* даги вариант учун:

$$E_{ABC\ (t,t_0,t_0)} = e_{AB\ (t)} + e_{BC\ (t_0)} + e_{CA\ (t)} \qquad (2.22)$$

$t = t_0$, яъни уланмаларининг температураси тенг бўлса,

$$E_{ABC(t_0)} = e_{AB\ (t_0)} + e_{BC\ (t_0)} + e_{CA\ (t_0)} = 0, \qquad (2.23)$$

бу тенгламадан маълумки,

$$e_{BC\ (t_0)} + e_{CA\ (t_0)} = -e_{AB\ (t_0)} \qquad (2.24)$$

(2.24) тенглама натижасини (2.21) га қўйиб чиқсак, (2.20) тенглама келиб чиқади.

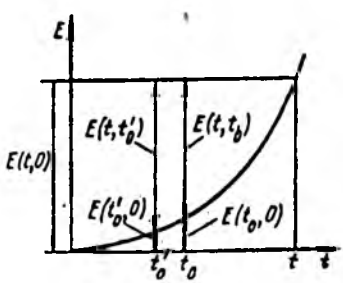
2.3- расм, б даги вариант учун:

$$E_{ABC\ (t,t_1,t_0)} = e_{AB\ (t)} + e_{BC\ (t_1)} + e_{CB\ (t_1)} + e_{BA\ (t_0)} \qquad (2.25)$$

Агар $e_{BC\ (t_1)} = -e_{CB\ (t_1)}$ ва $e_{BA\ (t_0)} = -e_{AB\ (t_0)}$ ҳисобга олинса, (2.25) тенглама (2.20) тенгламага айланади.

Бундан қуйидаги муҳим хулосани чиқариш мумкин: Терможуфтнинг занжирига учларидаги температураси бир хил бўлган учинчи ўтказгич уланганда ҳам ТЭЮК ўзгармайди. Демак, терможуфт занжирига улаш симлари, ўлчов асбоблари ва қаршиликларни улаш мумкин экан.

Температурани термоэлектр термометр ёрдамида ўлчаш учун термометр ҳосил қиладиган термо ЭЮК ни ва эркин учларнинг температурасини ўлчаш керак. Агар температурани ўлчашда термометр учларининг температураси 0°С га тенг бўлса, унда ўлчанаётган температура даражалаш характеристикасидан (жадваллар, графиклардан) (2.4-расм) дарҳол топилади. Бу даражалаш характеристикаси, термо ЭЮК билан иш уланмаси температураси орасида муносабат ўрнатади. Термоэлектр термометрларнинг даражалаш характеристикаси, одатда, эркин



2. 4- расм. Термоэлектр термометрнинг эркин учлари температурасига тузатма киритиш.

учларининг температураси 0°С га тенг бўлганда аниқланади. Агар эркин учларининг температураси амалда 0°С дан фарқ қилса-ю, аммо ўзгармас бўлса, унда иш уланмаси температурасини даражалаш характеристикасидан топиш учун терможуфтлар ҳосил қиладиган термо ЭЮК нигина эмас, балки эркин учлари температураси t_0 ни ҳам билиш зарур. Эркин учлари температураси t_0 га $t_0 \neq 0$ бўлганда тузатиш киритиш учун термоэлектр термометр ҳосил қиладиган термо ЭЮК $E_{(t, t_0)}$ га $E_{(t_0, 0)}$ ни қўшиш лозим: термо ЭЮК $E_{(t_0, 0)}$ қиймати топилади:

$$E_{(t, t_0)} + E_{(t_0, 0)} = E_{(t, 0)} \qquad (2.26)$$

Термоэлектр термометр иш уланмаси температураси t ва эркин учлари температураси 0°С бўлганда, яъни даражалаш шарти бажарилганда шундай $E_{(t_0, 0)}$ ЭЮК ни ҳосил қилади.

Агар ўлчаш жараёнида эркин учлар температураси бирор янги t_0' қиймат қабул қилса, унда термометр ҳосил қиладиган термо-ЭЮК $E(t, t_0')$ га (2.4-расм) ва эркин учлар температурасига киритиладиган тузатиш $E(t_0', 0)$ га, даражалаш шартига мос термо ЭЮК эса

$$E_{(t_0, t_0')} + E_{(t_0', 0)} = E_{(t, 0)}$$

га тенг бўлади.

Термоэлектр термометрнинг эркин учлари температурасига киритиладиган тузатма қиймати термометрнинг даражалаш характеристикасига боғлиқ бўлади, у эса термоэлектр термометр тайёрланадиган ўтказгич материаллар билан белгиланади.

Тузатмани киритиш усулидан қатъий назар (ҳисобий ёки автоматик) тузатма киритиш услуби ўзгармай қолади: қайси усул билан тузатма (ҳисобий ёки автоматик) киритилганидан қатъи назар, схемада $E_{(t, 0)}$ қиймат олинади, бу қиймат кейин терможуфт термо ЭЮК ига қўшилади. Йиғинди термо ЭЮК$_{(t, 0)}$ даражалаш қийматига мос келади.

Температурани ўлчашга оид алоҳида масалаларни ечиш учун термоэлектр термометрларни ўлчаш асбоби билан ўлчашнинг турли усуллари қўлланилади.

Термоэлектр термометри ўзгартиш коэффициентини орттириш учун бир неча терможуфтларни (термобатареяларни) кетма-кет улашдан фойдаланилади. Бунда терможуфтлар ҳосил қиладиган термо ЭЮК қўшилади, яъни n та терможуфтдан тузилган термобатареялар термо ЭЮК алоҳида олинган терможуфт термо ЭЮК идан катта.

Икки нуқта орасидаги температура фарқини ўлчаш учун дифференциал термоэлектр термометр қўлланилади. У иккита қарама-қарши уланган бир хил термометрдан тузилган. Агар температуралар фарқи ўлчанаётган нуқталарнинг температураси билан ўзаро тенг бўлса, унда ўша нуқталарда термометр

ҳосил қиладиган ТЭЮК лар ҳам тенг бўлади. Бундай ҳолда термометрлардаги занжир токи нолга тенг бўлади, чунки қарама-қарши уланганда бир терможуфтнинг ТЭЮКи бошқа терможуфтнинг ТЭЮК и билан компенсация қилинади ва ўлчов асбоби нолни кўрсатади. Агар t_1 ва t_2 температуралар турлича бўлса, у ҳолда қайси температура юқори бўлишига қараб, температуралар фарқига пропорционал бўлган занжир токи бирор йўналишда оқади, буни ўлчов асбоби кўрсатади.

Термоэлектр материаллар ва термоэлектр ўзгарткичлар

Турли ўтказгичларнинг ихтиёрий жуфти термоэлектр ўзгарткични ташкил этиши мумкин, аммо ҳар бир жуфтлик ҳам амалда қўлланишга ярайвермайди. Замонавий ўлчаш техникаси термоэлектр ўтказгичлар тайёрланадиган материалларга кўпдан-кўп талаблар қўяди, аммо бу талабларни жуда кам сонли материалларгина қондиради. Асосий талаблар қуйидагилардан иборат: юқори температуралар таъсирига чидамлилик, ТЭЮК нинг вақт бўйича ўзгармаслиги, унинг иложи борича катта қийматга эга бўлиши ва температурага бир қийматли боғлиқлиги, қаршилик температура коэффициентининг катта бўлмаслиги ва катта электр ўтказувчанлик.

Барча материаллар ва қотишмалар учун ТЭЮК нинг температурага функционал боғлиқлиги мураккаб бўлиб, уни аналитик ифодалаш анча қийин. Платинородия— платина жуфти бундан истиснодир. Бу жуфтлик учун ТЭЮК билан температура орасидаги боғланиш 300 дан 1300°С гача бўлган оралиқда, совуқ уланма температураси 0°С бўлганда етарлича аниқликда параболага мос келади:

$$E_{(t,\,t_0)} = a + bt + ct^2 \qquad (2.28)$$

бунда a, b ва c — сурьма (630,5°С), кумуш (950,8°С) ва олтин (1063°С) ларнинг қотиш температураси бўйича аниқланадиган доимийлар.

Ҳозирги вақтда қуйидаги металл термоэлектродли термоэлектр термометрлар қўлланади. Уларнинг характеристикалари 2.3-жадвалда келтирилган.

Хромель — копелли (56% Си —44% Ni) термоэлектр термометрлар стандарт термометрлар орасида энг катта ўзгартиш коэффициентига эга (70...90 мк В/°С). Термоэлектрод диаметри 1 мм дан кам бўлган термометрлар учун чегаравий қўлланиши 600°С дан кам ва, масалан, диаметри 0,2...0,3 мм бўлган термоэлектродлар учун фақат 400°С ни ташкил этади. Юқориги ўлчаш чегараси копелли электродлар характеристикасининг барқарорлигига боғлиқ.

Никель-хром — никель-алюминийли (94% Ni+2% Al+2,5% Mn+1% Si+0,5% қўшилма) термометрлар турли муҳит температураларини кенг чегараларда ўлчаш учун қўлланилади. Улар аввал хромель-алюмелли термометрлар деб юритилар эди.

Никель-алюминий симдан тайёрланган термоэлектрод оксидла нишга никель-хромга нисбатан камроқ чидамли. Қўлланиш нинг юқориги чегараси термоэлектрод диаметрига боғлиқ Диаметри 3...5 мм бўлган термоэлектродлар учун қўлланиш нинг юқори чегараси никель-хром-никель-алюминийли термо метрларда 1000°С ни ташкил этади. 0,2...0,3 мм диаметр учун 600°С дан ортиқ эмас.

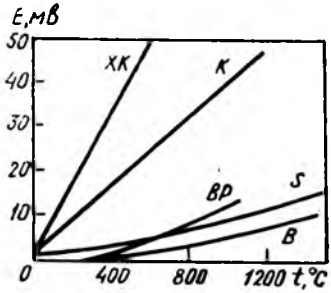
Платина-родий (90% платина —10% родий)-платинали термометрлар узоқ вақт давомида 0 дан 1300°С температура оралиғида, қисқа вақт давомида 1600°С гача бўлган оралиқда ишлаши мумкин. Мазкур термометрлар оксидланадиган ва нейтрал муҳитларда даражалаш характеристикасининг барқарорлигини сақлайди. Улардан фойдаланиш мақсадига қараб эталон, намунали ва иш термометрларига бўлинади. Тўғри ишлатилганда даражалаш узоқ вақт давомида ўзгармайди. Камчиликларига термоэлектр термометрларнинг бошқа турларинникига нисбатан ТЭЮК камлигини киритса бўлади. Термоэлектрод сими диаметри 0,3 ёки 0,5 мм бўлади.

2.3- жадвал. **Стандарт термоэлектр термометрлар**

Термоэлектр термометрлар тури	Даражалаш белгиси, янгиси (эскиси)	Пастки ўлчаш чегараси, С	Юқориги ўлчаш чегараси, С	
			узоқ вақт қўлланишда	Қисқа вақт қўлланишда
Мис—копелли	—	—200	100	600
Мис—мис-никелли	Т	—200	400	600
Темир—мис-никелли	J	—200	700	900
Хромель—копелли	(ХК)	—50	600	800
Никель-хром—мис-никелли	Е	—100	700	900
Никель-хром—никель Алюминийли (хромель алюмелли)	К (ХА)	—200	1000	1300
Платинородий (10%)—платинали	S (ПП)	0	1300	1500
Платинородий (30%)—платинородийли (6%)	В (ПР)	300	1600	1800
Вольфрамрений (5%)—вольфрамренийли (20%)	(ВР)	0	2200	2500

Платинородий (30% родийли)— платинородийли (6% родийли) термоэлектр термометрлар узоқ вақт давомида температураларнинг +300 дан то 1600°С гача оралиғида, қисқа вақт давомида 1800°С гача қўлланади. Мусбат электрод —30% родий ва 70% платина қотишмасидан, манфий электрод 6% родий ва 94% платина қотишмасидан ташкил топган. Мазкур термометрлар платинародий-платинали термометрларга қараганда даражалаш характеристикаларининг барқарорлиги юқорилиги билан ажралиб туради.

Вольфрамрений — вольфрамренийли (ТВР—5/20 ва ТВР—



2.5- расм. Стандарт термоэлектр термометрларнинг характеристикалари.

10/20) термоэлектр термометрлар узоқ вақт давомида 0 дан 2200°С гача температураларни ва қисқа вақт давомида 2500°С гача, шунингдек, вакуумда, нейтрал ва тикланадиган муҳитларда температураларни ўлчашга мўлжалланган. Мусбат термоэлектрод 95% вольфрамдан ва 5% ренийдан ёки 90% вольфрамдан ва 10% ренийдан ташкил топган қотишма, манфий электрод 80% вольфрамдан ва 20% рейнидан ташкил топган қотишма.

Саноатда термоэлектр ўзгарткичларнинг 9 туридан фойдаланилади. 2.5- расмда баъзи стандартлаштирилган термоэлектр термометрларининг ЭЮКи билан температура орасидаги боғланиш кўрсатилган. ТХК туридаги терможуфт бошқа стандарт терможуфтларга қараганда анча катта ТЭЮК ҳосил қила олади.

Термоэлектр генератор, термоэлектр совитгич ва турли ўлчов асбобларида ярим ўтказгичли терможуфтлар ишлатилади. Уларнинг ТЭЮК металл ва металл қотишмаларидан ишланган оддий терможуфтлар ТЭЮКидан 5...10 марта катта. Бу терможуфтларда термоэлектрод материаллар сифатида ZnSb ва CdSb қотишмалари ишлатилади.

Турли муҳитлар температурасини ўлчайдиган терможуфтнинг схемаси 2.6- расмда кўрсатилган. У ғилоф *1*, қўзғалмас ёки қўзғалувчи штуцер *2*, қўзғалмас штуцер билан найча *6* орқали, штуцер ҳаракатда бўлганда эса ғилоф билан бевосита уланган каллак *3* дан иборат. Қопқоқда изоляцион материалдан ишланган улагич *4* жойлашган. Бунда терможуфтни ўлчов асбоби билан улайдиган термоэлектрод *5* ва симлар учун қисқичлари бор.

Ҳимоя ғилофлари кўпинча +1000°С гача температуралар учун пўлатнинг турли маркаларидан тайёрланади. Бундан ҳам юқорироқ температураларда қийин эрийдиган бирикмалардан тайёрланган махсус ғилофлар ишлатилади.

Охирги вақтда кабелли турдаги термоэлектр термометрлар кенг тарқалмоқда. Улар босим 40 МПа бўлганда—50 дан +1100°С гача бўлган температуралар оралиғида қўлланади. Кабелли турдаги термометрларнинг муҳим афзаллиги уларнинг АЭСларнинг энергетик реакторларида ишлашга имкон туғдирадиган радиацион чидамлилиги, шунингдек, иссиқлик зарбларига, тебранишга ва механик кучларга нисбатан чидамлилигининг юқорилиги киради.

Сирт температураларини ўлчашга мўлжалланган термоэлектр термометрлар махсус конструкцияга эга. Бундай терможуфтлардан кимё саноатида кенг фойдаланилади, улар турли уску-

на, қувур, машиналарнинг айланувчи қисми ва ҳоказоларнинг сирт температурасини ўлчашга хизмат қилади.

Махсус термоэлектр термометрлардан вертикал ускуналарда (аммиак синтези колонналарида, метанол ва ҳ.) температурани ўлчаш учун ишлатиладиган кўп зонали термометрларни қўрсатиш мумкин.

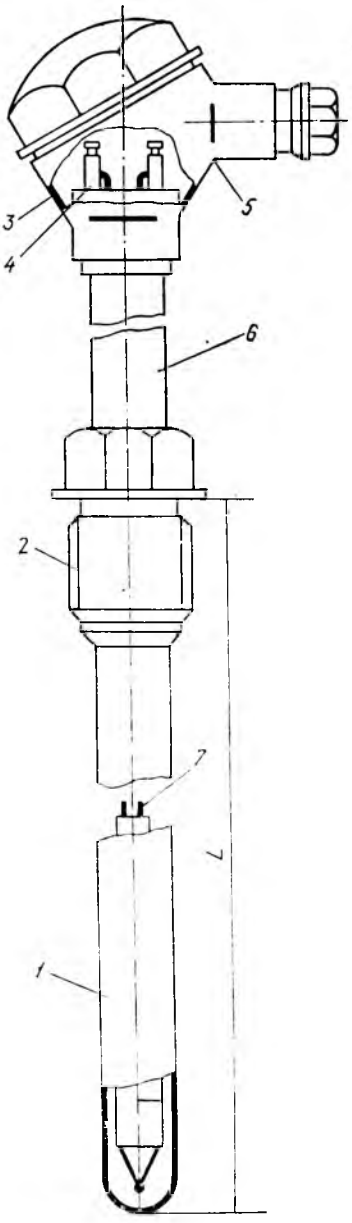
Терможуфтларнинг асосий камчилиги сифатида уларнинг инерционлигининг катталигини кўрсатиш мумкин (5 минутдан ҳам ошади).

Термоэлектр термометр эркин учлари температурасининг ўзгаришини компенсациялаш усуллари

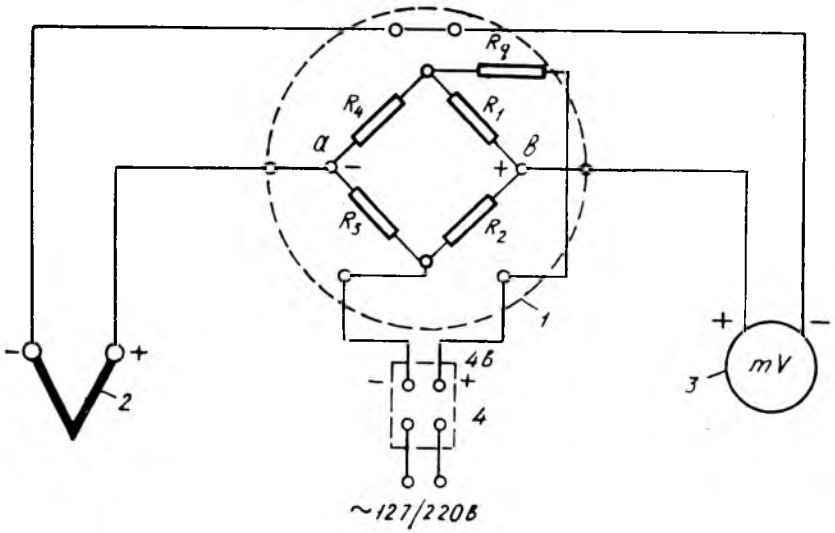
Терможуфт совуқ уланмалари температураси ўзгармас бўлгандагина тўғри ўлчаш мумкин. Аммо бу температуралар ўзгармас бўлиб қола олмайди. Шунинг учун термометрнинг совуқ уланмасини ўлчаш объектидан нарироққа — температуранинг ўзгармас зонасига олиш лозим. Шу мақсадда махсус компенсацион (узайтирувчи) симлардан фойдаланилади.

Юқорида айтилганидек, терможуфт билан температурани ўлчашда терможуфтнинг эркин учларидаги температуранинг ўзгаришига қараб тузатиш киритилади. Саноатда автоматик равишда тузатиш киритиш учун кўприк схемалар қўлланилади (2.7-расм).

Кўприк терможуфтга кетмакет уланади. Унинг R_1, R_2, R_3 қаршиликлари манганиндан, R_4 эса мисдан ишланади. Rg қўшимча қаршилик кўприкка берилган кучланишни етарли даражада таъминлаб бериш учун хизмат қилади. Энергия ўзгармас ток манбаидан олинганда Rg нинг ўзгаришига қараб, кўприкни турлича даражаланган



2. 6- расм. Терможуфтнинг тузилиши.



2. 7- расм. Терможуфт эркин учларининг температурасини автоматик компенсациялаш схемаси.

терможуфтлар билан ишлашга ростлаш мумкин. Терможуфт компенсацион кўприккача термоэлектрод симлар билан уланади, кўприкдан ўлчаш асбобигача эса мис симлар уланади.

Терможуфт *2* эркин учларининг даражаланиш температурасида кўприк *1* мувозанат ҳолатда бўлиб, кўприкнинг *ab* учларидаги потенциаллар айирмаси нолга тенг бўлади. Эркин учларининг температураси ўзгариши билан бирга R_4 қаршиликнинг қиймати ҳам ўзгаради, натижада кўприк мувозанати бузилади ва унинг *ab* учларидаги потенциаллар айирмаси ўзгаради. Бу айирманинг қиймати эркин учларидаги температуранинг ўзгариши сабабли пайдо бўлган ТЭЮК нинг тескари ишорали қийматига тенг бўлади.

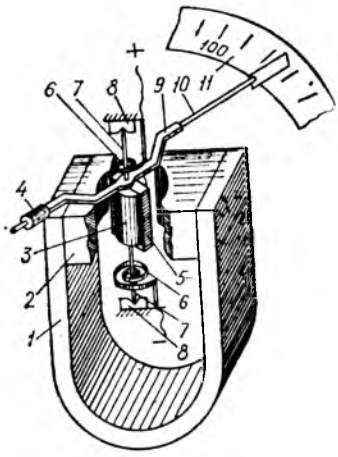
Милливольтметрлар

Ҳозир термоэлектр термометрлар (терможуфтларни) даги ТЭЮКни ўлчаш учун магнитоэлектр милливольтметрлар, потенциометрлар ва меъёрловчи ўзгарткичлар кенг қўлланилмоқда.

Милливольтметр — магнитоэлектр ўлчаш асбоби бўлиб, уларнинг ишлаш принципи унинг қўзғалувчан рамкасидан ўтаётган токнинг ўзгармас магнит майдони билан ўзаро таъсирига асосланган.

Милливольтметрнинг тузилиши 2.8- расмда кўрсатилган. Доимий магнит *1* нинг қутб учлари *2* ва таянч товоностлари

8 да айланадиган ўқларда жойлашган ўзак *3* орасидаги ҳаво оралиғида рамка *5* бор. Рамканинг учлари ўқлар *7* га уланган. Рамкага кронштейн *9*, стрелка *10* уланган. Стрелканинг учи шкала *11* бўйлаб силжийди. Рамка терможуфт зажирига уланганда спираль-пружина *6* дан келадиган ток рамкадан ўтади. Рамканинг чулғами орқали ток ўтганда ҳосил бўлган магнит майдони билан доимий майдон ўртасидаги ўзаро таъсир натижасида айлантирувчи момент ҳосил бўлади, шу сабабли рамка стрелка *10* билан бирга айланади. Спираль *6* бу айланишга тескари таъсир қилади. Рамкада қарор топган ҳар бир токнинг қийматига, яъни терможуфт ТЭЮК ига стрелканинг муайян бир вазияти тўғри келади. Ток ўтмаган пайтда эластик пружиналар *6* рамкани бошланғич вазиятга қайтаради, стрелканинг шкала *11* бўйича кўрсатиши эса нолга тенг бўлади. Кронштейн *9* стрелкани мувозанат ҳолатида сақлаши учун посанги *4* билан таъминланган. Асбоб шкаласи °С да даражаланган. Рамкадан ўтаётган ток билан доимий магнит майдон орасидаги ўзаро таъсир туфайли пайдо бўлган айлантирувчи момент қуйидаги ифода орқали аниқланади.



2. 8- расм. Милливольтметрнинг тузилиши.

$$M_{айл} = C_1 B\ I, \tag{2.29}$$

бу ерда $M_{айл}$ — айлантирувчи момент; C_1 — рамканинг геометрик ҳажми ва чулғамлари сони билан аниқланадиган доимий коэффициент; B — оралиқдаги магнит индукцияси; I — рамкадаги ток.

Айланишга тескари таъсир этувчи момент:

$$M_{тес} = C_2 E\varphi, \tag{2.30}$$

бу ерда C_2 — эластик элемент (спираль — пружина ёки чўзилган толалар) ўлчамидан аниқланадиган доимий коэффициент; E — спираль пружиналарининг эластик модули ёки чўзилган толаларнинг силжиш модули; φ — эластик элементнинг бурилиш бурчаги.

Агар $M_{айл} = M_{тес}$, яъни мувозанат ҳолати бўлса,

$$C_2 E\varphi = C_1 BI, \tag{2.31}$$

у ҳолда

$$\varphi = \frac{C_1}{C_2} \cdot \frac{B}{E} \cdot I = C \cdot \frac{B}{E} \cdot I \tag{2.32}$$

Асбоб конструкциялари параметрларига боғлиқ бўлган С, В, Е катталиклар ўлчаш жараёнида ўзгармайди, шунинг учун

$$\varphi = K \cdot I, \tag{2.33}$$

бу ерда $K = C\dfrac{B}{E}$

(2.33) ифодадан пирометрик милливольтметр шкаласи чизиқли эканлигини кўриш мумкин.

Асбоб қўзғалувчан системасининг бурилиш бурчаги рамкадан ўтаётган ток кучидан ташқари яна терможуфт, улайдиган симлар ва милливольтметрларнинг ички қаршилигига ҳам боғлиқ:

$$\varphi = K \cdot I = K \frac{E_т}{R_т + R_с + R_м} \qquad (2.34)$$

бу ерда $E_т$ — ТЭЮК; $R_т$ — терможуфт қаршилиги; $R_с$ — улайдиган симлар қаршилиги; $R_м$ — милливольтметрнинг ички қаршилиги.

(2.34) ифодадан асбоб стрелкасининг четга чиқиши ТЭЮК нинг ўзгармас қийматида занжирнинг турли қаршиликларига боғлиқ эканлиги кўриниб турибди. Шунинг учун асбобнинг даражаланиши занжир ташқи қисмининг муайян қаршилигида ($R_{таш} = R_т + R_с$) бажарилади ва қўшимча хатоликларга йўл қўймаслик учун пирометрик милливольтметрни ўрнатиш жараёнида шу қаршилик аниқ сақланиши шарт. Одатда, ташқи қаршиликнинг даражали миқдори 0,6; 1,6; 5; 15; 25 Омга тенг бўлиб, асбобнинг шкаласи ва паспортида кўрсатилади. Ташқи қаршиликни милливольтметр шкаласида кўрсатилган қаршиликка тенглаштириш учун ўзгарувчи қаршиликдан фойдаланилади.

Ўлчаш асбоби сифатида ишлатиладиган милливольтметрли термоэлектрлар комплектининг камчилиги ўлчаш асбобида ток мавжудлигидир. Ток миқдорига, яъни милливольтметрнинг кўрсатишига ТЭЮК дан ташқари занжирнинг қаршилиги ҳам таъсир қилади:

$$\sum R = R_т + R_с + R_м$$

Ҳар бир қаршиликнинг ўзгариши ўлчашда содир бўладиган хатоликка олиб келади. Ноқулай шароитда бу хатолик асосий хатолик миқдоридан (аниқлик синфидан) ошиб кетиши мумкин.

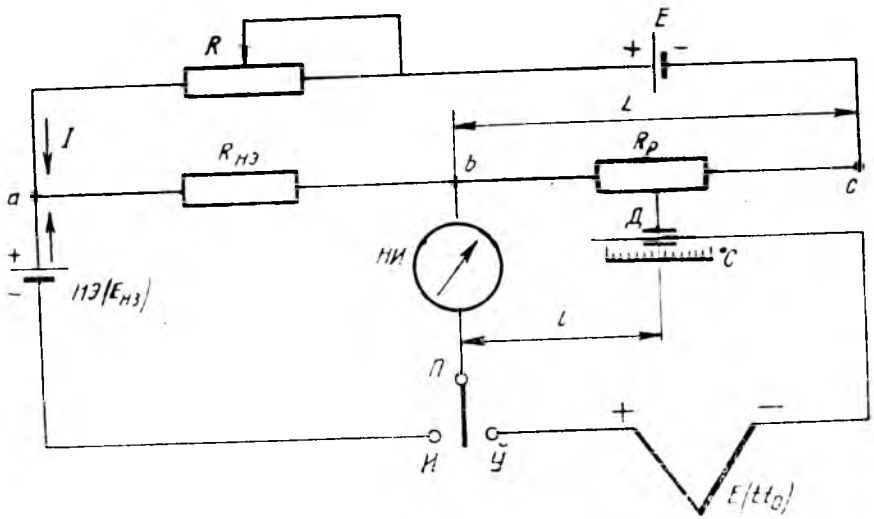
Техник милливольтметрда рамка қаршилигининг милливольтметр умумий қаршилигига нисбати 1:3 дан ортиқ эмас. Милливольтметрнинг умумий қаршилигини орттириб борилса, унинг температура коэффициенти камайиб боради. Шу билан атроф-муҳит температураси тебранишидан келиб чиқадиган хатолик ҳам камаяди. Агар терможуфт эркин учларининг температураси ўлчаш жараёнида кенг чегараларда ўзгарса, унда кўприк схемасидан фойдаланган ҳолда совуқ уланмалар температурасини комценсация қилиш усули қўлланилади.

Саноатда ва лабораторияларда қўлланиладиган милливольтметрлар кўрсатувчи, ўзи ёзувчи ва ростловчи бўлиши мумкин. Конструкциясининг бажарилиши нуқтаи назаридан асбоблар шчитда ўрнатиладиган ва кўчма бўлади. Кўчма асбоблар учун 0,2; 0,5 ва 1,0, шчитда ўрнатиладиганлари учун 0,5; 1,0 ва 1,5 аниқлик синфлари белгиланган.

Потенциометрлар

Асбобларга ўлчаш аниқлиги нуқтаи назаридан қўйиладиган талаблар ошганлиги сабабли ҳозир температурани терможуфт билан ўлчашда милливольтметрлардан фойдаланишдаги камчиликлардан ҳоли бўлган компенсацион ёки потенциометрик усул тобора кенг қўлланилмоқда.

Потенциометрик ўлчаш усули милливольтметр ёрдамида олиб бориладиган ўлчашдан анча афзалдир: потенциометрнинг кўрсатиши ташқи занжир қаршиликларининг ўзгаришига, асбоб температурасига боғлиқ эмас. Потенциометрда терможуфт эркин учлари температурасининг ўзгаришига автоматик равишда тузатиш киритилади, шунинг учун ўлчаш аниқлиги юқори бўлади. Потенциометрик ўлчаш усули ўлчанаётган терможуфт ТЭЮҚ ини потециаллар айирмаси билан мувозанатлаштиришга асосланган. Бу потенциаллар айирмаси калибрланган қаршиликда ёрдамчи ток манбаидан ҳосил бўлади. Потенциаллар айирмаси терможуфт ТЭЮҚ нинг тескари ишорали қийматига тенг.



2. 9- расм. Қўл билан мувозанатлаштириладиган потенциометр схемаси.

Температура ёки ТЭЮҚ ни ўлчаш учун қўлланиладиган, қўл билан мувозанатлаштириладиган потенциометрнинг принципиал схемаси 2,9- расмда кўрсатилган. Ток ёрдамчи E манбадан занжирга ўтади. Бу занжирнинг b ва C нуқталари ўртасида $R_р$ ўзгарувчан қаршилик — реохорд уланган. Реохорд L узунликдаги калибрланган симдан иборат. b нуқта ва ораликдаги реохорднинг сирпанувчи контактли

сирпанғичи жойлашган ҳар қандай D нуқта ўртасидаги потенциаллар айирмаси R_{bD} қаршиликка тўғри мутаносибликда бўлади. Кетма-кет уланган терможуфт билан алмашлаб улагич П орқали сезгир милливольтметрга ноль индикатор НИ уланади, терможуфт занжирида ток борлиги шу индикатор орқали аниқланади. Терможуфтнинг токи R_{bD} тармоқда ёрдамчи манба токи билан бир йўналишда юрадиган қилиб уланади. ТЭЮК ни ўлчаш учун реохорд сирпанғичи ноль индикатор стрелкасини нолни кўрсатгунча суради. Айни пайтда R_{bD} қаршиликдаги кучланишнинг камайиши ўлчачаётган ТЭЮК га тенг бўлади. Қуйидаги тенглама бу ҳолатни характерлайди:

$$E_{(t,\ t_0)} - I \cdot R_{bD} = 0 \tag{2.35}$$

ёки

$$E_{(t,\ t_0)} = I \cdot R_{bD}, \tag{2.36}$$

бу ерда $I \cdot R_{bD}$ — Е манба кучланишининг тармоқдаги тушуви.

Занжир тармоғидаги ток кучи бутун занжирдаги ток кучига тенг, демак:

$$\frac{U_{bD}}{R_{bD}} = \frac{E}{R_{BC}} \tag{2.37}$$

бундан

$$U_{bD} = E\,\frac{R_{bD}}{R_{BC}} \tag{2.38}$$

Компенсация пайтида $U_{b.\ Д} = E_{(t,\ t_0)}$ назарда тутилса;

$$E_{(t,\ t_0)} = E\,\frac{R_{bД}}{R_{BC}} = U_{BД} \tag{2.39}$$

Реохорд калибрланган қаршиликка, яъни унинг ҳар бир узунлигининг тенг тармоғи бир хил қаршиликка эга бўлгани учун

$$E_{(t,t_0)} = E\,\frac{l}{L} \tag{2.40}$$

Шундай қилиб, $E_{(t,\ t_0)}$ терможуфтнинг ТЭЮК реохорд қаршилиги R_{BC} тармоғидаги кучланиш тушуви миқдори билан аниқланиб, қолган қаршиликларга боғлиқ эмас. R_{BC} реохорд шкала билан таъминланиши ва шкала бўлинмалари милливольт ёки температура бирликларига тенг бўлиши мумкин. ТЭЮК ни ўлчаш аниқлиги реохорд занжиридаги I ток кучининг ўзгармаслигига боғлиқ. Ток компенсацион усул билан берилади ва назорат қилинади. Бунинг учун потенциометр схемасига нормал элементли қўшимча контур киритилади. Одатда, нормал элемент (НЭ) вазифасини симоб-кадмийли гальваник Вестон элементи бажаради. Бу элементнинг электр юритувчи кучи 20°С да 1,0183 B га тенг. ПЭ алмаш аб улагич П орқали қаршилик $R_{НЭ}$ учларига уланади ва унинг ЭЮКи ёрдамчи ток

манбаи Е нинг ЭЮКи томон йўналган бўлади. Қаршилик R ёрдамида компенсацион занжирдаги ток кучини ростлаш билан НИ нинг стрелкаси нолни кўрсатишига эришилади. Бундай ҳолда компенсацион занжирдаги ток кучи қуйидагича ифодаланади:

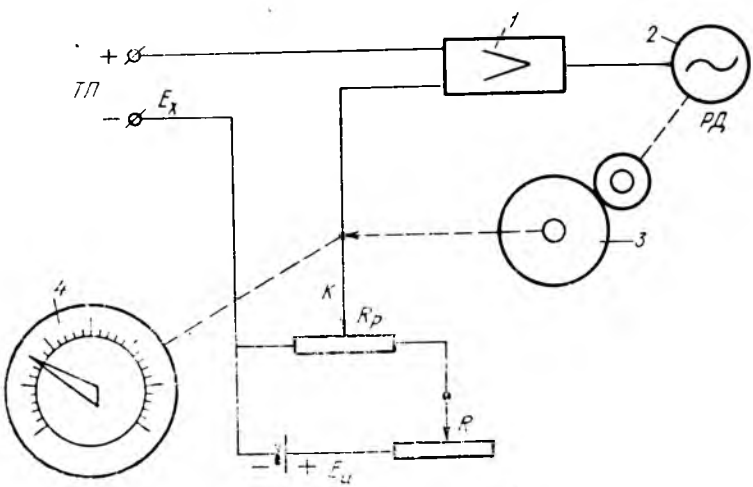
$$I = \frac{E_{НЭ}}{R_{НЭ}} \tag{2.41}$$

Терможуфтнинг ТЭЮК ини ўлчашда $П$ алмашлаб улагич $И$ вазиятдан $Ў$ вазиятга ўтлазилади. Реохорд $R_р$ нинг $Д$ сирпанғичини силжитиб b ва c нуқталар орасидаги потенциаллар айирмасини терможуфт ТЭЮК ига тенглаштирилади. Шу пайтда терможуфт занжиридаги ток кучи $О$ га тенг, шунинг учун

$$E_{(t,t_0)} = I \cdot R_{ВД} = \frac{E_{НЭ}}{R_{НЭ}} \cdot R_{ВД} \tag{2.42}$$

$E_{НЭ}$ ва $R_{НЭ}$ ларнинг қиймати ўзгармас бўлгани учун ТЭЮК ни аниқлаш қаршилик тармоғининг узунлигини аниқлаш билан баравардир.

ЭЮК ни компенсацион усул бўйича ўзгарувчан ток шароитида ҳам ўлчаш мумкин. Аммо бу ҳолда ўлчаш аниқлиги бирмунча пастроқ, ўзгарувчан токда ишлайдиган асбоблар эса бирмунча мураккаброқдир. Кўчма потенциометрлар цех ва лаборатория шароитларида текширув ва даражалаш ишларида ЭЮК ни компенсацион усул бўйича ўлчаш учун қўлланилади; намуна потенциаметрлар аниқ ўлчашларда ишлатилади. Бу асбобларнинг ўлчаш схемалари юқорида кўрилган схемага ўхшаш, фақат фарқи шундаки, ўлчов реохорди намуна қарши-

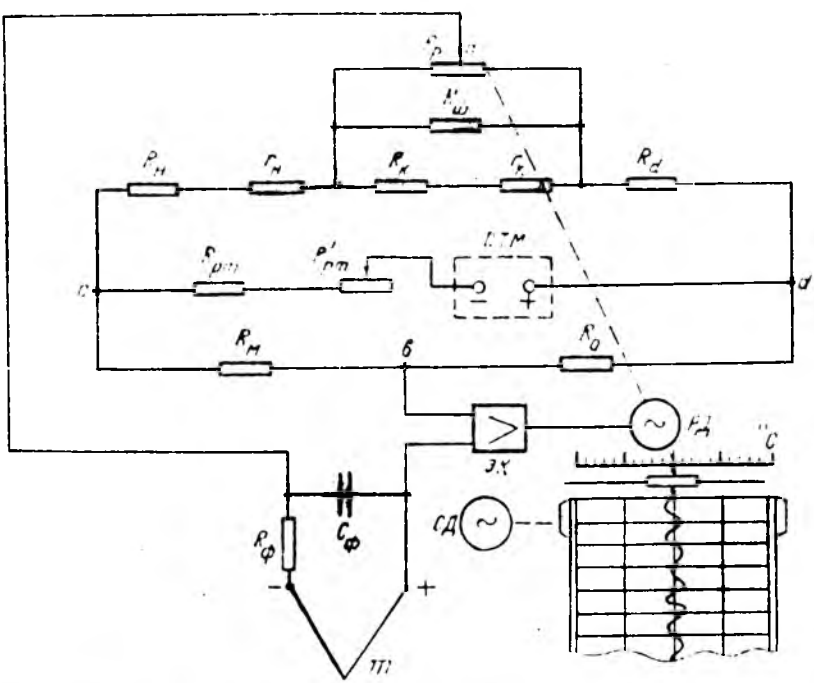


2. 10- расм. Автоматик потенциометрнинг тузилиш схемаси.

ликлардан ташкил топган секциялар шаклида тайёрланади. Юқорида кўрилган потенциометрларда ўлчаш занжирининг нобаланс токи ноль индикатор асбоби стрелкасини ҳаракатга келтиради, автоматик потенциометрларда эса бу асбоб йўқ. Унинг ўрнига электрон блок ишлатилади.

Қўчма потенциометрлардан фарқли ўлароқ, автоматик потенциометрлардаги реохорднинг сирпанғичи қўл билан эмас, балки махсус қурилма орқали автоматик равишда силжийди. 2.10-расмда автоматик потенциометрнинг тузилиш схемаси кўрсатилган.

ТП терможуфтли ТЭЮК E_x ни ўлчаш уни калибрланган $R_р$ реохорд кучланишининг камайиши билан таққослаш орқали бажарилади. Потенциометрнинг компенсацион схемаси сирпанғич K ли реохорд $R_р$, ўзгармас кучланиш E_x ни ўзгарувчан кучланишга айлантириб берувчи ўзгартгичли электрон кучайтиргич *1*, реверсив электр двигатель *2* ва ток манбаи $E_а$ дан иборат. Электр двигатель *2* редуктор *3* орқали сирпанғич K ва стрелка *4* билан боғланган. Компенсацион схеманинг иши сирпанғичи реохорд бўйлаб кучланиш тушуви томон автоматик силжийди. Бу силжиш реверсив электр двигатель РД ёрдамида бажарилади ва номувозанат



2. 11- расм. Автоматик потенциометр ўлчаш қисмининг принципиал схемаси.

кучланиш нолга тенг бўлгунича давом этади. Шундай қилиб сирпанғич K ва унга бириктирилган стрелканинг вазияти ТЭЮК нинг қийматини, демак, ўлчанаётган температуранинг миқдорини кўрсатади. Қаршилик R компенсацион занжирдаги иш токини ростлаш учун хизмат қилади.

2.11-расмда замонавий автоматик потенциометр (КСП-4) ўлчаш қисмининг принципиал схемаси келтирилган. Потенциометр ўлчаш кўпригининг диагоналларидан бирига электрон кучайтиргич ЭК ва терможуфт ТП кетма-кет уланган. Терможуфтни улаш электромагнит майдон таъсирини камайтириш учун мўлжалланган фильтр (расмда фильтрнинг $R_ф$ — $C_ф$ содда схемаси кўрсатилган) орқали бажарилади. Ўлчаш кўпригининг иккинчи диагоналига стабиллашган ток манбаи СТМ уланади. Бу манба ўлчаш занжиридаги иш токининг ўзгармаслигини таъминлайди.

Терможуфт ТП дан (ёки бирон бошқа датчикдан) олинган ўлчаш ахбороти сигналининг ўзгариши билан электрон кучайтиргичнинг киришига нобаланслик сигнали берилади. Бу сигнал маълум бир ўзгартгич орқали ўзгарувчан токка айланиб, реверсив двигатель РД айланиш ҳолатига келгунча кучаяди. Реверсив двигателнинг айланиш йўналиши нобаланслик ишорасига боғлиқ. Бу айланиш натижасида механик узатма (шкив ёки трос) ёрдамида $R_р$ реохорд сирпанғичи нобаланслик сигнали ўчгунча силжийди.

Булардан ташқари потенциометр ўлчаш схемасига қурилманинг умуман нормал ишини таъминловчи бир қатор элементлар киради. $R_ш$ қаршиликлар $R_к$, $r_к$ реохорд қаршилиги $R_р$ ни ростлаш учун хизмат қилади: бунда асбобнинг даражаланиш ва ўлчаш оралиғи, яъни ўлчаш чегаралари назарда тутилиши лозим. Қаршилик $R_н$ ва $r_н$ лар ёрдамида шкала бошланиши ростланади. R_d балластли қаршилик $R_{рт}$, $R'_{рт}$ ва $R_с$ резисторлар СТМ таъминлаш манбаининг иш токини чеклаш ва ростлаш учун қўлланилади. $R_м$ резистор терможуфт эркин учларидаги температура ўзгаришининг таъсирини компенсация қилиш учун мўлжалланган ва терможуфт учлари уланган жой, яъни асбобнинг кириш панелида жойлашган, $R_м$ дан ташқари ҳамма резисторлар манганиндан, $R_м$ резистор эса мис ёки никелдан тайёрланади.

Потенциометрларнинг турли хил габаритлардаги кўрсатувчи, қайд қилувчи, сигнал берувчи, ростловчи турлари чиқарилади. Автоматик потенциометрларнинг аниқлик синфи: 0,25; 0,5 ва 1,0.

Терможуфтнинг ТЭЮК ини аниқ ўлчаш ва магнитоэлектр милливольметр ҳамда автоматик потенциометрларни текшириш учун ўзгармас токда ишлайдиган лаборатория потенциометрларидан фойдаланилади: кўчма ПП-63 ва ПП-70; намуна Р330, Р371 ва бошқа потенциометрлар. Намуна асбобларнинг аниқлик синфи: 0,002 ва 0,005.

Автоматик потенциометрнинг ўлчаш схемасини ҳисоблаш

Кўп ҳолларда температурани стандарт терможуфтлар билан ўлчаш учун типавий ўлчаш схемали потенциметр танлаш мумкин. Ностандарт терможуфтлардан фойдаланганда ёки потенциометрнинг даражаланишини ўзгартириш зарурати туғилганда автоматик потенциометрнинг ўлчаш схемасини ҳисоблашга тўғри келади.

Потенциометрнинг ўлчаш схемасини температуранинг берилган бошланғич ва сўнгги қийматлари $t_б$ ва $t_с$ бўйича ҳисоблашда терможуфтнинг даражалаш характеристикасидан ТЭЮКлар $E_б$ ва $E_с$ нинг қийматлари топилади.

Юқориги ва пастки ўлчаш шохобчаларидаги токлар (2.11-расмга қаранг) реохорд ва резисторлардаги кучланиш тушувининг миқдори етарли бўлиши шартидан, шу билан бир вақтда резисторлар схемасининг сезиларли қизимаслиги шарти билан танланади. Одатда

$I_1 = 3$ мА ва $I_2 = 2$мА деб қабул қилинади.

ТЭЮК диапазони

$$E = E_с - E_б \tag{2.43}$$

Сўнгра таянч (тақкословчи) резисторнинг $R_с$ қаршилигини ундаги кучланиш тушуви нормал элементнинг ЭЮК ига тенг бўлиши шартидан топамиз:

$$I_2 R_с = E_{НЭ}, \text{ яъни } R_с = \frac{E_{НЭ}}{I_2}, \tag{2.44}$$

бунда $E_{НЭ} = 1.019$В — нормал элемент ЭЮКи.

Балласт ва бошқариш резисторларининг таъминлаш манбаи занжиридаги қаршилиги қийматини мос равишда $R_{тр} = 750$ Ом ва $R'_{рт} = 56$ Ом қабул қилинади

Шунтловчи резистор $R_ш$ орқали уланган реохорд $R_р$ нинг эквивалент қаршилиги $R_Э$ қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$R_Э = R_р \cdot R_ш/(R_р + R_ш) \tag{2.45}$$

Эквивалент қаршилик берилган бўлса (90, 100, 300 Ом), $R_ш$ осонгина ҳисобланади:

$$R_ш = R_р \cdot R_э/(R_р - R_э) \tag{2.46}$$

Реохорд занжирининг келтирилган қаршилиги $R_п$ параллел уланган қаршилик $R_р$, $R_ш$ ва $R_к$ лардан тузилган бўлади. Шунинг учун I_1 ток оқаётган $R_п$ қаршиликдаги кучланиш тушуви ўлчаш оралиғига (Е кучланиш тушувига) мос келиши, яъни $I_1 \cdot R_п = E$ бўлиши лозим, бундан

$$R_п = \frac{E}{I_1}. \tag{2.47}$$

Иккинчи томондан, реохорд занжири қаршилигининг келтирилган қийматини реохорднинг эквивалент қаршилиги $R_э$ ва шкала учи қаршилиги $R_к$ лар орқали ифодалаш мумкин:

$$R_п = R_э \cdot R_к/(R_э + R_к). \tag{2.48}$$

Энди (2.47) (2.48) формулаларнинг ўнг томонларини мос равишда тенглаштириб қуйидагини топамиз:

$$R_к = E \cdot R_э/(IR_э - E). \tag{2.49}$$

Резистор $R_к$ ва $R_н$ ларнинг қаршилиги бошланғич температура ($t_б$) ўлчанганда ўлчаш схемасининг мувозанат шартидан топи ади (реохорд сирпанғичи четки чап ҳолатда бўлади) (2.11-расм). Ўлчаш схемасининг чап шохобчасида a ва b нуқталар орасида $R_м$ ва $R_н$ резисторлардаги кучланиш тушуви ТЭЮК билан компенсацияланади, яъни

$$E_б = I_1 \cdot R_н - I_2 \cdot R_м. \tag{2.50}$$

Терможуфт эркин учлари температураси ўзгаришининг чегара қиймати t'_0 50°С дан ортмайди. Атроф-муҳит температураси ўзгаришининг шу оралиғида (2.50) тенглама қуйидаги кўринишни олади:

$$E_б - E_{ав\ (t'_0,\ t_0)} = I_1 R_н - I_2 R_{м(t_0)} - I_2 \Delta R_м, \tag{2.51}$$

бунду $E_b(t'_0, t_0)$ эркин учлар температураси t_0 дан t'_0 га кўтарилганда терможуфт ТЭЮК ининг тушуви; $\Delta R_м$ — эркин учлар температураси t_0 дан t'_0 гача ўзгарганда резистор қаршилиги.

$R_м$ нинг орттирмаси. Мис резистор қаршилигининг орттирмаси:

$$\Delta R_м = R_м(t'_0) - R_м(t_0) = R_м \cdot \alpha \cdot t'_0, \tag{2.52}$$

бунда α — мис учун электр қаршиликнинг $4{\cdot}26{\cdot}10^{-3}K^{-1}$ га тенг бўлган температура коэффициенти.

Энди (2.50) дан (2.51) тенгламанинг чап ва ўнг томонларини мос равишда айириб, I_2 ва ΔR ларни (2.44) ва (2.52) лардан фойдаланиб алмаштирсак, эркин учлар температураси $t_0 = 0$°С га тенг бўлганда $R_м$ қаршилик қуйидаги формуладан топилади:

$$R_{м\ (t_0)} = \frac{E_{ab\ (t'_0, t_0)} \cdot R_c}{E_c \cdot \alpha \cdot t'_0}. \tag{2.53}$$

Агар (2.51) тенгламани $R_н$ га нисбатан $R_м = (t_0) + \Delta R_м = R_м(t'_0)$ эканини эътиборга олиб ечсак, қуйидаги муносабатни оламиз:

$$R_1 = \frac{I_1 R_м(t'_0) + E_б - E_{ab}(t'_0, t_0)}{I_1}. \tag{2.54}$$

Балласт резистор қаршилиги R_d ни ўлчаш схемаси ўнг шохобчаси мувозанати шартидан фойдаланиб топилади, яъни

$$E_б - E_{at(t_0', t_0)} = I_2 R_c - I_1 R_д - I_1 R_п \qquad (2.55)$$

Ушбу $I_2 R_c = E_c$ ва $I_1 R_п = E$ тенгликлардан фойдаланиб, қуйидаги муносабатни топамиз:

$$R_д = \frac{E_c - E_б + E_{ab(t_0', t_0)} - E}{I_1} \qquad (2.56)$$

Ўлчаш схемаси ИПС-148П типли стабиллашган манбадан таъминланади. $U_{ст} = 5В$, ўзгармас токнинг кучи $I = 5$мА бўлганда барқарор кучланиш бўлишини таъминлайди.

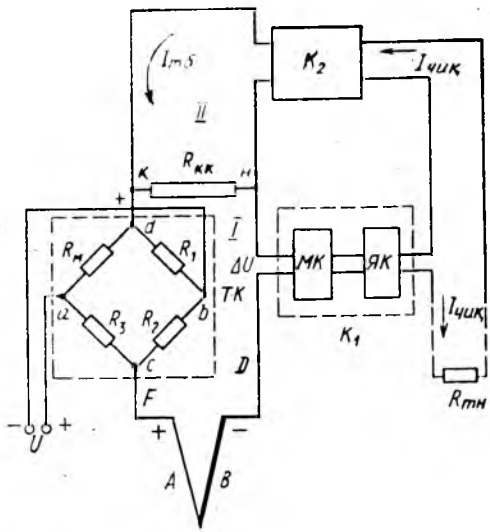
Агар терможуфт температура компенсациясини талаб этмаса, унда 5 Ом ли $R_м$ қаршилик манганиндан тайёрланади.

Иш ток кучини чеклаш ва бошқариш учун балласт қаршиликлардан фойдаланилади: $R_{рп} = 750$ Ом ва $R'_{рп} = 56$ Ом. Схеманинг кириш фильтрида $R_ф = 500$ Ом қаршилик ва $C_ф = 30$ мкф ли конденсатор бўлади.

ТермоЭЮКнинг нормаловчи (меъёрловчи) ўзгарткичлари.

Термоэлектрик ўзгарткичлардан олинган ахборотни ЭҲМга ёки автоматик ростлаш системасига киритиш учун нормаловчи (меъёрловчи) ўлчаш токили ўзгарткичлар кенг қўлланади. Улар термоэлектр ўзгарткичларнинг сигналларини 0—5 mA ўзгармас токдаги бир хиллаштирилган сигналга алмаштириш учун мўлжалланган.

Меъёрловчи ўзгарткичнинг ишлаши иш токи ўзгарувчи кучга эга



2. 12- расм. Термоэлектр термометр (терможуфт) билан ишлайдиган меъёрловчи ўзгарткичнинг схемаси.

бўлган потенциометрнинг схемасидан фойдаланган ҳолда термо ЭЮК нинг компенсацияловчи ўлчаш усулига асосланган. Ўзгарткичнинг схемаси 2.12-расмда келтирилган. Бу ерда *I* — ўлчаш контури; II — компенсация контури. I контурда тузатувчи кўприк *ТК*, чиқиш токи $I_{чиқ}$ бўлган кучайтиргич *К* ва резистор $R_т$ бор.

I контурга *F* ва *Д* узайтурувчи ўтказгичлар ёрдамида терможуфт АВ уланган. Тузатувчи (корректорловчи) кўприк терможуфтнинг бўш учи температурасининг ўзгаришига автоматик тузатма киритиш учун шунингдек, ўлчашнинг қуйи чегараси 0°С га тенг бўлмаган ўзгарткичларда бошланғич термо ЭЮК ни компенсациялаш учун мўлжалланган. Кўприк манбаининг *ab* диагоналига ўзгармас токнинг барқарорлаштирилган кучланиши уланган. R_1, R_2 ва R_3 резисторлар — манганиндан, $R_м$ резистор эса мисдан ясалган. K_1 кучайтиргич иккита каскаддан иборат: икки тактли икки ярим даврли схема бўйича бажарилган магнит МК ва ўзгармас токнинг кучайиши режимида ишловчи ярим ўтказгичли кучайтиргич *РК*. Кучайтиргич K_1 ноль—индикатор вазифасини бажаради.

II компенсация контурига $R_т$ резистор ва тескари боғланиш (алоқа) кучайтиргичи K_2 киради. Бу кучайтиргич K_1 кучайтиргичга ўхшайди, лекин кучайтиргичнинг чиқиш токи бўйича чуқур манфий боғланиш билан уланган. K_2 кучайтиргичнинг $I_{тб}$ чиқиш токи II контурнинг ишчи токи ҳисобланади ва бу ток $R_{кк}$ қаршилик бўйлаб ўтганда унда II контур томонидан $U_{кк} = I_{тб} \cdot R_{кк}$ компенсацияловчи кучланиш вужудга келтирилади. I контур томонидан R_{ab} резисторга тузатувчи кўприк ТК нинг *cd* ўлчов диагоналида вужудга келувчи U_{cd} кучланиш билан қўшилган $E_{АВ\,(t,\,t_0')}$ термоэлектр ўзгарткич сигнали келтирилади. Бу кучланиш, юқорида айтилганидек, термоўзгарткичнинг бўш учларидаги температуранинг тузатмасига тенг, яъни $U_{cd} = E_{АВ\,(t_0',\,t_0)}$. Шундай қилиб, бу $E_{АВ\,(t,\,t_0)} = E_{АВ\,(t,\,t_0')} + U_{cd}$ га тенг якка сигнал $U_{кк}$ кучланиш билан таққосланади. $\Delta U = E_{АВ\,(t,\,t_0)} - U_{кк}$ га тенг нобалансник K_1 кучайтиргичга берилади, у ерда ўзгармас токнинг ΔU сигнали аввал магнит кучайтиргич МК да ўзгарувчи ток сигналига айлантирилади, сўнгра кучайтирилади ва яна ўзгармас ток сигналига айлантирилади, у ўзгармас токнинг ярим ўтказгичли кучайтиргичи *ЯК* да қўшимча равишда кучайтирилади. K_1 кучайтиргичнинг чиқиш сигнали $I_{чиқ}$ токини вужудга келтиради, у $R_{таш}$ ташқи занжирга келади ва кейин кучайтиргич орқали тескари алоқа кучайтиргичи K_2 га келади. K_2 кучайтиргичнинг $I_{тб}$ чиқиш токи ўзгаради ва $R_{кк}$ резисторда $U_{кн}$ кучланиш пасайишини (тушишини) ΔU нобаланс компенсациялашнинг статик хатоси деб аталувчи бирор кичик δU катталиккача етмагунча ўзгартиради.

Компенсациялашнинг статик хатосининг мавжуд бўлиши *I* ўлчаш контурида компенсацияланмаган ток ўтишга олиб келади. Бунда ўл-

чанувчи термоЭЮК канчалик катта бўлса, бу ток шунчалик катта бўлади.

Статик автокомпенсацион схема бўйича бажарилган қурилмаларда бундай хатоликни йўқотиб бўлмайди, чунки ўзгарткичнинг $I_{чиқ}$ чиқиш токи ва компенсация контурининг $I_{тб}$ токи бу хатоликнинг мавжудлиги билан аниқланади ва унга мутаносибдир. Шу билан бирга автокомпенсацион схеманинг статик хатоси, агар кучайтириш коэффициенти катта бўлган кучайтиргич фойдаланилса, анча камайтирилиши мумкин.

Энди ўлчанаётган термо ЭЮК $E_{АВ\,(t,\,t_0)}$ билан ўзгарткичнинг чиқиш токи $I_{чиқ}$ орасидаги математик боғланишни қараб чиқамиз.

Юқорида айтилганларга мувофиқ

$$\Delta U = E_{АБ\,(t,\,t_0)} - U_{кк}, \tag{2.57}$$

K_1 ва K_2 кучайтиргичларнинг чиқишида қуйидаги сигналлар шаклланади:

$$I_{чиқ} = K_1^к \cdot I_{кир} = K_1^к \frac{\Delta U}{R_{кир}}, \tag{2.58}$$

$$I_{тб} = K_2^к \cdot I_{чиқ}, \tag{2.59}$$

бу ерда $K_1^к$ ва $K_2^к$ — кучайтиргич K_1 ва K_2 ларнинг кучайтириш коэффициентлари; $I_{кир} = \Delta U/R_{кр}$ кучайтиргичнинг кириш занжирида ΔU сигнал вужудга келтирадиган ток; $R_{кир}$ — K_1 кучайтиргич кириш занжирининг қаршилиги. $R_{кк}$ резисторда (2.53) ни ҳисобга олган ҳолда кучланишнинг тушиши

$$U_{кк} = I_{тб} \cdot R_{кк} = K_2^к \cdot I_{чиқ} \cdot R_{кк} \tag{2.60}$$

ни ташкил этади. (2.51) ифодага (2.52) дан ΔU ни ва (2.54) дан $U_{кк}$ ни қўйиб, ушбуни топамиз:

$$I_{чиқ} = K \cdot E_{АВ\,(t,\,t_0)}, \tag{2.61}$$

бунда меъёрловчи

$$K = \frac{1}{R_{кир}/K_1^к + K_2^к \cdot R_{кк}}$$

ўзгарткичнинг ўзгартириш коэффициенти

$$[K_1^к \to \infty \text{ да } K = 1/(K_2^к \cdot R_{кк})].$$

Шундай қилиб, меъёрловчи ўзгарткичнинг чиқиш токи термоэлектр ўзгарткич (ТЭЎ) нинг сигналига пропорционал бўлади.

Кириш сигналининг қийматига қараб, термоэлектр ўзгарткичлар билан комплект тарзда ишловчи меъёрловчи ўзгарткичлар 0,6...1,5 аниқлик синфларига эга.

II.5-§. ҚАРШИЛИК ТЕРМОМЕТРЛАРИ

Қаршилик термометрлари ҳақида умумий маълумотлар

Температурани қаршилик термометрлари билан ўлчаш температура ўзгариши билан ўтказгич ҳамда ярим ўтказгичлар электр қаршилигининг ўзгариш хусусиятига асосланган. Демак, ўтказгич ёки ярим ўтказгичнинг электр қаршилиги унинг температураси функциясидан иборат, яъни $R=f(t)$. Бу функциянинг кўриниши термометр қаршилиги материалининг хоссаларига боғлиқ. Кўпчилик тоза металларнинг эпектр қаршилиги температура кўтарилиши билан ортади, металл оксидлари (ярим ўтказгичлар) нинг қаршилиги эса камаяди. Қаршилик термометрларини тайёрлашда қуйидаги талабларга жавоб берувчи тоза металлар қўлланилади:

1) ўлчанаётган муҳитда металл оксидланмаслиги ва кимёвий таркиби ўзгармаслиги керак;

2) металлнинг температурага қаршилик коэффициенти етарли даражада катта ва барқарорлашган бўлиши лозим;

3) қаршилик температура ўзгариши билан тўғри ёки равон эгри чизиқ бўйича кескин четга чиқишларсиз ва гистерезис ҳолатларисиз ўзгариши керак;

4) солиштирма электр қаршилик етарлича катта бўлиши керак. Маълум температуралар оралиғида юқоридаги талабларга платина, мис, никель, темир, вольфрам каби металлар жавоб беради.

Температура ўзгариши билан электр қаршилигининг ўзгаришини характерловчи параметр электр қаршиликнинг температура коэффициенти дейилади.

Температура коэффициенти температурага боғлиқ бўлган металлар учун у фақат температуранинг ҳар бир қиймати учун аниқланиши мумкин:

$$\alpha = \left(\frac{1}{R_0}\right)\left(\frac{dR_t}{dt}\right) \qquad (2.62)$$

бунда R_0 ва R_t — 0 ва t °C температурадаги қаршилик. Температура коэффициенти $°C^{-1}$ ёки K^{-1} ларда ифодаланади. Кўпгина соф металлар учун температура коэффициенти 0,0035 ... — 0,065 K^{-1} чегараларда ётади. Ярим ўтказгичли металлар учун температура коэффициенти манфий ва металларникидан бир тартибга кўп (0,01 ... 0,015 K^{-1}) бўлади.

Ҳозир қаршилик термометрларини тайёрлаш учун мис, платина, никель ва темирдан фойдаланилади.

Мис арзон материал бўлиб, унинг қаршилиги амалда температурага чизиқли боғлиқ, яъни

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \qquad (2.63)$$

бунда R_t ва R_0 — t ва 0°C температурада термометр қаршилиги; α — мис симнинг температура коэффициенти: $\alpha = 4{,}28 \cdot 10^{-3}\ K^{-1}$

Мис оксидланиши туфайли у 200°C дан ортиқ бўлмаган

температураларни ўлчашда қўлланилади. Миснинг камчиликларига унинг солиштирма қаршилигининг камлигини киритса бўлади: $\sigma = 17 \cdot 10^{-7}$ Ом·м. Солиштирма қаршилик термометрнинг габаритига таъсир этади: солиштирма қаршилик қанча кам бўлса, сим шунча кўп керак бўлади (шундай қаршиликни ўлчаш учун), шунинг учун термометр габарити шунча катта бўлади.

Мисдан тайёрланган қаршилик термометрлари —200 дан +200°С гача температураларни узоқ вақт давомида ўлчашда қўлланилади. Номинал қаршиликлар 0°С да 10, 50 ва 100 Ом ни ташкил этади.

Платина — қимматбаҳо материал. Кимёвий жиҳатдан инерт ва соф ҳолда осонлик билан олинади. Платинадан тайёрланган қаршилик термометрлари —260 дан +1100°С гача температураларни ўлчаш учун қўлланилади. Платина қаршилигининг температурага боғлиқлиги мураккаб боғланишдан иборат бўлиб,—183 дан 0°С гача температура оралиғида қуйидагича ёзилиши мумкин:

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + Ct^3(t - 100)], \qquad (2.64)$$

0 дан +630°С гача оралиқда эса, қуйидагича ифодаланади:

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2) \qquad (2.65)$$

бунда R_t ва R_0 — мос равишда t ва 0°С температураларда платина қаршилиги A, B, C — ўзгармас коэффициентлар бўлиб, уларнинг қиймати термометрни даражалашда кислород, сув ва олтингугуртнинг қайнаш нуқталари бўйича аниқланади.

Стандарт қаршилик термометрларида қўлланиладиган ПЛ-2 маркали платина учун (2.64) ва (2.65) тенгламалардаги коэффициентлар қуйидаги қийматларга эга:

$$A = 3{,}96847 \cdot 10^{-3}\ 1/°C;\ B = -5{,}847 \cdot 10^{-7}\ 1/°C;\ C = -4{,}22 \times \times 10^{-12}\ 1/°C.$$

Техник термометрларни тайёрлашда ишлатиладиган ПЛ-2 маркали платина учун $R_{100}/R_0 = 1{,}391$

0°С да платинали қаршилик термометрлари қуйидаги қаршиликларга эга бўлиши мумкин: 1, 5, 10, 50, 100 ва 500 Ом (амалда $R_0 = 46$ Ом ли термометрлар ишлатилади). Бу қаршилик термометрлари учун ўзгаришнинг номинал статистик характеристикасига қуйидаги белгилашлар киритилган: 1П, 5П, 10П, 50П, 100П ва 500П ($R_0 = 46$ Ом қаршиликли термометр Гр 21 деб белгиланган).

Платинанинг камчиликларидан бири унинг тикловчи муҳитда металл буғлари, углерод оксиди ва бошқа моддалар билан ифлосланишидир. Бу айниқса юқори температураларда намоён бўлади.

Никелли ва темирли қаршилик термометрлари —60 дан +180°С гача температуралар оралиғида ишлайди. Никель ва

темир электр қаршиликнинг катта температура коэффициентига эга:

$$\alpha_{Ni} = (6{,}21 - 6{,}34) \cdot 10^{-3} K^{-1};$$

$$\alpha_{Fe} = (6{,}25 - 6{,}57) \cdot 10^{-3} K^{-1}$$

ва солиштирма қаршилиги катта:

$$\delta_{Ni} = 1{,}18 - 1{,}38 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$\delta_{Fe} = 0{,}55 - 0{,}61 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Аммо бу металлар қуйидаги камчиликларга эга: уларни соф ҳолда олиш қийин, бу эса бир-бирини алмаштира оладиган қаршилик термометрлари тайёрлашда қийинчилик туғдиради; темир ва, айниқса, никель қаршилигининг температурага боғлиқлиги оддий эмпирик формулалар билан ифодаланадиган эгри чизиқлардан иборат эмас; никель ва, айниқса, темир нисбатан паст температураларда ҳам осонгина оксидланади. Бу камчиликлар қаршилик термометрларини тайёрлашда никель ва темир қўллашни чеклаб қўяди.

2.13-расмда солиштирма электр қаршиликнинг юқорида кўрилган металлар температурасига боғланиши берилган.

Қаршилик термометрларини (термисторларни) тайёрлаш учун ярим ўтказгичлар (баъзи металларнинг оксидлари) ҳам ишлатилади. Ярим ўтказгичларнинг муҳим афзаллиги уларнинг температура коэффициентининг катталигидир. Термоқаршиликлар тайёрлашда титан, магний, темир, марганец, кобальт, никель, мис оксидлари ёки баъзи металларнинг (масалан, германий) кристаллари турли аралашмалар билан биргаликда қўлланади.

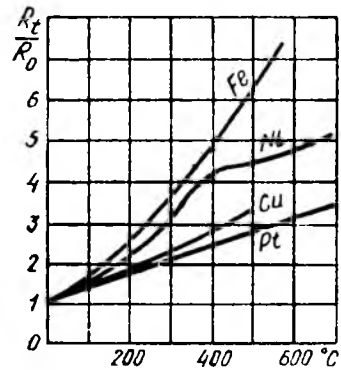
Ярим ўтказгич термометр қаршилиги (терморезистор қаршилиги) билан температура орасидаги боғланиш қуйидагича ифодаланиши мумкин:

$$R_T = R_0 \, exp \left(B \frac{T_0 - T}{T_0 \cdot T} \right) \quad (2.66)$$

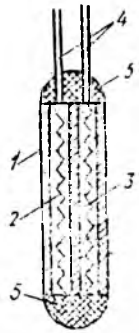
R_0 қиймат T_0 температурада термометр қаршилиги билан аниқланади, B қиймат эса, термометр тайёрланадиган ярим ўтказгич материалига боғлиқ.

1,5 К ва ундан юқори температураларни ўлчаш учун германийли терморезисторлар айниқса кенг тарқалган.

— 100 дан +300°С гача температураларни ўлчаш учун оксидланувчи ярим ўтказгич материаллардан фойдаланилади. Ярим ўтказ-



2.13-расм. Баъзи металлар солиштирма қаршилигининг температурага боғлиқлиги



2. 14- расм. Платинали қаршилик термометрининг сезгир элементи.

гичли терморезисторнинг ўзгартиш коэффициентлари металл симдан қилинган сезгир элементли қаршилик термометрлариникига қараганда бир неча тартибга ортиқ. Аммо индивидуал даражалаш зарурати температурани ўлчашда ярим ўтказгичли терморезисторларни кенг қўлланиш имконини чеклаб қўяди.

Температурани ўлчашда ММТ-1, ММТ-4, ММТ-6, КМТ-1, КМТ-4 турдаги термоқаршиликлар ишлатилади.

Ярим ўтказгичли терморезисторлар кўпроқ термосигнализация ва автоматик ҳимоя қурилмаларида қўлланади.

Қаршилик термометрлари термоэлемент (сезгир элемент) ва ташқи ҳимоя қобиғидан тузилган.

Металл қаршиликли термометрларнинг сезгир элементи, одатда, шиша, кварц, керамика слюда ёки пластмассадан қилинган каркасга ўралган сим ёки лентадан иборат.

Сезгир элементли термометр учининг қисқичларига ўлчов асбобига борадиган симлар уланган.

Платинали термометрларнинг сезгир элементи иккита ёки тўртта керамик каркас *1* нинг капилляр каналларида жойлашган кетма-кет уланган спираллар *2* дан ташкил топган (2.14- расм). Каркас каналлари керамик кукун *3* билан тўлдирилади, бу кукун изолятор бўлиб хизмат қилади ва спиралнинг пружинага ўхшаш эгилувчанлигини таъминлайди. Спирал учларига платинали ёки иридий-родийли (60% родийли) симдан қилинган қулоқчалар *4* кавшарланган. Керамик каркасда сезгир элемент махсус глазурь (ёки термоцемент) *5* билан герметизацияланади. Каркас каналининг спираллари ва деворчалари орасидаги бўшлиқ алюминий оксиди кукуни билан тўлдирилган, у изолятор бўлиб хизмат қилади ҳамда спираллар ва каркас орасида иссиқлик контактини оширади. Платинали қаршилик термометрларининг сезгир элементлари диаметри 0,04...0,07 мм ли платина симдан тайёрланади.

Қаршилик термометрларининг тузилиши 2.15- расмда келтирилган. Қаршилик термометрининг сим *1* дан қилинган сезгир элементи тўрт каналли керамик каркас *2* га жойлаштирилган. Механик шикастланишдан ва ўлчанаётган ёки атроф муҳитнинг зарарли таъсиридан сақланиш учун сезгир элемент ҳимоя қобиғи *3* га жойлаштирилган. У керамик втулка *4* билан зичлаштирилган. Сезгир элементнинг кулоқчалари *5* изоляцион керамик труба *6* орқали ўтади. Шуларнинг ҳаммаси ўлчаш объектида резьбали штуцер *8* ёрдамида ўрнатилган ҳимоя ғилофи *7* да жойлашган.

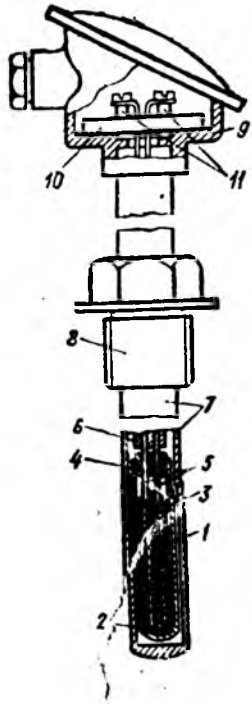
Ҳимоя ғилофининг учида термометрнинг улайдиган учи *9* жойлашган. Учида термометр қулоқчаларини маҳкамлаш ва

уловчи симларни улаш учун винтлар *11* бўлган изоляцион колодка жойлашган. Учи қопқоқ билан ёпилади. Уловчи симлар штуцер орқали чиқарилади. Ташқи электр ва магнит майдонлари таъсирини камайтириш учун қаршилик термометрларининг сезгир элементлари индуктивсиз ўрамли қилиб ясалади.

Қаршиликни ўлчаш учун термометр бўйлаб ток ўтиши лозим. Бунда Жоуль — Ленц қонунига кўра иссиқлик ажралиб, у термометрни ўлчанаётган муҳит температурасига қараганда юқорироқ температурагача қиздиради. Натижада унинг қаршилиги тегишлича ўзгаради.

Саноат шароитларида ўлчаш токи шундай ҳисобланадики, натижада ўзўзини қиздириш ҳисобига юз берадиган хатолик 0°С даги термометр қаршилиги 0,1% R_0 дан ортиқ бўлмайди.

Қаршилик термометрларининг камчилиги — қўшимча ток манбаининг зарурлигидир.



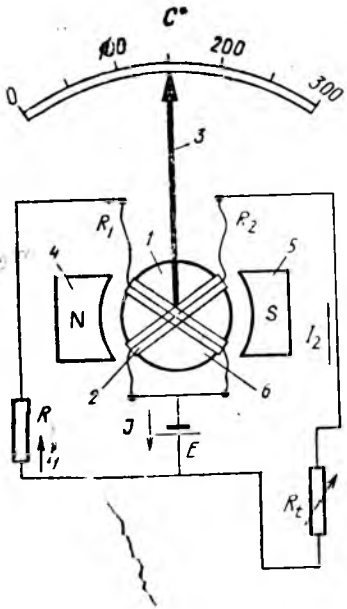
2. 15- расм. Қаршилик термометрининг тузилиши.

Термометрларнинг ва бошқа қаршилик ўзгартирувчиларнинг қаршиликларини ўлчаш учун: логометрлар, кўприк схемалари (мувозанатлаштирилган ва мувозанатлашмаган), компенсацион усул ва термоқаршиликнинг меъёрловчи ўзгарткичларидан фойдаланилади.

Логометрлар

Логометр, кўпинча, техник қаршилик термометрлари билан биргаликда температурани ўлчаш учун қўлланади. Логометрнинг ишлаш принципи икки электр занжиридаги токлар нисбатини ўлчашга асосланган. Занжирлардан бирига қаршилик термометри, иккинчисига эса ўзгармас қаршилик уланган. 2.16- расмда логометрнинг схемаси келтирилган. У ўзаро ва стрелка *3* билан бикр қилиб маҳкамланган иккита рамачалар *1* ва *2* дан иборат. Бу рамачалар эса доимий магнит қутб учликлари *4* ва *5* билан ўзак орасидаги ҳаво тирқишида жойлаштирилган. Бу тирқиш бир текис қилинмаган, шунинг учун магнит индукцияси қийматлари унинг турли нуқталарида (рамачалар ва стрелканинг бурилиш бурчаклари турлича бўлганда) турлича бўлади. Марказдан қутб учликлари четларига қараб ҳаво тирқиши камаяди ва мос равишда марказдан қутб учликлари четларига қараб тирқишда магнит индукцияси ўсади.

Логометрнинг иккала рамкаси битта ўзгармас ток манбаи



2.16- расм. Логометрнинг принципиал схемаси.

E дан таъминланади, улар айлантирувчи моментлари бир-бирига қарши йўналадиган қилиб уланган. Айлантирувчи моментлар M_1 ва M_2 нинг қиймати мос равишда қуйидагига тенг:

$$M_1 = C_1 B_1 I_1, \qquad (2.67)$$

$$M_2 = C_2 B_2 I_2, \qquad (2.68)$$

бунда C_1 ва C_2 — рамачаларнинг геометрик ўлчамлари ва улардаги сим ўрамлари сони билан аниқланадиган ўзгармас коэффициентлар; B_1 ва B_2 — рамачалар жойлашган жойдаги магнит индукциялари; I_1 ва I_2 — рамачалардан ўтаётган ток кучлари.

Рамачалар қаршилиги тенг, яъни $R_1 = R_2$ ва $R = R_t$ бўлса, $I_1 = I_2$ ва $M_1 = M_2$ бўлиб, қўзғалувчи система мувозанат ҳолатда бўлади. Агар термометр қаршилиги ўзгарса, рамачалардан бирида ток кучаяди, шу сабабли моментлар мувозанати бузилади, қўзғалувчан система эса ҳаракатга келади. Токи кучайган рамача магнит индукцияси кичик тирқишга киради, иккинчи рамача эса магнит индукцияси катта тирқишга киради. Маълум бир ҳолатда рамачалар моменти мувозанатлашади, яъни

$$C_1 B_1 I_1 = C_2 B_2 I_2 \qquad (2.69)$$

Бу тенгламадан

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{C_2}{C_1} \cdot \frac{B_2}{B_1} = C \frac{B_2}{B_1} \qquad (2.70)$$

келиб чиқади. I_1 ва I_2 нинг таъминлаш манбаи E орқали ифодаланган қийматларни қўйсак, қуйидаги натижага эга бўламиз:

$$\frac{\dfrac{E}{R+R_1}}{\dfrac{E}{R_t+R_2}} = \frac{R_t+R_2}{R+R_1} = C \cdot \frac{B_2}{B_1} \qquad (2.71)$$

$B = f(\varphi)$ бўлгани учун

$$\frac{B_2}{B_1} = f(\varphi), \qquad (2.72)$$

Шунинг учун

$$\frac{R_t+R_2}{R+R_1} = f(\varphi), \qquad (2.73)$$

$$\varphi = f\left(\frac{R_t + R_2}{R + R_1}\right); \qquad (2.74)$$

R, R_1 ва R_2 — доимий катталиклар бўлгани учун қўзғалувчан системанинг бурилиш бурчаги термометр қаршилиги қийматига боғлиқ:

$$\varphi = f(R_t) \qquad (2.75)$$

Шундай қилиб, қўзғалувчан системанинг бурилиш бурчаги ёки M_1 ва M_2 моментлар тенг бўлгандаги (системанинг мувозанат ҳолати) логометр кўрсатиши термометр қаршилигига боғлиқ ва таъминлаш кучланишига боғлиқ эмас.

Тенгламаларни келтириб чиқаришда таянчлардаги ишқаланиш, иссиқлик ўтқазувчиларнинг қаршилик моментлари, қўзғалувчан системанинг инерция моментлари ва қатор бошқа омиллар эътиборга олинмади. Шунинг учун амалда логометрнинг кўрсатиши билан таъминлаш кучланиши орасида қандайдир боғланиш бор.

Логометрнинг сезгирлигини ошириш ва температура компенсациясини амалга ошириш имконияти бўлиши учун симметрик кўприкли ўлчаш схемасига эга бўлган логометр қўлланади.

Кўчма асбоблар учун логометрларнинг аниқлик синфи 0,2; 0,5 ва 1,0 ни, шчитда ўрнатилган стационар асбоблар учун 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 ва 2,5 ни ташкил этади. Логометрлар кўрсатувчи, ўзи ёзар бўлиши, шунингдек, сигнал бериш ва ростлаш учун қўшимча қурилмалари бўлиши мумкин.

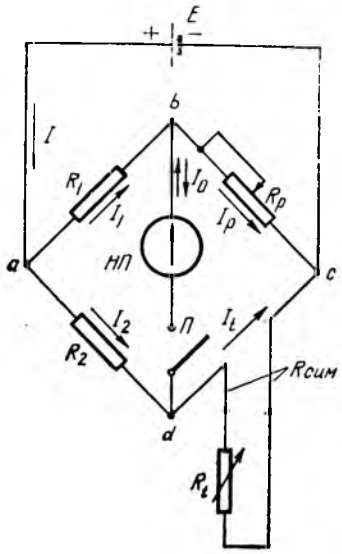
Қаршиликлар ўлчашнинг кўприк схемаси

Термометрлар қаршилигини ўлчаш учун электротехникада фойдаланиладиган одатдаги мувозанатлаштирилган ва мувозанатлаштирилмаган кўприк схемаларини қўллаш мумкин.

Мувозанат кўприклари икки хил: лабораторияда (ноавтоматик) ва саноатда ишлатиладиган (автоматик) бўлади. Ярим ўтказгичли термоқаршиликларнинг ўлчов асбоби сифатида эса, одатда, мувозанатлаштирилмаган кўприклар хизмат қилади.

2.17-расмда қаршилик термометри уланадиган, ўзгармас токда ишлайдиган мувозанатлаштирилган кўприкнинг принципиал схемаси келтирилган. Кўприк иккита доимий қаршиликлар (резисторлар) R_1 ва R_2, реохорд $R_р$, қаршилик термометри R_t ва улайдиган симларнинг қаршиликлари $R_{сим}$ дан иборат. Кўприкнинг бир диагоналига Е ўзгармас ток манбаи, иккинчисига эса алмашлаб улагич $П$ орқали ноль индикатор НП уланади. Реохорд $R_р$ нинг сирпанғичи силжиши туфайли кўприкнинг эришилган мувозанат ҳолатида унинг диагоналидаги ток кучи нолга тенг бўлади. Шу пайтда кўприкнинг b ва d учларидаги потенциаллар тенг бўлади. I манба кўприкнинг a учида иккига — I_1 ва I_2 га бўлинади.

Демак, R_1 ва R_2 қаршиликлар бир-бирига тенг бўлгани учун қуйидаги тенгламани ёзиш мумкин:



2.17- расм. Мувозанатлаштирилган кўприкнинг принципиал схемаси.

$$R_1 I_1 = R_2 I_2 \qquad (2.76)$$

Кўприкнинг *bc* ва *cd* елкаларидаги потенциаллар ҳам тенг бўлади, яъни

$$I_p R_p = I_t (R_t + 2R_{сим}) \qquad (2.77)$$

(2.76) тенгламани (2.77) тенгламага бўлсак

$$\frac{R_1 I_1}{R_p I_p} = \frac{R_2 I_2}{(R_t + 2R_{сим}) I_t} \qquad (2.78)$$

Агар $I_0 = 0, I_1 = I_p$ ва $I_2 = I_t$ бўлса,

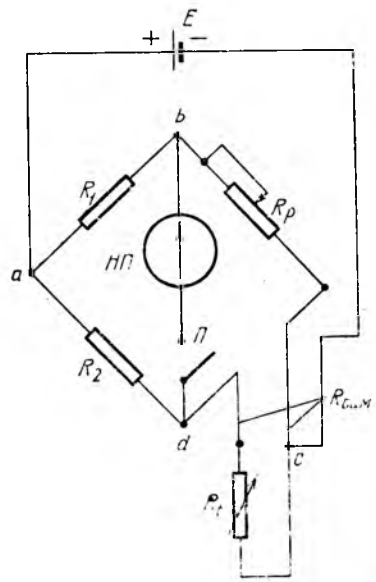
$$R_1 (R_t + 2R_{сим}) = R_p R_2 \qquad (2.79)$$

$$R_t = R_p \frac{R_2}{R_1} - 2R_{сим} \qquad (2.80)$$

Агар атрофдаги температурани доимий деб ҳисобласак, $2R_{сим} = \text{const}$.

У ҳолда (2.80) тенглама қуйидаги кўринишни олади:

$$R_t = K \cdot R_p - K_1 = f(R_p). \qquad (2.81)$$



2. 18- расм. Уч симли улаш схемаси.

Шундай қилиб, R_t ўзгариши билан реохорд қаршилиги R_p ни ўзгартириб, кўприкни мувозанат ҳолатга келтириш мумкин. Ўлчанаётган муҳит температурасининг ўзгариши катта бўлиб, R_p нинг ўзгариши сабабли юзага келадиган хатолик миқдори кўпайиб кетиш хавфи пайдо бўлганда, қаршилик термометрининг уч симли улаш схемаси қўлланади (2. 18- расм). Бундай улаш усулида бир симнинг қаршилиги R_t қаршиликка, иккинчи симнинг қаршилиги эса R_p ўзгарувчи қаршиликка қўшилади. Кўприк мувозанатининг тенгламаси қуйидагича бўлади:

$$R_t + R_{сим} = (R_p + R_{сим}) \frac{R_2}{R_1}, \qquad (2.82)$$

$R_1 = R_2$ бўлса,

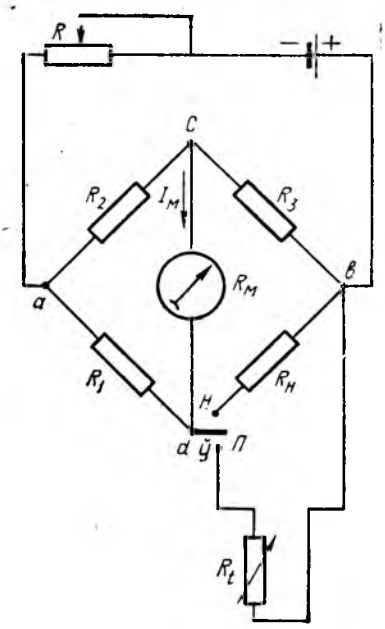
$$R + R_{сим} = R_p + R_{сим} \qquad (2.83)$$

Бу тенгламадан кўриниб турибдики, уч симли схемада симларнинг қаршилиги ўлчаш натижасига таъсир қилмайди.

Уч симли схемаларда ҳар бир линиядаги алоҳида мослаш қаршиликлари ёрдамида берилган $R_{сим}$ қийматгача олиб борилади. Мувозанатлаштирилган кўприк схемаларининг камчилиги (қўл манипуляциясини бажариш зарурияти) мувозанатлаштирилмаган кўприклар схемасида бартараф этилган.

Мувозанатлаштирилмаган кўприклар температурани ўлчаш учун қаршилик термометрлари билан биргаликда ҳам қўлланилади. Аммо улардан газ анализаторларида, концентраторларда ва қатор ўлчаш воситаларида кенг фойдаланилади.

Мувозанатлаштирилмаган кўприклар температурани бевосита ўлчаш имконини беради. 2. 19- расмда бу кўприкнинг схемаси келтирилган: R — ростлаш қаршилиги; R_1, R_2, R_3 — кўприкнинг доимий қаршиликлари; $R_м$ — милливольтметр қаршилиги; $R_н$ — назорат қаршилиги; Н (назорат) ҳолатидан Ў ўлчаш ҳолатига ўтказиш алмашлаб улагичи — $П$; R_t — қаршилик термометри; $П$ — Ў ҳолатда турганида R_t нинг ўзгариши билан милливольтметр орқали таъминлаш кучланишига тўғри мутаносиб бўлган ток ўтади. Демак, ток ўзгармас бўлиши керак, бу вазифани ростлаш қаршилиги R бажаради. Таъминлаш кучланишини назорат қаршилиги $R_н$ бажаради. $R_н$ нинг миқдори шундай танланиши керакки, қаршилик уланганда асбоб стрелкаси шкаладаги қизил чизиқли белгини кўрсатсин.



2. 19- расм. Мувозанатлаштирилмаган кўприкнинг принципиал схемаси.

R_t қаршилик ўзгарганда, алмашлаб ўлагич Ў вазиятда турганида, милливольтметр орқали кучи шу ўзгаришига тўғри пропорционал бўлган ток ўтади:

$$I_м = U_{ab} \cdot \frac{R_2R_t - R_1R_3}{K} \qquad (2.84)$$

Бунда К ($Ом^3$ ларда) ушбу қийматга тенг:

$$R_м(R_1 + R_t)(R_2 + R_3) + R_2R_3(R_1 + R_t) + R_1R_t(R_2 + R_3) \qquad (2.85)$$

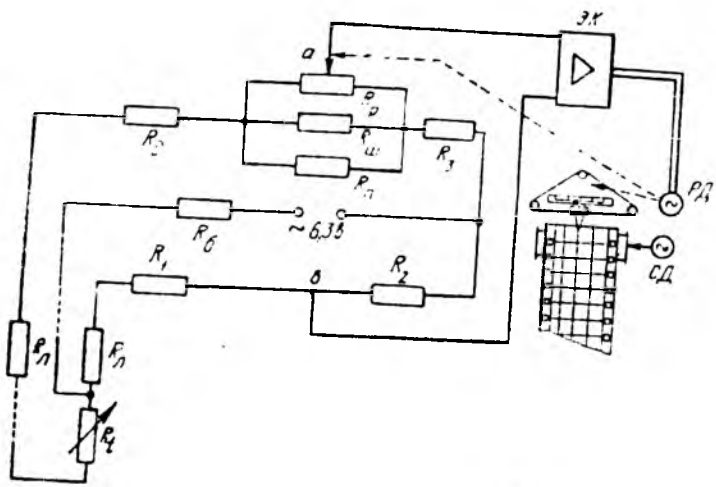
(2. 84) тенгламадан кўринадики, милливольтметр орқали ўтади-

ган ток кучи таъминлаш кучланиши U_{ab} га тўғри пропорционал, демак токни ўзгармас сақлаб туриш керак экан.

Мувозанатлаштирилмаган кўприкларнинг афзалликларига схемасининг мувозанатлаштирадиган қурилмани талаб этмайдиган соддалигини, кичик қаршиликларни ўлчаш учун ишлатиш мумкинлигини киритиш мумкин. Мувозанатлаштирилмаган кўприкларнинг камчиликларига кўрсатишларининг таъминлаш кучланиши ўзгаришига боғлиқлигини, кўприк шкаласининг чизиқсизлигини киритиш мумкин.

Мувозанатлаштирилган автоматик кўприкларда реохординг сирпанғичи автоматик равишда силжийди. Бундай кўприкларнинг ўлчаш схемаси ўзгармас ёки ўзгарувчан ток манбаидан таъминланади. Ўзгарувчан ток мувозанатлаштирилган кўприкларида актив қаршиликлар ҳал қилувчи аҳамиятга эга, шунинг учун ўзгармас ток кўприклари учун чиқарилган юқоридаги тенгламалар ўзгарувчан кўприклар учун ҳам ярайди. Ўзгарувчан ток мувозанатлаштирилган кўприклари бир қатор афзалликларга эга; ўлчаш схемаси куч трансформаторининг бир ўрамидан таъминланади, яъни қўшимча таъминлаш манбаи талаб қилинмайди, шу билан бирга тебраниш ўзгартгич (виброўзгартгич) нинг ҳам зарурияти бўлмайди. Мувозанатлаштирилган автоматик кўприкларнинг тури кўп, лекин уларнинг иш принципи бир хил. Мисол сифатида кўрсатувчи ва ўзиёзар мувозанатлаштирилган автоматик кўприкнинг ўзгарувчан токдан таъминланувчи принципиал схемаси 2.20-расмда кўрсатилган.

Кўрсатувчи мувозанатлаштирилган кўприклар ҳам шу принципиал схема бўйича ишлайди, лекин уларда ёзув блоки йўқ. 2. 20- расмда-



2. 20- расм. Мувозанатлаштирилган автоматик кўприкнинг принципиал схемаси.

ги принципиал схемада қуйидаги шартли белгилар қабул қилинган: $R_р$ — реохорд; $R_ш$ — реохорд шунти; у $R_р$ қаршилигини белгиланган қийматга етказиб туриш учун хизмат қилади; $R_п$ — ўлчаш оралиғини белгилаш қаршилиги; $R_д$ — шкала бошланғич қийматини ростловчи қўшимча қаршилик; R_1, R_2, R_3 — кўприк схемасининг қаршиликлари; $R_б$ — ток чекловчи балласт қаршилик; R_t — қаршилик термометри; $R_л$ — линия қаршилигини ростловчи қаршилик; *ЭК* — электрон кучайтиргич; РД — асинхрон конденсаторли реверсив двигатель; СД — диаграмма лентасини силжитувчи синхрон двигатель.

Кўприкли ўлчаш схемасидаги барча қаршиликлар манганин симдан тайёрланади. 2.20-расмдан кўриниб турибдики, қаршилик термометри уч симли ўлчаш схемаси усулида уланган. Бу ҳолда термометрни кўприк билан улайдиган симларнинг қаршилиги кўприкнинг R_t ва R_1 елкаларига тақсимланади. Шунинг учун атроф муҳит температурасининг ўзгариши натижасида уланган симлар қаршилигининг ўзгариши сабабли ҳосил бўлган хатолик миқдори камаяди. Термометр қаршилиги R_t нинг ўзгариши натижасида кўприк схемасининг мувозанати йўқолади, *а* ва *b* чўққилардан кучайтиргичнинг кириш қисмига нобаланс кучланиш келади. Кучайтиргич бу кучланишни реверсив двигатель ишга тушгунча кучайтиради. Двигателнинг чиқиш вали реохорд сирпанғичи ва каретка билан кинематик боғланганлиги учун бу вал уларни нобалласт кучланиш камайиб, нолга тенг бўлгунча силжитади. Кўприк схема мувозанат ҳолатига келганда реверсив двигателнинг ротори тўхтайди, реохорд сирпанғичи эса кўрсаткичли каретка билан бирга ўлчанаётган термометр қаршилигига тенг холатни эгаллайди.

Ўзгармас ток манбаидан ишлайдиган мувозанатлаштирилган кўприкнинг ўлчаш схемаси ҳам юқоридагига ўхшаш, фақат унинг электрон кучайтиргичи тебраниш ўзгартгичи билан таъминланган. Шунинг учун унинг кучайтириш узели потенциометрникига ўхшаш.

Мувозанатлаштирилган автоматик кўприклар қуйидаги афзалликларга эга: 1) кўприкнинг кўрсатиши таъминлаш кучланишига боғлиқ эмас; 2) асбобнинг кўрсатиши температура ўзгариши билан чизиқли боғланган; 3) ўлчашлар (кўприкни мувозанатлаштириш) автоматик амалга оширилади; 4) термоқаршилик улашнинг уч симли усули улаш симлари қаршилигининг ўзгаришидан ҳосил бўлган кўрсатишлардаги хатолигини кескин камайтириш ёки ҳатони йўқотиш имконини беради.

Камчиликларига қуйидагилар киради: 1) схемада мувозанатлаштириш учун қурилманинг зарурлиги; 2) кичик қаршиликларни ўлчаш қийинлиги ёки мутлақо мумкин эмаслиги.

АВТОМАТИК КЎПРИКЛИ ЎЛЧАШ СХЕМАСИНИ ҲИСОБЛАШ

Кўп ҳолларда температурани қаршиликнинг стандарт термометрлари ёрдамида ўлчаганда типавий ўлчаш схемали мувозанатлашган кўприкни танлаш мумкин бўлади. Кўприкни янгидан даражалаш зарурати туғилганда мувозанатлаштирилган автоматик кўприкнинг ўлчаш схемасини ҳисоблаб чиқилади (2.20- расм).

Температура ўзгариш оралиғининг қийматлари $(t_c - t_б)$ бўйича қаршилик термометрларининг танланган тури учун термометр қаршилиги даражаланган характеристика R_{tc} ва $R_{tб}$ бўйича аниқланади. Максимал сезгирлик шартига кўра $R_2 = R_3$ (одатда 300, 400 ёки 600 Ом) ва $R_1 = R_t$ деб олинади. Реохорднинг эквивалент қаршилиги $R_р$, одатда, 90 Ом га тенг деб олинади. Унда шунт миқдори $R_ш$ реохорд қаршилигига тенг бўлади ва реохордни $R_р = 90$ Ом гача мосланганда топилади. Резистор қаршилиги $R_д = 4{,}5$ Ом. Ўзгарувчан токли мувозанатлаштирилган автоматик кўприк схемасида $R_л = 2{,}5$ Ом (мословчи ғалтакли алоқа линияси қаршилиги); $R_б = 450$ Ом (ўлчаш схемасида ток кучини чегаралаш учун балласт қаршилик). Схема параметрларининг юқорида берилган қийматларидан R_1 ни топамиз:

$$R_1 = \frac{R_д + R_{tб} - R_2 - 0{,}5R_л + Ф}{2}, \qquad (2.86)$$

бунда

$$Ф = \sqrt{(R_2 + 0{,}5R_л - R_{tб} - R_д)^2 + 4(R_2R_д + 0{,}5R_л R_{tб}) + R_д R_{tc} + 0{,}5R_л R_д}$$

Кейин реохорд занжирининг параллел уланган $R_р$, $R_ш$ ва $R_п$ қаршиликларидан тузилган келтирилган қаршилиги $R_{пр}$ топилади. Реохорд сирпанғичининг чап ва ўнг четки ҳолатлари учун кўприкнинг ўлчаш схемаси мувозанати шартидан тенгламалар тузилади:

$$(R_{tc} + 0{,}5R_л + R_д)\cdot R_2 = (R_1 + 0{,}5R_л)\cdot(R_в + R_{пр}); \qquad (2.87)$$

$$(R_{tб} + 0{,}5R_л + R_д + R_{пр})\cdot R_2 = (R_1 + 0{,}5R_л)\cdot R_3 \qquad (2.88)$$

(2. 88) ни (2. 87) дан мос равишда айириб ва ҳосил бўлган тенгламани $R_{пр}$ га нисбатан ечиб топамиз:

$$R_{пр} = R_2(Rt_c - R_{tб})/R_1 + R_2 + 0{,}5R_л. \qquad (2.89)$$

Шкаланинг сўнги қийматини аниқловчи резистор қаршилиги $R_п$ ушбу

$$R_п = R_э\cdot R_{пр}/(R_э - R_{пр}) \qquad (2.90)$$

формула билан топилади ва шу миқдорни реохорддан фойдаланишнинг тўла эмаслигини ҳисобга олиш учун 5 — 7 % га орттирилади.

Термометрнинг ундан ўтаётган токка қараб максимал қизиши шу токни чегаралайди, яъни $I_{қиз} \leqslant 0{,}007$ А. Бундан балласт резистор қаршилигининг сон қиймати топилиши мумкин:

$$R_б = \frac{U - I_{қиз}\,/R_{tб} + R_д + R_з + R_{пр} + 0{,}5\ R_п}{2I_{қиз}} \qquad (2.91)$$

бунда U — кўприкли ўлчаш схемасини таъминлаш кучланиши, у 6,3 В га тенг.

ҚАРШИЛИКЛАРНИ ЎЛЧАШНИНГ КОМПЕНСАЦИОН УСУЛИ

Аниқ ўлчашларда, яъни хатоликларга йўл қўйилмаслик ёки хатоликлар минимумга келтирилиши лозим бўлганда, шунингдек, паст температураларни ўлчашда ўлчашнинг компенсацион усули тарқалган. Бу усулнинг моҳияти қуйидагидан иборат: ўлчанаётган резисторда ва у билан кетма-кет ўлчанаётган намуна резисторда кучланиш тушуви таққосланади 2.21-расмда қаршиликни компенсацион усулда ўлчаш схемаси кўрсатилган. Резисторлардаги кучланиш тушуви, одатда, потенциометр ёрдамида ўлчанади. Бу ҳолда таъминлаш кучланиши ўлчаш натижасига таъсир этмайди, шунингдек, ўлчаш симлари қаршилигининг таъсири бутунлай йўқотилади, чунки ўлчаш пайтларида потенциометрни ўлчаш резистори билан улайдиган асбобларда ток нолга тенг бўлади.

Ўлчанаётган резистор $R_ў$ намуна резистор $R_н$ (2.21-расм) билан кетма-кет уланган. Намуна резистор сифатида қаршилик магазинлари ёки қаршиликнинг намуна ғалтакларидан фойдаланилади. Занжирдаги ўлчаш токи ўзгарувчан резистор R ёрдамида ўрнатилади.

Бир томондан, ток намуна резисторда кучланиш тушуви бўйича аниқланади:

$$I = U_н/R_н \qquad (2.92)$$

бунда $U_н$ — намуна резисторда кучланиш тушуви, mB; $R_н$ — намуна резистор қаршилиги, Ом.

Иккинчи томондан,

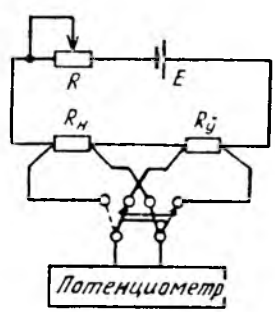
$$I = U_ў/R_ў \qquad (2.93)$$

бунда $U_ў$ — ўлчанаётган резисторда кучланиш тушуви, mB; $R_ў$ — ўлчанаётган резисторнинг номаълум қаршилиги, Ом.

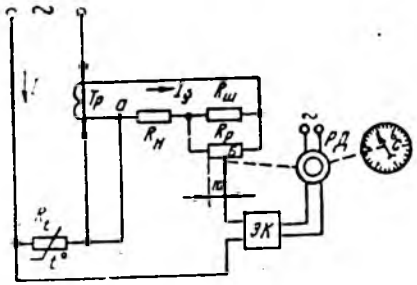
(2.92) ва (2.93) лардан ўлчанаётган резистор қаршилигини топамиз:

$$R_ў = R_н \cdot U_ў/U_н \qquad (2.94)$$

Кўрилган вариантда компенсацион усул механик ўлчашлар учун ноқулай, чунки резистор қаршилигини топиш учун навбат билан ўлчанаётган намуна ре-



2.21-расм. Қаршиликни ўлчаш компенсацион усулининг схемаси.



2. 22- расм. Кичик температураларни ўлчаш учун автоматик компенсацион асбобнинг схемаси.

зистордаги кучланиш тушуви ни ўлчаш лозим ва сўнгра ўл чанаётган резистор қаршили гини ҳисоблаш керак.

Термометрларнинг кичи қаршиликларини техник ўл чаш учун автоматик компен сацион асбоблар ишлаб чи қилган, улар компенсацион ўлчаш усулининг ижобий хос саларига эга. Термометрни улашнинг тўрт симли схемаси симлар қаршилигининг ўлчаш натижаларига таъсирини бутунлай бартараф этиш имконини беради.

Кичик температураларни ўлчаш учун ўзгарувчан ток автоматик компенсацион асбобнинг принципиал схемаси 2. 22- расмда келтирилган. Қаршилик термометри R_t таъминлаш манбаидан ўзгарувчан I ток билан таъминланади. Асбобнинг ўлчаш схемаси $T_р$ ток трансформаторидан шундай таъминланадики, ўлчаш токи $I_ў = K \cdot I$ бўлади. Агар термометрда кучланиш U_{ab} кучланиш билан компенсация қилинмаган бўлса, унда кучайтиргич киришига сигнал берилади. Бу сигнал реверсив двигателни ва реохорд сирпанғичи $R_р$ ни кучланиш U_{ab} кучланиш тушувини (R_t да) мувозанатлаштирмагунча ҳаракат қилишга (силжишга) мажбур қилади. Бу ҳолда қуйидаги тенглик бажарилади:

$$IR_t = U_{ab} = I_ў \cdot R_{ab}$$

ёки

$$IR_t = K \cdot I (R_н + mR_{пр}), \qquad (2.95)$$

бунда

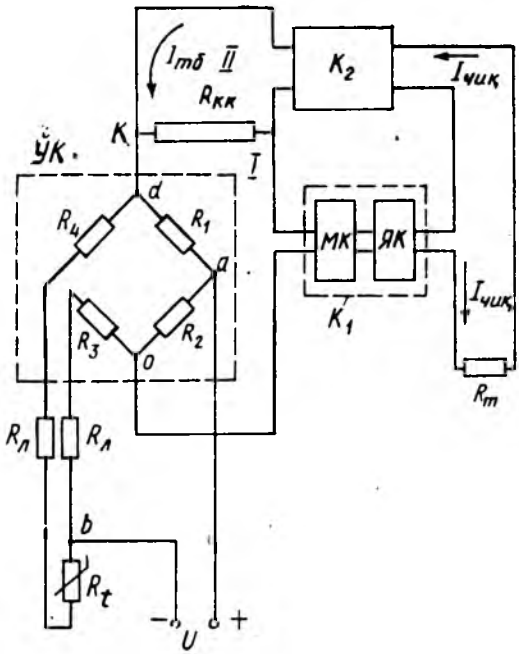
$$R_{пр} = \frac{R_р \cdot R_ш}{R_р + R_ш}$$

$$R_t = K (R_н + m \cdot R_{пр}). \qquad (2. 96)$$

$R_н$ резистор асбоб шкаласининг саноқ бошини белгилашга хизмат қилади, $R_ш$ эса ўлчаш диапозонини ўрнатади. Трансформация коэффициенти K ни амалда ўзгармас деб қараб, асбоб кўрсатишлари m таъминот кучланиши тебранишига ва термометрни улаш симлари қаршилигининг ўзгаришига боғлиқ эмас, деб ҳисоблаш мумкин.

ҚАРШИЛИК ТЕРМОМЕТРИНИНГ МЕЪЁРЛОВЧИ ЎЗГАРТҚИЧЛАРИ

Қаршилик термо ўзгарткичи ёрдамида олинган ахборотни ЭҲМ га ёки автоматик ростлаш системасига киритиш учун чиқишда 0 — — 5 mA ўзгармас ток сигналини шакллантирувчи меъёрловчи ўзгарт-



2. 23- расм. Қаршилик термометри билан ишлайдиган меъёрловчи ўзгарткичнинг схемаси.

кичлардан фойдаланилади. Қаршилик термометри билан бирга ишловчи меъёрловчи токли ўзгарткичнинг схемаси 2. 23- расмда кўрсатилган. Бу ўзгарткич схемасига ва ишлаш принципига кўра термоэлектр термометр билан бир комплектда ишловчи меъёрловчи ўзгарткичга ўхшаш (2. 12- расмга қаранг). Бу схемаларнинг фарқи шундаки, ўзгарткичда тузатувчи кўприк ТК ўрнида ўлчов номувозанат кўприги ЎК фойдаланилади, унинг елкаларидан бирига уч ўтказгичли схема бўйича қаршилик термо ўзгарткичи R_t уланган. Қолган қаршиликлар манганиндан ясалган. $R_л$ қаршиликлар уловчи ўтказгичлар қаршиликларини номинал қийматга мослаш учун хизмат қилади. Кўприкнинг *ab* диагоналига ўзгармас токнинг барқарорлаштирилган U кучланиши уланган. Ўзгарткичнинг чиқиш токи $I_{чиқ}$ кўприкнинг ўлчов диагоналидаги U_{cd} кучланишга пропорционал ва улар орасидаги муносабат (2. 61) га мос ҳолда берилиши мумкин:

$$I_{чиқ} = K_к \cdot U_{cd} \qquad (2.97)$$

$U_{cd} = K_к \cdot R_t$ бўлгани учун (бунда $K_к$ — кўприкни ўзгартириш коэффициенти)

$$I_{чиқ} = K_к \cdot K \cdot R_t. \qquad (2.98)$$

Шундай қилиб, меъёрловчи ўзгарткичнинг токли сигнали қаршилик термометри қаршилигига пропорционал. Мазкур ўзгарткичнинг аниқлик синфлари 0,6—1,5.

II.6-§. НУРЛАНИШ ПИРОМЕТРЛАРИ

Назарий асослар

Юқорида кўрилган, температурани ўлчашга мўлжалланган барча термометрлар термометрнинг сезгир элементи билан ўлчанаётган жисм ёки муҳит орасида бевосита контакт бўлишини тақозо этар эди. Шунинг учун температурани ўлчашнинг бундай усуллари баъзан контактли усуллар деб юритилади. Бу усулни қўллашнинг юқори чегараси 1800...—2500°С. Аммо саноатда ва тадқиқотларда бундан юқори температураларни ҳам ўлчашга тўғри келади. Бундан ташқари, кўпинча ўлчанаётган жисм ва муҳит билан термометрнинг бевосита контакти мумкин бўлмайди. Бундай ҳолларда температурани ўлчашнинг контактсиз воситалари қўлланилади.

Нурланиш пирометрларининг ишлаш принципи қиздирилган жисмнинг иссиқлиги таъсирида ҳосил бўлган нурланиш энергиясини ўлчашга асосланган. Нурланиш пирометрлари 20 дан 6000°С гача бўлган температураларни ўлчашда ишлатилади.

Иссиқлик нурланиши нурланаётган жисм ички энергиясининг электромагнит тўлқинлари тарзида тарқалиш жараёнидан иборат. Бу тўлқинлар бошқа жисмлар томонидан ютилганда улар қайтадан, яна қайтадан иссиқлик энергиясига айланади. Жисмлар узунлигига тенг бўлган электромагнит тўлқинларни 0 дан ∞ гача бўлган оралиқда тарқатади. Қаттиқ ва суюқ жисмларнинг кўпи нурланишнинг узлуксиз спектрига эга, яъни барча узунликлардаги тўлқинларни тарқатади. Бошқа жисмлар (соф металлар ва газлар) нурланишнинг селектив спекторига эга, яъни улар тўлқинларни спектрнинг маълум участкаларидагина тарқатади. Тўлқин узунлиги $\lambda = 0{,}4$ дан $\lambda = 0{,}76$ мкм гача бўлган участка кўринадиган спектрга мос келади. Кўринадиган спектрнинг ҳар бир тўлқин узунлиги маълум рангга мос келади.

$\lambda \approx 0{,}4$ дан $\lambda \approx 0{,}44$ мкм гача бўлган тўлқин узунликлари тўқ бинафша рангга, $\lambda \approx 0{,}44$ дан $\lambda \approx 0{,}49$ мкм гача — кўк зангори, $\lambda \approx 0{,}49$ дан $\lambda \approx 0{,}59$ мкм гача тўқ ва оч яшил; $\lambda \approx 0{,}58$ дан $\lambda \approx \approx 0{,}63$ мкм гача — сариқ — тўқ сариқ; $\lambda \approx 0{,}63$ дан $\lambda \approx 0{,}76$ мкм гача — оч ва тўқ қизил рангга мос келади.

$\lambda \approx 0{,}76$ узунликдаги тўлқинлар кўринмайдиган инфрақизил иссиқлик нурига киради.

Қиздирилган жисм температурасини орттириб борган сари ва унинг ранги ўзгариб бориши билан спектрал энергетик равшанлик, яъни маълум узунликдаги тўлқинлар (равшанлик) тезда ортади, шунингдек, йиғинди (интеграл) нурланиш сезиларли ортади. Қиздирилган жисмларнинг кўрсатилган хоссаларидан уларнинг температурасини ўлчашда фойдаланилади. Шу хоссаларга қараб нурланиш пирометрлари квазимонохро-

матик (оптик) спектрал нисбатли (рангли) ва тўлиқ нурланишли (радиацион) пирометрларга бўлинади.

Назарий жиҳатдан абсолют қора жисмнинг нур чиқариши ҳодисасигина асосланиши мумкин, унда нур чиқариш коэффициенти деб 1 қабул қилинади. Агар жисм ўзига тушаётган нур энергиясини бутунлай ютса, у жисмни абсолют қора жисм дейилади. Барча реал физик жисмлар ўзига тушаётган нурларнинг бирор қисмини қайтариш қобилиятига эга. Шунинг учун жисмнинг нур чиқариш коэффициенти бирдан кичик, шу билан бирга у маълум жисм табиатига ҳам, унинг сиртқи ҳолатига ҳам боғлиқ. Табиатда абослют қора жисм йўқ, аммо ўз хоссаларига кўра абсолют қора жисмга яқин бўлган жисмлар мавжуд. Масалан, қора ғадир-будир бўёқ (нефть қуруми) билан қопланган жисм барча нур энергиясини 96% гача ютади.

Спектрал энергетик равшанлик ва интеграл нурланиш модданинг физик хоссаларига боғлиқ. Шунинг учун пирометрлар шкаласи мутлақ қора жисм нурланиши бўйича даражаланади. Температура ортиши билан спектрал энергетик равшанликнинг ортиши турли узунликдаги тўлқинлар учун турлича ва нисбатан унча юқори бўлмаган температуралар соҳасида абсолют қора жисм учун Вин тенгламаси билан тавсифланади:

$$E_{0\lambda} = C_1 \cdot \lambda^{-5} \cdot e^{-\frac{C_2}{\lambda T}} \qquad (2.99)$$

бунда $E_{0\lambda}$ — λ узунликдаги тўлқин учун абсолют қора жисмнинг спектрал энергетик равшанлиги; T — жисмнинг мутлақ температураси; C_1 ва C_2 — нурланишнинг қабул қилинган бирликлар системасига боғлиқ бўлган константалари қиймати; $C_1 = 2\pi hC^2$, h — Планк доимийси; C — ёруғлик тезлиги; $C_2 = NhC/R_г$, N — — Авогадро доимийси; $R_г$ — универсал газ доимийси; e — натурал логарифм асоси.

Турли узунликдаги тўлқинларнинг спектрал энергетик равшанлиги бир хил бўлмагани учун Вин тенгламасини оптик пирометрияда маълум узунликдаги тўлқинлар учун қўлланилади (одатда тўлқин узунлиги 0,65 ёки 0,66 мкм бўлган қизил ранг учун). Вин тенгламасидан тахминан 3000 К гача бўлган температуралар учун фойдаланса бўлади. Ундан ҳам юқорироқ температураларда мутлақ қора жисмнинг нурланиш жадаллиги Планк тенгламаси билан характерланади:

$$E_{0\lambda} = C_1 \lambda^{-5} \left(e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1\right)^{-1} \qquad (2.100)$$

Мутлақ қора жисмнинг интеграл нурланиши Стефан — Больцман тенгламаси билан тавсифланади:

$$E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100}\right)^4, \qquad (2.101)$$

бунда C_0 — мутлақ қора жисмнинг нурланиш доимийси; T — нурланаётган сиртнинг мутлақ температураси, К.

Реал физик жисмлар энергияни мутлақ қора жисмга қараганда камроқ жадаллик билан нурлантиради. Квазимонхроматик пирометр билан ҳам тўла нурланиш пирометри билан ўлчаш натижасида шартли температура деб аталадиган температурага эга бўлинади. Шартли температурадан (равшанлик температурасидан) ҳақиқий температурага ўтиш учун Вин тенгламасини ўзгартиришдан фойдаланилади.

Физик жисмнинг квазимонохроматик пирометр ёрдамида ўлчанган ёруғлик температураси $T_я$ бўйича ҳақиқий температураси T қиймати қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$T = \left(\frac{1}{T_я} - \frac{\lambda}{C_2} \ln \frac{1}{\varepsilon_\lambda} \right)^{-1} \qquad (2.102)$$

бунда $T_я$ — жисмнинг пирометр ёрдамида ўлчанган равшанлик (шартли) температураси, K; λ — тўлқин узунлиги, мкм; C_2 — Вин тенгламаси доимийси; E_λ — жисмнинг берилган тўлқин узунлиги учун қоралик даражаси.

Реал жисм температураси T нинг тўлиқ нурланиш пирометри ёрдамида ўлчанаётган ҳақиқий қиймати қуйидаги формула билан ифодаланади:

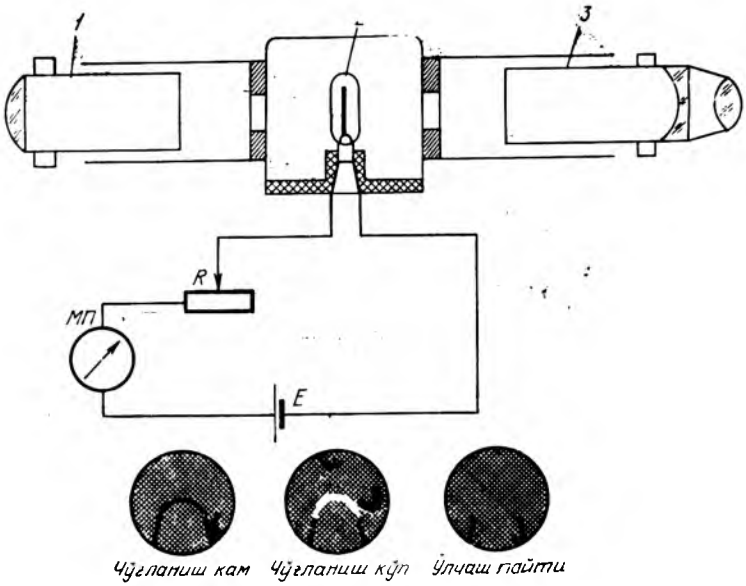
$$T = T_у \sqrt[4]{\frac{1}{\varepsilon}}, \qquad (2.103)$$

бунда $T_у$ — тўлиқ нурланиш пирометри билан ўлчанган шартли температура ε — барча узунликдаги тўлқинлар учун жисмнинг қоралик даражаси.

Квазимонохроматик (оптик) пирометрлар

Оптик пирометрларнинг ишлаш принципи температураси ўлчанаётган жисмнинг нурланиш равшанлигини эталон жисмларнинг монохроматик нурланиш равшанлиги билан солиштиришга асослаган. Эталон жисм сифатида, одатда, нурланиш равшанлиги ростланадиган чўғланиш лампасининг толасидан фойдаланилади. Бу гуруҳдаги кенг тарқалган асбоблардан бири — чўғланиш толаси йўқолиб кетадиган монохроматик оптик пирометрдир. Бу асбобнинг принципиал схемаси 2.24-расмда келтирилган. Қиздирилган жисмнинг нурланиш оқими объектив *1* орқали йиғилади ва пирометрик лампа *2* нинг тоза юзасига проекцияланади. Окуляр *3* ёрдамида объектнинг тасвири билан кесишган лампа толасининг тасвири кузатилади. Лампа толаси таъминлаш манбаи E нинг ўзгармас токидан чўғланади. Манбанинг кучланиши реостат R ёрдамида секин-аста ростлаш йўли билан объект ва тола равшанликлари тенглашгунча ошириб борилади. Шу пайт объект тасвири билан кесишган толанинг қисми, расмда кўрсатилганидек, йўқолиб кетади. Равшанликлари тенглашгандан сўнг ток кучини ёки лампа кучланишини ўлчайдиган асбоб билан пирометр кўрсатишлари ҳисобланади.

Оптик пирометрларнинг температурасини ўлчаш оралиғи 800°C дан 10000°C гача. Йўл қўйиладиган асосий хатоликлар



2. 24- расм. Оптик пирометрнинг принципиал схемаси.

чегараси ±1,5% дан ошмайди. Оптик пирометр кўчма асбобдир. У билан узлуксиз ўлчаш ва температурани қайд қилиш мумкин эмас.

Бундай пирометрдан фарқли ўлароқ, фотоэлементли пирометрлар (фотоэлектр пирометрлар) кўрсатишларни ёзиб олиш ва уларни масофага узатиш имконига эга. Бу асбоблардан тез ўтадиган жараёнлардаги температурани ўлчашда фойдаланилади.

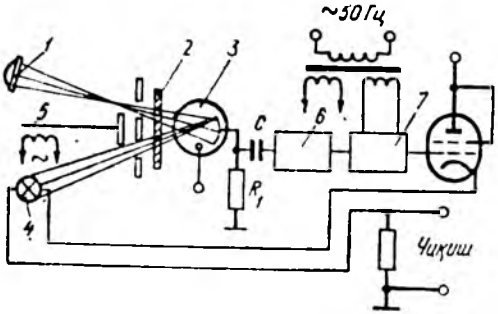
Фотоэлектр пирометрларнинг ишлаш принципи фотоэлементнинг фототокни ўзгартириш хусусиятига асосланган. Фототок тушаётган ёруғлик оқими интенсивлигига боғлиқ бўлиб, унинг кучи қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$I = a \cdot T^n \qquad (2.104)$$

бу ерда a — асбобнинг сезгирлигига боғлиқ бўлган асбоб доимийси; n — асбобнинг спектр характеристикасига боғлиқ бўлган асбоб доимийси; T — физик жисмнинг температураси.

Олинган температуранинг нурланишини характерловчи фототок жуда кичик бўлиб, уни кучайтириш учун электрон кучайтиргичлар қўлланади.

ФЭП (2.25-расм) туридаги фотоэлектр пирометрларда нур оқими бўйича манфий тескари боғланишдан фойдаланилади. Мазкур боғланиш ёруғлиги электрон кучайтиргич чиқишида кучланиш функциясидан иборат бўлган қиздириш лампасининг фотоэлементни ёритиши билан амалга оширилади. Нурланаёт-



2. 25- расм. Фотоэлектр пирометрнинг принципиал схемаси.

ган жисмдан чиқаётган нур оқими линза *1* билан бир жойга йиғилади ва қизил ёруғлик фильтри *2* кассетасининг юқори тешиги орқали фотоэлемент *3* га тушади. Фотоэлементга кассетанинг пастки тешиги орқали ҳам чўғланиш лампаси *4* дан нур оқими тушади. Фотоэлементнинг галма-гал гоҳ нурланаётган жисмдан, гоҳ чўғланиш лампасидан ёритилиши ёруғлик фильтри кассетасининг олдига ўрнатилган ёруғлик модуляторининг 50 Гц частота билан тебранувчи тўсиғи *5* ёрдамида таъминланади.

Ёруғлик фильтри кассетасида тебранувчи тўсиқ ва тешиклар шакли шундай танланганки, фотоэлементга иккала нурланиш манбаининг синусоидал ўзгарувчи нур оқимлари тушади. Бунда иккала нур оқимларининг фазалари 180° га силжиган бўлади.

Фотоэлемент чиқишида фототок пайдо бўлади, унинг катталиги жисм ва лампа томонидан ёритилганлик даражасига боғлиқ. Шу ёритилганликлар тенг бўлмаса, фотоэлемент занжирида ўзгарувчан фототок ҳосил бўлиб, у ё жисм фототоки билан, ё лампа фототоки билан устма-уст тушади. Бу ток фотоэлемент чиқишида R_1 резисторда кучланишнинг синусоидал тушуниши ҳосил қилади, бу кучланиш *C* конденсатор орқали уч каскадли электрон кучланиш кучайтиргичи *6* га узатилади. Фототокнинг нур оқимлари фарқига пропорционал бўлган ўзгарувчи ташкил этувчиси *6* кучайтиргичда кучайтирилади ва фотосезгир детектор *7* орқали электрон лампага ўтказилади. Шу лампа токи чиқиш параметридан иборат. Электрон лампанинг анод занжирига манфий тескари боғланишли лампа *4* уланган. Лампани қиздириш токи ўлчанаётган жисм ва лампанинг ёритилгалинги ўзаро тенг бўлгунча ва фототокнинг ўзгарувчи ташкил этувчиси ўзаро нолга тенг бўлгунча ўзгартириб борилади. Бу билан лампадаги ток кучи ўлчанаётган жисмнинг ёруғлик температураси билан бир қийматли боғлиқ бўлиб қолади.

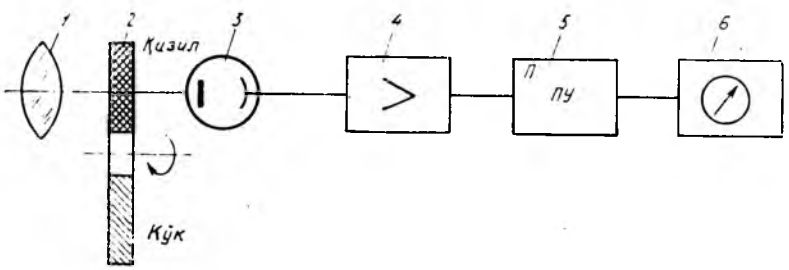
Лампани таъминловчи ток кучи тезкор автоматик потенциометр билан лампа занжиридаги *R* қаршиликдаги кучланиш тушуви миқдори бўйича ўлчанади. Потенциометр ёруғлик температураси даражалари билан даражаланган. Фотоэлектр пирометрнинг ўлчаш чегаралари 800 дан 4000°С гача. Асосий хатолик ўлчаш юқори чегарасининг ±1% ини ташкил этади.

Спектрал нисбатли (рангли) пирометрлар

Рангли ёки спектрал пирометрлар қиздирилган жисмнинг нурланиш спектридаги энергиянинг нисбий тақсимланиши бўйича температурани ўлчашга мўлжалланган. Температура чўғланган жисмнинг спектрида танланган соҳа, масалан, кўк соҳалардаги равшанликлар нисбатидан аниқланади. Агар чўғланган жисмнинг нурланиш спектрида λ_1 ва λ_2 тўлқин узунлигидаги иккита монохроматик нурланиш (қизил ва кўк соҳада) танланса, температура ўзгариши билан бу нурланишлар равшанликларининг нисбати ҳам ўзгаради. Қора бўлмаган жисм учун равшанликлар нисбати қуйидагича ифодаланади:

$$R = \frac{\varepsilon_{\lambda_1}}{\varepsilon_{\lambda_2}} R_к, \qquad (2.\ 105)$$

бунда ε_{λ_1} ва ε_{λ_2} — λ_1 ва λ_2 тўлқин узунликларининг нурланиш қобилияти коэффициенти; $R_к$ — қора жисм учун λ_1 ва λ_2 тўлқин узунликлари равшанлиги нисбати.



2. 26- расм. Фотоэлементли рангли пирометрнинг принципиал схемаси.

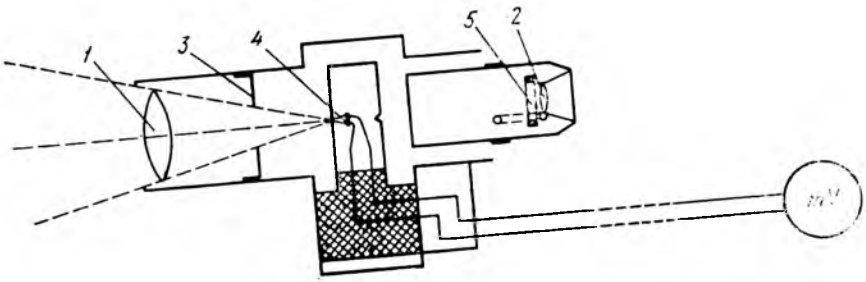
Фотоэлементли рангли пирометрнинг принципиал схемаси 2.26- расмда кўрсатилган. Ўлчанаётган жисмдан чиққан нурланиш объектив *1* орқали ўтиб, фотоэлемент *3* га тушади. Фотоэлемент олдида қизил ва кўк фильтрли айланувчи дисксимон обтюратор *2* ўрнатилган. Фотоэлемент гоҳ қизил, гоҳ кўк ранглар билан ёритилади ва шунга кўра тегишли импульслар чиқаради. Бу импульслар электрон кучайтиргич *4* билан кучайтирилиб, логарифмловчи қурилма *5* орқали ўзгармас токка айлантирилади. Бу ток қайд қилинади. Пирометрнинг ўлчаш чегараси 1400°С дан 2800°С гача. Асосий хатолик миқдори ўлчаш юқориги чегарасининг +1% идан ошмайди.

Ҳозирги вақтда ҳақиқий температура пирометри ПИТ-1 деб аталадиган пирометрлар кенг ёйилмоқда. Улар спектрал нисбатли пирометрдан иборат бўлиб, хотирасида сақланадиган ахборот асосида ҳисобланадиган тузатишни автоматик киритилади. Пирометр 800...2000°С ўлчаш диапазонига мўлжалланган.

ган. Ҳақиқий температурани ўлчаш хатолиги ±1% дан ошмайди.

Тўлиқ нурланиш (радиацион) пирометрлари

Радиацион пирометрлар (тўлиқ нурланиш пирометрлари) қиздирилган жисмнинг температурасини ўлчашга мўлжалланган. Пирометр оптик система (линза, ойна) билан таъминланган. Бу система жисмдан чиққан нурларни митти термобатарея, қаршилик термометри ва ярим ўтказгичли термоқаршиликлардан иборат ўзгартгичга тўплайди. Ўлчаш асбоблари сифатида милливольтметр, автоматик потенциометр ва мувозанатлаштирилган кўприклардан фойдаланилади.



2. 27- расм. Радиацион пирометрнинг принципиал схемаси.

2.27- расмда термобатареяли радиацион пирометрнинг принципиал схемаси кўрсатилган. Пирометр объектив линза *1* ва окулярли телескоп *2* дан иборат. Нурланиш манбаидан чиққан нурларнинг йўлида чекловчи диафрагма *3* ўрнатилган, объектив линза фокусида эса термобатарея 4 жойлашган. Окуляр линза олдига кўзни муҳофаза қилувчи рангли шиша *5* қўйилган. Термобатареяда тўпланган нурлар уни қиздира бошлайди ва нурланишнинг тўлиқ энергиясига пропорционал бўлган ЭЮК пайдо бўлади. Бу ЭЮК милливольтметр билан ўлчанади.

100° дан 4000° гача температурани ўлчайдиган радиацион пирометрларнинг турли конструкциялари мавжуд бўлиб, улар ўзларининг оптик системаси, терможуфтларни улаш схемаси ва бошқа элементлари билан фарқ қилади. Ўзгарткичлари қаршилик термометридан иборат бўлган баъзи радиацион пирометрлар нисбатан кичик, масалан, 20°С дан 100°С гача температураларни ўлчай олади. Ўзгартгич қабул қиладиган нурлар энергиясини аниқ ҳисобга олиш жуда қийин. Чунки ўзгарткич ва атроф муҳит ўртасида ўзаро иссиқлик алмашуви мавжуд. Шунинг учун асбоб ҳисобга олиб бўлмайдиган хатоларга йўл қўйиши табиий.

Лекин шу камчиликларга қарамай, радиацион пирометрлар саноатда жуда кенг қўлланилади. Пирометрларнинг кўрсатиш-

ларини масофага узатиш ёки автоматик равишда ёзиб олиш ва улар ёрдамида температурани ростлаш мумкин. 2500°С гача температурани ўлчашда пирометр кўрсатишларининг хатоси ±1,5%, 2500°С дан ортиқ температурани ўлчаганда эса ±2,5% дан ошмайди.

Сериялаб чиқарилаётган АПИР-С туридаги тўлиқ нурланиш пирометрлари температурани 30 дан 2500°С гача бўлган оралиқда ўлчашга мўлжалланган. Махсус тайёрланган пирометрлар —100 дан +3500°С гача температуралар оралиғида қўлланилади.

II.7-§. ТЕМПЕРАТУРАНИ МАХСУС УЛЧАШ ТЕРМОМЕТРЛАРИ

Қаттиқ жисмлар сиртининг температурасини ўлчаш

Сиртларнинг температурасини контактли ва контактсиз усуллар билан ўлчаш мумкин. Температурани контактли термометрлар билан ўлчашда, одатда, иккита муаммо мавжуд:

1) термометр ва ўлчанаётган сирт температураларининг тенглигини таъминлаш керак;

2) термометр билан ўлчаш жойида температуранинг ёки сиртнинг температура майдонининг бузиб кўрсатилишини йўқотиш зарур.

Термометр ва ўлчанаётган сирт температураларининг тенглигини таъминлаш учун ўлчаш объекти сиртидан термометрга иссиқлик ўтишининг энг яхши шароитларини яратиш лозим. Яхши иссиқлик контактини таъминлаш учун махсус тайёрланган термометрни сиртга елимлаш, кавшарлаш ёки пайвандлаш мақсадга мувофиқ.

Ўлчаш объекти сиртининг температураси ёки температура майдонининг бузилишига термометрнинг ўлчанаётган сиртга қўшимча иссиқлик олиб келиши ёки олиб кетиши сабаб бўлиб, ишлаган вақтида юз беради. Шунинг учун сирт температурасини ўлчаш жойида қўшимча иссиқлик алмашиш бўлмайдиган шароитлар яратиш керак. Баъзан термометр орқали иссиқлик алмашишидан қочиш мумкин бўлмаганда, шу иссиқлик алмашишни температура ўлчанадиган жойдан бошқа жойга кўчиришга ҳаракат қилинади.

Сирт температурасини, масалан, қувур температурасини узлуксиз ўлчаш учун термометрни сиртга махсус қисқич билан тақаб қўйилади. Қувурнинг изоляцияси борлиги ўлчаш жойидан иссиқликни чиқиб кетиши (ёки иссиқлик кириб келиши) амалда мумкин эмаслигини тақозо қилади ва шунинг учун термометр сирт температурасини бузиб кўрсатмайди.

Ҳаракатдаги сиртларнинг (валларнинг, каландрларнинг ва б.) температурасини ўлчаш анчагина мураккаб. Бундай ҳолда нурланиш бўйича контактсиз ўлчаш усулларидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ, аммо бу усулларни қўллашни амалга ошириб бўлмайди, чунки ўлчанаётган сиртни тўғридан-тўғри

кўриш мумкин эмас ва ҳ. Шунинг учун контактли термометрлар кенг қўлланилади. Бунда иссиқлик қабул қилгич (термоприёмник) билан температураси ўлчанаётган сиртнинг ишқаланишига боғлиқ бўлган қатор қўшимча хатоликлар пайдо бўлади. Шу хатоликлар термоприёмник контактининг тўғрилигига, назорат қилинаётган сирт тозалигига ва бошқа омилларга боғлиқ. Сирт айланма ҳаракат қилганда сигналнинг узатилиши айланма контактли қурилма орқали амалга оширилади. Унинг содда варианти контакт халқаларидир.

Аланга (газ оқимларининг) температурасини ўлчаш

Аланга температурасини ўлчашнинг ўзига хос хусусиятлари ва қийинчиликлари бор. Ўлчаш усулини танлашда ўлчанаётган температуралар даражаси, мақбул аниқлик ва аланга тури таҳлил қилинади. Аланга температураси кўпгина саноат қурилмаларида 1600...1900°С атрофида бўлади. Уни нурланиш пирометрлари ёки контактли термометрлар ёрдамида ўлчанади. Бу температурани нурланиш бўйича ўлчаганда уни пирометрнинг визирлаш ўқи бўйлаб фазовий ўрталаштириш юз беради. Ўлчаш натижаларига алангадаги нурланиш компонентлари таъсир этади. Пирометр қабул қиладиган тўлқинлар узунлигини танлаш катта аҳамият касб этади. Газларнинг нур тарқатмайдиган иссиқ ёки совуқ зоналарини махсус бўямасдан туриб, пирометрлар билан ўлчаб бўлмайди.

Бундай ўлчашнинг камчиликларидан бири температурани оптик ўқ бўйлаб ўрталаштиришдир. Шунинг учун топилган натижа аланганинг қайси нуқтасига тегишли эканини аниқлаб бўлмайди. Бу жиҳатдан ўлчамлари унча катта бўлмаган термоэлектр термометрларни қўллаш катта афзаликларга эга. Аммо бундай термометрнинг температураси газ температурасидан анча (100...200°С га) фарқ қилиши мумкин, чунки у термометрнинг иссиқлик баланси бўйича аниқланади.

Эритманинг температурасини ўлчаш

Эритмаларнинг температурасини ўлчаш мураккаблиги асосан термометр ҳимоя ғилофининг актив занглаши билан боғлиқ. Туз эритмаларининг температурасини ўлчашда ҳимоя ғилофлари бир неча ўн соатдан кейин эритманинг агрессив таъсири сабабли ишдан чиқади. Шунинг учун кўпинча ғилофни сифатсиз, арзон, осонлик билан алмаштириладиган, бир вақтда терможуфт электродидан иборат бўладиган пўлатдан ясалади. Шиша эритмалари температурасини ўлчаш учун ҳимоя ғилофлари углеродли блоклардан ёки қимматбаҳо металлардан ясалади.

Қовушоқ муҳитлар температурасини ўлчашда маълум қийинчиликлар пайдо бўлади. Бу ҳолларда иссиқликка сезгир элементни осонгина тозалашни, кўпинча алмаштиришни ҳам

таъминлаш зарур. Бунда сезгир элемент билан ўлчанаётган муҳит орасида етарли даражада яхши контакт таъминланган бўлиши керак.

Бирор ўлчаш усулини танлаш ва унинг конструктив бажарилиши эритма температурасини ўлчашнинг конкрет шароитлари, уларнинг турли материаллар билан ўзаро таъсирлашуви, нурланиш қобилияти ва бошқа физик ҳамда кимёвий хоссалари билан белгиланади.

III б о б. БОСИМНИ ЎЛЧАШ

III.1- §. АСОСИЙ МАЪЛУМОТЛАР ВА ТАСНИФИ

Босим технологик жараёнларнинг асосий параметрларидан биридир. Ишлаб чиқариш жараёнларининг тўғри олиб борилиши, кўпинча, босим катталигига боғлиқ бўлади.

Текис сиртга нормал таъсир кўрсатувчи текис тақсимланган куч **босим** деб аталади:

$$P = \frac{F}{S}, \qquad (3.1)$$

бунда S — текислик юзи; F — шу текислик юзига бир хил ва тик таъсир қиладиган босим кучи.

Босим халқаро бирликлар системасида паскаль (Па) билан ўлчанади. 1 Па миқдори жиҳатидан кучга перпендикуляр бўлган 1 м² юзага текис тақсимланган 1 Н куч ҳосил қилган босимга тенг (Н/м²). Қаррали кПа ва МПа бирликлар кенг қўлланилади, кг·к/см², бар, кгк/м², (мм сув. уст.) мм сим. уст. каби бирликдан фойдаланиш мумкин. 3.1- жадвалда кўп учрайдиган босим бирликларининг нисбати келтирилган.

3. 1- ж а д в а л. **Босимнинг турли ўлчов бирликлари орасидаги нисбати**

Бирликлар	Па	Бар	кгк/см²	кгк /м²(мм сув. уст)	мм сим. уст.
1 Па	1	10^{-5}	$1{,}0197\cdot10^{-5}$	0,10197	$7{,}6006\cdot10^{-5}$
1 Бар	10^5	1	1,0197	$1{,}0197\cdot10^4$	750,06
1 кгк/см²	$9{,}8066\cdot10^4$	0,98066	1	10^4	735,56
1 кгк/м² (мм сув уст.)	9,8066	$0{,}98066\cdot10^{-4}$	10^{-4}	1	$7{,}3566\cdot10^{-2}$
1мм сим. уст.	133,32	$1{,}3332\cdot10^{-3}$	$1{,}33595\cdot10^{-3}$	13,595	1

Ўлчашда мутлақ, ортиқча, атмосфера ва вакуум босимлар маьжуд. $P_{мут}$ — мутлақ босим — модда ҳолатининг (суюқлик, газ, буғ) параметри бўлиб, $P_{атм}$ — атмосфера ва $P_{орт}$ — ортиқча босимлар йиғиндисидан иборат:

$$P_{мут} = P_{атм} + P_{орт} \qquad (3.2)$$

Ортиқча босим мутлақ ва атмосфера босимлари ораларидаги фарқдан иборат:

$$P_{орт} = P_{мут} - P_{атм} \qquad (3.3)$$

Атмосфера босими — ер атмосферасидаги ҳаво устунининг босими; унинг қиймати барометрлар билан ўлчанади, шунинг учун бу босим кўпинча **барометрлик босим** деб аталади. Агар мутлақ босим атмосфера босимидан кичик бўлса, вакуум ёки сийракланиш содир бўлади.

$$P_{в} = P_{атм} - P_{мут} \qquad (3.4)$$

Босим асбоблари ишлаш принципига ва ўлчанаётган катталикнинг турига кўра қуйидаги турларга бўлинади.

Босим ўлчайдиган асбоблар ишлаш принципларига кўра суюқликли, деформацион (пружинали), юк-поршенли, электр, ионли ва иссиқлик турларига бўлинади.

Ўлчанаётган катталикнинг турига кўра босим ўлчаш асбоблари қуйидаги турларга бўлинади:

1) манометр — мутлақ ва ортиқча босимни ўлчайди;

2) барометр — атмосфера босимини ўлчайди;

3) вакуумметр — берк идиш ичидаги суюқлик ва газ босимининг сийракланишини ўлчайди;

4) мановакуумметр — ортиқча босим ва босим сийракланишини ўлчайди;

5) напоромер — кичик қийматли ортиқча босимни ўлчайди;

6) тягомер — кичик қийматли сийракланишни ўлчайди;

7) тягонапоромер — кичик қийматли босим ва сийракланишларни ўлчайди;

8) дифференциал манометрлар — икки босим айирмасини (босим фарқини) ўлчайди.

Қуйида саноатда энг кўп тарқалган усуллар ва асбоблар кўриб чиқилган.

III.2-§. СУЮҚЛИКЛИ БОСИМ ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ

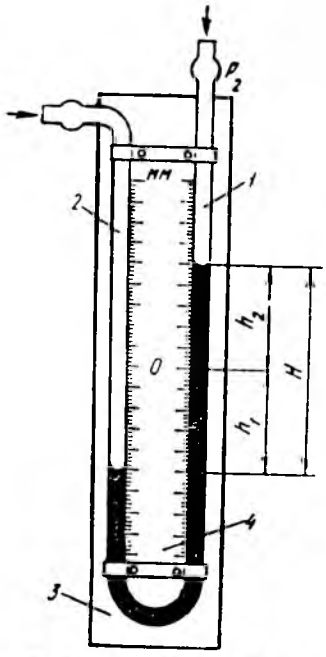
Бу асбобларнинг ишлаш принципи ўлчанаётган босимнинг суюқлик устунининг гидростатик босими билан мувозанатлашишига асосланган. Асбоблар турли иш суюқликлари, кўпинча симоб, трансформатор мойи, сув ва спирт билан тўлдирилади.

Асбобларда туташ идишлар принципи қўлланади. Уларда иш суюқлиги сатҳлари улар устидаги босим тенг бўлганда мос тушади, босим тенг бўлмаганда эса, суюқлик сатҳи шундай ҳолатни эгаллайдики, бир идишдаги ортиқча босим бошқа идишдаги суюқликнинг ортиқча устунининг гидростатик босим билан мувозанатлаштирилади. Кўпгина суюқликли манометрлар иш суюқлигининг кўринадиган сатҳига эга. Ўша сатҳ бўйича кўрсатишларни бевосита ёзиб олиш мумкин. Шундай суюқликли асбоблар гуруҳи борки, уларда иш суюқлигининг сатҳи

бевосита кўриниб турмайди. Сатҳнинг ўзгариши пўкакнинг силжишига ёки бошқа қурилма характеристикаларининг ўзгаришига олиб келади. Бу характеристикалар ё рақамли қурилмалар ёрдамида ўлчанаётган катталикнинг бевосита кўрсатишини, ёки унинг қийматини ўзгартириш ва масофага узатишни таъминлайди.

Суюқликли асбобларнинг баъзи хилларини кўриб чиқамиз.

Икки найчали манометр. Босим сийракланиши ва босимлар айирмасини (фарқини ўлчаш учун сатҳи кўринадиган икки найчали U-симон манометрлардан, вакуумметрлардан ва дифманометрлардан фойдаланилади. Бундай манометрнинг принципиал схемаси 3.1-расмда тасвирланган. Икки вертикал туташ найча *1* ва *2* металл ёки ёғоч асос *3* га маҳкамланган бўлиб, унга шкала *4* маҳкамланган.



3.1- расм. Икки найчали манометр.

Агар найчанинг очиқ қисмидаги суюқлик устунининг гидростатик босими иккинчи қисмидаги босим билан мос келса, система мувозанат ҳолатда бўлади. Шундай қилиб, қуйидаги ифодани ёзиш мумкин:

$$P_{мут} \cdot S = P_{атм} \cdot S + H \cdot S \cdot g(\rho - \rho_1), \qquad (3.5)$$

бу ерда $P_{мут}$ — ўлчанаётган босим, Па;

$P_{атм}$ — атмосфера босими, Па;

S — найча кесимининг юзи, м²;

H — суюқлик сатҳининг (устун узунлигининг) фарқи, м;

ρ — суюқликнинг зичлиги, кг/м³;

ρ_1 — манометрдаги суюқлик устидаги муҳитнинг зичлиги, кг/м³;

g — тезланиш кучи, м/с².

Демак,

$$P_{мут} = P_{атм} + H \cdot g(\rho - \rho_1), \qquad (3.6)$$

$$P_{орт} = P_{мут} - P_{атм} = H \cdot g(\rho - \rho_1). \qquad (3.7)$$

Агар манометрдаги суюқлик устида газ бўлса, у ҳолда:

$$P_{орт} = P_{мут} - P_{атм} = H \cdot g \cdot \rho. \qquad (3.8)$$

Суюқлик устуни баландлигини топиш учун икки марта устун баландликларини санаб чиқиш (битта тирсакдаги ка-

майишини, иккинчисида эса, кўпайишини) ва уларнинг қийматини қўшиш лозим, яъни

$$H = h_1 + h_2. \qquad (3.9)$$

Босимлар фарқини (ўзгаришини) ўлчашда суюқликли дифференциал икки найчали манометрнинг бир томонига (мусбат) катта босим, иккинчи томонига эса (манфий) кичик босим берилади. Мусбат ва манфий томонлардаги суюқлик сатҳининг фарқи ўлчанаётган босимлар фарқига мутаносиб (ΔP):

$$\Delta P = P_1 - P_2 = H \cdot g(\rho - \rho_1). \qquad (3.10)$$

Манометрларда капилляр кучларнинг таъсиридан халос бўлиш учун ички диаметри 8...10 мм бўлган шиша найчалардан фойдаланилади. Агар иш суюқлиги сифатида спирт олинса, найчаларнинг диаметрини камайтириш мумкин.

Икки найчали манометрлардаги хатоликлар манбаи маҳаллий эркин тушиш тезланиши g нинг ҳисобий қийматидан четга чиқиши, иш суюқлиги ва ўлчанаётган муҳитнинг зичлиги ρ ҳам ρ_1, h_1 ва h_2 баландликларни ўлчашдаги хатолардан иборат. Уларнинг кўрсатиш хатоси 20°С температурада 2 мм дан ошмайди. Улар ноагрессив суюқлик ва газларнинг ортиқча босими ва сийракланишини 0...10 кПа чегараларда ўлчаш учун мўлжалланган. Мазкур асбоблардан босимлар фарқини ўлчашда дифманометр сифатида фойдаланиш мумкин.

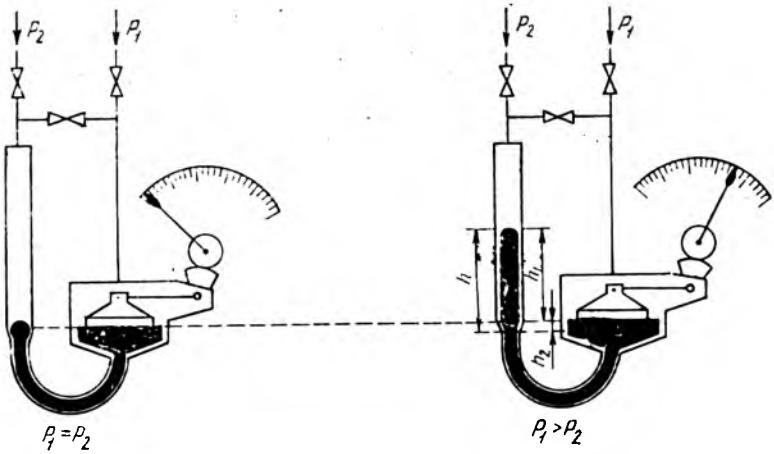
Тузилишига қараб найчали суюқликли асбобларнинг бир найчали (косали), оғма найчали ва бошқа турлари мавжуд. Бу асбоблар икки найчали асбобнинг бир тури бўлиб, иккинчи найча ўрнига кенг идиш (коса) ишлатилади.

Суюқликли асбоблар лабораторияда ишлаб чиқариш тажрибасида кенг қўлланади. Уларнинг камчиликлари — кўрсатишларни масофага узатиш мумкин эмаслиги, ўлчаш чегараларининг кичиклиги, кўрсатишларнинг яққол эмаслиги ва механик мустаҳкам эмаслигидан иборат.

Техник ўлчашларда комбинациялашган суюқликли-механик асбоблар қўлланади. Улар юқорида кўрилган асбоблардан фарқли ўлароқ иш суюқлигининг кўринадиган сатҳига эга эмас. Уларга пўкакли (қалқовичли), қўнғироқли ва ҳалқали асбоблар киради.

Қалқовичли дифманометрлар. Қалқовичли дифманометрларнинг ишлаш принципи косали манометрларникига ўхшаш, аммо уларда босимни ўлчашда косадаги суюқлик сатҳининг ўзгариши натижасида қалқовичнинг силжишидан фойдаланилади. Узатиш қурилмаси ёрдамида қалқовичнинг силжиши стрелкага узатилади. Булар, кўпинча, босимнинг ўзгаришини ўлчаш учун ишлатилади.

3. 2- расмда қалқовичли дифманометр схемаси кўрсатилган. Катта босим бериладиган идиш мусбат, кичик босим бериладиган идиш манфий дейилади. Мусбат идишга $P_1 > P_2$ босим берилганда унда-



3. 2- расм. Қалқовичли дифманометр схемаси.

ги суюқлик сатҳи h_2 га пасайиб, манфий идишдаги сатҳ h_1 га кўтарилади. $P_1 - P_2$ босимлар айирмаси суюқлик устунининг h узунлиги орқали мувозанатлашади:

$$h = h_1 + h_2 \tag{3.11}$$

Системанинг мувозанат шарти қуйидаги формула орқали ифодаланади:

$$P_1 - P_2 = \Delta P = h \cdot g\,(\rho - \rho_1), \tag{3.12}$$

бунда ΔP — босимлар фарқи, Па;
ρ — дифманометр ичидаги суюқликнинг зичлиги, кг/м³.

Цилиндр шаклидаги идишлар учун бу шарт қуйидаги тенглама орқали ифодаланади:

$$S_1 \cdot h_1 = S_2 \cdot h_2 \tag{3.13}$$

бунда S_1 — манфий идиш кесимининг юзаси, м²; S_2 — мусбат идиш кесимининг юзаси, м²;

(ёки

$$h_1 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = h_2 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \tag{3.14}$$

бу ерда d ва D — манфий ва мусбат идишларнинг диаметри, м.

(3. 14) тенгламадан

$$h_1 = h_2 \frac{D^2}{d^2} \tag{3.15}$$

(3. 15) тенгламни (3. 11) га қўйсак, қуйидагига эга бўламиз:

$$h = h_2 \left(1 + \frac{D^2}{d^2}\right). \tag{3.16}$$

(3. 16) ни (3. 12) га қўямиз

$$P_1 - P_2 = \Delta P = h_2\left(1 \quad \frac{D^2}{d^2}\right)\cdot g\cdot(\rho - \rho_1) \qquad (3.17)$$

Маълум асбоб учун $\left(1 + \frac{D^2}{d^2}\right)$ ва $(\rho - \rho_1)$ катталиклар доимий бўлгани учун уларни K ва K_1 орқали ифодалаймиз:

$$P_1 - P_2 = \Delta P = K\cdot K_1\cdot h_2 \qquad (3.18)$$

Шундай қилиб, дифманометр идишларидаги босимлар фарқи қалқовичнинг силжиши билан таърифланади. Агар мусбат идишнинг ҳажми ўзгармас бўлиб, манфий идишнинг диаметри ва узунлиги ўзгартирилса, босимлар фарқини ўлчаш чегараларини ўзгартириш мумкин. (3.11) ва (3.15) тенгламаларни биргаликда ечамиз:

$$d = D\sqrt{\frac{h_2}{h - h_2}} \qquad (3.19)$$

(3.19) тенгламадан D, h ва h_2 ларнинг берилган қийматларида шиша идишнинг керакли диаметри аниқланади.

Сўнгги вақтларгача қалқовичли дифманометрларда тўлдирувчи суюқлик сифатида симоб, вазелин мойи, шунингдек, трансформатор мойи ишлатилар эди, аммо ҳозир симобнинг зарарлилиги туфайли унинг ишлатилиши кескин чекланган, шунинг учун қалқовичли асбоблар ўрнига кўпроқ деформацион асбоблар ишлатилмоқда.

Қалқовичли дифманометрларнинг турли мақсадларга мўлжалланган хиллари чиқарилади. Симоб билан тўлдирилган дифманометрлар учун босим фарқини ўлчаш чегараси 6,3 дан 25 МПа гача, ортиқча босимни ўлчаш чегараси эса 4 дан 40 МПа гача. Мой билан тўлдирилган дифманометрлар учун босим фарқини ўлчаш чегараси 40 Па дан 4 кПа гача, статик ортиқча босимни ўлчаш чегараси эса 0,25 МПа гача. Техник дифманометрлар 1 ва 1,5 аниқлик синфида чиқарилади. Қалқович силжиши босимнинг максимал фарқида дифманометрнинг барча модификациялари учун 30,5 мм га тенг.

Кўрсатишларни 50 м дан ортиқ масофага узатиш зарур бўлганда, шунингдек, асбоблар бошқариш щитларида ўрнатилган ҳолларда электр ва пневматик ўзгарткичли масофага узатувчи дифманометрлар қўлланади.

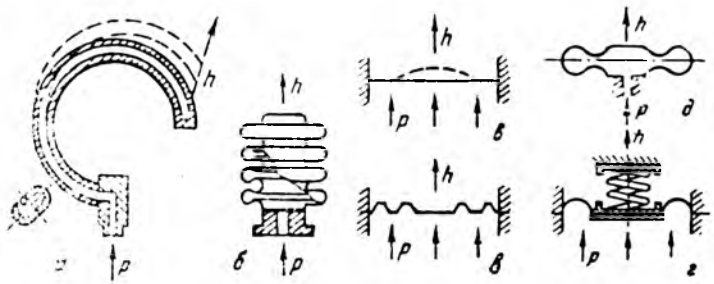
Асбобсозлик саноати ДП туридаги кўрсатувчи ва ўзи ёзар қалқовичли дифманометрлар чиқаради. Етти тур — ўлчамли алмаштириладиган идишлар чиқарилади. Улар 25 МПа гача статик босимда 6,3 кПа (630 кгк/см^2) дан 0,1 МПа (1 кгк/см^2) гача бўлган босмлар фарқини ўлчайди. Асбобларнинг хатоликлари ўлчаш чегарасининг ±2% идан ошмайди.

Юқорида кўрилган суюқликли манометрларнинг ва дифманометрларнинг афзаллиги уларнинг соддалиги ва катта аниқликда ўлчашда ишончлилигидадир.

III.3-§. ДЕФОРМАЦИОН (ПРУЖИНАЛИ) АСБОБЛАР

Пружинали асбобларнинг ишлаш принципи босим таъсирида турли эластик элементларнинг деформацияланиши ёки уларнинг кучини ўлчашга асосланган. Эластик элементда босим кучи таъсирида вужудга келадиган деформацияланиш натижасида ўлчов асбобининг стрелкаси тўғри чизиқли ёки бурчакли шкала бўйича сурилиб, босим миқдори P ни кўрсатади.

Пружинали асбобларнинг ўлчаш аниқлиги юқори бўлиши учун улардаги эластик элементлар эластиклик модули ва термик кенгайиш коэффициентлари кам бўлган материаллардан тайёрланган бўлиши ва гистерезис ҳамда қолдиқ эластиклик ҳодисалари бўлмаслиги талаб қилинади.



3. 3- расм. Эластик сезгир элементлар.

Пружинали асбоблар ортиқча босим, сийракланиш, босимлар фарқи ва шу кабиларни ўлчаш учун кенг қўлланади. Кенг тарқалган эластик сезгир элементлар 3.3-расмда тасвирланган, уларга найчали пружина (*а*), сильфонли (*б*), ясси ва гофрланган мембраналар (*в*, *г*), мембранали қутича (*д*), бикр марказли юмшоқ мембраналар (*е*) киради.

Статик характеристиканинг шакли ва тиклиги сезгир элементнинг конструкциясига, материалга ва температурага боғлиқ. Иш диапазони, эластик деформациялар соҳасида, сезгир элемент босим билан ортиқча юкланган ҳоллар учун заҳира билан таъминланган ҳолда танланади. Сезгир элементларнинг эластиклик ҳолати куч бўйича қаттиқлик коэффициенти билан характерланади:

$$K_F = \frac{F}{h} = \frac{P \cdot S_э}{h}, \qquad (3.20)$$

бунда F, $S_э$ — мос равишда эластик сезгир элементга таъсир этадиган куч ва элементнинг фойдали юзи; h — сезгир элемент эркин учининг силжиши.

Пружинали асбобларнинг қийматли хоссаси қурилманинг соддалиги, ишончлилиги, универсаллиги, ихчамлиги ва ўлчанаётган катталикларнинг катта диапазонидан иборат.

Найчасимон пружинали асбоблар. Сезгир элемент сифатида

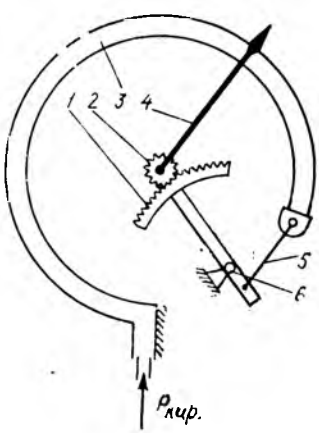
найчасимон манометрик пружина ишлатилган деформацион асбоблар лаборатория ва ишлаб чиқариш амалиётида кенг тарқалган. Айниқса, бир ўрамли найчасимон пружинали асбоб — манометр, вакуумметр, мановакуумметр ва дифманометрлар жуда кўп қўлланади. Найчасимон пружинали асбобларнинг ишлаш принципи ўлчанаётган босимнинг бир ўрамли ёки кўп ўрамли найчасимон пружинанинг эластик деформация кучи билан мувозанатлашувига асосланган.

Айлана ёйи бўйича букилган эллиптик ёки ясси овал кесимли найчасимон бир ўрамли пружина найча ичидаги ортиқча босим ёки сийракланишнинг ўзгариши натижасида ўзининг букилишини ўзгартиради (3.3- расм, *а*).

Ўлчанаётган ички ва ташқи атмосфера босимлари фарқи таъсирида найчали пружина деформацияланади: найча кесимининг кичик ўқи катталашади, катта ўқи кичиклашади, бунда пружина бўшашади ва унинг эркин учи 1...3 мм га силжийди. 5 МПа гача бўлган босим учун найчали пружиналарни жездан, бронзадан, ундан ҳам юқори босимлар учун — легирланган пўлат ва никель қотишмаларидан тайёрланади.

Кўрсатувчи, ўзиёзар, сигнал берувчи манометрларнинг ва найчасимон пружинали босим ўзгартиргичларнинг кўпи ўзгартгич қурилмалардан иборат. Уларда босим кетма-кет сезгир элементнинг ва у билан боғланган механик кўрсатувчи, қайд қилувчи контактли қурилманинг, пневматик ва электр ўзгартгич элементининг силжишига ўзгартирилади.

3.4-расмда бир ўрамли пружинали манометрларнинг кинематик схемаси келтирилган. Босим ўзгариши натижасида пружина *3* учининг силжиши тортқи *5* орқали ўқ *6* да айланаётган сектор *1* га узатилади. Секторнинг бурчакли силжиши тишли илашма ёрдамида трибка *2* нинг айланишига олиб келади. Трибканинг ўқига кўрсатувчи стрелка *4* бириктирилган.



3. 4- расм. Пружинали манометрнинг кинематик схемаси.

Найчанинг бўш учида силжиш унча катта бўлмагани сабабли, кўпинча, кўп ўрамли найчасимон пружиналар ишлатилади. Кўп ўрамли (геликоидал) найчасимон пружинали манометрларнинг иш органи олти, тўққиз ўрамли ясси найчадан ҳосил қилинган цилиндрик спираль шаклга эга. Геликоидал найчасимон пружинали манометрлар ўзиёзар ва кўрсатишларни масофага узатувчи бўлади.

Найчасимон пружинали манометрлар кўрсатишларни ҳисоблаш, ёзиш, сигнал бериш ва кўрсатишларни масофага узатиш учун мўлжалланган.

Ҳозир пневматик ва электр датчикларнинг унификацияланган системасига киритилган пружинали асбобларнинг кўп номли турлари чиқмоқда. Бу асбоблар стандарт, пневматик, электр сигналлардан ишлайдиган иккиламчи асбоблар ва махсус қурилмалар комплектида қўлланади. Асбобсозлик саноати 0,1 дан 1000 МПа (1...10000 кгк/см²) гача бўлган босимларни ўлчайдиган асбоблар ишлаб чиқаради. Техник манометр, вакуумметр ва мановакуумметрлар 1; 1,6; 2,5 ва 4 аниқлик синфига эга. Намуна асбобларнинг аниқлик синфи 0,16; 0,25 ва 0,4.

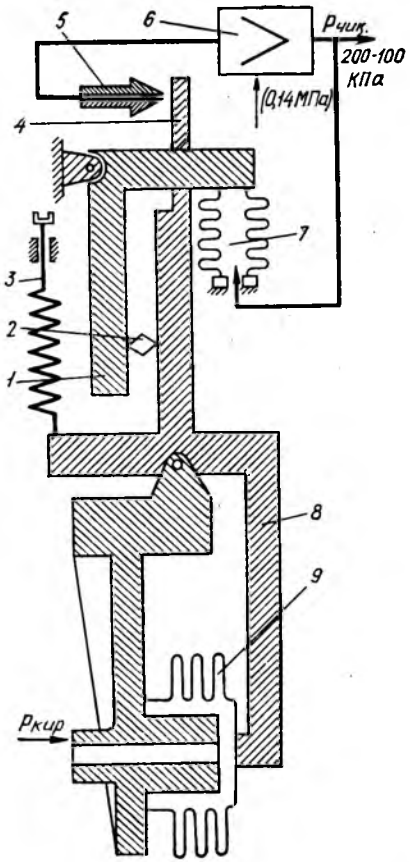
Сильфонли асбоблар. Ҳозир сезгир элемент сифатида сильфонли асбоблар кенг қўлланмоқда. Сильфонлар жез, бронза, зангламас пўлат ва бошқалардан тайёрланади. Уларнинг баъзи турлари винтсимон пружинали қилиб тайёрланади, бунинг натижасида гистерезис ва ночизиқлик таъсири камайиб, асбобнинг қўлланиш диапазони кенгаяди. Сильфонлар бир қатламли ва кўп қатламли бўлади. Одатда, сильфонларнинг диаметри 12...100 мм, узунлиги 13...100 мм, гофрилари сони 4...24 атрофида бўлади. Сильфонларнинг силжиши 2,8...21 мм. Уларнинг силжиш катталиги сильфонларни ўзиёзар асбобларда қўллашга имкон беради. Сильфонга таъсир этган ички ёки ташқи босим натижасида сильфон узунлиги ўзгаради.

Кўрсатувчи ва ўзиёзар асбобларда сильфонли сезгир элементлардан қуйидаги турлари ишлатилади: МСП, МСС (манометрлар), МВСС (мановакуумметрлар), ВСП, ВСС (вакуумметрлар), ДСП, ДСС (дифмонаметрлар), НСП, НСС (напорометрлар), ТмСП, ТмСС (тягометрлар), ТНСП, ТНСС (тягонапорометрлар).

Бу асбобларнинг кўпчилиги пневматик ва унификацияланган электр датчиклар системасига киради.

Сильфонли напорометр ва тягометрларда кичик босимларни 40000 Па (4000 кгк/м²); вакуумметрик босимни (0,1 м ПА гача); мутлақ босимни (2,5 мПа гача); ортиқча босимни (60 мПа гача); босимлар фарқини (0,25 мПа гача) ўлчаш учун қўлланади.

3.5-расмда сильфонли пневматик тягонапорометр (ТНС-П) нинг принципиал схемаси кўрсатилган. Бу асбоб ўлчашнинг пневматик тармоғига киради. Унинг вазифаси босим ёки сийракланишни масофага узатувчи мутаносиб пневматик сигналга узлуксиз айлантиришдир. Асбобнинг ишлаш принципи пневматик куч компенсациясига асосланган. Компенсация махсус пневматик қурилма ёрдамида бажарилади. Ўлчанаётган босим ёки сийракланиш сильфон — сезгир элемент *9* ёрдамида тўғри мутаносиб кучга айланади. Бу куч автоматик равишда тескари боғланиш кучи орқали мувозанатлашади. Мувозанатлаш ричаг *8*, заслонка (тўсиқ) *4* ва Г-симон ричаг *1* дан ташкил топган пишангли механизм орқали бажарилади. Тескари



3. 5- расм. Сильфонли пневматик тягонапорометрнинг принципиал схемаси.

боғланиш кучи компенсацион элемент — тескари боғланиш сильфони *7* даги сиқилган ҳаво босими орқали ҳосил бўлади. Ўлчанаётган босим ўзгариши билан пишанг *8* ва тўсиқ *4* сопло *5* га нисбатан силжийди. Натижада сопло *5* нинг йўлида номослик сигнали пайдо бўлади. Бу сигнал кучайтиргич *6* дан тескари боғланиш сильфонига келган босимни бошқаради. Ўлчанаётган параметрнинг ўлчови бўлган босим бир йўла масофага узатиш линиясига ҳам юборилади. Асбобни созлаш учун ролик *2* хизмат қилади, у ричаг *1* ва *8* лар бўлаб ҳаракат қилади. Пружина *3* асбобни ноль белгисига созлайди.

Пневматик сигнални 300 м масофага узатиш мумкин. Бундай сильфонли асбоблар турли хилда ва модификацияда чиқарилади ҳамда турли чегарали ўлчовларга мўлжалланган. Уларнинг аниқлик синфи 1 ва 1,5.

Сильфонларнинг асосий камчиликлари гистерезис мавжудлиги ва характеристиканинг бирмунча ночизиқлигидир. Гистерезис таъсирини камайтириш ва бикрликни ошириш мақсадида, кўпинча, сильфон ичига пружина ўрнатилади.

Мембранали асбоблар. Сўнгги йилларда мембранали асбоблар тобора кенг қўлланмоқда. Бу асбобларда сезгир элемент сифатида эластик материаллардан тайёрланган юмшоқ, шунингдек гофрланган пластинкасимон мембраналар ёки гофрланган мембрана қутичалар ишлатилади. Мембранали асбоблар билан, унча катта бўлмаган ортиқча босимлар ва сийракланишлар (манометрлар, напорометрлар ва тягометрлар) ҳамда босимлар фарқи (дифманометрлар) ўлчанади.

Мембрананинг эгилишдаги эластиклиги унинг геометрик ўлчамларига (диаметри, қалинлиги, гофрларининг сони, шаклига), материалига ҳамда унга таъсир қиладиган босимга боғлиқ. Мембранадаги гофрлар унинг бикрлигини оширади

ва характеристикасининг тўғри чизиқли бўлишини таъминлайди.

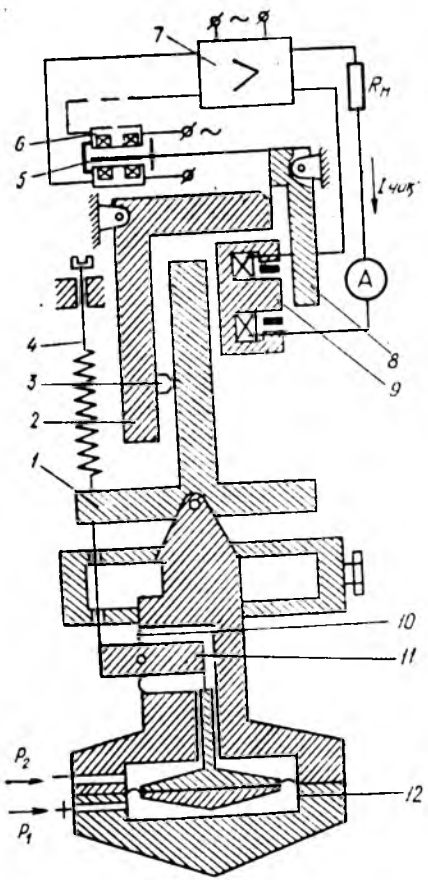
Мембрананинг бикрлигини ошириш мақсадида унинг ўрта қисмига қаттиқ материалдан ясалган диск ёки пружина ўрнатилади. Мембрана резина, пластмасса, латунь, бронза ва бошқа материаллардан тайёрланади. Бронзадан тайёрланган мембрананинг қалинлиги ўлчанадиган босим миқдорига қараб 0,02...1,0 мм бўлиши мумкин.

Мембранага иккала томондан таъсир этадиган босимлар фарқи таъсирида унинг маркази силжийди. Мембрана марказининг босим таъсирида силжиши катта эмас ва 1,5...2.0 мм ни ташкил этади. Бу ҳол асбобларнинг сезгирлигини камайтиради ва узатиш сони катта бўлган механизм қўллашни талаб этади. Мембрана асбобларнинг бу камчиликлари уларни ишлатиш доирасини чеклайди.

Мембрана эластик сезгир элементлар кўпроқ мембранали қутича кўринишида, асбобларда кичик босим ва сийракланишни ўлчашда ишлатилади.

Бундай мембранали асбоблар турли модификацияларда ишланади ҳамда ±250 Па дан ±25 кПагача бўлган ўлчаш чегараларига мўлжалланган. Уларнинг аниқлик синфи 1,5 ва 2,5.

Электр ва пневматик тармоқлар таркибига кирган юмшоқ мембранали дифманометрлар (ДМ) кенг тарқалган. 3.6-расмда газ босими фарқларини масофага узатиладиган электр сигналларга узлуксиз айлантиришга мўлжалланган мембранали электр дифманометрнинг принципиал схемаси келтирилган. Асбобнинг ишлаш принципи электр сигналли куч компенсациясига асосланган. Ўлчанаётган босимлар фарқи мембранали ўлчаш блоки *12* нинг мусбат ва манфий камераларига келтирилади. Мембрана ёрдамида босимлар фарқи унга про-



3. 6- расм. Юмшоқ мембранали дифманометрнинг принципиал схемаси.

порционал кучга айлантирилади. Мембранада ҳосил бўлган куч пишанг *11* ёрдамида ўзгартгичнинг пишангли узатиш механизмига узатилади. Ўзгартгич Т-симон пишанг *1*, Г-симон пишанг *2* ва пишанг *8* дан иборат бўлиб, тескари боғланиш кучи билан мувозантланади. Тескари боғланиш кучи магнитоэлектр механизм *9* да (тескари боғланиш қурилмаси) босимлар фарқи ўзгариши билан ҳосил бўлади. Бунда пишангли *8*, номослик индикатори *6* нинг байроқчаси *5* ни силжитади. Индикаторда пайдо бўлган номослик электр сигнали кучайтиргич *7* да кучаяди ва магнитоэлектр куч қурилмаси *9* га келади. Шу билан бирга бу сигнал масофага узатиш линиясига келади ва ўлчанаётган параметр қийматини билдиради. Шундай қилиб, асбобнинг чиқиш сигнали ўлчанаётган босимлар фарқига тўғри мутаносиб. Асбобнинг ноль белгисига созланиши пружина *4* ёрдамида бажарилади. Бу турдаги асбоблар босимларни 100 Па дан 6,3 кПа гача чегараларда ўлчаш учун мосланган; асбобларнинг аниқлик синфи 1.

Мембранали асбобларнинг камчилги — сезгир элемент қўзғалувчан марказининг суст юриши, мембрана бикрлигини ҳисобдан чекланиши ва уни ростлаш мураккаблигидадир. Сезгир элементларнинг бу камчилиги электр ва пневматик куч компенсацияси схемаси бўйича қурилган асбобларда бартараф этилади.

Қовушоқ суюқликлар ва кимёвий агрессив муҳитлар босимини ўлчаш учун мембранали манометрлар энг қулай, чунки асбоблар ниппелидаги тўғри ва кенг канал ҳамда мембрана остидаги катта бўшлиқ қовушоқ суюқлик учун эркин йўл очиб беради ва ифлосланиш эҳтимолининг олдини олади. Асбоб сезгир қисмининг содда шакли мембранани агрессив муҳит таъсиридан енгиллик билан ҳимоя қилади. Бунинг учун мембрананинг пастки сирти кимёвий чидамли металлдан қилинган юпқа фольга билан ёки чидамли пластмасса (фторопласт ва ҳ.) дан қилинган плёнка билан қопланади.

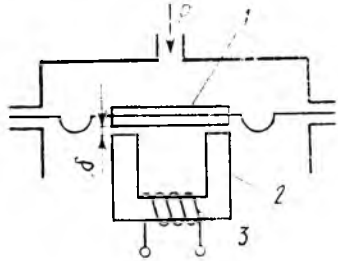
III.4-§. ЭЛЕКТР АСБОБЛАР

Бу гуруҳдаги асбобларнинг ишлаш принципи босимни у билан функционал боғлиқ бўлган бирор электр катталикка бевосита ёки билвосита ўзгартиришга асосланган. Буларга индуктив, сиғимли, қаршиликли, пьезоэлектр ва бошқа манометрлар киради.

Босимни ўлчашнинг энг кўп тарқалган воситалари куч компенсацияси асосида қурилган асбоблар ҳисобланади. Бироқ улар кўпинча параметрлар (кўрсаткичлар) бўйича температура хатолиги, тез таъсирчанлиги, габарит ўлчамлари ва массаси бўйича анча мукаммал ўзгарткичлардан (индуктив, сиғимли, тензорезисторли, пьезоэлектрик ўзгарткичлардан) орқада қолади. Бундан ташқари, куч компенсацияли ўзгарткичларнинг ва пишангли системаларнинг конструкциясида ҳаракатланувчи массаларнинг бўлиши ўлчаш воситаларининг зарбга чидам-

лилигига қўйиладиган замонавий талабларнинг қондирилишини қийинлаштиради.

Ҳозир микроэлементли техникани кенг жорий қилиш ва схемали ҳамда конструктив ечимларни такомиллаштириш асосида юқорида қараб чиқилган босимни ўлчашнинг анъанавий воситалари янада замонавий комплекс қурилмалар билан доимо сиқиб чиқарилмоқда. Бу албатта, турли тармоқларда ТЖАБС ни яратишда шарт ва талабларнинг турли туманлиги сабабли аввал ишлаб чиқарилган босимни ўлчаш ўзгарткичларидан (БЎЎ) фойдаланишдан тўла воз кечиш кераклигини англатмайди.



3.7- расм. Индуктив манометр схемаси.

Индуктив асбобларнинг ишлаш принципи ғалтак индуктивлигининг ташқи босим таъсиридан ўзгаришига асосланган.

3.7-расмда индуктив ўзгартирувчи элемент билан жиҳозланган босимни ўлчаш ўзгарткичининг схемаси кўрсатилган.

Босимни қабул қилувчи мембрана *1* ўрамли электромагнит *2* нинг ҳаракатланувчи якори ҳисобланади. Ўлчанаётган босим таъсирида мембрана силжийди, бу индуктив ўзгарткичли элементнинг электр қарашилигини ўзгартиради. Агар ғалтакнинг актив қаршилиги, магнит оқимлари ҳисобга олинмаса ва ўзакда йўқотилса, ўзгарткич элементнинг L индуктивлигини қуйидаги формула бўйича аниқлаш мумкин.

$$L = W^2 \mu_0 \cdot S/\delta \qquad (3.21)$$

бу ерда W — ғалтак ўрамлари сони, μ_0 — ҳавонинг магнит сингдирувчанлиги, S — магнит ўтказгич кўндаланг кесимининг юзи, δ — ҳаво оралиғининг узунлиги.

Мембрананинг деформация катталиги ўлчанаётган босимга мутаносиблигини эътиборга олиб

$$\delta = K \cdot P. \qquad (3.22)$$

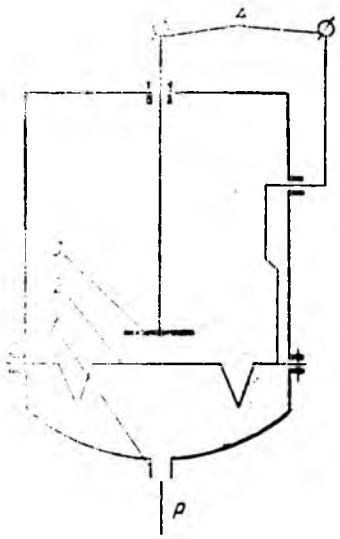
(3.21) тенгламани қуйидаги кўринишга келтирамиз:

$$L = W^2 \cdot \mu_0 \cdot S/K \cdot P \qquad (3.23)$$

(3.23) тенглама босимни ўлчаш индуктив ўзгарткичнинг статик характеристикасини ифодалайди.

L ни ўлчаш, одатда, ўзгарувчан ток кўприклари ёки резонансли LC-контурлар томонидан амалга оширилади. 0,5...1,0 МПа босимда мембрананинг қалинлиги 0,1...0,3 мм, босим 20...30 мПа бўлганда эса 1,3 мм. Мембрананинг силжиши миллиметрнинг юздан бир улушини ташкил этади. Индуктив босим ўзгарткичларнинг асосий хатоси ± (0,2—5) %.

Сиғимли манометрларнинг ишлаш принципи босим ўзгариши билан ясси конденсатор қопламалари ўртасидаги масофа-



3. 8- расм, Сиғимли манометр схемаси.

ни ўзгартириши натижасида унинг сиғимининг ўзгаришига асосланган. Сиғимли манометрнинг принципиал схемаси 3.8-расмда келтирилган. Ўлчанаётган босим асбобга найча *1* орқали келади ва мембрана *2* орқали қабул қилинади. Мембрана *2* ва электрод *3* конденсатор қопламаларини ҳосил қилади. Конденсатор эса ўлчаш схемасига қисма *4* лар орқали уланади. Конденсатор сиғимининг қопламалар ўртасидаги масофага боғлиқлиги қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$C = \frac{S \cdot \varepsilon}{l}, \qquad (3.24)$$

бунда S — қопламалар юзи; ε — қопламалар орасидаги муҳитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги; l — қопламалар ўртасидаги масофа.

Босим таъсирида мембрана эгилиб, этектрод *3* га яқинлашади. Мембрананинг эгилиши натижасида l масофа ўлчанаётган босимга нисбатан мутаносиб ўзгаради. Қопламалар юзи ва диэлектрик сингдирувчанлик ўлчаш жараёнида ўзгармайди. Шунинг учун (3.24) ифодани қуйидагича ёзиш мумкин:

бундан

$$C = K/l \qquad (3.25)$$

$$K = S \cdot \varepsilon$$

Шундай қилиб, конденсатор сиғими ўлчанаётган босимга мутаносибдир. C ни ўлчов ахбороти сигналига айлантириш учун, одатда, ўзгарувчан ток кўприкларидан ёки резонансли LC-контурлардан фойдаланилади. Сиғимли асбоблар 120 МПа гача бўлган босимни ўлчашда қўлланади. Мембрананинг қалинлиги 0,05...1 мм. Улардан тез ўзгарувчи босимларни ўлчашда фойдаланилади. Сиғимли манометрларнинг кўрсатишига атроф муҳитнинг температураси таъсир қилади. Чунки температура ўзгариши натижасида қопламалар ўртасидаги масофа ўзгаради. Сиғимли манометларнинг яна бир камчилиги паразит сиғимлар таъсиридир. Ўлчаш хатолиги асбоб шкаласининг $\pm 0{,}2...5\%$ идан ошмайди.

Қаршилик манометрларининг ишлаш принципи сезгир элемент қаршилигининг ташқи босим таъсирида ўзгаришига асосланган. Сезгир элементлар қаторига манганин, платина, константан, вольфрам, яримўтказгич ва ҳоказолар киради. Қаршилик манометрларида қўллаш учун энг қулайи манганиндир.

Манганин ΔR электр қаршилик орттирмасининг P босимга нисбатан чизиқли боғланишига эга:

$$\Delta R = K_P \cdot R \cdot P, \qquad (3.26)$$

бу ерда K_P — манганин қаршилигининг ўзгариш коэффициенти, 1/Па; R — қаршилик, Ом.

Манганин қаршилигининг чизиқли боғланиши тажриба маълумотларидан 3000 мПа босимгача тасдиқланади. Бундан ташқари, манганин электр қаршилигининг температура коэффициенти жуда кичик. Ўзгартгич сезгирлигининг кичиклиги бу манометрларни жуда юқори (100 мПа дан ортиқ) босимларни ўлчаш учун қўллашга йўл қўймайди. Манганин учун $K_P = 22{,}95 \cdot 10^{-2}$ дан $24{,}61 \cdot 10^{-2}$ 1/Па гача.

Ўзгартгичдаги манганин қаршилигини ўлчаш учун, одатда, кўприклар, аниқ ўлчовлар учун эса потенциометрлар қўлланади. Манганин қаршиликли манометрларнинг йўл қўядиган асосий хатоси ±1% дан ошмайди.

Асбобсозлик саноатида чиқарилаётган ММ-2500 манганинли манометрлар 2500 мПа гача босимни ўлчайди.

Яримўтказгичли датчикларнинг пьезокоэффициенти манганинникидан минг марта ортиқ, лекин датчиклар қаршилигининг босимга бўлган боғланиши ночизиқлидир. Бундан ташқари, катта миқдордаги гистерезис мавжуд бўлиб, температура ҳам ўз таъсирини кўрсатади. Яримўтказгичли қаршилик датчиклари механик жиҳатдан пишиқ эмас, улар 10 мПа дан ортиқ босимларни ўлчашга яроқсиз.

Электр қаршилик усули бўйича босимни ўлчашда сезгир элемент сифатида тензодатчиклар қўлланилади. Тензометрнинг ишлаш принципи куч ёки унга мутаносиб бўлган деформацияни деформацияланган жисмга ёпиштирилган сим қаршилигининг ўзгаришига айлантиришдан иборат.

Сезгир элемент деталига ёпиштирилган тензодатчиклар ўлчанаётган босим P ни электр қаршилик ўзгариши билан сезади. Бу тензосезгирлик коэффициенти $K_т$ билан баҳоланади:

$$K_т = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l} \qquad (3.27)$$

бунда $\Delta R/R$ — тензометр қаршилигининг нисбий ўзгариши; $\Delta l/l$ — симнинг нисбий деформацияси; $K_т$ — коэффициент қиймати металлар учун 0,5 . . . 4,0 чегарасида бўлади.

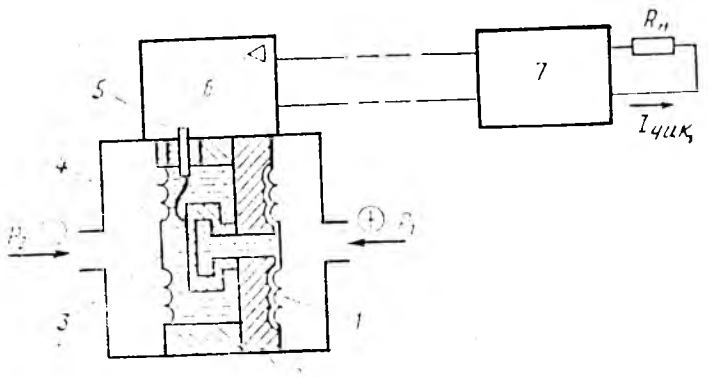
Юқори метрологик ва фойдаланиш характеристикаларига эга бўлган тензорезисторли босимни ўлчаш ўзгарткичлари бир қатор афзалликларига кўра: габарит ўлчамлари ва массаси кичик, вақт бўйича юқори даражада барқарор, аниқлиги юқори, тебранишга чидамлилиги турли агрессив муҳитлар билан контактда ишлаши мумкинлиги, учқунга ҳавфсиз қилиб ишлаганига кўра янада кенгроқ тарқалмоқда. Автоматик назоратнинг саноат системалари учун ва ўзгармас токнинг (0...5; 0...20 ёки

4...20 мА) стандарт чиқиш сигналлари билан ишловчи микропроцессор техникаси асосидаги ТЖАБС таркибидаги системалари учун Сапфир сериясидаги электр ўлчов тензометрик ўзгарткичлари комплекси ишлаб чиқарилмоқда: одатдагича ишланган Сапфир-22 ва портлашдан ҳимояланган турдаги Сапфир-22 Ех. Ўзгарткичларнинг аниқлик синфи 0,25 ва 0,5.

Сапфир сериясидаги ўлчов ўзгарткичлар комплекси мутлақ ва ортиқча босимни, сийракланишни, шунингдек суюқлик ва газларнинг сарфланишини, кимёвий актив, қовушоқ ва кристалланувчи суюқликларнинг сатҳини, суюқ муҳит зичлигини ва босим билан боғлиқ бошқа катталикларни кенг доирада назорат қилишга имкон берувчи датчиклар қаторига киради.

Сапфирнинг ишлаш принципи кремнийнинг гетероэпитаксиал плёнкаларидаги тензорезистив эффектдан фойдаланишга асосланган. Ўлчанаётган параметрнинг таъсири техноплёнкали ярим ўтказгичли тензорезисторли сезгир элементни деформациялайди. Тензорезисторлар деформацияси натижасида қаршиликнинг ўзгариши электрон қурилмалар ёрдамида меъёрлаштирилган токли чиқиш сигналига айланади.

Сапфир-22 ўзгарткич комплекти кучайтирувчи қурилмаси бўлган ўлчов блокидан ва манба блокидан иборат. Сезгир элемент деформацияси, ўлчанаётган параметрнинг мутаносиб катталиги кремнийли тензорезисторларнинг қаршилигини ўзгартиради. Электрон қурилма қаршиликнинг бу ўзгаришини ўзгармас токнинг меъёрлаштирилган чиқиш сигналига алмаштиради.



3. 9- расм. Сапфир- 22 ДД- ЕХ босимлар фарқини ўлчовчи ўзгарткичнинг схемаси.

3.9- расмда Сапфир-22 ДД-Ех босимлар фарқини ўлчовчи ўзгарткичнинг схемаси кўрсатилган. Тензоўзгарткич *4* металл мембранадан иборат бўлиб, унга юқори томондан номувозанат кўприкнинг елкаларини ташкил этувчи тўртта кремнийли тен-

зорезисторлар билан чанглатилган сапфирли мембрана кавшарланган. Тензоўзгарткич *2* асосга маҳкамланган ва ўлчанаётган муҳитдан иккита ажратувчи металл мембраналар *1* ва *3* билан бўлинган. Термоўзгарткич ва мембраналар орасидаги берк бўшлиқлар полиметилсилоксанли суюқлиқ билан тўлдирилган. Босимларнинг ўлчанувчи фарқи P_1—P_2— тензоўзгарткичларга айтиб ўтилган мембраналар ва суюқликлар орқали таъсир қилади. Тензоўзгарткич герметик чиқишлар *5* орқали киритилган электрон қурилма *6* га уланади. Шу қурилма ёрдамида тензорезисторлар қаршилигининг ўзгариши меъёрлаштирилган токли чиқиш сигналига алмашади, у масофадан туриб узатиш учун ҳавфсиз уч ўтказгичли линия бўйича таъминот блоки *7* га узатилади. Таъминот блоки портлашга ҳавфсиз хонага ўрнатилади ва бирламчи ўзгарткичнинг икки ўтказгичли линия бўйича таъминотини таъминлайди. Шу линиянинг ўзидан чиқувчи токли сигнал узатилади. Кўрсатилган вазифа билан бир қаторда таъминот блоки чиқиш сигналининг қувватини ташқи $R_н$ юкланишни улаш учун зарур· сатҳгача оширади ва чиқиш сигналининг берилган қийматини шакллантиради (0...5, 0...20 ёки 4...20 мА). Ортиқча босимли мутлақ босимли ва сийракланиш тензорезисторли ўзгарткичларда қараб чиқилганларга ўхшаш, ўлчов блокларидан фойдаланилади. Фарқи шундаки, ўлчовчи ўзгарткич, объектга «плюсли камера» билан уланади, «минусли камера» орқали эса атмосфера билан уланади. Мутлақ босимни ўлчовчи ўзгарткичларда минусли камера вакуумланган.

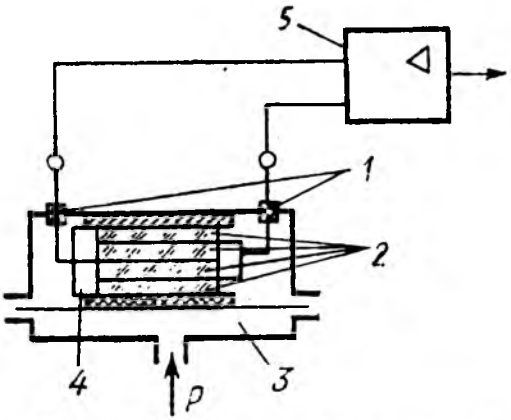
Ортиқча босимни, сийраклашиш ва босимлар фарқини ўлчайдиган тензорезисторли ўлчовчи ўзгарткичларнинг аниқлик синфлари 0,6; 1,0; 1,5. Ўлчаш оралиқлари: ортиқча босимники —0...10^{-3} дан 0...60 МПа гача; сийракланиш —1...0 дан —10...0 кПа гача; мутлақ босимники 0...2,5 кПа дан 0...2,5 МПа гача; босимлар фарқи 0...1 КПа дан 0...2,5 МПа гача.

Пьезоэлектрик манометрларнинг ишлаш принципи баъзи кристалл моддаларнинг механик куч таъсирида электр заряд ҳосил қилиш қобилиятига асосланган. Бу ҳодиса пьезоэффект деб аталади. Пьезоэффект кварц, турмалин, сегнет тузи, барий титанат ва бошқа моддалар кристалларида кузатилади. Бу типдаги асбобларда кўпинча кварц ишлатилади. Кварцнинг пьезоэлектр эффекти +500°С гача бўлган температурага боғлиқ эмас, лекин +570°С дан ошган температурада бу эффект полга тенг бўлиб қолади.

F куч таъсирида кристалл пластинка юзаларида пайдо бўладиган электр заряд ушбу формула билан топилади:

$$Q = K_п \cdot F, \qquad (3.28)$$

бунда $K_п$ — пьезоэлектрик доимий, Кл/Н. $K_п$ нинг қиймати пластинанинг ўлчамига боғлиқ эмас ва кристаллнинг табиати билан белгиланади. Кварц учун $K_п = 2,1 \cdot 10^{-12}$ Кл/Н.



3.10- расм. Пьезоэлектрик манометр схемаси.

3.10- расмда пьезоэлектрик манометрнинг схемаси кўрсатилган. Ўлчанаётган босимни *4* мембрана кучга айлантиради, бу куч эса диаметри 5 мм ва қалинлиги 1 мм бўлган кварц пластиналар *2* нинг устунларини сиқилишга мажбур қилади. Вужудга келаётган Q электр заряд *1* чиқишлар орқали катта кириш қаршилигига (10^{13} Ом) эга бўлган электрон кучайтиргич *5* га узатилади. Заряднинг қиймати ўлчанаётган P босим билан қуйидагича боғланган:

$$Q = K_{п} \cdot S \cdot P, \qquad (3.29)$$

бунда S — мембрананинг самарали юзи.

Асбобнинг инерционаллигини камайтириш учун камера *3* нинг ҳажми минималлаштирилади.

100 МПа (1000 кгк/см^2) гача босимларни ўлчашга имкон берувчи пьезокварцли манометрлар тез ўзгарувчи босимларни ўлчашда кенг қўлланади. Пьезоэффектнинг афзаллиги унинг инерционсизлигидир. Бу асбоблар босимлари тез ўзгарадиган жараёнларни (кавитация, портлаш) ўрганишда жуда қулай. Пьезоэлектр манометрларнинг аниқлик синфи 1,5; 2,0.

IV боб. МОДДА САРФИ ВА МИҚДОРИНИ ЎЛЧАШ

IV.1- §. АСОСИЙ МАЪЛУМОТЛАР ВА ТАСНИФИ

Ишлаб чиқарилаётган маҳсулот сифатини ва ТЖАБС самарадорлигини ошириш зарурлиги турли моддалар сарфи ва миқдорини аниқ ўлчаш масалаларини муваффақиятли ҳал этишни тақоза этади. Саноатда асосий технологик жараёнлар хомашёнинг турли компонентлари ва ташкил этувчиларини юқори сифатли маҳсулот олиш мақсадида аралаштириш билан ифодаланади. Сарф ўлчаш системаларининг қўлланиши сарфланаётган энергия элтувчиларини (сув, газ, буғ, ёнилғи) ҳисобга олиш ва назорат қилиш бўйича кўпгина техник масалаларнинг ҳал қилинишини соддалаштиради, жараённинг энг мақбул режимини ишлаб чиқаришнинг аниқ шарт-шароитларига боғлиқ ҳолда тез аниқлашга имкон беради.

Товарни ҳисобга олиш операцияларида моддаларнинг сарфи ва миқдорини ўлчаш воситаларига жуда юқори аниқлик жиҳатидан катта талаблар қўйилади.

Сарф ўлчаш учун ишлатиладиган асбоблар **сарф ўлчагичлар** деб аталади. Модданинг берилган канал кесими орқали вақт бирлиги ичида ўтган миқдори **модда сарфи** дейилади. Сарф ўлчайдиган асбоблар оний сарфни ўлчайди ва технологик режимлар (айниқса узлуксиз жараёнларда) ишининг барқарорлигини назорат қилишга, технологик жараённинг ўтишини ҳар бир онда автоматик равишда ростлашга ва режимни берилган йўналишда созлашга имкон беради.

Модданинг ҳажмий сарфи л/с, м^3/с, м^3/соат, масса сарфи эса кг/с, кг/соат, т/соат ва ҳоказоларда ўлчанади. Асбоблар ҳисоблагичлар (интеграторлар) билан таъминланиши мумкин, унда бу асбоблар **ҳисоблагичли сарф ўлчагичлар** дейилади

Модда миқдорини ўлчайдиган асбоблар **ҳисоблагичлар** деб аталади. Ҳисоблагичлар ўзларидан ўтган модда миқдорини исталган вақт (сутка, ой ва ҳоказо) мобайнида ўлчайди. Унинг миқдори ҳисоблагич кўрсаткичлари фарқи билан аниқланади. Модда миқдори ҳажми (литр, м^3) ёки масса (кг, т) бирликларида ифодаланади. Ҳисоблагичлар бевосита ўлчаш асбоблари бўлиб, уларнинг шкаласи бўйича олинган кўрсаткичлар қўшимча ҳисоблашни талаб қилмайди.

Саноатда кенг тарқалган сарф ва миқдор ўлчагичлар ишлаш принципи ва тузилишларига кўра бир қанча гуруҳларга бўлинади.

Ишлаб чиқаришда суюқлик, буғ ва газларнинг сарфини ўлчайдиган асбобларнинг қуйидаги турларидан фойдаланилади:

1) босим фарқлари ўзгарувчан сарф ўлчагичлар; 2) босим фарқлари ўзгармас сарф ўлчагичлар; 3) тезлик босими сарф ўлчагичлари; 4) ўзгарувчан сатҳли сарф ўлчагичлар; 5) индукцион сарф ўлчагичлар; 6) ультратовуш сарф ўлчагичлар; 7) калориметрик (иссиқлик) сарф ўлчагичлар; 8) ионли сарф ўлчагичлар.

Ўлчанаётган модданинг турига кўра сарф ўлчагичлар сув, мазут ,буғ, газ ва ҳоказоларни ўлчагичларга бўлинади.

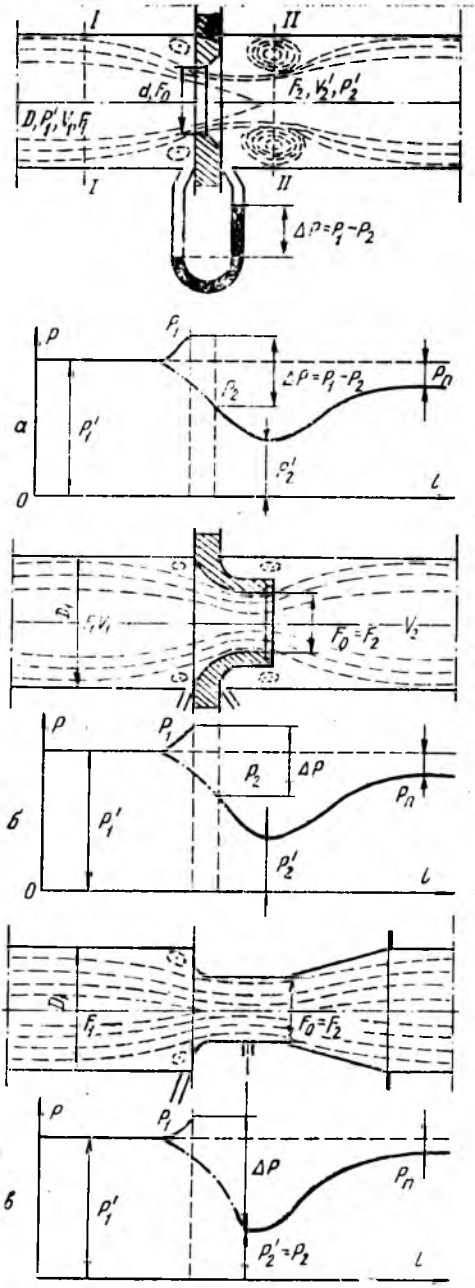
Суюқлик ва газларнинг миқдорини ўлчайдиган ҳисоблагичлар қуйидаги асосий гуруҳларга ажратилади:

1) ҳажм ҳисоблагичлари; 2) тезлик ҳисоблагичлари; 3) вазн ҳисоблагичлари.

Қуйида кимё ва озиқ-овқат саноатларида энг кенг тарқалган усуллар ва асбоблар кўриб чиқилган.

IV.2-§. БОСИМЛАР ФАРҚИ ЎЗГАРУВЧАН САРФ ЎЛЧАГИЧЛАР

Қувурлардаги суюқлик, газ ва буғ сарфини босимлар фарқи ўзгарувчан сарф ўлчагичлар билан ўлчаш кенг тарқалган ва яхши ўрганилган. Сарфни бундай усул билан ўлчаш суюқлик ёки газ ўтаётган қувурда кичик диаметрли тўсиқ-диафрагма, сопло ёки Вентури соплоси ўрнатиш натижасида ҳосил бўладиган модда потенциал энергияси (статик босими) нинг ўзгаришини ўлчашга асосланган. Кичик диаметрли тўсиқ ва-



4-1-расм. Суюқлик оқимининг характери ва қувурда диафрагма (*а*), сопло (*б*) ҳамда Вентури соплоси (*в*) ўрнатилгандаги статик босимнинг ўзгариш графиги.

зифасини бажарувчи торайтириш қурилмаси қувурга ўрнатилиб, маҳаллий торайишни ҳосил қилади. Суюқлик, газ ёки буғ қувурнинг кесими торайган жойидан ўтаётганида унинг тезлиги ошади. Тезликнинг ва, бинобарин, кинетик энергиянинг ортиши оқимнинг кесими торайган жойида потенциал энергиянинг камайишига олиб келади. Бунда тўсиқдан кейинги статик босим ундан олдинги статик босимдан кам бўлади. Шундай қилиб, модда торайтириш қурилмасидан ўтишда босимлар фарқи $\Delta P = P_1 - P_2$ ҳосил бўлади (4.1-расм). Бу босимлар фарқи оқим тезлиги ва модда сарфига мутаносиб бўлади. Демак, торайтириш қурилмаси ҳосил қилган босимлар фарқи қувурдан ўтаётган модда сарфининг ўлчови бўлиши мумкин. Сарфнинг сон қиймати эса дифманометр ўлчаган ΔP босимлар фарқи бўйича аниқланади.

Суюқлик, газ ва буғларнинг сарфини ўлчаш учун торайтириш қурилмаси сифатида стандартли диафрагмалар, соплолар, Вентури соплоси ва Вентури қувури ишлатилади.

4.1.-расм, *а* да кўрсатилган диафрагма думалоқ тешикли юпқа дискдан иборат. Тешикнинг маркази қувур ўқида ёти-

ши керак. Оқимнинг торайиши диафрагма олдида бошланади ва ундан ўтгач, маълум масофадан сўнг, ўзининг энг кичик кесимига эришади. Ундан кейин оқим тобора кенгайиб, қувурнинг тўлиқ кесимига эришади. 4.1-расм, *а* да эгри чизиқ орқали қувур деворлари бўйича тақсимланган босимнинг ўзгариши тасвирланган; штрих-пунктир чизиқ билан қувур ўқи бўйича тақсимланган босимни тасвирловчи эгри чизиқ кўрсатилган. Кўриниб турибдики, диафрагма орқасида босим дастлабки қийматига эришмайди. Модда диафрагмадан ўтганда, диафрагма орқасидаги бурчакларда «ўлик» зона ҳосил бўлади. Бу ерда босимлар фарқи натижасида суюқликнинг тескари йўналишдаги ҳаракаати ёки иккиламчи оқим пайдо бўлади. Суюқликнинг қовушоқлигидан асосий ва иккиламчи оқим бир-бирига қарама-қарши ҳаракат қилиб, уюрмалар ҳосил қилади. Бунда диафрагма орқасида бирмунча энергия сарфланади, демак, босим ҳам маълум даражада камаяди. Диафрагма олдидаги заррачалар йўналишининг ўзгариши ва уларнинг диафрагма орқасидаги сиқилиши потенциал энергиянинг ўзгаришига деярли таъсир кўрсатмайди.

4.1-расм *а* да кўрсатилганидек, P_1 ва P_2 босимлар диафрагма дискининг олди ва орқасидаги диафрагма текислиги ҳамда қувурнинг ички юзаси ўртасида ҳосил бўлган бурчакларга ўрнатилган алоҳида тешиклар ёрдамида ўлчанади. Сопло (4.1-расм, *б*) концентрик тешикли қўндирма шаклида ишланган. Унинг кириш қисми равон торайган, чиқиш қисми эса цилиндрдан иборат. Соплонинг профили шаррачанинг тўлиқ сиқилишини таъминлайди ва соплодаги цилиндр тешигининг юзи оқимнинг минимал кесимига тенг деб ҳисобланиши мумкин: ($F_0 = F_2$).

Сопло орқасида ҳосил бўладиган уюрмали ҳаракат диафрагмадагига кўра кам энергия йўқотишларга олиб келади. Қувур деворлари ва ўқида пунктир чизиқ бўйича тақсимланган босим ўзгаришининг эгри чизиғи диафрагмадаги босим ўзгаришининг эгри чизиғига ўхшаш, фақат соплодаги қолдиқ $P_п$ босимнинг йўқолиши диафрагмадаги йўқолишга кўра камроқ. Лекин, босимлар фарқи тенглашгандаги бир хил сарф учун диафрагманинг ўтиш тешигидаги F_0 юза соплоникидан катта бўлгани сабабли, босимлар йўқолиши бир хил. Соплонинг олд ва орқасидаги P_1 ва P_2 босимлар худди диафрагмашкидек ўлчанади.

4.1-расм, *в* да Вентури соплоси тасвирланган. Вентури соплоси қисқа цилиндрик қисмга ўтувчи цилиндрик кириш қисм ва кенгаювчи конуссимон диффузор қисмдан иборат. Торайтириш қурилмасининг бундай шаклида, чиқиш диффузори мавжудлиги туфайли, босим сарфи диафрагма ва соплодаги босим сарфига нисбатан анча кам бўлади. P_1 ва P_2 босимлар Вентури соплосининг ички бўшлиғи билан айлана бўйича жойлашган тешиклар орқали боғланган ҳалқа камералар ёрдамида ўлчанади.

Торайтириш қурилмалари вужудга келтирилган босимлар фарқи орқали модда сарфини ўлчаш принципи ва уларнинг асосий тенгламалари торайтириш қурилмаларининг барча турлари учун бир хил. Фақат бу тенгламалардаги тажриба орқали аниқланадиган баъзи коэффициентлар бир-биридан фарқ қилади. Қувурда иккита кесимни танлаймиз: I—I кесимда торайтириш қурилмасининг таъсири йўқ, II—II кесимда (4.1-расм, *а*) оқим шарраси энг кўп сиқилади. Бу кесимлардаги статик босимлар ўзгармасдир. Сиқилмаган суюқлик сарфи ва босимлар фарқи ўртасидаги нисбат ҳамда бу оқим учун энергиянинг сақланиш қонунини ифодаловчи Бернулли тенгламаси оқимнинг узлуксизлиги тенгламасидан аниқланиши мумкин. Агар ишқаланиш кучининг таъсири бўлмаса, горизонтал қувур учун бу тенглама қуйидаги шаклга эга бўлади:

$$\frac{P_1^1}{\rho_1} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{P_2^1}{\rho_2} + \frac{v_2^2}{2}, \tag{4.1}$$

$$\rho_1 \cdot v_1 \cdot F_1 = \rho_2 \cdot v_2 \cdot F_2 \tag{4.2}$$

бу тенгламада тегишли кесимлар I — I ва II — II учун: P_1^1 ва P_1^2 мутлақ статик босимлар, Па; v_1 ва v_2 — суюқлик оқимининг ўртача тезлиги, м/с; ρ_1 ва ρ_2 — суюқлик зичлиги, кг/м³, F_1 ва F_2 — оқимнинг кўндалинг кесим юзи, м².

Суюқлик зичлиги торайтириш қурилмасидан ўтганда ўзгармагани сабабли, яъни $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ бўлгани учун

$$P_1^1 - P_2^1 = \frac{\rho}{2}(v_2^2 - v_1^2); \tag{4.3}$$

$$v_1 F_1 = v_2 F_2 \tag{4.4}$$

Шуни ҳам таъкидлаш керакки, (4.3) ва (4.4) тенгламалар v_2 тезлик ўлчанаётган суюқликдаги товуш тезлигига тенг бўлган критик тезликдан кичик бўлган ҳол учун ўринлидир. (4.3) ва (4.4) тенгламалардан фойдаланиб F_2 кесимдаги ўртача v_2 тезликни аниқлаймиз:

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}(P_1^1 - P_2^1)}. \tag{4.5}$$

Ҳажмий сарф тезлик билан оқим кесими юзасининг кўпайтмасига тенг, яъни:

$$Q_x^1 = \frac{F_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}(P_1^1 - P_2^1)}. \tag{4.6}$$

Лекин (4.6) тенгламани чиқаришда ҳақиқий суюқликнинг қовушоқлиги, унинг қувур ва торайтириш қурилмасига ишқаланиши таъсирида оқим кесимидаги тезликнинг нотекис тақсимланиши эътиборга олинмаган. Бундан ташқари, бу тенглама босимлар фарқи I—I ва II—II кесимларда (4.1-расм, *а*) ўлчанмай, бевосита торайтириш қурилмаси ёнида ўлчанишин-

ни ҳамда энг тор жойдаги кесимнинг F_2 юзи ўрнига торайтириш қурилмасининг тешигидаги F_0 юза олинишини акс эттирмайди. Бу келтирилган четга чиқишлар сарф коэффициенти α орқали ифодаланади. Бунда ҳажмий сарф тенгламаси қуйидагича бўлади:

$$Q_{\text{ҳ}}^1 = \alpha \cdot F_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \Delta P}; \qquad (4.7)$$

бу ерда $Q_{\text{ҳ}}^1$ — ҳажмий сарф, м³/с; ΔP — торайтириш қурилмасининг ёнларида ўлчанган босимлар фарқи, Па; F_0 — торайтириш қурилмаси тешигининг юзаси, м².

Масса сарфи ҳажмий сарф билан суюқлик зичлигининг кўпайтмасига тенг:

$$Q_m^1 = \alpha \cdot F_0 \sqrt{2\rho \cdot \Delta P}. \qquad (4.8)$$

Тажрибаларнинг кўрсатишича, сарф коэффициенти модда турига боғлиқ бўлмай, асосан торайтириш қурилмасининг тури ва ҳажмига ҳамда Рейнольдс сонига, яъни оқимнинг физик хоссаларига боғлиқ:

$$\alpha = f(R_e,\ F_0,\ D), \qquad (4.9)$$

бу ерда D — қувур диаметри.

Сиқилувчи мухит (газ, буғ) сарфини ўлчашда, айниқса, босимлар фарқи катта бўлганда, модда оқими торайтириш қурилмасидан ўтаётгандаги босимнинг ўзгариши натижасида модда зичлигининг ўзгаришини эътиборга олиш зарур. Лекин газ ёки буғнинг торайтириш қурилмасидан ўтиш вақти кўп бўлмагани сабабли, модданинг сиқилиши ва кенгайиши адиабатик равишда, яъниссиқлик алмашинувисиз ўтади. Унда қуйидаги тенглама ўринли бўлади:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \left(\frac{P_2^1}{P_1^1}\right)^{1/H} \qquad (4.10)$$

бу ерда H — адиабата кўрсаткичи.

(4.1), (4.2) ва (4.10) тенгламаларни биргаликда ечсак, газ ёки буғ сарфини ҳисоблаш формулалари қуйидаги шаклга келади:

$$Q_{\text{ҳ}}^1 = \alpha \cdot \varepsilon \cdot F_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \Delta P}, \qquad (4.11)$$

$$Q_m^1 = \alpha \cdot \varepsilon \cdot F_0 \sqrt{2\rho \cdot \Delta P}, \qquad (4.12)$$

бу ерда ε — кенгайиш коэффициенти:

$$\varepsilon = f\left(\frac{P_1 - P_2}{P_2},\ m,\ H\right). \qquad (4.13)$$

Демак, газ ва буғ сарфини ҳисоблаш формулалари суюқлик сарфини ҳисоблаш формуласидан ε коэффициентнинг мав-

жудлиги билан фарқ қилади. Агар $\varepsilon = 1$ бўлса, бу формулалаларни сиқилмайдиган суюқликлар учун ҳам қўллаш мумкин. Ҳисоблашни қулайлаштириш учун торайтириш қурилмаси тешигининг юзи ўрнига унинг диаметри олинади. Бундан ташқари, тажрибада бир соатлик сарфдан фойдаланиш қулай. Шуни назарда тутиб, бир қатор ўзгартиришлардан сўнг қуйидаги ҳажмий ва массавий сарф формуласига эга бўламиз:

$$Q_{\text{х}} = 3{,}9986 \cdot 10^3 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot d^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}, \qquad (4.14$$

$$Q_m = 3{,}9986 \cdot 10^3 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot d^2 \sqrt{\rho \cdot \Delta P}. \qquad (4.15$$

Кўпинча, сарфни қувур диаметри D орқали ифодалаш лозим бўлади. Унда «торайтириш қурилмаси модули» тушунчаси киритилади

$$m = \left(\frac{d}{D}\right)^2 \qquad (4.16$$

(4.14) ва (4.15) формулаларга m ни киритсак,

$$Q_{\text{х}} = 3{,}9986 \cdot 10^3 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} \approx$$

$$\approx 4 \cdot 10^3 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}, \text{ м}^3/\text{соат} \qquad (4.17$$

$$Q_m \approx 4 \cdot 10^3 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\rho \cdot \Delta P}, \text{ кг/соат} \qquad (4.18)$$

Амалда (4.17) ва (4.18) формулаларини қуйидаги кўринишда ишлатиш мумкин:

$$Q_{\text{х}} = 0{,}01252 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}, \text{ м}^3/\text{соат} \qquad (4.19$$

$$Q_m = 0{,}01252 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\rho \cdot \Delta P}, \text{ кг/соат} \qquad (4.20$$

(4.19) ва 4.20) формулалар асосий ҳисоблаш формулаларидир. Уларни қўлланиб, торайтириш қурилмаларининг ҳисоби бажарилади ва босимлар фарқини ўлчашга мўлжалланган дифференциал манометрнинг параметрлари танланади. Асосий формулалардаги қийматлар қуйидаги бирликларда ифодаланади: D — мм; ΔP — кгк/м^2; ρ — кг/м^3.

Газ сарфини ўлчаганда кўпинча газ ҳолатини нормал ҳолатга келтириш лозим. Нормал ҳолатга келтирилган м^3/соатлардаги қуруқ газ ҳажмий сарфи қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$Q_{\text{х}}^{\text{Н}} = 0{,}01252 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\frac{P_1 \cdot T_{\text{Н}} \cdot \Delta P}{P_{\text{Н}} \cdot \rho_{\text{Н}} \cdot T \cdot K}} \qquad (4.21$$

Нормал ҳолатга келтирилган нам газнинг ҳажмий сарфи қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$Q_x^H = 0{,}01252 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \frac{P_1 \cdot \varphi \cdot P_{BП}}{P_1} \sqrt{\frac{P_1 \cdot T_H \cdot \Delta P}{P_H \cdot \rho_H \cdot T \cdot K}}, \quad (4.22)$$

Бунда P_1 — торайтирувчи қурилма олдида газнинг мутлақ босими, Па; $P_{BП}$ — T температурадаги нам газда сув буғининг босими. Па; P_H ва T_H — нормал шароитга мос равишда газнинг босими ва температураси (20°С, 1,0332 кг/см²): φ — газ намлиги, %, K — газнинг сиқилувчанлик коэффициенти; ρ_H — нормал шароитда газ зичлиги.

Сарфни ўлчашга мўлжалланган торайтириш қурилмаларини ҳисоблаш усули ва тартиби Давлат Стандартлар Комитети томонидан тасдиқланган норматив ҳужжатда: «газ ва суюқликлар сарфини стандарт торайтириш қурилмалари орқали ўлчаш қоидалари» (РД 50-213-80)да аниқланган.

Стандарт торайтириш қурилмаларига РД 50-213-80 қоидалари талабларини қаноатлантирувчи ва модда сарфини индивидуал даражасиз ўлчашда қўлланадиган диафрагмалар, соплолар, Вентури соплолари ва Вентури қувурлари киради. РД 50-213-80 қоидаларида сарф ўлчаш қурилмаларини чиқаришда уларни лойиҳалашга, монтаж қилишга, ишлатишга ва текширишга бўлган талаблар кўрсатилган. Қоидаларда келтирилган ҳолатлар қуйидаги ўлчаш шартлари бажарилгандагина ўринли:

1) оқим ҳаракатининг характери қувурнинг тўғри участкаларида торайтириш қурилмасидан аввал ҳам, кейин ҳам турбулент, барқарор бўлиши керак;

2) оқимлар ҳолати у торайтириш қурилмаси орқали оққанда ўзгармаслиги лозим (суюқлик буғланмайди, суюқлик эритмасида газ ажралмайди, газдан чиқадиган сув буғи конденсацияланмайди, бунда торайтириш қурилмаси яқинидаги қувурда суюқ ҳолатнинг ажралиши ҳам инкор этилади);

3) қувурлар тўғри участкаларининг ички текисликларида торайтириш қурилмасигача ва ундан кейин чанг, қум, металл парсалар ва бошқа кўринишдаги ифлосликлар йиғилиб қолмайди;

4) торайтириш қурилмасининг сиртларида унинг конструктив параметрларини ва геометриясини ўзгартирадиган чўкиндилар ҳосил бўлмайди;

5) буғ қиздирилган бўлади; бунда буғ учун газ сарфини ўлчашга тегишли барча ҳоллар ўринли.

Нам буғ сарфини диафрагмалар билан буғ зичлиги ($\rho_П$) ва суюқлик зичлиги ($\rho_ж$) нисбати $\frac{\rho_П}{\rho_ж} \leqslant 0{,}002$ бўлганда ҳамда буғ-суюқлик аралашмасида суюқ компонентнинг масса қисми 0,2 дан ошмаганда ўлчаш тавсия этилади.

Қувурлар диаметрлари D нинг йўл қўйиладиган қийматлари чегаралари ва торайтирувчи қурилмаларнинг нисбий юзлари m қуйидаги чегараларда бўлиши лозим;

а) 50 мм $\leqslant D \leqslant$ 1000 мм; $0{,}05 \leqslant m \leqslant 0{,}64$ — босим фарқини ўлчашнинг бурчак усулли диафрагмалари учун;

б) 50 мм $\leqslant D \leqslant$ 760 мм; $0{,}04 \leqslant m \leqslant 0{,}56$ — босим фарқини ўлчашнинг фланецли усулли диафрагмалари учун; диафрагма тешигининг диаметри босим фарқини ўлчаш усулидан қатъи назар, $d \geqslant 12{,}5$ мм;

в) 50 мм $\leqslant D$; $0{,}05 \leqslant m \leqslant 0{,}64$ — газ сарфини ўлчаш ҳолидаги соплолар учун;

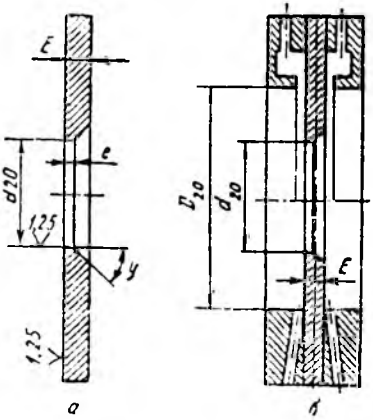
г) 30 мм $\leqslant D$; $0{,}05 \leqslant m \leqslant 0{,}64$ — суюқлик сарфини ўлчаш ҳолида соплолар учун;

д) 65 мм $\leqslant D \leqslant$ 500 мм; $0{,}05 \leqslant m \leqslant 0{,}6$ — Вентури соплолари учун; соплолар ва Вентури соплолари тешигининг диаметри $d \geqslant 15$ мм;

е) 50 мм $\leqslant D \leqslant$ 1400 мм; $0{,}10 \leqslant m \leqslant 0{,}60$ — Вентури қувурлари учун.

Газ сарфини ўлчашда торайтириш қурилмасидан чиқишдаги мутлақ босимнинг унинг киришидаги босимга нисбатан 0,75 дан кам катта ёки тенг. Газ ва суюқлик сарфини ўлчашда диафрагмаларда босим фарқини ўлчаш учун ҳам бурчакли, ҳам фланецли усулдан ҳамда нормал соплоларда, Вентури соплоларида ва Вентури қувурларида ўлчашнинг бурчакли усулидан фойдаланиш тавсия этилади.

4.2-расмда стандарт диафрагма тасвирланган. Диафрагманинг оқим кирадиган томони концентрик тешикли (d_{20}) юпқа дискдан иборат (4.2-расм, *а*). Диафрагма диски қалинлиги $E = 0{,}05 \cdot D_{20}$ дан ошмаслиги лозим. Диафрагма тешиги цилиндрик қисмининг узунлиги $0{,}005 \cdot D_{20} \leqslant l \leqslant 0{,}02 \cdot D_{20}$ чегараларда ётиши керак. Қалинлиги $0{,}02 \cdot D_{20}$ дан ошганда цилиндрик тешик конуссимон чиқариш қисмига ўтиши лозим. Диафрагма тешиги конуссимон қисмининг қиялик бурчаги $30° \leqslant \varphi \leqslant 45°$ чегараларда бўлиши керак. Диафрагма қувур деворларига нисбатан концентрик шаклда ўрнатилади. Диафрагмани тайёрлашда унинг материали ўлчанаётган муҳит хусусиятларига кўра танланади. Стандарт диафрагмалар камерали (4,2-расм, *б* — ўқдан юқори) ва камерасиз (4,2-расм, *б* — ўқдан паст) бўлиши мумкин. Камерали диафрагмалар диаметри D_{20} 50 дан 500 мм гача бўлган қувурлар учун қўлланади. Стандарт камерали диафрагмалар ДК, камерасизлари (дисклилари) ДН билан белгиланади.



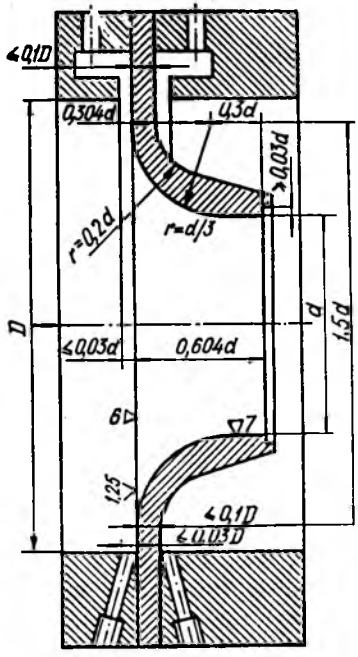
а *б*

4.2-расм. Стандарт диафрагма.

4.3-расмда кўрсатилган стандарт соплолар қиздирилган газ, буғ ҳамда агрессив

ъуюқликлар сарфини ўлчаш учун ишлатилади.

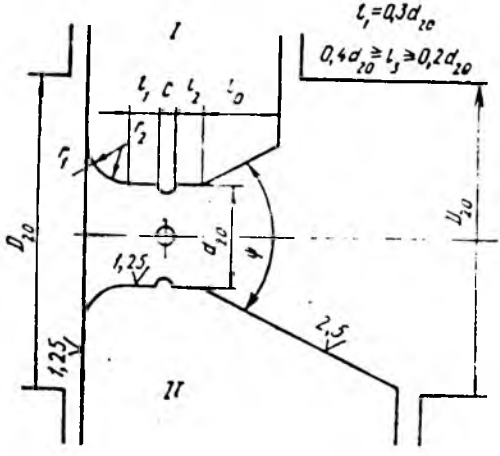
Оқимнинг кириши томонидаги тешик равон думалоқланган, унинг чиқиши томонидан цилиндрик қўндирмага айланадиган қисми бор. Цилиндрик қисмининг чиқиш қирраси ўткир ва тўғри тўртбурчак шаклида бўлиши керак. Чиқиш қиррасини механик шикастланишдан сақлаш мақсадида сопло учи йўнилади. Соплонинг ички цилиндрик қисми силлиқланган. Босимлар фарқи худди диафрагмалардагидек халқали камералар (4.3-расм, ўқдан баланд) ёки алоҳида пармаланишлар (4.3-расм, ўқидан паст) ёрдамида ўлчанади. Диафрагмаларга қараганда соплолар коррозияга чидамли, ифлосланмайдиган, ўлчаш аниқлиги юқори бўлади.



4. 3- расм. Стандарт сопло.

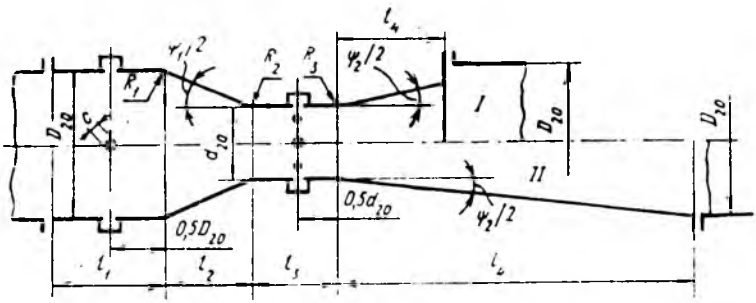
Мавжуд Вентури қувурлари орасида кириш қисми стандарт соплоники каби тайёрланган қувурлар нормаллаштирилган. Шунинг учун бундай торайтириш қурилмалари Вентури стандарт соплоси номини олган. Вентури соплоси (4.4-расм) профилли кириш қисми, цилиндрик ўрта қисм ва чиқиш конусидан ташкил топган. Цилиндрик тешик бевосита конусга ўтиши керак. Вентури соплоси чиқариш конуси бурчаги $5° \leqslant \varphi \leqslant 30°$ чегаралардан ташқарига чиқмаслиги лозим.

Вентури соплоси узун ёки қисқа диффузорли қилиб тайёрланиши мумкин. Узун диффузорли Вентури соплосининг энг катта диаметри қувур диаметрига тенг бўлиши мумкин (4.4-расм,



4. 4- расм. $m = 0{,}444$ шарт учун қисқа ва узун Вентури соплоси.

пастки қисми). Қисқа диффузорли Вентури соплосининг диаметри эса қувурникидан кичик (4.4-расм, устки қисми) бўлади. Узун Вентури соплолари кам ишлатилади, чунки улар қиммат туради ва босим йўқотилиши қисқа Вентури соплоларини нисбатан бир оз кам. Қисқа Вентури соплоси конусининг узунлиги ва ўрта цилиндр қисмининг диаметри d_{20} дан кичик бўлиши керак. Босимлар фарқи халқали камера орқали асбобга узатилади. Вентури соплоси босимнинг йўқотилиши муҳим аҳмиятга эга бўлган ҳолларда ишлатилади.



4. 5- расм. Вентури қувури

Вентури қувури (4.5-расм) кириш цилиндрдик қувури l_1 кириш конуси l_2, бўғиз (ўрта цилиндрик қувурдан) l_3 ва диффузор l_4 дан тузилган. Вентури қувурининг шартли диаметри Dy, шартли босим P_y ва материалга қараб уч хил тайёрланади.

Вентури қувури чиқиш конусининг энг катта диаметри қувур диаметрига тенг бўлганда узун дейилади (4.5-расм, қуйи қисми) ёки агар айтилган диаметри қувур диаметридан кичик бўлса (4.5-расм, юқори қисми) қисқа дейилади.

Бўғиз ва киришдаги цилиндрик қувурдаги босимни девордаги тешиклар ва камера орқали олинади. Вентурининг одатдаги қувурлари камчиликларига уларнинг катта ўлчамлари ва оғирлигини киритиш лозим; бу уларни тайёрлашни қиммат лаштиради ва ўрнатилишини қийинлаштиради. Шунинг учун Вентурининг калталаштирилган қувурларини қўлланиш мақсадга мувофиқ. Вентури қувурларининг афзалликларига бошқа типдаги торайтирувчи қурилмалардагига нисбатан босимнинг кам йўқолишини киритиш мумкин. Шунинг учун уларни катта тезликлар сабабли босимни йўқотиш катта бўлиб кетиши мумкин бўлган ҳолларда тавсия этиш керак.

Кириш конусининг марказий бурчаги $\varphi_1 = 21 \pm 1°$. Чиқиш конуси диффузорининг марказий бурчаги φ_2 қисқа қувурлар учун 14—20°; узун қувурлар учун 7—8°.

Амалда сарфни Рейнольдс сонлари кичик бўлганда кўпроқ ўз-

чаш зарурати туғилади: $Re < Re_{min}$ масалан, қовушоқ моддаларнинг, зичлиги кам газларнинг сарфини ўлчашда, кичик диаметрли қувурларда ўлчашларда ва бошқаларда юқоридаги ҳол юз беради.

Синалган махсус торайтирувчи қурилмалар ичида иккиланган диафрагмалар, чорак доирали профилли соплолар ва иккиланган конусли диафрагмалар яхши натижа беради.

Ифлослашган суюқликларнинг ва айниқса, газларнинг сарфини ўлчашда горизонтал ёки оғма қувурлардан стандарт диафрагмаларда чўкиндилар пайдо бўлиши мумкин. Шу сабабли бундай оқимлар учун торайтирувчи қурилмалар сифатида сегмент диафрагмалардан фойдаланилади.

Газлар ажралиши мумкин бўлган суюқликлар сарфини ўлчашда ҳам сегмент диафрагмалардан фойдаланиш мумкин, аммо уларда газ оқиб чиқиш тешиклари қувур кесимининг юқори қисмида жойлашган бўлиши лозим.

Босимлар фарқи ўзгарувчан сарф ўлчагичлар қуйидаги асосий афзалликлари сабабли ғоятда кенг қўлланади:

1) торайтирувчи қурилмалар — сарф ўлчашнинг содда, арзон ва ишончли воситаси;

2) торайтирувчи қурилмалар универсалдир, яъни улар босимлар, температура ва қувур диаметрларининг кенг диапазонида амалда ихтиёрий бир фазали (баъзида икки фазали) муҳитларнинг сарфини ўлчашда қўлланилиши мумкин;

3) стандарт торайтирувчи қурилмаларнинг даражаланиш характеристикаси ҳисоблаш йўли билан топилиши мумкин, шунинг учун намуна сарф ўлчагичларга ҳожат қолмайди;

4) турли шароитларда ўлчаш учун ишланиши бўйича бир турли дифманометрлар ва иккиламчи асбоблардан фойдаланиш мумкинлиги; ҳар бир сарф ўлчагич учун фақат торайтирувчи қурилмалар индивидуал бўла олади.

Афзалликлари билан бир қаторда бундай сарф ўлчагичларнинг камчиликлари ҳам бор:

1) сарф ва босимлар фарқи орасидаги боғланишнинг чизиқсизлиги, бу ўлчаш хатолигининг катталиги сабабли $0{,}3\ Q_{вп}$ дан кам сарфни ўлчашга имкон бермайди;

2) сарфларни кичик *Re* сонларда ёки кичик диаметрли қувурларда ўлчаш учун торайтирувчи қурилмаларни даражалаш алоҳида-алоҳида олиб борилиши зарурлиги;

3) торайтирувчи қурилмали сарф ўлчагичлар чегараланган аниқликка эга, бунда ўлчаш хатолиги қувурнинг ҳолатига, босим ўзгармаслигига ва ўлчанаётган муҳитга боғлиқ равишда кенг чегараларда (1,5...3%) ўзгаради;

4) узун импульсли қувур борлиги сабабли чегараланган тезкорлик (инерционлиги) катта ва шу муносабат билан тез ўзгарадиган сарфларни ўлчашдаги қийинчиликлар.

Стандарт торайтирувчи қурилмаларни ҳисоблаш

1982 йилдан бошлаб «Газ ва суюқлик сарфини стандарт торайтирувчи қурилмалар РД 50-213-80 ёрдамида ўлчаш қоидалари» жорий этилди.

Қоидалар газ ва суюқлик сарфини ўзгарувчи босимлар фарқи усули билан ўлчаш асосларини ва сарф ўлчагичларга қўйиладиган умумий техник талабларни белгилаб берган.

Торайтирувчи қурилмани танлашда қуйидаги мулоҳазалардан фойдаланиш зарур:

1) торайтирувчи қурилмаларда босимнинг йўқолиши қуйидаги кетма-кетликда ортиб боради: Вентури қувури, Вентурининг узун соплоси, Вентурининг қисқа соплоси, сопло, диафрагма; 2) m ва ΔP ларнинг бир хил қийматларида ва бошқа шарт-шароитларда сопло диафрагмага қараганда юқорироқ аниқликни (айниқса кичик m лар учун) таъминлайди; 3) торайтирувчи қурилма кириш профилининг ўзгариши ёки ифлосланиши фойдаланиш жараёнида диафрагманинг сарф коэффициентига нисбатан кўпроқ таъсир этади.

Дифманометрнинг тури ва хили қуйидаги шартларга кўра танланади:

1) дифманометр айни асбобни ишлатишга оид қўлланмада кўрсатилган муҳитларнинггина сарфини ўлчаш учун қўлланиши мумкин (агар дифманометр сезгир элементини узлуксиз ҳимоя қилинмаётган ёки ажратувчи идишлар қўлланмаётган бўлса);

2) электр энергиядан фойдаланувчи дифманометр мос норматив ҳужжатлар талабини қондириши лозим;

3) қувурдаги максимал иш босими торайтирувчи қурилма олдида дифманометр мўлжалланган максимал иш босимидан катта бўлмаслиги керак.

Асбобсозлик саноатида қуйидаги қатордаги босим фарқи чегараларига мос келадиган дифманометрлар чиқарилади: 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500; 4000; 6300; 10000; 16000 ва 25000 Па ҳамда 0,04; 0,063; 0,1; 016; 0,25; 0,4; ва 0,63 МПа. Дифманометрнинг юқориги ўлчаш чегараси берилган энг катта сарфга мос келиши керак.

Сериялаб чиқарилаётган дифманометрлар учун босимнинг номинал фарқи чегараси $\Delta P_н$ юқорида кўрсатилган сонларнинг стандарт қаторидан олиниши лозим. Бунда қуйидагиларни назарда тутиш керак:

1) босим фарқи $\Delta P_н$ қанча катта бўлса, берилган сарфни ўлчаш учун торайтирувчи қурилманинг нисбий юзи m шунча кичик бўлиши керак, m қанча кичик бўлса, берилган сарфни ўлчаш аниқлиги шунча юқори бўлади ва торайтирувчи қурилмада босим йўқотилиши шунча катта бўлади;

2) агар торайтирувчи қурилмада босимнинг йўл қўйилган йўқолиши берилган бўлса, унда $\Delta P_н$ нинг энг катта қиймати сифатида шундай қиймат олинадики, унда босимнинг

йўқолиши йўл қўйилганидан кичик бўлади. Торайтирувчи қурилмада босим йўқолишининг аҳамияти бўлмаса, ΔP фарқнинг m сони 0,2 га яқин бўладиган қилиб танланади (нисбий юзнинг кейинги камайтирилиши фақат Рейнольдс сонининг ўлчанаётган сарфга таъсирини камайтиришда ёки қувурнинг тўғри участкаси узунлигини қисқартиришдаги хатоликни камайтиришда мақсадга мувофиқ).

Дифманометрда юқориги ўлчаш чегараси ўлчанаётган сарфнинг энг катта қиймати Q_{max} бўйича шундай аниқланадики, $Q_{гр}$ нинг олинган яқин қиймати Q_{max} қийматдан катта ёки унга тенг бўлади. Энг катта сарф қуйидаги қаторга мос келиши зарур: 1,0; 1,25; 1,5; 2,0; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10 ва ҳоказо.

IV.3-§. БОСИМ ФАРҚЛАРИ ЎЗГАРМАС САРФ ЎЛЧАГИЧЛАР

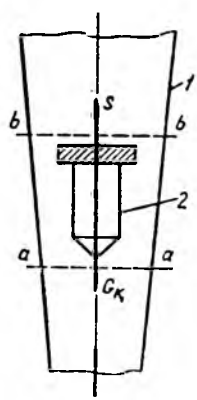
Босим фарқлари ўзгармас сарф ўлчагичлар — ротаметрлар лабораторияларда ва саноатда кенг ишлатилиб, тоза ҳамда бироз ифлосланган бир жинсли суюқлик ва газларнинг сарфини ўлчашга мўлжалланган.

Асбобнинг ишлаш принципи ўлчанаётган муҳит оқимининг пастдан юқорига ўтишида конуссимон найча ичига жойлашган қалқовичнинг вертикал силжишига асосланган. Қалқовичнинг ҳолати ўзгариши билан қалқович ва конуссимон найчанинг ички деворлари орасидаги ўтиш кесими ўзгаради, натижада ўтиш кесимидаги оқимнинг тезлиги ҳам ўзгаради. Босимлар фарқи қалқович кўндаланг кесими юзининг бирлигидаги массага тенглашгунча у ҳаракатда бўлади. Берилган муҳитнинг ҳар бир сарф катталигига қалқовичнинг муайян ҳолати мос келади. Ротаметрлар босим фарқи ўзгарувчан сарф ўлчагичларга нисбатан бир қатор афзалликларга эга; ротаметрларнинг шкалалари тенг бўлинмали бўлиб, унча катта бўлмаган сарфларни ўлчашга имкон беради; босимнинг йўқолиши кичик ва у сарф катталигига боғлиқ эмас; ротаметрларнинг ўлчаш чегараси катта:

$$\frac{Q_{max}}{Q_{min}} = \frac{10}{1}$$

Асбобнинг ўлчаш қисми (4.6-расм) вертикал жойлашган конуссимон найча *1* ва қалқович *2* дан иборат.

Конуссимон найчадаги ҳалқанинг кесим юзи баландликка мутаносиб ўзгаради. Пастдан юқорига ўтадиган суюқлик ёки газ оқими томонидан қалқовичга кўрсатиладиган кучлар мувозанатлашгунча уни юқорига кўтаради. Кучлар мувозанатлашганда қалқович маълум баландликда тўхтайди, бу эса сарф миқдорини кўрсатади. Қалқовичнинг



4. 6- расм. Қалқовичли ротаметр схемаси.

иш ҳолатидаги, яъни ўлчанаётган муҳитга батамом чўккан пайтидаги оғирлиги

$$G_к = V_к (j_к - j), \qquad (4.23)$$

бу ерда $G_к$ — қалқовичнинг оғирлиги, кг; $V_к$ — қалқович ҳажми, м³; $j_к$ — қалқович тайёрланган материалнинг солиштирма оғирлиги, кг/м³; j — ўлчанаётган муҳитнинг солиштирма оғирлиги, кг/м³.

Бу ҳолда қалқовичнинг оғирлик кучи пастга қаратилган. Қалқовичнинг оғирлиги юқорига йўналган оқим кучи билан мувозанатлашади:

$$S = (P_1 - P_2) \cdot f_0, \qquad (4.24)$$

бу ерда P_1 ва P_2 — муҳитнинг қалқовичдан олдинги ва кейинги босими, Па; f_0 — қалқович кесимининг диаметри энг катта жойдаги юзи, м².

Қалқовичнинг муҳит ўзгармас оқимига мос бўлган мувозанат ҳолатидаги оғирлик кучи ва итарувчи куч ўртасидаги тенглик қуйидагича:

$$V_к (j_к - j) = (P_1 - P_2) \cdot f_0 \qquad (4.25)$$

Бу ҳолда ишқаланиш кучи эътиборга олинмайди; (4.25) тенглама асосида қалқовичдаги босимлар фарқи:

$$P_1 - P_2 = \Delta P = \frac{V_к (j_к - j)}{f_0}, \qquad (4.26)$$

ΔP — босимлар фарқи, Па.

(4.26) тенглама босимлар фарқининг қалқович ҳажмига, кесим юзига, қалқович ва муҳитнинг солиштирма оғирликларига, яъни ўлчаш жараёнида ўзгармайдиган катталикларга боғлиқлигини кўрсатади. Демак, сарф ўлчанаётгандаги босимлар фарқи ўзгармас. Ўлчанаётган муҳитнинг конуссимон найча деворлари ва қалқович орасидаги ўтиш тезлиги:

$$v = \sqrt{\frac{2g (P_1 - P_2)}{j}}, \qquad (4.27)$$

бу ерда v — ўтиш тезлиги, м/с.

(4.27) тенгламадан

$$P_1 - P_2 = \Delta P = \frac{v^2 \cdot j}{2g}. \qquad (4.28)$$

(4.26) ва (4.28) тенгламаларни тенглаштирсак, оралиқ оқим тезлигига эга бўламиз:

$$v = \sqrt{\frac{2g \cdot V_к (j_к - j)}{j \cdot f_0}}. \qquad (4.29)$$

Оқимнинг ҳалқа оралиғидаги тезлиги ва унинг юзаси маълум бўлгач, ўлчанаётган муҳитнинг ҳажмий сарфини аниқлаш мумкин:

$$Q_x = \alpha \cdot F \sqrt{\frac{2g \cdot V_к (i_к - i)}{i \cdot f_0}} \quad (4.30)$$

бу ерда Q_x — ўлчанаётган муҳитнинг ҳажмий сарфи, м³/соат; α — сарф коэффициенти, бу тажрибада олинган катталик бўлиб, суюқликнинг қалқовичга ишқаланиш таъсирини, муҳит уюрмаси ҳосил бўлгандаги босим йўқолишини назарда тутади.

Илдиз остидаги катталиклар ўзгармас бўлгани учун уларни K коэффициент билан алмаштириш мумкин:

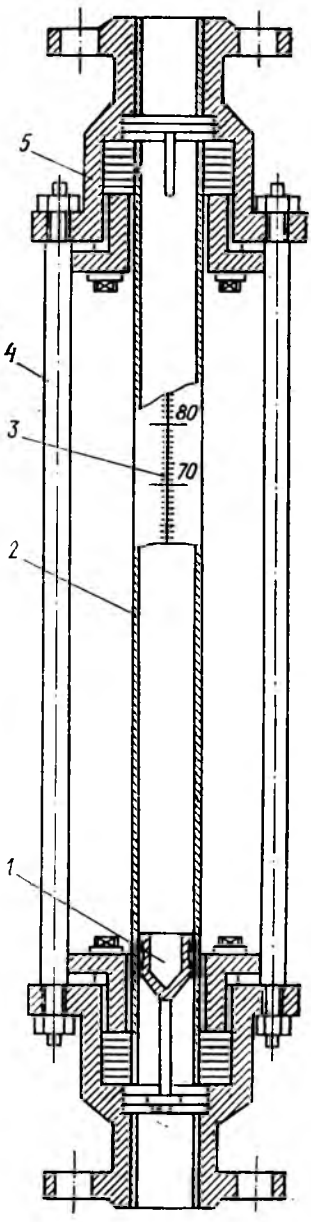
Унда

$$Q_x = \alpha \cdot F \cdot K \quad (4.31)$$

Бу боғланиш чизиқли бўлгани сабабли ротаметрнинг шкаласи тенг бўлинмали бўлади. Ротаметрларнинг сарф коэффициенти α ни аниқлаш аналитик усулда топиш қийин бўлган бир қатор катталикларга боғлиқ. Шунинг учун ҳар бир ротаметр тажриба йўли билан даражаланади. Сарф тенгламасига кирган барча катталиклар даражаланиш шартларига мувофиқ бўлгандагина шкаланинг бу тарзда даражаланиши аниқ бўлади.

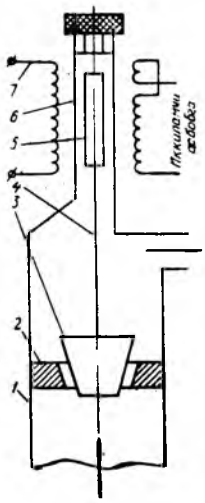
Лаборатория ва саноатда шиша (сарфни жойида ўлчайдиган) ва металл корпусли (кўрсатишларни масофага узатадиган) ротаметрлар чиқарилади.

4.7-расмда шиша найчали ротаметрнинг тузилиш схемаси кўсатилган. Бу асбоб корпус *5* га устунлар *4* ёрдамида ўрнатилган конуссимон найча *2* дан иборат. Найча ичида пастдан юқорига оқадиган суюқлик ёки газ оқими таъсирида вертикал ҳаракат қилувчи қалқович *1* бор. Асбобнинг шкаласи *3* бевосита найча устида (чизиш йўли билан) даражаланади. Ҳисоблашлар қалқовичнинг устки горизонтал текислиги бўйича олиб борилади.



4.7- расм. Шиша найчали ротометр

Конуссимон найчали шиша ротаметрлар сув бўйича 3000 л/соат ва ҳаво бўйича 40 м³/соат ўлчов чега-



4. 8- расм. Кўрсатишларни масофага электр дифференциал-трансформатор ёрдамида узатадиган ротаметр схемаси.

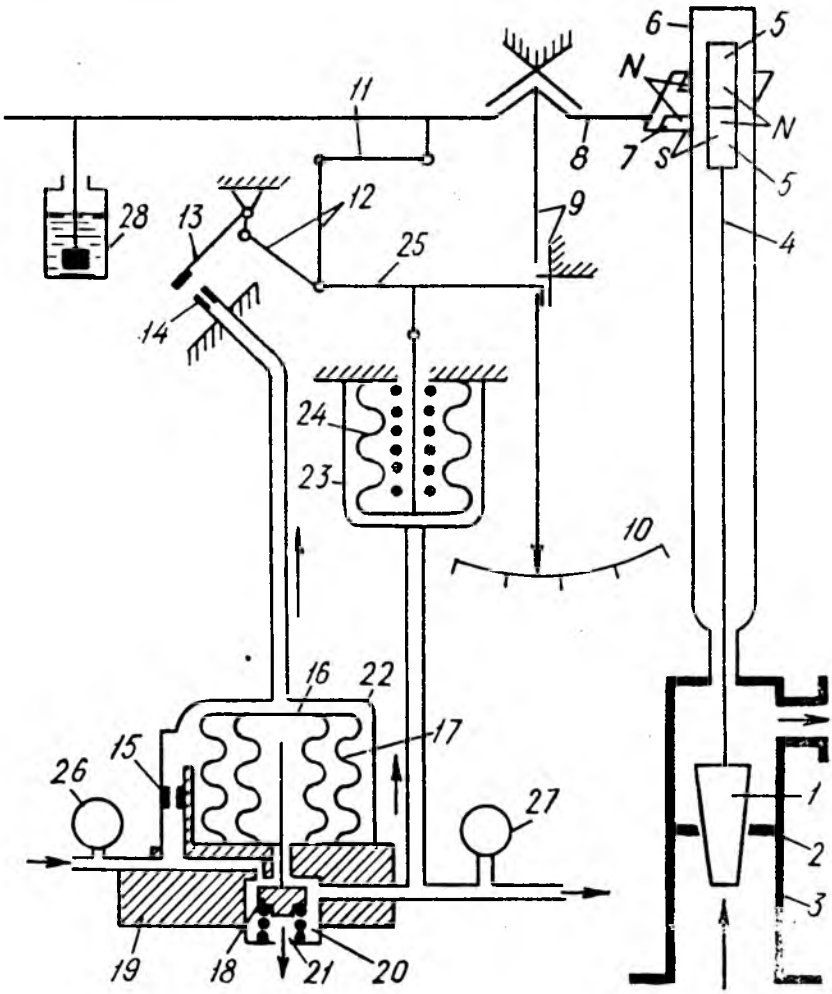
расига; 0,6 МПа (6 кгк/см²) гача иш босимига мўлжалланган. Асосий хатолик ±2,5%.

4.8-расмда кўрсатишларни масофага электр дифференциал-трансформатор орқали узатадиган ротаметр схемаси келтирилган. Ротаметрнинг ўлчаш қисми диафрагма *2* ли цилиндрик металл корпус *1* дан иборат.

Диафрагма *2* тешигида шток *4* га бикр қилиб ўрнатилган конуссимон қалқович *3* ҳаракат қилади. Штокнинг устки қисмида дифференциал трансформаторли ўзгартгичнинг ўзаги *5* ўрнатилган. Ўзак найча *6* ичида жойлашган, найча ташқарисида эса ўзгартгичнинг ғалтаги *7* бор.

Шкаласиз ротаметлар кўрсатувчи ёки қайд қилувчи иккиламчи дифференциал-трансформаторли асбоб таркибида ишлатилади. Ротаметрлар ортиқча иш босими таъсиридаги муҳит сарфини ўлчаш учун (6,27 МПа) чиқарилади. Бу асбоблар каттароқ ортиқча босимларга ҳам мўлжаллаб чиқарилади. Бундан ташқари, ўзгармас 0...5 мА токли чиқиш сигнали билан ишлайдиган ротаметрлар ҳам мавжуд. Уларнинг сув бўйича ўлчаш чегараси 16000 л/соат. Асосий хатолик ±1,5%.

Портлаш ва ёнғин хавфи бор жойларда кўрсатишларни масофага пневматик узатадиган ротаметрлар ишлатилади. Бундай ротаметрнинг принципиал схемаси 4.9-расмда кўрсатилган. Бу ротаметрнинг ўлчаш қисми конуссимон қалқович *1*, диафрагма *2* ва пўлатдан ишланган цилиндрик найча *3* дан иборат. Қалқович конуссимон найча ичида ҳаракат қилувчи ротаметр моделлари ҳам мавжуд. Шток *4* да иккита цилиндрик магнит *5* бириктирилган. Бу магнитлар бир-бирига бир хил ишорали қутблари билан қаратилган. Магнитлар қалқович билан бирга найча *6* ичида силжийди. Найча эса магнитмас материалдан тайёрланади. Ташқаридан найча пишанг *8* га ўрнатилган магнит *7* билан ўралган. Цилиндрик магнитлар *5* билан ташқи магнит *7* магнитли муфта ҳосил қилади. Қалқовичнинг магнит муфта ва пишанг *8* ёрдамида ҳаракатланиши ўлчанаётган сарф миқдорини шкала *10* да жойлашган кўрсатувчи стрелка *9* га узатади. Масофага пневматик узатиш механизми компенсация схемаси асосида ишлайдиган ўзгартгичдан иборат («Пневматик ўзгарткичлар»га қаранг, VIII боб.) Ўлчаш системасидаги тебранишларни камайтириш учун демпферловчи қурилма *28* ишлатилади. Пневмо узатишли ротаметрларнинг серияли ишланадиган моделлари 6,27 МПа иш босимига мўлжалланган.



4. 9- расм. Кўрсатишларни масофага пневматик узатадиган ротаметр схемаси.

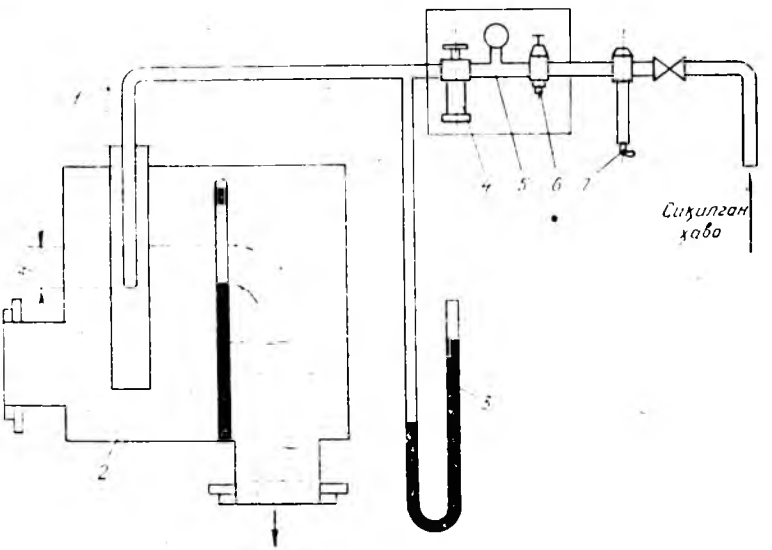
Бу асбоблар билан (сув бўйича 16 м³/соат) гача сарфлар ўлчанади. Асосий хатолик ±1,5% дан ошмайди.

IV.4- §. ЎЗГАРУВЧАН САТҲЛИ САРФ ЎЛЧАГИЧЛАР

Ўзгарувчан сатҳли сарф ўлчагичларнинг ишлаш принципи суюқликнинг идиш тубидаги ёки унинг ён деворларидаги тешикдан эркин оқиб чиқишидаги сатҳни ўлчашга асосланган. Бу асбоблар кимё саноатида жуда агрессив суюқликлар сарфини ўлчашда, шунингдек, газ билан аралашган пульсланувчи оқим ва суюқликлар сарфини ўлчашда ишлатилади. Ўзгарувчан сатҳли сарф ўлчагичлар барча ҳолларда суюқлик сарфини

атмосфера босимида ўлчайди, шунинг учун бу асбобларнинг ишлатилиши чекланган.

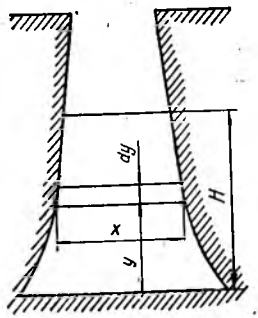
Ўзгарувчан сатҳли сарф ўлчагичлар таркибига қабул қилувчи сиғим (идиш) ва суюқлик сатҳини ўлчайдиган асбоб киради. Сатҳ ўлчагичлар сифатида исталган асбоб ишлатилиши мумкин. Қабул қилувчи сиғим сифатида эса думалоқ (диафрагма) ёки тирқиш тешикли цилиндрик ёхуд тўртбурчак идиш хизмат қилади. Бундай идишлардаги суюқлик сарфи унинг сатҳ баландлиги бўйича аниқланади. Диафрагма идиш тагида ёки унинг ён деворларида жойлашиши мумкин, лекин суюқлик сатҳи у оқиб чиқадиган тешикдан юқорида бўлиши лозим. Тирқишнинг тешиклари идишнинг фақат ён деворларида жойлашган бўлиши керак, бу ҳолда идишдаги суюқлик сатҳи тешикнинг устки четидан баланд бўлмаслиги лозим.



4. 10- расм. Суюқлик оқиб чиқадиган тирқиш тешикли сарф ўлчагич.

4.10-расмда кўрсатилган сарф ўлчагич икки штуцерли тўртбурчак корпус *2* дан иборат. Штуцерлардан бири корпуснинг ёнида жойлашган бўлиб, суюқликни киритиш учун, иккинчиси эса пастда жойлашган бўлиб, суюқликнинг оқиб чиқиши учун хизмат қилади. Корпус ички томонидан тўсиқ билан бўлинган, бу тўсиққа профилланган тешикли шчит герметик равишда маҳкамланган. Идишдаги суюқлик оқиб чиқадиган тирқиш олдига муҳофазаловчи ғилофли пьезометрик найча *1* чўктирилади. Ҳайдалган ҳаво миқдори назорат стаканчаси *4* ёрдамида текширилади. Ҳаво босими редуктор *6* орқали ўзгармас қилиб сақланиб турилади ва манометр *5* билан ўлчанади. Фильтр *7* ҳавони тозалайди. Пьезометрик найчадаги босим тирқиш ол-

дидаги суюқлик устунининг зичлиги ва баландлиги билан, демак, суюқликнинг массавий сарфи билан бир хилда боғлиқ. Пьезометрик найчадаги гидродинамик босимнинг қиймати дифманометр *3* билан ўлчанади. 4.10-расмда келтирилган сарф ўлчагичнинг хусусиятларидан бири иккиламчи асбоб шкаласининг бўлинмалари тенглигидадир.



4.11-расм. Оқава шаклдаги оқиб чиқиш тешиги

Ихтиёрий шаклдаги тешик чун Q ва H нисбатни аниқлаймиз (4.11-расм).

x кенглик ва dy баландликдаги dS элементар юза учун сарфнинг дифференциал шаклда олинган асосий (4.7) тенгламасини қўллаш мумкин:

$$dQ = \alpha \cdot d \cdot S \sqrt{2g \cdot (H-y)} = 2 \cdot x \sqrt{2g \cdot (H-y)\, dy} \tag{4.32}$$

(4.32) тенгламани интеграллаб, сарф катталигига эга бўламиз:

$$Q = \sqrt{2g} \int_0^H \alpha \cdot x \sqrt{(H-y)\, dy} \tag{4.33}$$

(4.33) тенгламани ечиш учун x ва y боғланишни билиш керак.

Асбоб шкаласи тенг бўлинмали бўлиши учун Q ва H ўртасидаги нисбат чизиқли бўлиши керак, яъни

$$Q = K \cdot H \tag{4.34}$$

бу ерда K — пропорционаллик коэффициенти, у қуйидаги шартдан аниқланади:

$$K = \frac{Q_{max}}{H_{max}}.$$

Q нинг (4.34) даги қийматини (4.33) га қўйсак,

$$\int_0^H 2 \cdot x \cdot \sqrt{(H-y)\, dy} = \frac{K}{\sqrt{2g}} \cdot H \tag{4.35}$$

ҳосил бўлади.

Бу тенгламадан изланаётган нисбатни аниқлаймиз:

$$x = f(y)$$

y ўсиши билан x камайиб бориши керак, шу боисдан (4.35) тенглама учун x ва y ўртасидаги гиперболик боғланиш ўринли:

$$x = \frac{C}{\sqrt{y}} \tag{4.36}$$

бу ерда C — маълум доимий катталик.

Агар α сарф коэффициенти ўзгармас бўлса, (4.35) тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

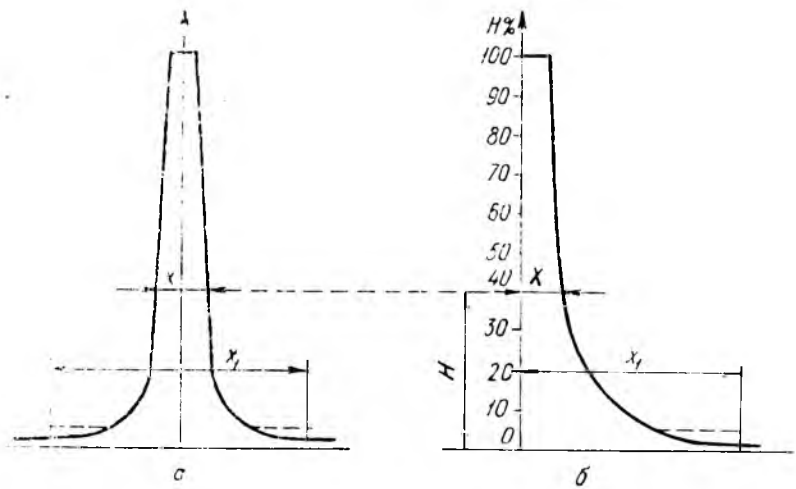
$$\frac{K}{\alpha \cdot C\sqrt{2g}} H = \int_0^H \sqrt{\frac{H-y}{y}}\, dy =$$

$$= \left(\sqrt{y(H-y)} + H \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{H}{H-y}}\right)\Bigg|_0^H = \frac{\pi}{2} H$$

Шундай қилиб, (4.36) гиперболик боғланиш (4.35) тенгламани қаноатлантиради ва тенг бўлинмали шкалани таъминлайди.

Доимий катталик C нинг қиймати қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$C = \frac{2K}{\alpha \cdot \pi\sqrt{2g}} = \frac{\sqrt{2}\, Q_{max}}{\alpha \cdot \pi \sqrt{g}\, H_{max}} \qquad (4.37)$$



4.12- расм. Сарф ва идишдаги суюқлик сатҳи ўртасида мутаносибликни таъминловчи оқиб чиқиш тешигининг схемаси:

а — симметрик тешик; *б* — носимметрик тешик.

(4.36) тенглама бўйича тайёрланган оқиб чиқиш тешигининг шакли 4.12-расм, *а* да тасвирланган. (4.36) тенгламадан $y \to 0$ бўлганда тешик кенглиги $x \to \infty$ бўлиши келиб чиқади. Демак, баландликнинг O дан H_{max} бўйича тенг бўлинмали шкалага эга бўлиши мумкин бўлмайди. Шунинг учун тешикнинг бошланғич қисми x_1 кенгликдаги тўғри тўртбурчак шаклида тайёрланади (4.12-расм, *б*). Тешикнинг бу нотекис шкалали қисми унча катта бўлмаган катталик, яъни Q_{max} нинг 5 . . . . 10% ини ҳосил қилади.

Тирқишли сарф ўлчагичнинг сарф коэффициенти тирқишнинг геометрик шаклига, айниқса кириш қисмидаги қирранинг ўткирлигига боғлиқ. Тақрибий ҳисобда сарф коэффициенти α нинг қийматини 0,6 га тенг деб қабул қилинади. Сарф коэффициентининг аниқ қиймати асбобнинг ўзини даражалашда аниқланади.

Тирқишли сарф ўлчагичларда босим дифманометр орқали ўлчанади. Сарф ўлчагич билан дифманометр ўртасидаги пневматик найнинг узунлиги 35 м дан, дифманометр ва иккиламчи асбобларни уловчи найнинг узунлиги эса 300 метрдан ошмаслиги керак. Ўлчаш диапазони 10...50 м³/соат бўлган қурилманинг асосий хатоси ±3,5%.

IV.5-§. ЭЛЕКТРОМАГНИТ САРФ ЎЛЧАГИЧЛАР

Электромагнит (индукцион) сарф ўлчагичларнинг ишлаш принципи ташқи магнит майдони таъсирида электр токини ўтказувчи суюқлик оқимида ҳосил бўлган ЭЮК ни ўлчашга асосланган. Индукцион сарф ўлчагичнинг схемаси 4.13-расмда кўрсатилган.

Магнитнинг N ва S қутблари орасида магнит майдони куч чизиқлари йўналишига перпендикуляр равишда суюқлик қувури *1* ўтади. Қувурнинг магнит майдонидан ўтадиган қисми номагнит материал (фторопласт, эбонит ва бошқалар)дан тайёрланади. Қувур деворларида бир-бирига диаметрал қарама-қарши йўналган ўлчаш элеткродлари *2* ўрнатилган. Магнит майдони таъсирида суюқликдаги ионлар ҳаракатга келади ва ўз зарядларини ўлчаш электродларига бериб, уларда E ЭЮК ҳосил қилади, у оқим тезлигига пропорционал, ЭЮК нинг қиймати, магнит майдони ўзгармас бўлганда, электромагнит индукциясининг асосий тенгламаси орқали аниқланади:

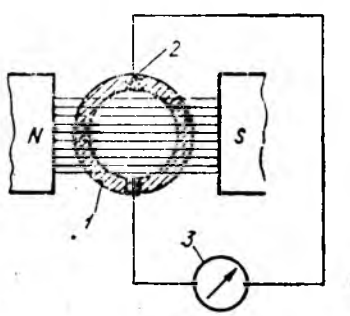
$$E = B \cdot D \cdot v_{ўрт}, \qquad (4.38)$$

бу ерда B — магнит қутблари оралигида ҳосил бўлган электр магнит индукция, Тл; D — қувурнинг ички диаметри (электродлар орасидаги масофа), м; $v_{ўрт}$ — оқимнинг ўртача тезлиги, м/с.

Тезликни Q ҳажмий сарф орқали ифодаласак,

$$E = \frac{4B}{\pi D} Q \qquad (4.39)$$

Бу формуладан ўзгармас магнит майдонида ЭЮК нинг қиймати сарфга тўғри пропорционал эканлиги келиб чиқади. Ҳозир индукцион сарф ўлчагичлар электр ўтказиш қобилияти $10^{-3}...10^{-5}$ см/м дан кам бўлмаган суюқликларда ишлатилади. Ўзгармас магнит



4.13-расм. Электромагнит сарф ўлчагич схемаси.

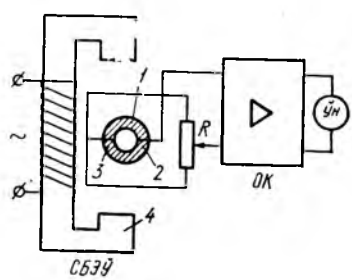
майдонга эга бўлган индукцион сарф ўлчагичларнинг асосий камчилги — магнит электродларида қутбланиш ва гальваник ЭЮКнинг пайдо бўлишидадир. Бу камчиликлар ҳаракатдаги суюқликда магнит майдон томонидан индукцияланган ЭЮК ни тўғри ўлчашга йўл қўймайди ёки қийинлаштиради. Шунинг учун ўзгармас магнит майдонига эга бўлган сарф ўлчагичлар суюқ металлар, суюқликнинг пульсланувчи оқими сарфини ўлчашда ва қутбланиш ўз таъсирини кўрсатишга улгурмайдиган қисқа вақтли ўлчашларда ишлатилади. Ҳозир индукцион сарф ўлчагичларнинг кўпчилигида ўзгарувчан магнит майдонидан фойдаланилади. Агар магнит майдон τ вақтда f частота билан ўзгарса, ЭЮК қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$E = \frac{4 \cdot Q \cdot B_{max}}{\pi \cdot D} \cdot \sin 2\pi \cdot f\tau \qquad (4.40)$$

бу ерда $B_{max} = \frac{B}{\sin 2\pi \cdot f\tau}$ — индукциянинг амплитуда қиймати.

Ўзгарувчан магнит майдонида электрокимёвий жараёнлар ўзгармас майдонга қараганда камроқ таъсир кўрсатади. Ўзгарувчан магнит майдонли индукцион сарф ўлчагичнинг принципиал схемаси 4.14-расмда кўрсатилган. Чизмада қуйидаги белгилар қабул қилинган: *СБЭЎ* — ўзгаруван магнит майдонли сарфнинг бирламчи электромагнит ўзгартгичи. Магнит майдон электромагнит *4* ёрдамида ҳосил бўлади: *Ок* — оралиқдаги ўлчаш кучайтиргичи 0...5 мА ўгзармас ток чиқиш сигналига эга бўлган ўзгартгич: *УА* — ўлчов асбоби, интегратор ва ҳоказо; *R* — қаршилик.

Қувур *1* нинг номагнит қисми ичида электромагнит *4* ёрдамида тенг бўлинмали магнит майдон ҳосил бўлади. Суюқликда магнит майдони таъсирида ҳосил бўлган ЭЮК суюқлик сарфига тўғри пропорционал бўлиб, электродлар *2* ва *3* орқали оралиқдаги ўлчаш кучайтиргичига узатилади, бу ердан сарфга пропорционал кучланган сигнал чиқади. Кучланган сигнал сарф бирлигида даражаланган ўлчаш асбобига келади. Унификациялашган электр чиқиш сигналининг (0...5мА) мавжудлиги иккиламчи назорат асбобларини қўллашга имкон беради.



4.14- расм. Ўзгарувчан магнит майдонли индукцион сарф ўлчагичнинг схемаси.

Индукцион сарф ўлчагичлар бир қатор афзалликларга эга. Булар инерцион эмас, бу ҳол тез ўзгарувчан сарфларни ўлчашда ва уларни автоматик ростлаш системаларида ишла-

тишда жуда муҳим. Ўлчаш натижаларига суюқликдаги зарра-чалар ва газ пуфакчалари таъсир қилмайди. Сарф ўлчагичнинг кўрсатишлари ўлчанаётган суюқлик хусусиятларига (қовушоқ-лик, зичлик) ва оқим характерига (ламинар, турбулент) боғ-лиқ эмас.

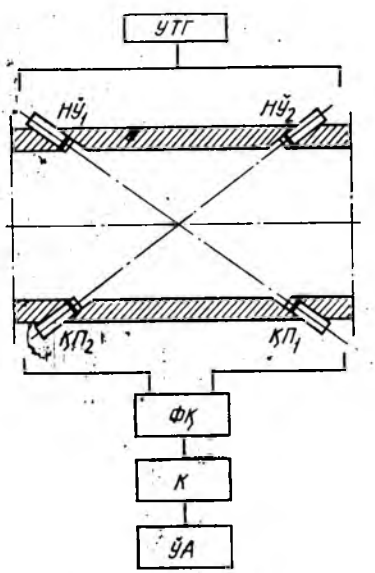
Электромагнит сарф ўлчагичларнинг камчиликларига ўлча-наётган муҳит электр ўтказувчанлиги қийматининг минимал-лигига қўйилган талабни киритиш лозим, бу уларни қўлла-ниш доирасини чеклайди. Ўлчаш схемасининг мураккаблиги.

Индукцион сарф ўлчагичлар 1...2500 м^3/соат ва ундан катта диапазонда диаметри 3...1000 мм ва ундан катта трубопровод-ларда, суюқликнинг чизиқли тезлиги 0,6...10 м/с гача бўлган-да, сарф ўлчашларни таъминлай олади. Асбобларнинг аниқ-лик синфи 0,6; 1; 1,5; 2; 2,5.

IV.6-§. УЛЬТРАТОВУШЛИ, ИССИҚЛИК ВА ИОНЛИ САРФ ЎЛЧАГИЧЛАР

Ифлосланган, тез кристалланадиган ва агрессив суюқлик-лар, шунингдек, тез ўзгарувчан ва пульсланувчи оқимлар, ай-ниқса, электр ўтказмайдиган суюқликлар сарфини ўлчашда индукцион сарф ўлчагичларни ишлатиб бўлмаган ҳолларда ультратовушли қурилмалардан фойдаланилади. Сарф ўлчаш-нинг ультратовушли усули қувурга нисбатан ультратовуш тез-лигининг оқим тезлигига боғлиқлигига асосланган. Товуш тўл-қинининг ҳаракатдаги муҳитда тарқалишида товушнинг манбадан қабул қилувчи қурилмага етиб бориш тезлиги фақат товуш-нинг тезлигига эмас, балки ҳа-ракат қилувчи муҳитнинг тез-лигига ҳам боғлиқ бўлади. Сарф ўлчашнинг ультратовушли прин-ципи шунга асосланган. Агар то-вуш тўлқини оқим йўналишида ҳаракат қилса, уларнинг тезлиги қўшилади, товуш оқимга қарши йўналса, тезликлар айирмаси то-пилади. Ультратовушнинг оқим бўйича ва унга қарши йўналиш-даги тезлигининг фарқи оқим тезлигига, бинобарин, оқаётган суюқлик сарфига пропорционал. Ультратовушли сарф ўлчагич-ларнинг ишлаш принципи қуйи-дагиларга асосланган:

1) ультратовушнинг оқим бўйлаб ва унга қарши йўналиш-даги вақт тафовутини ўлчаш;
2) ультратовуш тебранишла-рининг оқим бўйлаб ва унга қар-



4. 15- расм. Ультратовушли сарф ўлчагичнинг схемаси.

ши йўналишдаги тебранишлари фазаларининг силжишини ўлчаш; 3) автотебранишлар схемаси вужудга келтирган ва шу билан бирга оқим бўйлаб ҳамда унга қарши йўналишда ҳосил қилинган ультратовуш тебранишлари частотасининг айирмасини ўлчаш.

Ультратовушли сарф ўлчагичлардан бирининг тузилиш схемаси 4.15-расмда кўрсатилган. Бу асбоб икки каналли фазавий схема бўйича ишлайди.

Ультратовушли сарф ўлчагичлар қуйидаги асосий қисмлардан иборат: *УГТ*—ультратовуш генераторининг таъминлаш манбаи; $НЎ_1$ ва $НЎ_2$— нурланувчи ўзгарткичлар; $ҚП_1$ ва $ҚП_2$— қабул қилувчи пьезоўзгарткичлар; *ФҚ* — фаза ўзгартирувчи қурилма фазавий силжишларни ўзгартгичлар канали асимметрияси йўли билан бартараф этади; *К* — электрон кучайтиргич ва *ЎА* — ўлчаш асбоби. Ўлчаш асбоби сарф бирлигида даражаланади. Пьезоэлементлар сифатида, кўпинча, барий титанатдан ишланган пластинкалар ишлатилади. Пьезоэлементлар кварц, титанатцирконий, сопол ҳамда магнитострикцион бўлиши мумкин.

Ультратовуш импульслари қувур ўқига шундай бурчакда юбориладики, уларнинг бир каналдаги йўналиши оқим йўналишига мос келсин, иккинчи каналдаги йўналиши эса оқимга қарши боради. Суюқлик ҳаракатсиз бўлган пайтда импульсни *D* масофага узатиш вақти қуйидагича:

$$\tau = \frac{D}{C_a}. \tag{4.41}$$

бу ерда τ — импульсни узатиш вақти, с: C_a — суюқликдаги товушнинг тарқалиш тезлиги, м/с.

Агар суюқлик v тезликда ҳаракат қилса, йўналишдаги товушнинг тарқалиш тезлик компоненти $v \cdot \cos\theta$ каби ифодаланади. Импульснинг нурланувчи манбалар орасидаги оқим йўналишида тарқалиши:

$$\tau_1 = \frac{D}{C_a + v \cdot \cos\theta}; \tag{4.42}$$

оқимга қарши йўналишда тарқалиши:

$$\tau_2 = \frac{D}{C_a - v \cdot \cos\theta}. \tag{4.43}$$

Иккала каналдаги частоталар фарқи:

$$\Delta f = f_1 - f_2 = \frac{v \cdot \cos\theta}{D} \tag{4.44}$$

Δf — частоталар фарқи, Гц; θ — суюқликда тўлқинларнинг тарқалиш бурчаги.

Шундай қилиб, суюқлик ҳаракатининг тезлигини кўрсатувчи частоталар фарқи фақат шу тезликка боғлиқ. Ультратовушли сарф ўлчагичлар сарфни контактсиз ўлчашни таъминлайди ва бошқа усулларни қўллаб бўлмаган ҳолларда

фойдаланилади. Мураккаблиги туфайли бу асбоблар кенг тарқалмаган. Уларнинг катта камчиликлари: асбоб кўрсатишга ўлчанаётган муҳитнинг физик-кимёвий хоссаларининг ўзгариши ҳамда муҳитнинг температураси, ультратовуш тезлигига таъсир этади. Асбобнинг асосий хатоси ўлчаш чегараси (7000 л/соат)нинг ±2% ини ташкил қилади.

Иссиқлик (калориметрик) сарф ўлчагичларнинг ишлаш принципи суюқлик ёки газ оқимининг ёрдамчи энергия манбаи ёрдамида қиздирилишига асосланган. Бу энергия манбаи оқим тезлиги ва қиздирувчи қурилмалардаги иссиқлик сарфига боғлиқ бўлган температуралар фарқини вужудга келтиради. Агар оқимнинг атроф муҳитга берган иссиқлигини эътиборга олмасак, қиздирувчи асбоб сарфланган ва оқимга узатилган иссиқлик ўртасидаги иссиқлик баланси тенгламаси қуйидагича бўлади:

$$g_t = K \cdot Q_m \cdot C_p \cdot \Delta t \qquad (4.45)$$

бу ерда g_t — қиздиргичнинг суюқлик ёки газга берган иссиқлик миқдори, Вт; K — қувур кесими бўйича температуранинг нотекис тарқалишига тузатиш коэффициенти; Q_m — муҳитнинг масса сарфи, кг/с; C_p — муҳитнинг ўзгармас босимдаги солиштирма иссиқлик сиғими, Ж/(кг·К); Δt — оқим температурасининг қиздиришдан аввалги ва кейинги ўртача қийматининг фарқи, К.

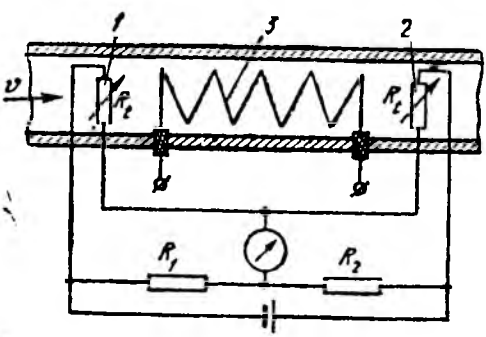
Калориметрик сарф ўлчагичларда оқимга иссиқлик, одатда, электр қиздиргич орқали берилади. Бу ҳолда

$$g_t = 0{,}24 \cdot I^2 \cdot R \qquad (4.46)$$

(4.45) ва (4.46) ифодалар асосида масса сарфни топамиз:

$$Q_m = \frac{0{,}24 \cdot I^2 \cdot R}{K \cdot C_p \cdot \Delta t}. \qquad (4.47)$$

Калориметрик сарф ўлчагичлар икки гуруҳга бўлинади. Улардан биринчисида сарф қиздиргич истеъмол қилган қувват миқдоридан аниқланади. Бу қувват ўзгармас температуралар фарқи Δtни таъминлайди. Иккинчи гуруҳдаги калориметрик сарф ўлчагичлар сарф қизитгичга берилган ўзгармас қувватдаги Δt температуралар фарқидан аниқланади. Температуралар фарқи, одатда, терможуфтлар ёки қаршилик термометрлари орқали ўлчанади. Қаршилик термометрларини бир меъёрли оқим кесимини қоп-



4. 16- расм. Калориметрик сарф ўлчагич схмаси.

лайдиган тўр шаклида тайёрлаб, кесим бўйича ўртача температурани ўлчаш мумкин. Ўлчанаётган муҳит одатда, 1...3°С га қиздирилади, шунинг учун сарф ўлчанган пайтдаги истеъмол қилинган қувват катта бўлмайди.

Модда сарфини ўлчашда, кўпинча, иккинчи гуруҳ сарф ўлчагичлари ишлатилади. 4.16-расмда иккинчи гуруҳ сарф ўлчагичнинг принципиал схемаси тасвирланган. Сарф ўлчагич корпусига кетма-кет уланган иккита қаршилик термометрлари *1* ва *2* ўрнатилган. Термометрларнинг кетма-кет уланиши улардаги токнинг тенглигини таъминлайди. Бу ҳол термометрларни қизитгич *3* дан аввалги ва ундан кейинги температуралар фарқи бўйича даражалашга имкон беради. Қаршилик термометрларининг икки тирсаги R_1 ва R_2 доимий қаршиликдан иборат бўлган кўприк тирсакларига уланади.

Калориметрик сарф ўлчагичларнинг афзалликлари — юқори аниқлик синфига эга (хатоси ±0,5...1%); ўлчаш диапазони катта (10:1); пульсланувчи ва кичик сарфларни ўлчаш имкони бор. Бу асбобларнинг камчилиги — берилган температуралар фарқи ва оқимни иситиш учун электр қувватининг доимийлигини автоматик равишда сақлаш мураккаб. Калориметрик сарф ўлчагичлар асосан газлар сарфини ўлчаш учун ишлатилади.

Газлар сарфини ўлчаш учун ионли ўлчаш усулидан фойдаланиш мумкин. Бу усул қувурдан ўтаётган газларнинг радиоактив нурланиш манбалари ёрдамида даврий ионланишига асосланган. Газнинг ионлашган қисми маълум вақт ўтгач (бу вақт газ тезлигига боғлиқ) нурланиш қабул қилгичига боради ва бу ерда ток импульси ҳосил бўлади. Шундан сўнг импульс кучланади ва бир қатор ўзгартишлардан сўнг сарф бирлигига келтирилади. Шу билан бирга ҳаракатдаги оқимга вақти-вақти билан изотопли радиоактив нишонлар киритилади. Бу нишонлардан чиқадиган импульслар қабул қилувчи қурилма орқали тутилади ва қатор ўзгартувчи элементлар ёрдамида ўлчаш асбобига узатилади.

Ионли асбоблар ишда ғоят қулай ва ишончли, аммо уларни ишлатиш, қўзғатиш ва таъмирлаш учун махсус хизмат хона, хизмат кўрсатувчи ходимлар талаб қилинади, радиактив нурланишдан тегишли ҳимоя керак бўлади. Шунинг учун амалда сарфни ўлчаш учун нейтрал нурланиш, масалан, ультратовуш нурланиш маъқулроқ.

IV.7-§. СУЮҚЛИК ВА ГАЗЛАР МИҚДОРИНИ ЎЛЧАШ

Суюқлик ва газлар миқдорин ўлчашга мўлжалланган счётчиклар ўзларининг ишлаш принципига кўра ҳажм, тезлик ва вазн счётчикларига бўлинади. Кўпроқ ҳажм ва тезлик счётчиклари ишлатилади. Газ миқдорини ўлчашда ҳажм счётчикларидан фойдаланилади.

Вақт оралиғи $\tau_1 — \tau_2$ даги оқим, масса ва энергия йиғиндисини кўрсатувчи ўлчаш асбоби счётчик деб аталади. Счётчиклар ўз функциясини қуйидаги формулага мувофиқ бажаради:

$$Q = \int_{\tau_1}^{\tau_2} g \cdot d\tau \qquad (4.48)$$

бу ерда Q — вақт оралиғида сарфланадиган модда миқдори; g — вақт бирлиги ичида модда ёки энергия сарфи.

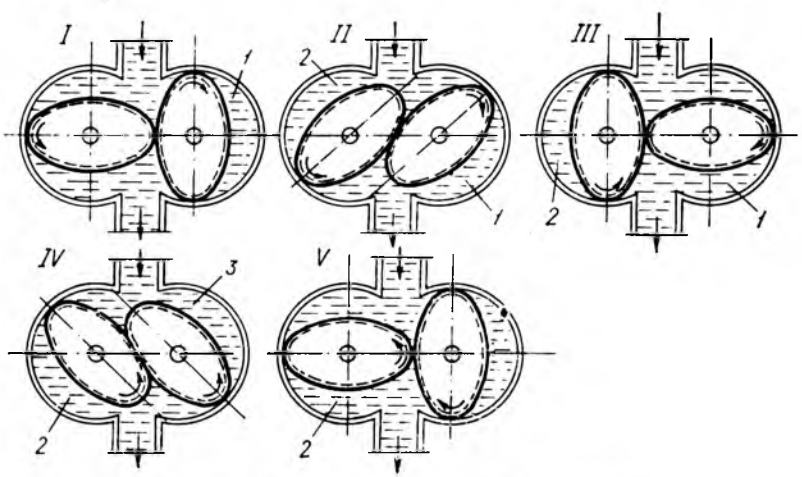
Ҳажм счётчиклари модда миқдорини ҳажм бўйича, тезлик счётчиклари эса оқим тезлиги бўйича ўлчайди. Иккала счётчик ҳам модданинг асбоб ишлаб турган вақтда ундан ўтган умумий миқдорини кўрсатади. Маълум вақт оралиғидаги модда миқдорини аниқлаш учун олинган даврнинг бошланиши ва охиридаги счётчик кўрсатишини белгилаш керак. Счётчик кўрсатишларининг фарқи шу давр ичида асбобдан ўтган модда миқдорига тенг бўлади.

Ҳажм счётчикларининг ишлаш принципи суюқлик ёки газ оқими муайян миқдорга — порция (доза) ларга бўлиниб сарфланиши ва бу порциялар сонини ҳисоблаш йўли билан сарфланаётган модда миқдорини аниқлашга асосланади.

Сарфланаётган порциялар сони йиғиндиси ҳисоблаш механизми ёрдамида аниқланади. Ҳажм счётчиклари асосан тоза, механик аралашмаларсиз бўлган суюқлик ва газлар миқдорини ўлчашга мўлжалланган. Уларнинг асосий афзалликлари ўлчаш хатолигининг кичиклиги ва ўлчаш чегарасининг каттали-гидир.

Тузилишига кўра ҳажм счётчиклари овалсимон шестерняли, ротацион, поршенли, диафрагмали, барабанли ва бошқа хил турларга бўлинади.

Суюқ моддалар миқдорини ўлчаш учун овалсимон шестерняли ва поршенли счётчиклар кенг қўлланилади. 4.17-расмда овалсимон шестерняли счётчикнинг принципиал схемаси кўрсатилган.



4. 17- расм. Овалсимон шестерняли счётчик схемаси.

Шестернялар оқимнинг киришига кўра бир-бирини кетмакет ҳаракатга келтиради. Улар айланганда шестерня овали ва ўлчаш камераси девори билан чекланган суюқликнинг муайян ҳажми чиқариб юборилади. Шестернянинг бир марта тўлиқ айланишига счётчик ўлчов камерасининг ҳажми йиғиндисига тенг бўлган тўртта маълум ҳажмдаги суюқлик оқиб ўтади. Счётчикдан ўтган суюқлик миқдори шестернянинг айланишлар сонига кўра аниқланади. *I* ҳолатда (4.17-расм) суюқлик ўнг шестерняни соат стрелкаси ҳаракти йўналишида айлантиради, ўнг шестерня эса ўз навбатида чап шестерняни соат стрелкаси ҳаракати йўналишига қарши айлантиради. Бу ҳолатда ўнг шестерня суюқликнинг 1-қисмини чиқариб ташлайди. *II* ҳолатда шестерня суюқликнинг янги 2-қисмини чиқаради. Ўнг шестерня эса аввал чиқарилган 1-ҳажмни счётчикнинг чиқишига узатади. Иш пайтида айлантирувчи момент иккала шестерняга ҳам таъсир қилади. *III* ҳолатда чап шестерня етакловчи бўлиб, суюқликнинг 2-ҳажмини чиқаради. *IV* ҳолатда ўнг шестерня 3-ҳажмни чиқаришни тамомлайди, чап шестерня эса, 2-ҳажмни счётчикка киритади. *V* ҳолатда 3-ҳажм батамом чиқарилади, иккала шестерня ҳам ярим айланишни бажариб, ўнг шестерня яна етакловчи бўлиб қолади. Шестернялар айланишининг иккинчи ярими юқоридагидек ўтади. Суюқликнинг ҳажми шестернялар айланишига мос.

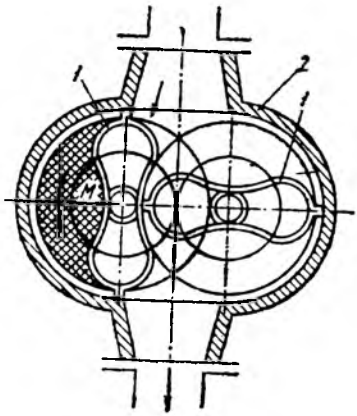
Овалсимон шестерняли суюқлик счётчиклари 0,8...36 м³/соат диапазондаги ўлчашларни таъминлайди. Шартли ўтиш диаметрлари 15...80 мм, асбобнинг хатоси ±0,5%, иш босими 1,57 МПа (16 кгк/см²). Счётчик ўрнатилишидаги босимнинг йўқотилиши тахминан 0,02 МПа (0,2 кгк/см²).

Газсимон моддалар миқдорини ўлчаш учун диафрагмали, ротацион ва барабанли счётчиклар кенг қўлланилади. 4.18-расмда ГКФ туридаги диафрагмали счётчик схемаси кўрсатилган.

Диафрагма *1* билан бўлинган счётчикнинг икки камераси (*I* ва *II*) маълум цикл бўйича газга тўлиб ва бўшаб туради. Бу камералар ричаг *6* орқали клапанлар *3—4* билан боғланган бўлиб, юқориги клапанлар беркилганда газ *I* камерага, пастки клапанлар бекилганда *II* камерага ўтади. Газ *I* камерага кирганда унинг босим кучи диафрагмани ўнг томонга суради, *II* камера торая бошлайди ва ундаги газ миқдори бир порция бўлиб, тешик *5* орқали сарфга ўтади. Диафрагма ўнгга сурилиб маълум оралиққа келганда, ричаг *6* пастки клапанларни беркитади. Энди газ *II* камерага йиғилади ва диа-

4. 18- расм. ГКФ туридаги газ счётчиги.

фрагмани чапга суриб *1* камерадаги газни тешик *5* орқали сарфга чиқаради. Диафрагма маълум оралиққа сурилганда ричаг *6* энди юқориги клапанларни ёпади, газ *1* камерага йиғилади. Шундай қилиб, камералардан тенг миқдордаги газ порциялари маълум цикл бўйича сарфга чиқиб туради. Ричагнинг ҳар бир циклдаги ҳаракати счётчик *7* циферблатининг шкаласида ҳисобланиб туради.



4. 19- расм. Ротацион счётчик схемаси.

Ротацион счётчик (4.19- расм). кўп миқдордаги газ ҳажмини ўлчашга мўлжалланган. Бу асбобда ўлчов *8* рақами кўринишидаги иккита ротор *1* ёрдамида бажарилади. Бу роторлар ғилоф *2* ичида айланади. Счётчикка газ тўрли фильтрнинг кириш тармоғи орқали келади. Роторлар счётчик кириши ва чиқишидаги босимлар фарқи ҳисобига айланади. Роторлардан бири асбобдан ўтган газ ҳажмини кўрсатувчи ҳисоблаш механизми билан боғланган. Счётчикнинг ўлчаш ҳажми ғилоф девори ва роторлар орасидаги камера орқали аниқланади.

Ротацион счётчиклар 40...40 000 м³/соат сарфни ўлчашга мўлжаллаб чиқарилади. Иш босимлари: 0,1: 0,6: 1,6 ва 6,4 МПа. Шартли ўтиш диаметрлари 50...1200 мм. Асбобларнинг аниқлик синфи 1 ва 1,5. Счётчик ўрнатилишдаги босим сарфи (йўқотилиши) 35...40 мм сув. уст. дан ошмайди.

Суюқлик миқдорини ўлчайдиган **тезлик счётчиклари** ҳаракатдаги оқимнинг ўртача тезлигини ўлчаш принципига асосланган.

Суюқлик миқдори оқим ҳаракати тезлиги **билан қуйидаги** нисбат орқали боғланган:

$$Q = v_{ўрт} \cdot S \qquad (4.49)$$

бу ерда Q — ҳажмий сарф м³/ с; $v_{ўрт}$ — оқимнинг ўртача тезлиги, м/с; S — оқимнинг кўндаланг кесим юзи, м².

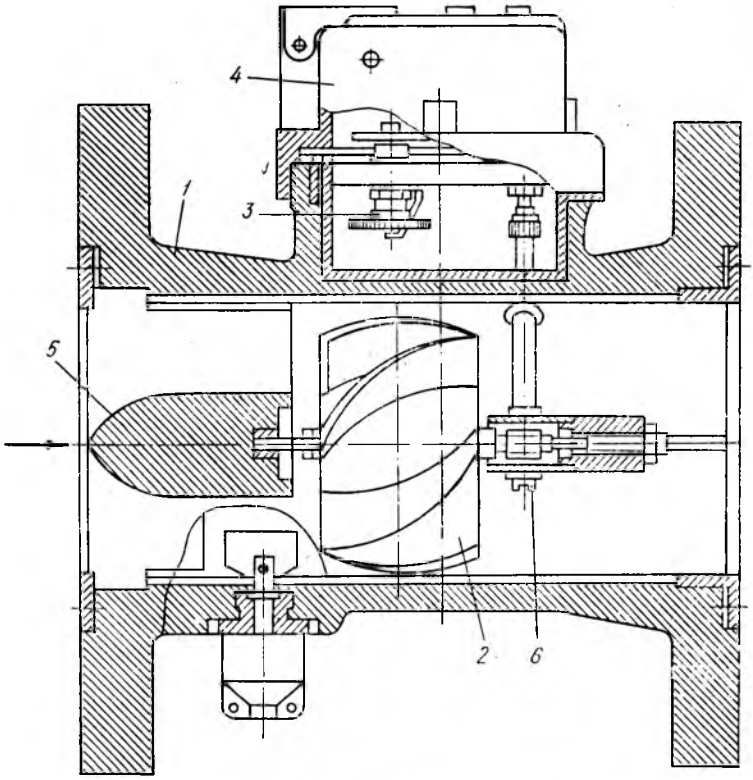
Оқим йўлига ўрнатилган парракларнинг айланиш сонига қараб асбобдан ўтган суюқлик миқдорини аниқлаш мумкин. Парраклар айланишининг тезлиги оқим тезлигига пропорционалдир:

$$n = K \cdot v_{ўрт} \qquad (4.50)$$

бунда n — парракларнинг айланиш сони, 1/с; K — асбобнинг геометрик ҳажмига боғлиқ бўлган доимийси, м⁻¹.

Агар (4.49) тенгламани назарда тутсак:

$$n = K \cdot \frac{Q}{S}. \qquad (4.51)$$



4. 20- расм. Спиралсимон парракли суюқлик счётчиги.

Паррақларнинг τ вақт ичидаги айланишлар сони асбобдан шу вақт ичида ўтган модда сарфига пропорционал:

$$N = n \cdot \tau = \frac{K}{S} \cdot Q \cdot \tau \qquad (4.52)$$

Паррақларнинг шаклига кўра тезлик счётчиклари икки гуруҳга бўлинади: спиралсимон ва қанотли.

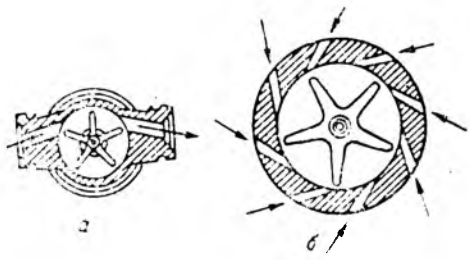
Спиралсимон парраклар ўлчанаётган оқимга нисбатан параллел, қанотли парраклар эса оқим ўқига перпендикуляр жойлашади. Спиралсимон парракли тезлик счётчиклари кўп миқдордаги сув сарфини ўлчашда ишлатилади. 4.20- расмда спиралсимон (горизонтал) парракли (сув ўлчагич) счётчик кўрсатилган. Суюқлик оқими асбобнинг корпуси *1* га келиб, шарра тўғрилагич *5* орқали кўп киримли винт шаклида ишланган паррак куракчалари *2* га йўналади. Парракнинг айланиши червякли жуфт *6* ва узатиш механизми *3* орқали счётчик *4* га узатилади.

Бу счётчиклар 50...200 мм шартли ўтишга мўлжалланиб, сарфини 70...1700 м³/соат ва ±2...3% хато билан ўлчайди. Му-

ҳитнинг босими 0,98 МПа (10 кгк/см²) дан ошмаслиги керак.

Суюқликни парракка узатиш усулига кўра қанотли счётчиклар бир шаррали ва кўп шаррали бўлади.

4.21-расмда бир шаррали (*а*) ва кўп шаррали (*б*) счётчиклар схемаси кўсатилган. Бу счётчикларда суюқлик асбобнинг парракларига тангенциаль равишда йўналтирилади. Парракли счётчиклар агрессив бўлмаган оқимда ишласа ва оқим температураси 30°С дан ошмаса, уларнинг парраги пластмассадан тайёрланади. Оқим температураси 90°С дан юқори бўлса, парраклар жездан тайёрланади.



4.21- расм. Бир шаррали (*а*) ва кўп шаррали (*б*) счётчиклар.

IV.8-§. СОЧИЛУВЧАН МАТЕРИАЛЛАР ВА ДОНАЛИ БУЮМЛАРНИНГ МИҚДОРИНИ УЛЧАШ

Турли хил сочилувчан материалларни ўлчаш ва меъёрлаш, сочилувчан буюмларни ҳисобга олиш воситалари технологик жараёнларни, ортиш-тушириш ишларини ва савдо-ҳисоб операцияларини автоматлаштиришда кенг қўлланилади. Бундай ўлчаш воситаларига тарозилар, дозаторлар ва турли хил тензорезисторли ўзгарткичлар киради.

ТАРОЗИ — қаттиқ, сочилувчан ёки суюқ моддаларнинг массасини ўлчаш учун мўлжалланган ўлчаш воситасидир. Тарозилар, одатда, тортиш принципига, мувозанатловчи моментни вужудга келтириш услуби, қўлланиш соҳаси, автоматлаштирилганлик даражаси, тортиш чегарасига ва хоказога кўра таснифланади.

Тортиш принципига кўра тарозилар дискрет (даврий) ва узлуксиз ишлайдиган тарозиларга ажралади. Мувозанатловчи моментни вужудга келтириш услубига кўра тарозилар икки гуруҳга бўлинади: механик (шайинли ва пружинали) ва электромеханик тарозилар. Қўлланиш соҳаси ва торайиш чегараларига кўра тарозилар умумий вазифани бажарувчи лаборатория тарозиларига, технологик тарозиларга; автоматлаштириш даражасига кўра ноавтоматик ва автоматик тарозиларга бўлинади.

ДОЗАТОРЛАР — сочилувчан (ва суюқ) материалларнинг массалари ёки ҳажмларини автоматик ўлчаб берувчи (дозаловчи) қурилмадир. Дозаторлар дискрет ва узлуксиз ишлайдиган бўлиши мумкин. Дискрет ишлайдиган (порцион) дозаторлар асосан қурилмаларни баландлиги бўйича жойлаштириладиган технологик жараёнларда қўлланилади. Узлуксиз

ишлайдиган дозаторлар қурилмаларни горизонтал жойлаштириш ва материалларни конвейер усулида ташиш билан боғлиқ технологик жараёнларда фойдаланилади.

Тарози — ўлчов техникасининг замонавий ҳолати механик системалардан электрон қурилмаларга кучнинг электромеханик (тензорезисторли, вибростерженли) ўзгарткичларидан ва замонавий микроэлектроник воситалардан фойдаланган ҳолда, шу жумладан микропроцессорлардан ва махсус қўлланиладиган микросхемалардан фойдаланган ҳолда ўтиш билан ифодаланади. Бу тарозиларнинг аниқлик, унумдорлик, автоматлаштирилганлик даражаси, ишончлилик ва бошқа шу каби муҳим кўрсаткичларини яхшилашга имкон беради.

Тарози ва дозаторлар технологик қурилмаларнинг таркибий қисми ҳисобланади, шунинг учун ҳам уларнинг конструкцияси ва қурилмалари дарсликда қараб чиқилмайди.

Мазкур бобда технологик қурилмаларга киритиладиган автоматик торози ўлчов қурилмалари (торозилар ва дозаторлар)нинг баъзи ўлчов ўзгарткичлари қараб чиқилади. Электромеханик шайинсиз тарозиларнинг конструкцияси энг истиқболлидир, бунда юк кўтарувчи қурилма бевосита куч ўзгарткичига таъсир қилади. Сигнални ўзгартириш ва қайта ишлаш, тортиш натижаларини индикациялаш, шунингдек тортиш жараёнини бошқариш ва маълумотларни чиқариш (олиш) датчик билан кабель орқали боғланган ажратувчи блок (асбоб) воситасида амалга оширилади.

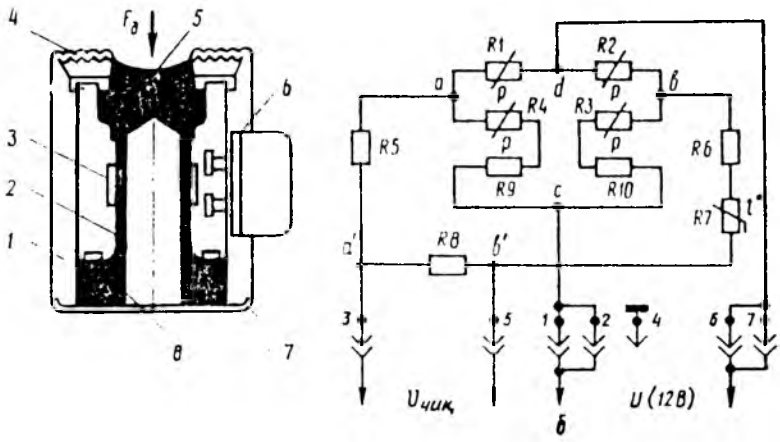
ДЭДВУ туридаги куч ўлчовчи тензорезисторли ўзгарткичлар (датчиклар) тортувчи электротензорезисторли қурилмаларда қўлланиш учун мўлжалланган. Ўлчанаётган кучнинг таъсир кўрсатиш характерига кўра ўзгарткичлар — даврий бўшатилади. Ўзгарткичнинг тузалиши (қурилмаси) 4.22- расмд *а* да келтирилган. Корпус *1* да эластик элемент *2* ўрнатилган бўлиб, у асос *8* ва сферик товон *5* ли цилиндрик устунчадан иборат. Эластик элементнинг ишчи қисмида тензорезисторлар *3* ёпиштирилган. Кучни эластик элементга узатиш учун сферик товон *5* хизмат қилади. Корпуснинг чуқурлигида мослаштирувчи резисторлари бўлан монтаж плита *6* жойлаштирилган бўлиб, уларнинг чиқариш ўтказгичлари (симлари) розетка вилкаси билан туташтирилган. Эластик элемент юқори томондан диафрагма *4* билан, паст томондан қопқоқ *7* билан ёпилган, улар ўзгарткичнинг ички ҳажмининг герметиклигини таъминлайди.

Ўзгарткичнинг ишлаш принципи тензорезисторларнинг деформацяси вақтида уларнинг электр қаршилигини ўзгартиришга асосланган.

$R_1 — R_4$ тензорезисторлар (4.22- расм, *б* га қаранг) компенсацияловчи R_9 ва R_{10} резисторлар билан бирга кўприк ҳосил қилиб, унинг бир диагоналига манба кучланиши (12 В ўзгармас ток) уланган, иккинчисидан эса чиқиш сигнали олинади (24 мВ гача чегарада). Ўлчанаётган куч таъсирида $R_1 — R_4$ тензорезисторлар деформация-

ланиб, кўприкнинг балансини бузади, унинг ўлчовчи *ab* диагоналида ўлчанаётган кучга пропорционал кучланиш пайдо бўлади.

Юкланган ўзгарткичнинг чиқиш сигнали қийматини мослаш учун R_5, R_6, R_7 (R_7 — мис резистор) резисторлар, бошланғич сигнални мослаштириш учун эса R_9, R_{10} резисторлар хизмат қилади. R_8 резистор ўзгарткичнинг кириш қаршилигини мослаш учун мўлжалланган. Ўзгарткичнинг аниқлик синфи 0,5.



4. 22- расм. ДЕДВУ тензорезисторли ўзгарткичнинг схемаси:
а — тузилиши; *б* — ишлаш принципи.

ДСТ туридаги куч ўлчовчи тензорезисторли датчиклар узлуксиз ишловчи торозилар ва дозаторларда фойдаланиш учун мўлжалланган. ДСТ датчиклари конструкциясининг асоси тензорезисторлар ёпиштирилган эластик элемент ҳисобланади. Думалоқ корпусга жойлаштирилган диаметри 120 мм ва қалинлиги 54 мм бўлган эластик элемент учта тўсиндан иборат ром кўринишида ясалган, улар битта текисликда параллел жойлаштирилган. Ҳар бир тўсин марказида юк қабул қилувчи элементлар ва чиқиш сигналларини созловчи (ростловчи) резисторлар ёпиштирилган блоклар ўрнатилган. Резисторлар фольгадан (зарқоғоздан) тўр шаклида ясалган; ростлаш тўрнинг айрим элементларининг узилиши ҳисобига амалга оширилади.

Ўлчанаётган кучланиш (куч) конусга ёки юк қабул қилувчи элементнинг шарсимон сиртига узатилиб, балкаларнинг букилишига ва уни пропорционал электр сигналга ўзгартирувчи тензорезисторларнинг деформацияланишига сабаб бўлади. Датчикларнинг наминал юкланишлари 10 дан 10 000 кгк атрофида бўлади. Асосий хатолик ±0,1 %.

ДОНАЛИ БУЮМЛАР СЧЕТЧИГИ

Маҳсулотни санаш қурилмаси мазкур ишлаб чиқариш операциясидан ўтган маҳсулотни санаш мақсадида ишлаб чиқариш жараёнининг тугагани ҳақида ахборотни автоматик олиш учун фойдаланиладиган техник воситалар мажмуасининг бир қисмини ташкил этади. Улар айрим бирлик (шиша идиш, баллонлар ва ҳоказо) ёки контейнерлар (яшиклар, қутилар, қоплар ва ҳоказо) кўринишидаги донали маҳсулотларни автоматик ҳисобга олиш учун қўлланилади.

Донали маҳсулотларнинг ҳамма счётчикларини конструкцияси (тузилиши)га кўра икки гуруҳга ажратиш мумкин: контактли (механик) ва контактсиз.

Механик счётчиклар, одатда, технологик қурилма комплектига киради. Контактли — механик датчиклар сифатида дарҳол таъсир қилувчи йўл виключателларидан фойдаланилади.

Санашнинг иккиламчи асбоблари сифатида электромеханик импульслар счётчигидан фойдаланилади.

Контактсиз счётчиклар — технологик қурилма билан ёки саналаётган буюмлар билан механик контактда бўлмаслик билан ифодаланади ва юқори даражада ишончли бўлиш билан фарқланади. Саноатда конструктив ишланиш ва схемалари турлича бўлган фотоэлектрик счётчиклар кенг қўлланилади.

Фотоэлектрик счётчиклар ҳам тайёр маҳсулотни санаш учун, ҳам тўлдирилмаган шаффоф идишни бракка чиқариш учун қўлланилади, бу уларнинг бошқа истаган счётчиклардан афзаллигидир.

V боб. СУЮҚЛИК ВА СОЧИЛУВЧАН МОДДАЛАР САТҲИНИНГ БАЛАНДЛИГИНИ ЎЛЧАШ

V.1-§. АСОСИЙ МАЪЛУМОТЛАР ВА ТАСНИФИ

Суюқлик ва сочилувчан моддалар сатҳининг баландлигини ўлчаш технологик жараёнларни автоматлаштиришда муҳим аҳамиятга эга. Сатҳ баландлигини ўлчаш модданинг идишдаги миқдорини аниқлаш ва технологик жараёнда иштирок этаётган ишлаб чиқариш аппаратида сатҳ ҳолатини назорат қилишдан иборат.

Ишлаш характери жиҳатидан сатҳ баландлигини ўлчагичлар узлуксиз ва узлукли (релели) бўлади. Релели сатҳ ўлчагичлар модданинг сатҳи маълум баландликка етганда ишлай бошлайди, улар сигнализация мақсадида ишлатилади ва сатҳ баландлиги сигнализатори дейилади.

Бу асбоблар ишлаш принципи ва тузилиши жиҳатидан бир-биридан фарқ қилади. Масалан, суюқлик сатҳ баландлигини ўлчашга мўлжалланган асбобларнинг кўпи сочилувчан моддалар сатҳини ўлчаш учун яроқсиз, усти очиқ идишларда ишла-

тиладиган асбоблар эса юқори босимда ишлайдиган идишлар учун яроқсиздир ва ҳоказо.

Сатҳ баландлигини назорат қилиш асбоблари шкалали ва шкаласиз бўлади. Шкаласиз асбоблар, одатда, иккиламчи асбоблар билан бирга ишлайди, ёки сатҳ баландлигининг чегараси ҳақида мустақил сигнал беради.

Ўлчанадиган муҳитнинг характери ва ишлаш принципига кўра сатҳ баландлигини ўлчаш асбоблари қуйидаги гуруҳларга бўлинади: кўрсатиш ойнаси; қалқовичли; гидростатик; электрик (сиғимли, актив қарашликларнинг ўзгаришига мувофиқ ва индуктивли); радиоизотопли; ультратовушли; радиотўлқинли; термокондуктометрли; вазнли ва бошқалар. Шуларнинг айримлари билан танишиб чиқамиз.

V.2-§. ҚАЛҚОВИЧЛИ САТҲ БАЛАНДЛИГИ ЎЛЧАГИЧЛАРИ

Бу асбоблар билан идишдаги суюқлик сатҳи баландлиги ўлчанади. Асбобнинг сезгир элементи — қалқович суюқлик сиртида қалқиб туради (5.1-расмда) ва суюқлик сатҳи баландлигидаги ўрни унга таъсир қиладиган кучлар мувозанатига боғлиқ бўлади. Архимед қонунига мувофиқ, қалқович оғирлиги унинг суюқликка ботган ҳажмидаги суюқлик оғирлигига тенг бўлади. Ундан ташқари, қалқовични ўраб олган суюқлик устидаги муҳит ҳаво бўлмай, зичлиги ρ_0 га тенг бўлган модда бўлса, унда қалқович ҳажмидаги бу модда оғирлиги ҳам қалқовични пастга босади, унинг суюқликка ботишини оширади. Бу икки кучга қарши йўналган, қалқовични юқорига кўтарадиган куч F ни қуйидагича ҳисоблаш мумкин:

$$F(x) = \rho_0 \cdot g \cdot V + (\rho - \rho_0) g \int_0^x S(x)\, dx \qquad (5.1)$$

бунда ρ_0 — суюқлик устидаги муҳит зичлиги; g — оғирлик кучи тезланиши; V — қалқовичнинг ҳажми; ρ — қалқович ботиб турган суюқлик зичлиги; x — қалқович ботган қисмнинг баландлиги; S — қалқовичнинг кўндаланг кесим юзи.

Агар қалқовичнинг кўндаланг кесими S баландлиги h бўйича ўзгармас бўлса,

$$F = S h \rho_0 g + (\rho - \rho_0)\, g \cdot S \cdot x \qquad (5.2)$$

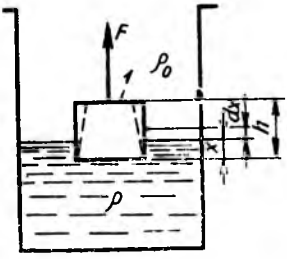
Суюқлик устидаги муҳит газ ёки ҳаво бўлса, $\rho_0 = 0$, у ҳолда

$$F = \rho \cdot g \int_0^x S(x)\, dx. \qquad (5.3)$$

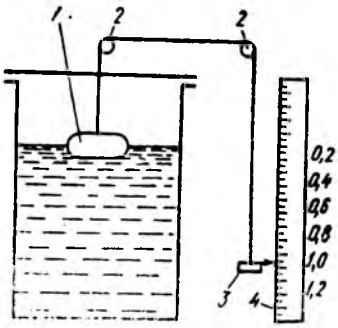
Қалқовичнинг кўндаланг кесими ўзгармас бўлса

$$F = \rho \cdot g \cdot S \cdot x \qquad (5.4)$$

Қалқовичли сатҳ баландлиги ўлчагичларда доимий ва даврий чўкадиган (буйкали) қалқовичлар ишлатилади.



5.1-расм. Қалқович силжишининг схемаси.



5. 2- расм. Қалқовичли суюқлик сатҳи баландлигини ўлчаш схемаси.

Доимий чўкадиган қалқовични сатҳ баландлиги ўлчагичларда қалқовични юқорига кўтарадиган мувозанатловчи куч қалқович оғирлигига тенг ва ўзгармас бўлади;

$$F = G = \text{Const} \qquad (5.5)$$

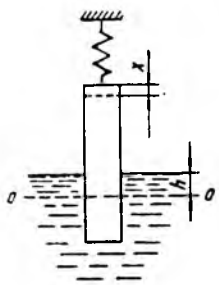
Бундан фойдаланиб, қалқовичнинг суюқликка ботган қисмининг баландлигини топиш мумкин

$$x = \frac{G}{S \cdot \rho \cdot g} = \text{Const} \qquad (5.6)$$

Бу ҳолда кучлар мувозанатини таъминлайдиган қалқович суюқлик сатҳи баландлигига мувофиқ силжийди. 5.2- расмда шу принципга асосан ишлайдиган доимий чўкадиган қалқовичли сатҳ баландлиги ўлчагичнинг оддий схемаси кўрсатилган. Саноатда қўлланиладиган кўпчилик сатҳ ўлчагичлар шу схема асосида ишлайди. Қалқович *1* роликлар *2* ёрдамида мувозанатловчи юк *3* билан эластик трос (пўлат сим) орқали боғланган. Юк билан бириктирилган стрелка шкала *4* га мувофиқ суюқлик сатҳ баландлигини кўрсатиб туради.

Бу ўлчагичнинг асосий камчилиги — шкаласининг тескарилиги ва трос оғирлигининг ўзгариши ҳисобга олинмаслиги, баланд идишларда ҳисоблаш қийинлиги ва ҳоказо.

Қалқовичли сатҳ баландлиги ўлчагичларнинг турли модификациялари мавжуд. Улар бир-биридан тузилиши, ўлчаш характери (узлуксиз ёки қайд қилувчи), масофага узатиш системасини (пневматик, электр ва бошқалар) ишлатиш шартлари ва бошқа хусусиятлари билан фарқ қилади.



5. 3- расм. Ўзгарувчан ботишли цилиндрик қалқович силжишининг схемаси.

Идишдаги суюқлик сатҳининг баландлигини ўзгаришига қараб қаловичнинг силжишини камайтириш мақсадида чизиқли характеристикага эга бўлган даврий чўкадиган цилиндрик қалқовичдан фойдаланиш мумкин. Даврий чўкадиган қалқовичли сатҳ баландлиги ўлчагичнинг ишлаш принципи қалқович (буйка) массасининг суюқликка чўкиш чуқурлигига қараб ўзгаришига асосланган. Бундай сатҳ баландлиги ўлчагичларнинг сезгир элементи оғир жисм (масалан, цилиндр), яъни идиш ичида вертикал осилган ва назорат қилинаётган суюқликка қисман ботирилган (5.3-расм) қалқовичдан иборат. Қалқович бикрлиги *C* бўлган ва қалқовичга маълум куч билан таъсир этадиган эластик илгакка маҳкамланган (5.3-

расмда бундай элемент пружинадир). Суюқлик сатҳини *00* ҳолатдан h га орттирилса, итарувчи куч ортади. Бу буйкани x ҳолатига кўтаришга олиб келади, бунда унинг кўтарилиши билан чўкиш камаяди, яъни $x<h$. Бу билан куч ўзгаради, шу куч билан илгак буйкага таъсир қилади. Ўзгариш буйканинг чўкиши $h—x$ га ортиши натижасида итариш кучининг ўзгаришига тенг:

$$x \cdot C = (h - x)\,\rho_{ж} \cdot g \cdot F - (h - x)\,\rho_{г} \cdot g \cdot F \qquad (5.7)$$

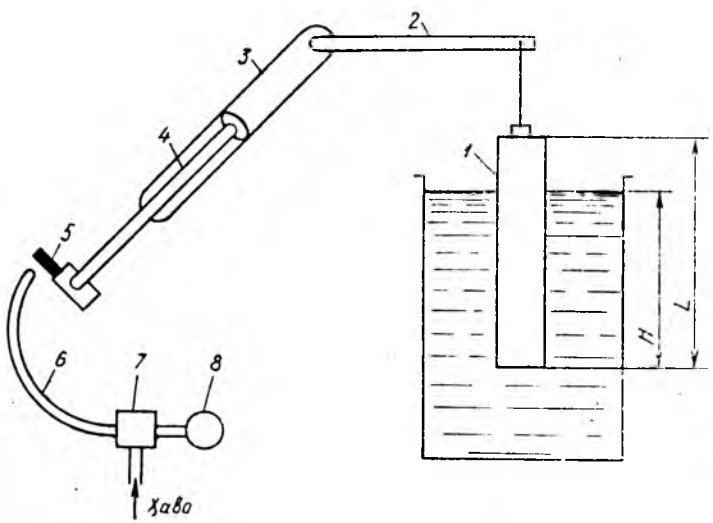
бунда C — илгакнинг бикрлиги; $\rho_{ж}$, $\rho_{г}$ — суюқлик ва газнинг зичлиги; F — қалқович кўндаланг кесимининг юзи-

Бундан қалқовичли сатҳ баландлиги ўлчагич статик характеристикасининг ифодасини осонлик билан топиш мумкин:

$$x = \frac{h}{1 + \dfrac{C}{(\rho_{ж} - \rho_{г}) \cdot g \cdot F}} \qquad (5.8)$$

Шундай қилиб, қалқовичли сатҳ ўлчагичнинг статик характеристикаси чизиқлидир, бунда унинг сезгирлиги F ни орттириш билан ёки илгакнинг бикрлиги C ни камайтириш билан орттирилиши мумкин.

(5.8) формуладан кўриниб турибдики, конкрет сатҳ баландлиги ўлчагичдан фойдаланганда қўшимча хатоликлар ушбу C, F, $\rho_{ж} - \rho_{г}$ катталикларнинг ўзгариши ҳисобига пайдо бўлиши мумкин. Шу катталикларнинг ўзгаришига идишдаги температура ва босимнинг ўзгариши сабаб бўлади, бунда $\rho_{ж} - \rho_{г}$ айирманинг ўзгаришидан ҳосил бўладиган хатолик энг катта бўлади.



5. 4- расм. Даврий чўкадиган қалқовичли ва кўрсатишларни масофага пневматик узатадиган сатҳ баландлиги ўлчагич схемаси.

5.4-расмда даврий чўкадиган қалқовичли сатҳ баландлиги ўлчагичнинг схемаси кўрсатилган. Бу асбоб кўрсатишларни пневматик усулда масофага узатади. Қалқович *1* торсионли найча *3* учига ўрнатилган ричаг *2* га осилган. Қалқович ўз оғирлиги билан торсионли найча ва унинг ичидаги пўлат стержен *4* ни буради, бурилиш бурчаги сатҳ ўзгарганда қалқовичнинг ўзгарадиган оғирлик кучига пропорционал. Қалқович шундай оғирликка эгаки, у суюқликка батамом чўкканда, қалқиб чиқмайди. Стержень *4* нинг бўш учида пневмоқурилма *7* нинг заслонка (тўсиқ) си *5* маҳкамланган. Торсионли найча унинг стержени бурилганда сопло *6* га нисбатан шу бурилиш бурчагига тенг бурчакка очилади. Пневмоқурилма *7* тўсиқнинг бурчакли силжишини иккиламчи асбоб *8* орқали ўлчанадиган босимнинг пропорционал ўзгаришига айлантиради. Босим ўлчайдиган асбобнинг шкаласи *8* сатҳ баландлиги бирлигида даражаланган.

Суюқлик сатҳ баландлигини масофадан ўлчаш учун куч компенсацияси принципига асосланган, ўзгармас токнинг 0—5 ва 0—20 мА унификацияланган чиқиш сигналига (УБ-Э типли) ёки 20...100 кПа ҳаво босими мўлжалалнган (УБ-П типли) қалқовичли сатҳ баландлиги ўлчагичлари қўлланилади ва қалқовичли сатҳ баландлиги ўлчагичларининг ўлчов чегараси ушбу қатордан танланади: 0—0,25; 0,4; 0,6; 1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10,0; 16,0 ва 20 м. Аниқлик синфи 0,6; 1,0; 1,6 ва 2,5 бўлиши мумкин. Ҳисоб-китоб операциялари учун сатҳ баландлиги ўлчагичлари асосий хатоликлари ±1,0 дан 10,0 мм гача бўладиган қилиб тайёрланади.

Агрессив суюқликлар сатҳ баландлигини ўлчашда қалқович коррозияга бардош материалдан тайёрланади.

Қалқовичли сатҳ баландлиги ўлчагичлардан катта зичликка эга бўлган (азот, неон ва б.) газлардан суюқлаштирилган газ сатҳини ўлчашда ҳам, 32 МПа босимда ва 400°С гача бўлган температурада муҳитни назорат қилишда ҳам фойдаланилади.

Қалқовичли сатҳ баландлиги ўлчагичлар маълум афзалликларга эга: қурилма содда, ўлчаш чегараси катта, аниқлиги етарлича катта, агрессив ва қовушоқ муҳитлар сатҳини ўлчаш мумкин, ўлчашнинг температура чегараси кенг. Уларни қўлланишни чегараловчи камчиликлари: идишда қалқович борлиги, металл кўп кетиши, кинематик қисмлари борлиги сабабли етарли мустаҳкам эмаслиги, идишларда босим остида сатҳни ўлчаш қийинчиликлари.

V.3-§. ГИДРОСТАТИК САТҲ БАЛАНДЛИГИ ЎЛЧАГИЧЛАРИ

Гидростатик сатҳ баландлиги ўлчагичлари очиқ идиш ҳамда босим остидаги идишларда турли суюқликлар (жумладан, агрессив, тез кристалланувчи ва қовушоқ моддалар) сатҳ баландлигини ўлчашда ишлатилади. Бу асбобларда суюқлик сатҳ

баландлигини ўлчаш суюқлик устуни ҳосил қиладиган босимни ўлчаш билан амалга оширилади, яъни

$$P = H \cdot \rho \cdot g \qquad (5.9)$$

бу ерда P — суюқлик устуни ҳосил қилган босим, Па; H — суюқлик сатҳи баландлиги, м; ρ — суюқлик зичлиги, кг/м³; g — оғирлик кучи тезланиши, м/с².

(5.9) тенглама босимни ўлчаш асосида ишлайдиган сатҳ баландлиги ўлчагичлари қуриш мумкинлигини кўрсатади.

Суюқликнинг гидростатик босимини дифманометр ёрдамида ўлчайдиган гидростатик сатҳ ўлчагичлар **дифманометрик сатҳ баландлиги ўлчагичлар** деб аталади.

Суюқликнинг гидростатик босимини ҳаво босимига ўзгартирувчи гидростатик сатҳ баландлиги ўлчагич **пьезометрик сатҳ ўлчагич** деб аталади.

Дифманометр билан очиқ ва ёпиқ идишлардаги суюқликлар сатҳ баландлигини, яъни босим остидаги ёки сийракланиш шароитидаги суюқликлар сатҳини ўлчаш мумкин. Бундай асбобларнинг ишлаш принципи икки суюқлик устунининг гидростатик босимлар фарқини ўлчашга, яъни идишдаги суюқлик сатҳига боғлиқ бўлган ўзгарувчан суюқлик устуни босимини ва солиштириш ўлчови вазифасини бажарувчи доимий устун бўйича босимлар фарқини ўлчашга асосланган. 5.5-расмда очиқ идишдаги суюқлик сатҳ баландлигини дифманометр билан ўлчаш схемаси кўрсатилган. Дифманометрнинг иккала импульсли найчаси *1* назорат суюқлик (агар у агрессив бўлмаса) билан тўлдирилади. Дифманометр унинг сезгир элементига таъсир этадиган P_1 ва P_2 босимлар фарқини ўлчайди. Шу босимлар учун (5.9) тенгламага мос равишда қуйидаги ифодаларни ёзиш мумкин:

$$P_1 = (H + h_1) \cdot \rho_1 \cdot g;$$
$$P_2 = h_2 \cdot \rho_2 \cdot g. \qquad (5.10)$$

Шундай қилиб, дифманометр идиши *2* даги назорат қилинадиган сатҳ баландлиги H орқали ифодаланадиган босимлар фарқини ўлчайди:

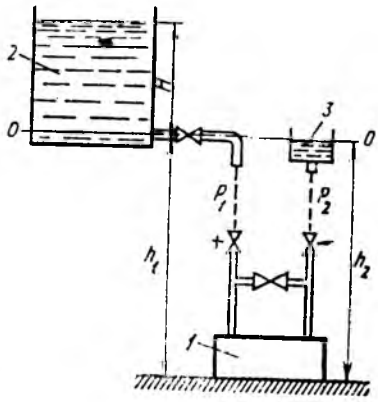
$$\Delta P = P_1 - P_2 = (H + h_1) \cdot \rho_1 \cdot g - h_2 \cdot \rho_2 \cdot g. \qquad (5.11)$$

Агар иккала импульсли найчадаги суюқлик зичлиги ρ_1 ва ρ_2 бир хил бўлса ва $h_1 = h_2$ бўлса, у ҳолда

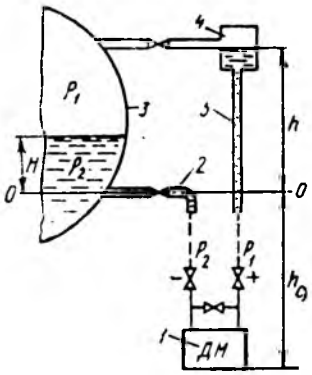
$$\Delta P = H \cdot \rho \cdot g, \qquad (5.12)$$

бунда

$$\rho = \rho_1 = \rho_2.$$



5. 5- расм. Очиқ идишда суюқлик сатҳи баландлигини дифманометр билан ўлчаш схемаси.



5.6- расм. Босим остида (берк идишда) суюқлик сатҳи баландлигини дифманометр билан ўлчаш схемаси.

(5.11) ва (5.12) лардан кўринадики, дифманометрик сатҳ баландлиги ўлчагичининг кўрсатиши назорат қилинаётган муҳитнинг зичлиги ўзгариши билан ўзгаради. Агар импульсли найчаларда ρ_1 ва ρ_2 зичликлар айирмаси мавжуд бўлса, кўрсатишларда ҳам хатолик пайдо бўлади (шу хатоликни йўқотиш учун импульсли найчалар ёнма-ён ётқазилади). Ниҳоят, (14.12) формула «минус» импульсли найчада («—» белги билан белгиланган) суюқлик сатҳи назорат қилинаётган сатҳ H ўзгариши билан ўзгармаган ҳолдагина ўринли.

Буни таъминлаш учун шу импульсли найчада мувозанатлаштирувчи идиш *3* ўрнатилади. Идиш ва импульсли найча сатҳ ўлчагич шкаласининг бошланғич белгиси деб қабул қилинган *00* сатҳигача суюқлик билан тўлдирилади.

5.6-расмда босим остида (берк идишларда) суюқлик сатҳининг баландлигини дифманометр билан ўлчаш схемаси кўрсатилган. Мувозанатлаштирувчи идиш *4* идишнинг ҳаволи (буғли) бўшлиғи *3* га уланади ва максимал сатҳ баландлигида ўрнатилади. Импульсли найча *2* идишнинг суюқликли бўшлиғига бевосита уланади. Дифманометр *1* билан ўлчанадиган босимлар фарқи ΔP учун ифода дифманометрнинг плюсли P_1 ва минусли P_2 камераларида ҳосил қилинадиган босимлар орқали осонгина топилиши мумкин:

$$P_1 = (h + h_0) \cdot \rho_1 \cdot g, \qquad (5.13)$$

бунда ρ_1 — мувозанатлаштирувчи идиш ва импульсли найча *5* даги суюқлик зичлиги. P_2 босим идишдаги зичлиги ρ_2 бўлган суюқлик устуни H нинг гидростатик босими импульсли найча *2* даги зичлиги ρ_1 бўлган суюқлик устуни h_0 ва баландлиги $h - H$ ва зичлиги ρ' бўлган идишдаги ҳаво (буғ) устуни гидростатик босимлари йиғиндисидан иборат:

$$P_2 = h_0\rho_1 g + H\rho_1 g + (h - H)\rho' g \qquad (5.14)$$

Шундай қилиб, дифманометрга таъсир этадиган босим фарқи ΔP қуйидаги ифода билан топилади:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = [h\rho_1 - H\rho_2 - (h - H)\rho^1] \cdot g =$$
$$= [h(\rho_1 - \rho^1) - H\ [\rho_2 - \rho^1)] \cdot g. \qquad (5.15)$$

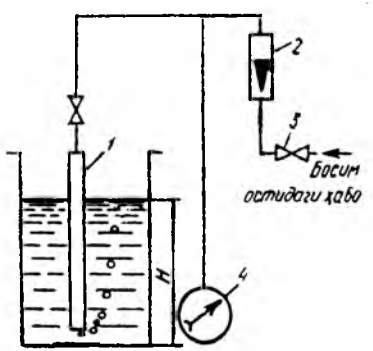
(5.15) формуладан шундай кўриниб турибдики, сатҳ ўлчагич кўрсатиши h нинг жорий қийматигагина эмас, суюқлик зичлигига ρ ва буғ зичлиги ρ' га ҳам боғлиқ, улар эса ўз нав-

батида идишдаги муҳитнинг температураси ва босимига боғлиқ. Шунинг учун дифманометр—сатҳ баландлиги ўлчагичнинг шкаласи ҳисоблашни идишдаги ишчи босими бўйича ҳисобланади. Бундан ташқари, ўлчаш натижасига импульсли найчадаги суюқлик зичлиги ρ_1 нинг ўзгариши таъсир этади, чунки бунда баландлиги h бўлган устуннинг ва импульсли найча *5* нинг гидростатик босими ўзгарди, шу билан бир вақтда P_1 босим ўзгармас бўлиб қолиши лозим. Бу атроф муҳит температураси ёки идишдаги муҳит температураси ўзгарганда содир бўлади.

Сатҳ баландлигини дифманометрлар билан ўлчаш усули қатор афзалликларга эга: сатҳ ўлчагичлар мустаҳкам, монтаж қилиш оддий ва ишончли ишлайди. Аммо уларда битта жиддий камчилик бор: дифманометрларнинг сезгир элементи назорат қилинувчи муҳитга бевосита тегиб туради. Агрессив муҳитларнинг сатҳ баландлигини ўлчашда бу ё дифманометрлар учун махсус материалдан фойдалнишни тақозо қилади ёки дифманометрга актив муҳит кириб қолишдан, масалан, импульс линияларига ажратиш қурилмаларини улаш, импульсли линияларни тоза сув билан ювиш ва ҳоказодан сақлайдиган дифманометрларни улаш схемаларини қўлланишни тақозо қилади.

Бу камчиликдан гидростатик сатҳ баландлиги ўлчагичлардан бир тури — пьезометрик сатҳ баландлиги ўлчагичлар мустаснодир.

Пьезометрик сатҳ баландлиги ўлчагичнинг принципиал схемаси 5.7-расмда келтирилган. Бу асбоблар зичлиги ўзгармас суюқлик устунининг босимини ўлчашга мўлжалланган. Суюқлик устунининг босими унинг баландлигига мутаносиб равишда ўзгаради. Пьезометрик сатҳ баландлиги ўлчагичлар турли хил: агрессив, агрессив бўлмаган ва қовушлоқлиги катта бўлган суюқликларни очиқ ёки берк идишлардаги суюқликлар сатҳини ўлчашда қўлланилади. Суюқлик солинган идишга пьезометрик найча *1* туширилади ва унинг устки томони манометр *4* билан параллел қилиб ҳаво ёки инерт гази манбаига уланади. Унда ҳавонинг сарфи дроссель *3* билан чекланиб, ротометр *2* ёрдамида назорат қилиб турилади.



5. 7- расм. Пьезометрик сатҳ баландлиги ўлчагичнинг принципиал схемаси.

Идишдаги суюқлик сатҳининг берилган H баландлигида пьезометрик найчадан суюқлик орқали чиқадиган ҳаво пуфакчаларининг ҳар секундда биттадан чиқиши таъминланган бўлиши керак.

Суюқлик сатҳ баландлиги ортса, найчадаги босим ортади,

ундан чиқадиган пуфакчалар сони камаяди, суюқлик сатҳи баландлиги камайса, найчадан чиқадиган пуфакчалар сони ортади. Босимнинг бундай ўзгаришини манометр *4* ўлчайди, манометр шкаласи суюқлик сатҳи баландлигига мувофиқ даражаланган бўлади.

Суюқлик сатҳ баландлиги системада барқарорланган босим бўйича топилади:

$$P - P_x = H \cdot \rho \cdot g, \qquad (5.16)$$

бундан

$$H = \frac{P - P_x}{P \cdot g},$$

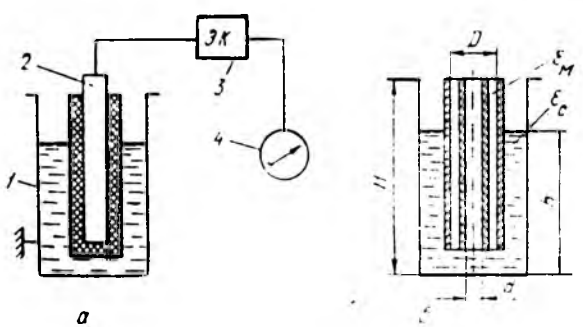
бунда P_x — идишда суюқликлар устидаги босим, $P - P_x$ босим манометр *4* билан топилади.

Суюқлик сатҳ баландлигини ўлчашда маълум шарбитларда статик электр токи пайдо бўлиши мумкин. Шунинг учун тез алангаланувчи ва портлаш хавфи бор суюқликларни назорат қилишда инерт газ сифатида карбонат ангидрид, азот, тутунли газлар ёки махсус пьезометрик сатҳ баландлиги ўлчагичлар ишлатилади.

Шу турдаги сатҳ баландлиги ўлчагичлар ер ости идишларида, ёнилғи балласт ва бошқа цистерналарда, агрессив суюқликлар ва қатор бошқа ҳолларда сатҳ баландлиги ўлчаш учун кенг қўлланилади. Бундай асбоблар суюқликнинг доимий зичлигида ±1,5% аниқлик билан ўлчайди.

V.4-§. ЭЛЕКТР САТҲ БАЛАНДЛИГИ ЎЛЧАГИЧЛАРИ

Электр сатҳ баландлиги ўлчагичларда суюқлик сатҳ баландлигининг ҳолати бирор электр сигналига ўзгартирилади. Электр сатҳ ўлчагичлар орасида энг кўп тарқалгани сиғимли ва актив қаршиликларнинг ўзгаришига мувофиқ ўлчашга асосланган асбоблардир.



5. 8- расм. Сиғимли сатҳ баландлиги ўлчагичнинг схемаси.

Суюқлик сатҳи баландлигининг ўзгариши билан боғлиқ равишда электродлар орасидаги электр сиғим ўзгаришига асосланган асбоб **сиғимли сатҳ ўлчагич** деб аталади. Бунда суюқликнинг диэлектрик хусусиятлари назорат қилинади. Суюқлик сатҳ баландлигини сиғимли сатҳ ўлчагич ёрдамида ўлчашнинг принципиал схемаси 5.8-расмда кўрсатилган. Бу ўлчагич цилиндрик конденсатор ва ўлчов асбобидан иборат. Сатҳ баландлиги ўлчаниши керак бўлган суюқлик қуйилган идиш *1* га изоляцион материал билан қопланган электрод *2* туширилади. Электрод идиш деворлари билан биргаликда цилиндрик конденсаторни ҳосил қилади, унинг сиғими суюқлик сатҳи баландлиги ўзгариши билан ўзгаради. Сиғимнинг катталиги электрон кучайтиргич *3* орқали кучайтирилиб, сигнализатор ёки ўлчов асбоби *4* га узатилади.

Сиғимли сатҳ баландлик ўлчагичларни цилиндрик ва пластинкали турда, шунингдек, қаттиқ стержень кўринишида чиқарилади.

Ўзгартгичнинг сиғими икки участка сиғими — суюқликка ботирилган $\varepsilon_ж$ диэлектрик ўтказувчанликли ва муҳитда жойлашган $\varepsilon_{ср}$ (ҳаво учун $\varepsilon_{ср} = 1$) диэлектрик ўтказувчанликли участкалар сиғимлари йиғиндисига тенг.

Цилиндрик ўзгартгичнинг сиғими (5.8-расм, *б*) қуйидагича ифодаланади:

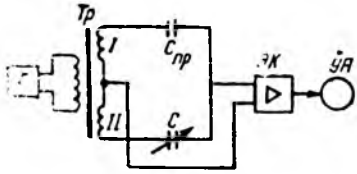
$$C = C_h + C_{H-h} = 0{,}24\,\frac{\varepsilon_ж \cdot h}{\lg\left(\frac{D}{d}\right)} + 0{,}24\,\frac{\varepsilon_{ср} \cdot (H-b)}{\lg\left(\frac{D}{d}\right)} =$$

$$= 0{,}24 \cdot \frac{\varepsilon_ж \cdot h + \varepsilon_{ср} \cdot (H-h)}{\lg\left(\frac{D}{d}\right)}, \qquad (5.17$$

бунда h — сатҳнинг ўлчанаётган баландлиги, см; H — идиш баландлиги, см; D ва d — ўзгартгич найчаларининг ташқи ва ички диаметрлари, см; C — цилиндрик ўзгартгичнинг сиғими, *п Ф*.

Агрессив, лекин электр токини ўтказмайдиган суюқликлар сатҳини ўлчашда ўзгартгич қопламалари кимёвий турғун қотишмалардан тайёрланади ёки ҳар бир қоплама коррозияга қарши плёнка (винипласт ёки фторопласт) билан қопланади. Бу қопламаларнинг диэлектрик хусусиятлари ҳисоблашларда эътиборга олинади. Электр ўтказадиган суюқликлар сатҳи баландлигини ўлчашда ҳам қопламалар изоляцион плёнка билан қопланади.

Электр сиғими, одатда, резонанс ва кўприк схемалари ёрдамида ўлчанади. Резонанс усулида ўлчанаётган сиғим индуктивлик контурига параллел уланади ва резонанс контурини ҳосил қилади. Резонанс контури ўзгартгичнинг маълум бошланғич сиғимдаги таъминловчи частота резонансига ростланади. Ўзгартгичнинг сиғими назорат қилинаётган муҳит керакли сатҳга эришган ёки эришмаганлигини кўрсатади. Бу сиғим ўз-



5. 9- расм. Сатҳ баландлиги электрон индикатори ЭИУ нинг принципиал схемаси.

гариши натижасида унинг частотаси ўзгаради ва резонанс бузилади. Бу усул кўпчилик сиғимли сатҳ баландлиги сигнализаторларида ишлатилади.

Кўприк усулида назорат қилинаётган сиғим кўприкнинг бир елкасига уланади. Сатҳ ўзгариши билан сиғим ўзгаради ва кўприкда номувозанат ҳолат вужудга келади. Номувозанатлик сигнали кучайтиргич орқали сатҳ баландлиги бирлигида даражаланган кўрсатувчи электр асбобига узатилади.

Кўприкли схемалар энг содда ҳисобланади. Сатҳнинг электрон индикатор *ЭИУ* (5.9-расм) схемаси бунга мисол бўла олади. Кўприк *Тр* трансформаторнинг иккита иккиламчи чулғами *I* ва *II* ўзгартгични сиғими $C_{пр}$ ва қўшимча конденсатор *С* дан иборат. Кўприк суюқликнинг ноль сатҳида мувозанатлашган, бунда кучайтиргичнинг кириши ва чиқишида сигнал нолга тенг. Сатҳ ортиши билан $C_{пр}$ сиғими ортади, кўприк номувозанатлиги ортади ва кучайтиргич киришидаги кучланиш ортиб боради. Бу сигнал кучайтиргич *ЭК* билан кучайтирилади, унификацияланган сигналга ўзгартирилади ва иккиламчи асбоб *УА* билан ўлчанади, *ЭИУ* сатҳ баландлиги ўлчагичларининг ўлчаш диапазонлари ўзгартгич турига боғлиқ ва 1 дан 20 м гача ўзгариши мумкин; йўл қўйиладиган асосий хатоликлар чегараси *I* 2,5% гача бўлиши мумкин.

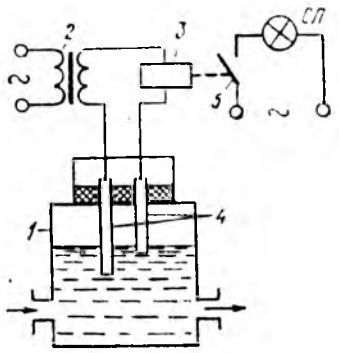
Сиғимли сатҳ баландлиги ўлчагичлар арзонлиги, у билан ишлашнинг соддалиги, идишда бирламчи ўзгартгични ўрнатиш , қулайлиги, ҳаракатланувчи элементларининг йўқлиги, температураларнинг (криогенлигидан +200°С гача) ва босимларнинг (6 МПа гача) етарли кенг интервалида фойдаланиш мумкинлиги сабабли кенг тарқалган. Уларнинг камчиликларига қовушоқ (1 Пас дан ортиқ динамик қовушоқликкача), парда ҳосил қилувчи кристалланувчи ва чўкма ҳосил қилувчи суюқликларнинг сатҳ баландлигини ўлчашга ярамаслигини, шунингдек, суюқликнинг электр хоссаларининг ўзгаришига ва бирламчи ўзгартгични ўлчов асбоби билан улайдиган кабель сиғими ўзгаришига ғоят сезгирлигини киритиш мумкин.

Электр ўтказувчанликка (актив қаршилигининг ўзгаришига) асосланган сатҳ баландлиги ўлчагичлар электр ўтказувчан суюқликлар сатҳ баландлигини назорат қилиш, сигнализация ва ростлаш учун хизмат қилади.

Солиштирма қаршилиги $R < 10^6$ Ом·м ва диэлектрик ўтказувчанлиги $\varepsilon_ж \geqslant 7$ бўлган суюқликлар электр ўтказувчи суюқлик дейилади.

5.10-расмда сатҳ баландлиги сигнализаторининг схемаси кўрсатилган. Сигнализаторнинг ишлаш принципи электродлар *4* суюқлик орқали уланиши билан реле чулғами *3* дан ток ўти-

ши ва унинг контакти *5* уланиши билан сигнал лампаси *СЛ* ёниб, ёруғлик сигнали беришига асосланади. Электродлар *4* таъминловчи трансформатор *2* нинг иккиламчи чулғамига электромагнит реле чўлғами *3* орқали уланган. Суюқлик сатҳи электродларгача кўтарилиб, уларни уласа, суюқликларнинг ўтказувчанлиги туфайли сигнал лампаси *СЛ* ёнади, аксинча, суюқлик сатҳи пастга тушиб электродларни узса, сигнал лампаси ўчади.



5. 10- расм. Сатҳ баландлиги сигнализаторининг схемаси.

Сигнализатор занжиридаги кучланиш ўзгармас токда 24В, ўзгарувчан токда эса 36 В бўлади. Бундай сигнализаторларни қовушоқ, кристалланувчи, қаттиқ чўкмалар ҳосил қилувчи ва электродларга ёпишиб қолувчи муҳитларда ишлатиб бўлмайди.

Юқоридаги сатҳ баландлиги ўлчагичлардан ташқари яна индуктивли сатҳ ўлчаш асбоблари мавжуд. **Индуктив сатҳ ўлчагичларнинг** ишлаш принципи битта ғалтак индуктивлиги ёки икки ғалтакнинг ўз индукцияси уларнинг электр ўтказувчи суюқликка ботирилган чуқурлигига боғлиқлигига асосланган.

Иккала ғалтак индуктивлиги L_1 ва L_2 ўзгартирилганда уларнинг ўзиндуктивлиги

$$M = K\sqrt{L_1 \cdot L_2} \qquad (5.18)$$

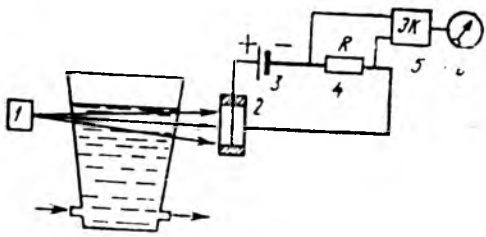
формулага мос равишда ўзгаради, бунда K — тарқатиш оқими билан аниқланадиган алоқа коэффициенти.

Бундай сатҳ баландлиги ўлчагичлар ядровий энергетика қурилмаларида суюқ металл тарзидаги иссиқ элтувчилар сатҳини ўлчашда энг кўп тарқалган.

Ҳозир «Квант» туридаги дискрет индуктив сатҳ баландлиги ўлчагичлар чиқариляпти. Улар температураси 680°С гача бўлган суюқлантирилган металл сатҳини ўлчашга мўлжалланган.

V.5-§. РАДИОИЗОТОПЛИ САТҲ БАЛАНДЛИГИ ЎЛЧАГИЧЛАРИ

Буларнинг ишлаш принципи ютиш қобилияти турлича бўлган икки муҳитдан ўтаётган нурларнинг қайд қилиниши ва муҳитларнинг чегараси ўзгариши билан нурланиш ўзгаришига асосланган. Барча радиоизотопли сатҳ баландлиги ўлчагичларнинг асосий қисмлари нурланиш манбаи ва нурларни қабул қилувчи асбоблардан иборат. Нурланиш манбаи сифатида ўзидан j нурлар чиқарадиган Co^{60}, Cs^{137}, Se^{75} ва бошқа моддалар ишлатилади. Қабул қилувчи асбоб сифатида Гейгер-Мюллер счётчиги, сцинтиляцион счётчиклар ёки яримўтказгичли детекторлар ишлатилади. Детектор чиқишида пайдо бўлган им-



5.11-расм. Радиоизотопли сатҳ баландлиги ўлчагичининг принципиал схемаси.

пульслар электрон кучайтиргич орқали кучайтирилади ва сатҳ ўзгаришига мувофиқ электр сигналга айланади.

j-нурланиш интенсивлигини камайтириш қатлам қалинлигига қараб қуйидаги экспоненциал муносабат билан ифодаланади:

$$I_x = I_0 \, exp\,(-\mu x), \quad (5.19)$$

бунда I_0 — j-нурланишнинг бошлангич интенсивлиги; μ — модданинг табиати ва унинг қатлами қалинлиги x га боғлиқ бўлган j-нурланишнинг кучсизланиш коэффициенти.

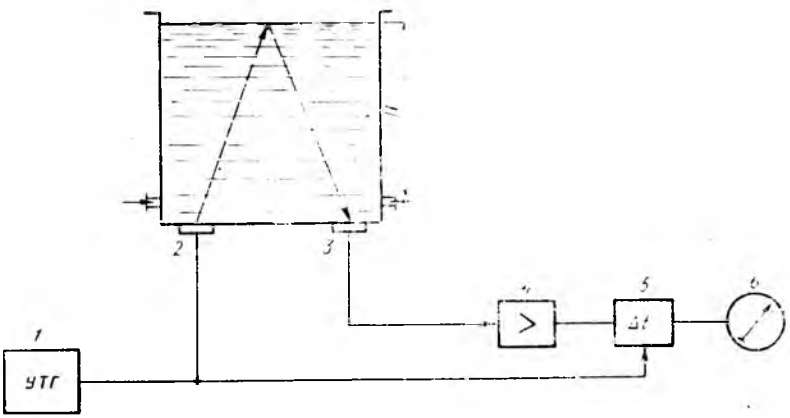
Радиоизотопли сатҳ баландлиги ўлчагичнинг принципиал схемаси 5.11-расмда кўрсатилган. У радиоактив нурланиш манбаи *1*, ионловчи нурланишни қабул қиладиган счётчик *2*, электр токи манбаи *3*, резистор *4*, электрон кучайтиргич *5* ва ўлчаш асбоби *6* дан иборат. Счётчик металлдан ясалган цилиндр бўлиб, ичи инерт газ билан тўлдирилган. Цилиндр марказида ундан изолятор билан ажратилган металл сим ўрнатилган. Цилиндр девори электр манбаининг манфий қутбига, металл сим эса мусбат қутбига уланган. Цилиндр инерт газ билан тўлдирилган бўлгани учун счетчик занжирида ток бўлмайди. Счётчикка радиоактив нур таъсир этиб, ундаги инерт газ ионланиши бошлангандагина счетчик *2* ва резистор *4* занжирида ток ҳосил бўлади. Бу ток миқдори инерт газнинг ионланиш даражасига боғлиқ бўлади. Газнинг ионланиши эса радиоактив нурланиш манбаи билан счетчик орасига ўрнатилган идиш ичидаги суюқликнинг ёки сочилувчи модданинг баландлигига боғлиқ равишда ўзгаради. Идишдаги суюқлик баландлиги нур йўлини тўла беркитса, резистордан ўтадиган ток нолга яқин бўлади, нур йўли очилиши билан, яъни суюқлик баландлиги пасайиши билан резистор занжирида ток орта бошлайди. Идиш ичидаги суюқлик баландлиги ана шу резистордаги кучланиш U миқдори билан ўлчанади. Бунинг учун резистордаги кучланиш миқдори олдин электрон кучайтиргич *5* ёрдамида кучайтирилади, сўнгра эса ўлчов асбоби *6* га узатилади.

Радиоизотопли сатҳ баландлиги ўлчагичлар бошқа асбобларга нисбатан универсалдир. Бу асбоблар сатҳ ўлчашни назорат қилишни дискрет ва узлуксиз равишда амалга оширади; улар очиқ ва берк идишлардаги суюқлик ҳамда сочилувчан моддалар сатҳини ўлчаш учун ишлатилиши мумкин, ўлчанаётган муҳит билан асбоб орасида ҳеч қандай механик боғланиш бўлмагани сабабли агрессив суюқлик ва моддаларнинг

баландлигини ўлчаш мумкин. Асбоблар кўрсатишининг аниқлиги ва стабиллиги муҳит ҳолатининг (температура, намлик, электр ўтказувчанлик, зичлик ва бошқа физик хоссаларнинг) ўзгаришига боғлиқ эмас. Барча радиоизотопли асбобларнинг умумий камчилиги радиоактив нурларнинг тирик организмга зарарли таъсиридир. Асбобларнинг хатоси +0,5—1% дан ошмайди. Булар асосан бошқа турдаги асбобларни ишлатиш мумкин бўлмаган ҳоллардагина қўлланилади.

V.6- §. УЛЬТРАТОВУШЛИ ВА РАДИОТЎЛҚИНЛИ САТҲ БАЛАНДЛИГИ ЎЛЧАГИЧЛАРИ

Ҳозирги пайтда саноатда ультратовушли сатҳ баландлиги ўлчагичлари кенг тарқалмоқда. Бу асбоблар бошқа асбобларга нисбатан контактсизлик, юқори аниқлик, кичик инерционлик, катта чегарада ва агрессив суюқликларда ишлатилиши каби бир қатор муҳим афзалликларга эга. Аммо ўлчаш схемаларининг мураккаблиги, шунингдек, етарли даражада ишончли бўлмагани сабабли, бу асбоблар бошқа қурилмалардан фойдаланиш мумкин бўлмагандагина ишлатилади.



5. 12- расм. Ультратовушли сатҳ баландлиги ўлчагичининг схемаси.

Ультратовушли сатҳ баландлиги ўлчагичларининг ишлаш принципи суюқлик, газ (ҳаво) чегарасидан товуш тўлқинларининг қайтиш принципига асосланган. Ультратовуш импульсининг ҳаво ва ўлчанаётган муҳит (суюқлик) чегараси сиртидан қайтиш катталиклари акустик қаршиликнинг кескин фарқи натижасида содир бўлади. 5.12-расмда ультратовушли сатҳ баландлиги ўлчагичнинг структура схемаси кўрсатилган.

Импульс ультратовушли тебранишлар генератори *1* дан пуллатгич *2* орқали сатҳи ўлчанаётган сиғимга узатилади. Ультратовуш тўлқинлар ўлчанаётган муҳитда тарқалади ва суюқлик ҳаво чегарасидан қайтади. Қайтган тўлқинлар муҳит-

дан тескари йўналишда ўтади, нурлатгич *2* га ўхшаш ультратовуш тебранишлар қабул қилгичи *3* га келади, у ердан ультратовушли импульс кучайтиргич *4*, вақт оралиғини ҳисоблайдиган қурилма *5* ва ўлчаш асбоби (потенциометр) *6* га келади.

Суюқлик сатҳи ўлчаш импульсининг юборилиши ва қайтиши орасидаги τ вақт бўйича аниқланади, яъни

$$\tau = \frac{2H}{C}, \qquad (5.20)$$

бунда H — суюқлик сатҳи; C — суюқликда ультратовушнинг тарқалиш тезлиги.

Вақт ўлчагичда олинадиган акслапган (қайтган) сигналнинг кечикиш вақтига пропорционал бўлган ўзгармас кучланиш шкаласи сатҳ баландлиги бирликларида даражаланган потенциометрга берилади. Нурлатгич сифатида барий титанат, пьезокварц, магнитострикцион элементлар ишлатилади. Кўпинча ультратовушли тебранишларни юборадиган ва қабул қиладиган асбоб сифатида бир қурилмадан фойдаланилади. Бу асбоб ўлчаш жараёнининг бошида нурлатгич вазифасини бажариб, импульс юборилганидан сўнг қабул қилгич сифатида ишлайди.

Ультратовушли сатҳ баландлиги ўлчагичлар 45 мм дан бир неча ўн метргача ўлчаш диапазонига эга. Ўлчанаётган муҳит температураси —50 дан +200°С гача етиши мумкин. Йўл қўйиладиган асосий хатолик ±2,5%.

Радиотўлқинли сатҳ баландлиги ўлчагичлар

Суюқ металл сатҳ баландлигини ўлчашда истиқболли усул — радиотўлқинли усулдир. Электромагнит тўлқинлари тебраниш параметрларининг суюқлик сатҳи баландлигига боғлиқлигига асосланган сатҳ ўлчагичлар радиотўлқинли сатҳ ўлчагичлар деб аталади.

Радиотўлқинли усулларга радиолокацион, радиоинтерференцион, эндовибраторли ва резонансли усуллар киради.

Радиотўлқинли сатҳ баландлиги ўлчагичларнинг ишлаши электромагнит тўлқинларнинг электр ва магнит хоссалари билан фарқ қиладиган муҳитларнинг чегарасидан қайтиши ҳодисасига асосланган.

Электромагнит тўлқинларининг тарқалиш тезлиги v муҳитда унинг диэлектрик ε ва магнит ўтказувчанлиги μ қийматлари билан топилади:

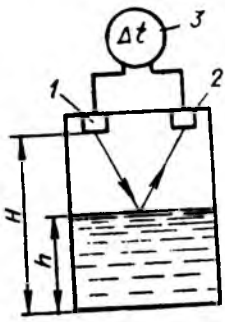
$$v = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}}, \qquad (5.21)$$

бунда C — вакуумда ёруғлик тезлиги.

Сатҳ баландлиги ўлчагич схемаси (5.13-расм) нур тарқатгич *1*, электромагнит энергияси қабул қилгичи *2* ва вақт оралиғини ўлчаш қурилмаси *3* дан иборат. Сатҳ h қиймати нур тарқатгич сигнални

жўнатиш пайти билан қайтган сигнал қабул қилгич *2* га келган пайт орасидаги вақтни аниқлаш ёрдамида топилади. Шу катталиклар ушбу мунособат билан боғланган

$$\tau = 2(H - h)\frac{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}}{C} \qquad (5.22)$$

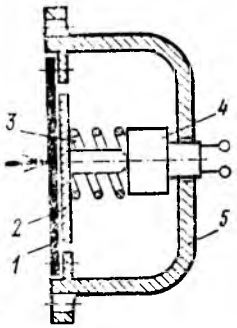


5.13-расм. Радиолокацион сатҳ баландлиги ўлчагичи схемаси.

Одатда, локация газ муҳити орқали суюқлик устида олиб борилади (агар суюқлик электр ўтказмайдиган бўлса, локация принцип жиҳатидан суюқлик орқали ҳам амалга оширилиши мумкин). Локациянинг газ (ҳаво) орқали олиб борилиши маъқулроқ, чунки нур тарқатгичлар суюқлик таъсирига берилмайди, бундан ташқари, газларнинг магнит ва диэлектрик ўтказувчанлиги катта эмас ва амалда газнинг параметрлари ўзгаришига ва хоссаларига боғлиқ эмас. Бу сатҳ ўлчагич кўрсатишларининг амалда суюқлик хоссаларига боғлиқ эмаслигини кўрсатади. Бундай сатҳ ўлчагичларнинг камчилиги кичик вақт оралиғини аниқ ўлчаш қийинчилигидир, улар нурланиш зонасида турган бошқа предметларга ғоят сезгир. Суюқ металларнинг сатҳ ўлчагичлари 200 мм гача ўлчаш диапазонига эга, ўлчашнинг асосий хатолиги ±2%.

V.7-§. СОЧИЛУВЧАН МОДДАЛАР САТҲИНИНГ БАЛАНДЛИГИНИ ЎЛЧАШ

Технологик жараёнларни автоматлаштиришда турли шакладаги ва ҳажмдаги идишлардаги сочилувчан муҳитлар сатҳини ўлчаш — суюқ муҳитлар сатҳини назорат қилиш анча мураккаб масаладир. Бу сочилувчан материалларнинг идишларни тўлдиришда ва бўшатишда горизонтал сиртга эга бўлмай, балки сочилувчан материалнинг заррачалари орасидаги ишқаланиш ва маълум бир илашиш натижасида қияликлар ҳосил қилиши билан боғлиқ. Сочилувчан муҳитларнинг идиш тубига ва деворларига босими сатҳнинг баландлигига пропорционал эмас, чунки сочилувчан материалларга Паскаль қонуни таъсир этмайди. Кўпчилик, сочилувчан материаллар (айниқса цемент, қум, селитра, шакар, ун, туз ва шуларга ўхшаш) сақлашда сочилувчанлигини йўқотади, яъни ёпишувчанлик хоссасига эга бўлади. Булардан ташқари, улар идишларнинг сиртига ва сатҳ ўзгарткичлари сезгир элементларига ёпишиши мумкин, бу эса ёпишқоқлик билан бирга материалнинг қия ва баъзи ҳолларда вертикал текисликларда осилиб туришига олиб келади. Баъзи сочилувчан материалларнинг (буғдой, туз ва бошқалар) абразивлиги бункерларда ўрнатиладиган сатҳ датчикларини тез ишдан чиқаради, уюмли материаллар эса улар-



5. 14- расм. Мембранали сатҳ баландлиги сигнализаторининг схемаси.

ни механик шикастлантириши мумкин. Бир қатор сочилувчан материаллар (туз, ун, концентрланган озуқалар, олтингугурт ва бошқалар) идишларда мувозанатли, осон алангаланувчан, маълум шароитларда эса портлаш хавфи бўлган чангни ҳосил қилади. Шунинг учун электр сатҳ ўлчагичлар, фақат портлаш хавфи бўлмайдиган ҳолларда қўлланилиши мумкин.

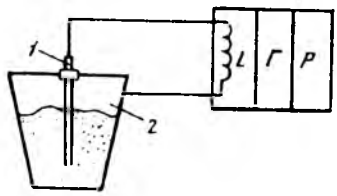
Сочилувчан муҳитларни ўлчаш шароитларининг ва характеристикаларининг турличалиги сочилувчан материаллар сатҳини ўлчайдиган асбобларнинг катта номенклатурасини белгилайди: механик, контактли — механик, вазнли, қалқовичли, электрик, радиоизотопли, ультратовушли ва бошқ. Шуни таъкидлаб ўтиш керакки, суюқ муҳитларнинг сатҳини ўлчовчи юқорида қараб чиқилган бир қатор асбоблардан сочилувчан материалларнинг сатҳини ўлчаш учун фойдаланиш мумкин. Бироқ сочилувчан материаллар сатҳини назорат қилувчи оммавий чиқарилган асбоблар саноатда ТЖАБС ни жорий қилишда вужудга келадиган барча хилма-хил вазифаларни ҳал қила олмайди.

Мембранали сатҳ баландлиги ўлчагичлар сочилувчан ёпишмайдиган материалларнинг чегаравий сатҳларини ўлчаш ва сигнал беришда кенг тарқалган. Бункер деворига маҳкамланадиган сочилувчан материал сатҳини мембранали сигналловчида (5.14- расм) сочилувчан материалнинг босим кучи қаттиқ металл диск *2* ли резиналанган матодан қилинган эгилувчан мембрана *1* га таъсир қилади ва пружина *3* нинг кучини енгиб, уни силжитади. Бу силжиш корпус *5* нинг ичида жойлашган митти алмашлаб улагич *4* нинг электр контактларининг уланишига олиб келади. Контактлар мембрана устидаги сочилувчан контактли ёки контактсиз улагичга таъсири принципида ишлайди.

Контактли — механик (маятникли) сатҳ баландлиги сигнализаторлари идишга тушаётган сочилувчан материалнинг таъсири остида сезгир элементнинг (шарнирли ёки эгилувчан осма кўринишда ишланган пластина ёки қалқович) ва унинг контактли ёки контактсиз улагичга таъсири принципи бўйича ишлайди.

Вазнли сатҳ баландлиги ўлчагичлари сочилувчан моддаларнинг бункерга солиниши ва ундан тўкилиши бир меъёрда бажариладиган ҳолларда ишлатилади. Ўзгарткич сифатида турли вазнли қурилмалар қўлланилади. Вазнли сатҳ ўлчагичларда ўзгарткич сифатида месдозалар ишлатилиши мумкин. Бунда бункер таянчига кўрсатиладиган босим ўлчанади. Бу ҳолда босим бункерни материал билан тўлдириш функциясидан ибо-

рат. Бир хиллаштирилган чиқиш сигналли босимни (ёки кучни) ўлчашнинг замонавий воситаларидан фойдаланиш бундай идишлардаги сатҳни назорат қилишга ва ростлаб боришга имкон беради. Ҳозирги пайтда датчик сифатида номинал юкланиш 10 дан 10000 кГк гача бўлган кучни ўлчовчи тензорезисторли датчиклардан фойдаланилади.



5. 15- расм. Сигимли сатҳ баландлиги сигнализаторининг схемаси.

Ўлчашнинг барча электрик усуллари ичида сиғимли усул кўпроқ қўлланилади.

Турли хил сиғимли сатҳ баландлиги сигнализаторлари саноатда бункерларни, идишларни ва бошқа технологик аппаратларнинг тўлишини сигналлаш учун кенг қўлланилади.

Идишлардаги сочилувчан материалларнинг юқори ва қуйи сатҳларини назорат қилиш учун битта (БКС-2.1) ёки иккита (БКС-2.2) сатҳ датчиклари билан бир комплектдаги БХС-2 блоки асосида қурилган сатҳ сигнализаторлари (реле) ўзини оқлади. Назорат блоклари учқундан хавфсиз қилиб ҳам чиқарилади (БКС-24 турадаги).

Сатҳ сигнализаторлари сифатида ўлчашнинг резонанс схемали (кўприкли эмас) сиғимли сигнализаторларидан фойдаланиш мумкин, масалан, ЭСУ-1, ЭСУ-2 ва бошқа турларидан.

Бундай қурилмаларда электрод *1* ва бункер девори *2* (5.15-расм) дан тузилган сиғимли ўзгарткич индуктивлик ғалтаги *L* билан бирга тебраниш контурини ташкил этади. Унинг резонанс частотаси ўзгарткич сиғими билан, яъни сатҳнинг қиймати билан аниқланади. Контурнинг резонанс частотаси билан генератор *Г* нинг кучланиш частотаси (сатҳнинг чегаравий қийматига мос келган) устма-уст тушса, *Р* реле синализация схемасини улайди.

Акустик сатҳ баландлиги сигнализаторлари заррачалар ўлчами *2* дан 200 мм гача бўлган сочилувчан ва бўлакли материалларнинг сатҳини контактсиз автоматик сигнализациялаш учун қўлланилади. ЭХО туридаги сигнализатор акустик ўзгарткичдан, узатувчи ўзгарткичдан ва релели чиқишдан иборат. Сигнализация оралиғига боғлиқ ҳолда турли хил акустик ўзгарткичлар қўлланилади. Сатҳдан қайтган импульслар генератордан келаётган импульслардан вақт оралиғининг узоқлиги билан белгиланади. Кейин мослашиш схемасидан чиқиш сигнали чиқиш қурилмасига келади, у ерда реле қурилмасини ишга тушурувчи ўзгармас токнинг чиқиш кучланиши шаклланади.

Сатҳ баландлиги ўлчашнинг бир қатор услуб ва воситалари (радиоизотопли, резонансли, кондуктометрик ва бошқ.) мавжуд бўлиб, улар апаратураси мураккаб бўлганидан ёки ўлчанаётган муҳитнинг характеристикасига кўп жиҳатдан боғ-

лиқлигидан, ёки озиқ-овқат маҳсулотларига таъсир кўрсатиш мумкин бўлмаганидан саноатда амалда деярли қўлланилмайди, шунга қарамай улар юқори метрологик хоссаларга эга.

VI боб. МОДДАЛАРНИНГ ТАРКИБИНИ ВА ФИЗИК ХОССАЛАРИНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШ

VI.1-§. АСОСИЙ МАЪЛУМОТЛАР ВА ТАСНИФИ

Технологик жараёнларни температура, босим, сарф ва сатҳ каби параметрларга кўра бошқариш, кўпинча, талаб этилган сифатдаги маҳсулотлар олишга кафолат бера олмайди. Кўпгина ҳолларда ишлаб чиқарилаётган маҳсулотларнинг таркиби ва физик хоссаларини автоматик тарзда назорат қилиш зарурати туғилади. Технологик жараёнлар давомида қайта ишланаётган моддаларнинг таркиби ва уларнинг физик хоссалари ўзгаради, бу параметрларни назорат қилиш технологик жараёнларнинг бориши тўғрисида бевосита фикр юритишга имкон беради, чунки улар ишлаб чиқарилаётган маҳсулотларнинг сифатини ифодалайди, шунинг учун моддаларнинг таркибини ва физик хоссаларини назорат қилиш асосий масалалардан биридир. Шу муносабат билан кейинги йилларда аналитик асбобсозликнинг жадал ривожланиши содир бўлмоқда.

Моддаларнинг таркиби ва физик-кимёвий хоссалари ҳақидаги ўлчов ахборотини олиш учун ўлчаш воситаларини анализаторлар деб аташ қабул қилинган. Автоматик анализаторлар таҳлил қилинаётган муҳитнинг таркибини эмас, балки аниқ физик параметрни ўлчайди, унинг ўзгариши бу муҳитда аниқланаётган компонентнинг миқдорий-сифатий ўзгаришларини ифодалайди.

Турли хил белгилар бўйича аналитик ўлчаш воситаларини таснифлаш анча қийин. Ўлчаш воситалари таҳлил услуби, таҳлил қилинаётган муҳитнинг хоссалари, компонентлар сони, ижро этилиши, чиқиш сигнали, ахборотни бериш услуби ва ҳоказолар бўйича таснифланиши мумкин.

Газларни автоматик анализ қилиш учун қуйидаги усуллар қўлланилади: намунани олдиндан ўзгартирмасдан — термокондуктометрик, термомагнит, абсорбцион-оптик (инфрақизил ва ультрабинафша нур ютиладиган), пневматик усуллар: намуна олдиндан ўзгартириладиган усуллар — электр-кимёвий (кондуктометрик, кулонометрик, полярографик, потенциометрик) термокимёвий фотоколориметрик, аланга-ионлашув, аэрозол-ионлашув, хроматографик, массаспектрометрик усуллар.

Суюқ муҳитларнинг таркибини ва физик хоссаларини автоматик назорат қилишда саноатда синов моддасини дастлабки ўзгартиришсиз таҳлил қилиш услуби кенг тарқалди: кондуктометрик, потенциометрик, полярографик, диэлькометрик, оптик (рефрактометрик, поляризацион, турбодиметрик, нефелометрик), тўйинган буғ босимлари бўйича, радиозотопли, механик

(зичлик), кинематик (қовушоқлик) ва бошқалар, ҳамда синов моддасини дастлабки ўзгартириш билан — титрометрик.

Намлик миқдорини ўлчаш воситалари алоҳида гуруҳга ажратилади.

VI.2-§. ГАЗЛАРНИНГ ТАРКИБИНИ АНАЛИЗ ҚИЛИШ

Газ анализаторлари текширилаётган газ аралашмасидаги компонент ёки компонентлар йиғиндиси концентрацияси ҳақида маълумот берадиган қурилмалардир. Газ анлизаторлари саноатнинг барча соҳаларида ва илмий-тадқиқот ишларида кенг ишлатилади. Кейинги йилларда атроф-муҳитни муҳофаза қилишга катта эътибор берилаётганлиги муносабати билан саноат корхоналари чиқиндилари таркибидаги заррали қўшилмалар миқдорини, ишлаб чиқариш хоналари ва атмосферадаги зарарли қўшилмалар миқдорини назорат қилишга мўлжалланган газ анализаторлари ишлаб чиқариш ва улардан фойдаланиш кескин кенгайди. Аҳоли яшайдиган пунктлар ҳавосининг сифатини назорат қилиш учун ҳавони ифлослантирадиган ис гази, азот қўшоксид, чанг ва бошқа шу каби моддалар концентрацияси ўлчанади.

Саноатда ишлатиладиган автоматик газ анализаторларининг кўпчилиги газ аралашмаларидаги битта компонентнинг концентрациясини ўлчаш учун мўлжалланган. Бу ҳолда газларнинг аралашмалари бинар деб қаралиб, ундаги аниқланадиган компонент ўлчанаётган аралашманинг физик-кимёвий хоссаларига таъсир қилади, қолган компонентлар эса, уларнинг таркиби ва концентрациясидан қатъи назар, уларнинг хоссаларига таъсир қилмайди ва аралашманинг иккинчи компоненти ҳисобланади. Кўп компонентли газ аралашмаларининг турли ташкил этувчиларини анализ қилиш учун мўлжалланган газ анализаторлари ҳам мавжуд.

Газ анализаторлари ишлаш принципи (анализ қилиш усули), анализ қилинаётган муҳитнинг хоссалари, аниқланаётган компонентлар сони, ишланиш тури, чиқиш сигналини унификациялаш усули ва ўлчаш натижаларини бериш усули каби белгиларига кўра таснифланиши мумкин.

Энг оддий ҳолда намунани ўзгартирмасдан анализ қилиш мумкин, бунда анализ қилинаётган аралашма таркиби тўғрисида ўлчанаётган параметрга қараб бевосита хулоса чиқарилади. Анализ қилишда намунани ўзгартириш аналитик ўлчаш танланувчанлигини ошириш имконини беради. Намунани ўзгартириш учун физик усуллардан ҳам, кимёвий усуллардан ҳам фойдаланиш мумкин. Агар намунага таъсир қилиш унинг физик хоссаларини тубдан ўзгартириб юборса, бундай ўзгартириш физик ўзгартириш деб аталади. Агар намунага таъсир қилиш унинг таркибининг тубдан ўзгаришига олиб келса, у кимёвий ўзгартириш деб аталади.

Газ анализаторлари ҳажмига нисбатан % ларда, г/м^3, мг/л ларда даражаланади. Биринчи бирлик анча қулайдир, чунки

газ аралашмалари компонентларининг фоиз ҳисобидаги ми дори температура ва босим ўзгарганида доимийлигича қ лади.

Газ анализаторлари комплектига датчик ва чиқиш сигна ларини ўлчагичдан ташқари, асбобнинг нормал ишлашин таъминловчи бир қанча узеллар ҳам киради. Асосий ёрдамч узеллар газ аралашмаси намунасини танловчи, тозаловчи, уза тувчи ва анализга тайёрловчи қурилмалардир.

Газ анализаторларининг мавжуд таснифи аралашманин аниқланадиган компонентларининг концентрациясини ўлчаш асос қилиб олинган физик-кимвий хоссаларга асосланади.

Қуйида саноатда энг кенг тарқалган усуллар ва асбобла кўриб чиқилган.

Термокондуктометрик газ анализаторлари

Термокондуктометрик газ анализаторларининг ишлаш прин ципи газ аралашмаси иссиқлик ўтказиш қобилятининг текши рилаётган компонент концентрациясига боғлиқлигига асослан ган. Агар бинар аралашмадаги компонентларнинг иссиқли ўтказувчанлиги ҳар хил бўлса, бу усулни қўллаш қулай. Кў компонентли газ аралашамасини анализ қилишда юқоридаг усулни қўллаш мумкин, лекин аниқланмайдиган компонент ларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги бир-биридан унча фарқ қил май, аниқланаётган компонентнинг иссиқлик ўтказувчанлиг улардан анча фарқ қилиши керак.

Кўпчилик газ араламаларининг иссиқлик ўтказувчанлиги ни қуйидаги формула билан аниқлаш мумкин:

$$\lambda = \frac{C_1}{100}\lambda_1 + \frac{C_2}{100}\lambda_2 + \frac{C_3}{100}\lambda_3 + \ldots + \frac{C_n}{100}\lambda_n, \qquad (6.$$

бу ерда C_1, C_2, C_3, . . . , C_n — иссиқлик ўтказувчанлиги тегишлича λ_1, λ_2, λ . . . , λ_n бўлган компонентлар миқдори (бунда $C_1 + C_2 + C_3 + \ldots + C_n = 100\ \%$ бўлиши шарт).

Аниқланмайдиган компонентларнинг йиғинди концентрацияси C (6.1) га кўра мос келадиган иссиқлик ўтказувчанлиги λ_B бўлга аралашманинг иссиқлик ўтказувчанлиги қуйидаги ифодадан аниқл нади:

$$\lambda = \frac{C_A}{100}\lambda_A + \frac{C_B}{100}\lambda_B, \qquad (6.$$

бу ерда C_A — иссиқлик ўтказувчанлиги λ_A бўлган аниқланадиган компонент ми дори.

$C_B + C_A = 1$ бўлганлиги учун аниқланадиган компонент концен трацияси C_A нинг аралашманинг ўлчанадиган иссиқлик ўтказувча лиги λ га боғлиқлиги, аниқланмайдиган ва аниқланадиган комп нентларнинг иссиқлик ўтказувчанликлари маълум бўлганида, қуйи даги кўринишда бўлади:

$$C_A = (\lambda - \lambda_B) \cdot (\lambda_A - \lambda_B) \qquad (6.3)$$

Газ аралашмасининг иссиқлик ўтказувчанлигини ўлчаш учун анализ қилинаётган аралашма билан тўлдирилган камерага жойлаштирилган қиздириладиган ўтказгичдан фойдаланилади. Агар ўтказгичдан камера деворларига фақат иссиқлик ўтказувчанлик туфайлигина иссиқлик берилса, қуйидаги ифода тўғри бўлади:

$$Q = 2\pi \cdot l \cdot \lambda (t_п - t_c)/l_п (D/d) \qquad (6.4)$$

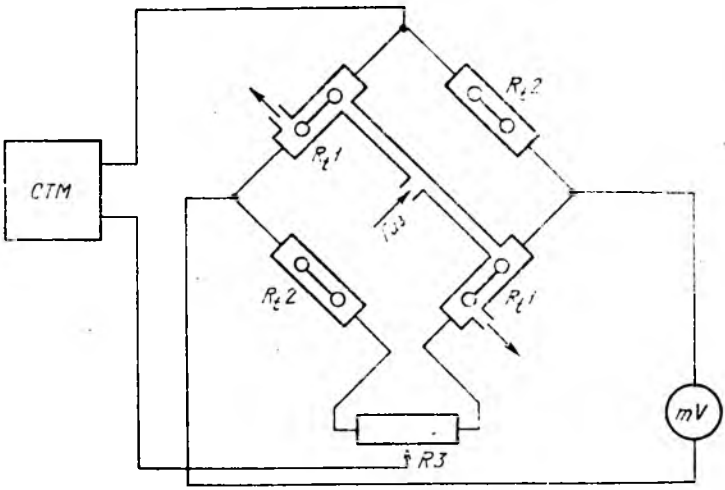
бу ерда Q — ўтказгич 1 секундда бериладиган иссиқлик миқдори; l, d — ўтказгичнинг узунлиги ва диаметри; D — камера диаметри, λ — газ аралашмасининг иссиқлик ўтказувчанлиги; $t_п$, t_c — ўтказгич ва камера деворларининг температураси.

Ўтказгич берадиган иссиқлик Q ва камера деворларининг атроф-муҳит температурасига боғлиқ бўлган температураси t_c ўзгармас бўлганида газ аралашмасининг иссиқлик ўтказувчанлиги ўтказгичнинг температурасини, бинобарин, унинг ўтказувчанлигини бир хил қийматда аниқлайди. Ўтказгич сифатида электр қаршилигининг температура коэффициенти юқори ва кимёвий жиҳатдан чидамли металл симдан фойдаланилади; платина кўпроқ, вольфрам, никель, тантал камроқ ишлатилади.

Термокондуктометрик газ анализаторларининг ўлчаш элементлари ўзи қизийдиган қаршилик термометри режимида ишлайдиган, платина тола жойлашган камера шаклидаги ўзгартгичдан иборат. Газ аралашмаси таркибининг ўзгариши унинг иссиқлик ўтказиш қобилиятини ўзгартиради, натижада қизиган тола ва газ аралашмаси ўртасида ўзаро иссиқлик алмашувининг интенсивлиги ҳам ўзгаради. Толанинг электр қаршилиги текширилаётган компонент концентрациясини билдиради.

Бу турдаги саноат газ анализаторларида ўлчашнинг дифференциал усули қўлланилади, бунда текширилаётган ва намуна газ аралашмаларининг иссиқлик ўтказувчанлиги ишловчи ва солиштирма камералар ёрдамида солиштирилади. Ишловчи камера оқиб ўтадиган қилиб ишланади, солиштирма камера эса таркибига концентрацияси ўлчашнинг пастки, ўрта ва юқориги чегарасига мос келадиган ўлчанаётган компонент кирган газ аралашмаси билан тўлдирилади.

Ўлчаш схемалари бевосита ҳисоблаш ёки автоматик мувозанатлаш принципига кўра қурилади. 6.1-расмда кўрсатилган термокондуктометрик газ анализатори концентрацияни мувозанатлашган кўприк ёрдамида ўлчайди. Доимий сарфга эга бўлган текширилаётган газ аралашмаси R_t *1* ишловчи камераларга келади. Кўприкнинг қолган елкасига эталон аралашмали R_t *2* ёрдамчи камералар уланган. Сезгир элементнинг толалари кўприк схемасининг таъминлаш токи (СТМ — стбаиллашган таъминловчи манба) ҳисобига қизийди. Кўприк схемаси *R3* реостат орқали созаланади. Бу турдаги саноат газ анализаторининг ўлчаш асбоблари стандарт автмоатик компенсатор асо-



. 1- расм. Термокондуктометрик газ анализатори.

сида бажарилади. Термокондуктометрик газ анлизаторларида хато, асосан, қуйидаги сабабларга кўра содир бўлади:

а) атроф-муҳит температурасининг ўзгариши, бунда ўлчаш камераларининг деворларидаги температура ўзгаради;

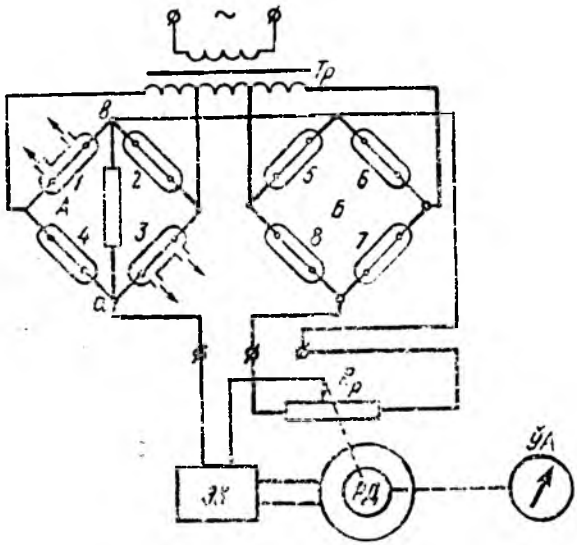
б) ўлчаш кўприги таъминловчи манба кучланишининг ўзгариши;

в) газ аралашмасининг камералар (ячейкалар) орасида ўтиш тезлигининг ўзгариши;

г) иккиламчи текширилмаётган компонентларнинг (хусусан, сув буғлари) мавжудлиги.

Ўлчаш блокини термостатлаш ва стабиллашган таъминлаш манбаларидан фойдаланиш зарурати асбобни мураккаблаштиради ва қимматлаштиради. Ҳаводаги ёки газ аралашмаларидаги (водороддан ташқари таркибида CO, CO_2, CH_4, N_2 ва O_2 бўлган) водород миқдорини, шунингдек, кўп компонентли аралашмаларда CO_2 миқдорини аниқлаш учун ТП туридаги термокондуктометрик газ анализаторларидан фойдаланилади (6.2- расм).

Схема мувозанатлашмаган иккита *А* ва *Б* кўприклардан иборат бўлиб, улар ўзгарувчан ток манбаидан трансформатор орқали таъминланади. Кўприкларнинг елкалари платина симлардан тайёрланган ва шиша баллончаларга жойлаштирилган. Ўлчаш кўпригининг иккита иш елкаси *1* ва *3* нинг атрофидан анализ қилинаётган газ ўтиб туради. Қолган иккита елкаси *2* ва *4* газ муҳитида туради, бу газнинг таркиби асбоб шкаласининг бошланишига мос келади. Таққослаш кўприги *Б* нинг иккита елкаси *6* ва *8* газ муҳитида туради, унинг таркиби асбоб шкаласининг бошланишига мос келади, елка-



1. 2- расм. ТП туридаги автоматик газ анализаторининг схемаси.

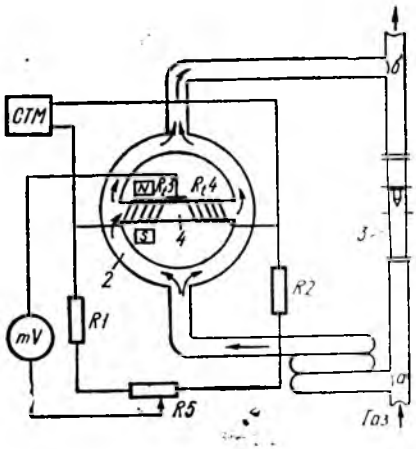
лар *5* ва *7* эса таркиби шкала охирига мос келадиган газ муҳитида туради.

Таққослаш кўприги *Б* нинг диагоналига реохорд $R_р$ уланган, унинг сурмаси ва *А* кўприкнинг учи электрон кучайтиргич *ЭК* нинг киришига уланган. Реверсив двигатель *РД* реохорднинг сурмасини ва асбобнинг кўрсаткич стрелкасини *а* ва *в* кўприк учларидаги шкалада то кучланиш сурманинг реохорддан оладигак кучланиш билан мувозанатлашмаганига қадар суради. Газ анализаторининг кўрсатиши таъминлаш манбаи кучланишининг ўзгаришига ва атроф-муҳит температурасининг ўзгаришига боғлиқ эмас.

ТП туридаги газ анализаторлари бир нечта модификацияда чиқарилади: ТП 1120— бинар ва кўп компонентли газ аралашмаларида водород миқдорини аниқлаш учун; ТП 7102— ҳаводаги гелий миқдорини аниқлаш учун; ТП 4102— ҳаводаги азот ва гелий миқдорини аниқлаш учун. Анализ қилинаётган газ тури ва ўлчаш чегараларига кўра асосий хатолик ±2,5; ±4,0; ±10% бўлади. Газ аралашмасининг ҳажмий сарфи 12 $см^3/с$, босим 70—130 кПа. Кўрсатишларни аниқлаш вақти 3° дан 110 с гача. Чиқиш сигналлари 0—5 мА; 0—100 мВ; 0—10В.

Термомагнит газ анализатори

Газлар орасида кислород алоҳида парамагнетизм хусусиятига эга. Кислород магнит майдонга бошқа газларга нисбатан кўпроқ тортилади. Унинг бу хоссаси мураккаб газ аралашмаларидаги кислород концентрациясини ўлчашга имкон беради.



6. 3- расм. Термомагнит газ анализаторининг схемаси.

Барча (кислородни анализ қиладиган) магнитли газ анализаторлари термомагнит ва магнитомеханик асбобларга бўлинади.

Кислороднинг температураси ўзгарганда унинг магнит хоссаларининг ўзгариш эффектига асосланган термомагнит усули кенг тарқалган. Бу усул термомагнит конвекция ҳодисасига асосланган. Агар ток билан қиздирилган ўтказгич бир жинсли бўлмаган магнит майдонга ўрнатилса, газ аралашмасининг хоссаси камаяди, шу сабабли ўтказгич атрофида магнит майдоннинг кучли ерларидан кучсиз ерларига томон аралашманинг ҳаракати бошланади. Температуранинг кўтарилиши сабабли газнинг магнит хоссаси камаяди, натижада газ аралашмасининг ички оқими вужудга келади. Бу оқимда қизиган газ аралашмаси термомагнит конвекция ҳодисаси сабабли узлуксиз сиқиб чиқарилади. 6.3-расмда термомагнит газ анализаторининг принципал схемаси келтирилган.

Текширилаётган газ аралашмасининг температураси иссиқлик алмаштиргич ёрдамида турғунлашади. Аралашма сарфининг доимийлиги ўлчаш ўзгартгичи *2* ни ротаметр *3* орқали шунтлаш йўли билан таъминланади. Шу сабабли система киришидаги газ сарфининг тебранишлари ўзгартгичдан ўтиш тезлигига таъсир қилмайди, чунки *а* ва *б* нуқталар орасидаги босимлар фарқи доимий бўлиб қолади. Ўзгартгичнинг газли бўшлиғи кўндаланг каналли ҳалқа камера *4* шаклида диамагнит материалдан ишланади. Каналнинг кириш қисми доимий магнит майдон орасига жойлашади, унинг ичида эса R_t *3* R_t *4* икки секцияли платина чулғамлар ўрнатилади, бу чулғамларнинг қаршилиги номувозанат кўприкнинг икки елкасини ҳосил қилади. Агар бошланғич аралашмада кислород бўлмаса, кўндаланг каналда ҳаракат бўлмайди. Аралашмада кислород бўлса, унинг молекулалари магнит майдонига йўналиб, каналга тортилади. R_t чулғамлар ўлчаш схемаси манбаининг токи таъсирида 100...200°С гача қиздирилгани сабабли канал *4* га келган кислород ҳам қизий бошлайди. Температура кўтарилиши билан магнитнинг кислородга таъсири камаяди, шунинг учун газнинг янги қисми магнит майдон зонасига тортилиб, қизиган кислородни ҳалқа камерага итаради.

Газнинг ҳосил бўлган конвекцион оқими иссиқликни асосан чўлғамдан олади, шунинг учун секциялар температураси ҳар хил бўлиб қолади.

$R_t 3$ ва $R_t 4$ қаршиликларнинг текширилаётган газ концентрациясига пропорционал ўзгариши натижасида, кўприкнинг ўлчаш диагоналида нобаланслик сигнали пайдо бўлади. Бу сигнал шкаласи кислороднинг фоиз миқдорида даражаланган автоматик потенциометр орқали ўлчанади. Ўлчаш кўприги стабиллашган таъминлаш манбаидан (СТМ) таъминланади. Қаршилик *R5* кўприк манбаининг ток кучини ўрнатиш учун хизмат қилади; *R1* ва *R2* доимий манганин қаршиликлар.

Ўлчашнинг термомагнит усулида хатолар, асосан, қуйидаги сабабларга кўра содир бўлади:

а) атроф-муҳит температурасининг ўзгариши натижасида газ аралашмасининг магнитланиши ўзгаради;

б) сезгир элемент иссиқлигининг ўзгариши (ўлчаш кўприги манбаи кучланишининг ўзгариши);

в) текширилаётган газ аралашмаси ёки атмосфера босимининг ўзгариши;

г) магнитларнинг эскириши натижасида магнит майдони кучланишининг ўзгариши.

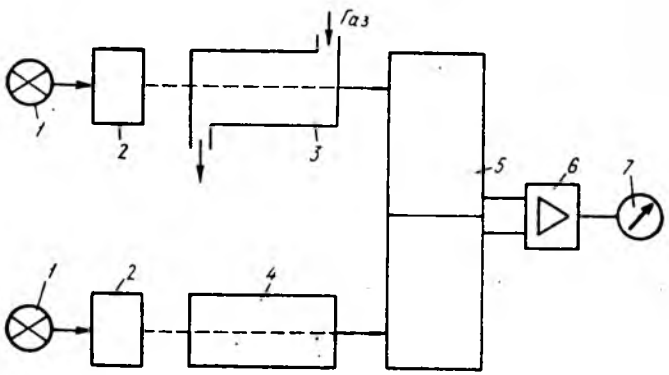
Сезгирликни ошириш ва хатоликларни камайтириш учун саноатда фойдаланиладиган газ анализаторларида ўлчаш ва таққослаш кўприкларининг тегишли елкаларига уланган иккита ҳалқали компенсацион ўлчаш схемалари қўлланилади.

Анализ қилинаётган газ температураси ва босимининг ўзгариши, шунингдек, ўлчаш схемасини таъминловчи кучланишнинг ўзгариши ҳар қайси кўприкнинг ўлчаш диагоналларидаги кучланишига бир хилда таъсир этади, шунинг учун газ анализаторининг кўрсатишларига бу ўзгаришлар таъсир қилмайди.

Тутун газларидаги кислород миқдорини узлуксиз аниқлаш учун МН 5106-1 туридаги термомагнит газ анализатори ишлатилади, унинг ўлчаш чегаралари бир нечта бўлиб, улардан энг максимали 0—10%. Юқориги ўлчаш чегарасининг асосий хатолиги ±2%. МН 5130-1 типидаги газ анализатори икки ёки уч компонентли газ аралашмаларидаги кислород концентрациясини узлуксиз ўлчаш ва стандарт электр сигналлари бериш учун мўлжалланган. Сигнал бериш қурилмаси билан жиҳозланган. Ўлчаш натижаларини кўрсатиш ва ёзиш учун газ анализатори билан бир комплектда иккиламчи ўзиёзар асбобдан фойдаланилади. Кислородни ўлчаш чегаралари 0—0,5 дан 80—100% гача. Асосий хатолик ±2 дан 10% гача (ўлчаш чегараларига қараб). Газ аралашмасининг ҳажмий сарфи 12 $см^3/с$, босими 90—105 кПа. Ўлчаш вақти 120 с. Чиқиш сигналлари 0—5 мА, 0—100 мВ.

Абсорбцион-оптик газ анализаторлари

Оптик газ анализаторларида оптик зичлик, синдириш коэффициенти ва бошқа оптик хоссаларнинг текширилаётган компонент концентрациясига боғлиқлигидан фойдаланилади. Электромагнит нурланиш интенсивлигининг пасайиши ёки нурланиш оқимининг текширилаётган газ спекторининг инфрақизил, уль-



6. 4- расм. Оптик- абсорбцион газ анализаторининг блок- схемаси.

трабинафша ёки кўринадиган қисмларидаги ютилишини ўлчашга асосланган абсорбцион-оптик усул кўпроқ тарқалган. Водород, аммиак, метан каби газлар инфрақизил нурларни, хлор, озон, симоб буғлари эса ультрабинафша нурларни ютади. Шунинг учун анализ қилинаётган компонент турига қараб бундай газ анализаторларида инфрақизил ёки ультрабинафша нурланишдан фойдаланилади.

Спектрнинг инфрақизил соҳасида ишлайдиган газ анализаторларида нурлаткичлар сифатида 700—800°С гача қиздирилган сим спиралларидан фойдаланилади. Спектрнинг ультрабинафша соҳасида ишлайдиган газ анализаторларида эса газрязряд лампаси нурланиш манбаи бўлиб хизмат қилади.

Оптик-абсорбцион газ анализаторларининг кўпи дифференциал схема бўйича қурилган (6.4-расм). Манба *1* дан олинадиган нурланиш оқими йўлида ёруғлик фильтрлари *2* орасидан текширилаётган газ аралашмаси ўтадиган ишловчи камера *3* ва аниқланаётган компонент қўшилмаган газ аралашмаси билан тўлдирилган таққослаш камералари *4* ўрнатилади. Қабул қилгич *5* иш ва таққослаш камераларидаги нурланиш интенсивлиги фарқини қабул қилади, аниқланаётган компонент миқдорига пропорционал бўлган нобаланслик сигнали эса кучайтиргич *6* да кучайиб, ўлчаш асбоби *7* да қайд қилинади.

Одатда оптик газ анализаторлари компенсацион схема бўйича ишланиб, ўлчаш схемаси оптик, газ ёки электр усуллари ёрдамида мувозанатланади. Оптик компенсация усулида тескари алоқа сигнали тўсиқ ёки оптик пона силжишига айлантирилади. Бу эса таққослаш каналида нурланиш интенсивлигини тегишлича ўзгартиради. Иккинчи ҳолда, таққослаш каналида нурланиш оқими йўлида компенсацияловчи аралашма қатламининг қалинлиги ўзгаради. Ва, ниҳоят, электр компенсациялаш усулида занжирда электр билан таъминлаш кучланиши ўзгартирилади.

Инфрақизил нурланишли газ анализаторларида қолдиқ энергия текширилаётган компонент билан тўлдирилган нур қабул қилгичларида ютилади. Узлукли нурланишдан фойдаланилганда нур қабул қилгичда энергиянинг ютилиши сабабли температураниng ўзгариши, шу билан бирга босимнинг ўзгариши вужудга келади. Бу тебранишларни тегишли ўлчаш асбоби билан олинган нур каби қабул қилгич микрофонининг мембранаси қабул қилади.

Бундай нур қабул қилгичда газ босимининг пульсланиши акустик эффект номини олган. Бундай газ анализаторлари эса оптик-акустик асбоблар дейилади. Бу асбобларнинг афзаллиги уларнинг универсаллигидадир, чунки кўпчилик моддаларнинг инфрақизил ютилиш сфектри бир-биридан фарқ қилади.

Оптик-акустик газ анализаторлари газ ва буғларнинг маълум тўлқин узунликдаги инфрақизил нурларни (0,76 дан 750 мкм гача) танлаб ютишига асосланган. Бу газ анализаторларида, одатда, фақат тўлқин узунлиги 2,5—25 мкм бўлган нурлардангина фойдаланилади. Агар газ қатлами орқали инфрақизил нурлар ўтказилса, улардан фақат тебраниш частотаси газ молекулаларининг хусусий тебраниш частоталарига тенг бўлган нурларгина ютилади. Бунда ютилган нурларнинг энергияси молекулаларнинг кинетик энергиясини кўпайтиришга сарфланади ва иссиқлик тарзида тарқалади. Молекулаларнинг тебраниш частотасидан фарқ қилинадиган частотадаги нурлар эса газдан ўзгармасдан ўтади. Ҳар қайси газ ўзига хос спектрлар соҳасидаги маълум хоссали радиацияни ютади, масалан, углерод оксиди 4,7 мкм соҳасидаги, углерод қўшоксидида —2,7 ва 4,3 мкм соҳалардаги, метан —3,3 ва 7,65 мкм соҳадаги радиацияларни ютади. Бу эса оптик-акустик усуллар билан газларни анализ қилишни танлаб ўтказишга имкон беради.

Танлаб ютиш ҳодисаси Ламберт — Бер қонуни билан ифодаланади, у тўлқин узунлиги λ бўлган монохроматик нурланиш учун қуйидаги кўринишга эга бўлади

$$C = (1/K_\lambda \cdot l) \cdot \lg(j_0/j), \qquad (6.5)$$

бу ерда C — текширилаётган газ намунасида ютадиган модданинг концентрацияси; K—тўлқин узунлиги λ бўлганда модданинг ютиш коэффициенти; l — намуна қатламининг қалинлиги (кюветнинг узунлиги); j_0, j — намуна олингунча ва намуна олингандан кейин нурланиш интенсивлиги.

Саноатда фойдаланиладиган инфрақизил ютилишли оптик-акустик газ анализаторларида вақти-вақти билан инфрақизил нурлар ўтказиб туриладиган кювет бўйича йўналтириб туриладиган мураккаб газ аралашмаси текширилаётган газ намунаси бўлиб хизмат қилади. Бунда нурларнинг бир қисми ютилади, бир қисми эса иккинчи асбоб билан боғланган сезгир элементга тушади.

Нурлар намунадан ўтганидан кейин интеграл нурланишлар фарқини ўлчайдиган сезгир элемент сифатида танловчи нур приёмнигидан фойдаланилади. Бу приёмник анализ қилина-

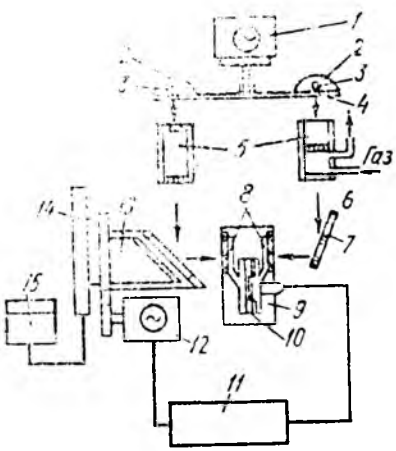
понент билан тўлдирилган камерадан иборат бўлиб, инфрақизил нурлар ўтиши учун туйнук билан жиҳозланган. Агар нур приёмнигига вақти-вақти билан инфрақизил нурлар тушиб турса, у ҳолда камерада турган газ вақти-вақти билан исиб совиб туради.

Ўзгармас ҳажмли камерада турган газ температурасининг ўзгариши натижасида унинг босими ҳам ўзгаради, босимнинг бу ўзгаришини нур қабул қилгич ичида турган мембрана қабул қилади. Нур қабул қилгич битта газ билан тўлдирилгани учун нур энергиясини ютиш жараёни танловчи бўлади ва у билан боғлиқ бўлган температура ҳамда босим ўзгаришлари нур қабул қилгични тўлдириб турган газнинг ютиш спектрига мос келувчи маълум тўлқин узунлигидагина содир бўлади. Газ аралашмаси ўтказиладиган кюветда, аниқланаётган компонентнинг концентрациясига қараб, нур энергияси оқими сусаяди, шунинг учун нур қабул қилгич камерасида температура ва босимнинг ўзгариш амплитудаси бу компонентнинг газ аралашмасидаги миқдорига тескари пропорционал равишда ўзгаради.

Ўлчаш схемаларига кўра оптик-акустик газ анализаторлари икки гуруҳга: компенсацион ва бевосита ўлчаш анализаторларига бўлиниши мумкин.

6.5-расмда оптик-акустик газ анализатори ОА-2209 нинг принципиал схемаси кўрсатилган, у газ аралашмаларида углерод қўшоксидини аниқлаш учун мўлжалланган. Газ анализатори узлуксиз ишлайдиган автоматик асбоб бўлиб, приёмник блоки ва иккиламчи асбоб КСУ2 дан иборат.

Газ аралашмасидаги анализ қилинаётган компонентнинг миқдори компенсацион усул билан ўлчанади. Электр токи қиздирадиган иккита нихром спираль *3* инфрақизил нурлар манбаи бўлиб хизмат қилади. Нурларнинг йўналган оқимини ҳосил қилиш учун ҳар қайси спираль қайтаргич нинг фокусига жойлаштирилган. Инфрақизил нурлар оқими қизиган спираллардан айни бир вақтда обтюратор *4* ёрдамида 5 Гц частота билан узилади ва икки оптик каналга йўналтирилади, обтюратор ни синхрон двигатель *1* айлантиради.



6. 5- расм. Оптик- акустик компенсацион газ анализаторининг схемаси.

Ўнг каналда инфрақизил нурларнинг узлукли оқими фильтрлаш камераси *5* ва иш миқдори компенсацион усул

камераси *6* дан кетма-кет ўтиб, қайтарувчи пластина *7* нинг сиртига тушади ва ундан нур қабул қилгич *9* нинг ўнг цилиндри *8* га йўналади. Чап каналда инфрақизил нурларнинг узлуксли оқими фильтрлаш камераси *5* ва компенсацияловчи камера *13* дан ўтиб, нур қабул қилгич *9* нинг чап цилиндрига тушади. Фақат ўлчанмайдиган компонент билан тўлдирилган фильтрлаш камералари *5* газ анализаторларнинг хатолигини қўшимча равишда камайтиришга имкон беради, бу хатоликларга газ аралашмасида ўлчанмайдиган компонентлар миқдорининг ўзгариши сабаб бўлади. Компенсацияловчи камера *13* чап каналдаги инфрақизил нурлар оқимининг йўлида газ аралашмаси қатламининг қалинлигини ўзгартириш, шунингдек, бу оқимнинг йўналишини ўзгартириш учун хизмат қилади.

Текширилаётган газ аралашмаси иш камераси *6* орқали узлуксиз ўтиб туради. Агар аралашмада анализ қилинаётган компонент бўлмаса, у ҳолда нур қабул қилгичнинг камерасига инфрақизил нурларнинг бир хил оқимлари келади, мембрана тебранмайди ва нур қабул қилгичдан сигнал чиқмайди. Агар газ аралашмасида қидирилаётган компонент бўлса, у ҳолда иш камераси *6* да инфрақизил нурларнинг қисман ютилиши натижасида нур қабул қилгичнинг ўнг цилиндрига уларнинг заифлашган оқими, чап цилиндрига эса заифлашмаган оқими киради. Бу эса цилиндрлардаги газ температураси ва босимининг фарқлари ҳосил бўлишига олиб келади.

Обтюратор узлуксиз нур чиқариб турганида нур қабул қилгич цилиндрларидаги газ совийди ва босим камаяди, натижада цилиндрларда босимнинг вақти-вақти билан пульсацияланиши юз беради. Газ анализаторнинг кўрсатишлари аниқлигини ошириш учун цилиндрларига инерт газлари қўшилган анализ қилинаётган газ тўлдирилади. Нур қабул қилгичнинг цилиндрлари фақат анализ қилинаётган компонент ва инфрақизил нурларга инерт бўлган азот билан тўлдирилгани учун босимнинг пульсацияланиши фақат анализ қилинаётган газ ютадиган нурланиш спектри ҳисобигагина вужудга келади. Шундай қилиб, асбобда танлаб ютишга ва анализ қилишга эришилади.

Нур қабул қилгич *9* да босимнинг ўзгариши конденсаторли микрофон *10* да ўзгарувчан токка айланади. Бу ток кучайтиргич *11* да кучайтирилиб, реверсив двигатель *12* га берилади ва унинг ротори айлана бошлайди. Бунда компенсацияловчи камера *13* нинг қайтарувчи поршени бирор томонга сурилиб, ютувчи қатламнинг қалинлигини оширади ёки камайтиради. Нур қабул қилгич цилиндрларига тушаётган нур оқимлари бир-бирига тенг бўлиб қолган пайтда нур қабул қилгичдан чиқаётган электр сигнали йўқолади ва двигатель тўхтайди. Шундай қилиб, камера *13* поршенининг вазияти доимо анализ қилинаётган компонент концентрациясига мос келади. Поршеннинг бу вазияти ўз навбатида реохорд *14* орқали иккиламчи асбоб *15* билан қайд этилади. Углерод қўшоксидини ўлчаш

чегаралари 0—1 дан 0—100% гача. Асосий хатолик ±2,5%. Газ аралашмаси сарфи 8,3 $см^3/с$, босим 0,3 кПа. Кўрсатишларни аниқлаш вақти 30 с. Чиқиш сигнали 0—5 мА.

Баён қилинган ОА-2209 туридаги газ анализатори дифференциал (икки нурли, икки каналли) компенсацияловчи асбобдир. Унинг асосий камчилиги нурлаткичларнинг эскириши, иш кюветларининг ифлосланиши, шишалар шаффофлигининг ўзгариши ва шу кабилар туфайли шкала ноли вазиятининг ўзгариб туришидир.

Бевосита ўлчайдиган бир нурли газ анализаторида нолнинг турғунлиги анча юқори бўлади. Бу асбоб дифференциал асбобга қараганда танловчанлиги юқорилиги билан фарқ қилади. Масалан, метанни анализ қилишда CO_2, CO ва намнинг таъсири бир нурли асбоб учун икки нурли асбобга қараганда 3—5 марта кам бўлади. Камералари оптик кетма-кетликда жойлашган бир нурли асбобнинг танловчанлиги юқорилигига сабаб шуки, босимнинг натижавий ортишида ютиш полосасининг фақат марказий участкаси қатнашади ва шундай қилиб, полосанинг актив қисми тораяди.

Ультрабинафша нурлари ютиладиган газ анализаторларида ҳаводаги симоб буғлари концентрациясини, хлор, водород сульфид, азот қўшоксиди ва бошқа моддаларнинг концентрациясини ўлчашда қўлланилади.

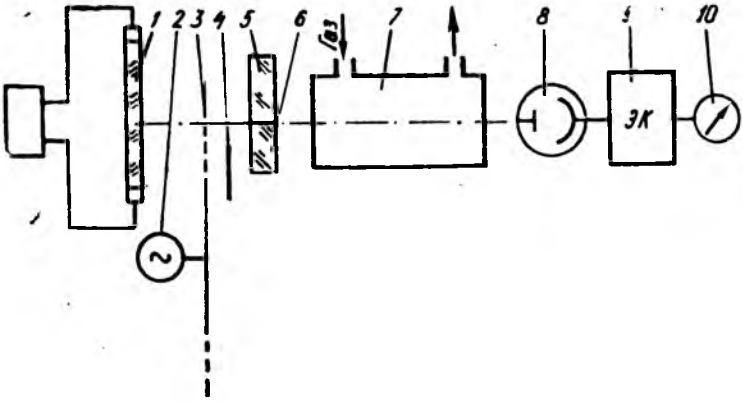
Ультрабинафша нурларнинг манбаи симобли лампалар бўлиб, улар чиқарган нурларнинг кўп қисми ультрабинафша нурлар бўлади. Нурланишни қўшимча монохроматлаш учун шиша светофорлардан фойдаланилади, улар анализ қилинаётган модда ютилишининг максимуми вазиятига қараб танланади.

Ультрабинашфа нурланишни электр сигналига айлантириш учун фотоэлементлар ва фоторезисторлардан фойдаланилади.

Амалда ультрабинафша нурларни ютадиган электр компенсацияли икки нурли газ анализаторлари, оптик компенсацияли газ анализаторлари, шунингдек, бевосита ўлчайдиган, ультрабинафша нурларни ютадиган бир нурли газ анализаторлари ҳам ишлатилади.

6.6-расмда бир нурли ультрабинафша нурларни ютадиган газ анализаторнинг блок-схемаси кўрсатилган. Асбобда битта манба *1* ва битта фотоприёмник *8* бор. Манбанинг нурланишини электр двигатель *2* айлантирадиган обтюратор *3* узади ва у қарама-қарши фазаларда ўзгарадиган иккита бир хил оқимга бўлинади. Бу оқимларнинг ҳар қайсиси тегишли оптик ёруғлик фильтри — иш фильтри *5* ва таққослаш фильтри *6* дан ўтади.

Фильтрларнинг шаффоф лик полосалари беркитилмайди ва f_1, f_2 частоталар диапазонида тўпланган. Нурларнинг фильтрланган оқимлари иш кювети *7* дан ўтади, бу кювет орқали нурланишни f_1 частотада ютадиган анализ қилинаётган газ кювет *7* да анализ қилинаётган газ хайдалади, сўнгра оқим умумий нур қабул қилгичга келади. Кювет *7* да анализ қили-



6. 6- расм. Бир нурли ультрабинафша газ анализаторининг блок- схемаси.

наётган, компонент бўлмаганида иш ва таққослаш оқимларининг интенсивлиги нолни ростлаш заслонкаси *4* ни суриш йўли билан бараварлаштирилади. Бу ҳолда система мувозанатлашади ва фотоприёмникдан олинадиган фарқ сигнали нолга тенг бўлади. Анализ қилинаётган газ кюветга кирганида f_1 частотадаги нурланиш оқимининг интенсивлиги камаяди, f_2 частотасидагиники эса ўзгаришсиз қолади.

Фотоприёмник чиқишида фарқ сигнали ҳосил бўлади ва у кучайтиргич *9* да кучайтирилади. Фарқ сигналининг амплитудаси анализ қилинаётган компонент концентрациясининг ўлчови бўлиб хизмат қилади. Концентрация иккиламчи асбоб *10* билан ўлчанади.

Температура туфайли юзага келадиган хатони йўқотиш учун асбоб термостатланади. Ўлчаш чегаралари 0—30 мг/л; масса бўйича 0—3%; асосий хатолик шкала диапозонининг ±4% и атрофида.

Электр-кимёвий газ анализаторлари

Электр-кимёвий усуллардан газларни ва буғларни узлуксиз тарзда автоматик анализ қилишда фойдаланилади. Айниқса бу усуллар ҳаводаги мавжуд заҳарли газларнинг микроконцентрациясини, тоза газлар ишлаб чиқаришда ифлослантирувчи газлар концентрациясини, шунингдек, суюқликларда эриган газлар концентрациясини аниқлаш учун кенг қўлланилади.

Электр-кимёвий газ анализаторларида бирор компонентнинг концентрацияси аниқланаётган компонент билан реакцияга киришган газ аралашмасининг электр-кимёвий хоссаларининг ўзгаришига қараб аниқланади. Қуйида энг кўп тарқалган асбоблар кўриб чиқилади.

Кондуктометрик газ анализаторлари газ аралашмасининг

ўлчанадиган компонентини абсорбцияловчи ютувчи эритмаларнинг электр ўтказувчанлигини ўлчашга асосланган.

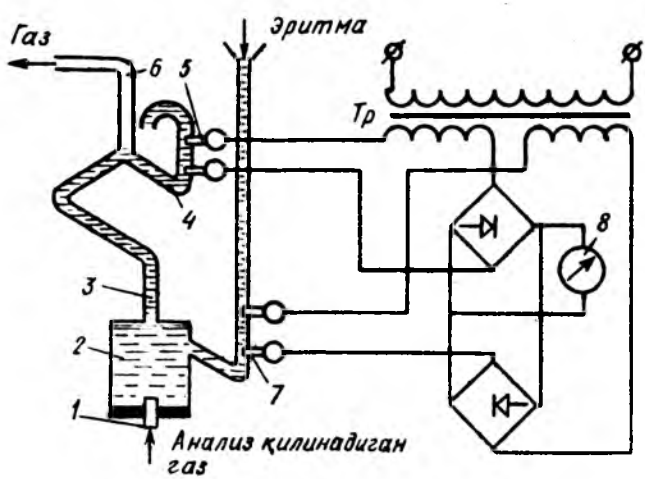
Контактли кондуктометрик усуллар шу билан характерланадики, ютувчи эритма ўлчаш ячейкасининг электродлари билан бевосита контактлашади. Бу асбоблар мураккаб қурилмалар бўлишни талаб қилмайди, кўрсатишларни бевосита ҳисоблаб боришга имкон беради, тайёрланиши ва ишлатилиши содда.

Ютувчи эритма сифатида, одатда, шундай эритма танланадики, у анализ қилинаётган компонент билан қайтмас реакцияга киришади.

Диссоциацияланган молекулалар сони камайиши натижасида эритманинг электр ўтказувчанлиги ютилган компонент миқдорига пропорционал равишда камаяди. Ютувчи эритмалар анализ қилинаётган компонент билан қайтмас реакцияга кириши натижасида асбоб каналчаларининг деворларида ҳамда ўлчаш электродларида чўкмалар ҳосил бўлади, бу эса ўлчаш натижаларини анча бузади ва компонентларнинг микроконцентрацияларини аниқлашда газ анализаторларидан фойдаланишни чеклаб қўяди.

Кондуктометрик ўлчашлар учун ўлчанаётган компонент абсорбциясининг қайтар реакцияларидан ҳам фойдаланиш мумкин; уларнинг афзалликлари: реакцияларда чўкмалар абсорбцияланмайди ва ютувчи эритмаларнинг регенерацияланиш имкони бор. Бироқ кўпгина ҳолларда бундай ютувчи эритмаларнинг танлаш даражаси кам бўлади.

6.7-расмда кондуктометрия принципида ишлайдиган газ анализаторнинг схемаси келтирилган. Анализ қилинадиган газ капилляр найча *1* орқали ўтади ва реакция борадиган идиш *2*



6. 7- расм. Кондуктометрик газ анализаторининг схемаси.

ҳамда змеевик *3* га берилади, у ерда аниқланадиган компонент ўзгармас тезликда бериб туриладиган электролит эритмаси билан абсорбцияланади. Шундан кейин электролит эритмаси бир жуфт электродлари *5* турган ўлчаш ячейкасидан ўтади, газ фазаси эса газ анализаторидан найча *6* орқали чиқарилади. Таққослаш электродлари *7* найчада туради, бу найча орқали электролитнинг янги эритмаси берилади.

Шундай қилиб, газ анализаторларида электролит эритмасининг электр ўтказувчанлиги ўлчанаётган компонент абсорбциялангунча ва абсорбциялангандан кейин ўлчанади. Ўтказувчанлик қийматларидаги фарқлар аниқланадиган компонентнинг иккиламчи асбоб *8* ёрдамида ўлчанадиган концентрациясига пропорционал бўлади. Электролиз вақтида чўкмалар ҳосил бўлишининг олдини олиш учун ячейка электродларига ўзгарувчан кучланиш берилади, кейин бу кучланиш тўғриланади.

Электр ўтказувчанликни ўлчашга асосланган газ анализаторидан O_2, CO_2, H_2S, SO_2, NH_3, сув буғи ва бошқа компонентларни анализ қилишда фойдаланиш мумкин.

Кулонометрик газ анализаторлари электролиз вақтида сарфланган электр миқдорини ўлчашга асосланган. Фарадей қонунига кўра электролизда G миқдордаги модда ажралиб чиқиши учун эритма орқали τ вақт мобайнида I токни ўтказиш зарур:

$$G = M \cdot I \cdot \tau (96492 \cdot n) \qquad (6.6)$$

бу ерда M — оксидланган ёки тикланган (қайтарилган) модданинг молекуляр массаси; n — электролиз жараёнида қатнашувчи электронлар сони.

Электролиз вақтида ажралиб чиққан модда газ аралашмасининг анализ қилинаётган компоненти билан батамом боғланади, шу туфайли компонент концентрациясининг ўлчови бўлиб ўтаётган ток I хизмат қилади. Ток эритманинг нейтралланиши таъминланадиган қилиб танланади.

Кулонометрик газ анализаторлари ўлчашнинг компенсацион усули қўлланилганлиги туфайли ўлчаш натижаларининг юқори аниқлигини таъминлайди, уларнинг кўрсатиши газнинг намлигига, босимига, температурасига, атроф-муҳитнинг параметрларига боғлиқ бўлмайди.

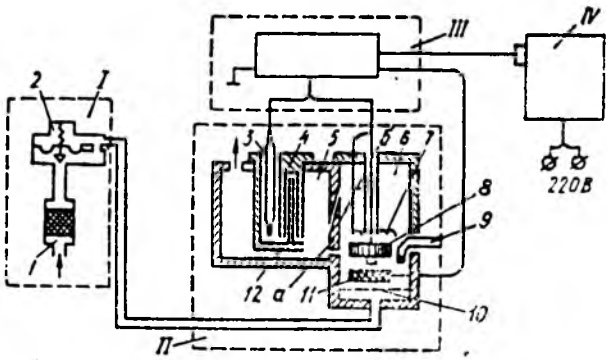
Ҳаводаги SO_2, H_2S, Cl_2, O_3 ларнинг микроконцентрациясини ўлчашга мўлжалланган «Атмосфера 1» ва «Атмосфера 2» газ анализаторлари мавжуд.

Полярографик газ анализаторлари индикаторли, таққословчи ва ёрдамчи электродлари бор уч электродли электролитик ячейка занжирида диффузион токнинг чегаравий кучини ўлчашга асосланган. Ўлчашда индикатор электрод билан таққослаш электроди ўртасидаги потенциаллар фарқи назорат қилинади, таққослаш электродининг потенциали ўзгармас бўлади. Потенциаллар фарқи таъминлаш блокидан олинадиган таянч кучланиш билан таққосланади. Потенциаллар фарқи

таянч кучланишдан узилганида электродларга бериладиган кучланиш ўзгаради, бунинг натижасида потенциаллар фарқи билан таянч кучланишнинг тенглиги тикланганига қадар ёрдамчи ва индикаторли электродлар потенциаллар фарқи ўзгаради. Агар электродда электр-кимёвий жиҳатдан актив моддалар бўлмаса, индикаторли электрод қутбланади ва ўлчаш занжирида ток кучи нолга тенг бўлади.

Ячейкага электр-кимёвий жиҳатдан актив модда киритилса, ўлчаш занжирида ток пайдо бўлиб, унинг кучи моддалар концентрациясига пропорционал бўлади.

Кислородни анализ қиладиган полярографик газ анализаторининг газлардан тозалангандаги схемаси 6.8- расмда кўрсатилган.



6. 8- расм. Полярографик газ анализаторининг схемаси.

Газ анализатори намуна тайёрлаш блоки *I*, ячейка *II*, таъминлаш блоки *III*, потенциометр *IV* дан иборат. Индикаторли электрод *8* ва ёрдамчи электрод *7* индикатор камераси *6* да жойлаштирилган стерженга ўрнатилган. Таққослаш электроди *3* камера *5* га запас электролит билан бирга жойлашган алоҳида корпус *4* да жойлашган ва иш электролити билан ўш тузидан тайёрланган кўприк *12* ёрдамида бирлашган. Индикатор камерасида электролитнинг талаб этилган сатҳини сақлаб туриш учун каналлар *а* ва *б* хизмат қилади. Индикатор камерасига камеранинг иш ҳажмини термостатлаш учун қиздириш элементи *11* ва температура индикатори *9* ўрнатилган.

Индикаторли ва ёрдамчи электродлар олтиндан тайёрланган, таққослаш электроди сифатида эса тўйинтирилган каломель ёки кумуш югуртирилган хлор электродлардан фойдаланилади. Ячейкада электролит ёрдамида кислородни аниқлашда NaOH нинг 0,1 н эритмаси ёки $NHCO_3$ нинг 0,1 н эритмаси ишлатилиши мумкин.

Газ анализаторига бериладиган газ намунани механик қўшилмалардан тозалайдиган фильтр *1* орқали юборилади.

Намунани бериш тезлиги сарф ростлагичи ёрдамида ростланади. Шундан кейин газ ячейкага келади, электролитда ўз босимига пропорционал равишда эрийди. Анализ қилинаётган газ электролит устида йиғилиб, электролитни индикаторли камерадан сиқиб чиқаради, канал *а* нинг пастки кесиги сатҳига қадар, сўнгра запас электролит билан камера орқали барботирланиб, атмосферага чиқариб ташланади.

Газ анализатори кислороднинг бешта ўлчаш диапазонига эга: 0—0,1; 0—0,2; 0—0,5; 0—1; 0—2. Асосий хатолик ўлчаш диапозонининг ±5% ига тенг.

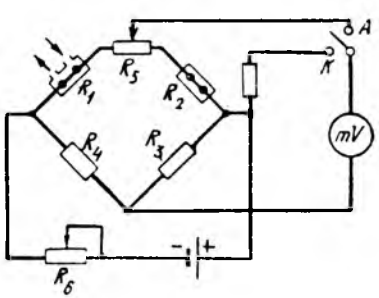
Термокимёвий газ анализаторлари

Бу газ анализаторларининг ишлаши кислороднинг бошқа газлар билан катализаторлар иштирокида ўтадиган реакциясининг иссиқлик эффектини ўлчашга асосланган. Бу асбобларнинг икки гуруҳи кенг тарқалган.

Бу асбобларнинг биринчи гуруҳида ёниш каталитик актив бўлган платина толада содир бўлади, бу тола айни бир вақтда сезгир элемент — ўлчаш кўпригининг елкаси ҳисобланади. Бу гуруҳдаги асбобларда анализ қилиш аниқланадиган компонент ёнганида температуранинг ортишини ўлчашга асосланган.

Иккинчи гуруҳ асбобларда оксидланиш реакцияси катализатор қатламида содир бўлади, реакциянинг иссиқлик эффекти эса қаршилик термометри ёки шу катализаторда жойлаштирилган термобатарея билан ўлчанади.

Биринчи гуруҳ термокимёвий газ анализаторларининг принципиал схемаси 6.9-расмда келтирилган. Газ анализаторининг ўлчаш схемаси ўзгармас ёки ўзгарувчан токда ишлайдиган мувозанатлашмаган кўприкдан иборат. Иш ячейкаси деб юритиладиган оқим ўлчаш ячейкаси кўприкнинг битта елкаси R_1 ни ҳосил қилади. Кўприкнинг R_2 елкани ҳосил қиладиган таққослаш ячейкаси ўз параметрлари ва конструкцияси жиҳатидан иш ячейкасига эквивалент бўлиб, ҳаво тўлдирилган бўлади. Кўприкнинг R_3, R_4 елкалари ўзгармас қаршиликлар бўлиб, улар манганиндан тайёрланган. Кўприкли схеманинг ноли реостат R_5 билан қўйилади. Анализ қилинаётган компонентнинг ёнишида температуранинг ортиши билан платина толаси электр қаршилигининг ўзгариши ўлчаш кўприги мувозанатининг бузилишига олиб келади. Мувозанат бузилгандаги ток кучи газ аралашмасидаги компонент миқдорига пропорционал бўлади. Ўлчаш асбоби анализ — назорат қайта улагичи ёрдамида схемага киритилган маҳсус ўзгармас резисторга уланади ва асбобнинг стрелкаси R_5 рео-



6.9- расм. Термокимёвий газ анализаторининг схемаси.

стат стрелкаси билан талаб этилган репер нуқтага қўйилади. Милливольтметрнинг шкаласида платина толасини қиздирадиган, турли компонентларни анализ қилиш учун зарур бўлган ток кучини қўядиган учта репер нуқта бор.

Бу турдаги асбоблар асосан ҳаводаги ёнувчи (метан, бензин буғлари ва ҳ.) газларнинг портлаш хавфини юзага келтирадиган концентрациясининг индикаторлари ва анализаторлари сифатида ишлатилади. Улар кўпинча кўчма (кўтариб юрадиган) турда чиқарилади. Ўлчаш хатолиги тахминан ±10%.

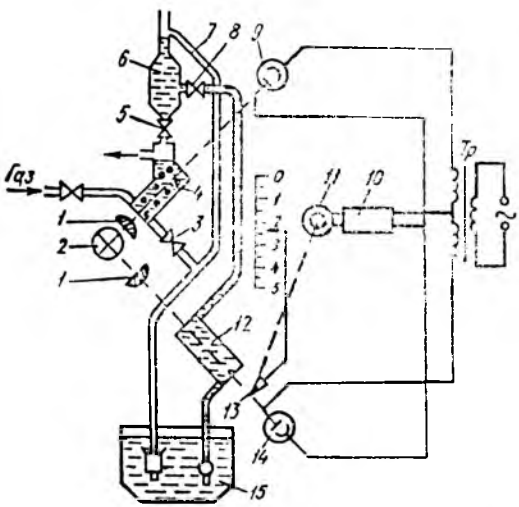
Саноат бинолари хоналари ҳавосининг ёнувчи газлар билан ифлосланишини автоматик назорат қилиш учун ёнувчи газларга мўлжалланган СГС туридаги, метанга мўлжалланган СМС туридаги, бензинга мўлжалланган ГПБ туридаги ва бошқа сигнализаторлар чиқарилади.

Фотоколориметрик газ анализатолари

Бу газ анализаторларида эриган модданинг концентрацияси эритма ёки лентанинг интенсив бўялишига қараб аниқланади. Суюқликли ва лентали фотоколориметрик газ анализаторлари газларнинг микроконцентрациясини аниқлаш учун ишлатилади. Бу газлар (H_2S, SO_2, NH_3, Cl_2, NO, NO_2) махсус танланган реактивлар билан рангли реакцияга киришади. Бу асбобларнинг физикавий асоси Бугер — Ламберт — Бер конунидир. Бўялган компонентлар (ёки реакцияга кирган газ массаси) нинг концентрацияси қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$C = D_\lambda / (\varepsilon_\lambda \cdot l_\lambda), \qquad (6.7)$$

бу ерда D_λ — оптик зичлик;
ε_λ — ютилиш коэффициенти;
l_λ — кюветнинг узунлиги.



6. 10- расм. Фотоколориметрик газ анализаторининг схемаси.

Фотоколориметрик анализ қилиш усули юқори сезгирликка ва танловчанликка эга. Бу усул сезгирлигининг юқорилиги анализ қилинадиган компонентни эритмада ёки индикатор лентасида йиғиш имконияти борлиги билан белгиланади. Усулнинг танловчанлиги юқорилигига анализ қилинаётган компонент билан реактив-индикатор ўртасидаги реакция сабаб бўлади.

6.10-расмда эритма ёки газ даврий равишда узатиладиган ФКГ туридаги фотоколориметрик газ анализаторининг схемаси кўрсатилган. Асбобда икки оптик канал: иш ва таққослаш каналлари бўлиб, уларнинг ичида иш кювети *4* ва таққослаш кювети *12* жойлаштирилган.

Абсорбцияловчи эритма бак *15* дан насос ёрдамида таққослаш кювети орқали дозатор *6* га ҳайдалади. Дозаторда тўкиш найчаси *7* бор бўлиб, у орқали ортиқча эритма бакка қайтиб қўйилади. Команда берувчи реле белгилайдиган тенг вақт оралиқларида электромагнит клапан *3* ишга тушади, у кювет *4* даги ишлаб бўлган эритмани бакка чиқариб юборади, бу ерда эритма регенерацияланади. Кюветлар бўшатилганидан кейин клапанлар *5* ва *8* ишга тушиб, дозатор улар ёрдамида эритма берувчи трубадан узилади ва айни бир вақтда кювет *4* билан бирлашиб, унга эритманинг ўлчанган ҳажмини қуяди. Клапанлар *5* ва *8* дозаторни янги эритма билан тўлдириш учун дастлабки вазиятларига қайтади. Кювет *4* да эритманинг янги берилган порцияси орқали текширилаётган газ чиқиб кетганидан кейин рангли реакция содир бўлади. Маълум вақт тутиб турилганидан кейин команда релеси клапан *3* ни очади ва навбатдаги цикл бошланади. Ҳар иккала кювет орқали ёритиш лампаси *2* дан линза *1* орқали ёруғлик оқими ўтади. Кюветларнинг орқасида фотоэлементлар *9* ва *14* жойлашган бўлиб, улар кюветлардаги эритмалардан ўтган ёруғлик оқимларини қабул қилади. Фотоэлементлар электрон кучайтиргич *10* нинг чиқишига дифференциал тарзда уланган бўлиб, у икки фотоэлементнинг сигналлари фарқини кучайтиради. Кучайтирилган сигнал реверсив двигатель *11* нинг бошқарувчи чулғамига келади, двигатель компенсацияловчи оптик пона *13* ни кювет *12* нинг оптик каналида ҳар икки фотоэлемент бир хилдаги ёритилганликка эга бўлганига қадар керакли йўналишда силжитади. Оптик понанинг сурилиш катталиги ва у билан боғлиқ бўлган асбоб кўрсаткичининг сурилиш катталиги текширилаётган газдаги аниқланадиган компонент концентрациясининг ўлчови бўлади.

Ишлаб чиқариш хоналари ҳавосидаги хлор қолдиқларини ўлчаш диапозонидан ±20% хатолик билан аниқлашга имкон берадиган газ анализаторларидан саноат ФКГ-3М туридаги фотоколориметрик анализаторларни чиқаради.

Асбобсозлик саноати ФСЛ туридаги фотоколориметрик газ анализаторларини чиқаради. Унинг ишлаши кимёвий реакция натижасида ҳосил бўлган лентадаги доғдан қайтган ёруғлик оқимини эталон ёруғлик оқими билан таққослашга асосланган.

ФСЛ туридаги лентали газ анализаторларининг бошқа модификациялар ишлаб чиқариш хоналари ва технологик линия ҳавосидаги фосген, водород сульфид, цианид кислотани аниқлаш учун чиқарилади. Ишлаб чиқариш хоналарининг ҳавосидаги аммиак миқдорини $0—3\cdot10^{-3}$ ва $0—3\cdot10^{-2}$% чегарасида

аниқлаш учун ФСЛІ, 107 туридаги фотоколориметрик газ анализаторлари чиқарилади.

Лентали фотоколориметрик газ анализаторлари учун иш эритмаси сарфининг жуда камлиги ва у билан боғлиқ бўлган юқори сезгирликка эришиш осонлиги характерлидир, чунки газларнинг реакцияга кирувчи миқдори билан эриган миқдорининг нисбати жуда катта бўлиши мумкин. Бироқ лентанинг сирти бир жинсли бўлмаганлиги ва бошқа бир қанча факторлар туфайли лентали фотоколориметрик газ анализаторларининг хатолиги суюқликни фотоколориметрик газ анализаторининг хатолигидан юқоридир.

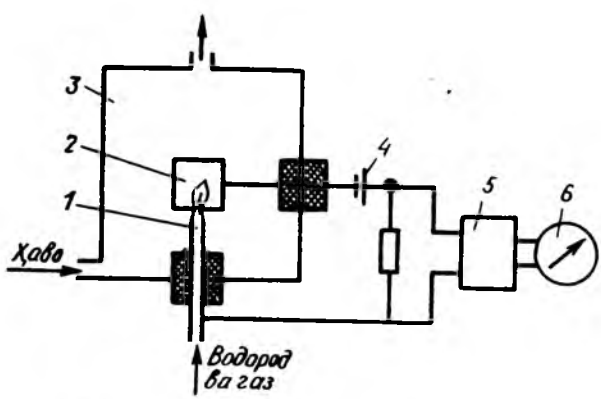
Ионли газ анализаторлари

Ионли газ анализаторларидан ҳаводаги зарарли моддаларни аниқлашда, шунингдек, портлаш хавфи бор газ аралашмаларини назорат қилишда фойдаланилади.

Улар ишлаш принципи бўйича икки гуруҳ: алангали-ионли ва аэрозолли-ионли газ анализаторларига бўлинади.

Алангали-ионли газ анализаторлари органик моддаларнинг водород алангасида ионлашувига асосланган. Алангали-ионли ўзгарткич электр майдонга жойлаштирилган водород горелкасидан иборат. Соф водород ёнганида ионлар деярли ҳосил бўлмайди, шунинг учун соф водороднинг электр ўтказувчанлиги жуда ҳам паст бўлади. Органик моддаларнинг алангаси пайдо бўлганида уларнинг ионлашуви содир бўлади ва аланганинг электр ўтказувчанлиги кескин ортади.

Бу газ анализаторининг принципиал схемаси 6.11-расмда келтирилган. Ўлчаш электродларидан бири горелка *1* бўлиб, унга манба *4* дан 60—300 В ли ўзгармас кучланиш берилади, горелка коррозиябардош пўлат ёки титандан тайёрланади. Иккинчи (коллекторли деб юритиладиган) электрод ўрнида юпқа деворчали цилиндр хизмат қилади, у горелка *1* билан



6. 11- расм. Аланга- ионли газ анализаторининг схемаси.

ўқдош бўлиб, нодир металлар (платина, олтин, титан)дан тайёрланади. Ўзгарткичнинг ионизация камерасига ёнишни сақлаб туриш ва водороднинг ёниш маҳсулоти бўлган сувнинг конденсацияланишининг олдини олиш учун ҳаво киритиб турилади.

Ўзгарткичда занжирда ионизация токининг пайдо бўлишига реакция давомида электродларда мусбат ва манфий заряд элтувчиларнинг ҳосил бўлиши сабаб бўлади. Ионизация токининг кучи 10^{-7}—10^{-8}А дан ошмайди. Шу муносабат билан ўзгарткичнинг ток сигнали ўзгармас ток кучайтиргичи *5* га берилади. Кучайтирилган сигнал иккиламчи асбоб *6* га (масалан, автоматик потенциометрга ёки сигнализация қурилмасига) келади, бу қурилма концентрация берилган қийматидан ортиб кетганида сигнал чиқаради.

Аэрозолли-ионли газ анализаторлари газ анализ қиладиган радиоизотопли асбобларга тааллуқли бўлиб, уларда газ муҳитининг физик параметри — газларнинг электр ўтказувчанлиги, ионизацияловчи нурланиш таъсирида бўлган газларнинг электр ўтказувчанлиги ўлчанади. Бу асбобларда газнинг α ёки β актив изотоп кўринишидаги ички ионизация манбаига эга бўлган ионизацион ток камераси сезгир элемент бўлиб хизмат қилади. Муҳитнинг назорат қилинаётган компоненти концентрациясининг ўлчови бўлиб камеранинг электродлари орасида уларга кучланиш берилганда ҳосил бўладиган ионизация токи хизмат қилади.

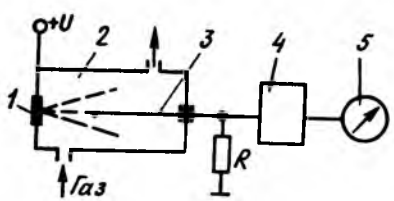
Бу газ анализаторларининг хусусияти шундан иборатки, уларда назорат қилинаётган компонент олдин аэрозоль ҳолатига келтирилади. Бунда ҳосил бўладиган аэрозоль зарралари сони назорат қилинаётган компонент концентрациясига пропорционал бўлиб, ионизация токининг ўлчанаётган кучининг ўзгаришини аниқлайди.

Аэрозоль зарралари таъсирида камера ионизация токи I нинг ўзгариши қуйидаги муносабат билан ифодаланади:

$$I = I_0 \cdot e^{-CN\tau r}, \qquad (6.8)$$

бу ерда I_0 — камерада аэрозоль зарралари бўлмагандаги бошланғич ток кучи; N — Брикард доимийси бўлиб, уни газ ионларининг аэрозоль зарраларга ўтириш эҳтимоли борлиги нуқтаи назаридан аниқланади; C — газдаги аэрозоль зарралари концентрацияси; τ — газ ионларининг камера ичида «яшаш» вақти бўлиб, уни ионизация камерасининг конструкцияси ва электр майдоннинг кучланишига қараб аниқланади; r — аэрозоль зарраларининг ўртача радиуси.

6.12-расмда аэрозолли — ионли газ анализаторининг принципал схемаси кўрсатилган. Нурланиш манбаи *1* ва ионлар коллектори *3* жойлаштирилган ионизацион оқим ка-



6. 12- расм. Аэрозоль — ионли газ анализаторининг схемаси.

мераси *2* га газ сарфи уйғотгичи билан анализ қилинаётган ҳаво сўриб олинади. Айни бир вақтда камерага тегишли кимёвий реагентнинг буғлари киритилади. Камера ичида кимёвий реакция содир бўлиб, бунинг натижасида аниқланаётган компонент аэрозолга айланади. Ионизация токи қаршилиги катта нагрузка резистори *R* да кучланиш тушувини вужудга келтиради, бу кучланиш ўзгармас ток кучайтиргичи *4* да кучайтирилади; аэрозоль зарраларининг концентрациясига кўра ўзгарадиган ионизацион токнинг кучи аниқланаётган компонент концентрациясининг ўлчови ҳисобланади. Иккиламчи асбоб *5* аниқланаётган компонентнинг концентрациясини кўрсатади.

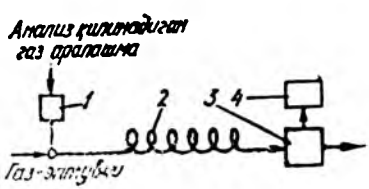
Асбобдан ҳаводаги зарарли моддаларни, шу жумладан азот оксидлари, водород хлорид, аммиак, аминлар ва бошқаларни назорат қилишда фойдаланиш мумкин. Вазифасига қараб газ анализаторлари шкаласининг юқориги чегараси аниқланаётган компонентнинг 0,5 дан 50 мг/м^3 миқдорида ўрнатилади. Асосий хатолик шкала диапозонининг 10—15% и атрофида.

Хроматографик газ анализаторлари

Газ анализаторларининг кўриб ўтилган ҳамма турлари газ аралашмасидаги фақат битта компонентнинг концентрациясини аниқлашга имкон беради. Хроматографик газ анализаторлари (хроматографлар) улардан фарқли равишда газ аралашмасини тўла анализ қилишга, яъни бу аралашмани ташкил этувчи ҳамма газларнинг концентрациясини аниқлашга имкон беради.

Хроматографик ажратиш йўли билан кўп компонентли газ аралашмаларини анализ қилиш учун мўлжалланган асбоблар хроматографлар деб аталади.

Уларнинг принципиал схемаси 6.13- расмда келтирилган. Ўлчаш жараёни хроматографда икки босқичда ўтади: олдин аралашма алоҳида компонентларга ажратилади, сўнгра аралашмадаги ҳар қайси компонентнинг миқдори ўлчанади. Газ аралашмасини ажратиш колонкаси *2* да содир бўлади. Бу колонка юпқа найчадан иборат бўлиб, ўз сиртида газларни ушлаб олиш ва тутиб туриш хусусиятига эга бўлган модда — сорбент билан тўлдирилган бўлади. Анализ қилинаётган газнинг дозатор *1* да ўлчаб олинган порцияси даврий равишда элтувчи газ деб аталадиган ёрдамчи газнинг узлуксиз оқимига бериб турилади . Колонка орқали аралашма порцияси ҳайдалганида тегишли компонентларга ажрайди. Ажралиш газларнинг тулича абсорбцияланиши туфайли юз беради. Абсорбциялниш қанча юқори бўлса, элтувчи газ молекулаларини сорбент сиртидан шунча қийинлик билан ажратиб олади. Шунинг учун элтувчи газ колонкага тўхтовсиз кириб туриб, ун-

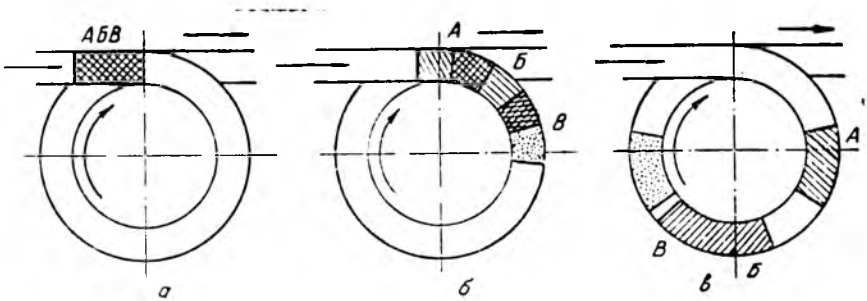


6. 13- расм. Хроматографик газ анализаторининг схемаси.

дан компоментларни навбати билан сиқиб чиқаради: олдин аралашманинг кучсиз абсорбцияланадиган компоненти, сўнгра қолганларини. Шундай қилиб, колонкадан ҳақиқатан олганда бинар аралашма чиқади, унинг компонентлардан бири элтувчи газ бўлиб, бошқаси анализ қилинаётган аралашма бўлади.

Бинар аралашмалар детектор *3* ёрдамида анализ қилинади. Детекторларнинг энг кўп тарқалган турларидан бири термокондуктометрик газ анализаторларидир. Детекторнинг чиқиш сигнали қайд этувчи асбоб *4* га берилади.

Газларни анализ қилиш учун газ абсорбцион ва газ тақсимлаш хроматография усуллари энг кўп тарқалган. Буларнинг биринчисида ҳаракатчан фаза — газ ва қўзғалмас фаза — майдаланган қаттиқ модда бўлади. Иккинчи хил асбобларда ҳаракатчан фаза — газ ва қўзғалмас фаза — ғовак асосга суркалган суюқлик бўлади. Газ-абсорбцион хроматографларда компонентларнинг ажралишига уларнинг қўзғалмас қаттиқ фаза сиртига турлича абсорбцияланиши, газ тақсимлаш хроматографларда эса қўзғалмас суюқ фазада турлича эриши сабаб бўлади.



6. 14- расм. Газ аралашмасини компонентларга хромотографик тарзда ажратишнинг абсорбцион схемаси.

6.14- расмда газлар аралашмасининг компонентларга газ абсорбцион усулда хроматографик ажралишининг принципиал схемаси кўрсатилган. Газ аралашмасининг учта *А, Б,* ва *В* элтувчи газ ёрдамида узун юпқа найча — ажратиш колонкаси компонентларидан таркиб топган намунаси (6.14- расм, *а*) орқали сиқиб чиқарилади, найча спираль тарзида букилган ва абсорбент билан тўлдирилган бўлади.

Аралашма компонентлари турлича абсорбцияланган сабабли уларнинг колонкада ҳаракатланиши турлича секинлашади. Айни компонент молекулалари қанча кўп адсорбция ланса, уларнинг тормозланиши шунча катта бўлади, ва аксинча. Шунинг учун аралашманинг айрим компонентлари колонкада турлича тезликда ҳаракатланади. Маълум вақтдан кейин (6.14-расм, *б*) биринчи бўлиб кам абсорбцияланган *В* компонент ундан кейин компонент *Б* ва. ниҳоят, энг кўп абсорбция-

6. 15- расм. Газ аралашмасининг хроматограммаси.

ланган ва шу сабабли бошқаларига қараганда секинроқ харакатланадиган *А* компонент кетади.

Кейинги вақт оралиқларида компонентларнинг ҳаракатланиш тезлиги турлича бўлганлиги туфайли компонентлар тўла ажрайди (6.14-расм, *в*) ва хроматографик колонкадан кетма-кет ё элтувчи газ ёки элтувчи газ — компонентдан иборат бинар аралашма чиқади.

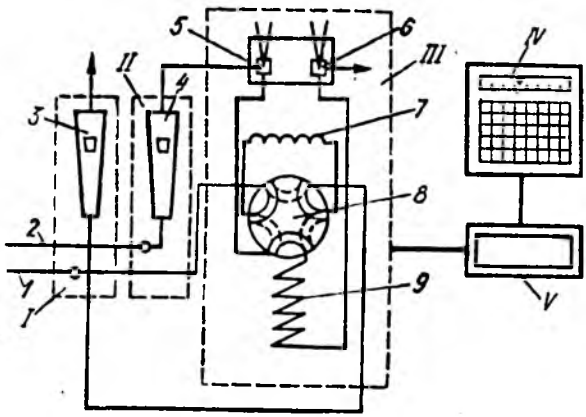
Кўп компонентли газни анализ қилишда компонентлар колонкадан уларнинг молекуляр массалари ортиб бориши тартибида чиқади. Компонентлар ажралишининг маълум ўзгармас шароитларида (температура, элтувчи газ сарфи, абсорбентнинг хоссалари ва ҳ.) ҳар қайси компонентнинг айни хроматографик колонкадан ўтиш вақти, бинобарин, унинг чиқиш вақти ўзгармайди. Шунинг учун ҳар қайси компонентнинг чиқиш вақти хроматографик анализнинг сифат кўрсаткичи ҳисобланади.

Газ-абсорбцион хроматографияда элтувчи газ сифатида азот, гелий, ҳаво ва бошқа газлардан фойдаланилади: абсорбент сифатида эса актив кўмир, силикагель, алюмогель, маг ний оксид ва бошқалардан фойдаланилади.

Анализ натижаларини иккиламчи асбоб қайд этади. 6.15-расмда уч компонентли аралашмани анализ қилиш натижаларининг лентали диаграммага ёзилиши кўрсатилган. Анализ қилинаётган аралашманинг хроматограммаси бир нечта чўққи нуқталари бўлган эгри чизиқдан иборат. Цикл бошлангандан кейин чўққиларнинг пайдо бўлиш вақти аралашма компонентининг турини, чўққининг барча чўққилар йиғинди юзига келтирилган юзи эса айни компонентнинг концентрациясини белгилайди.

Газ-тақсимлаш хроматографиясида эса кўп компонентли газ аралашмалари худди шу тарзда анализ қилинади.

6.16- расмда газ-абсорбцион хроматографнинг схемаси келтирилган. Анализ қилинадиган газ намуна олиш линияси *1* бўйича анализ қилинадиган газни тайёрлаш панели *I* га келтирилади, датчик *III* га тушади, кран-қайта улагичдан ўтади дозаловчи спираль *7* дан ва яна кран-алмашлаб-улагич *8* дан ўтади ва ротаметр *3* орқали атмосферага чиқариб юборилади. Элтувчи газ баллондан линия *2* бўйича тайёрловчи панели *II* нинг ротаметри *4* орқали берилади, асбоб датчиги детекторининг тақкослаш камераси *5*, алмашлаб улагич *8*, ажратиш колонкаси *9*, детекторнинг ўлчаш камераси *6* дан ўтади ва ташқарига чиқиб кетади.



6. 16- расм. Газ- абсорбцион хроматографининг схемаси.

Алмашлаб улагич *8* бир-бирига ишқаб мосланган иккита пластинадан тайёрланган бўлиб, улардан бирига канал қилинган ва электр двигатель билан айлантирилади, шунинг учун у ҳар 60°дан кейин икки вазиятни эгаллаши мумкин. 6.16-расмда шундай вазият кўрсатилганки, бунда элтувчи газ алмашлаб улагичга келиб, унинг канали бўйлаб ажратиш колонкасига йўналади, анализ қилинадиган газ аралашмаси эса намуна оладиган алмаштириладиган спираль *7* дан ўтади, у найча кўринишида ишланган бўлиб, ҳажми 2, 3, 5 ва 10 мл ни ташкил этиши мумкин.

Алмашлаб улагичнинг пластинаси 60°га бурилганида унинг каналлари расмда штрих чизиқ билан кўрсатилган вазиятни олади. Бунда элтувчи газ анализ қилинаётган белгиланган ҳажмдаги газ намуиасини дозалаш спирали *7* дан ажратиш колонкасига сиқиб чиқаради, газ аралашмасининг асосий оқими эса бу вақтда алмашиб улагичнинг бошқа канали бўйича атмосферага ҳайдалади. Алмашлаб улагичнинг қўзғалувчан пластинаси ўзгармас вақт оралиқларида (3 дан 5 мин гача) таймер билан автоматик тарзда бурилади, бу вақт анализ қилинаётган газ аралашмасининг таркиби ва унинг ажралишига қўйиладиган талабга қараб ўрнатилади.

Ажратиш колонкаси *9* зангламайдиган пўлатдан ёки мисдан ички диаметрини 6 мм ва узунлигини 2—10 м қилиб (анализ қилиш шароитларига қараб) тайёрланган ҳамда ичига сорбент тўлдирилган спираль найчадан иборатдир. Анализ қилинаётган аралашманинг намунаси колонка *9* га тушиб, уни ташкил этувчи компонентларга ажратади ва детекторларга юборилади.

Датчик детектори анализ қилинаётган газ аралашмаси компонентларининг ажралишини аниқлаш учун хизмат қилади. Унинг ишлаши элтувчи газ ва анализ қилинаётган компонент бинар аралашмаси иссиқлик ўтказувчанликларининг айирма-

сидан фойдаланишга асосланган. Детектор зангламайдиган пўлатдан тайёрланган массив блокдан иборат бўлиб, унинг иккита: камералари *5* ва *6* бўлади, ҳажми тахминан 0,2 см³ келадиган бу камераларда эса қаршилик термометрлари (термисторлар) бўлиб, улар ўлчаш кўпригининг елкасини ташкил қилади. Датчик камерасини термостатлашга температура ростлагичи ёрдамида эришилади.

Элтувчи газ детекторнинг камералари *5* ва *6* дан ўтганида ҳар икки камерада иссиқлик бериш шароити бир хил бўлади: ўлчаш схемаси мувозанатда бўлади ва иккиламчи асбобнинг диаграммасида ноль чизиқ ёзилади. Алмашлаб улагичнинг қўзғалувчан пластинаси 60° га бурилганида элтувчи газ дозалаш камерасида ажратиб қолинган намунани сиқиб чиқаради ва уни ажратиш колонкасига юборади, у ердан детекторнинг ўлчаш камерасига гоҳ элтувчи газ, гоҳ тегишли бинар аралашма берилади. Ўлчаш камерасига иссиқлик ўтказувчанлиги соф газ элтувчининг иссиқлик ўтказувчанлигидан бошқача бўлган бинар аралашманинг кириши натижасида қаршилик термометрининг температураси ва қаршилиги, бинобарин кўприкнинг мувозанати ўзгаради. Мувозанатнинг бундай ўзгаришини қайд этувчи асбоб *IV* чўққи кўринишида қайд этади.

Хроматографнинг бошқариш блоки *V* га асбобнинг ўлчаш схемаси электрон температура ростлагичи, вақт белгиловчи — таймер, нолни автоматик қўйиш қурилмаси, алмашлаб уловчи қурилма *8* ни бошқариш қурилмаси ва реле киради.

Саноатда ишлатиладиган ХП—499 хроматографи газсимон маҳсулотлар ноуглеводородли газлар ва уларнинг изомерларини анализ қилиш учун мўлжалланган. Хроматограф технологик оқимлардан олинган газларни анализ қилишга имкон беради, анализ натижаларини узлуксиз қайд этишни таъминлайди, шунингдек, стандарт электр ва пневматик чиқиш сигналлари олишни таъминлайди ва бошқариш системасида фойдаланиши мумкин. Концентрация бўйича ўлчаш чегараси 0,05—100%, асосий хатолиги ±1%. Хроматограф портлашдан ҳимояланган тарзда чиқарилади.

Саноатда ишлатиладиган «Нефтехим—СКЭП» хроматографи кўп компонентли газ аралашмалари, буғлар ва суюқликларнинг таркибини ажратиш колонкаларининг температураси 200°С гача бўлган шароитда аниқлашга имкон беради. Узлуксиз режимда ишлайди ва бошқариш системаларида датчик сифатида фойдаланиш мумкин. Концентрация бўйича ўлчаш чегараси 0—100%, чиқиш синаллари 0—5 мА; 0—10 В; 0,02—0,1 МПа. Портлашдан ҳимояланган тарзда чиқарилади.

Масса-спектрометрик газ анализаторлари

Масса-спектрометрлар газларни анализ қилишда энг такомиллашган асбоблардандир. Улар кимёвий ва физик хоссаларидан қатъий назар, моддаларнинг изотоп ва молекуляр таркибини аниқлашга мўлжалланган.

Масса-спектрометрик усул мураккаб аралашмалардаги кўпгина компонентларнинг миқдорини аниқлашга имкон бериб, бунда анализни жуда тез ўтказишни таъминлайди.

Анализ қилишда анализ қилинаётган модданинг молекулалари қизиган катод эмиттирлайдиган электронлар ёрдамида ионланади, электр линзалар системаси воситасида тор даста тарзида фокусланади, тезлатувчи электроннинг электр майдонида тезлатилади ва электронлар коллекторида тутиб қолинади. Ион дастанинг таркиби анализ қилинаётган газ аралашмасининг молекуляр таркибига мос келади. Кўндаланг магнит майдони таъсирида оқим ионлар массасининг уларнинг зарядларига нисбати билан фарқ қиладиган ион нурларига ажралади, булар кейин коллекторга келади. Коллектор занжирида массалари турлича ионлар электр токи ҳосил қилади ва бу токлар олдин кучайтирилганидан кейин ўлчанади ва электрон қайд этувчи қурилма ёрдамида ёзиб қўйилади. Магнит майдонининг кучланганлиги аста-секин ўзгартириб борилганида текширилаётган газнинг молекуляр таркибини характерловчи ион токлари спектри ёки масса-спектрлар ёзилади. Миқдорий анализ ўтказиш учун масса-спектрометрни текширилаётган моддада бор деб тахмин қилинган ҳар қайси компонент бўйича олдиндан даражаланади.

Масса-спектрометрларнинг конструкцияси аналитик ва ўлчаш қисмларидан иборат. Аналитик қисмда ион дасталари массалари бўйича ҳосил қилинади, шакллантирилади ва ажратилади. Ўлчаш қисми ионлар манбасини ва ишга тушириш системасини стабиллашган кучланиш билан таъминлаш, ион токларини ўлчаш ва қайд этиш, вакуум системасида босимни ўлчаш, масса сонларини индекслаш ва ҳоказолар учун мўлжалланган.

Масса-спектрометрлар учта турга: кимёвий таркибни анализ қилиш учун — МХ; модданинг структураси ва хоссаларини текшириш учун — МС; изотоп анализ қилиш учун — МИ турларга бўлинади . МС туридаги масса-спектрометрлар лабораторияшароитларида ўтказиладиган илмий тадқиқотлар учун мўлжалланган.

Асбобсозлик саноати кимёвий таркибини анализ қиладиган МХ-7201, МХ-7304, МХ-1320 ва изотоп анализ қиладиган МИ-1201Б масса-спектрометрларини чиқаради.

МХ-7201 масса-спектрометри металларда ва уларнинг қотишмаларида H_2, O_2, N_2, C_2 газлари ва уларнинг газ ҳосил қилувчи қўшилмалари миқдорини аниқлаш учун мўлжалланган. Текширилаётган материалдан газ ажралиб чиқиши вакуумда суюқлантириш йўли билан ёки графитли тигелда амалга оширилади. Газсимон қўшилмаларнинг таркибини аниқлаш монополяр (бир қутбли) масса-спектрометр ёрдамида амалга оширилади. Масса сонлари бўйича ўлчаш чегаралари 2—60.

Магнитсиз МХ-7304 масса-спектрометри сўриб (тортиб) олиш системалари билан таъминланган вакуумли системаларда

қолдиқ газларни сифат жиҳатидан анализ қилиш учун мўлжалланган. Масса сонлари бўйича ўлчаш чегаралари 2—200, анализ қилиш хатолиги ±2,5%.

МХ-1320 масса-спектрометри газ аралашмаларини, суюқликларни ва 400°С гача температурада газсимон ҳолатга ўтадиган қаттиқ моддаларни миқдор ва сифат жиҳатидан анализ қилиш учун мўлжалланган. Масса сонлари бўйича ўлчаш чегараси 1—4000, анализ қилиш хатолиги $\pm 5 \cdot 10^{-6}$%.

МИ-1201Б масса-спектрометри газларнинг ва қаттиқ моддаларнинг изотоп таркибини саноат шароитида анализ қилиш учун мўлжалланган. Ўлчаш натижаларини ўлчаш СМ1 базавий ҳисоблаш комплекси ёрдамида амалга оширилади. Масса сонлари бўйича ўлчаш чегаралари 2—720, анализ қилиш хатолиги ±0,15%.

VI.3-§. СУЮҚЛИКЛАРНИНГ ТАРКИБИНИ АНАЛИЗ ҚИЛИШ

Суюқликлар таркибини анализ қилиш дейилганда уларнинг элементар, функционал ёки молекуляр таркибини аниқлаш тушунилади. Таркибни аниқлайдиган асбоблар анализаторлар деб аталади. Муҳитда фақат битта компонентнинг миқдорини аниқлаш учун мўлжалланган анализаторларни баъзан концентратометрлар деб юритилади. Суюқликлар концентрациясини ўлчаш учун қуйидаги ўлчов бирликлари энг кўп тарқалган: мг/см^3; г/см^3; массаси ёки ҳажми бўйича; %.

Температура, босим ва шу каби факторларнинг ўлчаш натижаларига кучли таъсир этиши аналитик ўлчашларнинг ўзига хос хусусиятларидан биридир. Бу факторлар айниқса ўлчаш аниқлигига таъсир қилади. Шунинг учун автоматик анализаторлар, одатда, намуналар танлаб олиш, уларни анализга тайёрлаш, ўлчаш шароитларини стабиллаш ёки тузатишларни автоматик киритиш ва ҳоказолар учун қўшимча мураккаб жиҳозлар билан таъминланган бўлади.

Анализ қилинадиган суюқликларнинг турли-туманлиги ва уларнинг таркиби ҳамда хоссаларининг кенг чегарада бўлиши анализ қилиш усуллари турлича бўлган автоматик асбоблар ишлаб чиқаришни тақозо этади. Асбобсозлик саноати хилмахил суюқликларни анализ қилувчи турли автоматик анализаторлар ишлаб чиқаради. Суюқликларни анализ қилишнинг саноатда энг кўп тарқалган усулларига кондуктометрик, потенциометрик, оптик, титрометрик ва радиоизотопли усуллар киради. Қуйида саноатда энг кенг тарқалган усуллар ва асбоблар кўриб чиқилган.

Эритмаларни анализ қилишнинг кондуктометрик усули

Электролит эритмаларининг концентрациясини уларнинг электр ўтказувчанлигига кўра ўлчаш (кондуктометрик) лаборатория шароитида ҳам, саноат шароитида автоматик назорат

қилиш учуи ҳам кенг қўлланилади. Кондуктометрик концентрамерларнинг ишлаши эритмалар электр ўтказувчанлигининг улар концентрациясига боғлиқлигига асосланган.

Аррениус назариясига кўра электролитлар сувда эритилганида молекулалар, ионлар диссоциацияланиб, шу ионларнинг эритмада мавжуд бўлиши эритманинг электр ўтказувчанлигига сабабдир. Диссоциацияланиш даражасига кўра кучли ва кучсиз электролитлар бўлади. Кучли электролитлар деярли батамом ионларга диссоциацияланган бўлади, кучсиз электролитларнинг эритмаларида эса маълум миқдорда диссоциацияланмаган молекулалар ҳам бўлади.

Турли моддалар эритмаларининг электр ўтказувчанлигини баҳолаш учун Кольрауш эквивалент электр ўтказувчанлилик тушунчасини киритди, у 1 см³ эритмада 1 г-экв модда бўлган эритманинг электр ўтказувчанлиги сифатида аниқланади:

$$\lambda = \frac{\sigma}{\eta} \qquad (6.9)$$

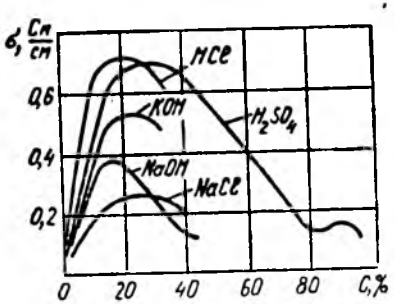
бу ерда λ — эритманинг эквивалент электр ўтказувчанлиги; σ — эритманинг солиштирма электр ўтказувчанлиги. См/см; η — эриган модданинг эквивалент концентрацияси, г-экв/см³.

Барча электролитлар учун эквивалент электр ўтказувчанлик диссоциацияланиш кучайиши натижасида эритма суюла бориши билан ортади. Эритма тўла диссоциацияланганда (яъни эритма чексиз суюлганида) у энг катта қийматига эришади. Эритманинг солиштирма ўтказувчанлиги билан суюлтирилган электролитнинг табиати ҳамда унинг концентрацияси ўртасидаги боғлиқлик Кольрауш қонуни билан аниқланади:

$$\sigma = \alpha \cdot \eta (v_к - v_а) \qquad (6.10)$$

бу ерда α — электролитик диссоциацияланиш даражаси; v — ионлар (катионлар $v_к$ ва анионлар $v_а$) нинг эритма чексиз суюлгандаги қўзғалувчанлиги, яъни уларнинг кучланиш градиенти 1В/см бўлган электр майдонидаги силжиш тезлиги, См/с билан ифодаланади.

6.17-расмда солиштирма электр ўтказувчанликнинг концентрацияга боғлиқлиги кўрсатилган. Графикдан кўриниб турибдики, эритманинг концентрацияси ошганда унинг солиштирма электр ўтказувчанлиги аввал тез ортиб, максимал қийматига етади, сўнгра камаяди. Бинобарин, кондуктометрик анализда концентрация билан электр ўтказувчанлик ўртасида бир хил боғлиқликка эга бўлиш учун ўлчашларни максимумдан бир томонда жойлашган концентрациялар чегарасида ба-



6. 17- расм. 18°С температурада баъзи моддаларнинг сувдаги эритмаларининг солиштирма электр ўтказувчанлигининг улар концентрациясига боғлиқлиги.

жариш зарур. Расмдаги боғлиқликлардан кўриниб турибдики, максимумдан чапдаги эгри чизиқларнинг тиклиги катта бўлади. Бинобарин, концентрацияларнинг бу соҳасида кондуктометрик усул энг катта сезгирликка эга бўлади. Электр ўтказувчанликларнинг концентрацияга боғлиқлигнинг бир хилмаслик характерини ҳисобга олиб, кондуктометрнинг ишлаш соҳасини олдиндан билиш зарур ,бунда ўлчашларнинг экстремум бўлишига йўл қўймаслик керак.

Кўпгина ҳолларда кондуктометрик усулдан бир компонентли эритмаларни назорат қилиш учун фойдаланилади.

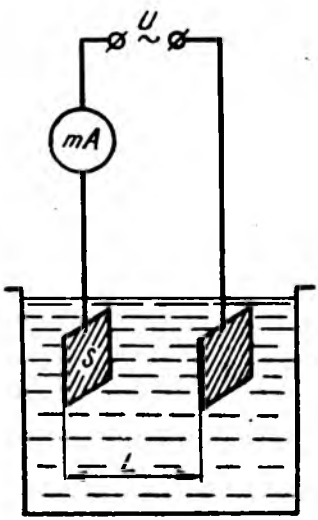
Электр ўтказувчанликни ўлчаш учун мўлжалланган асбобларга кондуктометрлар, туз ўлчагичлар, концентратомерлар киради. Бу асбобларнинг биринчиси электр ўтказувчанлик бирликларида даражаланган, иккинчи шартли туз миқдори бирликларида, одатда NaCl нинг миқдорини кўрсатувчи процентларда даражаланган бўлади. Концентратомерлар анализ қилинаётган модданинг фоиз ҳисобидаги миқдорларда даражаланади.

Эритмаларнинг концентрациясини уларнинг электр ўтказувчанлигига кўра ўлчаш учун электродли ва электродсиз усуллар қўлланилади. Электродсиз ўлчаш усулидан асосан кислота, ишқорларнинг концентрациясини ўлчашда фойдаланилади.

Электродли кондуктометрияда икки электроддан иборат ўлчаш ячейкаларидан фойдаланилади, электродлар назорат қилинаётган эритма солинган идишда бир-биридан маълум масофада ўрнатилган бўлади. Ўлчаш ячейкаси (6.18-расм) электр қаршилиги билан характерланади. Бу қаршиликнинг катталиги қуйидагига тенг (Ом ҳисобида)

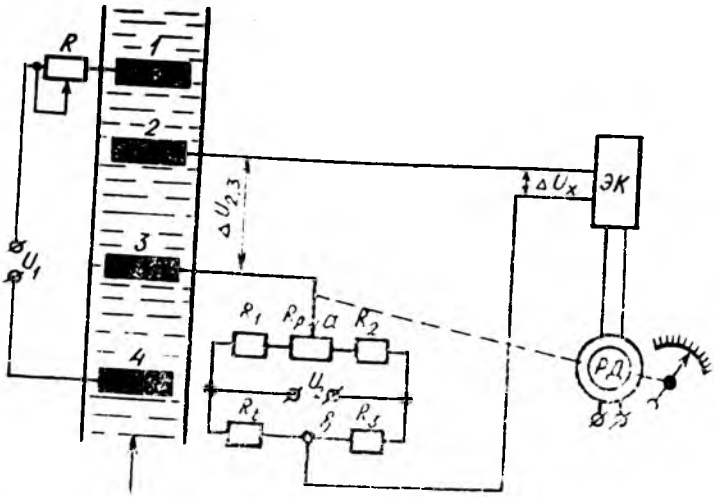
$$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{L}{C} \qquad (6.11$$

бу ерда σ — эритманинг солиштирма электр ўтказувчанлиги; См/см; L — электродлар орасидаги масофа, см; S — электродларнинг юзи см².



6. 18- расм. Кондуктометрнинг икки электродли ўлчаш ячейкаси.

Кондуктометрик ўлчашлар амалиётида L/S нисбат ўлчаш ячейкаларнинг тажрибада аниқланадиган константалари деган ном олди. Бунинг учун ячейка эталон эритма билан тўлдирилади (бу эритма сифатида, одатда, калий хлориднинг эритмасидан фойдаланилади), ячейканинг қаршилиги ўлчанади ва қуйидаги тегламадан K нинг катталиги аниқланади:



6. 19- расм. Тўрт электродли ўлчаш ячейкаси бўлган кондуктометрнинг схемаси.

$$K = R \cdot \sigma_1 \tag{6.12}$$

бу ерда R — электродлар орасидаги ўлчанган қаршилик, Ом; σ_1 — эталон эритманинг солиштирма электр ўтказувчанлиги, См/см.

Электр ўтказувчанликни ўлчашда саноат частотасидаги ёки частотаси оширилган ўзгармас токдан ҳам, ўзгарувчан токдан ҳам фойдаланиш мумкин.

Икки электродли ўлчаш ячейкаси билан бир қаторда тўртта электроди бор ячейкалардан ҳам фойдаланилади (6.19- расм). Ток эритмада икки ташқи электродлар *1* ва *4* орасида ўтади, бу электродлар кучланиш манбаи U_1 га уланган бўлади. Резистор R нинг чекловчи қаршилиги катталиги туфайли ячейка занжиридаги ток кучи I, эритманинг қаршилиги ўзгаришидан қатъий назар, ўзгармасдан қолади. Икки ички электрод *2* ва *3* потенциометр вазифасини бажаради ва эритмада кучланиш тушувини ўлчаш учун мўлжалланади:

$$\Delta U_{2,3} = I \cdot R_{Я}, \tag{6.13}$$

бу ерда $R_{Я} = K/\sigma$ — электродлар *2* ва *3* орасидаги эритманинг қаршилиги (K — тўрт электродли ўлчаш ячейкасининг константаси, у электродлар *2* ва *3* нинг оралигига ва улар сиртининг юзига боғлиқдир).

Бинобарин,

$$\Delta U_{2,3} = \frac{K \cdot I}{\sigma} = K'/\sigma, \tag{6.14}$$

бу ерда

$$K' = K \cdot I = \text{const}.$$

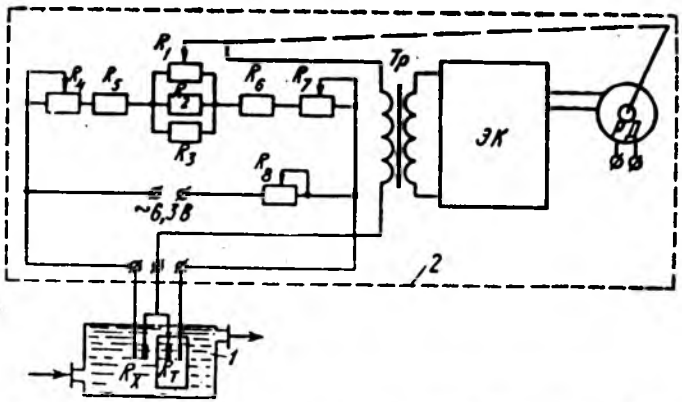
Шундай қилиб, электродлар *2* ва *3* орасидаги потенциаллар фарқи назорат қилинаётган эритманинг концентрацияси билан бир қийматда аниқланади. Ўлчанадиган катталик $\Delta U_{2,3}$ мувозанатловчи кўприкнинг *a* ва *b* учларидаги потенциаллар айирмаси U_{ab} билан таққосланади. Агар $U_{ab} \neq \Delta U_{2,3}$ бўлса, у ҳолда электрон кучайтиргич *ЭК* нинг киришига мувозанатнинг бузилиш сигнали $\Delta U_x = U_{ab} - \Delta U_{2,3}$ киради. Мувозанат вақтида $U_{ab} = \Delta U_{2,3}$ бўлади, бунда электродлар *2* ва *3* занжирида ток бўлмайди.

Ўлчашдаги температура хатоликларини автоматик компенсациялашни мувозанатловчи кўприкнинг елкаларидан бирига уланган металл қаршилик термометри R_t бажаради. Назорат қилинаётган эритманинг температураси ўзгарганида R_t қаршилик ҳам ўзгаради, бунинг натижасида потенциаллар айирмаси U_{ab} ҳам ўзгаради. R_t ўзгаргандаги орттирма ΔU_{ab} (Δt) назорат қилинаётган эритманинг температураси ўзгариши Δt туфайли ҳосил бўлган орттирма $\Delta U_{2,3}$ (Δt) га катталиги жиҳатидан тенг ва ишораси жиҳатидан қарама-қарши бўлиши керак. Бу тенгликка компенсацияловчи кўприкнинг параметрларини (R_1, R_2, R_3 резисторларнинг қаршиликларини) ҳамда кучланиш U_2 ни танлаш йўли билан эришилади.

Эритмаларнинг электр ўтказувчанлиги температурага жуда боғлиқ. Эритма температураси 1°C га ортса, унинг солиштирма электр ўтказувчанлиги 1,5—2% га ошади. Эритмаларнинг температураси амалда жуда кенг чегараларда ўзгаради, шунинг учун кондуктометрик концентратомерлар температура ўзгаришининг ўлчаш натижаларига таъсир қилишини бартараф қилувчи автоматик компенсаторларга эга бўлиши керак. Қимё саноатида автоматик температура компенсаторлари энг кўп тарқалган бўлиб, суюқликли компенсаторлар уларнинг турларидан биридир.

Суюқликли компенсатор параметрлари ўлчаш ячейкасининг параметрларига ўхшаш электрод датчикдан иборатдир. Компенсатор электр ўтказувчанлик температура коэффициенти назорат қилинаётган суюқликнинг температура коэффициентига тахминан тенг бўлган эталон суюқлик билан тўлдирилади. Компенсатор назорат қилинаётган суюқликка концентратомернинг ўлчаш ячейкаси билан биргаликда киритилади. Компенсатор кўприкли ўлчаш схемасининг елкасига уланади. Эталон ва назорат қилинаётган суюқликнинг температуралари бир хил бўлганлиги ва температура коэффициентлари бир-бирига яқин бўлганлиги сабабли температуралар ўзгарганида ўлчаш ячейкаси қаршилигининг ўзгаришини суюқликли компенсаторнинг қаршилигининг ўзгартириш йўли билан тўла компенсациялаш мумкин.

Сульфат кислота концентратомери КСО-у (6.20-расм) эритмадаги сульфат кислота концентрациясини назорат қилиш, қайд этиш ва ростлаш учун мўлжалланган.



6. 20- расм. Сульфат кислота концентратомерининг принципиал схемаси.

Концентратомер электродли датчик *1* ва иккиламчи асбоб *2 КСМ3* дан иборат. Концентратомернинг датчиги идишдан иборат бўлиб, унинг ичига тешиклар билан ёнма-ён қилиб паст томони очиқ стакан ўрнатилган ҳамда ўлчаш ва таққослаш ячейкалари жойлаштирилган. Ўлчаш ячейкаси иккита ўлчаш электродидан иборат бўлиб, уларнинг ҳар қайсиси электрод кавшарланган очиқ шиша найчадан иборат. Таққослаш ячейкаси температурани автоматик тарзда компенсациялаш учун мўлжалланган бўлиб, шиша найчага кавшарланган электродлардан иборатдир, найчаларга сульфат кислота тўлдирилган бўлади, унинг концентрацияси эса асбоб шкаласидаги ўрта белгига мос келади.

Электр ўтказувчанлик мувозанатдаги кўприк схемаси бўйича ўлчанади, ўлчайдиган R_x ва таққослайдиган $R_т$ электрод ячейкалари кўприкнинг икки елкаси бўлиб хизмат қилади. Кўприк схемасининг қолган икки елкасини ўзгармас резисторлар R_4, R_5, R_6, R_7 ва шунтловчи резисторлари R_2 ҳамда R_3 бор реохорд R_1 ташкил қилади. Кўприк саноат частотасидаги ўзгарувчан ток билан таъминланади. Ўлчаш схемасидаги ток кучи ўзгарувчан ток манбаига параллел қилиб кўприкнинг таъминлаш диагоналига уланган резистор R_8 ни силжитиш йўли билан ростланади.

Датчик орқали оқиб ўтадиган эритманинг концентрацияси ўзгарганда ўлчаш ячейкасининг қаршилиги ўзгаради, бунинг натижасида ўлчаш кўпригининг мувозанати бузилади. Номувозанат кучланиши *КСМ3* кўприкнинг электрон кучайтиргичи *ЭК* трансформатори *Тр* нинг бирламчи чулғамига келиб, кучайтирилади ва реверсив двигатель *РД* нинг роторини айлантиради, бу двигатель реохорд R_1 нинг сурилгичи ва асбоб стрелкаси билан кинематик боғланган бўлади.

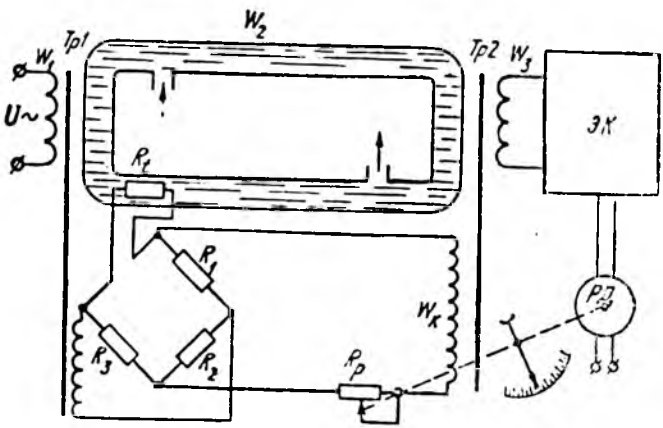
Концентратомернинг ўлчаш чегаралари: 75—79; 93—96 ва 95—99% сульфат кислота.

Асосий хатолик ±0,2 дан ±0,5% гача.

КК сериясидаги кондуктометрлар суюқликли анализаторларнинг кенг тарқалган турларига киради, уларда икки ва тўрт электродли ўзгарткичлар ҳам, контактсиз ўзгарткичлар ҳам бўлади. Бу сериядаги асбоблар ёрдамида иш температуралари дипазони 25±15°С ва чегаравий асосий хатолик ±2,5% бўлганида 10^{-6} дан 1 См/см гача бўлган электр ўтказувчанликни ўлчаш мумкин.

Электродли кондуктометрларнинг энг катта камчилиги электродларнинг қутбланиши ва электродлар сиртида содир бўладиган электр-кимёвий реакцияларда ҳосил бўладиган моддалар билан ифлосланиши, шунингдек, эритмадаги мавжуд маҳсулотлар билан ифлосланишидир.

Контактсиз кондуктометрларда ўлчанаётган муҳит билан бевосита контактга эга бўлмаган бирламчи ўзгарткичлар бўлади, шу сабабли уларда бундай камчиликлар бўлмайди. Таъминловчи кучланишнинг частотасига қараб контактсиз кондуктометрлар паст частотали (1000 Гц гача бўлган саноат ва товуш частотасидаги) ва юқори частотали (1 кГц дан ортиқ) турларга бўлинади.



6.21- расм. Контактсиз паст частотали кондуктометрнинг схемаси.

Паст частотали контактсиз кондуктометрларда анализ қилинаётган эритма берк ҳалқа ҳосил қилувчи трубаларда оқади. Труба диэлектрик материалдан тайёрланган. Трубага ташқи томондан икки трансформатор уйғотувчи *Tp1* ва ўлчаш трансформаторлари *Tp2* нинг (6.21- расм) чулғамлари ўралган бўлади. *Tp1* трансформаторнинг бирламчи чулғами ўзгарувчан ток манбаига уланади. Электролит эритмаси трубада ҳосил қилган берк суюқлик ўрами трансформатор *Tp1* нинг иккиламчи чулғами вазифасини бажаради. Суюқлик ўрамидаги

электромагнит таъсирлашув натижасида ЭЮК индукцияланади.

$$E_р = \frac{w_1}{w_2} \cdot U, \qquad (6.15)$$

бу ерда w_1 — трансформатор *Тр 1* нинг бирламчи чулғамларидаги ўрамлар сони; w_2 — суюқлик ўрамлари сони, одатда ($w_2 = 1$); U — трансформатор *Тр 1* нинг бирламчи чулғамини таъминловчи кучланиш.

ЭЮК таъсирида суюқликдан ўтаётган ток кучи

$$I_р = \frac{E_р}{R_р} = \frac{E_р \cdot x}{K_р} = \frac{w_1 \cdot U}{w_2 \cdot K_р} x \qquad (6.16)$$

бу ерда $R_р$ — суюқлик ўрамининг қаршилиги; $K_р$ — паст частотали кондуктометрик ячейканинг константаси; унинг қиймати суюқлик ўрами узунлигининг ўтказувчи кесими юзи нисбатига тенг] бўлиб, одатда $K_р$ нинг катталиги тажриба йўли билан топилади; x — эритманинг электр ўтказувчанлиги.

(6.16) тенгламанинг ўнг қисмидаги x катталикдан бошқа ҳамма катталиклар ўзгармасдир. Шунинг учун ток кучи $I_р$ назорат қилинаётган эритманинг концентрациясига тенг бўлади.

Ток кучи $I_р$ иккинчи трансформатор *Тр 2* билан ўлчанади, суюқлик ўрами унинг учун бирламчи чулғам бўлиб хизмат қилади. Ўлчаш трансформатори *Тр 2* нинг иккиламчи чулғамида ҳосил бўладиган ЭЮК $E_{ўлч}$ нинг катталиги концентрацияга пропорционал бўлади. Кўпгина ҳолларда уни компенсацион усулда ўлчанади, бунинг учун трансформатор *Тр 2* нинг қўшимча чулғами $w_к$ дан фойдаланилади, бу трансформаторнинг ампер-ўрамлари сони эритманинг ампер-ўрамларига кўра ҳисобланади.

Компенсация шарти

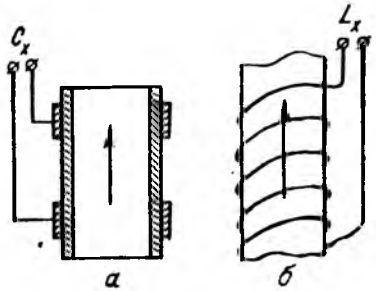
$$I_к w_к = I_р w_2 \qquad (6.17)$$

Компенсацияловчи чулғам орқали ўтадиган ток кучини ўлчаш учун реверсив двигатель *PD* дан фойдаланилади, у сурилгич $R_р$ ни силжитади. Реохорд сурилгичининг ва асбобнинг у билан боғланган стрелкасининг вазияти назорат қилинаётган эритма концентрациясига пропорционал бўлади. Ўлчашдаги температура хатоликларини компенсациялаш учун қаршилик термометри R_t мўлжалланган, у кўприк схемасига уланган бўлиб, назорат қилинаётган эритма ичида туради.

Контактсиз паст частотали кондуктометрлардан солиштирма электр ўтказувчанлиги $1—10^{-6}$ См/см чегарасида бўлган электролитларнинг концентрациясини назорат қилишда фойдаланилади.

КК сериясидаги кондуктомерларда 10^{-2} дан 1 См/см гача бўлган электр ўтказувчанликни ўлчаш КК-8 ва КК-9 кондуктометрлари билан бажарилади.

Юқори частотали кондуктометрларда анализ қилинаётган



6. 22- расм. Контактсиз юқори частотали кондуктометрнинг ўзгарткичлари:

а — сиғимли; *б* — индуктивликли.

эритманинг концентрациясини ўлчаш эритманинг унга боғлиқ бўлган реактив қаршилигини назорат қилиш йўли билан бажарилади.

Юқори частотали контактсиз кондуктометрларнинг бирламчи ўзгарткичлари ўлчанадиган реактив қаршиликнинг турига қараб сиғимли ва индуктивли хилларга бўлинади. Ҳар икки турдаги ўзгарткичларнинг схемаси 6.22- расмда кўрсатилган. Эритманинг концентрацияси билан ўзгарткичларнинг чиқиш параметрлари C_x ва L_x ўртасида мураккаб боғлиқлик мавжуд бўлганлиги сабабли (бу боғлиқликка эритманинг табиатидан ташқари ўзгарткичнинг геометрияси ва материали, таъминлаш частотаси ва бошқалар таъсир қилади) уларнинг даражаланиш характеристикалари ҳар қайси конкрет ўзгарткич ва эритма учун тажриба йўли билан аниқланади.

Юқори частотали кондуктометрларнинг ўлчаш ўзгарткичлари сифатида юқори частотали генераторлардан таъминланадиган кўприкли ва резонасли схемалардан фойдаланилади. Резонансли схемаларда резонанс контурининг бирламчи ўзгарткич индуктивли ёки сиғимли қаршиликларига боғлиқ бўлган хусусий тебранишлари ўлчанади.

Анализ қилишнинг потенциометрик усули

Потенциометрик усул муайян индикатор электродлар ҳосил қилган ЭЮК ни ўлчаш йўли билан ионлар концентрациясини аниқлашга асосланган. Бунда концентрацияни бевосита потенциаллари фарқини ўлчаш билан аниқлаш мумкин.

Технологик текширишларда эритма концентрацияси, кўпинча, pH нинг қиймати бўйича ўлчанади. Агар pH<7 бўлса, кислотали; pH=7 бўлса, нейтрал; pH>7 бўлса, ишқорли эритма бўлади.

Автоматик асбобларда pH ни ўлчаш учун электр усулдан фойдаланилади. У текширилаётган эритмага ботирилган, шишадан тайёрланган ўлчаш электродининг эритма pH қийматига кўра электрод эритма чегарасида потенциаллар фарқини ўзгартиришига асосланган. Бироқ фақат битта электрод ва эритма ўртасидаги потенциаллар фарқини ўлчаб бўлмайди, чунки ўлчаш асоси уланганида асбобни эритмага улайдиган ўтказгич билан эритма орасида ҳам потенциаллар фарқи ҳосил бўлиб, у ҳам эритмадаги водород ионлари концентрациясига боғлиқ бўлади. Шу сабабли электрод потенциалларини ўлчашда ўлчаш электроди билан бир қаторда ёрдамчи электроддан ҳам

фойдаланилади, унинг потенциали ўзгармас бўлиб, эритманинг хоссаларига боғлиқ бўлмайди. Ёрдамчи электрод сифатида каломель ёки кумуш хлорид қопланган электродлар ишлатилади.

Ҳар икки электрод гальваник элемент ҳосил қилади. Сувли эритмаларга татбиқ этиладиган Нернст тенгламасига кўра бундай гальваник элементининг ЭЮК и, агар ёрдамчи электроднинг потенциали нолга тенг бўлса, қуйидаги ифодадан аниқланади:

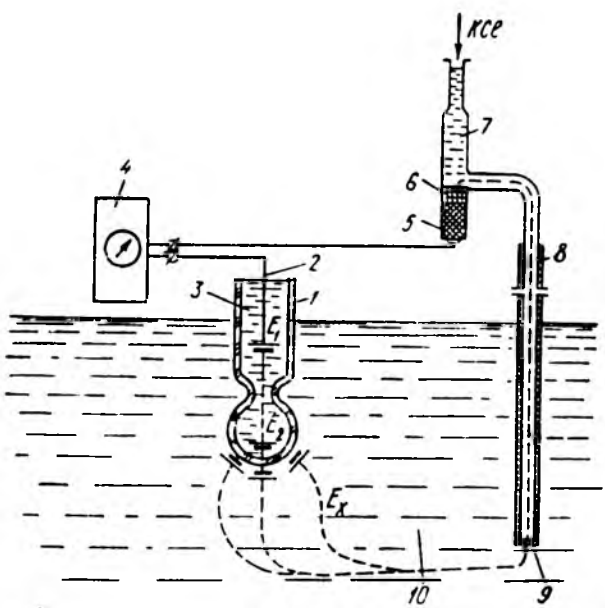
$$E = -2{,}3\ (RT/F) \cdot pH, \qquad (6.18)$$

бу ерда R — универсал газ доимийси; T — эритманинг абсолют температураси, K; F — Фарадей сони.

(6.18) тенглама шуни кўрсатадики, шиша электроднинг ЭЮК и эритманинг pH миқдорига ва унинг температурасига боғлиқ экан. Эритманинг температураси ўзгармас бўлганида шиша электроднинг ЭЮК и фақат эритманинг pH миқдори функциясидан иборат бўлади. Бу тенгламага R, T ва F нинг сон қийматларини қўйиб, 20°C учун шиша электроднинг потенциали қийматини (В ҳисобида) топамиз.

$$E = -0{,}0581 \cdot pH \qquad (6.19)$$

6.23-расмда текширилаётган эритма *10* га туширилган шиша *1* ва каломель электродлар *7* дан фойдаланилган ҳолда



6.23-расм. Шиша ва каломель электродлари бўлган pH-метрнинг схемаси.

эритманинг pH миқдорини ўлчаш схемаси кўрсатилган. Улардан ҳосил бўлган потенциаллар фарқи эритманинг pH миқдорига пропорционал бўлиб, потенциометр *4* билан ўлчанади.

Шиша электрод шиша найчадан иборат бўлиб, учи электрод шишасидан ясалган юпқа деворли (0,1—0,2 мм) ичи кавак шарча кавшарлаб қўйилган. Шарчага pH миқдори маълум бўлган эритма *3* тўлдирилган бўлиб, эритмага эса кумуш хлорид қопланган контактли ёрдамчи электрод *2* ботирилган, у шарикнинг ички сиртида потенциаллар фарқини олиш учун хизмат қилади. Шиша электродларнинг хусусияти шундан иборатки, уларнинг ички электр қаршилиги жуда катта бўлиб, 20°С да 100—200 МОм га етади.

Каломель электрод *7* диэлектрикдан тайёрланган корпусдан иборат, ичига кимёвий тоза симоб *5* тўлдирилган бўлади. Унинг устида ёмон эрийдиган каломель пастасининг қатлами *6*, тўйинтирилган калий хлорид эритмаси *8* жойлаштирилган. Электр контакт ҳосил қилиш учун кам ўтказадиган тўсиқ *9* ўрнатилган бўлиб, у орқали калий хлорид аста-секин сизиб ўтади ва бу билан текширилаётган эритмадан ёрдамчи электродга чет ионлар ўтиб қолишининг олдини олади. Шундай қилиб, шиша ва каломель электродлардан иборат pH-метрнинг электр занжири кетма-кет уланган элементлар қаторидан ташкил топган бўлиб, уларнинг потенциали ўлчаш асбоби қайд этадиган йиғинди ЭЮК ни беради:

$$E_{\Sigma} = E_1 + E_2 + E_3 + E_x \qquad (6.20)$$

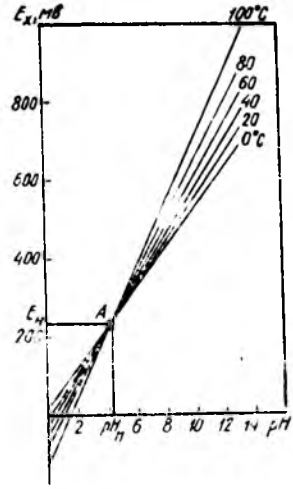
бу ерда E_1 — кумуш хлорид қопланган контактли электрод билан хлорид кислота орасидаги потенциалнинг сакраши (кескин ўзгариши); E_2 — хлорид кислота эритмаси билан шиша электрод шариги ички юзаси ўртасидаги потенциалнинг сакраши; E_3 — симоб билан каломель ўртасидаги ёрдамчи электроддаги потенциалнинг сакраши; E_x — шиша электрод шариги ташқи сирти билан текширилаётган эритма ўртасидаги потенциалнинг сакраши.

E_1, E_2 ва E_3 катталиклар назорат қилинаётган эритманинг таркибига боғлиқ бўлмайди ва фақат температурага қараб ўзгаради. Шиша электрод шарининг ташқи юзасида ҳосил бўладиган электр юритувчи куч E_x эритманинг pH миқдори ва температураси билан аниқланади ҳамда (6.18) тенглама билан ҳисобланиши мумкин. Бинобарин, pH-метр электр занжирининг йиғинди ЭЮКи маълум температура учун текширилаётган эритмадаги водород ионлари активлигининг функциясидан иборатдир. Бу ЭЮК ни ўлчаб текширилаётган эритма учун pH катталикни топиш мумкин.

Назорат қилинаётган эритманинг температураси ўзгарганида шиша электроднинг электрод потенциали ўзгаради. Бунинг натижасида эритманинг турли температураларидаги айнан бир хил катталикдаги pH ларга электрод системасининг турли қийматлари мос келади.

6.24-расмда электрод системаси ЭЮКи нинг назорат қилинаётган эритманинг турли температураларидаги pH ларига боғлиқлик

характери кўрсатилган. Эритманинг температураси ортиши билан система характеристикасининг тиклиги ошади. Изопотенциал нуқта деб аталадиган A нуқтада тўғри чизиқлар кесишади ва, демак, электрод системасининг ЭЮКи эритманинг температурасига боғлиқ бўлмайди. Бу нуқтада эритма температурасининг шиша электрод ички ва ташқи потенциалларига таъсири ўзаро компонсацияланган. Изопотенциал нуқтанинг $E_и$ ва $pH_и$ билан белгиланган координаталари электрод системасининг энг муҳим характеристикалари хисобланади, уларга pH-метрнинг температура компенсацияси схемасини ҳисоблашда амал қилинади.



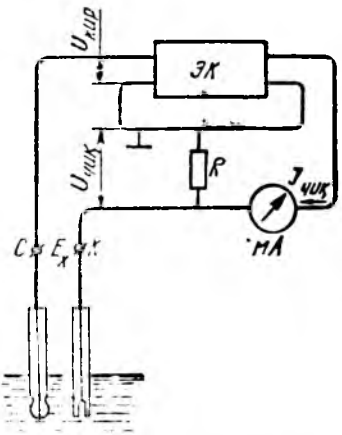
6. 24- расм. Электрод системасининг температурага боғлиқлиги.

Саноат pH- метрларида ўлчаш электроди ва ёрдамчи электрод битта корпусда жойлаштирилади ва сиғимларда ўрнатиладиган, ботириб қўйиладиган датчиклар тарзида ёки қувурларда ўрнатиладиган, оқар сувда турадиган датчик тарзида тайёрланади. pH занжирнинг ЭЮК ини ўлчашда одатда кириш қаршилиги катта бўлган автоматик потенциометрлардан фойдаланилади, уларнинг шкаласи pH бирликларида даражаланади. Текширилаётган эритмаларнинг температураси кенг чегараларда ўзгариб турганида ўлчаш системасида эритма температураларининг ўзгариб туришини автоматик компенсацияловчи қурилма бўлиши керак.

Асбобсозлик саноатида ишлаб чиқариладиган pH- метрларнинг энг кўп тарқалган турларига pH-201 ва pH-261 хиллари киради. Уларнинг ўлчаш ўзгарткичлари ўзгармас кучланиш бўйича 0—50 мВ ва ток бўйича 0—5 мА чиқиш сигналларига эга бўлади. Бу эса уларнинг автоматик потенциометрлар, назорат қилиш ва ростлаш қурилмалари билан биргаликда ишлашга имкон беради.

pH- метрнинг комплекти pH-201 эритмаларида водород ионлари активлигини ўлчаш, қайд этиш ҳамда ростлаш учун мўлжалланган. pH-метрнинг комплектига оқар сувда турадиган датчик — сезгир элемент ДМ-5М шиша ва кумуш хлорид қопланган электродлар билан, юқори частотали саноат ўзгарткичли П-201 ва ўзиёзар потенциометр КСП-2 киради.

Саноат ўзгарткичи П- 201 pH ларни ўлчашда қўлланиладиган электрод системаларининг сезгир элементлари ЭЮК ини унификацияланган ўхшаш электр сигналларига ўзгартириш учун мўлжалланган. Ўзгарткич кўрсатувчи асбоб М1730 А (ёки М325) билан жиҳозланган. Ўзгарткич чиқиш токи бўйича манфий тескари алоқа билан



6. 25- расм. Электрод системаси ЭЮК ини ўзгарткич П- 201 билан ўлчаш схемаси.

қамрзб олинган ўзгармас ток куча тиргичидан иборат, бу эса катта ч қиш қаршиликлари олишга имкон б ради. П- 201 ўзгарткичи билан эле трод системасининг ЭЮК ини ўлча системаси 6.25- расмда кўрсатилга Электрод системасининг ўлчанадиг ЭЮКи E_x тескари ишорали $U_{чиқ}$ ку ланиш билан таққосланади. Бу кучл ниш резистор R дан кучайтиргични чиқиш токи $I_{чиқ}$ ўтаётганида кучл ниш тушуви натижасида ҳосил бўл ди. Бинобарин, электрон кучайтирг ЭК нинг киришига $U_{кир} = E_x - U_ч$ кучланишлар айирмаси берилади; бу дан

$$E_\Sigma = U_{чиқ} + U_{кир}.$$

Электрон кучайтиргичнинг куча тириш коэффициенти (у кучайтиргич чиқиш кучланишининг кири кучланишига нисбатига тенг) қиймати анча катта бўлганида $U_{чи} \gg U_{кир}$ бўлади, шунинг учун $U_{кир}$ нинг қийматини ҳисобга олма ҳам бўлади. У ҳолда

$$E_\Sigma = U_{чиқ} = I_{чиқ} \cdot R.$$

Шундай қилиб, резистор орқали ўтаётган ток кучи амалда электрс системасида ҳосил бўладиган ЭЮК га пропорционал бўлади. Унн катталигини ўлчаб, E_x нинг ва бинобарин, эритма pH миқдорин аниқлаш мумкин.

Ўзгарткичда ўлчаш чегаралари 10 дан 100 мВ гача бўлга ўзиёзар потенциометрларни улаш учун кучланиш ва ток бўйич чиқишлари бор. Температура компенсацияси (қўлда) 0 да 100°С гача. Сезгир элементдан ўзгарткичгача йўл қўйиладига энг катта масофа 150 м. Чиқиш сигналлари ўзгармас ток бўйич 0—5 мА; ўзгармас ток кучланиши бўйича 0 дан (10—100) м гача. Кўрсатишларни билиб олиш вақти 10 с. pH-201 асбобид pH сонларини ўлчашнинг беш диапозони бор: 1; 2,5; 5; 10; 15 Электр чиқиш сигналлари бўйича асосий хатолик ±1%, кўр сатувчи асбоб бўйича ±2%.

Суюқлик таркибини анализ қилишнинг оптик усули

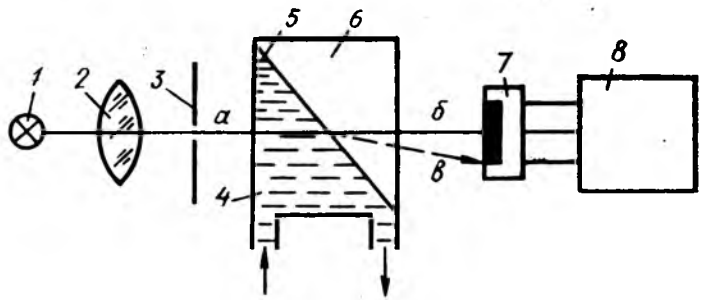
Оптик анализаторларда анализ қилинаётган суюқлик тар киби билан шу суюқлик орқали ёруғликнинг тарқалиш қонун лари ўртасидаги боғланишдан фойдаланилади. Эритмаларн анализ қилишнинг оптик усуллари суюқликлар оптик хоссала ринининг синдириш ва қайтариш коэффициенти, оптик зичлиги

қутбланиш бурчаги ва бошқа кўрсаткичларнинг текширилаётган модда концентрациясига боғлиқлигига асосланган. Энг кўп тарқалган оптик анализаторларга фотоэлектрик рефрактометрлар, фотоэлектрик колориметрлар, фотоэлектрик нефелометрлар ва фотоэлектрик поляриметрлар киради.

Рефрактометрларда анализ ёруғликнинг бир муҳитдан иккинчи бир муҳитга ўтишида (бу муҳитларнинг оптик хоссалари турлича бўлганлиги сабабли) ўз йўналишини ўзгартириш хусусиятларидан фойдаланилади. Агар муҳитлардан бирининг оптик хоссаси ўзгармасдан қолса (эталон муҳит), иккинчисининг хоссаси эса суюқликдаги компонентларнинг ўзгариши бўйича бу компонентнинг концентрациясини ўлчаш мумкин.

Ёруғлик нурининг четга чиқишини (синиш кўрсаткичини) аниқлашнинг бир нечта усули мавжуд бўлиб, улардан асосийлари спектрометрик ва тўла ички қайтариш усулларидир.

Спектрометрик усул ёруғлик оқимининг назорат қилинаётган шиша призмаларда энг кам четга чиқиш бурчаги бўйича ёруғликнинг синиш кўрсаткичини аниқлашга асосланган.



6. 26- расм. Автоматик рефрактометрнинг схемаси:

6.26- расмда автоматик рефрактометрнинг принципиал схемаси кўрсатилган бўлиб, унда анализ қилинаётган эритма икки кювет *4* ва *6* дан иборат дифференциал кювет орқали ўтказилади. Ҳар икки кювет умумий деворча *5* га эга призмадан иборат. Кювет *4* орқали анализ қилинаётган эритма ўтказилади, кювет *6* да эса эталон суюқлик туради.

Ёруғлик манба *1* дан линза *2* ва диафрагма *3* ёрдамида ёруғлик полосаси *а* га ўзгаради, у иккала кюветдан ўтиб, қўшалоқ фоторезистор *7* га тушади. Агар *4* ва *6* кюветлардаги суюқликларнинг оптик хоссалари бир хил бўлса, чиқаётган ёруғлик оқим *б* нинг йўналиши ёруғлик оқими *а* нинг йўналиши билан бир хил бўлади. Бу ҳолда ҳар икки фоторезистор бир хилда ёритилган ва уларнинг қаршиликлари тенг бўлади.

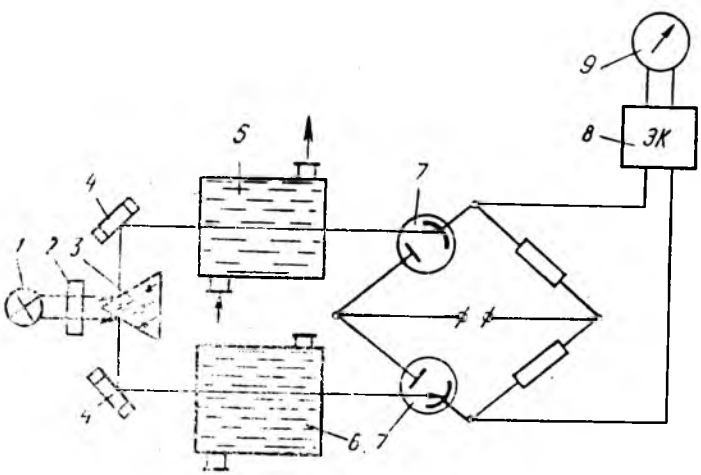
Анализ қилинаётган суюқликнинг оптик хоссалари ўзгарганида ёруғлик оқими ўз йўналишини икки марта ўзгартиради:

эталон кювет *6* га киришда ва ундан чиқишда. Нурнинг *в* йўналишда силжиши натижасида пастки резисторнинг ёритилганлиги ошади, юқориги фоторезисторники эса камаяди. Фоторезисторлар қаршилигининг ўзгариши кўприк схема *8* ёрдамида ўлчанади.

Яна бир кенг тарқалган турларидан бири атоматик рефрактометрлар бўлиб, уларнинг ишлаши тўла ички қайтариш ҳодисасига асосланган.

Рефрактометрлар бензин, керосин, хлорид ва нитрат кислоталари спиртлар ва бошқа суюқликларни анализ қилишда қўлланилади. Баъзи рефрактометрлар кюветининг конструкцияси улардан агрессив, заҳарли, полимерланадиган ва юқори температурали муҳитларни анализ килишда фойдаланишга имкон беради. Миқдор жиҳатдан анализ қилишнинг калориметрик усули ранг қўшилган эритмаларнинг улардан ўтадиган ёруғлик оқимини бир хилда ютмаслигига асосланган. Миқдорий нисбатлар Ламберт-Бер қонунига мувофиқ аниқланади.

Фотоэлектрик колориметрлар спектрининг кўринадиган участкасида ишлаш учун мўлжалланган. Концентрацияни ўлчаш анализ қилинаётган модданинг бўялиш интенсивлиги бўйича бажарилади, асбобнинг номи ҳам шундан олинган («колор»— ранг дегани). Одатда фотоколориметрлар спектрнинг кенг соҳасида ишлайди, шунинг учун уларда нурланиш манбалари сифатида чўғланиш лампаларидан фойдаланилади. Ўлчаш сезгирлиги ва танланишини ошириш учун фотоколориметрларда ёруғлик фильтрларидан кенг фойдаланилади. Ёруғлик оқим-



6. 27- расм. Икки каналли фотоколориметрнинг схемаси:

1 — ёруғлик манбаи; *2* — ёруғлик фильтри; *3* — призма; *4* — кўзгу; *5* — ўлчаш кюветаси; *6* — эталон кюветаси; *7* — фотоэлемент; *8* — электрон кучайтиргич; *9* — ўлчов асбоби.

ларининг интенсивлигини қайд этиш учун қабул қилгичлар сифатида турли фотоэлементлар, фотоқаршиликлар ва фотокўпайтиргичлардан фойдаланилади.

Автоматик фотоколориметрларда одатда икки каналли (дифференциал) схемалар қўлланилади. Бу схемалар ёруғлик манбаидаги ўзгаришларга сезгир эмас, чунки уларда ўлчаш ишлари таққослаш усулида бажарилади. Икки каналли колориметрларда (6.27-расм) икки фотоэлементнинг фототоклари таққосланади; фототоклардан бирининг катталиги назорат қилинаётган эритма орқали ўтаётган ёруғлик оқимига, иккинчи фототокнинг катталиги эса эталон эритмадан ўтган ёруғлик оқимига пропорционал бўлади.

Эталон ва текширилаётган суюқликларнинг оптик хоссалари бир хил бўлган холларда ҳар икки фотоэлементнинг ёритилганлиги бир хил бўлади ва кўприк диагоналида ток бўлмайди. Агар текширилаётган суюқлик эталон суюқликникидан фарқ қиладиган концентрацияга эга бўлса (кучли ёки кучсиз бўялган бўлса), у ҳолда кўприкнинг диагоналида ток пайдо бўлиб, унинг катталиги концентрацияга функционал боғлиқ бўлади.

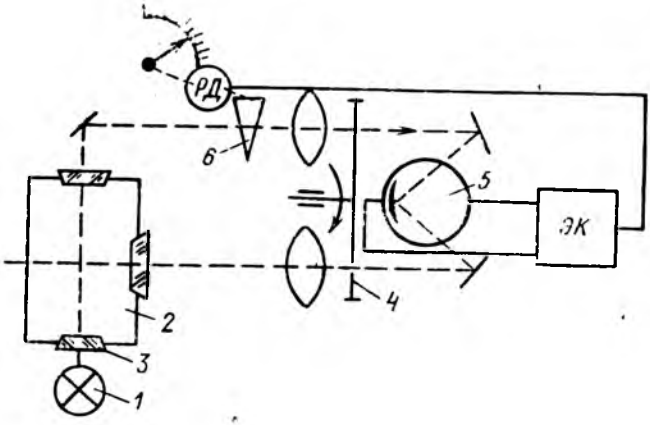
Оптик қисмининг нисбатан мураккаблиги ва схема элементлари спектрал характеристикаларининг ўлчаш натижаларига таъсир қилиши бу асбобларнинг камчилиги ҳисобланади.

Бундай асбобларнинг хатолиги кювет дарчаларининг ва нурлар йўлидаги бошқа элементларнинг бир хилда ифлосланмаслиги туфайли катта бўлади.

Суюқликда эримай қолган муаллақ зарралар концентрациясини назорат қилиш учун лойқа муҳитларда ёруғликнинг сочилишига асосланган усуллар қўлланилади.

Агар лойқа муҳит орқали ёруғлик оқими ўтказилса, у ҳолда унинг бир қисми суюқликдаги зарралар орқали сочилади. Назорат қилинаётган суюқликда муаллақ зарралар концентрацияси қанча юқори бўлса, ёруглик окимининг шунча катта қисми сочилади. Бунда назорат қилинаётган суюқлик орқали ўтаётган ёруғлик оқими интенсивлигининг кучсизланиши ҳам (турбидиметрик ўлчаш), ёруғлик оқимининг сочилиш интенсивлиги ҳам (нефелометрик ўлчаш) концентрация ўлчови бўлиши мумкин.

Икки оптик канали бор нефелометрнинг принципиал схемаси 6.28-расмда кўрсатилган. Ёруғлик оқими манба *1* дан чиқиб, шиша дарчалар *3* билан жиҳозланган ўлчаш камераси *2* орқали ўтади. Камера *2* орқали ўтган ёруғлик оқими таққослаш каналига йўналади, сочилган ёруғлик оқими эса ўлчаш каналига йўналади. Ҳар икки оқим обтюратор *4* ёрдамида навбатма-навбат фотоэлемент *5* га тушади. Сочилган ёруғлик оқими билан таққослаш оқими ўртасидаги фарқ (айирма) муаллақ зарралар концентрациясига боғлиқ бўлади. Нефелометрларда ёруғлик оқимларининг компенсацияланиш принципидан фойдаланилади, бунинг учун уларнинг нотенглиги мав-



6. 28- расм. Нефелометрнинг принципиал схемаси.

жуд бўлганида электрон кучайтиргич чиқишига уланган реверсив двигатель РД асбоб стрелкасини оптик пона *6* сари силжитиб, ёруғлик оқимларини тенглаштиради.

Нефелометрлар асосан эмульсияларни анализ қилишда ва қисман оқова сувлардаги нефть маҳсулотлари миқдорини анализ қилишда ишлатилади.

Турбидиметрик анализаторлар ичимлик ва оқова сувларнинг лойқалигини, тиндиргичлар ва технологик аппаратлардаги шлам сатҳини, суспензиялардаги зарралар концентрациясини ўлчашда қўлланилади.

Турбидиметрик анализаторлар сув лойқалигини ўлчайдиган 0—3 дан 0—500 мГ/л гача ўлчаш диапозонига эга, ўлчаш хатолиги $\pm 2\%$ дан ошмайди.

Концентрацияни аниқлашнинг поляриметрик усули баъзи оптик жиҳатдан актив моддаларнинг улардан ўтаётган қутбланган ёруғликнинг қутблантириш текислигини айлантириш хоссасидан фойдаланишга асосланган.

Оптик жиҳатдан актив моддалари бор эритмалар қутбланиш учун қутбланиш текислигини айлантириш бурчаги α эритма қалинлиги бир хил турганида шу эритма қатламига пропорционал бўлади:

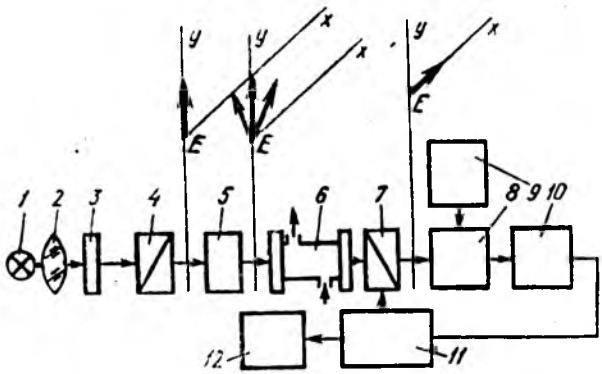
$$\alpha = \alpha_0 \cdot l \cdot c, \qquad (6.21)$$

бу ерда α_0—қутбланиш текислигининг қутбланган ёруғлик температурасига, унинг тўлқин узунлигига боғлиқ бўлган солиштирма айланиши; l — қатлам қалинлиги; c — эритманинг концентрацияси.

Шундай қилиб, α_0 нинг қийматини билган ҳолда, l нинг ўлчанган қиймати бўйича концентрация c ни аниқлаш мумкин.

6.29- расмда автоматик поляриметрнинг принципиал схемаси келтирилган.

Ёруғлик нурлари манба *1* дан чиқиб линза *2* ёрдамида параллел тутамга яқинроқ ёруғлик тутамига айлантирилгач, интерференцион фильтр *3* дан ўтиб, монохроматик бўлиб қолади. Поляризатор *4* бу нурланишни азимути маълум қутбланган чизиқли нурланишга айлантиради. Модулятор *5* (масалан, Фарадей ячейкаси) қутбланиш азимутини f частота билан



6. 29- расм. Автоматик поляриметрнинг схемаси.

ўрта вазиятдан бир хилдаги катталикка ўзгартиради. Анализатор *7* қутбланиш азимутининг ўртача вазиятига нисбатан 90° бурчак ҳосил қилиб ўрнатилган (айқаш вазият) бўлиб, фотоприёмник *8* га қутбланиш азимути ўзгаришининг қўшалоқ частотаси ($2f$) га тенг модуляцияли амплитуда билан киради. Фотоприёмник таъминлаш блоки *9* дан ишлайди ва нурланишни электр сигналига ўзгартиради.

Агар модулятор билан анализатор ўртасига оптик жиҳатдан актив объект *6* жойлаштирилса, у ҳолда қутбланиш азимути ўртача вазиятдан маълум бурчак α га ўзгаради ва фотоприёмникка f частотали нурланиш киради. f частотали электр сигнал электрон кучайтиргич *10* да номувофиқлик сигналини ҳосил қилади, бу сигнал анализатор билан бикр алоқага эга бўлган ижро механизми *11* га тушади. Номувофиқлик сигналининг фазасига қараб, ижро механизм анализаторни системанинг оптик ўқи атрофида у ёки бу томонга буради. Бу ҳол то айқаш вазият яна қарор топганига қадар давом этади ва анализатордан кейин нурланиш частотаси $2f$ га тенг бўлмай қолади. Анализаторнинг бурилиш бурчаги қутбланиш азимутининг оптик жиҳатдан актив объект билан бирга айланиш бурчагига тенг бўлади. Ўлчаш натижалари анализатор билан ижро механизми орқали боғланган саноқ қурилмаси *12* да қайд этилади.

Қутбланиш-оптик усуллар амалда инерциясиз бўлиб, юқори аниқликка эгадир.

Автоматик титрлаш

Титрлаш — эритмаларни миқдорий анализ қилишнинг энг кенг тарқалган универсал усулларидан бўлиб, завод лабораторияларида бажарилган анализларнинг асосий қисми шу усулга тўғри келади. Автоматик титрлаш учун асбоблар (автоматик титрометрлар)нинг қўлланилиши анализлар ўтказиш тезлигини кескин оширади, кўпгина ҳолларда уларнинг аниқлигини орттиради, кўп сонли лаборантлар-аналитикларни камайтиради.

Эритмада бошқа компонентлар билан турган, табиати маълум бўлган модда A нинг концентрациясини аниқлаш титрлаш деб аталади. Бунинг учун махсус реагент B танланади, уни титрловчи модда (титрант) деб аталади, у қуйидаги схема бўйича анализ килинаётган аралашманинг маълум компонентига танлаб реакция кўрсатади:

$$A + B \rightarrow M + N, \qquad (6.22)$$

бу ерда M ва N — титрлаш реакциясининг маҳсулотлари.

Титрловчи модда B ни намунадаги модда A нинг ҳаммаси реакцияга кирганига қадар қўшилади. Бунда титрловчи модда миқдори Q_B бошланғич намунадаги титрланаётган модданинг миқдори Q_A га эквивалент бўлади.

$$Q_A = K_p \cdot Q_B, \qquad (6.23)$$

бу ерда K_p — титрлаш реакцияларининг стехиометрик коэффициенти.

Титрланадиган модда миқдори

$$Q_A = C_A \cdot Q_{пр}, \qquad (6.24)$$

бу ерда C_A — анализ қилинаётган аралашмадаги модда A нинг концентрацияси $Q_{пр} = \text{const}$ — бошланғич намуна миқдори.

Титрловчи модданинг эквивалент миқдори

$$Q_B = C_B \cdot V_B, \qquad (6.25)$$

бу ерда C_B — титрловчи модданинг концентрацияси; V_B — титрловчи модданинг эквивалент ҳажми.

Q_A ва Q_B нинг миқдорларини (6.23) тенгламага қўйиб, изланаётган концентрация C_A нинг титрловчи модданинг эквивалент ҳажмига боғлиқлигини ҳосил қиламиз:

$$C_A = K_т \cdot V_B, \qquad (6.26)$$

бу ерда

$$K_т = \frac{K_p \cdot C_B}{Q_{пр}} = \text{const}.$$

Шундай қилиб, титрлашда намунадаги компонентнинг аниқ

ланадиган концентрациясининг ўлчови титрловчи модданинг эквивалент ҳажмидан иборат бўлади.

Титрлаш реакцияларининг боришини назорат қилиш учун ишлатиладиган асбобларнинг ишлаш принципига қараб титрлашнинг қуйидаги хиллари бўлади: кондуктометрик, потенциометрик, амперометрик ва фотометрик.

Титрлаш жараёни дискрет (даврий) ва узлуксиз бўлиши мумкин. Даврий титрлашда анализ қилинаётган модданинг алоҳида намунаси (дозаси) анализ қилинади. Узлуксиз титрлашда анализ қилинаётган модданинг сарф бўйича стабиллашган оқими анализ қилинади, бу модда узлуксиз ишловчи реакторга кириб туради. Узлуксиз титрлашда титрловчи модданинг эквивалент сарфи аниқланадиган компонентнинг ўлчови бўлади, яъни

$$C_A = K_т^1 \cdot q_B^{экв} \qquad (6.27)$$

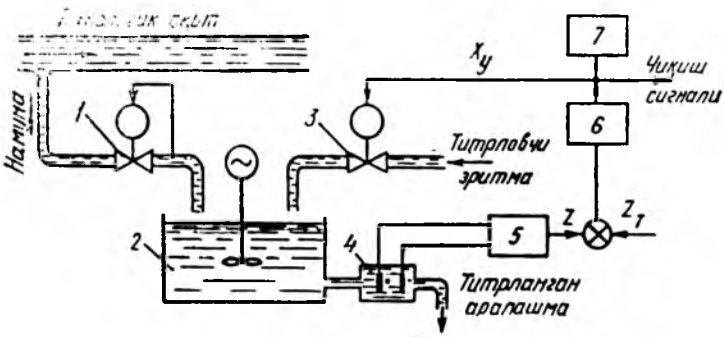
бу ерда

$$K_т^1 = \frac{K_р \cdot C_B}{q_A} = \text{const};$$

$q_A = \text{const}$ — анализ қилинаётган модда А оқимининг сарфи; $q_B^{экв}$ —титрловчи модда В нинг эквивалент сарфи.

Автоматик титрлаш усули билан анализларни автоматик тарзда бажариш учун мўлжалланган асбоблар титрометрлар деб аталади. Вазифасига кўра автоматик титрометрлар лаборатория ва ишлаб чиқариш титрометрларига бўлинади. Лаборатория титрометрлари ярим автоматик асбоблардир, чунки титрлаш циклининг барча тайёргарлик ва ёрдамчи операциялари қўлда бажарилади. Ишлаб чиқаришдаги автоматик титрометрлар саноат шароитида технологик оқимларни узлуксиз циклик ёки узлуксиз автоматик тарзда анализ қилиш учун мўлжалланган.

Узлуксиз ишлайдиган автоматик титраметрнинг принципиал



6. 30- р.см. Узлуксиз автоматик титрометрнинг схемаси.

схемаси 6.30-расмда кўрсатилган. Назорат қилинаётган тех
нологик оқимдан намуна олинади, у сарф стабилизатори
орқали аралаштиргич *2* га узлуксиз тушиб туради. Бу ерг
титрловчи эритма тушади, унинг сарфини ростловчи орган
(масалан, юқори аниқликдаги дозаловчи насос) билан ани
ланади. Намуна ва титрловчи эритма оқимлари узлукси
равишда аралашиб ва ўзаро реакцияга киришиб туради. Ага
аралаштиргичга вақт бирлиги ичида тушиб турган титрловч
эритма миқдори худди шу вақт ичида намуна билан бирг
тушиб турган титрловчи модда миқдорига эквивалент бўлс
у ҳолда реакцияга кирган аралашма титрлашнинг охирги нуқ
тасига мос келади. Акс ҳолда титрлаб бўлинган аралашмад
моддалардан бирининг миқдори ортиқча бўлади.

Аралашмадаги титрловчи эритма билан титрловчи модданинг ми
дорлари нисбати ёрдамчи автоматик конденсатор *5* ва бирламчи ў
гарткич *4* ёрдамида назорат қилиб турилади. Датчикнинг чиқ
сигнали Z титрлашнинг охирги нуқтасига мос келадиган $Z_т$ нинг
рилган қиймати билан таққосланади. Улар тенг бўлганида титрло
эритма сарфи ўзгармайди ва намунанинг назорат қилинаётган ком
нентининг концентрациясини характерлайди. Акс ҳолда номувоф
лик сигнали ростлагич *6* ёрдамида маълум қонун бўйича ўзгарти
ладиган номувофиқлик сигнали ростловчи орган *3* га берилади
бу орган берилаётган титрловчи эритма миқдорини ўзгартира
Ростловчи орган *3* нинг характеристикаси чизиқли бўлганида ти
ловчи эритма сарфи бошқарувчи сигнал $X_у$ га пропорционал бўла
Бинобарин, $X_у$ нинг катталигини қайд этувчи иккиламчи асбоб
аниқланаётган модда концентрациясининг бирликларида даражал
мумкин.

Баъзи ҳолларда узлуксиз автоматик титрометрнинг конс
рукциясини намуна ва титрловчи эритмаларнинг оқимлари
стабиллаш йўли билан соддалаштириш мумкин. Агар бун
характеристик параметрнинг ўзгариши назорат қилинаётг
компонентнинг чизиқли функциясидан иборат бўлса, у ҳол
бундай асбобдан автоматик ростлаш системасининг датчи
сифатида фойдаланиш мумкин.

Анализ қилишнинг радиоизотоп усули

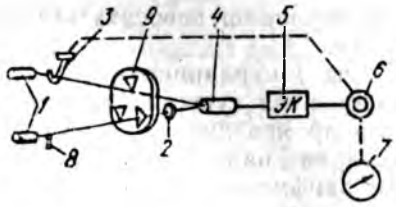
Радиоизотоп усулининг асосий афзаллиги — контакт
ўлчашдир. Бу агрессив, жуда қовушоқ суюқликларни, шуни
дек температураси ва босими юқори суюқликларни ана
қилишни осонлаштиради. Радиоизотоп анализаторларда одат
β ва j юмшоқ нурланишлардан фойдаланилади. Энергия
тахминан 100—150 кэВ бўлган j-нурланиш юмшоқ нурлан
ҳисобланади.

Суюқликнинг зичлиги ρ ва қатлами қалинлиги x ни билган ҳ
да ва энергетик жиҳатдан бир жинсли бўлган J-нурлар тутамин

интенсивлиги i ни ўлчаб, излана-ётган компонент C_A нинг масса улушини аниқлаш мумкин:

$$C_A = \frac{i_n \, j/j}{\rho \cdot x \, (\mu_{ФА} - \mu_{ФБ})} - \frac{\mu_{ФА}}{\mu_{ФА} - \mu_{ФБ}} \quad (6.28)$$

Бу ерда J_0 — қатлам сиртидаги J. нурланишнинг интенсивлиги; $\mu_Ф$ — юмшоқ J нурлар заифлашувининг фотоэлектрик массавий коэффициенти; $\mu_{ФА}$ — анализ қилинаётган муҳитда оғир элементлар заифлашувининг ўртача коэффициенти; $\mu_{ФБ}$ — анализ қилинаётган муҳитда енгил элементлар заифлашувининг ўртача коэффициенти.



6. 31- расм. Радиоизотопли автоматик компенсацион анализаторининг функционал схемаси.

Бу усул нефть маҳсулотларида олтингугуртни, хлорли органик суюқликларда хлорни ва ҳоказоларни аниқлашда қўлланилади.

Радиоизотопли автоматик компенсацион суюқлик анализаторининг функционал схемаси 6.31- расмда келтирилган. Икки манбадан чиққан нурланиш (Fe^{55} изотоплар) обтюратор *9* билан узилганидан кейин асбобнинг иш ва таққослаш каналларидан узилганидан кейин навбатма-навбат ўтади. Иш каналида назорат қилинаётган оқар суюқликли кювет *2*, таққослаш каналида эса компенсацион полиэтилен пона *3* жойлашган. Тенг даражада кучсизлашган оқимлар битта сцинтилляцион детектор *4* — фотоэлектрон кўпайтиргич *ФЭК* га киради. *ФЭК* нинг чиқишидаги кучланиш импульслари электрон кучайтиргич *5* га келиб, бу ерда қувват бўйича ва амплитудаси бўйича кучайтирилади ва қўшилади. Кучайтиргич чиқишидаги сигналнинг катталиги ва фазаси $J_р - J_т$ айирманинг катталиги ва ишораси билан аниқланади, бу ерда $J_р$ ва $J_т$ — тегишлича иш ва таққослаш каналларидан ўтган нурланиш оқимларининг интенсивлиги. Сигнал кучайтиргич *5* дан компенсацион пона *3* ва ўлчаш асбоби *7* билан кинематик боғланган реверсив двигатель *6* га тушади. Сигналнинг фазасига қараб реверсив двигатель ҳар икки каналдаги оқимларнинг интенсивлиги бир хил бўлмагунига қадар понани суради; бунда сигнал нолга тенг бўлади. Компенсацион понанинг вазияти анализ қилинаётган муҳитнинг концентрациясининг ўлчови бўлади. Шкаланинг ноль нуқтаси заслонка *8* билан қўйилади. Шкаланинг диапозони компенсацион понанинг йўлини ўзгартириш ёрдамида ростланади.

Суюқлик анализаторларида β- нурланишдан фойдаланилганда ўлчашнинг икки усули — суюқликнинг β- нурланиш тутамини сусайтириш ва унинг қайтарилиши қўлланилиши мумкин. Биринчи усул анализ қилинаётган муҳитдан ўтган β- нурланиш интенсивлигини ўлчашга, иккинчи усул анализ қилинаётган муҳит қайтарган β-нурланиш интенсивлигини ўлчашга асосланган. Иккинчи усулда радиоактив манба ва нурланиш детек-

тори нурланиш бевосита детекторга тушмайдиган қилиб ўрнатилади.

β ва *j*- нурланишлардан фойдаланиш учта ва ундан ортиқ компонентли суюқликлар таркибини анализ қиладиган анализаторлар яратишга ҳам имкон беради .Уч компонентли суюқликларни анализ қилиш учун, масалан β- зарралар тутамларининг заифланиш ва қайтарилиш коэффициентларини айни бир вақтда ўлчашдан фойдаланиш мумкин, чунки бу эффектлар энергиялари етарли даражада турлича бўлган юмшоқ *j*- нурланиш тутамларининг таркибига турлича даражада боғлиқ бўлади.

VI.4- §. СУЮҚЛИКЛАРНИНГ ЗИЧЛИГИНИ ЎЛЧАШ

Моддаларнинг зичлиги технологик маҳсулотнинг сифатини, баъзи ҳолларда эса таркибини ҳам характерловчи асосий параметрлардан ҳисобланади. Зичликни автоматик ўлчаш асбоблар кимё, озиқ-овқат ва бошқа саноат тармоқларидаги бир қатор жараёнларни комплекс автоматлаштиришдаги муҳим элементлардандир. Масалан, буглатувчи қурилмалар, абсорбер, дистилляцион, ректификацион ва бошқа ускуналарни назорат қилиш ҳамда бошқариш зичликларининг узлуксиз ўлчаб турилишини талаб қилади. Баъзи ишлаб чиқаришда суюқликларнинг зичлиги эриган модда концентрациясини аниқлаш мақсадида ўлчанади.

Модда массасининг ҳажмига нисбати зичлик дейилади, яъни

$$\rho = \frac{m}{V}, \qquad (6.29$$

бу ерда ρ — зичлик, кг/м³; *m* — модданинг массаси, кг; *V* — модданинг ҳажми, м³.

Суюқликнинг зичлиги температурага боғлиқ ва нормал (20°С температурада қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$\rho_{20} = \rho_t [1 - \beta (20 - t)], \qquad (6.30$$

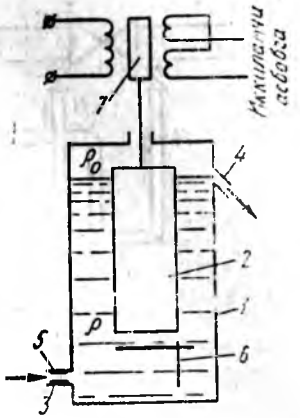
бу ерда ρ_t — суюқликнинг иш температурасидаги зичлиги, кг/м³; β—суюқлик ҳажмий иссиқлик кенгайишининг ўртача коэффициенти. ¹/°С; *t*—суюқликнинг температураси, °С.

Саноатда суюқликнинг зичлигини ўлчаш учун қалқовичли вазнли, гидростатик ва радиоизотопли зичлик ўлчагичлар энг кўп қўлланилади.

Қалқовичли зичлик ўлчаш асбоблари

Қалқовичли зичлик ўлчагичларда архимеднинг қалқовичга таъсир этувчи итариб чиқарувчи кучининг суюқлик зичлигига боғлиқлигидан фойдаланилади. Бу асбоблар сузиб юрувчи ва батамом чўкадиган қалқовичли бўлади. Биринчи тур асбобларда зичликни ўлчаш сифати қалқовичнинг чўкиш чуқурлигига боғлиқ бўлади. Иккинчи тур асбобларда қалқовичнинг чўкиш чуқурлиги ўзгармайди. Фақат унинг итарувч кучи ўлчанади, бу куч эса суюқликнинг зичлигига пропорционал бўлади.

Биринчи тур зичлик ўлчагичларда қалқовичнинг оғирлик кучи қалқовичга зичлиги ρ бўлган, текширилаётган муҳит томонидан, ҳам суюқлик юзасида бўлган зичлиги ρ_0 бўлган муҳит томонидан (6.32-расмга қаранг) таъсир этадиган итарувчи куч билан мувозанатлашади. Қалқович мувозанатда турганида итарувчи куч қалқовичнинг оғирлик кучига тенг бўлади. Бунда текширилаётган муҳит зичлигининг ҳар бир қийматига қалқовичнинг маълум ботиш чуқурлиги мос келади. Ихтиёрий шаклдаги қалқовичга таъсир этувчи итарувчи куч Архимед қонунига кўра аниқланади:



6.32-расм. Сузиб юрувчи қалқовичли зичлик ўлчагичнинг схемаси.

$$F_x = \rho_0 g \int_{h-x}^{h} S(x)\,dx + \rho g \int_0^x S(x)\,dx \qquad (6.31)$$

бу ерда ρ_0 — суюқлик устидаги муҳитнинг зичлиги; g — эркин тушиш тезланиши; ρ — қалқовичнинг пастки қисми ботирилган суюқликнинг зичлиги; S — қалқович кесимининг юзи h — қалқовичнинг баландлиги; x — қалқовичнинг суюқликка ботиш сатҳи.

Ўзгармас кесимли қалқович учун

$$F_{(x)} = \rho_0 g\, Sh + (\rho - \rho_0) g S_x \qquad (6.32)$$

Агар суюқлик устида ҳаво бўлса, у ҳолда $\rho_0 = 0$. Унда умумий ҳолда

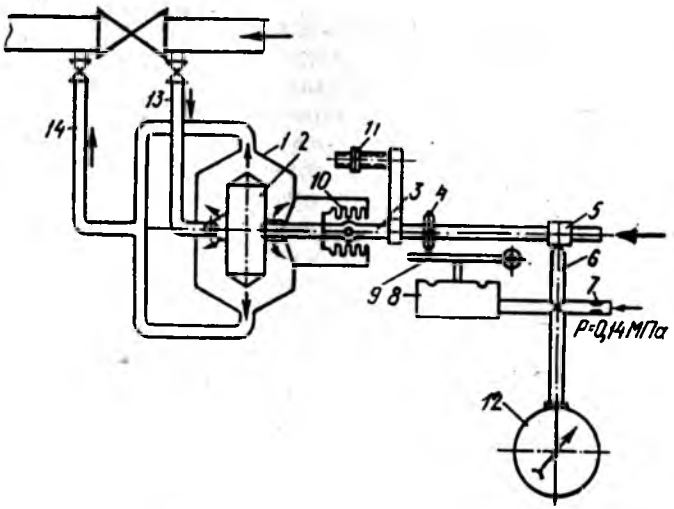
$$F_{(x)} = \rho \cdot g \int_0^x S_{(x)} dx \qquad (6.33)$$

Ўзгармас кесимли қалқович учун итарувчи куч ифодаси қуйидаги кўринишда бўлади

$$F = \rho \cdot g \cdot S \cdot x \qquad (6.34)$$

6.32-расмда сузиб юрувчи қалқовичли зичлик ўлчаш асбобининг принципиал схемаси кўрсатилган. Асбоб қалқович *2*, ўлчаш идиши *1* дан иборат. Суюқлик асбобга тарнов *3* орқали келиб, тарнов *4* орқали чиқиб кетади. Оқимнинг тезлиги доимий кесимли дроссель *5* ёрдамида аниқланади. Пластиналар *6* қалқовични уюрмалардан сақлайди.

Суюқлик зичлигининг ўзгариши қалқович ва у билан боғлиқ бўлган ўзак *7* нинг силжишига олиб келади. Ўзак дифференциал — трансформатор ўзгарткич ғалтагида силжийди. Иккиламчи (кўрсатувчи ёки қайд қилувчи) асбоб зичлик бирлигида даражаланади. Температуранинг компенсацияси иккиламчи асбобнинг ўлчаш схемасига уланган қаршилик термометри ёрдамида амалга оширилади. Зичлик ўлчагичлар коррозияга



6. 33- расм. Чўкадиган қалқовичли пневматик ўзгарткичли зичлик ўлчагичнинг схемаси.

чидамли материаллардан тайёрланиб, агрессив суюқликлар зичлигини ўлчашда ҳам ишлатилиши мумкин.

Оралиқдаги ўзгарткичнинг турига қараб зичлик ўлчагич электрик ёки пневматик унификацияланган чиқиш сигналига эга бўлиши мумкин.

6.33- расмда қалқовичи батамом чўкадиган зичлик ўлчагичнинг принципиал схемаси кўрсатилган. Бу асбобда пневматик ўзгарткич ишлатилган. Вентиль ёки бошқа торайтириш қурилмаси ҳосил қилган босимнинг пасайиши таъсирида суюқлик труба *13* дан ҳалқа тақсимлагич орқали ўлчаш камераси *1* га келади ва чиқарма трубкалар ёрдамида труба *14* дан қувурга узатилади. Суюқликнинг бундай йўналиши оқим тезлигининг қалқович *2* га кўрсатилган таъсирини йўқотади. Қалқович шарикоподшипникда турган ва зичловчи сильфон *10* дан ўтадиган коромисло учига ўрнатилган. Коромисло посанги *11* орқали мувозанатлашади. Посанги шундай ростланганки, қалқович энг кичик зичликка эга бўлган (ўлчаш асбобининг пастки чегараси) суюқликда пастга силжий бошлайди. Зичлик кўпайиши билан қалқович кўпаювчи, итарувчи куч таъсирида кўтарилади ва системадаги мувозанат бузилади. Пневматик ўзгарткич ёрдамида мувозанат қайтадан тикланади. Бунинг учун асбобга фильтр, редуктор ва дроссель *7* орқали ҳаво узлуксиз келиб туради ва сопло *6* билан коромисло *3* учига ўрнатилган тўсиқ *5* орасидаги зазордан чиқиб кетади. Қалқович кўтарилганда, тўсиқ сопло томон силжийди, натижада соплодан сиқилган ҳавонинг атмосферага чиқиши камаяди ва мембранали қути *8* да ҳаво босими ошади. Бунда мембранадан ита-

рувчи ричаг *9* га узатиладиган куч ошади ва ролик *4* орқали коромислонинг ўнг учи юқорига кўтарилади, натижада тўсиқ соплодан узоқлашади. Мембранага таъсир этган ҳаво босими қалқовичнинг итарувчи кучига пропорционал бўлиб, суюқлик зичлигининг ўлчови ҳисобланади ва иккиламчи асбоб *12* орқали ўлчанади. Ўлчашнинг пастки чегараси (50 кГ/м³) ростлагич посангиси *11* ни силжитиш йўли билан ростланади. Ўлчашнинг юқориги чегараси ва диапозони қалқович ҳамда мембрана габаритларига ёки уларнинг коромисло ўқига нисбатан бурилиш масофасига боғлиқ. Асбобдан ўтган ҳаво сарфи ўзгармас кесимли дроссель *7* ёрдамида аниқланади.

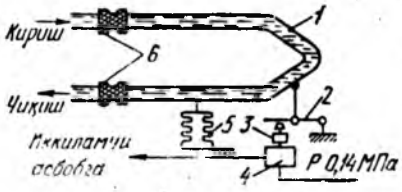
Батамом чўкадиган қалқовичли зичлик ўлчагичларнинг турли-туман конструкциялари мавжуд. Улар бир-биридан қалқовичининг конструкцияси, мувозанатловчи қурилма, кўрсатишларни масофага узатувчи механизмнинг конструкциялари, автоматик температура компенсацияси усули ва бошқалар билан фарқ қилади.

Кимё, озиқ-овқат ва бошқа саноат соҳаларида кенг тарқалган зичлик ўлчагичлар бир-бирларидан қалқовичнинг шакли, кўрсатишларни масофага узатиш усули бўйича фарқ қилади. Қалқовичли асбоблар 1000...1400 кг/м³ диапазондаги суюқлик зичлигини ±2% аниқлик билан ўлчайди.

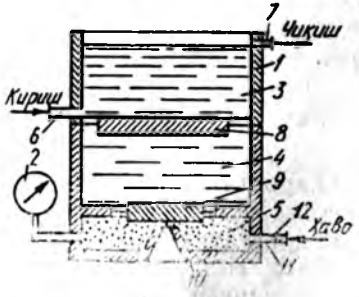
Вазнли зичлик ўлчагичлар

Вазнли зичлик ўлчаш асбобларининг ишлаш принципи назорат қилинаётган суюқликнинг маълум бир доимий ҳажмининг вазнини узлуксиз тортиб туришга асосланган. Тоза суюқликлар зичлиги ўлчашдан ташқари вазнли зичлик ўлчагичлар суспензия ва таркибида қаттиқ моддалар бўлган суюқликлар зичлигини ўлчашда ҳам ишлатилади.

6.34- расмда пневматик ўзгарткичли вазнли зичлик ўлчагичнинг принципиал схемаси келтирилган. Суюқлик резина тарнов ва металл сильфонлари *6* бўлган сиртмоқсимон труба *1* дан ўтади. Сиртмоқсимон трубка пневмо ўзгарткичининг тўсиғи *2* билан боғлиқ. Суюқлик зичлиги ошганда сиртмоқсимон труб-



6. 34- расм. Пневматик ўзгарткичли вазнли зичлик ўлчагичнинг схемаси.



6. 35- расм. Мембрана- вазнли зичлик ўлчагичнинг схемаси.

канинг вазни ортади ва у пастга ҳаракатланади, сопло *3* билан тўсиқ *2* орасидаги зазор кичраяди, ўзгарткичдаги босим кўта рилади. Унификацияланган пневматик сигнал кучайтиргич орқали сильфон *5* га узатилади (тескари алоқа). Сильфондаг босим суюқлик зичлигининг ўзгаришига пропорционал ўзга ради ва шкаласи зичлик бирлигида даражаланган иккиламч асбоб билан ўлчанади. Асбоб суюқликнинг зичлигини сиртмоқ симон трубка тўлдирилаётган пайтдаги амалий температурад ўлчайди.

Вазнли зичлик ўлчагичларнинг афзаллиги трубка кесими нинг доимийлиги ва трубкадан суюқликнинг катта тезликда ўтишидир. Бу эса суюқлик таркибидаги қаттиқ жисмларнин трубка тубига (деворларига) чўкишига йўл қўймайди. Сано атда 500...2500 кг/м³ ўлчаш чегараларига мўлжалланган вазил зичлик ўлчагичлар чиқарилади. Ўлчашдаги асосий хатолик ±2%.

6.35-расмда Тошкент олий ўқув юртларининг ходимлари ишлаб чиққан зичлик ўлчагичнинг схемаси келтирилган.

У корпус ва ўлчаш асбоби *2* дан иборат. Корпус назорат қилинаётган суюқлик солинган камера *3*, буфер суюқлик билан тўлдирилган оралиқ камера *4* ва пневмоўзгартгич ролини ўйнайдиган камера *5* дан иборат. Зичлиги ўлчанаётган суюқ лик камера *3* га кириш штуцери *6* орқали тўхтовсиз келиб туради ва ундан чиқиш штуцери *7* орқали чиқиб кетади, бу эса камерада суюқликнинг бир сатҳда туришини таъминлайди. Оралиқ камера *4* идиш *3* туби *8* нинг силжишини кузатиш учун мўлжалланган, у бикр марказли эластик мембрана *9* дан иборат, марказ камера *4* нинг тубида ўрнатилган. Камера сопло *10* билан жиҳозланган. Сиқилган ҳаво труба *11* орқали камера *5* га доимий дроссель *12* орқали киради. Мембрана нинг бикр маркази сопло *10* нинг тўсиғи ролини ўйнайди. Мем брана *8* нинг суюқлик вазни (зичлиги) га боғлиқ бўлган сил жиши оралиқ камера *4* орқали мембрана *9* га берилади, бу мембрана силжиб сопло *10* ни беркитади. Камера *5* даги ҳаво босими ўлчаш асбоби *2* ёрдамида назорат қилиб турилади ва суюқликнинг зичлик ўлчови бўлиб хизмат қилади.

Мембрана-вазнли зичлик ўлчагич ўлчаш сезгирлиги ва аниқлигини оширишга имкон беради.

Гидростатик зичлик ўлчагичлар

Гидростатик зичлик ўлчагичлар ўзгармас баландликдаги суюқлик устунининг босимини ўлчаш учун хизмат қилади.

Гидростатик зичлик ўлчагичлар кенг тарқалган, чунки бу асбоблар содда тузилган ва анализ қилинаётган суюқликка ўрнатиладиган датчикларда ҳаракатланадиган қисмлар йўқ. Уларнинг ишлаш принципи қуйидагича. Суюқлик сиртига нисбатан H чуқурликдаги P босим қуйидагича ифодаланади:

$$P = \rho \cdot g \cdot H \qquad (6.35)$$

бу ерда ρ — суюқликнинг зичлиги, кг/м³; g — оғирлик кучининг тезланиши, м/с².

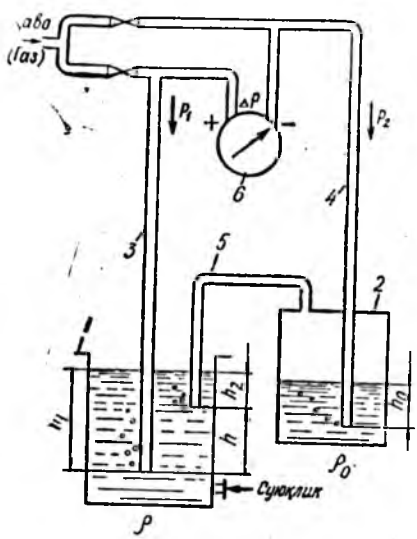
Суюқлик устунининг баландлиги H ўзгармас бўлса, босим P суюқлик зичлигининг ўлчови бўлади. Гидростатик зичлик ўлчагичларда суюқлик устунининг босими, одатда, суюқлик орасидан инерт газ (ҳаво) ни узлуксиз ҳайдаб ўлчаб турилади. Бу газ (ҳаво) нинг босими суюқлик устуни босимига пропорционал (пьезометрик зичлик ўлчагичлар). Суюқлик устунининг босимини бу усулда ўлчаш кўрсатишларни масофага узатиш имкониятини беради. Хайдаладиган инерт газ суюқлик хусусиятларига кўра танланади. Ҳайдаладиган газ сарфи катта бўлмай, доимий бўлиши шарт, чунки сарфнинг ўзгариб туриши ўлчашда қўшимча хатоликларга олиб келиши мумкин.

Одатда, суюқликнинг турли баландликдаги иккита устунидаги босимлар фарқи ўлчанади (дифференциал усул). Бу эса ўлчанаётган зичликнинг аниқлигига таъсир кўрсатадиган сатҳ ўзгаришларини йўқотади, (6.35) формуладан

$$P_1 - P_2 = (H_1 - H_2) \cdot \rho \cdot g \text{ ёки } \Delta P_i = \Delta H \cdot \rho \cdot g \qquad (6.36)$$

бу ерда P_1 ва P_2 — суюқлик устунларининг босими, Па; H_1 ва H_2 — суюқлик устунлари сатҳининг баландлиги, м.

Ҳаво (инерт газ) узлуксиз ҳайдаладиган пьезометрик дифференциал икки суюқликли зичлик ўлчагичда (6.36-расм) текширилаётган суюқлик идиш *1* дан узлуксиз оқиб ўтади, бу идишда суюқлик сатҳи доимий сақланади. Доимий сатҳли идиш *2* маълум зичликли эталон суюқлик билан тўлдирилган бўлади. Инерт газ найча *3* орқали текширилаётган суюқлик қатлами орқали ўтади ва асбобдан чиқиб кетади. Худди шу инерт газ найча *4* орқали эталон суюқлик қатламидан ўтади, кейин қўшимча найча *5* орқали текширилаётган суюқликнинг маълум қатламидан ўтиб асбобдан чиқади.



6. 36- расм. Пьезо метрик зичлик ўлчагичнинг схемаси.

Пьезометрик найчаларнинг ўкиш чуқурлиги ва эталон суюқликнинг зичлиги маълум бўлса, дифференциал манометр *6* нинг кўрсатишлари текширилаётган суюқлик зичлигининг ўлчови бўлади.

(6.36) формулага мувофиқ дифманометрнинг кўрсатишлари қуйидагича бўлади:

$$\Delta P = h_1 \cdot \rho \cdot g - (h_2\rho + h_0\rho_0)g = (h\rho - h_0\rho_0)g. \qquad (6.37)$$

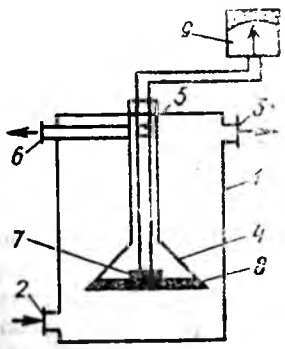
Эталон суюқликнинг зичлиги текширилаётган суюқликнинг зичлигига яқин қилиб танланади. У ҳолда $h_0 = h$ бўлса, босимлар фарқи $\Delta P = 0$. Унда текширилаётган суюқликнинг зичлиги минимал бўлади. Агар текширилаётган суюқликнинг зичлиги максимал бўлса, босимлар фарқи максимал қийматга эга бўлади.

Асбобда эталон суюқликли идиш *2* текширилаётган суюқликли идиш *1* дан юқорироқда жойлашган. Эталон ва текширилаётган суюқликнинг температура коэффициенти бир хил бўлиб, уларнинг температураси тенг бўлса, температура компенсацияси автоматик равишда таъминланади.

Гидростатик зичлик ўлчагичлар саноатда 900...1800 кг/м³ ўлчаш диапазонига мўлжаллаб чиқарилади. Бу асбобларнинг асосий хатолиги ±4%.

Сильфонли, тензометрик, химотрон ва бошқа зичлик ўзгартгичлари гидростатик зичлик ўлчагичларнинг турларидир.

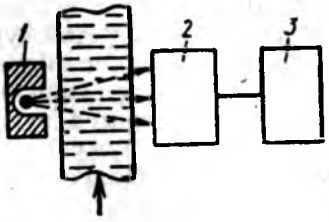
6.37-расмда тензометрик зичлик ўлчагичнинг схемаси келтирилган. Назорат қилинаётган суюқлик идиш *1* га штуцер *2* орқали узлуксиз тушиб туради ва ундан чиқиш штуцери *3* орқали чиқиб кетади, бу эса идишда доимо бир хил сатҳ бўлишини таъминлайди. Асосий идиш *1* нинг ичида эталон суюқлик билан тўлдирилган идиш *4* жойлаштирилган бўлиб, унинг зичлиги назорат қилинаётган маҳсулотнинг минимал зичлигига тенг бўлиши керак. Эталон суюқлик туйнук *5* орқали киради, ортиқчаси эса тўкиш найчаси *6* орқали чиқиб кетади. Бу билан сатҳнинг доимийлигига, балласт босимнинг ва температура ўзгаришларининг компенсация қилинишига эришилади.



6.37-расм. Тензометрик зичлик ўлчагичнинг схемаси.

Назорат қилинаётган маҳсулот зичлиги озгина ўзгариши билан эластик элемент *8* нинг марказига елимлаб ёпиштирилган тензодатчик *7* нинг қаршилиги ўзгаради. Зичлик ўлчагичи сифатида электрон автоматик кўприк *9* қўлланилган бўлиб, унинг елкаларининг бирига тензодатчик *7* уланган. Кўприк шкаласи зичлик бирликларида даражаланган. Ўлчашнинг пастки чегаралари кўприк шкаласини даражалашда идишлар *1* ва *4* ни зичлиги текширилаётган суюқликнинг минимал зичлигига тенг бўлган суюқлик билан тўлдиришда аниқланади.

Радиоизотопли зичлик ўлчагичлар



6.38- расм. Радиоизотопли зичлик ўлчагичнинг схемаси.

Радиоизотопли зичлик ўлчагичларнинг ишлаш принципи радиоактив манба *j*-нурларининг суюқликдан ўтишида ютилишига асосланган. Булар суспензия, пульпа, агрессив ва катта босимли суюқликларнинг зичлигини ўлчашда ишлатилиши мумкин. Ўлчаш асбоблари ўлчанаётган муҳит билан контактсиз боғланган. Бу эса бундай асбобларнинг афзаллигига киради.

Радиоизотопли зичлик ўлчагич таркибига (6.38- расм) *j*-нурланишлар манбаи *1* ва приёмниги *2* киради, унинг чиқиш сигнали автоматик потенциометр *3* га берилади. Приёмник *2* қабул қиладиган нурланиш интенсивлиги қувурдан оқиб ўтадиган суюқликнинг зичлигига боғлиқ бўлади: зичлик қанча катта бўлса, *j*-нурларнинг ютилиши шунча кучли ва приёмник *2* нинг киришида сигнал шунча кучсиз бўлади. Бу сигналнинг катталигига қувур деворларининг қалинлиги, суюқлик таркиби ва манба нурланишини камайтирадиган бошқа факторлар таъсир қилади. Бу факторларнинг таъсири турғун бўлганлиги сабабли асбобни даражалашда олинган тузатмани кўрсатишларга киритиш йўли билан ҳисобга олинади.

Саноат радиоизотопли зичлик ўлчагичлардан ПЖР-2, ПЖР-2Н, ПЖР-5, ПР-1024, ПР-1025М ва бошқа турларини ишлаб чиқаради.

ПЖР-2 зичлик ўлчагичининг ўлчаш диапозони $600 \div 2000$ кг/м^3, асбобнинг ўлчаш хатолиги $\pm 2\%$.

IV.5- §. СУЮҚЛИКЛАРНИНГ ҚОВУШОҚЛИГИНИ ЎЛЧАШ

Суюқ муҳитларнинг қовушоқлигини ўлчаш саноатда ТЖАБС ни жорий қилишда энг мураккаб муаммолардан биридир. Жараёнларнинг кўпчилиги дисперс системалар, суспензиялар, коллоид эритмалар ва пластик массаларни қайта ишлаш билан боғлиқ. Айрим маҳсулотлар сезгир элементга ёпишиб қолиб, улардан ишлаб чиқариш жараёнида сезгир элементга таъсир этувчи ёки улардан фойдаланишни қийинлаштирувчи турли моддалар ажралади. Саноатда вискозиметрларнинг қўлланилиши қовушоқликни ўлчаш услубларининг конструктив-техник камчиликлари ёки вискозиметрларнинг ўзича ишлатиш шароитларини яратиш қийинлиги сабабли жуда ҳам чекланган-дир.

Саноатнинг бир қанча тармоқларида, масалан, сунъий толалар, синтетик смолалар, каучук эритмалари, бўёқлар, сурков мойлари ва бошқа маҳсулотлар ишлаб чиқаришда қовушоқлик маҳсулот таркиби ва сифатини аниқловчи катталик ҳисобла-

нади. Шунинг учун кўпгина ҳолларда қовушокликни автоматик тарзда узлуксиз ўлчаб туриш муҳим аҳамиятга эга бўлади.

Суюқликларнинг сирпаниш ёки силжишга қаршилик кўрсатиш хусусияти қовушоқлик дейилади.

Берилган оқимда суюқлик икки қатламининг силжишида тангенциал куч вужудга келади. Шу куч Ньютон қонунига кўра қуйидагича аниқланади:

$$F = \mu \cdot S \frac{dv}{dn}, \tag{6.38}$$

бу ерда F — силжиш куч, Н; μ — динамик қовушоқлик ёки қовушоқлик коэффициенти, Па·с; S — ички ишқаланиш юзаси, м²; $\frac{dv}{dn}$ — ҳаракатдаги қатлам қалинлиги бўйича тезлик градиенти (силжиш тезлиги), $^1/с$; v — қатлам оқимининг тезлиги, м/с; n — ҳаракатдаги қатлам қалинлиги, м.

(6.38) тенгламадан динамик қовушоқликни аниқлаймиз:

$$\mu = \frac{F}{S\frac{dv}{dn}} \tag{6.39}$$

СИ системасида динамик қовушоқлик бирлиги қилиб, суюқлик оқимининг шундай қовушоқлиги қабул қилинганки, бу оқимда 1 Н/м² силжиш босими таъсирида чизиқли тезлигининг градиенти силжиш текислигига перпендикуляр бўлган 1 м масофада 1 м/с бўлади. Динамик қовушоқликнинг бу бирлиги Н с/м² ёки Па·с ўлчовига эга.

Амалда кўпинча динамик қовушоқликнинг суюқлик зичлиги ρ га бўлган нисбатида ифодаланувчи кинематик қовушоқликдан фойдаланилади, яъни

$$v = \frac{\mu}{\rho} \tag{6.40}$$

Кинематик қовушоқлик СИ да м²/с ўлчовига эга. Қовушоқлик амалда пуаз (П) ва сантипуаз (сП) бирликларида ўлчанади. Бу бирликлар СИ даги қовушқоқликнинг бирлиги билан қуйидагича боғланган:

$$1\ П = 0{,}1\ Па{\cdot}с;\ 1\ сП = 1\ мПа{\cdot}с$$

Ньютон қонунига бўйсинувчи суюқликлар (яъни қовушоқлиги жадал механик таъсирларга боғлиқ бўлмаган силжиш (сурилиш) тезлигига чизиқли боғланишга эга суюқликлар) ньютон суюқликлари дейилади. Агар бу боғланиш чизиқли бўлмаса, у ҳолда бундай суюқликлар ноньютон суюқликлар дейилади. Суюқликлар, эритмалар ва пластик озиқ-овқат маҳсулотларининг асосий қисми ноньютон суюқликлар гуруҳига киради.

Озиқ-овқат саноатида кўпинча қовушоқлик шартли бирликларда (ВУ градусларида) ўлчанади, бу бирликлар маълум ҳажмдаги анализ (таҳлил) қилинаётган суюқликнинг оқиб

кетиш вақтининг шу ҳажмидаги дистилланган сувнинг оқиб кетиш вақтига нисбатидан иборат:

$$ВУ = \frac{\tau_c}{\tau_{дс}} \qquad (6.41)$$

Қовушоқликни ўлчаш пайтида температуранинг таъсирини эътиборга олиб, тегишли тузатишлар киритиш лозим.

Ҳозир суюқлик қовушоқлигини ўлчайдиган бир қатор асбоблар мавжуд. Бу асбоблар ишлаш принципи жиҳатидан капилляр, шарикли, ротацион, тебранишли ва ультратовушли асбобларга (вискозиметрларга) бўлинади.

Капилляр вискозиметрлар

М. П. Воларовичнинг маълумотларига кўра қовушоқликни ўлчашнинг тахминан 80% и капилляр асбоблар билан ўтказилиб, улар назарий жиҳатдан энг кўп ишлаб чиқилган ва амалда тадқиқ қилинган.

Капилляр вискозиметрлар ўлчаш аниқлигининг юқорилиги, ўлчашнинг катта диапозони ва нисбатан соддалиги туфайли кенг тарқалган. Кейинги йилларда технологик жараённинг ўтишидаги қовушоқликни автоматик тарзда назорат қилиш ва ростлашга мўлжалланган капиллаяр вискозиметрлар яратилди. Бу асбоблар нисбатан тоза ва бир жинсли суюқликлар қовушоқлигини назорат қилишда ишлатилади.

Капилляр вискозиметрларнинг ишлаш принципи Пуазейл капилляр найчасидан суюқликнинг оқиб чиқиш қонунига асосланган. Бу қонун қуйидагича ифодаланади:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^4}{\mu \cdot l} \Delta P, \qquad (6.42)$$

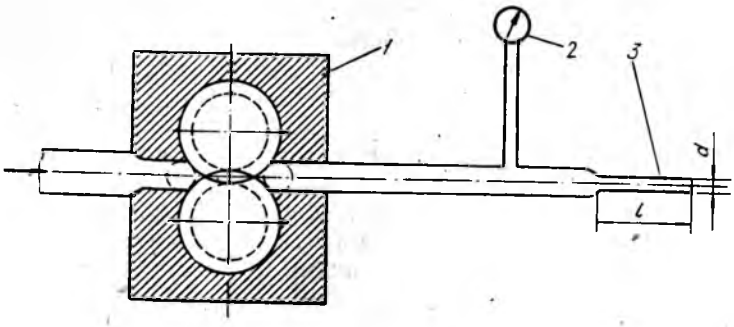
бу ерда Q — найчадан олиб чиқадиган суюқликнинг ҳажмий сарфи, м³/с; d — найча диаметри, м; μ — суюқликнинг динамик қовушоқлиги, Па·с; l — найчанинг узунлиги, м; ΔP — найча учларидэги босимлар фарқи, Па.

Агар Q, d, l катталикларнинг қиймати доимий бўлса, қовушоқликни аниқловчи формула қуйидаги кўринишга келади:

$$\mu = K \cdot \Delta P \qquad (6.43)$$

Шундай қилиб, суюқлик қовушоқлигини ўлчаш суюқлик ўтадиган капилляр найча учларидаги босимлар фарқини ўлчашдан иборат. Бунда суюқликнинг юмалоқ кесими тирқишлардан оқиб чиқиши оғирлик кучи босими ёки ташқи босим таъсирида содир бўлиши мумкин.

Капилляр вискозиметрлар икки катта гуруҳга бўлинади: лаборатория вискозиметрлари ва автоматик ишлайдиган вискозиметрлар. Кейинги вискозметрларга босим остида суюқлик оқиб чиқадиган ва эркин оқиб чиқадиган асбоблар киради. Суюқлик эркин оқиб чиқадиган асбоблар ўз навбатида икки

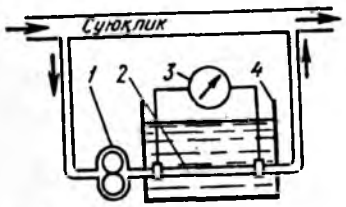


6. 39- расм. Капилляр вискозиметр схемаси.

турга: сатҳ ўзгарадиган ва ўзгармайдиган асбобларга бўлинади.

6.39- расмда капилляр вискозиметр схемаси келтирилган. Шестерняли насос *1* анализ қилинаётган суюқликнинг мутлақо доимий миқдорини капилляр найча *3* га узатади. Капилляр найчанинг кириши ва чиқишидаги босимлар фарқи сезгир дифманометр *2* орқали ўлчанади. Дифманометрнинг шкаласи қовушоқлик бирлигида даражаланади. Капилляр найчанинг диаметри *d* ва узунлиги *l* ўлчаш чегаралари ва ўлчанаётган суюқлик турига қараб танланади. Ўзгармас температурани таъминлаш учун вискозиметр найчаси одатда, температурани автоматик ростловчи термостатга уланади. Капилляр вискозиметрнинг ўлчаш чегаралари 0,001...10 Па·с. Лаборатория асбобларида ўлчаш хатолиги +3...5%.

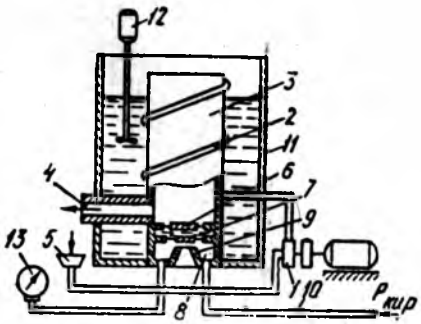
6.40- расмда автоматик капилляр вискозиметрнинг конструкцияси бир оз ўзгарган принципиал схемаси келтирилган. Назорат қилинаётган суюқлик ўзгармас сарф билан дозаловчи насос *1* ёрдамида капилляр найча *2* орқали тортиб олинади. Найчадаги босимнинг пасайиши дифманометр *3* билан ўлчанади, унинг шкаласи қовушоқлик бирликларида даражаланган. Вискозиметр термостат *4* га ўрнатилган. Одатда, асбоб диаметри ва узунлиги турлича бўлган капиллярлар комплекти билан таъминланган бўлади. Капиллярнинг диаметри ва узунлиги ўлчаш чегараларига қараб танланади.



6. 40- расм. Автоматик капилляр вискозиметрнинг принципиал схемаси.

Ишлаш принципи ўз оғирлиги таъсирида суюқ маҳсулотларнинг оқиб чиқишига асосланган вискозиметрлар энг кўп тарқалган. Уларнинг асосий органи датчик бўлиб, у паст томонидан калибрланган найча билан тугайдиган сиғимдан иборат. Си-

ғимга узлуксиз равишда суюқлик берилади, унинг сарфи доимо бир хилда сақлаб турилади. Сиғимдаги суюқлик сатҳи унинг қовушоқлигига пропорционал равишда ўзгаради. Сатҳ баландлигини ўлчаб, қовушоқликнинг қиймати топилади. Бу асбобларнинг бошқа турларида, аксинча, суюқлик сатҳи бир хилда ушлаб турилади, лекин қовушоқликка билвосита боғлиқ бўлган бошқа параметр (масалан, суюқлик сарфи, капиллярнинг силжиши, капиллярнинг диаметри ёки узунлиги ва ҳоказо) ўлчанади. Биринчи тур асбоблар ўзгарувчан сатҳли вискозиметрлар деб, иккинчи тур асбоблар эса ўзгармас сатҳли вискозиметрлар деб аталади.



6.41-расм. Мембранали превматик вискозиметр схемаси

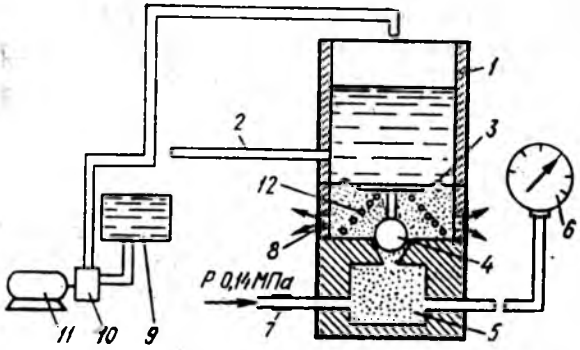
Тошкент олий ўқув юртларининг ходимлари томонидан суюқ маҳсулотларнинг эркин оқиб чиқишига асосланган пневматик ва электрик вискозиметрларнинг ҳар хил конструкциялари яратилган. Эркин оқиб чиқишга асосланган вискозометрлардан ўзгарувчан сатҳли асбоблар кенг қўлланилмоқда.

6.41-расмда мембранали пневматик вискозометрнинг схемаси келтирилган. Текшириладиган суюқлик насос-дозатор *1* ёрдамида сўриб олинади ва иссиқлик алмашгич *2* орқали цилиндрик идиш *3* га ҳайдалади, у ердан капилляр *4* орқали сиғим *5* га оқиб чиқади. Капилляр *4* идиш *3* нинг ён деворида жойлашган бўлиб, гидравлик камера *7* нинг юқориги мембранаси *6* шу идишнинг туби бўлиб хизмат қилади.

Гидравлик камера остида чиқариш соплоси *9* билан пневматик камера *8* жойлашган. Ҳаво пневматик камерага маълум 0,14 МПа босим билан доимий дроссель *10* орқали берилади. Асбоб бутунлай аралаштиргичли двигатель *12* билан таъминланган термостат *11* да жойлашган.

Текширилаётган суюқликнинг қовушоқлиги ўзгарганда унинг идиш *3* даги сатҳи ўзгаради. Бунинг натижасида гидравлик камеранинг юқориги мембранаси эгилади ва у ўз навбатида заслонка ролини бажарувчи мембрана *6* ни эгилишга мажбур этади. Натижада сопло *9* нинг очилиши ёки ёпилиш даражасини ўзгартиради, бу сопло пневматик камера *8* ни атмосфера билан туташтириб туради, бунда камера *8* да ҳаво босими ўзгаради ва бу ўзгариш ўлчаш асбоби *13* ёрдамида ўлчанади. Унинг шкаласи бевосита кинематик қовушоқлик бирликларида даражаланган.

6.42-расмда шарикли пневматик вискозиметрнинг схемаси келтирилган. Пневмокамерани атмосфера билан туташтирувчи шарикли клапаннинг қўлланилиши жуда юқори аниқликда



6. 42- расм. Шарикли пневматик вискозиметрнинг схемаси.

ўлчашни таъминлайди. Суюқликнинг қовушоқлигини ўлчашда унинг капилляр *2* ли идиш *1* даги сатҳи ўзгаради. Қовушоқликнинг ортиши суюқликнинг гидравлик босими ҳисобига мембрана *3* нинг пастга эгилишига сабаб бўлади. Натижада шарикли мембрана билан бириктирилган шарикли клапан *4* ҳаво билан тўлдирилган пневмокамера *5* нинг юқориги қисмидаги конуссимон тешикни беркитади. Ҳаво пневмокамерага магистрал ҳаво йўлидан доимий дроссель *7* ёрдамида 0,14 МПа босимда берилади. Босим суюқлик сатҳининг ўзгаришига пропорционал равишда ортади, бунга пружина *12* нинг сиқилиши натижасида эришилади. Қовушоқлик камайганда шарикли клапан кўтарилади ва ҳаво тешик *8* орқали атмосферага чиқиб кетади. Капилляр *2* дан оқиб чиқадиган суюқлик сиғим *9* га тушади, у ердан шестерняли насос *10* ёрдамида сўриб олинади, насосни редукторли синхрон двигатель *11* ҳаракатга келтиради. Насос текширилаётган суюқликни термостат орқали тортиб олади (чизмада кўрсатилмаган). Иккиламчи асбоб *6* сифатида ўзиёзар ПВ42Э ёки манометрдан фойдаланилган бўлиб, уларнинг шкалалари қовушоқлик бирликларида даражаланган бўлади.

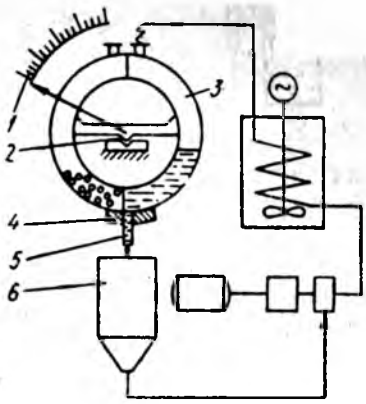
Ўлчаш чегаралари $(212—938)\cdot10^3$ Па·с ни ташкил қилди. Нисбий келтирилган хатолик $\pm2\%$ ни ташкил қилади.

6.43- расмда ҳалқали вискозиметрнинг принципиал схемаси келтирилган. Халқасимон камера *3* призма *2* нинг таянч оёқлари ёрдамида ўз геометрик марказига осиб қўйилган. Ҳалқанинг пастки қисмига юк *4* маҳкамлаб қўйилган. Суюқлик термостат орқали ҳалқасимон камера *3* га тортиб олинади ва капилляр найча *5* дан идиш *6* га оқиб чиқади. Суюқликнинг қовушоқлиги ўзгарганда айлантирувчи момент ҳосил бўлади, унинг таъсирида ҳалқасимон камера стрелкаси билан таянч нуқта атрофида айланиш тескари таъсир этувчи момент билан мувозанатлашмагунга қадар бурилади. Шкала *1* бевосита

қовушоқлик бирликларида даражаланган. Қовушоқликни ўлчаш чегараларини юк *4* оғирлигини ошириш ёки камайтириш йўли билан ўзгартириш мумкин. Асбобнинг максимал хатолиги тажриба йўли билан белгиланган бўлиб, ±1,5% ни ташкил қилади, ҳалқанинг максимал бурилиш бурчаги 60°, ўлчаш чегараси эса 20 мПа·с.

Ичи ковак ҳалқада суюқлик сатҳининг ўзгариши қуйидаги айлантирувчи моментни ҳосил қилади:

$$M_{айл} = H \cdot j \cdot S \cdot R \qquad (6.44)$$



6.43- расм. Ҳалқали вискозиметрнинг схемаси.

Бунинг таъсирида ҳалқа соат стрелкаси ҳаракати йўналишида бурилади. Ҳалқанинг бурилиши тескари таъсир этувчи моментни юзага келтиради:

$$M_{тес} = F \cdot b \cdot \sin\alpha \qquad (6.45)$$

Моментлар тенг бўлганида ичи ковак ҳалқа янги мувозанат вазиятида тўхтайди:

$$M_{айл} = M_{тес} \qquad (6.46)$$

ёки

$$H \cdot j \cdot S \cdot R = F \cdot в \cdot \sin\alpha$$

бу ерда N — суюқлик сатҳи; j — суюқликнинг солиштирма оғирлиги; S — ҳалқа ярим қисмлари ўртасидаги тўсиқнинг юзи; R — ҳалқанинг ўртача радиуси; F — юкнинг оғирлик кучи; b — система оғирлик марказининг таянч нуқтасигача масофаси; α — ҳалқанинг бурилиш бурчаги.

Айни ҳалқа учун F, b, S, R катталиклар ўзгармас, шунинг учун

$$H \cdot j = K \cdot \sin\alpha, \qquad (6.47)$$

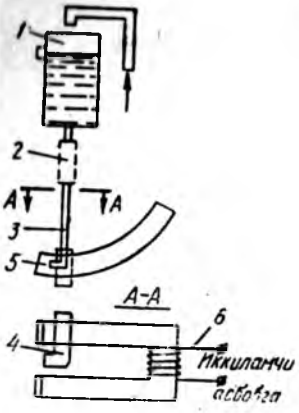
бу ерда

$$K = F \cdot b / S \cdot R$$

(6.47) тенглама асбобнинг статик характеристикасини ифодалайди ва идишдаги суюқлик сатҳи бир хил бўлганида унинг оғирлиги ҳалқа бурилиш бурчагининг синусига пропорционал ва фақат қовушоқликка боғлиқлигини билдиради. Вискозиметр шкаласининг нотекислигини лекало ёрдамида бартараф этиш мумкин.

Доимий сатҳли вискозиметрнинг ишлаши сатҳни белгиланган баландликда сақлаб туриш принципига асосланган. Ўзгарувчан сатҳли асбоблардан фарқли равишда бу ерда суюқлик сарфининг қатъий бир доимийликда бўлиши шарт эмас.

6.44- расмда доимий сатҳли вискозиметрнинг схемаси келтирилган. Цилиндрик идиш *1* га эластик бириктирувчи *2* ёрдамида, масалан, учи 90°га букилган капилляр *3* маҳкамланган



6.44- расм. Сатҳ баландлиги ўзгармас вискозиметрнинг схемаси.

бўлади. Капилляр индукторли датчик *5* нинг қисқа туташтирилган чулғами (экрани) *4* билан бикр қилиб бирлаштирилган. Датчик индуктив чулғами *6* бўлган П-симон стерженда иборат.

Суюқлик йиғгич идишдан насос ёрдамида идиш *1* га берилади ва капилляр *3* орқали оқиб чиқади. Капиллардан чиқадиган суюқликнинг сатҳи оқиб чиқаётган суюқликнинг сарфига боғлиқ бўлган реактив куч ҳосил қилади. Бу куч капилляр *3* нинг эркин учини силжишга мажбур қилади. Текширилаётган суюқликнинг ва унинг капиллярдан ўтаётган сарфи ўзгаради, бунинг натижасида реактив куч ҳам ўзгариб, капиллярнинг эркин учини керакли катталикка силжитади. Капиллярнинг учи билан бирга у билан бикр қилиб бириктирилган қисқа туташтирилган чулгам *5* силжийди.

Ўзгарувчан ток билан таъминланган индуктив чулғам *6* П-симон магнит ўтказгич стержень ва бу стерженнинг эркин учи орасидаги зазор орқали ўзгарувчан магнит оқими ҳосил қилади. Стержень *5* нинг битта ярим қисмга қисқа туташтирилган чулғам *4* кийдирилган, у магнит куч чизиқларини беркитиш хоссасига эга бўлади, чунки бу ҳалқанинг силжиши натижасида стержень *5* нинг эркин учлари орасидаги зазор орқали магнит оқими ўтадиган юза ўзгаради. Натижада индуктив чулғам *6* ҳосил қиладиган магнит оқими қисқа туташтирилган чулғамдан нарига ўтмайди, яъни беркилиб қолади. Бунда индуктивлик ўзгаради ва уни иккиламчи асбоб қайд этади. Шундай қилиб, қовушоқлик ўзгарганида экран *4* билан бикр бириккан капилляр стержень *5* бўйлаб силжийди, бунинг натижасида иккиламчи асбоб қайд этадиган индуктивлик ўзгаради.

Тошкент олий ўқув юртларининг ходимлари ишлаб чиққан бу вискозиметрлар ўлчаш аниқлиги ва асбобнинг ишончли ишлашини оширишга имкон беради.

Шарикли вискозиметрлар

Шарикли вискозиметрлар суюқликларнинг қовушоқлигини ўлчашда кенг ишлатилади.

Қовушоқликни эркин тушувчи жисм усули билан ўлчаш Стокс қонунига асосланган. Бу қонунга мувофиқ эркин тушувчи жисмнинг суюқликдаги тезлиги шу суюқлик қовушоқлиги билан боғланган, бу боғланиш қуйидагича ифодаланади:

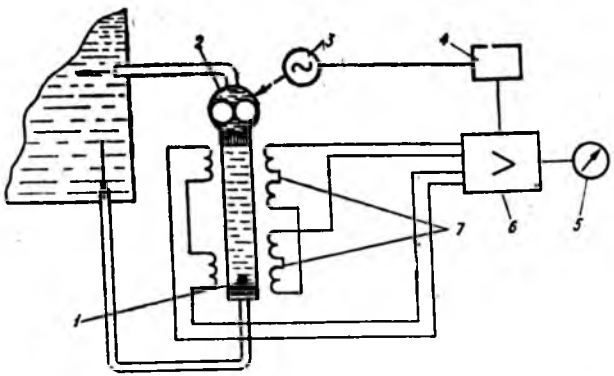
$$\mu = K \cdot \frac{(\rho_1 - \rho_2) \cdot g \cdot r^2}{v} \qquad (6.48)$$

бу ерда ρ_1 ва ρ_2 — шарик материалининг ва суюқликнинг зичликлари, кг/м³; g — оғирлик кучининг тезланиши, м/с²; r — шарикнинг радиуси, м; v — шарикнинг бир меъёрда тушиш тезлиги, м/с; К — қабул қилинган ўлчовга боғлиқ бўлган сонли доимий коэффициент.

Стокс қонуни бир жинсли суюқликнинг мутлақо сферик шарикка нисбатан ламинар ҳаракатида ишлатилиши мумкин. (6.48) формуладан маълумки, текширилаётган суюқликнинг қовушоқлигини ўлчаш суюқликдаги шарикнинг тушиш тезлигини ёки шарикнинг белгиланган масофадан ўтиш вақтини ўлчашдан иборат. Қовушоқликнинг шарик тушиш вақтига боғлиқлиги қуйидагича ифодаланади:

$$\mu = K \cdot \tau, \qquad (6.49)$$

бу ерда К — асбоб доимийси, Па; τ — шарикнинг белгиланган масофадан ўтиш вақти, с.



6.45- расм. Эркин тушувчи шарчали автоматик вискозиметрнинг схемаси.

Қовушоқликни шарчанинг эркин тушиш вақти бўйича аниқлайдиган автомат қурилманинг принципиал схемаси 6.45- расмда кўрсатилган. Суюқлик оқими шарик *1* ни бошланғич ҳолатга шестерняли насос 2 ёрдамида кўтаради. Бу шестерняли насос электр двигатель *3* га эга. Шарикни кўтариш билан бирга насос суюқликдан намуна олиб, уни синайди. Шарик юқориги чекловчи тўрга етгач, насос тўхтайди, шарик ҳаракатсиз муҳитда эркин пастга тушади. Индукцион ғалтаклар *7* орқали шариknинг белгиланган йўл *l* дан ўтиш вақти ҳисобланади. Шариknинг индукцион ғалтаклардан ўтишида номувозанатлик сигналлари ҳосил бўлади ва бу сигнал электрон кучайтиргич *6* орқали кучайтирилади. Шестерняли насоснинг автоматик равишда уланиши ва вақтнинг ҳисобланиши реле блоки *4* ва ўлчаш асбоби *5* ёрдамида бажарилади.

Асбобнинг ўлчаш чегаралари индукцион ғалтаклар ораси

даги масофа l ва шарча диаметрининг ўзгариши билан танланади.

Бундай асбобларда 100 Па·с диапозондаги суюқлик қовушоқлигини ўлчаш мумкин. Асбобларнинг ўлчаш аниқлиги ±2%.

Ротацион вискозиметрлар

Суюқликлар қовушоқлигини ўлчашда ҳамда уларнинг реологик хусусиятларини ўрганишда ротацион вискозиметрлардан фойдаланиш қулай. Бу асбоблар текширилаётган суюқлик ҳосил қилувчи қаршилик моментлари ва айлантирувчи моментларни ўлчашга асосланган.

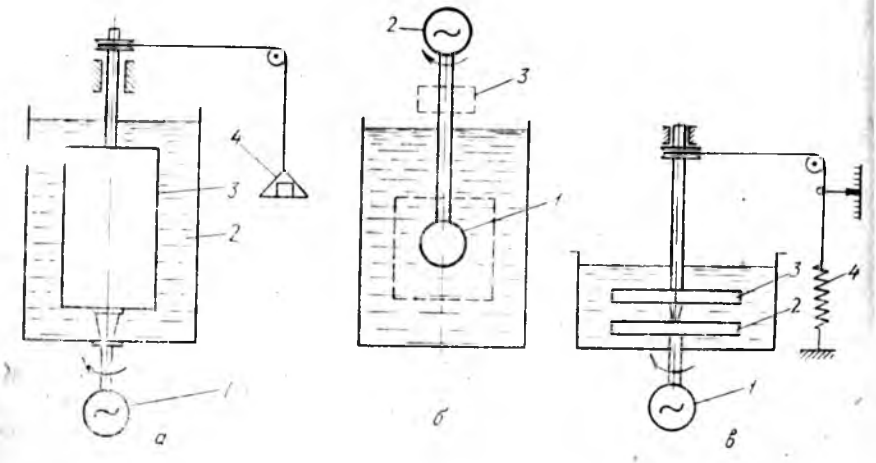
Қовушоқ суюқликда жисм айланганида қовушоқлик қаршилиги тескари таъсир этувчи момент ҳосил қилади. Агар жисм доимий тезлик билан айланса, бу момент суюқлик ҳосил қиладиган айлантирувчи моментга тенг ва динамик қовушоқликка пропорционал бўлади:

$$M = K \cdot \mu \cdot \omega, \qquad (6.50)$$

бу ерда M — айлантирувчи момент. Н·м; K — асбоб доимийси; μ — динамик қовушоқлик, Па·с; ω — айланувчи жисмнинг бурчак тезлиги, 1/с.

Ротацион вискозиметрлар айланувчи жисм шакли ва айлантирувчи моментни ўлчаш усулига кўра бир-биридан фарқ қилади. Бошқа асбобларга нисбатан коаксиал цилиндрли, айланувчи жисм ва анализ қилинаётган суюқликка чўктириладиган айланувчи параллел дискли асбоблар кўпроқ ишлатилади. 6.46-расмда ротацион вискозиметр турларининг принципиал схемалари кўрсатилган.

Коаксиал цилиндрли вискозиметр (6.46-расм, *а*) ташқи цилиндри анализ қилинаётган суюқлик билан тўлдирилган икки



6.46-расм. Ротацион вискозиметр.

цилиндрдан иборат. Ташқи цилиндр *2* ўзгармас тезлик билан айланганда двигатель *1* таъсирида суюқлик стационар айланиш ҳолатига келади ва айлантирувчи моментни ички цилиндр *3* га узатади. Бу цилиндрни тинч ҳолатда сақлаш учун цилиндрга катталиги тенг, лекин тескари ишорали куч моменти таъсир қилиши керак. Бу куч, расмда кўрсатилганидек, калибрланган юк *4* ёрдамида ҳосил қилинади. Ламинар ҳаракатда куч моменти билан кўрилаётган суюқликнинг қовушоқлиги қуйидагича боғланган

$$M = \pi \cdot l \cdot \mu \cdot \omega \frac{R^2 \cdot r^2}{R^2 - r^2}, \qquad (6.51)$$

бу ерда M — куч моменти, Н · м; l — ички цилиндрнинг узунлиги, м; ω — ташқи цилиндр айланишининг бурчак тезлиги, $^1/с$; R ва r — ташқи ва ички цилиндрларнинг радиуси, м.

Вискозиметрларнинг ташқи ва ички цилиндри ҳаракатсиз бўлади.

Текшириладиган суюқликка чўктириладиган айланувчи жисм (6.46-расм, *б*) шарсимон ёки цилиндрик ротор *1* каби ишлайди. Бу ротор двигатель *2* ёрдамида ўзгармас айланишлар частотаси билан айлантирилади. Суюқликнинг ротор айланишига кўрсатилган қаршилиги махсус қурилма *3* ёрдамида ўлчанади.

Айланувчи дискли вискозиметр (6.46-расм, *в*) текширилаётган суюқликка чўктирилган икки параллел диск *2* ва *3* дан иборат. Диск *2* двигатель *1* ёрдамида равон айланади. Текширилаётган суюқликнинг қовушоқлик хусусияти туфайли диск *3* га айлантирувчи момент узатилади. Бу айлантирувчи момент суюқлик қовушоқлигига пропорционал бўлиб, ҳисоблаш асбоби билан боғланган цилиндрик пружина *4* ёрдамида мувозанатланади.

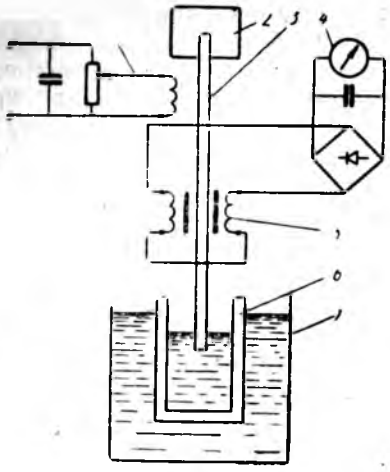
Айланувчи дискли вискозиметрлардан суюқликларнинг қовушоқлигини узлуксиз ўлчашда ҳам фойдаланиш мумкин.

Ротацион вискозиметрларнинг ўзгармас коэффициентлари аналитик равишда ёки эталон суюқликлар бўйича тажриба йўли билан аниқланади. Ротацион вискозиметрларнинг ўлчаш диапазони 0,01...1000 Па·с.

Тебранишли вискозиметрлар

Кейинги йилларда катта ўлчаш диапазонига, юқори сезгирликка ва аниқликка эга бўлган, шунингдек, ҳар хил шароитларда турли муҳитларни анализ қилувчи умумий афзалликларга эга бўлган тебранишли вискозиметрлар кенг тарқалмоқда.

Тебранишли вискозиметрларнинг ишлаш принципи назорат қилинаётган муҳитга чўктирилган сезгир элемент тебраниши сўниш даражасининг шу муҳит қовушоқлигига боғлиқлигига асосланган. Конструктив жиҳатдан тебранишли асбоблар электромагнитли ва ультратовушли бўлади. Электромагнитли (паст

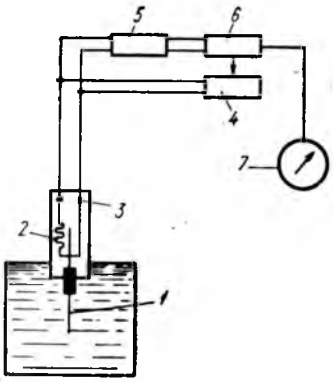


6.47- расм. Электромагнит тебранишли вискозиметрнинг схемаси.

частотали) вискозиметрлар 1 кГц гача ва ультратовушли асбоблар 10—1000 кГц частоталарда ишлайди.

6.47- расмда кўрсатилган электромагнит тебранишли вискозиметрнинг ишлаш принципи қуйидагича. Идиш *6* даги назорат қилинаётган суюқликка сезгир элемент — пўлат пластинка *3* нинг бур учи туширилади. Унинг юқориги қисми махсус қисқичли асбоб *2* га маҳкамланган. Идиш *6* термостатловчи қурилма *7* га ўрнатилади. Электромагнит *1* ёрдамида пўлат пластинка *3* резонанс тебранишли ҳаракатга келтирилади. Текширилаётган суюқликнинг қовушоқлигини ўлчашда пўлат пластинка тебранишларининг амплитудаси ўзгаради. Бу ўзгариш электромагнит датчиклар *5* ёрдамида қабул қилинади. Датчикларда индукцияланган кучланиш тўғриланиб, ўлчаш асбоби *4* га узатилади, асбоб қовушоқлик бирлигида даражаланган. Улар қовушоликни ±3 ... 5% хатолик билан ўлчайди.

Ультратовушли вискозиметрлар энг универсал ҳисобланади. Бу асбоблар катта ўлчаш диапозони, юқори аниқлик, инерциясизлик, ҳаракатланувчи қисмларининг йўқлиги каби афзалликларга эга. Лекин бу асбоблар мураккаб электрон қурилмалардан иборат бўлганлиги сабабли уларнинг ишлатилиши чекланган.



6. 48- расм. Ультратовушли вискозиметрнинг схемаси.

Ультратовушли вискозиметрлар ультратовушларнинг муҳит қовушоқлигига қараб ютилишига асосланган. 6.48- расмда ультратовуш тебранишларининг сўниш тезлигини ўлчайдиган ультратовушли вискозиметрнинг схемаси кўрсатилган.

Магнитостракцион материалдан ишланган пластина *1* гильза *3* га маҳкамланган. Пластинанинг пастки қисми қовушоқлиги ўлчанаётган суюқликка туширилган. Гильзада импульслар генератори *4* дан таъминланадиган уйғотиш ғалтаги *2* бор. Ғалтакка узунлиги 20 мкс га яқин импульс юборилади, натижада пластинада бўйлама тебранишлар юз беради. Тебранишлар

частотаси, пластина геометрияси орқали, сўниш амплитудаси эса суюқлик қовушоқлиги орқали аниқланади. Импульсни юбориш билан бир вақтда кўчайтириш ва детектирлаш операцияси кучайтиргич *5* ва детектор *6* да бажарилади, натижада триггер генераторини беркитади. Пластинанинг тебранишида тескари магнитострикцион эффект туфайли ғалтакда пластинанинг тебраниш частотасига тенг бўлган кучланиш (ЭЮК) ҳосил бўлади.

$$U = U_m exp(-\alpha\tau)\sin(\omega\tau), \qquad (6.52)$$

бу ерда U — ғалтак учларидаги кучланиш; U_m — кучланишнинг бошланғич амплитудаси; α — тебранишнинг суюқлик қовушоқлигига боғлиқ бўлган сўниш коэффициенти; τ — вақт; ω — пластинанинг тебраниш частотаси.

Бу кучланиш импульслар генераторини пластина тебранишларининг сўниши тугагунча беркитиб туради, шундан сўнг генератор қайта уйғонади.

Шундай қилиб, сўниш интенсивлигининг ўлчови импульслар генераторининг кетма-кет уйғонишидаги вақт оралиғи катталигидан иборат. Суюқлик қовушоқлиги қанча катта бўлса, импульслар орасидаги вақт оралиғи шунча кичик бўлади. Ўлчаш сигнали детектордан иккиламчи асбоб *7* га келади.

Қовушоқлик бирлигида даражаланган ўлчаш асбоби импульслар интервалининг ўртача қийматини ўлчайди. Асбобнинг ўлчашдаги хатолиги ±1%.

Ультратовушли вискозиметрлар технологик оқимлардаги турли суюқликларни узлуксиз назорат қилиш учун ишлатилади. Бу вискозиметрларнинг ўлчаш диапазони 0,0001...100 Па·с

Тебранишли, айниқса, ультратовушли вискозиметрларнинг қўлланилиш соҳаси ньютон суюқликлари билан чеклаб қўйилади, бу суюқликларнинг қовушоқлиги механик таъсир интенсивлигига боғлиқ бўлмайди. Ноньютон суюқликларда улар камайтириб кўрсатади, бу ҳолда ҳам улардан фақат қовушоқлик индукаторлари сифатидагина фойдаланиш мумкин.

VI.6-§. МОДДАЛАРНИНГ НАМЛИГИНИ ЎЛЧАШ

Газлар, суюқ муҳит ва қаттиқ жисмларнинг намлиги кимё, озиқ-овқат, металлургия, тўқимачилик саноатида ва бошқа саноат тармоқларидаги ҳамда қурилишдаги кўпгина технологик жараёнларнинг муҳим кўрсаткичларидан ҳисобланади.

Ҳар қандай жисмда намликнинг мавжудлиги унинг абсолют ҳамда нисбий намлиги билан характерланади.

Газнинг абсолют намлиги дейилганда нормал шароитларда 1,0 м³ газ аралашмасидаги сув буғи массаси тушунилади. Абсолют намликнинг бирликлари г/м³ ёки кг/м³.

Нисбий намлик дейилганда 1,0 м³ аралашмадаги сув буғи массаси (ҳажми)нинг шу температурадаги 1,0 м³ аралашма-

даги сув буғининг максимал массаси (ҳажми)га нисбати тушунилади. Нисбий намлик ўлчовсиз катталик, баъзан уни фоизларда ифодаланади.

Материалдаги нам миқдорини миқдор жиҳатидан характерлаш учун иккита катталик — нам сақлами ва намликдан фойдаланилади.

Нам жисм массасининг абсолют қуруқ материал массасига нисбати нам сақлами деб аталади ва қуйидагича ифодаланади:

$$H_c = \frac{M}{M_0} \text{ ёки } H_c = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \cdot 100\%. \quad (6.53)$$

Бу ерда M — нам массаси; M_0 — абсолют қуруқ материалнинг массаси; M — нам материалнинг массаси.

Қаттиқ жисмларнинг намлиги дейилганда жисмдаги нам массасининг нам материал массасига нисбати тушунилади ва қуйидагича ифодаланади:

$$W = \frac{M}{M_1} \quad (6.54)$$

Нам сақламидан намликка ўтиш ва аксинча ҳолларда қуйидаги нисбатдан фойдаланилади

$$H_c = W(1 - W), \; W = \frac{H_c}{1 + H_c}$$

Газ намлигини ўлчаш усулларига психрометрик, шудринг нуқтаси, гигрометрик (сорбцион), конденсацион, спектрометрик, электр-кимёвий, иссиқ ўтказувчанлик усуллари киради. Булардан биринчи учтаси энг кўп тарқалган.

Суюқликларнинг намлигини ўлчаш учун сиғимли, абсорбцион асбоблар ва суюқликнинг намликка алоқаси бор бирор хоссасини ўлчайдиган асбоблардан фойдаланилади.

Қаттиқ ва сочилувчан жисмларнинг намлигини ўлчаш учун бевосита ва билвосита усуллар қўлланилади.

Қуритиш, экстракцион ва кимёвий усуллар бевосита ўлчаш усулларининг ичида энг кўп тарқалгандир.

Кондуктометрик, диэлькометрик, ўта юқори частотали, оптик, ядровий магнит резонанси, термовакуум, теплофизика усуллари билвосита ўлчаш усулларига киради.

Қуйида саноатда энг кўп тарқалган усулларни кўриб чиқамиз.

Газларнинг намлигини ўлчаш

Ҳозир технологик жараёнларда газларнинг ва ҳавонинг намлигини ўлчашнинг психрометрик, шудринг нуқтаси ва гигрометрик усуллари энг кўп тарқалган.

Психрометрик асбоблар билан намликни ўлчаш принципи сув буғининг эластиклиги ҳамда қуруқ ва нам термометрлар-

нинг кўрсатишлари ўртасидаги боғланишга асосланган. Психрометрик эффектни ўлчаш учун психрометр иккита бир хил термометрга эга бўлиши керак. Булардан биринин (ҳўл термометрнинг) иссиқлик қабул қилувчи қисми идишдан сувни сўриб олувчи гигроскопик жисмга туташиб туради ва доимо нам ҳолда сақланади. Ҳўл термометрнинг сиртидаги намлик буғланганда унинг температураси пасаяди. Натижада қуруқ ва ҳўл термометрлар ўртасида психрометрик фарқ деб аталувчи температуралар фарқи пайдо бўлади.

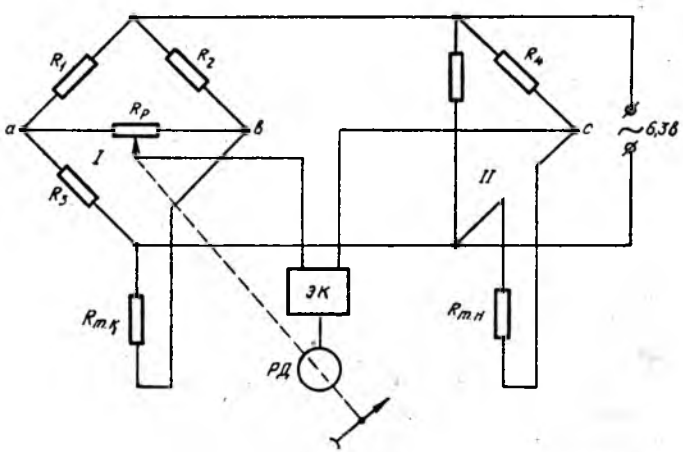
Психрометрик фарққа боғлиқ нисбий намлик қуйидаги нисбатдан аниқланади:

$$\varphi = \frac{P_н - A(t_к - t_н)}{P_к} \qquad (6.55)$$

бу ерда $P_н$ — нам термометрнинг $t_н$ температурасида текширилаётган муҳитнинг тўйинтирувчи буғлар эластиклиги, Па; $P_к$ — қуруқ термометрнинг $t_к$ температурасида текширилаётган муҳитнинг тўйинтирувчи буғлар эластиклиги, Па; A — психрометрик коэффициент бўлиб, у психрометрнинг тузилиши, нам термометрга газ ҳайдаш тезлиги ва газ босимига боғлиқ, $1/^0C$. A коэффициент маълум конструкцияли психрометрлар учун тузилган махсус жадваллардан олинади. Бу коэффициентга ҳўл термометрга газ ҳайдаш тезлиги катта таъсир қилади. Газ оқимининг тезлиги ошиши билан A коэффициент камаяди ва 2,5 . . . . . 3 м/с дан ортиқ тезликда доимий бўлиб қолади. Саноат психрометрларида газ оқимининг тезлигини ўзгартирмайдиган қурилмалар бор. Бу тезлик 3 . . . 4 м/с дан кам эмас.

Электр психрометрларда температурани аниқлаш учун терможуфтлар, ярим ўтказгичли термоқаршиликлар ва стандарт металл қаршилик термометрлари ишлатилади.

6.49-расмда қаршилик термометрларига эга бўлган электр психрометрнинг принципиал схемаси кўрсатилган. Асбобнинг ўлчаш қисми *I* ва *II* кўприкларидан иборат. Иккала кўприк ҳам электрон қу-



6. 49- расм. Электр психрометрнинг схемаси.

чайтиргичнинг иккита умумий R_1 ва R_3 елкаларига эга. $R_{т.к}$ қуруқ қаршилик термометри *I* кўприкнинг елкасига, $R_{т.н}$ ҳўл қаршилик термометри *II* кўприк елкасига уланган. *I* кўприк R_1, R_2, R_3, $R_{т.к}$ қаршиликлардан иборат. *II* кўприк R_1, R_3, R_4, $R_{т.н}$ қаршиликлардан иборат.

I кўприк диагоналининг *а* ва *в* учларидаги потенциаллар фарқи қуруқ қаршилик термометрининг температурасига, *а* ва *с* учларидаги потенциаллар фарқи эса ҳўл қаршилик термометрининг температурасига пропорционал. Қўшалоқ кўприк диагоналининг *в* ва *с* нуқталари орасидаги кучланишнинг пасайиши қуруқ ва ҳўл қаршилик термометрларининг температуралари фарқига пропорционал. Ўлчаш системасининг мувозанати *РД* реверсив двигатель ёрдамида ҳаракатга келтириладиган *R* реохорд сирпанғичини автоматик равишда силжитиш йўли билан ҳосил қилинади. Шу билан бирга двигатель асбоб стрелкасини ҳам силжитади. Асбобнинг шкаласи нисбий намлик фоизларида даражаланган.

Психрометрик усулнинг афзалликлар — мусбат температурада ўлчашнинг етарли даражада аниқлиги ва инерционлиги кичиклиги; камчиликлари — ўлчаш натижаларининг газ ҳаракати тезлигига ва атмосфера босими ўзгаришларига боғлиқлиги; температура пасайиши билан сезгирликнинг камайиши ва хатонинг кўпайиши.

Автоматик психрометрик намлик ўлчагич АПВ-201 технологик объектлардаги буғ-газ аралашмасининг нисбий намлигини узлуксиз назорат қилиш учун мўлжалланган. Унинг ишлаш принципи нисбий намликни ўлчашнинг психрометрик усулига асосланган.

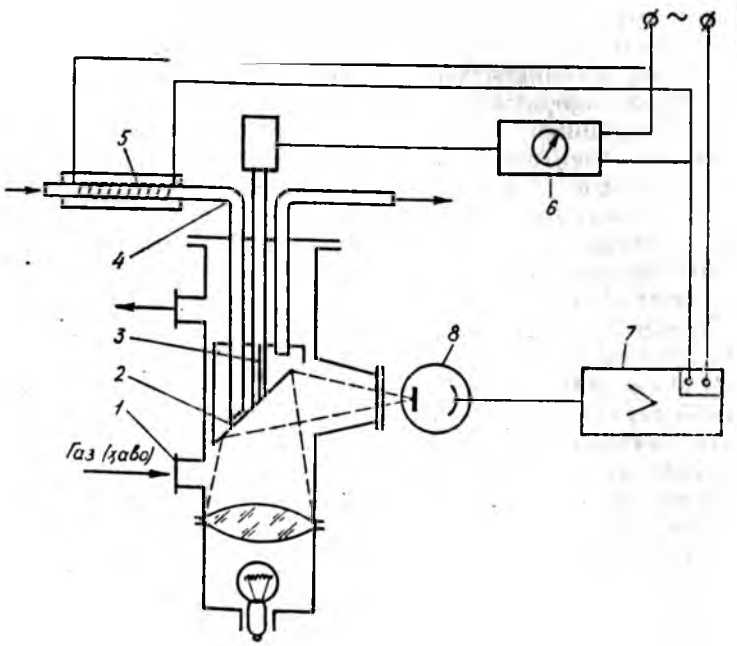
Нам ўлчагич учта блокдан: бирламчи ўзгарткич, иккиламчи ўзгарткичдан ва мувозанатлаштирилган кўприк КСМ-3 дан иборат. Нисбий намликни ўлчаш чегаралари 10...100%. Ўлчанаётган муҳитнинг температураси 30...100°С. Асосий абсолют хатолик нисбий намликнинг 3% ига тенг.

Шудринг нуқтаси усули ёки газларнинг намлигини конденсацион усул бўйича ўлчаш қуйидаги богланишга асосланган:

$$\varphi = \frac{P_\tau}{P_t} \qquad (6.56)$$

бу ерда P_τ — шудринг нуқтасининг τ температурасида буғнинг эластиклиги. Па P_t — тўйинган буғнинг t температурадаги эластиклиги, Па.

Шундай қилиб шудринг нуқтасини ва текширилаётган газнинг температурасини билсак, унинг нисбий намлигини аниқлаш мумкин. Шудринг нуқтаси усули катта қулайликка эга, чунки у намликни газнинг исталган босими шароитида ўлчашга имкон беради (10...15 МПа ва ундан ортиқ). Бу усул бўйича намликни ўлчаш температурани ўлчашдан иборат. Шу



6. 50- расм. Конденсацион намлик ўлчагичнинг тузилиш схемаси.

усул бўйича ўлчаш асбобининг тузилиши 6.50- расмда кўрсатилган.

Текширилаётган газ ёки ҳаво канал *1* орқали қувур *4* дан келадиган совуқ ҳаво билан совитиладиган кўзгу *2* гача келади. Сезгир элемент кўзгуча сиртига кичик инерцияли терможуфт *3* ўрнатилган, унга милливольтметр *6* уланган. Кўзгучада шудринг пайдо бўлиш пайти фотореле схемаси бўйича уланган фотоэлемент *8* ёрдамида қайд қилинади ва шу пайтда контактлар *7* туташиб, милливольтметр уланади ҳамда кўзгуча температурасини ўлчайди. Айни бир вақтда ҳаво иситгич *5* нинг электр қиздириш элементи уланади, бу элемент кўзгуча қизиб, равшанлангунча уланган ҳолда туради. Кўзгуча сиртидаги шудринг батамом буғланганда иситгич узилади ва кўзгуча исийди. Шундай қилиб, ўлчаш жараёни такрорланиб туради.

Бу асбобларнинг бир қанча конструкциялари бор. Улар бир-биридан сезгир элементни совитиш, конденсация пайтини қайд этиш, шудринг пайдо бўлиш температурасини ўлчаш усуллари билан фарқ қилади. Лекин деярли барча намлик ўлчагичлар мураккаб тузилишга эга бўлиб, ишлатишда катта малака ва эътиборни талаб қилади. Шунинг учун бу асбоблар бошқа усулларни қўллаб бўлмаган ҳоллардагина ишлатилади.

Гигрометрик нам ўлчагичларда сезгир элемент ўлчанаётган газ билан гигрометрик мувозанатда туриши керак. Техник ўлчашлар амалиётида гигрометрик ўзгарткичларнинг қуйидаги турлари тарқалган: электролитик, қиздиришли электролитик ва сорбцион. Электролитик гигрометрларда ўлчаш ўзгарткичида электролитли намга сезгир элемент бўлади. Газнинг намлиги ўзгарганда бу элементдаги нам миқдори ўзгаради, натижада электролитнинг концентрацияси ҳамда тегишлича унинг қаршилиги ёки электр ўтказувчанлиги ўзгаради. Электролит сифатида, кўпинча, литий хлорид ишлатилади. Электролитик гигрометрларнинг ўлчаш схемалари кўприкли ўлчаш схемаларининг турли вариантларидан иборат бўлади. Электролитик гигрометрларнинг камчилигига уларнинг даражаланиш характеристикаларининг нотурғунлигини, шунингдек, уларнинг кўрсатишига температуранинг ва эритма концентрациясининг таъсирини киритиш мумкин.

Қиздиришли электролитик ўзгарткичлар тузилиши жиҳатидан электролитик ўзгарткичларга яқин. Бироқ ишлаш принципи бўйича фарқ қилади. Газ намлиги ўзгариши натижасида ўзгарткич электр ўтказувчанлиги ўзгариб унинг температураси ҳам ўзгаради. Агар газнинг намлиги ортса, ўзгарткичнинг электр ўтказувчанлиги ҳам ортиб, токнинг кўпайишига, ўзгарткич температурасининг кўтарилишига ва ўзгарткичдан намнинг буғланишига олиб келади. Бу эса ўз навбатида электр ўтказувчанликнинг, токнинг ва ўзгарткич температурасининг камайишига олиб келади. Шундай қилиб, анализ қилинаётган газдаги сув буғларининг парциал босимлари билан электролитнинг тўйинган эритмаси устидаги парицал босимларнинг мувозанат ҳолатига мос келадиган режим автоматик тарзда сақлаб турилади. Бу мувозанат ҳолатига мос келувчи температура бирор термометр билан ўлчанади. Қиздиришли электролитик гигрометрлар нисбатан содда ва ишончлидирлар. Уларнинг характеристикаси амалда газнинг чангишига ёки ифлосланишига, тезлигига, босимига ва таъминлаш кучланишига боғлиқ эмас.

Сорбцион гигрометрларда сорбцион материаллар (керамика, микрофовакли материаллар, алюминий оксидлар ва бошқалар) физик хоссаларининг улардаги газ намлигига боғлиқ бўлган нам миқдорига қараб ўзгарадиган ўзгаришидан фойдаланилади. Одатда, нам сақлами ўзгариши билан ўлчаш ўзгарткичининг ё электр қаршилиги, ёки сиғими, ёхуд диэлектрик исрофлар тангенси ё бўлмаса, бирор бошқа параметри ўзгаради. Асбобнинг ўлчаш схемаси ўлчаш ўзгарткичининг чиқиш сигнали билан белгиланади. Бу турдаги асбоблар индивидуал даражаланиш характеристикалари билан фарқ қилади, шунинг учун уларнинг саноатда кенг қўлланилиши чеклаб қўйилган.

Суюқликларнинг намлигини ўлчаш

Суюқликларнинг намлигини ўлчаш учун махсус нам ўлчаш асбоблари ҳам, ёки суюқликнинг бирор бошқа хоссасини ўлчайдиган асбоблар ҳам қўлланилади (бу хосса суюқликнинг намлигига боғлиқ бўлиши керак). Масалан, пульпани характерлайдиган характеристикалардан бири унинг таркибидаги суюқлик, қаттиқ модда нисбатидир. Бу катталик одатда зичлик ўлчагичлар билан ўлчанади. Пульпадан фақат суюқ фаза чиқариб ташланаётган ҳолларда (буғлатиш, фильтрлаш йўли билан) зичлик ўлчагичининг кўрсаткичлари пульпадаги суюқлик миқдори билан аниқланади. У ҳолда зичлик ўлчагич нам ўлчагич вазифасини бажаради.

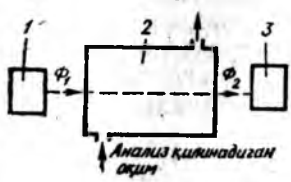
Суюқликлар учун мўлжалланган махсус нам ўлчагичларда сиғимли ва абсорбцион ўлчаш усулларидан фойдаланилади.

Сиғимли нам ўлчагичларнинг ишлаши суюқликда сув миқдори камайганда унинг диэлектрик сингдирувчанлигининг ўзгаришига асосланган. Бундай нам ўлчагичнинг электр схемаси сиғимли сатҳ ўлчагичнинг электр схемасига ўхшаш. Суюқлик намлигининг ўзгариши сиғимнинг ва чиқиш кучланишининг ўзгаришига олиб келади. Бундай нам ўлчагичлар билан нефтдаги сув миқдори ўлчанади.

Асбобсозлик заводлари ПАВН туридаги анализаторлар ишлаб чиқаради, унинг ёрдамида нефть ва нефть маҳсулотларидаги сув миқдори аниқланади. У нефтдаги ва диэлектрик хоссалари жиҳатидан унга яқин нефть маҳсулотларидаги (мойлар, мазут, дизель ёқилғилари ва ҳ.) сув миқдорини аниқлаш учун мўлжалланган. Анализатор ўлчаш блоки, таъминлаш ва назорат блоклари (БПК) ҳамда ўлчанадиган параметрни қайд этадиган автоматик потенциометр КСП4И дан иборат. Анализаторнинг ишлаш принципи назорат қилинаётган маҳсулотларнинг диэлектрик сингдирувчанлигини ўлчашга асосланган бўлиб, бу катталикнинг қиймати маҳсулотдаги сув миқдорига пропорционал бўлади. Ўлчаш диапозонлари 0...5 ва 5...15%, ўлчанадиган муҳитнинг температураси 5...50°С, ўлчанадиган муҳитнинг зичлиги 0,320 ... 0,900 г/см³.

Абсорбцион нам ўлчагичнинг ишлаш принципи (суюқлик учун) сувнинг инфрақизил нур соҳасига яқин спектр соҳасидаги нурланиш энергиясини ютишига асосланган. Бундай нам ўлчагичнинг принципиал схемаси 6.51-расмда кўрсатилган.

Суюқлик камера *2* дан ўтказилади, у ерда суюқлик орқали манба *1* дан нурланиш оқими $Ф_1$ ўтади. Камерада энергиянинг бир қисмини нам ютганлиги учун чиқаётган нурланиш оқими $Ф_2$ нинг энергияси аралашмадаги нам концентрацияси қанча кўп бўлса, шунча кам бўлади. Оқим $Ф_2$ ни приёмник *3* ўлчайди.



6. 51-расм. Абсорбцион намлик ўлчагичнинг схемаси.

Нурланиш манбаи бўлиб чўғланиш лампаси, приёмник бўлиб эса фоторезистор хизмат қилади. Саноатда ишлатиладиган нам анализаторлари ацетон ва спиртдаги нам концентрациясини 0 дан 5% гача аниқлаш учун хизмат қилади.

Қаттиқ ва сочилувчан материалларнинг намлигини ўлчаш

Қаттиқ ва сочилувчан материалларнинг намлигини ўлчаш усуллари шартли равишда икки гуруҳга бўлинади: 1) намунадаги нам ёки қуруқ модда массасини аниқлашга имкон берадиган бевосита усуллар (қуритиш, экстракцион ва кимёвий усуллар); 2) намликни унга боғлиқ параметрни ўлчаш йўли билан аниқлайдиган билвосита усуллар (кондуктометрик, диэлькометрик, ўта юқори частотали, оптик, ядровий магнит резонансли, термовакуум, теплофизик усуллар).

Бевосита усуллар юқори ўлчаш аниқлиги ва узоқ давом этиши билан фарқланади (10—15 соатгача).

Билвосита усуллар жуда юқори тезликда бажарилиши ва ўлчаш аниқлиги анча пастлиги билан характерланади.

Техник ўлчашларда деярли ҳамма вақт билвосита усуллар қўлланилади. Билвосита усуллардан кондуктометрик, диэлькометрик (сиғимли), ўта юқори частотали ва оптик усуллар кенг тарқалган.

Одатда саноатда ишлатиладиган материалларнинг кўпчилиги капилляр-ғовак жинслар бўлиб, уларда нам ғовакларда сақланади. Материал ютиши мумкин бўлган нам миқдори капиллярларнинг шакли, ўлчами ва жойлашувига, шунингдек, сувнинг материал билан боғланиш жиҳатига боғлиқ. Намнинг материал билан турлича боғланиши унинг физик характеристикаларига турлича таъсир қилади ва бу боғланишни аниқлаш анча қийинчиликларга боғлиқ. Шунинг учун қаттиқ ва сочилувчан материалларнинг намлигини ўлчаш қийинчиликлар туғдиради ва даражаланган характеристикаларнинг етарли бўлмаслигига олиб келади.

Капилляр-ғовак материаллар қуруқ ҳолида солиштирма қаршилиги 10^8 Ом·м ва ундан юқори бўлган диэлектрик моддалар ҳисобланади. Капилляр-ғовак материаллар намланганида солиштирма қаршилиги 10^4 Ом·м бўлган ўтказгичларга айланиши мумкин.

Кондуктометрик намлик ўлчагичлар қаттиқ ва сочилувчан материаллар намлигини ўлчашда кенг ишлатилади. Кондуктометрик усул модда намлиги билан унинг электр қаршилиги ўртасидаги боғланишга асосланган. Бу боғланиш қуйидагича ифодаланади:

$$R = \frac{C}{W^n}, \qquad (6.57)$$

бу ерда R — метериалнинг қаршилиги, Ом; C — материал табиатига боғлиқ бўлган доимий катталик; W — материалнинг намлиги, %; n — текширилаётган мате-

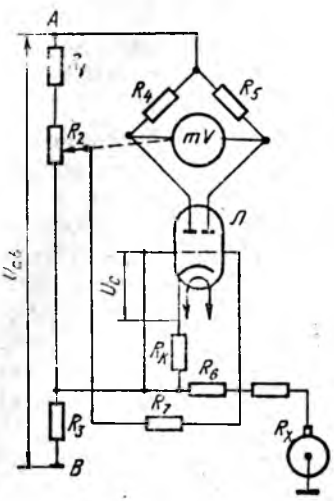
риалларнинг структураси ва табиатига боғлиқ бўлган даража кўрсаткичи (турли материаллар учун кенг чегараларда ўзгариб туради).

C доимий ҳам, даража кўрсаткичи *n* ҳам ҳар қайси материал учун тажриба йўли билан аниқланади.

Қаршиликнинг намликка бўлган даражали нисбати капилляр-ғовак материаллар намлигини кондуктометрик усул бўйича аниқлаш усулининг юқори сезгирлигини кўрсатади. Лекин қаршиликнинг бошқа факторларга (температура, материал таркиби, зичлик, кимёвий таркиб, электролитлар мавжудлиги ва бошқалар) мураккаб боғлиқлиги намликни автоматик равишда узлуксиз ўлчашда бу усулни яроқсиз қилиб қўяди. Шунинг учун кондуктометрик намлик ўлчагичларнинг ишлатилиши чекланган.

Кондуктометрик намлик ўлчагичларнинг ўзгарткичлари ясси пластиналар, цилиндрик найчалар, роликлар ва хоказо кўринишда ишланган икки электроддан иборат. Кондуктометрик намлик ўлчагичларнинг кўрсатишлари фақат тортилмаларнинг прессланишидагина тикланади, шунинг учун сочилувчан материалларга мўлжалланган ўзгарткичларнинг кўпчилиги электродлар орасидаги тортилмаларни прессловчи қурилмалар билан таъминланган.

Ўлчаш схемаларн орасида унумлиси кўприкли схемалардир. Кўприкли ўлчаш схемалари юқори сезгирликка эга бўлиб, ўртача ва юқори (5 . . . . 25%) намликларни ўлчашда ишлатилади. 6.52-расмда кўприкли ўлчаш схемасига эга бўлган автоматик намлик ўлчагичнинг принципиал схемаси кўрсатилган. Текширилаётган материал ролик ва вал орасидан ўтказилади (ролик валдан изоляцияланган). Занжирнинг асосий элементи кўприкдир, кўприкнинг R_1 ва R_5 елкалари доимий қаршиликлар, бошқа икки елкаси эса кўш триоднинг ички қаршиликларидир (схемада икки қўшимча R_1 ва R_3 қаршиликлар мавжуд). Кўприк диагонали бўйлаб милливольтметр уланган. Лампанинг чап ярим тўридаги U_c манфий кучланиш R_x қаршиликдаги кучланишнинг пасайиши орқали аниқланади ва у доимий бўлади. Шунинг учун триоднинг чап яримидаги қаршилик ҳам доимий бўлади. Ўнг триод тўридаги манфий кучланиш U_c дан IR_6 катталикка фарқ қилади. *I* ток эса кўрилаётган материалнинг R_x қаршилиги ва R_2 реохорд сирпанғичининг ҳолатига боғлиқ. Реохорд сирпанғичи милливольтметр стрелкасининг ноль ҳолатидан (кўприк мувозанати бузилган) четга чиқишида R_2 да кучланишнинг пасайиши, R_6 ва



6. 52- расм. Кўприкли ўлчаш схемасига эга бўлган автоматик намлик ўлчагич.

R_7 ларда кучланишнинг пасайиши билан мувозанатлашгунча компенсатор орқали ҳаракатга келтирилади

Триоднинг иккала ярмидаги силжиш кучланишлари бир хил бўлганида, кўприк мувозанат ҳолатига келади. Намликнинг бинобарин материал қаршилиги R_x нинг ўзгариши билан R_6 қаршиликда ток ҳосил бўлади, кўприк мувозанати бузилади, натижада R_2 сирпанғич тегишли қийматга силжийди. Ҳар бир намлик қийматига реохорд сирпанғичи R_2 нинг муаян ҳолати мос келади.

Юқорида айтилганидек, ўзгарткич қаршилиги материал намлигидан ташқари бошқа факторларга ҳам боғлиқ. Шунинг учун қаршилик ва намлик ўртасидаги нисбатни таърифловчи эгри чизиқларнинг характери бир хил бўлса ҳам турли моддаларга мос келмайди (ҳар бир модда учун даражали эгри чизиқ ёки ҳисоблаш жадваллари керак бўлади).

Диэлькометрик усул капилляр-говак жисмлар намлигининг ўзгариши уларнинг диэлектрик сингдирувчанлигини жуда ўзгартириб юборишига асосланган. Қуруқ жисмларда диэлектрик сингдирувчанлик $\varepsilon = 1...6$, сувники эса $\varepsilon = 81$. Материалнинг намлиги ўзгариши натижасида диэлектрик сингдирувчанликнинг ўзгаришини, одатда, қопламлари орасига анализ қилинаётган материал жойлаштирилган конденсатор сиғимининг ўзгариши бўйича аниқланади. Диэлькометрик намлик ўлчагичнинг ўзгарткичи иккита ясси пластина ёки иккита концентрик цилиндрлар тарзида ясалиб, уларнинг ораси анализ қилинаётган материал билан тўлдирилади. Геометрик ўлчамлари маълум конденсаторнинг сиғимини қуйидаги формула билан ифодалаш мумкин:

$$C = K \cdot \varepsilon, \qquad (6.58)$$

бу ерда K — конденсаторнинг геометрик ўлчамлари ва шаклига қараб аниқланадиган доимий; ε — материалнинг намлиги бўйича аниқланадиган диэлектрик сингдирувчанлик.

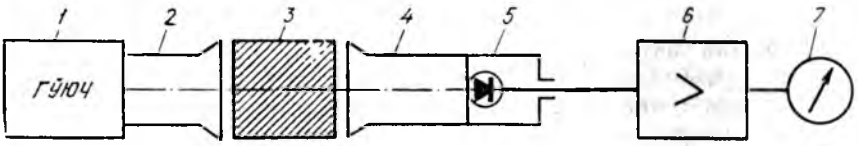
Сиғимли ўзгарткичининг юқори частотали тебраниш контурига уланиши ўзгарткичнинг сиғимини ва унга қараб материалнинг намлигини ўлчаш учун лампада ёки ярим ўтказгичли асбобларнинг резонансли схемаларидан фойдаланишга имкон беради. Сиғимли ўзгарткичлар материалнинг таркиби, унинг тузилиши ҳамда электрод билан материал ўртасидаги контакт қаршиликка кам сезгир. Чунки кўпчилик материалларнинг диэлектрик сингдирувчанлиги температурага боғлиқ бўлади, саноат асбобларида температуранинг ўзгаришига тузатмани автоматик киритиш кўзда тутилади. Сиғимли намлик ўлчагичларнинг хатолиги 0,2...0,5% ни ташкил этиши мумкин. Бироқ намуна олиш усули (конденсатор қопламлари орасини материал билан тўлдириш) ўлчаш натижаларига таъсир қилиши мумкин. Масалан, ҳатто анализ қилинаётган материал зарраларининг ўзгариши намлик ўлчагичнинг кўрсатишига жуда катта таъсир қилади. Шу сабабли қаттиқ ва сочилувчан

жисмларнинг намлигини ўлчайдиган сиғимли намлик ўлчагичлар техник ўлчашларда камроқ қўлланилади.

Қаттиқ сочилувчан, шунингдек, толали материаллар намлигини ўлчашнинг мураккаблиги шундаки, датчик материал билан ўзаро таъсирлашганида унинг структураси, тўкилма зичлиги ва бошқа факторлар ўзгариши ва улар асбоб хатолигини жуда кўпайтириб юбориши мумкин. Шунинг учун саноатда асосан контактсиз ўлчаш усуллари қўлланилган: ўта юқори частотали ва оптик усуллар.

Ўта юқори частотали (ЎЮЧ) намлик ўлчагичларда сув ва қуруқ модданинг электр хоссалари анча (ўнлаб марта) фарқ қилишидан фойдаланилади. Намлик концентрацияси анализ қилинаётган материал қатламидан ўтаётган юқори частотали нурланишларнинг сусайишига қараб ўлчанади.

Ўта юқори частотали (ЎЮЧ) усул ультрақисқа сантиметрли радиотўлқинлар соҳасида (3000...10000 МГц) материалларнинг электр хусусиятлари улардаги намликка боғлиқ эканлигига асосланган. ЎЮЧ намлик ўлчагичларнинг тузилиш схемаси 6.53- расмда тасвирланган.



6. 53- расм. Ўта юқори частотали намлик ўлчагичнинг схемаси.

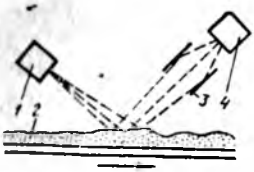
Текширилаётган материал *3* ЎЮЧ генератор *1* дан таъминланувчи узатувчи антенна *2* ва қабул қилувчи антенна *4* орасидан ўтади. Қабул қилувчи антеннада ЎЮЧ ли нурланишнинг заифлашган сигналини қабул қилувчи детектор *5* жойлашган. Кучайтиргич *6* орқали кучайтирилган бу сигнал ўлчаш асбоби *7* га келади.

ЎЮЧ ли усул контактсиз ва инерциясиз бўлиб, мавжуд электролитларга ва бошқа электр усулларга кўра материалдаги намликнинг нотекис тарқалишига унчалик сезгир эмас.

ЎЮЧ ли намлик ўлчагичларнинг асосий камчилиги асбоб шаклланишининг мураккаблигидир. Бундан ташқари, бу асбоблар назорат қилинаётган материалнинг доимий зичлик даражасининг ёки зичлиги ҳақидаги маълумотнн талаб қилади.

ЎЮЧ ли намлик ўлчагичлар 0 ... 100% ли кенг диапозонда намликни юқори аниқлик билан ўлчашга имкон беради.

Оптик намлик ўлчагичларда модданинг намлиги билан ундан қайтган нурланишнинг орасидаги боғланишдан фойдаланилади. Энг катта сезгирлик ҳосил қилиш учун спекторнинг инфрақизил соҳасидаги нурланишдан фойдаланилади. Уни



6. 54- расм. Оптик намлик ўлчагич.

манба *1* ҳосил қилади (6.54- расм). Анализ қилинаётган материал *2* дан қайтган ёруғлик оқими тўплаш қурилмаси *3* ёрдамида қабул қилгич *4* га юборилади. Материалнинг намлиги қанча катта бўлса, у инфрақизил нурларни шунча яхши ютади ва қайтган оқим миқдори шунча кам бўлади.

Бу усул билан фақат юпқа қатламнинг (5 ... 30 мм) намлигинигина ўлчаш мумкин бўлганлигидан намлик ўлчагичдан, одатда, конвейер ленталарида ташилаётган сочилувчан материаллар учун фойдаланилади. «Берег» туридаги оптик намлик ўлчагичлар намлиги 80% гача бўлган материалларни анализ қилишга имкон беради.

VII БОБ. МЕХАНИК ПАРАМЕТРЛАРНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШ

VII.1-§. МЕХАНИК ПАРАМЕТРЛАРНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШДАГИ АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Механик параметрларни (ўлчамларни, силжишларни, кучларни, тезликларни ва ҳоказоларни) назорат қилиш асбоблари турли технологик жараёнларни автоматлаштиришда кенг қўлланилмоқда, бунда қалинликни, чизиқли ва бурчакли силжишларни, бурчак тезликларни (машина ва механизмларнинг айланишлар сонини), кучланишларни, деформацияларни, тебранишларни ва бошқаларни ўлчаш талаб қилинади.

Чизиқли ўлчамларни ўлчашнинг электр усулларини кичик ўлчамларни ўлчаш усулларига ва катта ўлчамларни ўлчаш усулларига ажратиш мумкин.

Жуда ҳам кичик ўлчамларни (микрометрнинг улушларидан бир неча микрометргача) ўлчаш усулларидан деталларнинг ғадир-будурлигини ўлчашда, уларга ишлов бериш сифатини баҳолашда фойдаланилади. Бир неча микрометрдан 100—200 мм гача бўлган ўлчамларни ўлчовчи асбоблар микрометрлар ёки қалинлик ўлчагич (толщиномер) деб аталади ва саноатда автоматик назорат қилишнинг жуда турли-туман соҳаларида қўлланилади.

Катта ўлчамларни (бир неча метргача) ўлчаш усуллари суюқликлар ва сочилувчан материалларнинг сатҳ баландлигини аниқлаш учун сатҳ ўлчагичлар ясашда фойдаланилади.

Ғадир-будурликни (нотекисликни) ўлчашнинг электр усуллари одатда пайпаслаш (ушлаб кўриш) усулига асосланган бўлиб, профилометрлар ёки профилографлар дейилади: профилометрлар ғадир-будурликнинг фақат кўринма баландлигини баҳолашга имкон беради, профилографлар эса сиртнинг профилограммасини олишга имкон беради. Профилометр-

лар пьезоэлектрик, индуктив ва индукцион ўзгарткичлар билан қурилади.

Микрометрларда индуктив, фотоэлектрик ва сиғимий ўзгарткичлар жуда тез-тез қўлланилади. Қалинлик ўлчагичларда магнит занжирларнинг хоссаларидан фойдаланишга асосланган ўзгарткичлар ва ионли ўзгарткичлар кенг тарқалган. Қалинлик ўлчагичларга кўпинча бундай талаб қўйилади: объектнинг қалинлиги фақат бир томонидан бориб ўлчаниши керак. Шунинг учун қалинлик ўлчагичларни ясаш усуллари, масалан, доимий магнитнинг ёки электромагнитнинг тортиш кучланишини буюмнинг қалинлигига ёки устқопламанинг қалинлигига ёки ўлчанаётган материалнинг (индуктив асбобларнинг) қалинлигига боғлиқ ҳолда магнит занжири қаршилигининг ўзгаришига боғлиқ ҳолда ўлчашга асосланади. Ионли қалинлик ўлчагичларда текширилаётган қалинлик β, j ёки рентген нурларини ютиш жадаллигига кўра (икки томондан бориш мумкин бўлганда), ёки бу нурларнинг тарқалиш жадаллигига кўра (бир томондан бориш мумкин бўлганда) аниқланади.

Механик ҳаракатнинг асосий параметрлари — силжиш, тезлик ва тезланиш ўзаро оддий дифференциал боғланишлар билан боғланганлиги маълум. Ҳаракат параметрларининг бу хоссаси уларни ўлчаш асбобларини ясашда фойдаланилади.

Ҳаракат параметрларини ўлчаш усуллари икки асосий гуруҳга ажратилиши мумкин.

Биринчи гуруҳга ҳаракатдаги объект билан ҳаракатсиз деб қабул қилинган система ўртасидаги бевосита контактни амалга оширишга асосланган усуллар киради. Контакт (тегиш) албатта механик бўлиши шарт эмас, у оптик, акустик, радио ва бошқа усуллар билан вужудга келиши мумкин. Бундай асбобларнинг табиий кириш катталиги силжиш ҳисобланади. Бу усулларнинг иккинчи гуруҳи ҳисоб боши деб қабул қилинган қўзғалмас система билан бевосита контактни амалга оширишни талаб қилмайди. Бу гуруҳдаги асбоблар инерциал дейилади ва уларнинг табиий кириш катталиги тезланиш ҳисобланади.

Тезликларни ва тезланишларни ўлчовчи асбоблар велосиметр ва акселометрлар дейилади; вибрацион силжишларни ўлчовчи асбоблар эса виброметрлар дейилади.

Ҳаракат параметрлари ўзгариш характерига кўра икки асосий синфга ажратилиши мумкин: илгариланма (ёки айланма) ҳаракат параметрлари ва тебранма ҳаракат параметрлари, у вибрация деб аталади.

Деформациялар ва механик кучланишларни ўлчаш учун кўпинча тензоқаршиликлар ва индуктив тензометрлардан фойдаланилади.

Куч, босим ва айланувчи (буралувчи) моментларни электрик ўлчаш усуллари бир-бирига анча ўхшаш ва икки хил турга ажратилиши мумкин: табиий кириш катталиги ўлчана-

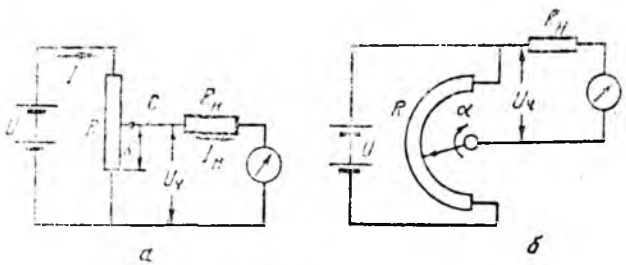
ётган катталикнинг ўзи бўлган ўзгартиргичлардан фойдаланишга асосланган усуллар ва ўлчанаётган кучларнинг таъсирида бўладиган эластик элементларнинг материалидаги механик кучланишларни ўлчашга асосланган усуллар.

Механик параметрларни назорат қилиш учун электрик ўзгарткичлар ишлаш принципига кўра потенциометрик, тензометрик, сиғимли, индуктив ва бошқа турлардаги датчикларга бўлинади. Шуларнинг айримлари билан танишиб чиқамиз.

VII.2-§. СИЛЖИШНИ ЎЛЧАШ

Чизиқли ва бурчакли силжишларни ўлчовчи асбоблар турли хил технологик жараёнларни автоматлаштиришда кенг қўлланилади.

Потенциометрик силжиш ўлчагичлар оралиқ X ёки бурчак α бўйича силжишни ўлчайди ва электрик сигналга айлантиради. Кириш сигнали оралиқ X га ёки α бурчакка силжиш бўлса, оралиқ X ёки α даги кучланиш потенциометрик чиқувчи сигнал $U_ч$ бўлади (7.1 расм, *а*, *б*)



7. 1- расм. Силжишни ўлчайдиган бир тактли потенциометр:

а — тўғри чизиқ бўйича сурилгичли потенциометр; *б* — бурчак бўйича сурилгичли потенциометр.

Потенциометр U кучланишли манбага уланганда қаршилик R орқали ток I ўтади. Агар сурилгич C қаршилик R бўйича X оралиқа сурилса, ундан чиқувчи сигнал қуйидагича аниқланади:

$$U_ч = IR_x = U \cdot \frac{R_x}{R}, \qquad (7.1$$

бунда

$$I = \frac{U}{R}.$$

Потенциометрнинг чулғами бир текис ўралган ва уни бирли оралиқларидаги қаршилиги ўзгармас бўлса, қуйидаги тенглама ўринли бўлади:

$$\frac{R_x}{R} = \frac{U_ч}{U}, \qquad (7.2$$

чиқиш сигнали

$$U_ч = \frac{U}{R} R_x = K \cdot R_x. \qquad (7.3)$$

бунда $K = \frac{U}{K}$ — узатиш коэффициенти, R_x — сурилгич сурилган оралиқдаги қаршилик, R — потенциометрнинг тўла қаршилиги.

Формула (7.3) потенциометрик сезгичлардан чиқувчи $U_ч$ кучланиш билан кирувчи сигнал (сурилиш оралиғи) X орасида тўғри мутаносиблик борлигини кўрсатади.

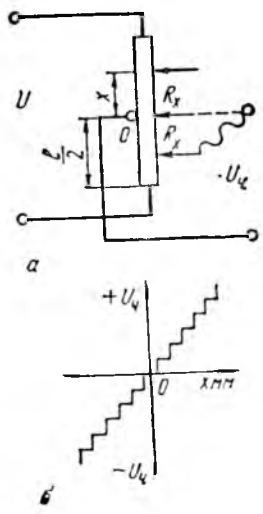
Потенциометр чулғамининг солиштирма қаршилиги катта ва иссиқлик коэффициенти жуда кам бўлган симлар (константин, манганин, нихром ва бошқалар) дан тайёрланади.

Автоматик системаларда бундай бир тактли сурилиш сезгичлари ўрнида кўпинча икки тактли потенциометрик сезгичлар ҳам қўлланилади. Бу сезгичларнинг сурилгичидан олинадиган сигнал $U_ч$ нинг миқдоридан ташқари ишораси ҳам ўзгаради. Ундаги сигнал ўтказувчи симларнинг бир учи потенциометр қаршилигининг ўрта нуқтаси $\frac{l}{2}$ да уланади, иккинчи учи эса сурилгичга уланган бўлади. Агар сурилгич қаршиликнинг ўрта нуқтаси $\frac{l}{2}$ да турса, потенциометрдан сигнал чиқмайди ($U_ч = 0$). Сурилгич 0 нуқтадан юқорида бўлганда чиқувчи сигнал мусбат ($+U_ч$) пастда бўлса, манфий ($-U_ч$) бўлади (7.2-расм).

Потенциометрик сезгичлар кўпинча машина ва механизмларнинг маълум кичик оралиққа сурилишини ёки бурчакка бурилишини ўлчаш учун хизмат қилади.

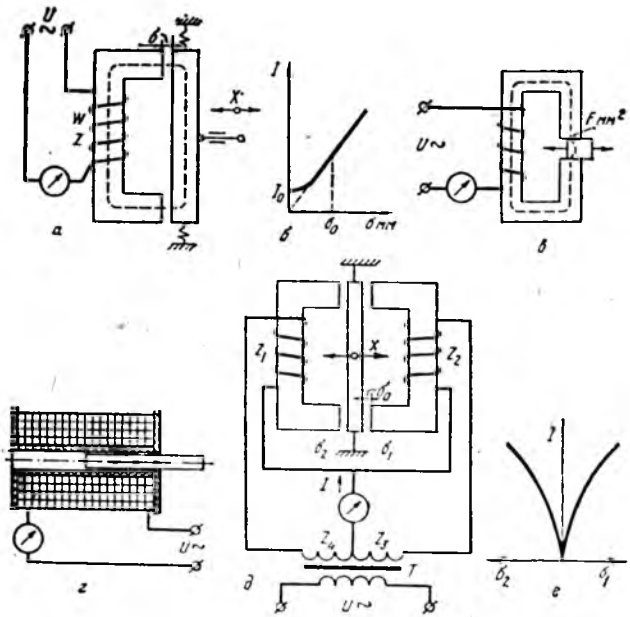
Потенциометрик сезгичларнинг афзаллиги уларнинг конструкциясининг соддалиги, массаси ва ҳажм ўлчамларининг кичиклиги, ўзгармас ва ўзгарувчан ток манбаларига уланиши мумкинлиги, юқори стабилликка эгалиги ва созлаш ишларининг соддалигидадир. Ундаги сурилма контактнинг мавжудлиги унинг ишончли ишлаши ва иш муддати камайишига сабаб бўлади. Сезувчанлигининг юқори эмаслиги ва поғонали характеристикага эгалиги бундай сезгичларнинг асосий камчилиги ҳисобланади. Потенциометр чулғамининг реактив қаршилиги ҳисобга олинмайди.

Индуктив силжиш ўлчагичларнинг ишлаш принципи электромагнит системасининг қўзғалувчи темир ўзагидаги ҳаво оралиғи δ га боғлиқ равишда электромагнит чулғамининг индуктивлиги L



7.2-расм. Икки тактли потенциометрик датчик:

а — принципиал схемаси; *б* — нагрузкасиз режимдаги статик характеристикаси.



7. 3- расм. Индуктив силжиш ўлчагичлар:

а — ҳаво оралиғи ўзгарадиган ўлчагич; *б* — ўлчагич характеристикаси; *в* — ҳаво оралиги юзаси ўзгарадиган ўлчагич; *г* — соленоидли, магнит сингдирувчанлиги ўзгарадиган ўлчагич; *д* — дифференциал силжиш ўлчагич; *е* — дифференциал силжиш ўлчагичнинг характеристикаси.

нинг унга мутаносиб ўзгаришига асосланади (7.3-расм, *а*). Ўлчанадиган миқдор — силжиш X таъсирида қўзғалувчан темир ўзакнинг силжиши электромагнит чулғами индуктивлиини ўзгартиради. Индуктивлик формуласига мувофиқ:

$$L = \frac{\Phi \cdot \omega}{I}; \quad \Phi = \frac{I \cdot \omega}{R_m} \text{ бундан } L = \frac{\omega^2}{R_m} = \frac{\omega^2}{R_т + R\sigma} \qquad (7.4)$$

бу ерда ω — электромагнит чулғамидаги ўрамлар сони; R_m — магнит занжирининг қаршилиги; $R_т$ — темир ўзакнинг магнит қаршилиги; R_σ — ҳаво оралиғининг магнит қаршилиги.

Темир ўзакнинг магнит қаршилиги $R_т$ ўзгармас миқдор; ҳаво оралиғи қаршилиги R_σ эса темир ўзак силжишига боғлиқ бўлган ҳаво оралиги δ нинг ўзгаришига мутаносиб равишда ўзгаради:

$$R_\sigma = \frac{2\sigma}{\mu \cdot F_0} \qquad (7.5)$$

бу ерда F_0 — ҳаво оралиғининг кўндаланг кесим юзи; μ — ҳаво оралиғининг магнит сингдирувчанлиги.

Ҳаво оралиғининг қаршилиги темир ўзак магнит занжирининг магнит қаршилигидан жуда катта $R_\sigma \gg R_т$ эканини назарга олганда

электромагнит чулғамининг индуктивлигини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$L = \frac{W^2 \cdot \mu \cdot F_0}{2\delta} \qquad (7.6)$$

Индуктивлик ифодасидан фойдаланиб, занжирдаги ток ифодасини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \omega^2 \left(\frac{W^2 \mu \cdot F_0}{2\delta}\right)^2}} \qquad (7.7)$$

бу ерда R — занжирнинг актив қаршилиги; ω — ўзгарувчан ток частотаси.

Бу ифода занжирдаги ток I ўзгариши, ўлчагичдаги ҳаво оралиғи δ ҳаво оралиғининг кўндаланг кесими F_0 ёки ҳаво оралиғининг магнит сингдирувчанлиги μ лар ўзгаришига мутаносиблигини ва шу ток орқали механик силжиш миқдорини ўлчаш мумкинлигини кўрсатади.

Индуктив силжиш ўлчагичлар уч турли бўлади: 1) ҳаво оралиғи δ ўзгаришига асосланган (7.3-расм, *а*); 2) ҳаво оралиғи кўндаланг кесими юзи F_0 нинг ўзгаришига асосланган (7.3-расм, *в*); 3) электромагнит система магнит система магнит сингдирувчанлиги μ нинг ўзгаришига асосланган силжиш ўлчагичлар (7.3-расм, *г*).

Ҳаво оралиғи δ ўзгаришига асосланган силжиш ўлчагичлар 0...1 мм оралиғидаги силжишини ўлчайди. Ҳаво оралиғи бундан ортиқ бўлганда $\angle = f(\delta)$ функция тўғри чизиқлилигини йўқотади. Ўлчаш хатоси ортиб кетади. Силжиш 5...8 мм бўлса, иккинчи турдаги ўлчагич ва силжиш 50 ... 60 мм гача бўлганда эса учинчи турли (соленоидли) ўлчагичлар қўлланилади.

Индуктив силжиш ўлчагичларда (7.3-расм, *а*, *в*, *г*), ўлчаниши лозим бўлган параметр ўзгаришини сезгичдан чиқувчи сигнал — ток I нинг ўзгаришига мувофиқ ўлчанади. Бундай сезгичларда ўлчанадиган силжиш нолга тенг бўлганда ҳам ўлчов асбоби орқали I ток ўтиб туради.

Датчикнинг бундай камчилигини йўқотиш учун амалда индуктив дифференциал сезгичлар (7.3-расм, *д*) қўлланилади.

Дифференциал силжиш ўлчагичлар иккита бир хил индуктив силжиш ўлчагичнинг дифференциал схема бўйича уланишидан ҳосил бўлади (7.3-расм, *д*).

Қўзғалувчи темир ўзак (якорь) ўрта ҳолатда турганда $\delta_1 = \delta_2 = \delta_0$ чиқувчи сигнал нолга тенг бўлади ($I_ч = 0$). Якорнинг бу ҳолати ўзгариши, кирувчи сигнал X таъсирида қўзғалувчи темир ўзакни ўнгга ёки чап томонга силжиши натижасида ҳосил бўлиб, чиқувчи сигнал $I_ч$ ҳосил бўлади. Якорнинг δ_0 га нисбатан ўнгга ёки чапга оғиши билан ҳосил бўладиган сигналлар бир-бирига қарама-қарши йўналишда (уларнинг фазаси 180° га бурилган) бўлади.

Буни дифференциал индуктив силжиш ўлчагичнинг статик характеристикасидан (7.3-расм, *е*) кўриш мумкин. Силжиш ўлчагичнинг сезувчанлиги оддий индуктив ўлчагичлар сезув-

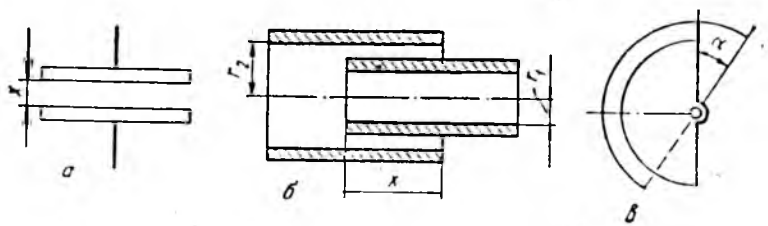
чанлигидан анча катта бўлиб (характеристика бўйича) қуйидаги формула асосида топилади.

$$\frac{\Delta I}{\Delta \delta} = \operatorname{tg} \alpha \qquad (7.8)$$

Сиғимли силжиш ўлчагичлар сифатида электродлари (пластиналари) тўғри чизиқ ёки бурчак бўйича силжий оладиган конденсаторлар қўлланилади. Конденсатор электродларининг силжиши кирувчи сигнал бўлса, унинг сиғимининг ўзгариши чиқувчи сигнал бўлади. Бундай конденсаторлар технологик жараён давомида материалларнинг қалинлиги, сатҳ баландлиги мазкур дарсликнинг V бобидаги 5.4-§ да кўрилган каби технологик параметрларни ўзгаришини ўлчаш имконини беради.

Сиғимли силжиш ўлчагичларнинг баъзи турлари 7.4-расмда кўрсатилган.

Ясси электродли (пластинали) конденсатор (7.4-расм, *а*) сиғими қуйидагича ифодаланади.



7.4-расм. Сиғимли силжиш ўлчагичлар.

$$C = \frac{\varepsilon \cdot F}{4\pi \cdot X} \qquad (7.9)$$

бу ерда ε — конденсатор пластинлари орасидаги модданинг диэлектрик доимийси; F — конденсатор пластинасининг юзи, X — пластиналар орасидаги масофа.

Пластиналар оралиғининг ўзгариши конденсатор сиғими C нинг ўзгаришига олиб келади. Ўлчагичнинг сезувчанлиги

$$\frac{dC}{dX} = \frac{\varepsilon \cdot F}{4\pi \cdot X^2} \qquad (7.10)$$

Цилиндрик конденсаторнинг сиғими ички цилиндрнинг ўқи бўйича силжиши X билан қуйидагича боғланишда бўлади (7.4-расм, *б*);

$$C = \frac{\varepsilon \cdot x}{\ln r_2/r_1} \qquad (7.11)$$

бу ерда r_1 — ички цилиндрнинг радиуси; r_2 — ташқи цилиндрнинг радиуси, X — цилиндрларнинг бир-бирига тушиш оралиғи.

Ўлчагичнинг сезувчанлиги қуйидагича ифодаланади:

$$\frac{dC}{dx} = \frac{\varepsilon}{\ln r_2/r_1} \qquad (7.12)$$

Бурчак бўйича силжиш ўлчагичи 7.4-расм, *в* да кўрсатилган. Бундай конденсаторнинг сиғими қуйидагича ифодаланади:

$$C = \frac{\varepsilon \cdot F}{4\pi d}\left(1 - \frac{\alpha}{\pi}\right) \qquad (7.13)$$

бу ерда F — конденсаторнинг $d = 0$ бўлгандаги юзи; d — пластиналар орасидаги масофа; α — қўзғалувчи пластиналарнинг силжиш бурчаги.

Ўлчагичнинг сезувчанлиги

$$dC/d\alpha = \varepsilon \cdot F/4\pi^2 d \qquad (7.14)$$

Сиғимли ўлчагичлардан чиқувчи сигнал жуда заиф бўлганлиги туфайли улар сигнал кучайтиргич элементи билан жиҳозланади. Ўлчагичлар 50 Гц гача бўлган частотада ишласа, уларнинг сигнал кучайтиргичи жуда ҳам катта қувватга эга бўлиши керак бўлади. Шунинг учун сиғимли ўлчагичлар анча юқори частоталарда (10 кГц ва ундан юқори) ишлаганда ўринли бўлади. Сиғимли ўлчагичларнинг яна бир камчилиги уларнинг ўлчаш аниқлигига паразит сиғимлар (уловчи симларнинг ерга нисбатан сиғимлари) таъсири катталигидир. Бундай таъсирларни йўқотиш учун экранланган симлардан фойдаланилади. Ўлчагичнинг ўзи ҳам металл каркас билан экранланган бўлади. Сиғимли ўлчагичлар технологик жараёнларда моддаларнинг сатҳ баландлигини, қалинлигини, намлигини ҳамда босимини ўлчаш учун кенг қўлланилади.

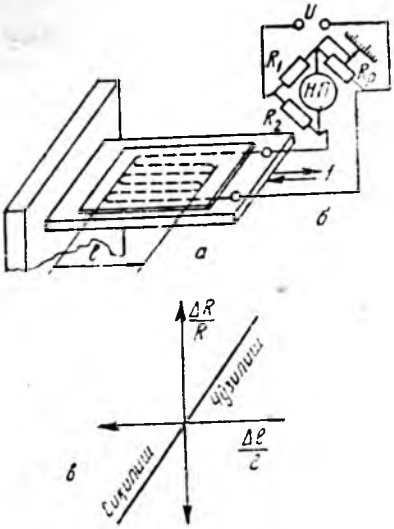
VII.3-§. КУЧНИ ЎЛЧАШ

Технологик жараёнларда машина ва механизмларнинг алоҳида қисмларига таъсир қиладиган кучлар ва бу кучлар таъсирида вужудга келадиган деформацияларни (чўзилиш, қисилиш, букилиш ва ҳакозо) ўлчаш учун кўпинча тензометрик ўлчагичлар қўлланилади. Бундай ўлчаш ўтказгич ёки ярим ўтказгич симлар актив қаршилигининг деформация натижасида ўзгариш эффектига асосланади. Бу эффект тензосезувчанлик деб аталади. Тензометрик ўлчагичларнинг тензосезувчанлик коэффициенти

$$S_т = \frac{\Delta R_H}{\Delta l_H} \qquad (7.15)$$

билан характерланади, бу ерда $\Delta R_H = \frac{\Delta R}{R}$ — қаршиликнинг нисбий ўзгариши; $\Delta l_H = \frac{\Delta l}{l}$ — чўзилиш ёки қисилишнинг нисбий ўзгариши; l — тензоўлчагичнинг деформациягача бўлган узунлиги; Δl — тензоўлчагичнинг деформация натижасида чўзилиши; R — тензоўлчагичнинг деформациягача бўлган актив қаршилиги; ΔR — тензоўлчагич қаршилигининг деформация натижасида ўзгариши.

Ҳозирги вақтда жуда ингичка сим, фольга ва ярим ўтказгич материаллардан тайёрланган тензометрик ўлчагичлар тех-



7. 5- расм. Тензоўлчагич:

а — тензо датчикнинг ўрнатилиш схемаси; *б* — мувозанатлашадиган кўприк схемаси; *в* — тензоўлчагичнинг статик характеристикаси.

никада кенг қўлланилмоқда. Симдан ясалган тензоўлчагичнинг тузилиши, машина ва механизмнинг текширилиши лозим бўлган қисмига ўрнатилиш схемаси ва характеристикаси 7.5-расм, *а, б, в* ларда кўрсатилган. Ундаги тензоўтказгич диаметри 0,02...0.05 мм гача бўлган ингичка зиг-заг шаклига эга бўлган сим бўлагидан тузилган ва юпқа қоғоз ёки плёнка орасига олиниб елим билан ёпиштирилган бўлади. Бундай тензоўлчагич статик ёки динамик деформацияси ўлчаниши керак бўлган машина ва механизмнинг текширилиши керак бўлган қисмига елимлаб мустаҳкам ёпиштирилади. Бунда сим зиг-загларининг узун томони l машина ва механизмнинг деформацияси ўлчаниши керак бўлган қисмига таъсир қиладиган куч f йўналишига мос йўналган бўлиши керак (7.5-расм, *а*). Шунда куч йўналиши бўйича вужудга келган деформация (чўзилиш, қисилиш) тензоўлчагич симининг узунлиги l ни ҳам ўзгартиради. Натижада симнинг кўндаланг кесими S ва солиштирма қаршилиги $\rho_к$ ҳам ўзгаради. Агар симнинг чўзилгунга қадар бўлган қаршилиги

$$R = \rho_к \cdot \frac{l}{S} \qquad (7.16$$

бўлса, чўзилгандан кейинги қаршилиги $R + \Delta R$ бўлади.

Амалда тензоўлчагич қаршилигининг ўзгариши ΔR мувозанатланадиган кўприк схема ёрдамида ўлчанади (7.5-расм, *а, б*).

Симли тензоўлчагичлар кўпинча константан ёки нихромдан тайёрланади. Чунки бу симларнинг солиштирма қаршилиги $\rho_к$ катта қаршилик ўзгаришига температуранинг таъсири жуда кам бўлади.

Симли тензоўлчагичларнинг характерли ўлчамлари: номинал қаршилиги $R = (50 — 400)$ Ом; симнинг куч йўналиши бўйича узунлиги $l = (15 — 45)$ мм; эни $b = 7 — 10$ мм; сезувчанлик коэффициенти

$$S_т = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l} = 1{,}8 \div 2{,}5; \qquad (7.17$$

массаси жуда ҳам кичик бўлади.

Сўнгги пайтларда техникада ярим ўтказгичли тензоўлчагичлар кенг қўлланила бошланди. Бундай тензоўлчагичлар асосан германий ёки кремний пластиналаридан тайёрланади. Пластиналар юпқа қоғоз ёки плёнка орасига олиниб елимланади ва текширилиши керак бўлган машина қисмига елим билан мустаҳкам ёпиштирилади.

Афзалликлари: тензосезувчанлик коэффициенти сим ёки фольганикига нисбатан 60 марта катта, пластинанинг актив узунлиги 3—10 мм. Ташқи муҳит температураси —160+300°С гача ўзгарганда ҳам нормал ишлайверади. Нисбий деформация +0,1% ўзгарганда ҳам характеристикасининг тўғри чизиқлилиги сақланади.

Камчиликлари: пластиналарнинг эластиклиги кам, бир турдаги тензоўлчагичларнинг характеристикалари ҳар хил ва тўғри чизиқли эмас.

VII.4-§. ТЕЗЛИКНИ ЎЛЧАШ

Турли технологик жараёнларни автоматлаштиришда тезликни ўлчаш асбоблари кенг қўлланилмоқда, бу жараёнларда машина ва механизмлар қисмларининг айланишлар сонини ўлчаш ҳамда назорат ёки бошқариш системасига берилган миқдордаги айланишларга етганда команда (буйруқ) бериш талаб қилинади. Бурчак тезликни ўлчовчи асбоблар — тахометрлар ишлаш принципига кўра механик, страбоскопик, магнитоиндукцион, электрик ва электронли бўлади. Тахометрлар кўрсатишларни (маълумотларни) масофага узатувчи ва маълумотларни бевосита жойда кўрсатувчи турда ишлаб чиқарилади. Асбоблар ўлчаш объектига улаш усулига кўра турли хил конструкцияда ясалади. Механик ва стробоскопик тахометрлар автоматлаштириш системаларида чекланган тарзда қўлланилади, шу муносабат билан мазкур дарсликда улар қараб чиқилмайди.

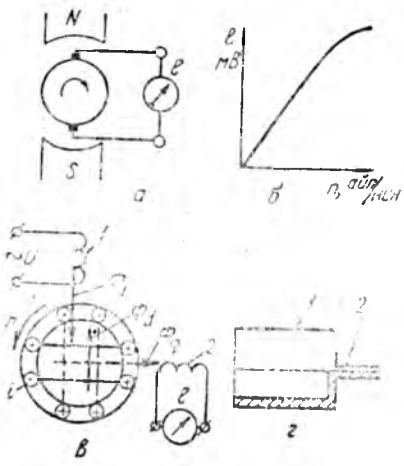
Магнитоиндукцион тахометрлар технологик жараёнларни автоматлаштириш системаларидаги механизмлар ва машиналар қисмларининг айланишлар сонини ҳам маҳаллий ўлчаш учун, ҳам масофадан ўлчаш учун кенг қўлланилади. Масофадан туриб ўлчайдиган магнитоиндукцион тахометрларнинг ишлаш принципи объект валининг айланиш частотасини бирламчи ўзгарткич томонидан валнинг айланиш частотасига пропорционал частотали электр юритувчи кучга айлантиришга ҳамда уч фазали токлар системасининг айланувчи магнит майдонини вужудга келтириш хоссасига асосланган. Конструкцияси жиҳатидан ўзгарткич ўзгармас магнитли уч фазали ўзгарувчан ток генераторидан иборат. Кучланиш генератордан кўрсатувчи асбобга келади, унда эса қабул қилгич (приёмник) сифатида доимий магнитларни айлантирувчи синхрон двигатель қўлланилган. Айланиш частотасининг стрелканинг бурчак силжишига ўзгартириш магнитоиндукцион ўлчов узели (бўғини) воситасида амалга оширилади, бўғиннинг ишлаши эса

айланувчи доимий магнитлар магнит майдонининг шу майдон нинг металл дискка йўналтирган индукцион токлар билан ўзаро таъсирига асосланган. Бундай ўзаро таъсир натижасида стрелка билан боғлиқ дискнинг айланиш моменти юзага келади, бу момент магнитларнинг айланиш частотасига пропорционалдир, диск қарши таъсир кўрсатувчи пружина ёрдамида мувозанатга келтириб турилади.

Узоқ масофага узатмайдиган тахометрларда механизм валининг айланиши доимий магнитлар монтаж қилинган асбоб валига бевосита узатилади.

Магнитоиндукцион тахометрлар айланиш тезлигини ўлчаш нинг ишчи оралиғи доирасида 1% гача аниқликда ўлчашга имкон беради, шкаланинг қолган қисмида эса ўлчашнинг юқори чегарасидан кўпи билан 1,5% аниқликда ўлчашга имкон беради.

Электр тахометрлар механизм ва машиналар валларининг айланиш частотасини масофадан туриб ўлчаш имконини беради. Тахометрларда датчик сифатида ўзгарувчан ва ўзгармас ток генераторларидан фойдаланилади, кўрсатувчи асбоблар сифатида эса шкаласи тегишлича градусларга ажратилган стрелкали электр ўлчов асбобларидан фойдаланилади. Тахометрлар вал механизмлари билан бикр уланади ёки турли хил конструкциядаги улаш муфталари орқали уланади. Йўл қўйиладиган хато ўлчамининг юқори чегарасидан 1,5% бўлади. Тахометр атрофидаги ҳавонинг ҳарорати 10÷60°С бўлганда ва нисбий намлик 80% гача бўлганда ишлашга мўлжалланган.



7. 6- расм. Тахогенераторлар:

а, б — ўзгармас ток тахогенератори ва унинг характеристикаси; *в, г* — ўзгарувчан ток тахогенератори ва унинг стакансимон ротори; *1* ва *2* — статор чулғамлари

Технологик машиналарнинг айланиш (бурчак) тезликларини ўлчаш учун кичик қувватли ўзгармас ёки ўзгарувчан ток машиналари — тахогенераторлардан фойдаланилади (7.6-расм). Тахогнераторнинг вали технологик машиналар валига механик боғланган бўлиб, ундан чиқадиган сигнал — электр юритувчи куч (ЭЮК) технологик машина ва механизмларнинг айланиш тезлиги n га мутаносиб бўлади.

Ўзгармас ток тахогенераторининг схемаси 7.6-расм, *а* да кўрсатилган. Ундан олинадиган электр юритувчи куч (ЭЮК).

$$e = C_e \cdot n \qquad (7.18)$$

Коллектор билан чўтка орасидаги қаршиликнинг ўзгарувчанлиги тахогенератордан чиқувчи сигнал e нинг қийматига таъсир қилади. Иш вақтида тахогенератордан чиқадиган овознинг юқорилиги, габарит ўлчамлари ва массасининг катта бўлиши тахогенераторнинг асосий камчиликлари ҳисобланади.

Бундай камчиликлардан бир мунча ҳоли бўлганлиги учун ҳозирги пайтда ўзгарувчан (асинхрон, синхрон) ток тахогенераторлари кенг қўлланилмоқда.

7.6-расм, *в* да асинхрон тахогенераторнинг тузилиш схемаси кўрсатилган. Асинхрон тахогенератор статорида ўзаро 90° га бурилган икки чулғам ўрнатилган. Биринчи чулғам *1* ўзгарувчан ток манбаига уланади. Иккинчи чулғамдан олинадиган ЭЮК эса тезликни ўлчаш учун хизмат қилади. Тахогенераторнинг ротори *1* жез ёки алюминийдан стакансимон қилиб ясалган бўлиб, унинг вали *2* стаканнинг туб томонида бўлади (7.6-расм, *г*).

Статорнинг манбага уланган чулғамида ҳосил бўладиган пульсацияланувчи оқим Φ_1 ротор деворларида индукцияланадиган ўзаро 90° бурчакка бурилган икки хил ток ва улар туфайли вужудга келадиган Φ_d ва Φ_q оқимларни ҳосил қилади. Тахогенераторнинг иккинчи чулғамида индукцияланадиган ЭЮК миқдори роторнинг айланиш тезлиги n га мутаносиб ($\Phi_q = \text{const}$) бўлгани учун

$$e_ч = C_e \cdot n \qquad (7.19)$$

бўлади. Бундай ЭЮК ни кўрсатувчи милливольтметр шкаласидан технологик машинанинг айланиш частотаси (тезлиги) n аниқланади.

Электрон тахометрлар механизм ва машиналар қисмининг чиқарилади (конструктив жиҳатдан бажарилганига боғлиқ бунда ахборот рақамли индикаторга ёки аналоғли асбобга чиқарилади (конструктив жиҳатдан бажарилганига боғлиқ ҳолда), шунингдек, берилган айланишлар сонига етганда электр сигналини олиш учун мўлжалланган. Ишлаш принципи берилган барқарор вақт оралиғида бирламчи ўзгарткичдан чиқадиган импульслар сонини электрон қурилма ёрдамида санашга асосланган.

Бирламчи ўзгарткич ўзгарувчан токни кучайтирувчиси бўлган магнитоэлектрик ўзгарткичдан иборат. Назорат қилинаётган объектнинг валида маҳкамланган ферромагнит материалдан ясалган тишли диск айланганда бирламчи ўзгарткичнинг чулғамида ўзгарувчан кучланишли импульслар пайдо бўлиб, улар кучая боради ва тахометрнинг электрон блокига келади. Импульсларнинг частотаси тишли дискнинг айланиш частотасига пропорционал, демак, назорат қилинаётган объектнинг айланиш чатотасига ҳам пропорционал бўлади. Электрон блокига келаётган импульсларнинг ўзгариши ўлчанган айланиш частотасининг зарур тарзда ахборот беришини таъминлашга имкон беради, шунингдек, берилган айланишлар сонига

етганда электр сигнали агрегати томонидан бошқариш системасига сигнал беришга ва чиқаришга имкон беради.

Айланиш тезликларини ўлчаш оралиқлари 2—4000 айл/мин. Асосий ўлчашнинг йўл қўйиладиган хатолик чегараси кўпи билан 0,5%. Тахометр атроф ҳавосининг ҳарорати 10—50°С бўлганда ва нисбий намлик 80% гача бўлганда ишлаш учун мўлжалланган.

VIII боб. СИГНАЛ ЎЗГАРТҚИЧЛАР, МАСОФАГА УЗАТИШ СИСТЕМАЛАРИ ВА ИККИЛАМЧИ АСБОБЛАР

VIII.1-§. УМУМИЙ МАЪЛУМОТЛАР

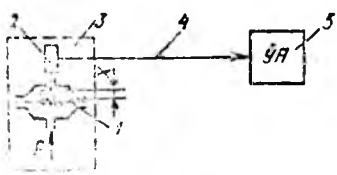
Ҳар қандай ўлчаш қурилмасида ўлчаш ахборотини ўзгартириш зарурлиги назарда тутилади. Шу ишни бажарадиган элементлар ўлчаш ўзгарткичлари дейилади. Киришига ўлчанаётган физик катталик келадиган ўзгарткич бирламчи ва ўлчаш сигналларини ўзгартишни амалга ошираднганлари оралиқ ўзгарткич деб юритилади.

Технологик параметрларни ўлчаш учун қурилган кўпгина замонавий қурилмалар бирламчи ўзгарткич, иккиламчи асбоб ва уларни уловчи алоқа линияларидан ташкил топган системалардан иборат.

Бирламчи ўзгарткич ўлчаш жойига яқин ўрнатилади. У назорат қилинаётган муҳит таъсирида бўлади ва ўлчанаётган катталикни бошқа физик табиатга эга бўлган (электрик, пневматик, гидравлик) алоқа йўллари бўйича бошқариш шчитига ўрнатилган иккиламчи асбобга узатиш учун қулай бўлган сигналга ўзгартишга мўлжалланган.

Умумий кўринишда бирламчи ўзгарткич сезгир элементдан ва узатувчи ўлчаш ўгзарткичидан иборат бўлади. Сезгир элемент ўлчанаётган параметрни қабул қилади ва уни бошқа физик табиатли сигналга ўзгартади. Агар бу сигнал масофага узатишга қулай бўлса, унда у алоқа линияси бўйича иккиламчи асбобга узатилади ва у билан ўлчанади.

Агар сезгир элемент ўлчанаётган катталикни масофага узатиш мумкин бўлмайдиган физик катталикка, масалан, силжиш ёки кучга ўзгартса, унда оралиқ ўзгарткични қўллаш зарурати туғилади. Бу ўзгарткич катталикни (силжиш ёки кучни) электр ёки пневматик сигналга ўзгартади, кейин бу сигнал алоқа линияси бўйича иккиламчи асбобга узатилади. Мисол сифатида 8.1-расмда босим ўлчаш комплектининг схемаси келтирилган. *Р* босим ўзгарганда мембрана *1* (сезгир элемент) эгилади, бунда унинг



8. 1- расм. Босимни ўлчаш учун ўлчаш комплекти схемаси.

марказининг силжиши X статик характеристика $X=f(p)$ га мос равишда босим билан бир қийматли боғланган бўлади. Агар бундай асбоб фақат кўрсатувчигина бўлса эди, унда босимни аниқлаш учун стрелкани мембрана маркази билан кинематик алоқа ёрдамида улаш етарли бўларди. Босимни масофадан ўлчашда механик катталикни — X силжишни, уни алоқа линияси *4* бўйича иккламчи асбоб *5* га узатиш учун, пропорционал электр сигналга ўзгартиш зарурати туғилади. Бу ўзгартиш бирламчи асбоб *3* нинг оралиқ ўзгарткичи *2* ёрдамида бажарилади.

Чизиқли силжишни унификацияланган чиқиш сигналига ўзгартиш учун дифференциал-трансформаторли ва магнит компенсацияли ўзгарткичлар кенг қўллана бошланди. Бурчак силжишларни ўзгартиш учун ферродинамик ва частотали, кучларни ўзгартиш учун куч компенсацияли (электр ва пневматик) ўзгарткичлар қулай. Ўзгарткич тури ўзгартирилаётган сигналнинг кўриниши ва алоқа линияси бўйича узатиладиган сигналнинг берилган кўринишига боғлиқ (ток, кучланиш, босим ва ҳ.)

Замонавий ўзгарткичлар ва асбобларнинг муҳим хусусияти уларнинг чиқариш сигналларининг унификацияланганидир. Бу ўлчов воситалари ўзаро алмашинувчанликни, марказлаштирилган назорат қилишни таминлайди ва иккиламчи асбоблар номенклатурасини қисқартишга имкон беради.

Ўзгармас токнинг унификацияланган чиқариш сигналига эга бўлган ўзгарткичлар энг истиқболлидир. Шу билан бирга ўзгармас ток кучланишининг чиқиш сигналига, частотали электр чиқиш сигналига эга бўлган ўзгарткичлар ҳам қўлланилади. Ўзгарувчи токнинг чиқиш сигналига эга бўлган ўзгарткичлар кенг қўлланяпти. Бундай сигнал ё ўзаро индукциянинг ўзгариши кўринишида ёки ўзгарувчан ток кучланишининг ўзгариши кўринишида намоён бўлади. Кимё саноатида унификацияланган пневматик чиқиш сигналига эга бўлган ўзгарткичлардан фойдаланилади.

Кейинги йилларда саноат асбоблари ва автоматлаштириш воситаларининг Давлат системаси яратилган бўлиб, у блок-модуль принципи бўйича тузилади ҳамда пневматик, гидравлик, электрик (токли, кучланишли, частотали ва импульсли) кириш ва чиқиш сигналларига эга бўлган асбобларни бирлаштирувчи тармоқларга бўлинади. Улар учун унификацияланган қийматлар белгиланган бўлиб, технологик жараёнларни назорат қилиш, созлаш ва бошқаришнинг турли-туман системаларини техник воситалар билан таъминлаш муаммоларини энг қулай усул билан ҳал этиш имконини беради.

Блокли принципдан фойдаланиш асбобларнинг универсал қўлланиш чегарасини кенгайтириш имконини беради ва уларни текширилган узелларнинг минимал сондагисини алмаштиришда энг кўп сондаги параметрларни ўлчашга яроқли ҳолга келтиради.

Ишлатишда фақат бир турдаги энергиядан фойдаланадиган қурилмалар ўлчаш асбобларининг ягона структурали тармоғи ни ташкил этади.

Пневматик тармоқдаги асбоблар осон ёнадиган ва портлайдиган муҳитларда бехавотир қўлланиши: оғир шароитли ишларда, айниқса агрессив муҳитда ишончлилиги юқорилиги билан характерланади. Уларни осонгина бирини иккинчиси билан алмаштириш мумкин. Аммо пневматик асбоблар технологик жараёнлар катта тезликни талаб этганда ёки сигналларни узоқ масофага узатишда электр асбоблардан қолиб қолади.

Гидравлик ўлчаш асбоблари катта зўриқишларда ижрочи механизмларнинг аниқ силжишини аниқлашга имкон беради. Амалда автоматик системаларда уларнинг тармоқларини турли комбинацияларда ёки алоҳида қурилмаларини биргаликда қўллаш анча самаралидир.

Электр асбоблар тармоқларидан ташкил этилган автоматлаштирилган бошқариш системалари қуйидаги афзалликларга эга. Электр системага юқори сезгирлик ва аниқлик, тезкорлик узоқ масофалар билан алоқа боғлашга имкон беради, асбобларнинг схема ва конструкцияси жиҳатидан юқори унификациясини таъминлайди. Ярим ўтказгич техникадан интеграл схемаларни қўллашга ўтиш асбобларнинг габаритларини ва оғирлигини камайтиришга олиб келиш билан бирга уларнинг мустаҳкамлигини ошириш ва функционал имкониятларини кенгайтиришга имкон туғдиради. Бошқаришнинг замонавий автоматлаштирилган системаларида электроникани қўллаш айниқса назорат ўлчов асбоблари гуруҳида муҳим аҳамият касб этади, чунки уларнинг бошқариладиган электрон ҳисоблаш машиналари билан бевосита алоқасини таъминлаш имконини беради.

Саноат асбоблари ва қурилмалари орасида информацион боғланишни таъминлаш учун унификацияланган сигналлар (УС) ишлатилади. УС нинг унификацияланган параметри деб йилганда унинг ахборот элтувчи параметри, яъни ўзгармас ёки ўзгарувчи ток кучи, кучланиш, частота, код, пневматик сигнал ҳавосининг босими тушунилади.

Унификацияланган параметрларнинг турига қараб УС ларнинг тўрт гуруҳи мавжуд:

1) электрик узлуксиз ток ва кучланиш сигналлари;
2) электрик узлуксиз частотали сигналлар;
3) электрик кодланган сигналлар;
4) пневматик сигналлар.

Электрик узлуксиз ток ва кучланиш сигналларидан турли узлуксиз ўзгарувчи физик катталикларнинг сон қийматларини тасвирлаш учун фойдаланилади. Ахборот параметр турига қараб УС нинг шу гуруҳи ўзгармас токнинг ток сигнали, ўзгармас токнинг кучланиш ёки ўзгарувчи токнинг кучланиш сигналидан иборат бўлиши мумкин.

Ўзгармас ток кириш ва чиқиш сигналларининг ўзгариш чегаралари қуйидагича:

$$0 - 5mA;\ -5 - 0 - +5mA;\ 0 - 20\,mA;$$
$$-20 - 0 - +20mA;\ -100 - 0 - +100\,mA$$

Ўзгармас ток кучланиши кириш ва чиқиш сигналларининг ўзгариш чегаралари қуйидагича:

$0 - 10\,mB;\ -10 - 0 + 10\,mB;\ 0 - 20\,mB;\ -20 - 0 - +20\,mB;$
$0 - 50\,mB;\ 0 - 100\,mB;\ 0 - 1\,B;\ -1 - 0 + 1\,B;$
$0 - 10\,B;\ -10 - 0 + 10\,B.$

Ўзгарувчан ток (50 ёки 400 Гц частотали) кучланиш сигналларининг номинал ўзгариш чегаралари:

$0{,}25 - 0 - 25\,B;\ 0 - 0{,}25\,B;\ 1 - 0 - 1\,B;\ 0 - 2\,B$

Электрик узлуксиз частотали сигналлар физик катталик ҳақидаги ахборотни элтувчи сигналнинг унификацияланган параметри сифатида ўзгарувчи ток частотасидан ёки импульслар частотасидан фойдаланилади.

Турғун режимда частотали чиқиш сигналларининг номинал қийматлари қуйидаги катталикларга эга бўлиши мумкин: 0,6; 1,2; 3; 4; 6; 8; 12; 24; 48; 60; 110 ёки 220 В

Узлуксиз частотали кириш сигналли ўлчов асбоблари амплитудаси қуйидаги диапазонларнинг бирида бўлган сигналларни қабул қилишга мўлжалланган: 2,5 — 10; 10— 40; 40 — 160; 160 — 600 мВ; 0,6—2,4; 2,4—12 В; 12—36 В; 36—120 В.

Электрик кодланган сигналлардан турли хил электрон ҳисоблаш ва бошқариш машиналарида, рақамли автоматика ва телемеханиканинг рақамли қурилмаларида фойдаланилади. Функционал асбоб ва системаларда катталиклар қиймати саккизга карарли иккилик хоналарда (байтларда) тасвирланади.

Пневматик сигналлар шу гуруҳ УС дан ўзгарткичлар, иккиламчи асбоблар, функционал ва тўғриловчи блоклар ҳамда ижрочи қурилмалар орасида ахборот узатишда фойдаланилади. Пневматик чиқиш сигналлари ўзгаришининг иш диапазони таъминлаш босимининг номинал қиймати 140 кПа бўлганда 20—100 кПа чегарасида бўлади.

Нормаллаштирувчи (меъёрлаштирувчи) оралиқ ўзгарткич табиий чиқиш сигналини унификацияланган сигналга ўзгартиради. Оралиқ ўзгарткичлар алоҳида мустақил қурилмалардан иборат. Уларнинг ишлаш принципи мазкур дарсликнинг II бобидаги 2,4 ва 2,5-§ ларида келтирилган.

Асбобсозлик системасида ўзаро алмашинувчан пневматик ва электр ўзгарткичларнинг блок туридаги ўзгарткичлар катта қатори ишлаб чиқилган. Шундай турдаги ўзгарткичлар катта сондаги турли ўлчанаётган параметрларни нисбатан соддалик

ва етарли аниқлик билан битта чиқариш катталигига — кучга ўзгартиради.

Унификацияланган ўзгартичларнинг аниқлик синфи 0,6; 1,0 ва фақат баъзилари учунгина 1,6; 2,5.

VIII.2-§. ЭЛЕКТР УЗГАРТКИЧЛАР

Ноэлектр каталикларни электр чиқиш сигналига ўзгартиш ва кўрсатишларни масофага узатиш учун куч компенсацияли ўзгарткичлар, силжиш компенсацияли ўзгарткичлар ва частотали ўзгарткичлар энг кўп қўлланчлади.

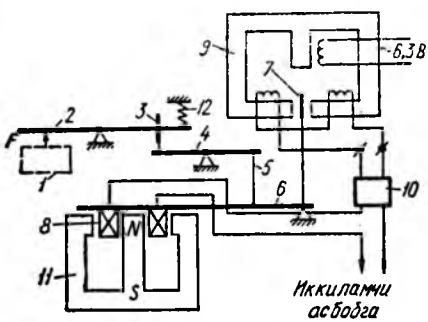
Куч компенсацияли ўзгарткичлар бирламчи асбоб сезгир элементининг кучини 0—5 ёки 0—20 мА ли ўзгармас токнинг унификацияланган сигналига ўзгартишга мўлжалланган.

Электр-куч ўзгарткичларнинг ишлаши кучни компенсацнялаш принципига асосланган: сезгир элемент томонидан ўлчанаётган катталик таъсирида ҳосил қилинган куч шу сезгир элементга тескари алоқа қурилмаси томондан таъсир этадиган куч билан мувозанатлашади.

Ўлчаш системаси аналог шохобчасининг электр ўзгарткичларида электр-куч ўзгарткичларнинг икки туридан фойдаланилади: куч ва чиқиш сигнали орасида тўғри пропорционаллик (чизиқли) муносабатни таъминлайдиган чизиқли ўзгарткичлар ва чиқиш сигнали куч қийматидан олинган квадрат илдизга пропорционал бўлган квадратик ўзгарткичлар. Квадратик ўзгарткичлардан дифманометрларда — сарф ўлчагичларда фойдаланилади. Улар чиқиш сигналини ўлчанаётган суюқлик ва газ сарфига тўғри пропорционал ўзгарадиган ўзгармас ток кўринишида олишни таъминлайди. Ўзгарткичлар алоҳида блок кўринишида ясаладиган УП-20 турли кучайтиргич билан комплектланади.

Чизиқли ва квадратик ўзгарткичлар фақат куч механизми қурилмаси билан фарқ қилади.

Куч компенсацияли электр аналог ўзгарткичнинг принципиал схемаси 8.2-расмда кўрсатилган. Ўлчанаётган параметр ўлчаш блоки *1* нинг сезгир элементига (масалан, манометр мембранасига) таъсир кўрсатади ва *F* пропорционал кучга айланади, бу сигнал ричаг *2* га узатилади. Ричагнинг ролик *3*, оралиқ ричаг *4* ва лентали тортқи *5* орқали бурилиши компенсацион ричаг *6* га узатилади. Компенсацион ричагда дифференциал трансформаторли индикаторнинг ўзаги *7* ва магнитоэлектр куч механизмининг ғалтаги *8* ўрнатилган. Ярмо *9*



8. 2- расм. Кўп компенсацияли электр аналог ўзгарткичи.

иккиламчи чулғамларининг бир-бирига қараб уланиши натижасида ҳосил бўлган занжирдаги мувозанат ўртача ҳолатдан четга чиқади, саноат частотали ўзгарувчан ток сигнали пайдо бўлади. Бу сигнал электрон кучайтиргич *10* га келади. Кучайган ва тўғриланган сигнал масофага узатиш линиясига ва шу билан бирга, линия билан кетма-кет боғланган мувозанат индикаторининг ғалтаги *8* га (тескари боғланиш) келади. Ғалтак *8* даги ток ҳосил қилган магнит майдон билан доимий магнит *11* ўртасидан ўзаро таъсир натижасида ричаг *6* да куч пайдо бўлади, бу куч ўлчанаётган кириш (масалан, босим ўзгариши натижасида) кучини мувозанатлайди. Асбобнинг ноль нуқтаси пружина *12* орқали созланади. Асбобни ўзгарткичнинг берилган ўлчаш диапазонига созлаш учун ролик *3* ва лентали тортқи *5* ни силжитилади.

Куч компенсацияси принципи шу схемага нисбатан қуйидагидан иборат: мувозанат пайтида сезгир элемент ҳосил қилган куч F унга тескари алоқа томонидан таъсир этадиган куч $F_м$ га тенг.

Чизиқли ўзгарткичда доимий магнит *11* билан ғалтак *8* дан ўтаётган ток ҳосил қиладиган магнит майдони орасидаги ўзаро таъсир шу токка пропорционал бўлган, ричаг системаси орқали кириш кучини мувозанатлаштирадиган куч ҳосил қилади, яъни

$$F_м = K \cdot I_{чиқ} \qquad (8.1)$$

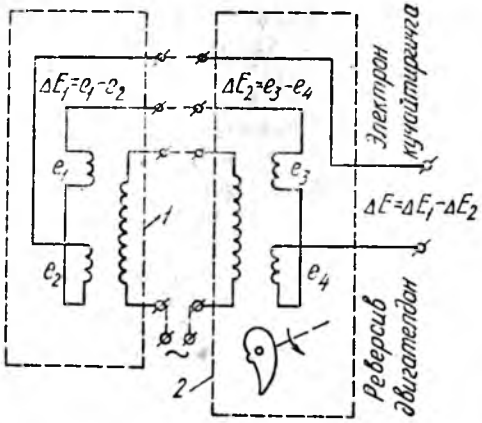
бунда $F_м$ — тескари алоқа томонидан таъсир этадиган куч; K — ўзгармас коэффициент; $I_{чиқ}$ — чиқиш токи.

Квадратик ўзгартгичда тескари алоқа куч $F_м$ билан чиқиш сигнали $I_{чиқ}$ орасидаги ўзаро таъсирлашув магнитоэлектр механизм ўрнига электромагнит куч механизмини қўллаш ёрдамида таъминланади. Бу ҳолда тескари алоқа кучи билан чиқиш сигнали орасидаги муносабат қуйидаги кўринишда бўлади:

$$F_м = K \cdot I^2_{чиқ} \qquad (8.2)$$

УП-20 туридаги ярим ўтказгич кучайтиргич номувофиқлаштириш индикатори сигналини ўзгармас электр токи сигналига ўзгартиради. Сигнални масофага узатиш 10 км га етиши мумкин. Ўзгарткичга уланадиган иккиламчи асбобларни икки гуруҳга бўлиш мумкин: ўзгармас токнинг унификацияланган сигналидан ишлайдиган (миллиамперметрлар) ва ўзгармас кучланиш сигналидан ишлайдиган асбоблар (вольтметрлар, потенциометрлар, марказий назорат ва бошқаришнинг электр машиналари).

Силжишни компенсациялаш схемаси бўйича қуриладиган электр аналог ўзгарткичларидан ноэлектр катталикларни электр чиқиш сигналига ўзгартириш ва кўрсатишларни масофага узатиш учун дифференциал-трансформаторли, ферродинамик, магнитомодуляцион ва сельсинли ўзгарткичлар энг кўп тарқалган.



8. 3- расм. Дифференциал- трансформаторли ўзгартгич схемаси.

Дифференциал-трансформаторли ўзгарткичлардаги бирламчи асбоб ўзагининг силжиши иккиламчи асбоб ўзагининг силжиши билан мувозанатлашади. Дифференциал - трансформаторли ўзгарткичлар сарф, босим, сатҳ ва бошқа параметрларни ўлчашда ишлатилади, бунда бу параметрларнинг қиймати бирламчи асбоб ғалтаги ўзагининг силжишига ўзгартирилади.

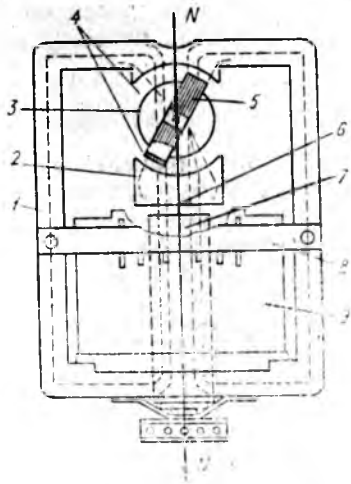
Дифференциал- трансформаторли асбоб схемаси (8.3-расм) иккита бир хил ғалтакдан иборат. Улардан бири бирламчи асбоб *1*, иккинчиси эса иккиламчи асбоб *2* га жойлаштирилган. Ғалтакларни бирламчи чулғамлари кетма-кет уланиб, электрон кучайтиргич куч трансформаторининг чулғамидаги ўзгарувчан ток кучланишидан таъминланади. Иккиламчи чулғамлар бир-бирига йўналган ҳолда уланиб, чиқишлари электрон кучайтиргичга қаратилган. Ғалтаклар ичида темир ўзаклари ўртача ҳолатда бўлса, ғалтакдаги e_1 ва e_2 ЭЮК лар тенг бўлади, яъни $\Delta E_1 = e_1 - e_2 = 0$ ва $\Delta E_2 = e_3 - e_3 - e_4 = 0$, демак, $\Delta E = \Delta E_1 - \Delta E_2$ кучайтиргич киришидаги фарқ ҳам нолга тенг бўлади.

Ўзаклар ҳолати ўзгарганда ғалтакларда катталиги ва фазаси бирламчи асбоб ғалтагидаги ўзак силжишининг кучланишига боғлиқ бўлган нобаланс кучланиш вужудга келади. Нобаланс кучланиш электрон кучайтиргич орқали реверсив двигателни бошқариш учун керак бўлган миқдоргача кучаяди. Реверсив двигатель профилланган диск ёрдамида иккиламчи асбоб ғалтаги ўзагини, бирламчи асбоб ғалтаги ўзаги билан мувофиқлаштирилган ҳолатга силжитади, натижада иккала ғалтакдаги ЭЮК лар тенглашади, бинобарин, мувозанат ҳолати тикланади. Иккиламчи чулғамларнинг ЭЮК и яна нолга тенг бўлади ва реверсив двигатель тўхтайди. Реверсив двигатель иккиламчи асбобнинг стрелкаси ва перо билан боғланган.

Бирламчи асбобнинг ўзаги 5 мм га силжиганда индукцияланган ЭЮК нинг боғланиши чизиқли бўлиб қолади. Дифференциал-трансформаторли системаларнинг иккиламчи асбоблари автомат, потенциометрлар асосида қурилган.

Ўлчаш системасида телеузатишнинг дифференциал-трансформаторли системаси учун иккиламчи асбобларга КСД ва КСУ киради. Асбобларнинг қуйидаги турлари чиқарилади: жу-

ва кичик габаритли кўрсатувчи КПД1, ВМД ва кўрсатувчи ва ўзиёзар КСД1, кичик габаритли кўрсатувчи айланадиган цилиндрик циферблатли КВД1 ва кўрсатувчи ва ўзиёзар КСД2, дисксимон диаграммали КСД3. Ҳамма асбобларнинг аниқлик синфи 1. Иккиламчи асбоблар ё қўшимча чиқиш ўзгарткичлари ёки бошқарилувчи қурилма билан таъминланиши мумкин. Сарф ўлчагич асбобларда, кўпинча, ичига қурилган интегралловчи қурилмаларда фойдаланилади.



8. 4- расм. Ферродинамик ўзгарткич схемаси.

Ферродинамик ўзгарткичларда бурчак силжишлар ўзгарувчан ток ЭЮК нинг пропорционал қийматига ўзгартирилади. Улар босим, сарф, сатҳ ва бошқа катталикларни ўлчашда ишлатилади. Бунда бу катталикларнинг қиймати ферродинамик ўзгарткич рамкасининг бурилиш бурчагига ўзгартирилиши мумкин. Ўзгарткич (8.4-расм) унинг магнит системасини ҳосил қилувчи магнит ўтказгич *1*, бошмоқ *2*, ўзак *3* ва ҳаракатчан плунжер *7* ҳамда плунжер *7* нинг силжиши вақтида ўзгарадиган иккита ҳалқасимон *4* ва ростанувчи *6* ҳаво оралиқларидан иборат. Ғалтак *9* да саноат частотали ўзгарувчан токдан таъминланувчи уйғотиш чулғами жойлашган. Бу ғалтак ҳосил қилган магнит оқими уйғотиш чулғамига ўралган силжиш чулғами ва ўзгартгичнинг айланувчи рамкачаси *5* да ЭЮК индукциялайди. Рамкача силжиш ва уйғотиш чулғамларининг учлари клеммали панель *8* га чиқарилган.

Рамкача жойлашган ҳаво оралиғида радикал магнит оқими бор. Рамкача нейтрал ҳолат чизиғи *NN* билан мос келганда магнит оқими рамкачани кесиб ўтмайди ва ундаги ЭЮК нолга тенг бўлади. Рамка *NN* чизиқдан четга чиққанда ундаги ЭЮК рамкачанинг бурилиш бурчагига пропорционал индукцияланади.

Рамкача *5* бирламчи асбобнинг сезгир элементи билан боғланган. Рамкача нейтрал ҳолатдан четга чиққанда унда ЭЮК индукцияланади:

$$E_р = \frac{\omega}{\sqrt{2}} B \cdot l \cdot r_{ўр} \cdot \varphi, \qquad (8.3)$$

бунда ω — токнинг бурчак частотаси; B — магнит индукцияси;
l — рамкачанинг магнит майдони кесиб ўтган ўтказгичи узунлиги;
$r_{ўр}$ — рамкачанинг ўртача радиуси; φ — рамканинг бурилиш бурчаги.

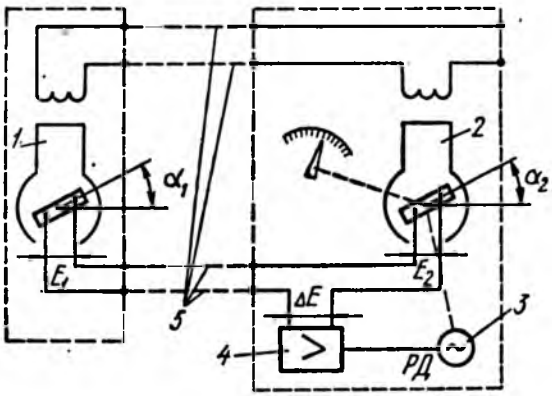
Рамкача ўрамлари сони ва магнит индукцияси ўзгармас бўлган-

да ферродинамик ўзгарткич катталиги $E_р$ бурилиш бурчаги φ га ёки ўлчанаётган параметр қийматига пропорционал, яъни

$$E_р = K \cdot \varphi \qquad (8.4)$$

бунда K — ўзгартириш коэффициенти.

Магнит оқимининг катталиги бошмоқ *2* ва қўзғалувчан плунжер *7* орасидаги масофага боғлиқ бўлгани сабабли рамкача ва силжиш чулғами ЭЮК ини ҳаво оралиғини ростлаш йўли билан ўзгартириш мумкин.



8. 5- расм. Масофага узатиш ферродинамик системасининг принципиал схемаси.

Масофага узатиш ферродинамик системасининг ишлаш принципи ПФ датчикларни ишлатишга асосланган. Бу усул бирламчи асбоб датчигидан олинган ЭЮК ни иккиламчи асбоб ферродинамик ўзгарткичнинг ЭЮКи билан компенсациялашдан иборат. Ферродинамик система (8.5- расм) ўлчаш асбобининг узатувчи ўзгарткичи (датчик) *1*, алоқа линияси *5* ва иккиламчи асбоб элементлари бўлган ўзгартгич *2*, электрон кучайтиргич *4* ва реверсив электр двигатель *3* дан иборат. Ферродинамик ўзгартгич *1* ва *2* ларнинг рамкачалари кетма-кет уланган, улардаги ЭЮК лар бир-бирига қарама-қарши, шунинг учун электрон кучайтиргич *4* киришига иккала датчик ЭЮК ларининг фарқи $E = E_1 — E_2$ узатилади.

Агар $\Delta E = 0$ бўлса, система мувозанат ҳолатида бўлади. Агар ўзгарткич *1* рамкачасининг ҳолати ўлчанаётган параметр таъсирида α_1 бурчакка бурилса, ЭЮК ҳам ўзгариб, E_1 га тенг бўлиб қолади, системанинг мувозанати бузилади, кучайтиргич *4* киришига ΔЕ ЭЮК узатилади, бу катталик кучайиб, электр двигатель *3* га узатилади. Электр двигатель иккиламчи асбоб рамкачисини бурчаклар a_1 ва a_2 тенглашгунча силжитади (E_1 ва E_2 ЭЮК лар ҳам тенглашади).

Ферродинамик ўзгарткичлардаги индукцияланган ЭЮК нинг рамка бурилиш бурчагига боғланиши чизиқли бўлгани сабабли, улар дифференциал-трансформаторли ўзгарткичларга нисбатан катта ўлчаш чегараларига эга. Масофага узатиладиган ферродинамик ўзгарткичлар ўзларининг ишончлилиги, ишлатилиши содда ва қулайлиги, универсаллиги, юқори метрологик характеристикаларга кўра кенг тарқалган.

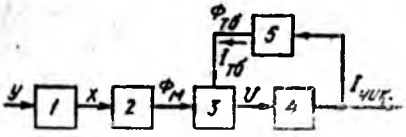
Саноатда қуйидаги турдаги ўзгарткичлар чиқарилади: ПФ — ферродинамик ўзгарткичлар; ПФФ — ферродинамик функционал ўзгарткичлар; ПФФ-К — ферродинамик функционал корректиялик ўзгарткичлар.

ПФФ ва ПФФ-К турдаги ўзгарткичларда ПС, ПФ, ПП ва БД турдаги чиқиш ўзгарткичларининг борлиги ўлчанаётган катталикка пропорционал бўлган электр ва пневматик сигналларни беришга имкон беради.

Торли (симли) чиқиш ўзгарткичи ПС частотали сигнал олишга имкон беради. Ундан интегралловчи қурлмаларда ахборотни рақамли автоматиканинг турли қурилмаларига, бошқарилувчи ва ҳисоблаш машиналарига киритиш учун фойдаланилади. Ферродинамик чиқиш ўзгарткичи ПФ ушбу ПФФ ва ПФФ — К турдаги ўзгарткичларни турли ҳисоблаш системаларида, телеўлчаш ва бошқариш системаларида қўллашга имкон беради. Пневматик чиқиш ўзгарткичи ПП ўзгарткичлар билан пневматик аппаратура орасида боғланишни амалга ошириш, ахборотни пневматик рақамли — ечувчи ва бошқариш машиналарига киритиш, шунингдек, пневматик қурилмалар қўллашни талаб этадиган алоҳида схемалар билан алоқа ўрнатиш имконини беради. Чиқиш сельсини БД нинг борлиги ўзгарткичлар билан сельсинлар орқали ишлайдиган қурилмали ўзгарткичлар орасида дистанцион узатиш учун алоқани амалга оширишга имкон беради.

Магнитомодуляцион ўзгарткичлар (магнит компенсацияли узатувчи ўзгарткичлар) нинг иши магнит оқимларини конпенсациялашга асосланган. Магнитомодуляцион ўзгарткичлар бирламчи асбоб сезгир элементининг чизиқли силжишини ўзгармас токнинг унификацияланган чиқиш сигналига ўзгартириш учун мўлжалланган. Бундай ўзгарткичларнинг ишлаш принципи қуйидагидан иборат: махсус қурилма — индикаторда ҳосил қилинадиган бошқарувчи магнит оқими ҳаракатдаги элемент ўзгармас магнитнинг (бирламчи ўзгарткичнинг сезгир элементи билан силжитиладиган) силжишида шу индикаторда тескари алоқа токи ёрдамида ҳосил қилинадиган магнит майдони билан компенсацияланади. Бунда чиқиш токи ва қўзғалувчан элементнинг силжиши ва, демак, ўлчанаётган катталик қиймати орасида маълум муносабат ўрнатилади.

Ўзгарткичнинг структура схемаси 8.6-расмда келтирилган. Бирламчи ўзгарткичнинг қайишқоқ сезгир элементи *1* ўлчанаётган катталик *У* ни ўзгарткич *2* ўзгармас магнитининг чизиқли силжиши *Х* га ўзгартиради. Магнитнинг силжишида бошқарувчи магнит оқими



8. 6- расм. Ўзгарткичнинг магнит компенсацияли структурали схемаси.

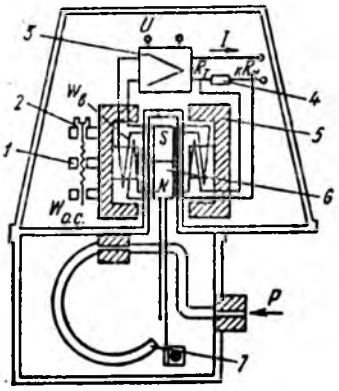
$\Phi_м$ ўзгаради. У магнит оқимлари *3* нинг индикаторида тескари алоқа магнит оқими $\Phi_{т.б.}$ билан тенглашади. Индикатор чиқишидаги магнит оқимлари айирмаси $\Delta\Phi = \Phi_м - \Phi_{т.б.}$ га пропорционал бўлган кучланиш U пайдо бўлади. У кучайтиргич *4* ёрдамида чиқиш токи сигнали $I_{чиқ}$ га ўзгартирилади.

Чиқиш токи $I_{чиқ}$ масофадаги узатиш линиясига ва бир вақтда тескари алоқа қурилмаси *5* га боради, унинг чиқиш токи $I_{т.я.}$ магнит оқими $\Phi_м$ ни компенсация қилувчи магнит оқими $\Phi_{т.б.}$ ни ҳосил қилади. Шундай қилиб, ўлчанаётган катталик $У$ ни орттирилганда магнит силжиши λ ортади, бошқариш магнит оқими $\Phi_м$ ортади ва, демак, $\Phi_м$ ни компенсация қилувчи магнит оқими $\Phi_{т.б}$ ни пайдо қилиш учун катта чиқиш токи $I_{чиқ}$ ва тескари алоқа токи $I_{т.б.}$ зарур бўлади.

Тескари алоқа қурилмаси *5* ўзгартиришнинг зарур қонуни $I_{чиқ} = f(y)$ ни топиш имконини беради. Бу муносабат ё чизиқли, ёки квадратик бўлиши мумкин.

Магнит компенсацияли ўзгарткичнинг принципиал схемаси 8.7 расмда кўрсатилган. Ўзгарткичда ўлчанаётган параметр (масалан, босим) сизгир элемент (масалан, бир ўрамли найчасимон пружина *7* билан ўзгармас магнит *6* силжишига ўзгартирилади. У магнит оқими $\Phi_м$ кўринишида бошқариш таъсирини ҳосил қилади.

Бу оқим чиқиш сигнали тескари алоқа чулғамлари $\omega_{т.б.}$ дан ўзгармас ток $I_{чиқ}$ ўтганда пайдо бўладиган тескари алоқа магнит оқими $\Phi_{т.б.}$ билан компенсацияланади. $\Phi_м$ оқимни ўзгартирганда магнитмодуляцион ўзгарткич *5* ўзаклари нинг магнитланганлиги ўзгаради ва унинг $\omega_б$ ўрамларида номувофиқлик сигнали пайдо бўлади. Бу сигнал кучайтириш қурилмаси *3* нинг масофага узатиш линиясига ва бир вақтда тескари алоқа ўрамасига узатиладиган чиқиш сигнали ни бошқаради.



8. 7- расм. Магнит компенсацияли ўзгарткичнинг блок- принципиал схемаси.

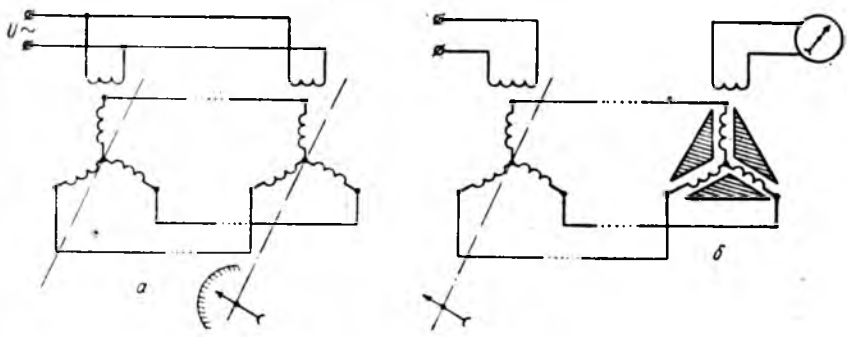
Ўзгарткич чегарасини созлаш учун қаршилик *4* ўзгартирилади, нолга созлаш учун эса ферромагнит шунт *1* ни *2* винт ёрдамида равон силжитилади.

Магнит компенсацияли ўзгарткичлар қатор афзалликларга

эга: бир неча иккиламчи асбобларни битта ўзгарткичга улаш имконига, титрашга нисбатан етарлича юқори турғунликка ва мустаҳкамликка эга. Камчиликлари — температура туфайли хатолиги анча юқори ва кучайтиргичнинг электрон схемаси элементларига зарарли таъсир этувчи муҳитларда ишлай олмайди, шунингдек, сезгир элемент ва магнит оқими индикатори ва хатоликларининг бирламчи ўзгарткич хатолигига таъсири катта. Шу турдаги ўзгарткичлар 1 ва 1,5 синфли бўлади.

Иккиламчи асбоблар сифатида 1 ва 1,5 синфли миллиамперметр ёки АСК системадаги кўп шкалали, тор профилли асбоблардан фойдаланилади.

Юқорида таърифланган кўрсатишларни масофага узатиш системалари бирламчи ўзгарткичлар ҳосил қилган чизиқли ёки бурчакли силжишлар унча катта бўлмаган ҳолларда ишлатилади. Лекин баъзи ҳолларда ўзгартгич чиқиш ўқининг бир неча ўрамида бирламчи асбоб ўзгарткичи сигналини ёки бир неча метрга чўзилган силжишларни масофага узатиш керак бўлади. Масалан, сатҳ ўлчагичларда кўрсатишларни масофага узатишда шундай вазифа қўйилади. Бундай масалани сельсинли узатиш йўли билан ҳал қилиш мумкин. Ўзгарувчан токда ишлайдиган сельсинли масофага узатиш ҳам бурчакли силжишларни узатишга мўлжалланган.



8. 8- расм. Сельсинли масофага узатиш системасининг принципиал схемаси:
а — индикаторли режим; *б* — трансформаторли режим.

Узатувчи ва қабул қилувчи сельсинлар сифатида контакт ҳалқаларга эга бўлган синхронланувчи асинхрон электр двигателлар ёки чулғамсиз роторли контактсиз сельсинлар ишлатилади. Узатувчи ва қабул қилувчи сельсинлар роторларининг симметрик ҳолати бузилганда уларнинг чулғамида қийматлари турлича бўлган ЭЮКлар индукцияланади, алоқа сими бўйича мувозанатловчи токлар ўтади ва синхронлаш моменти вужудга келади, натижада қабул қилувчи сельсин ротори бурилади. Сельсинларнинг бундай уланиши (8.8- расм, *а*) индикаторли режим дейилади.

Трансформаторли режимда (8.8-расм, *б*) қабул қилувчи сельсиннинг ротори тормозланган бўлади ва вольтметрнинг кўрсатишлари узатувчи сельсин бурилишига пропорционал ўзгаради. Вольтметр қабул қилувчи сельсиннинг статор чулғамига уланган.

Саноат сельсинларнинг таъминлаш кучланишининг турли, одатда, 50 дан 500 гц гача частоталарига мўлжалланган бир неча турларини чиқараяпти. Контактли сельсинларнинг энг катта камчилиги контакт чўткаларидаги хатоликларга олиб келувчи ва сельсин ишининг ишончлилигини камайтирувчи ишқаланишдан иборат.

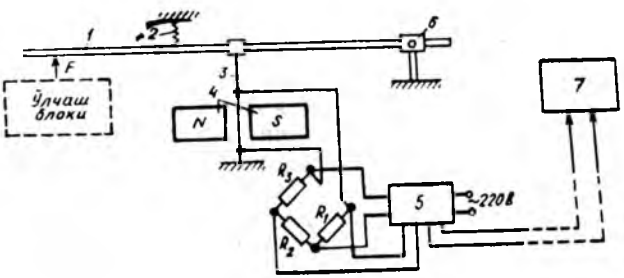
Частотали ўзгарткичлар технологик жараёнларни автоматик назорат қилиш ва бошқариш системаларида кенг қўлланилади.

Ўлчаш ахборотини бир хиллаштирилган частотали сигнал билан узатиш системаси бирламчи ўлчаш ўзгарткичлари асосида амалга оширилиб, бунда бирламчи ўлчаш ўзгарткичлари ўлчанаётган технологик параметрни бир хиллаштирилган частотавий сигналга ўзгартиради.

Ўзгартириш параметр → куч → частота схемаси бўйича юз беради.

Куч частотали ўзгарткичларнинг ишлаш принципи механик кучланишни торли элементнинг кўндаланг тебранишлар частотасига ўзгартиришга асосланган. Ўлчанаётган физик катталиклар ўлчаш асбобининг сезгир элементига таъсир қилиб, физик катталикларга пропорционал бўлган *F* кучга айланади (8.9-расмда торли частота ўзгарткичнинг принципиал схемаси кўрсатилган). Бу куч эластик стержень (ричаг) *1* ва у билан боғланган торли элемент *3* томонидан қабул қилинади. Ўлчанаётган физик катталик *F* куч ўзгариши билан эластик стержень ва ўзгармас магнит қутблари *4* орасида жойлашган торли элементда кичик (микронларда ўлчанадиган) деформация ҳосил қилади, натижада торнинг кўндаланг тебранишлар частотаси ўзгаради.

Куч-частота ўзгарткичи резисторлар R_1, R_2, R_3 ва $R_т$ қаршиликли тор *3* ёрдамида ташкил этилган кўприкли схемани ифодалов

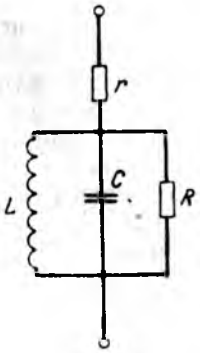


8. 9- расм. Торли частота ўзгарткичи.

чи торли генератор асосида амалга оширилади. Кўприкнинг ўлчаш диагонали *5* электрон кучайтиргичнинг киришига уланган, унинг чиқиши эса кўприк манбаи диагоналига уланган.

Тор доимий *4* магнитнинг қутблари орасига жойлашган. Торнинг пастки учи қўзғалмас асосга бикр маҳкамланган, юқори учи эса — ҳаракатланувчи ричаг *1* га маҳкамланган.

Тордан ўзгарувчан ток ўтганда тор тебрана бошлайди ва унда шақлига кўра синусоидага яқин бўлган ЭЮК индукцияланади. Торда кечадиган физик жараёнларга мувофиқ унинг магнит майдонидаги тебранишларида тебраниш контури кўринишига эга бўлган электр схема 8.10-расмда берилган.



8. 10- расм. Магнит майдонида тор тебранишининг электр схемаси.

Тебраниш контурининг параметрлари тор параметрлари билан қуйидаги муносабатлар орқали боғланган:

$$L = \frac{B^3 l^3 S}{2\pi^2 F}; \quad C = \frac{2\rho}{B^2 l}; \quad R = \frac{B^2 l}{4\rho v}, \tag{8.5}$$

бу ерда L — эквивалент индуктивлик; B — доимий магнит оралиғидаги (зазоридаги) индукция; l — торнинг узунлиги; S — торнинг кўндаланг кесими юзи; F — кучланиш; C — эквивалент сиғим; ρ — тор материалининг зичлиги; v — ҳавога ишқаланиш коэффициенти; R — тебранаётган торнинг динамик қаршилиги.

Эквивалент схемасидаги r қаршилик тор ҳаракатсиз бўлганда унинг актив қаршилигини ифодалайди. Тор тебранаётганда соф актив қаршиликларни ўз ичига олган кўприк схемаси частота боғлиқли элементлари бўлган кўприкка айланади. Маълумки, ўз-ўзини уйғотувчи генераторнинг частотаси тебраниш контурининг f_0 хусусий частотаси билан аниқланади, у эса контурнинг L индуктивлиги ва C сиғими билан қуйидаги кўринишда боғланган: $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$.

Қараб чиқилаётган генератор учун хусусий тебранишлар частотаси f_0 ушбу

$$f_0 = 0{,}5\sqrt{F/(l^2 S\rho)} \tag{8.6}$$

ифода билан аниқланади.

(8.6) тенгламадан генераторнинг хусусий тебраниш частотаси торнинг хусусий тебранишлар частотаси орқали аниқланиши ва тарангланиш кучига боғлиқ бўлиши келиб чиқади. Қараб чиқилган генератор 10^2—10^4 Гц частоталар диапазонида ишлайди. Тордан ўтадиган ток 100 мКАдан ошмайди. Тор, одатда, диаметри 0,05 мм ва узунлиги 20—50 мм атрофида бўлган вольфрам симдан тайёрланади.

Ўлчанаётган параметрнинг частотавий сигналга ўзгариши қуйидагича амалга оширилади. Ўлчаш блокининг сезгир элементи ўлчанадиган параметрни ричаг *1* ва у билан бирга тор *3* қабул қиладиган пропорционал F кучланишга ўзгартира-

ди. Тор таранглигининг ўзгариши генераторнинг хусусий тебранишлар частотасининг ўзгаришига олиб келади, бу эса унинг чиқиш сигналида ўзгарувчан ток частотаси кўринишида акс этади. Ўзгарткични берилган ўлчашлар диапазонига мослаш ричаг *1* нинг эпюра *6* нуқтасини суриш билан амалга оширилади. Чиқиш сигналининг бошланғич қийматини ноль сигнал корректори *2* ўрнатади.

(8.6) тенгламадан кўринишича, ўзгарткичнинг статик характеристикаси чизиқли эмас. Статик характеристикани чизиқлилаштириш мақсадида ўзгарткичнинг баъзи модификацияларида квадратуралар қўлланилади. Чизиқли статик характеристикали бирламчи ўлчов ўзгарткичларининг чиқиш сигналини қуйидаги формула бўйича ҳисоблаб топиш мумкин:

$$f_0 = f_1 + \frac{N - N_{min}}{N_{max} - N_{min}} \cdot \Delta f, \qquad (8.7)$$

бу ерда f_1 — бошланғич частота; N_{max}, N_{min} — ўлчашлар оралиғининг (диапазонининг) мос равишда юқори ва қуйи қийматлари; Δf — частотанинг ўзгариш оралиғи.

Частотали сигналлари бир хиллаштирилган бирламчи ўлчаш ўзгарткичларидан келадиган ўлчов ахборотларини қабул қилувчилари (приёмниклари) рақамли машиналар, бошқарувчи ва ҳисоблаш машиналари бўлиши мумкин. Частотали сигнали бирлаштирилган бирламчи ўлчаш ўзгарткичларининг аниқлик синфи 0,5 ва 1,0. Ахборотни узатиш узоқлиги 10 км. гача.

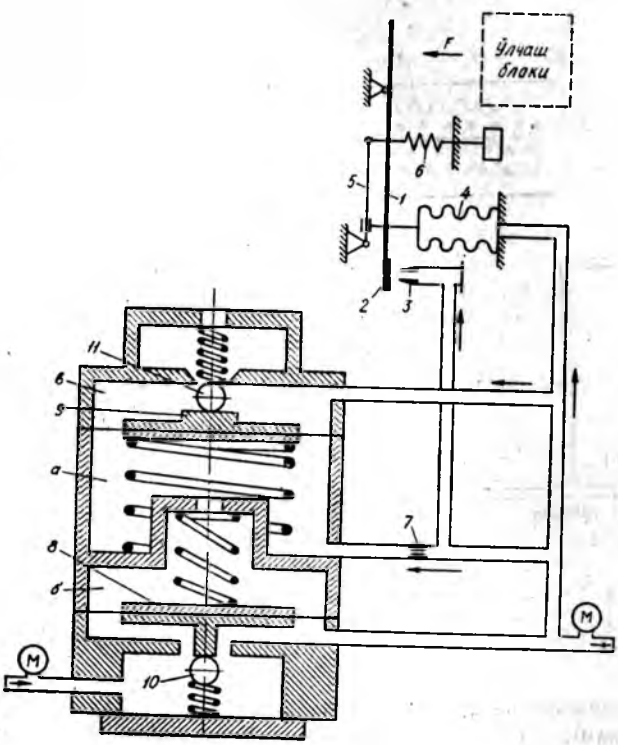
VIII. 3-§. ПНЕВМАТИК ЎЗГАРТКИЧЛАР

Ўлчанаётган катталикни пневматик чиқиш сигналига ўзгартириш ва кўрсатишларни масофага узатиш учун қўлланиладиган пневматик ўзгарткичлар ичида куч компенсацияли ўзгарткичлар ва силжиш компенсацияли ўзгарткичлар энг кўп тарқалган. Ёнғин ва портлаш хавфи бор корхоналарда пневматик ўзгарткичлар кенг ишлатилади.

Куч компенсацияли пневматик ўзгарткичлар ўлчаш блоки сезгир элементининг кучини 20—100 кПа (0,2—1 кГк/см²) миқдорида унификацияланган пневматик чиқиш сигналига ўзгартириш учун мўлжалланган.

Пневматик куч ўзгарткичларининг ишлаш принципи пневматик куч компенсациясидан фойдаланишга асосланган.

Куч компенсациясига эга пневматик ўзгарткичнинг принципиал схемаси 8.11-расмда кўрсатилган. Ўлчанаётган параметр ўлчаш блокининг сезгир элементига таъсир кўрсатади ва F пропорционал кучга айланади. F куч таъсир қилаётган ричаг *1* орқали тўсиқ *2* сопло *3* га нисбатан силжийди. Сопло ва тўсиқ орасидаги тирқишнинг ўзгариши натижасида ўзгармас кесимли дроссель *7* орқали келадиган ҳаво босими ўзгаради. Шу билан бирга, кучайтириш пневморелесининг *а* камераси-



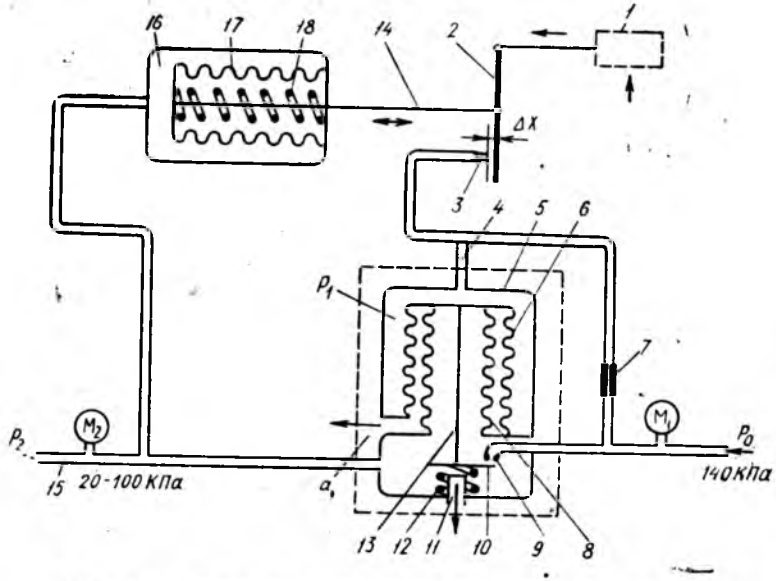
8. 11- расм. Куч компенсацияли пневматик ўзгарткич схемаси.

даги босим таъсирида мембраналар *8* ва *9* нинг эгилиши натижасида кириш *10* ва чиқиш *11* соққали клапанларнинг ҳолати ўзгаради. Натижада *б* ва *в* камераларда босим ўзгаради. Тўсиқ *2* сильфон *4* таъсирида соплога нисбатан шундай ҳолатни эгаллайдики, сильфондаги куч ўлчаш блокининг *F* кучига тенглашиб, *б* ва *в* камералардаги босим шунга қараб ўзгаради. Ўзгарткич берилган ўлчаш диапазонига сильфонни ричаг *5* бўйлаб силжитиш орқали созлнади. Ўзгарткичнинг чиқиш сигналида 20 кПа (0,2 кГк/см²) бошланғич босим ноль корректорнинг пружинаси *6* ёрдамида ўрнатилади.

Ўзгарткич чанг, нам ва ёғдан тозалаиган ҳаво билан таъминланади. Ҳавонинг номинал босими 140±14 кПа. Чиқиш сигналини 300 метр масофага узатиш мумкин. Ўзгарткичнинг аниқлик синфи 1,0.

Силжиш компенсацияли ўзгарткичлар ўлчаш блоки сезгир элементининг силжишини 20—100 кПа миқдоридаги пропорционал пневматик чиқиш сигналига ўзгартириш учун мўлжалланган.

8.12-расмда силжиш компенсацияли схема бўйича ишлай-



8. 12- расм. Силжиш компенсацияли пневматик ўзгарткич схемаси.

диган пневматик ўзгарткичнинг принципиал схемаси кўрсатилган. Таъминловчи ҳаво босими ҳамда ўзгарткич чиқишидаги ҳаво босими M_1 ва M_2 манометрлар орқали назорат қилинади. Бирламчи реле таркибига ўзгармас кесимли дроссель *7*, сопло *3* ва ўлчаш блоки *1* нинг сезгир элементи билан боғланган тўсиқ *2* киради. Кучайтиргич иккита кетма-кет уланган дроссель ва сильфон туридаги юритмадан иборат. Дроссель системаси сопо *9* ва *11* ларни ўз ичига олади. Биринчи соплодан P_0 босимли сиқилган ҳаво кучайтиргичга келади, иккинчи сопло орқали эса ҳаво кучайтиргичдан атмосферага чиқади. Соплоларнинг тешиклари орасида ликобчасимон клапан *10* мавжуд. Унинг ҳолатига иккала дроссель ҳаво оқимлари кесимларининг юзи, бинобарин, дроссель қаршиликлари ҳам боғлиқ. Кучайтиргич юритмаси камера *5* ичига жойлашган, бир-бирига нисбатан концентрик ўрнатилган сильфонлар *6* ва *8* дан иборат. Ликобчасимон клапан сильфонларнинг ҳаракатчан таги билан шток *13* орқали, кучайтиргич эса бирламчи реле ва иккиламчи асбоб билан найчалар *4* ва *15* орқали боғланган. Сильфон юритмасига P_1 ва P_2 босимлардан ўзаро мувозанатлашган иккита куч таъсир қилади.

Тўсиқнинг силжиши бирламчи асбоб сезгир элементининг ҳолатига ёки текширилаётган параметр миқдорига боғлиқ. Тўсиқ соплони беркитганда сильфонга таъсир қиладиган P_1 босим кўпаяди, сильфонлар сиқилади, ликобчасимон клапан *10* сопло *9* тешигини очиб, сопло тешиги *11* ни беркитади; P_2 босим

ошади ва сопло *11* батамом беркилганда P_2 босим ўзининг максимал қийматига эришади. Тўсиқ соплодан четлашганида тескари ҳодиса юз беради, яъни сопло *9* тешиги беркилиб, сопло *11* тешиги очилади. Ҳавонинг атмосферага чиқишидаги қаршилик камаяди, шунинг учун P_2 босим пасаяди ва у сопло *11* нинг тўлиқ очилишида нолга тенглашади.

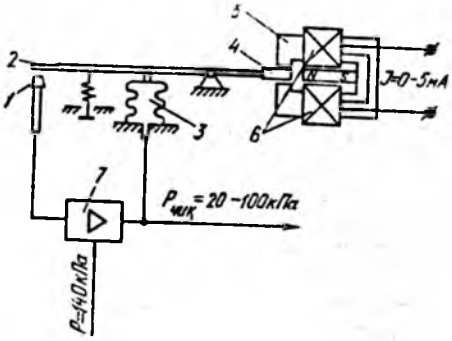
Ҳаво босимининг ва ўлчанаётган параметрнинг ўзгариши қуйидагича бўлади. P_2 босим ошганда сильфон *17* сиқилади ва шток *14* орқали тўсиқни сопло *3* дан четга суради ҳамда соплонинг батамом беркилишига йўл қўймайди. Пневматик системалардаги иккиламчи асбоб сифатида ҳар қандай босим ўлчагичлар, шунингдек «Старт» ва бошқа системалардаги иккиламчи асбоблар ишлатилиши мумкин.

VIII.4-§. ЭЛЕКТР-ПНЕВМАТИК ВА ПНЕВМО-ЭЛЕКТР ЎЗГАРТКИЧЛАР

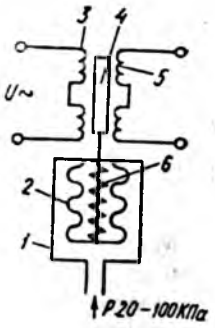
Автоматик назорат, созлаш ва бошқаришнинг комбинацияланган электр-пневматик системаларини яратишда электр ва пневматик чиқиш сигналларига эга бўлган асбоблар қўлланилади. Ўлчаш системасининг электр ва пневматик шохобчаларини мослаштириш учун электр-пневматик ва пневмо-электр ўзгарткичлар чиқарилади.

Электр-пневматик ўзгарткич 0—5 мА ўзгармас токнинг узлуксиз электр сигналини унификацияланган 20—100 кПа миқдоридаги пневматик сигналга ўзгартиришга мўлжалланган. ЭПП туридаги электр-пневматик ўзгартгичнинг принципиал схемаси 8.13-расмда тасвирланган. Ўзгартгич иши куч компенсацияси принципига асосланган. Ўзгарткичдан назорат ва созлаш системаларида электр аналог асбоблар билан пневматик асбоблар ҳамда системалар орасида боғланиш ўрнатишда фойдаланилади.

Асбоб вазифаси турлича икки блок: электр-механик ўзгарт-



8. 13- расм. Электр- пневматик ўзгарткичнинг принципиал схемаси.



8. 14- расм. Пневмо-электрик ўзгарткичнинг принципиал схемаси.

Вақт-импульсли системанинг узатиш қурилмаси ўлчанган катталикни ўзгарувчан давомлиликда импульсларга ўзгартиради. Бундай модуляция кенгликли модуляция дейилади. Агар система ўлчанган катталикни имульс йўли даврининг муайян, яъни ўлчанган қийматига пропорционал қисмини ажратувчи ноль ва ҳисобловчи икки импульслар ёрдамида узатса, бундай модуляция фазовий модуляция дейилади. Ўлчанган катталикни кодлаш учун югурувчи, сигнални дешифровка қилиш учун эса детекторловчи қурилмалар ишлатилади.

Частотали системалар икки турда бўлади:

1. Частота-импульс модуляцияси системасининг сигналлари ўлчанган катталикка пропорционал бўлган частота билан айланувчи ўлчаш системаси валикларидан олиниши мумкин. Сигналларни детекторлар ёки жамғарувчи конденсатор ёрдамида қабул қилиш мумкин.

2. Частотали модуляция ўзгарувчан ток билан амалга оширилади, узатувчи қурилма ўзгарувчан сиғимли ёки индуктивли синусоидал тебранишлар генераторидан иборат. Ўлчанган катталикнинг ўзгариши ўлчаш системаси орқали бажарилади. Узатилган сигнал кучайтириш каскади орқали детекторловчи қурилмага келади, бу қурилма эса сигнал частотасига пропорционал бўлган ток ёки кучланишни ўлчашга имкон беради.

VIII.6-§. ИККИЛАМЧИ АСБОБЛАР

Бошқаришнинг турли даражаларини автоматлаштириш системаларида ахборотни акслантириш воситалари бирламчи, иккиламчи ва ичига ўрнатилган ўзгарткичлар билан биргаликда ишлайдиган аналогли кўрсатувчи — қайд қилувчи ва рақамли кўрсатувчи иккиламчи асбоблар бўлади.

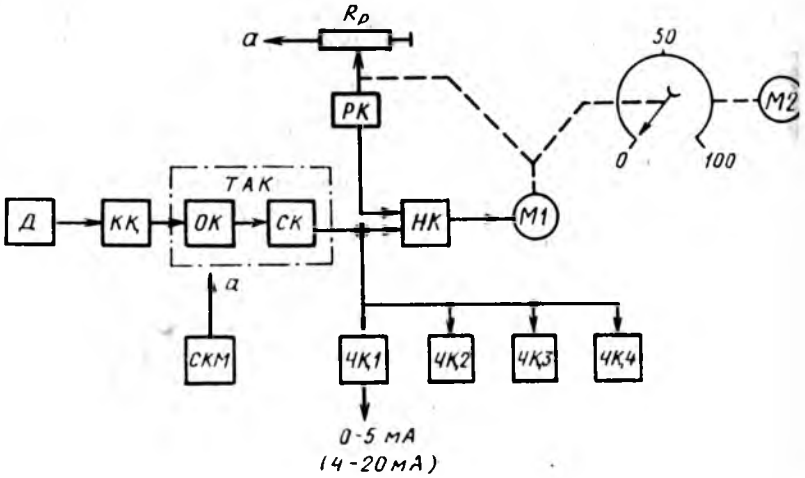
Аналогли иккиламчи асбоблар ишлатишда оддийлиги учун, нисбатан арзонлиги, етарлича аниқлиги, кўп функционаллиги, эргономик афзалликлари учун кенг тарқалди. Эргономик афзаллигига, хусусан параметрларнинг ўзгариш тезлиги диаграммасига кўра баҳолашнинг кўрсатмалилиги тегишлидир.

Қайд қилувчи аналогли иккиламчи асбоблар ҳам хўжалик ҳисобини ҳисобга олишда, ҳисобот системасида, автоматик ростлаш системаларини созлашда тез ўзгарувчи параметрларни қайд қилиш учун фойдаланилади.

Ҳозирги вақтда КС туридаги бир хиллаштирилган асбобларни янада замонавий микроэлемент асосли жумладан, ДИСК-250 ва РП160 ўлчов асбоблари билан аста-секин алмаштирилмоқда.

ДИСК-250 туридаги автоматик асбоблар ток кучини ва ўзгармас ток кучланишини ўлчаш учун, шунингдек, ток ёки кучланишнинг бир хиллаштирилган сигналларига алмаштирилган бошқа ноэлектрик катталикларни ўлчаш учун мўлжалланган.

ДИСК-250 турли технологик катталикларни диаграммали дискда узлуксиз ўзгартиради ва қайд қилади, кириш сигнали-



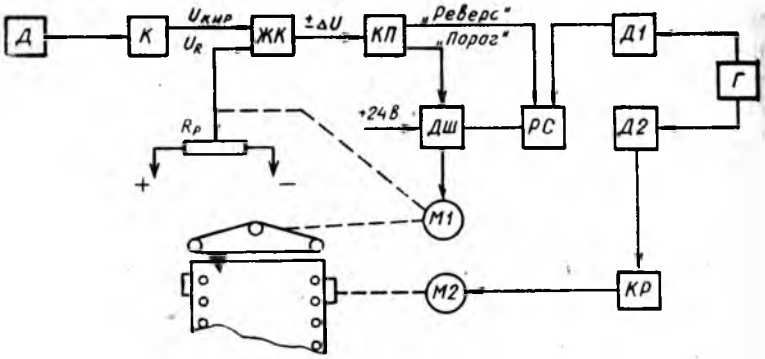
8. 15- расм. ДИСК-250 иккиламчи асбобнинг структура схемаси.

ни (50м, 100м, 10П, 50П, 100П, ХК, ХА, ПР) бир хиллаштирилган чиқиш сигнали 0—5 ёки 4—20 Ма га ўзгартиради; релели чиқишли икки позицияли сигнал (кам-кўп); контактсиз ёки релели чиқишли уч позицияли ростлаш (кам — норма — кўп); датчикнинг узилганлиги индикацияси, асбобни улаш ва ростловчи, сигнал берувчи қурилмаларнинг ҳолати.

Асосий хатолик чегараси ±0,5% (қайд қилишга кўра ±1%). ДИСК-250 нинг ишлашига электромеханик кузатув мувозанатлашиш принципи асос қилиб олинди. Датчикдан келаётган кириш сигнали олдиндан кучайтирилади ва шундан сўнггина компенсацияловчи элемент (реохорд) сигнали билан мувозанатлаштирилади. Ишлаш принципи 8.15-расмдаги структура схемасида изоҳланади.

Д датчикдан чиқаётган кириш сигнали *КК* кириш қурилмасига келади, бу ерда кейинчалик ишлов бериш қулай бўлиши учун ўлчашнинг қуйи чегараси бўйича нормалаштирилади. Бундан ташқари, кириш қурилмаси қаршилик термоўзгарткичларини ва термоэлектрик ўзгарткичларнинг совуқ қотишмалари термо ЭЮКини ўлчашда температура компенсацияси мис резистори таъминоти учун ток манбаига эга. Кейин кириш сигнали бикр манфий тескари алоқали ТАК кучайтиргичга келади, у ерда ўлчашнинг юқори чегараси бўйича нормаллашади. Шундай қилиб, ТАК нинг чиқишидан ўлчашнинг қуйи ва юқори чегаралари бўйича нормаллашган сигнал олинади (кириш сигналлари ўлчашнинг қуйидан юқори чегараларигача ўзгарганда ТАК кучайтиргичнинг чиқиш сигнали ДИСК-250 асбобларида —0,5 дан —8,5 В гача чегарада ўзгаради).

$R_р$ реохорддан келаётган сигнал РК кучайтиргичда +0,5 дан +8,5 гача кучайтирилиб, НК нобаланс кучайтиргичи киришида ТАК сигнали билан таққосланади.



8. 16- расм. РП 160 иккиламчи асбобнинг структура схемаси.

гармас ток чиқиш сигналлари манбалари билан ишлашга мўлжалланган. Асбоб схемаси ўлчанаётган параметрнинг берилган қийматдан шкала узунлигининг 5 дан 25% гача оралиқда четлашишини сигналлаштиришни таъминлайди.

Асбобнинг асосий хатолиги ±0,5% (қайд қилинишига кўра ±1%).

РП160 асбобининг тузилиши (структур) схемаси 8.16-расмда келтирилган.

Асбобнинг ишлаш принципи ўзгармас ток кучланишининг иккита сигналини таққослашга асосланган: бирламчи ўзгарткичнинг $U_{кир}$ кириш сигнали ва U_R тескари боғланиш сигнали, у $R_р$ реохорднинг ҳаракатланувчи контакти (движок) дан олинади.

$U_{кир}$ бирламчи ўзгарткич сигнали $К$ кучайтиргичнинг чиқишидан жамловчи кучайтиргич $ЖК$ га келади, у ерга тескари алоқа U_R сигнали ҳам узатилади. Жамловчи (йиғинди) кучайтиргич ЖК нинг чиқишидан олинган кучайтирилган фарқий сигнал $\pm\Delta U$ компаратор $КП$ га келади. Компаратор $КП$ иккита сигнални шакллантиради. М1 («Реверс») нинг айланиш йўналишини белгилаб берувчи ΔU ($\pm\pm\Delta U$) белги (ишора) сигнали ва $М1$ («Бўсаға» — «порог») статор чўлғамига + 24В кучланиш уланишини таъминловчи сигнал. Бу кучланишнинг М1 статорнинг чулғамларида ΔU нинг қийматига, ΔU нинг ишорасига ва асбобнинг берилган тезкорлигига боғлиқ ҳолда коммутациялаш тартибини $РС$ реверсив счетчик аниқлайди, уни $Г$ генератордан $Д1$ частота ажратувчи орқали келадиган тўғри бурчакли импульслар ва ДШ дешифратор бошқаради.

$\Delta U \neq 0$ да М1 ротор ΔU нинг ишорасига боғлиқ ҳолда у ёки бу томонга айлана бошлайди. $R_р$ реахорднинг ҳаракатланувчи контакти билан кинематик боғланган ротор ΔU нолга тенг бўлиб қолгунча айланади.

Мувозанат пайтида ($\Delta U=0$) асбоб шкаласидаги кўрсаткичнинг ҳолати ўлчанаётган параметрнинг қийматини белгилайди.

РП160 асбоби қаршилик термо ўзгарткичлари билан иш-

6-§ га қаранг) иборат ўлчаш комплектини олдиндан аниқлаш мумкин.

ЎВ ўлчашларининг юқори чегараси (N_{max}) қуйидаги формулаларга кўра аниқланади.

1) секин ўзгарувчи ўлчанаётган катталик учун:

$$N_{ўзг} \leqslant (3/2)\, N_{max};$$

2) тез ўзгарувчи катталик учун:

$$N_{ўзг} \leqslant 2\, N_{max}.$$

Шундай қилиб, $t_{max} \geqslant 3.100/2 = 150°C$

Шуни аниқлаштирамизки, ТСМ-0879 НСХ 100 М (рухсат синфи В) 200°С гача оралиқда (диапазонда) ишлайди, яъни топшириқнинг шартлари қаноатлантирилади.

Термоқаршиликнинг ботиш чуқурлигини 250 мм деб ҳисоблаб, ТСМ модификациясини аниқлаймиз: ТСМ-0879 5Ц2.821.430-58.

Рухсат синфи В бўлган ТСМ нинг асосий йўл қўйиладиган хатолиги 100° С температура учун $\Delta t_{тк} = 0{,}25 + 0{,}0035t = 0{,}25 + +0{,}0035 \cdot 100 = 0{,}6°C$ ифода билан аниқланади (1-бобга қаранг)

ДИСК-250 иккиламчи асбоб учун дастлаб t_{max} ўлчашнинг юқори чегарасини аниқлаш зарур. У стандарт қатордан танлаб олинади $t_{max} = 150°\,C$, $t_{min} = 0$.

Талаб қилинган N_{max} нинг стандарт қатор қийматлари билан мос тушмаслик ҳолларида N_{max} нинг энг яқин катта қиймати танланади ва хатолик шу қиймат бўйича олиб борилади. Масалан, ҳисоблашда биз $t = 175°C$ қийматни олган бўлсак, у ҳолда юқори чегара 200°С танланган бўлар эди.

Кейин иккиламчи асбобнинг модификацияси танланади: ДИСК-250-1131, аниқлик синфи 0,5.

ДИСК-250 иккиламчи асбобнинг асосий йўл қўйиладиган хатолиги

$$\Delta t_{и.а.} = \pm \frac{K\,(t_{max} - t_{min})}{100} = \pm \frac{0{,}5\,(150 - 0)}{100} = \pm\ 0{,}75°C.$$

Шундай қилиб, топшириққа биноан $\Delta t_{т.к} = 0{,}6°C$ бўлган ТСМ = = 08795 ц 2. 821 қаршилик термоўзгарткичи ва $\Delta t_{и.а} = 0{,}75°C$ бўлган ДИСК = 250 — 1131 иккиламчи қайд этувчи асбобдан иборат ўлчаш комплекти танланган.

ЎВ ни аниқлиги бўйича танлашни асослашда танланган ўлчаш комплекти (ёки алоҳида ЎВ) ўлчанаётган параметрнинг топшириқ бўйича йўл қўядиган четлашишни таъминлашини исботлаш зарур:

$$\Delta t_{к.\ факт} = \pm \sqrt{\Delta t^2_{т.к} + \Delta t^2_{и.а}} = \pm \sqrt{0{,}36 + 0{,}56} \approx 1°C$$

$\Delta t_{к.\ факт} < \Delta t_{қўш.}$ бўлгани учун танлаш тўғри бажарилган.

Агар $\Delta t_{к.факт} > \Delta t_{қўш}$ бўлган ҳолда танланган ўлчаш воситалари фойдаланиши мумкин эмас ва бирламчи ўзгарткичнинг йўл қўйилган четланишлари бўйича танлов масаласини қайта кўриб чиқиш зарур ёки аниқлик синфи юқорироқ бўлган иккиламчи асбобни қўллаш ёки бошқа ЎВ ини танлаш зарур.

Бундай турдаги масалалар ҳар бир параметр бўйича асосий технологик жараёнларни автоматлаштиришда ҳал этилади.

Иккинчи даражали параметрларни назорат (технологик назорат, сигнализация ва ҳоказо), одатда, танланган ЎВ нинг ҳақиқий хатоси 1-бобда баён қилинган қоидалар бўйича аниқланади.

IX боб. ТЕХНОЛОГИК ЎЛЧАШ ВОСИТАЛАРИДА МИКРОПРОЦЕССОРЛАРНИНГ ҚЎЛЛАНИЛИШИ

IX.1-§. УМУМИЙ МАЪЛУМОТЛАР

Технологик ўлчашларни бажаришда бир қатор ҳолларда ўлчанаётган катталикларнинг қийматларини ва ўлчаш хатоликларини аниқлаш билан боғлиқ бўлган турли ҳисоблаш ишларини (операцияларини) бажариш зарур бўлади. Бундан ташқари, технологик параметрларни автоматик назорат қилишни самарали ташкил этиш учун турли хил мантиқий операцияларни бажариш талаб қилинади. Бу масалалар микропроцессор қурилмалар ёрдамида ҳал қилинади.

Ўлчов асбобларида, ўзгарткичларда ва технологик ўлчашлар учун фойдаланиладиган тизимларда микро ЭҲМ ва микропроцессорлар қўлланилади. Бу қурилмаларнинг техник асоси битта кристаллда 10^3—10^6 та элементи бўлган катта ва ўта катта интеграл схема (КИС ва ЎКИС)лар ҳисобланади.

Кейинги пайтларда микроэлектроника ва ҳисоблаш техникасининг энг муҳим ютуғи КИС асосидаги микропроцессорларни яратиш ҳисобланади.

Дастлабки микропроцессорли КИС 1971 йилда чет элда яратилди ва ҳисоблаш техникаси ва рақамли автоматика воситаларини ишлаб чиқарувчи — мутахассисларни унинг программавий бошқаришнинг имкониятлари билан таъминланувчи кенг қўлланиш истиқболлари билан ўзига жалб қилди. Ҳозир микропроцессорларнинг пайдо бўлишини электроника ва ҳисоблаш техникаси соҳасидаги экспертлар инқилобий ҳодиса сифатида баҳолаб, уни 50-йиллардаги биринчи ярим ўтказгичли элементлар ва қурилмалар билан таққослашади.

Микропроцессор — функционал тугалланган, битта ёки бир нечта КИС ёки ЎКИС кўринишида бажарилган, рақамли ахборотни ишловчи, хотирада сақловчи программа (дастур) билан бошқарилувчи қурилмадир. Бу қурилмани микропроцессор дейилади, чунки у одатдаги вазифалари ва тузилишига кўра одатдаги ЭҲМ процессорининг соддалаштирилган хилини эс-

латади. Ихчамлиги, оғирлиги камлиги ва кам энергия истеъ мол қилиши микропроцессорни ўлчов қурилмаларининг, авто матик ростлаш ва бошқариш воситаларининг электрон схем схемасига бевосита улаш имконини беради. Микропро интеграциялашнинг кичик ва ўртача даражасидаги интегра схемаларда қурилган процессорларга қараганда анча арзон, иш латишда тежамлироқ ва ишончлироқдир. Микропрессор дастур ланувчи мантиқли КИС ёки УКИС га асосланган учун у қат тиқ, қайд этилган мантиқли интеграл схемаларнинг кўпчили турларининг ўрнини босди. Микропроцессорнинг дастурини ўз гартириб, унинг ёрдамида кўпгина турли хил масалаларни ечи имкони яратилади.

Микропроцессор одатда махсус ишлаб чиқилган ўзинин конструктив-технологик қийматларига кўра бир хил ва ягон бутунга йиғилиши мумкин бўлган алоҳида микропроцессорл ва бошқа интеграл схемаларнинг йиғиндисидан иборат бўлга микропроцессор комплекти (тўплами) таркибида фойдалани лади. Комплект таркибига: микропроцессорлар, хотирловч қурилмалар, ахборотни киритиш, чиқариш, микродастурл бошқарув ва ҳоказоларнинг интеграл схемалари киради.

Микропроцессор комплектлари микропроцессорли система лар, микро ЭҲМлар, микроконтроллерлар ва бошқалар каб кенг функционал имкониятларга ва ягона математик таъми нотга эга бўлган рақамли бошқарилувчи ҳисоблаш қурилма ларини қуриш учун мўлжалланган.

Микропроцессорли тизим — ишлаётган тизимга ташкил қи линган микропроцессорли комплектнинг ўзаро таъсирланувч интеграл схемаларининг ягона бир бутун тўпламига йиғилга тўпламидир, яъни микропроцессорли ҳисоблаш ёки бошқариш тизими ахборотга ишлов бериш бўғини сифатида.

МикроЭҲМ — бу конструктив тугалланган ҳисоблаш қурил маси бўлиб, у алоҳида корпусда интеграл схемаларнинг микро процессор комплекти асосида тузилган ва таъминот манбаига бошқарув пультига, ахборотни киритиш-чиқариш бўғинлари га эга бўлиб, бу эса ундан ўз дастурли таъминотига эга авто ном эркин ишловчи қурилма сифатида фойдаланишга имко

9. 1- расм. Микро ЭҲМ нинг структура схемаси.

беради. МикроЭҲМлар структурасига кўра одатдаги ЭҲМлардан анча содда қилиб қурилади. Бу магистрал — модулли деб аталувчи жуда ўзгарувчан структуранинг асосини (9.1-расм) умумий магистрал (умумий шина) ташкил этиб, унга машинанинг бир-бири билан интерфейслар ёрдамида боғланган конструктив тугалланган модуллари кўринишида бажарилган талаб қилинган номенклатура ва миқдордаги ҳамма қурилмалари уланади.

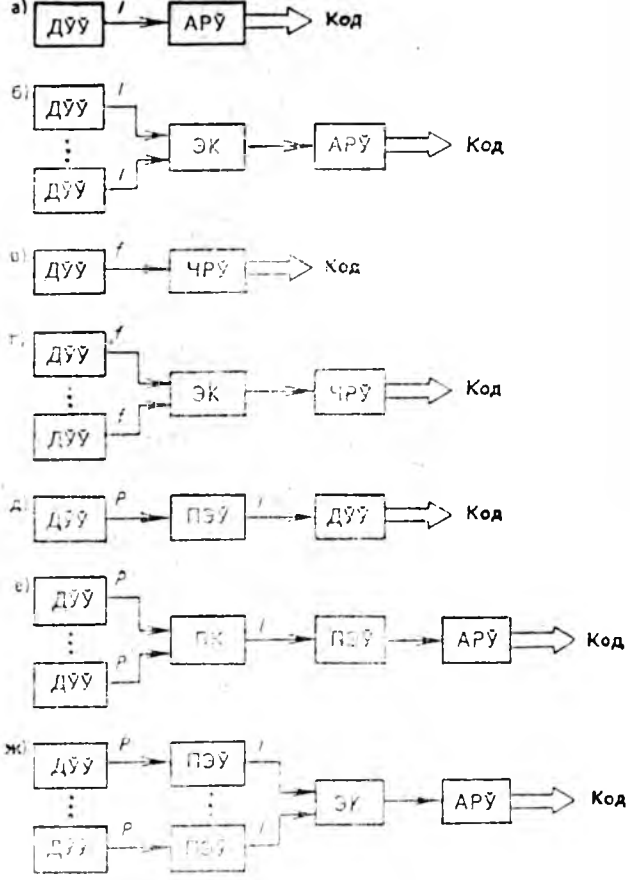
Интерфейс (инглизча ihteface — ўзаро боғланиш) рақамли ҳисоблаш техникаси қурилмалари ўртасидаги ахборот алмашишни амалга ошириш учун мўлжалланган сигнал чизиқлари ва шиналари, электрон схемалар ва алгоритмлар мажмуасини (тўпламини) ифодалайди.

Микроконтроллер (контроллер) — микропроцессорлар ёки микро ЭҲМ асосида бажарилган мантиқий бошқарув қурилмаси.

IX.2-§ РАҚАМЛИ ҲИСОБЛАШ ТЕХНИКАСИ ҚУРИЛМАСИГА ТЕХНОЛОГИК ПАРАМЕТРЛАР ҲАҚИДАГИ АХБОРОТНИ КИРИТИШ

Таъкидлаб ўтилганидек, технологик параметрларни ўлчашнинг замонавий воситалари ўзгармас ток, частота ва босим кўринишидаги чиқиш сигналларига эга бўлади, яъни аналогли бўлади. Бу сигналларни рақамли ҳисоблаш техникаси воситаларига киритиш учун тегишли мословчи қурилмалардан (ёки қўшиш қурилмаларидан) фойдаланиш зарур. Бунда ҳал қилинадиган умумий масала дастлабки ўлчов ўзгарткичлари (ДЎЎ) сигналларини ҳисоблаш техникаси воситалари қабул қиладиган электр кодли сигналга алмаштиришдан иборат. Технологик параметрларни ўлчаш воситаларининг ва ҳисоблаш техникаси воситаларининг ишини мослаштириш учун фойдаланиладиган қурилмаларнинг энг умумий структура схемалари 9.2-расмда кўрсатилган.

Ўзгармас ток *I* нинг электр сигналлари код сигналларига аналогли рақамли ўзгарткич (АЎЎ) ёрдамида (92-расм, *а*, ва *б* лар), *f* частота сигналларига эса частотавий рақамли ўзгарткич (ЧРЎ) ёрдамида ўтказилади (9.2-расм, *в* ва *г*). Агар айтиб ўтилган ўзгарткичлар бир нечта дастлабки ўлчов ўзгарткичлари, масалан, $ДЎЎ_1$—$ДЎЎ_n$ нинг сигналларини ўзгартириш учун фойдаланилса, у ҳолда сигналлар навбати билан *АРЎ* га электр коммутатор *ЭК* орқали келтирилади (9.2-расм, *б*). Пневматик *ДЎЎ* лар ишлаб чиқарадиган сиқилган ҳавонинг *Р* босими сигналларини алмаштириш учун одатда пневмоэлектрик ўзгарткич *ПЭЎ* ёрдамида босимни ўзгармас ток электр сигналига дастлабки алмаштиришдан фойдаланилади (9.2-расм *д*, *е*, *ж*). Бунда агар бир нечта *ДЎЎ* нинг сигналларини алмаштириш учун битта ПЭЎ ва битта АРЎ қўлланилса, у ҳолда *ДЎЎ* ни *ПЭЎ* га навбати билан улаш пневматик коммутатор *ПК* ёрдамида амалга оширилади (9.2-расм, *е*). Агар ҳар бир



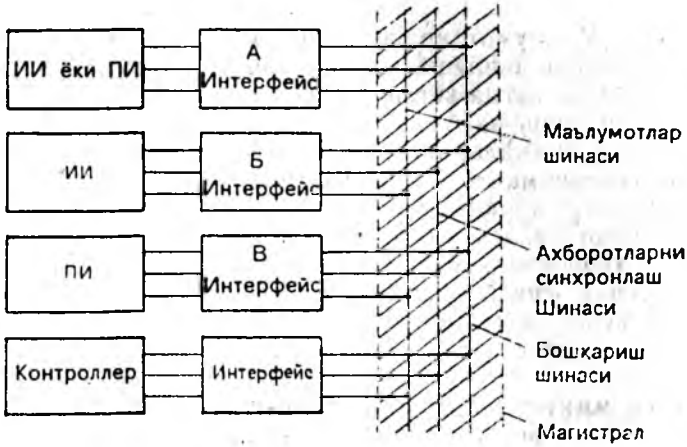
9. 2- расм. Ўлчаш ва ҳисоблаш техникаси воситаларининг ишини мослаштириш қурилмаларининг структура схемаси.

ПЭЎ нинг сигналини ўзгартириш учун шахсий *ПЭЎ* дан фойдаланилса, у ҳолда *ЭК* ёрдамида $ДЎЎ_1$—$ДЎЎ_n$ ни *АРЎ* га навбати билан улаш амалга оширилади (9.2-расм, *ж*).

Код сигналини ҳисоблаш техникаси воситаларига киритиш асбобли интерфейслар ёрдамида амалга оширилади.

Ўлчаш воситалари учун интерфейс (асбобли интерфейс) тегишли код кўринишдаги чиқиш сигналига эга бўлган ўлчов воситалари билан рақамли ҳисоблаш техникаси воситалари ўртасида ахборот алмашиш учун мўлжалланган.

Кейинги пайтларда рақамли ҳисоблаш техникаси воситаларини ўз ичига олган ўлчов системаларида магистрал турдаги (умумий магистралли) асбобли интерфейслар қўлланилмоқда. Бундай интерфейсларга халқаро электротехник комиссия тавсия этган асбобли интерфейс МЭК (IEC — Internatinal Electrotechnical Comission) ва интер-



9. 3- расм. Бир нечта ўлчаш ва хисоблаш қурилмаларини умумий магистралга улаш схемаси.

фейс КАМАК (CAMAC — Computer Automated Measerement and Control) киради.

9.3- расмда бир нечта ўлчаш ва ҳисоблаш қурилмаларини умумий магистралга улаш схемаси кўрсатилган. Бу магистралга уланадиган барча қурилмалар мазкур ҳолда асбоблар дейилади. Интерфейс асбобли ва интерфейсли ахборотларни тезлик билан узатувчи умумий магистралдан ва ўлчов воситаларининг интерфейсли қисмидан ва бошқа уланувчи қурилмалардан (9.3-расмдаги А, Б, В интерфейслар), шунингдек бошқарув (контроллер) қурилмасидан иборат. Магистралга уланган асбоб қуйидаги ҳолатларда бўлиши мумкин: заҳира, ахборот манбаи (ИИ) сифатида ишлаш ва ахборот қабул қилувчи (ПИ) сифатида ишлаш. Шу тарзда асбоблар иши дастур бўйича бошқарилади.

Дастур бўйича бошқарилувчи асбобларнинг интерфейс қисмлари икки хил кўринишда бажарилади:

асбобнинг орқа панелида стандарт разъем ўрнатилган, асбобнинг ичида таркибий қисми сифати ишланган ва конструктив ўрнатилган схема кўринишида (бу хил кўриниш амалдаги халқаро андозаларга мувофиқ ишлаб чиқарилаётган янги асбобларда қўлланилади);

ялпи ишлаб чиқарилаётган ёки чиқиш сигнали код кўринишидаги илгари ишлаб чиқарилган қурилмаларга уланадиган алоҳида ишланган модуллар кўринишида. Ўлчов қурилмаларининг интерфейс қисми магистралига уланганда кодланган адрес берилади.

Магистралда маълум вазифани бажарувчи бир қанча чизиқлар интерфайс шинасига бирлаштирилган, хусусан, маълумотлар шинаси, синхронлаштириш шинаси, бошқарув шинаси

(9.3-расм). Маълумотлар шинаси ахборотли маълумотларни узатишда фойдаланилади, уларга ўлчаш натижалари ва бирликлари, ўлчаш кетма-кетлиги (дастури) ва ҳоказолар киради. Синхронлаштириш ва бошқариш шиналари бўйича магистралга уланган қурилмаларнинг ўзаро таъсирлашувини таъминловчи интерфейсли маълумотлар узатилади. Интерфейс(ли) маълумотларга бу қурилмаларга қуйидаги каби бирор хизмат вазифаларини амалга оширувчи маълумотлар киради: ахборот манбаи, ахборотни қабул қилгич, контроллер, узатишни, қабул қилишни синхронлаштириш, хизмат кўрсатишга сўров параллел сўров, қурилмани тозалаш, асбобни ишга тушириш, масофадан туриб ва маҳаллий бошқарув.

IX.3- §. МИКРОПРОЦЕССОРЛАРНИНГ ТЕХНОЛОГИК ЎЛЧОВ ВОСИТАЛАРИДА ҚЎЛЛАНИЛИШИ

Асбобсозлик ривожининг ҳозирги босқичи ўлчов воситалари таркибида микропроцессорлар — микропроцессор системалари асосига қурилган ҳисоблаш қурилмаларидан кенг фойдаланиш билан ифодаланади. Ўлчов қурилмаларида бундай системаларнинг қўлланилиши натижасида икки мақсадга эришилади: ўлчов қурилмаларининг вазифалари кенгайтирилади ва уларнинг характеристикалари яхшиланади.

Микропроцессор системаларнинг (МПС) электр ўлчов воситаларида фойдаланилиши уларни жойлаштиришга ва ишлатиш алгоритмларига янгича ёндошишга, ахборот бериш имкониятларини оширишга, аниқлигини, ишончлилигини ва тез ишлашини янада оширишга имкон беради.

Технологик ўлчашлар соҳасида самарали ечимларни излаш ва МПС ичига қурилган ўлчов асбоблари ишлаб чиқиш давом эттирилмоқда.

Умумий ҳолда ўлчов қурилмалари таркибига МПС нинг киритилиши қуйидаги каби асосий вазифаларни ҳал қилишга имкон беради:

формулалар бўйича ҳисоблаш (шу жумладан линеаризация масштаблаш, ўлчамлар натижаларига ишлов бериш ва ҳоказолар);

берилган алгоритм бўйича ҳисоблаш;

статистик ишлов бериш;

параметрни таҳлил қилиш (максимумга, минимумга ва ҳоказо);

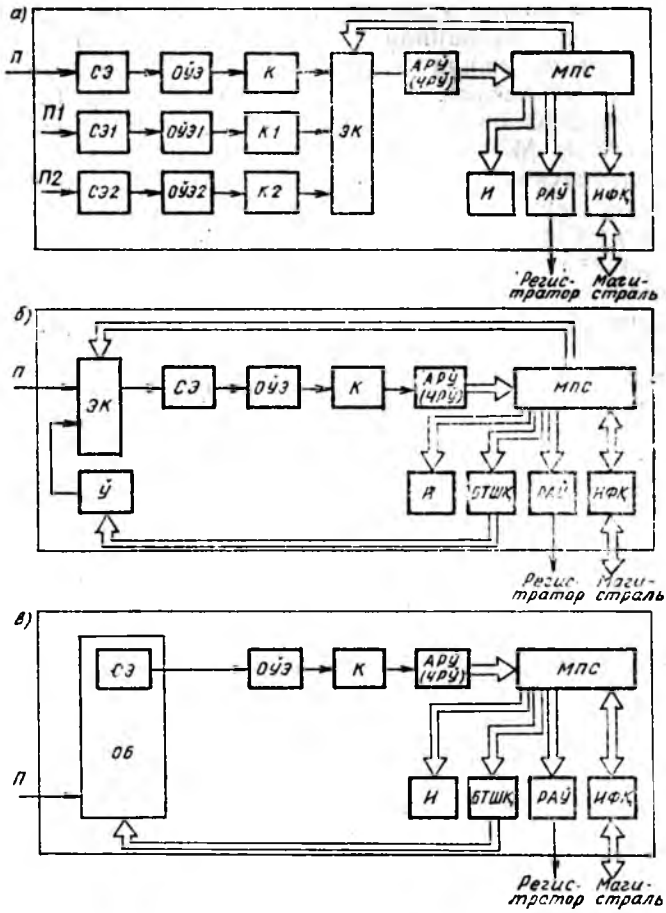
статистик тавсифни тузатиш (жумладан, алмаштириш коэффициентини тиклаш ва сигналнинг нол даражасини тузатиш);

ўлчов қурилмаси уланган система билан боғланиш;

ўз-ўзини диагностика қилиш;

ўлчашларни бошқарув;

ўлчов қурилмасининг режим параметрларини стабиллаш ёки дастурий созлаш.



9. 4- расм. Технологик параметрларни ўлчаш учун МПС ўрнатилган қурилмаларнинг структура схемалари:

СЭ, СЭ1, СЭ2-сезгир элементлар; *ОЎЭ, ОЎЭ1 ОЎЭ2* —оралиқ ўзгарткичли элементлар; *К, К₁, К₂* — кучайтиргичлар; *ЭК* — электр коммутатор; *ИФҚ* — интерфейсли қурилма; *Ў* — ўлчов (ўлчовлар тўплами); *БТШҚ* — (юшқарувчи таъсирларни шакллантириш қурилмаси; *ОБ* — операцион бўғин; *АРЎ* — аналогли- рақамли ўзгарткич; *ЧРЎ* — частотавий- рақамли ўзгарткич; *РАЎ* — рақамли- аналогли ўзгарткич; *МПС* — микропроцессорли система; *И* — рақамли индикатор.

Бироқ МПСни ўлчов қурилмалар таркибига уларга бевосита янги ижобий сифатларни бериш билан бир қаторда киритиш бу қурилмаларнинг анча мураккаблашувига олиб келади. Мураккаблиги бўйича МПС киритилган ўлчов қурилмалари микро ЭҲМ қатнашган ўлчов системаларига яқиндир.

Мисол тариқасида ҳозирги вақтда технологик параметрлар ўлчов қурилмаларини яратиш учун фойдаланиладиган структур схемаларни қараб чиқамиз (9.4-расм).

Ёрдамчи ўлчашлар услубини амалга оширувчи схема (9.4-расм, *а*) энг кўп қўлланилади. Бундай схема бўйича ясалган ўлчов қурилмаси ишида асосий параметр ва ёрдамчи параметрлар П1, П2— таъсир кўрсатувчи катталиклар (атроф ҳарорати, атмосфера босими ва бошқалар) ҳақидаги ахборотдан фойдаланилади. МПС ёрдамида таъсир функциялари орқали таъсир кўрсатувчи катталикларнинг таъсирларини ҳисобга олиш ўлчаш қурилмасининг хатосини камайтиради. Бундай схемага кўра босимни, температурани, сатҳни, сарфни, ҳажмни ва бошқаларни ўлчаш қурилмалари қурилади. Бунда асосий ва ёрдамчи параметрлар тўғри ва мувозанатловчи услуб билан ўлчаниши мумкин.

9.4-расм, б да МПС киритилган ўлчов қурилмасининг структура схемаси кўрсатилган бўлиб, у ўлчашларни намунали сигналлар ва биргаликдаги ўлчашлар услуби билан амалга оширишни таъминлайди.

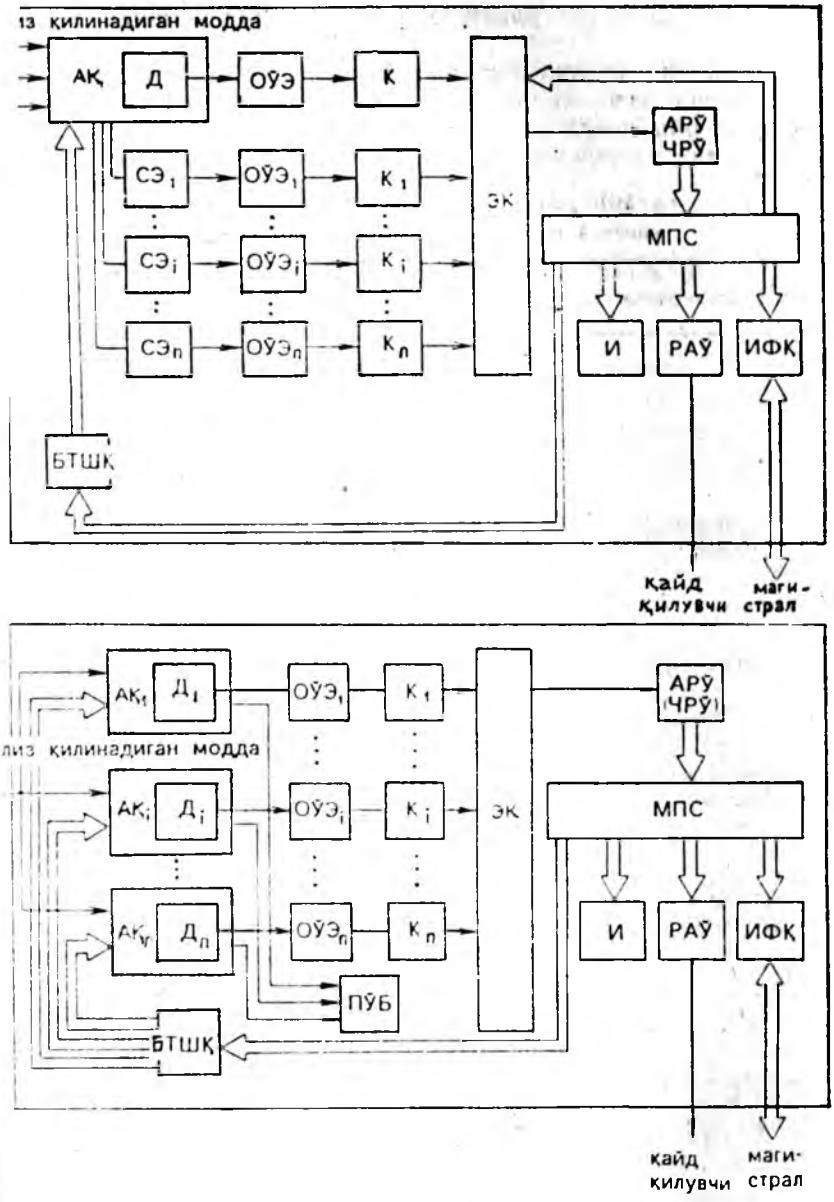
Мазкур қурилманинг ўлчов қисми П параметрни, М ўлчовни (ўлчовлар тўпламини), шунингдек П параметр ва ўлчовлар тўпламини биргаликда ўлчайди. МПС ахборотга ишлов беради ва ўлчаш жараёнини бошқаради.

Схема (9.4-расм, *в*) бўйича қурилган ўлчов қурилмаси таркибига операцион бўғин ОБ киради, унда МПС буйруқларига кўра бошқарувчи таъсирларни шакллантириш қурилмаси (БТШҚ) ёрдамида элементларни алмаштириш учун зарур ўлчашлар амалга оширилади, буларнинг натижасида ўлчанаётган параметр П нинг сезгир элемент СЭ га таъсири (таъсирлари) шаклланади.

Схемалар (9.4-расм, *б*, *в*) масса, ҳажм, суюқ муҳитларнинг зичлиги ва бошқаларни яратишда қўлланилади.

МПС дан фойдаланишнинг энг самарали усули улардан аналитик техника веситаларида фойдаланиш ҳисобланади, бунда асосий ва бир қатор ёрдамчи параметрларни ўлчаш билан бир қаторда аналитик қурилма бўғинларини (мантиқий ва ўхшаш) бошқариш ва ахборотга ишлов бериш билан боғлиқ катта ҳажмдаги ҳисоблашларни бажариш талаб қилинади.

9.5-расм, *а* да автоматик сифат анализаторининг умумлаштирилган структура (тузилма) схемаси кўрсатилган. Битта параметрни ўлчашни амалга оширувчи анализаторларда ўлчов ахборотининг асосий сигнали у ёки бу детектор Д ёрдамида аналитик қурилма АҚ да шаклланади. Анализаторнинг хатосини камайтириш учун ва унинг бир қатор сезгир элементлар ёрдамида меъёрида ишлашини таъминлаш учун бир қатор параметрларнинг қийматлари бўйича статик характеристика тузилади, аналитик қурилманинг режимли параметрлари стабиллашади ва анализ (таҳлил) ўтказиш учун зарур улашлар амалга оширилади. Охирги икки вазифа МПС томонидан БТШҚ орқали амалга оширилади. Аналитик блокка таҳлил қилинаётган ва ёрдамчи модда (ЁМ) лардан ташқари намунавий



9. 5- расм. МПС ўрнатилган сифат анализаторининг структура схемаси:

АҚ, АҚ1, АҚ2, . . . АҚл — аналитик қурилмалар; *Д, Д1, Д2, . . . Дп* — детекторлар *ПЎБ* — аналитик қурилмалар параметрларини ўлчаш блоки (9. 4- расмда қолган белгилар келтирилган).

модда (НМ) ни узатиш имконияти кузатилади, бу эса ана заторнинг даврий равишда ўзини даражалашини таъмл лайди.

Таркибни таҳлил қилишнинг кўп параметрли услуби амалга оширувчи анализаторларда (9.5-расм, *б*), тегишли текторли бир нечта аналитик қурилмалардан фойдаланила

Ёрдамчи ва режимли параметрларнинг барча зарур ўлчн

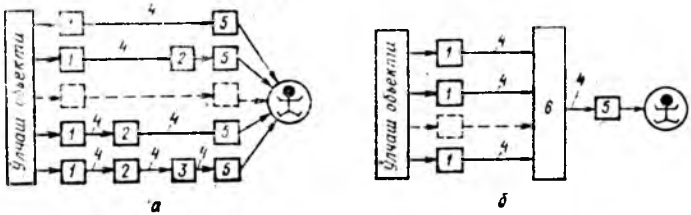
9.1-жадвал. **МПС киритилган ўлчов асбоблари ёрдамида ўлчанадиган кимёвий технологик жараёнларнинг параметрлари**

Ўлчанадиган параметр	Ўлчанадиган ёрдамчи параметр	Ҳисоблаш қурилмаси хот сида сақланадиган ахбор
Босим	Босим СЭ температураси	Босим ва температура статик характеристик Температура таъсири ўлчов қурилмаси сигн га таъсирининг ўлчов рилмаси сигналига таъ функцияси
Сарф (тораювчи қурилма да босимнинг ўзгариши бўйича)	Босимнинг ўзгариши СЭ температураси	Тораювчи қурилмани статик характеристика босим в) температура СЭ ўзгариши. Темпер нинг ўлчов қурилмаси налига таъсири функц
Температура (термоэлектрик СЭ)	«Совуқ кавшар»нинг температураси	Термоэлектрик СЭ ва моризисторларнинг «с кавшар»ининг температ сини ўлчаш учун ст характеристикалари
Температура (спектрал нисбатнинг пирометри билан)		Спектрал нисбатни а лаш учун қабул қили фотометр, тўлқин уэу гининг статик характе тикаси
Резервуардаги суюқлик нинг ҳажми (сатҳига кўра)	Сатҳнинг СЭ температураси	Босим, температура, ининг статик характе тикаси. Температура босим ўлчаш ўзгартк нинг сигналига таъ функцияси
Физик-кимёвий хоссалар, сифат кўрсаткичлари, концентрация, таркиби	Аналитик қурилманинг температураси таҳлил қилинаётган ёрдамчи ва намунавий модданинг сарфи ва босими, атмосфера босими, электр занжирларнинг режимли параметрлари.	Резервуарнинг даража характеристикаси Температура, босим, с ток, кучланиш, СЭ статик характеристикал Анализаторнинг статик рактеристикасини туза амалга ошириладиган раметрлар учун таъ функцияси. Ўлчов ахборотига ва қаларга ишлов бериш зарур маълумотлар константалар

рини аналитик қурилмалар параметрларини ўлчаш блоки ЎБ бажаради, у ЭК блоки билан коммутацияланади (9.5-см, *б* да ПЎБ орасидаги боғланиш кўрсатилмаган). Бу қурилмалар ишини бошқариш учун зарур сигналлар ва уларнинг ажим параметрларини стабиллашни МПС ишлаб чиқаради ва аналитик қурилмаларга БТШҚ орқали келади. 9.1-жадвалда технологик параметрлар келтирилган бўлиб, улар учун микропроцессор системалари киритилган ўлчов асбоблари яратилган.

IX.4-§ МИКРОПРОЦЕССОР ВА РАҚАМЛИ ҲИСОБЛАШ ТЕХНИКАСИ ВОСИТАЛАРИНИНГ ЎЛЧОВ СИСТЕМАЛАРИДА ҚЎЛЛАНИЛИШИ

9.6- расм *а*, *б* да тасвирланган ўлчов системалари (ЎС) ҳозирги вақтда кимёвий-технологик жараёнларни автоматик назорат қилиш, ростлаш ва бошқаришда кенг қўлланилмоқда. 9.6-схема, *а* да ясалган ўлчов системаси ўлчаш объектидаги ҳамма катталикларни бир вақтда ўлчашни ва қайд қилишни таъминлайди. 9.6-схема, *б* бўйича ясалган ўлчов системаси эса навбати билан ўлчашни ва қайд қилишни таъминлайди.



9. 6- расм. Ўлчов системаларининг структура схемалари.

Расмда келтирилган ўлчов системаларидаги ўлчов ахбороти бирламчи ўлчов ўзгарткичлар *1* ёрдамида шаклланади ва сигналлар тарзида алоқа канали *4* га юборилади. Ўлчанаётган физик катталикнинг турига, бирламчи ўлчов ўзгарткичининг ишлов принципига ва ахборотни узатиш зарур бўлган масофага боғлиқ ҳолда ўлчов системаси таркибига бирламчи ўлчов ўзгарткичлардан ташқари оралиқ *2* (9.6-расм, *а*) ва узатувчи *3* ўлчов ўзгарткичлари ҳам киритилиши мумкин. Бунда ўлчов ўзгарткичи бирламчи ўлчов ўзгарткичи ёнида ёки алоқа каналидан келаётган сигнални ўлчовчи асбоб *5* ёнида жойлашган бўлиши мумкин, бу сигнал одам қабул қилиши учун қулай ва қайд қилувчи бўлади. Ўлчов асбоби *5* ни иккиламчи асбоб деб атаб, бунда у билан бир комплектдаги ўлчов ўзгарткичларининг ҳаммаси бирламчи асбоблар бўлади.

Ўлчов системасида (9.6-расм, *б*) бирламчи ўлчов ўзгарткичларини асбоб *5* га навбатма-навбат улаш билан коммутатор

б қўлланилиб, уни ёрдамчи қурилма деб қараш лозим бўл ди. Содалик учун 9.6-расм, *б* да таркибида фақат бирлам ўлчов ўзгарткичлари бўлган ўлчов системаси (тизими) кўрс тилган. Умумий ҳолда унга оралиқ ва узатувчи ўлчов ўзгар кичлари киритилиши мумкин. Бунда ҳамма ўлчанувчи катт ликлар ўзгарткичларининг чиқиш сигналлари 9.6-расм, *а* да схема бўйича ясалган системадан фарқли равишда табиати ўлчаш оралиқларига кўра бир хил бўлиши керак. Ўлчов ор лиғи айни бир асбоб *5* билан ўлчаш ва қайд қилиш имкони тини таъминлаш учун зарур.

Бир нечта бирламчи ўлчов ўзгарткичлари БЎЎ бўлган би та иккиламчи асбобли ўлчов системаларининг (9.6-расм, *б*) и имкониятлари чекланган бўлиб, параметрларни автомат ростлаш воситаларини мураккаблаштириб юборади.

Бир неча юз параметрларни ўлчаш талаб қилинадиган з монавий кимёвий-технологик жараёнлардаги ҳар бир бирла чи ўлчов ўзгарткичи учун индивидуал иккиламчи асбоби бў ган ЎС нинг қўлланилиши назорат ва бошқарув шчитлар нинг ортиши билан ва операторнинг қисқа вақт ичида жу да кўп ахборотни идрок қилиш зарурлиги билан боғлиқ қ йинчиликлар билан боғланган. Физиологик чекланишлар т файли ҳаётда анча тажрибали оператор ҳам бундай ЎС олга ахборотни зарур тарзда қайта ишлай ва фойдалана олмайд Шунинг учун бу иш билан бир вақтда бир нечта оператор ш ғуллашади.

Технологик қурилмалар қувватининг ортиши, шу муноса бат билан ўлчанаётган параметрлар сонининг анча ортиш ахборотларга ишлов беришнинг рақамли техникасининг ривож ланиши ва ТЖАБС ни қўлланиш йўли билан жараёнларни оп тималлаштиришга ўтиш ахборот системаси (АС) нинг янг йўналишларини, технологик жараёнларда АС билан бирга «ахборот-ўлчов системалари» (АЎС) тушунчаси билан би лаштирилган образларни ажрата олиш системасини ҳам қў ланишни белгилаб берди.

АЎС билан боғлиқ ўлчов техникаси соҳасида қуйидаги т шунчалар фойдаланилади.

Ўлчаш-ҳисоблаш системаси (ЎҲС) — бу таркибига даст билан бошқарилувчи рақамли ҳисоблаш қурилмаси (микр процессор, микро ва мини ЭҲМ ва ҳоказолар) кирувчи АЎ дир.

Ўлчаш-ҳисоблаш мажмуаси (ЎҲМ) — бу ЎҲС нинг универ сал ядроси бўлиб, унга ўлчов ахборотига рақамли ишлов бе риш, сақлаш, қайд этиш ва акслантириш киради (бундан би ламчи ўлчов ўзгарткичлари мустасно).

Электрик катталикларни ўлчашда ЎҲС ва ЎҲМнинг те ник воситалари бир хил бўлиши мумкин, чунки ахборотн бирламчи ўзгартириш амалда бўлмайди.

АЎС нинг ўлчов ва ахборотини олиш, ишлов бериш ва уза тиш воситаларининг маҳаллий автоматик ишлашини системал

ташкил этишдан иборат асосий концепцияси (йўналиши) кўп жиҳатдан ривожланувчи рақамли ҳисоблаш техникаси таъсирида 60-йилларнинг бошларида ифодаланган эди. Ўша вақтларда АЎС нинг биринчи авлоди яратилган бўлиб, улар ахборотни АЎС га кирган махсуслаштирилган ҳисоблаш қурилмалари ёрдамида ишлов бериш билан марказлашган циклик олиш билан ифодаланади. Бундай АЎСларнинг элементлар базаси дискретли — ярим ўтказгичли техника бўлади.

Технологик жараёнларда биринчи авлод АЎСлар марказлашган назорат системаси кўринишида фойдаланилар эди. Бу АЎСлар кимёвий-технологик жараёнларда унинг кечиши тарихи ва анъанасини аниқлашни қийинлаштирувчи ўлчаш ахборотини ифодалашнинг жадвал шакли туфайли, шунингдек, жараёнда фойдаланиладиган ўлчашлар ва бошқаришнинг ички системаси функцияларини такрорлаш туфайли кенг қўлланилади.

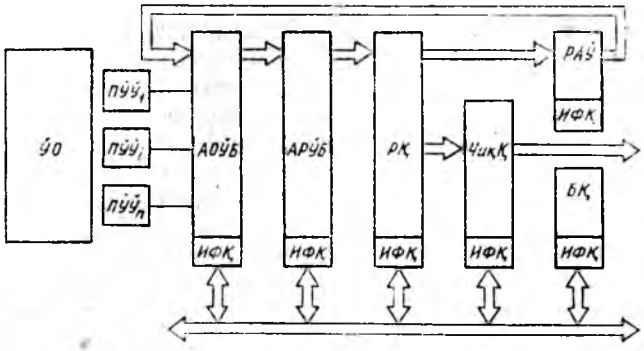
АЎСларнинг иккинчи авлоди (70-йиллар) ахборотни адресли тўплаш, уни АЎС таркибига кирувчи ЭҲМ ёрдамида ишлаш ва кичик ҳамда интеграция даражасидаги микроэлектрон схеманинг элемент базаси сифатида фойдаланиш билан ифодаланади.

АЎСларнинг ҳозирги вақтда ривожланаётган учинчи авлоди уларнинг таркибида катта микросхемалар, микропроцессорли комплект ва микроэҳмларнинг фойдаланиши билан ифодаланиб, бу АЎС нинг кўпгина характеристикаларини анча яхшилашга ва ахборотни тўплаш, ишлов бериш ҳамда сақлаш жараёнини маълум даражада марказлаштирмасликка имкон беради. Бу АЎС ларда микропроцессор воситалар ҳисобига ахборотни олиш жойига максимал даражада яқинлаштирилган жойларда, масалан, қараб чиқилган МПС ичига қурилган ўлчов қурилмаларида ахборот ишланади ва оралиқ сақланади. Марказий ЭҲМ бунда анча мураккаб ва тезкор масалаларни бажаради. Иккинчи ва учинчи авлод ахборот-ўлчов системалари юқорида келтирилган таърифга мувофиқ АҲС ни ифодалайди.

Ҳозирги вақтда саноатда АҲҚ ларнинг бир қанча турлари ишлаб чиқарилмоқда, уларга АЎС ни яратиш учун тегишли ўлчов қурилмаларини улаш етарли.

Технологик жараёнларни автоматлаштиришда, технологик параметрларни ўлчаш масаласи ростлаш ва бошқариш масалалари билан узвий боғлиқ ҳолда ҳал қилинганда АҲС лар ТЖАБС доирасида унинг таркибига кирувчи бошқарувчи ҳисоблаш машиналари (БҲМ) ёки бошқарувчи ҳисоблаш комплекслари (БҲҚ) асосида яратилади. ТЖАБС ни ташкил этиш ўз мафкурасига кўра учинчи авлод АЎС лари учун АҲҚ ни ташкил этишга ўхшаш.

Замонавий АҲС ва БҲҚ да магистрал модул структура бўйича ясалган микропроцессорлар, мини- ва микро ЭҲМларнинг кенг қўлланилиши аппарат воситаларининг кўпайишининг



9. 7- расм. Ахборот- ҳисоблаш системасининг структура схемаси.

соддалигини ва АҲС ёки БҲҚ ҳал қиладиган масалаларни дастурлаш йўли билан ўзгартиришга имкон беради. Буни АЎС ларининг барча турлари, хусусан, ахборотни тўплаш ва ишлов бериш ўлчов системалари, автоматик назорат системалари техник диагностика ва техник образларни ажратиш системалари асосан бир хил структурага эга бўлиши белгилаб беради, бу структура умумлаштирилган кўринишда 9.7-расмда кўрсатилган.

Бирламчи ўлчов ахбороти масалан, кимёвий-технологик жараённинг (ўлчов объекти — ЎО) параметрлари ҳақидаги ахборот бирламчи ўлчов ўзгарткичлари (БЎЎ) томонидан ишлаб чиқилади. БЎЎ сигналлари аналогли оралиқ ўзгарткичлари блокида (АОЎБ) энергиянинг шакли ва турига қараб бир хиллаштирилади ва шакли ўзгаради (масалан, пневматика электр энергияга айланади). Аналог-рақамли ўзгарткичлар блокида (АРЎБ) бир хиллаштирилган аналогли электр сигналлар кодга алмаштирилади ва рақамли қурилмага (РҚ) келади, бу вазифани замонавий АҲС да мини ёки микроЭҲМлар ўтайди. Хусусий ҳолларда рақамли қурилмалар сифатида микропроцессорлар, махсуслаштирилган ҳисоблаш қурилмалари фойдаланилади. АҲС да чиқариш қурилмаси сифатида дисплей, рақамли индикаторлар, сигнализаторлар, магнит ленталарида тўплагичлар ва ҳоказолардан фойдаланилади.

Рақамли-аналогли ўзгарткичлар (РАЎ) блоки ўлчанаётган катталикларни ўзгартириш жараёнида компенсацияловчи таъсирларни шакллантириш учун хизмат қилади. АҲС нинг барча иш (функционал) блоклари ўзаро стандарт интерфейс қурилмалар (ИФҚ) орқали бирлаштирилиши мумкин. АҲС ни бошқариш эса бошқариш қурилмаси (БҚ) орқали амалга оширилади. Хусусий ҳолларда АҲСнинг юқорида номлари зикр этилган блокларидан баъзилари бўлмаслиги мумкин. Масалан, агар АҲСда чиқиш сигнали код кўринишда бўлган юқорида қараб чиқилган ўлчов қурилмаларидан фойдаланилса, у ҳол-

да АҲС га АОЎБ ва АРЎБ блокларини киритиш зарурати қолмайди.

Кимёвий-технологик жараёнларни автоматлаштиришда АҲС лар айни бир ПЎЎ лардан келаётган ўлчов ахборотларидан фойдаланиб, ўлчаш, назорат ва техник диагностика вазифаларини бажаради, бу вазифалар АҲК программа воситалари билан амалга оширилади.

АҲС нинг асосий вазифаларидан бири ўлчаш ахборотини

9. 2- ж а д в а л

Кимёвий- технологик жараёнларда АҲС ёрдамида амалга ошириладиган билвосита ва мажмуа ўлчашлар

Параметр	Ўлчанадиган параметрлар	Функция	АҲС хотирасида сақланадиган ахборот
Газнинг сарфи (тораювчи қурилмада босимнинг ўзгариш принципида)	ΔP, $P_р$, $T_р$, $\rho_н$	$G = K\sqrt{\rho_н \frac{P_р}{T_р} \Delta P}$	Ўлчанаётган параметрларнинг бирламчи ўлчов ўзгарткичлари статик характеристикалари ва тораювчи қурилманинг статик характеристикаси
Газ ёки суюқликнинг массавий сарфи (тораювчи қурилмада босимнинг ўзгариш принципида)	ΔP, $\rho_р$	$G = K\sqrt{\rho_р \cdot \Delta P}$	Юқоридагининг ўзи
Масса (турбинали счетчик ҳисоблагич билан)	n, $\rho_р$, $\eta_р$	$m = f(n, \rho_р, \eta_р)$	Бирламчи ўлчов ўзгарткичларининг статик характеристикалари
Иситиш печининг фойдали иш коэффициенти	G_c, $G_г$, t_1, t_2	$\eta = \frac{G_c(C_{c2}t_2 - C_{c1}t_1)}{G_г \cdot q}$	Таъсир функциялари Бирламчи ўлчов ўзгарткичларининг статик характеристикалари $C_{р_1}$, $C_{р_2}$, q нинг қийматлари
Кўп компонентли аралашмаларнинг таркиби (бир нечта анализатор билан)	физик-кимёвий хоссалари	6- бобга қаранг	Анализаторларнинг статик характеристикалари Тенгламалар системасининг коэффициентлари
Бикрлик функцияси (деструктив жараёнларда)	t, Q	$W = t \cdot \tau^a = t\,(V/Q))^a$	Бирламчи ўзгарткичларнинг статик характеристикалари V ва a нинг қийматлари
Суюқлик оқими иссиқлик энергияси сарфи	G, t_2, t_1	$\theta = G \cdot C_c\,(t_2 - t_1)$	Бирламчи ўлчов ўзгарткичларининг статик характеристикалари C_c нинг қиймати

тўплаш ва ишлов беришдир. Бунда АҲС ҳам бевосита, ҳам билвосита ўлчашларнинг бажарилишини, шу билан бирга жараённинг техник-иқтисодий кўрсаткичлари ҳисобининг бажа-

рилишини таъминлайди. 9.2-жадвалда АҲС дан билвосита в мажмуа ўлчашларни бажаришда фойдаланишга мисоллар кел тирилган.

АҲС ёрдамида олинган ахборотни оператив, статистик в ҳисобот турларига бўлиш қабул қилинган.

Технологик жараёнларни назорат қилиш ва бошқариш учу фойдаланиладиган ахборот **оператив ахборот** дейилади. Тех ник-иқтисодий параметрлар ҳақидаги ахборот унинг муҳи қисми ҳисобланади.

Кўп марта ўлчамлар асосида олинадиган ва технологи жараённинг сифати ҳақида узоқ вақт давомида (бир неча соат кун, ой) ҳукм юритишга имкон берувчи ахборотга **статистик ахборот** дейилади.

Хомашё миқдори, сифати ва тури, технологик жараённинг оралиқ ва пировард маҳсулотлари ҳақидаги маълумотларин ўз ичига олган ахборот **ҳисобот ахбороти** дейилади.

АҲС дан фойдаланишнинг ҳозирги пайтда жадал ривожланаётган иккинчи муҳим йўналиши қурилманинг носозлиги ва шикастланишлари ҳақида ахборот берувчи техник диагностика ҳисобланади, унинг асосида шикастланган жойларни топиш ва бу шикастланиш ҳамда бузилиш асбобларини аниқлаш масаласи ҳал қилинади. Техник диагностика масаласи жараённинг назорат карталаридан, жараён моделларининг ўзгарувчан ҳолатлари ва параметрларини баҳолашдан, техник образлар, ахборот графларини танлаш услубларидан фойдаланиб ҳал этилади.

9.2 — жадвалдаги белгилашлар:

ΔP — тораювчи қурилмада босимнинг ўзгариши (фарқи);

$P_р$ ва $T_р$ — газ оқимининг абсолют (мутлақ) босими ва температураси;

$\rho_н$ — газнинг нормал шароитдаги зичлиги;

$\rho_р$ — газнинг ишчи шароитидаги зичлиги;

n — турбиначанинг айланишлари сони;

$\eta_р$ — ишчи шароитдаги динамик қовушоқлик;

$G_с$ ва $G_т$ — хомашё ва ёнилғининг массавий сарфи;

t_2 ва t_1 — хомашёнинг печдан чиқишдаги ва киришдаги ёки истеъмолчининг иссиқлик энергиясининг температураси;

q — ёнилғининг энг қуйи масса ёниш иссиқлиги;

C_{p_2} ва C_{p_1} — хомашёнинг ўзгармас босимда печдан чиқишдаги ва киришдаги иссиқлик сиғими;

t — деструктив жараённинг ўзига хос температураси;

τ — контакт вақти;

Q — ўртача ҳажмий сарф;

V — реактор ҳажми;

a — ўзгармас катталик;

$C_с$ — суюқликнинг иссиқлик сиғими.

Иккинчи бўлим

ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРНИ БОШҚАРИШ СИСТЕМАЛАРИ

X боб. АВТОМАТИК РОСТЛАШНИНГ ВАЗИФАСИ

X.1-§. АСОСИЙ ТУШУНЧА ВА ҚОИДАЛАР

Техник жараёнларда одамнинг иштирок этишига кўра автоматлаштиришни қуйидагиларга ажратиш мумкин: автоматик назорат, автоматик ростлаш ва автоматик бошқариш.

Автоматик назорат — технологик жараён ҳақида оператив маълумотларни автоматик равишда қабул қилиш ва уни қайта ишлаш учун керакли бўлган шароитларни таъминлайди.

Автоматик ростлаш — технологик жараёнларнинг тегишли параметрларини автоматик ростловчи асбоблар ёрдамида талаб қилинган сатҳда сақланишини назарда тутади. Бу ҳолда одам фақат автоматик ростлаш системасининг (АРС) тўғри ишлашини назорат қилади.

Автоматик бошқариш — технологик операцияларни белгиланган муттасиллигининг автоматик равишда бажарилишини ва бошқарув объектига нисбатан бўладиган таъсирларнинг муайян муттасиллигини ишлаб чиқишдан иборат.

Автоматлаштириш — технологик жараёнларни одам иштирокисиз бошқарадиган техник воситаларни жорий этиш демакдир. Автоматлаштириш — ишлаб чиқариш жараёнидаги одам иштирок этмаган саноатнинг янги босқичи бўлиб, бунда технологик ва ишлаб чиқариш жараёнларини бошқариш функциясини автоматик қурилмалар бажаради. Автоматлаштиришни жорий этиш ишлаб чиқаришнинг асосий техника-иқтисодий кўрсаткичларининг яхшиланишига, яъни ишлаб чиқарилаётган маҳсулот миқдори ва сифатининг ошиши ҳамда таннархининг камайишига олиб келади.

Замонавий ишлаб чиқариш жараёнларининг кўпчилиги тўлиқ автоматлаштирилганлиги билан характерланади. Автоматлаштириш барча ускуналарнинг авариясиз ишлашини таъминлайди, бахтсиз ҳодисаларнинг ва атроф-муҳитнинг заҳарланишини олдини олади. Шунингдек, кимё ва озиқ-овқат саноатларида портлаш ҳамда ёнғин чиқиш хавфи кўплиги ҳам жараёнларни максимал даражада автоматлаштиришни талаб қилади.

Ишлаб чиқариш жараёнларининг автоматлаштирилиши ҳозирги вақтда уч даврга бўлинади.

Биринчи давр — айрим технологик жараёнларни автоматлаштириш билан характерланади. Жараённинг айрим пара-

метрлари автоматлаштирилган агрегат яқинида ўрнатилган йирик габаритли асбобларнинг кўрсатишига мувофиқ автоматик равишда ростланади. Бунда асбобларни машина ва аппаратлар яқинига жойлаштириш деярли қийинчиликлар туғдирмайди. Автоматлаштиришнинг бу даврида шкаласи яхши кўринадиган йирик габаритли асбоблар ишлатилади. Бунда бир корпусга ўлчаш асбоби, ростлагич ва задатчик жойлаштирилади.

Иккинчи давр — айрим жараёнларнинг комплекс автоматлаштирилишидир. Бунда ростлаш алоҳида шчитга ўрнатилган асбоблар бўйича олиб борилади. Йирик габаритли асбоблардан фойдаланиш бу шчитни бир неча метрга чўзилиб кетишига олиб келади ва шчитни назорат қилиш қийинлашади. Автоматлаштиришнинг бу даврида шчитдаги асбобларнинг ҳажмини кичиклаштириш зарурати пайдо бўлади. Бу масалани ҳал қилиш учун кичик габаритли иккиламчи асбоблар ишлатилади.

Учинчи давр (тўлиқ автоматлаштириш даври) — агрегат ва цехларни ялписига автоматлаштириш билан характерланади. Бу даврнинг характерли хусусияти шундаки, бошқариш ягона диспетчерлик пунктига марказлаштирилади. Шу билан бирга митти иккиламчи асбобларни ишлатиш эҳтиёжи пайдо бўлади. Доимий назоратни талаб қилмайдиган ўлчаш ва ростлаш асбоблари (йирик габаритли) шчитдан ташқарига ўрнатилади.

Сигнализация, муҳофаза ва назорат қилиш, саноат жараёнларини бошқариш ҳамда ростлашни бундан кейинги автоматлаштирилиши, чиқарилаётган маҳсулот сифатини яхшилаш, технологик жараёнларни оптимал тартибда олиб бориш технологик ускуналар ишини интенсивлаш вазифаларидан келиб чиқади.

Ҳар бир технологик жараён (*технологик жараён параметрлари* деб аталувчи) ўзгарувчан физикавий ва кимёвий катталиклар (босим, сарф, температура, намлик, концентрация ва ҳоказо) билан характерланади. Технологик аппаратура жараённинг тўғри оқиб ўтишини таъминлаши учун муайян жараённи характерловчи параметрларни берилган қийматда сақлаши лозим.

Қийматини стабиллаш ёки бир текисда ўзгаришини таъминлаш зарур бўлган параметрга *ростланувчи катталик* деб аталади. Ростланувчи катталикнинг қийматини стабиллаш ёки маълум қонун бўйича ўзгаришини амалга ошириш учун мўлжалланган асбоб *автомат ростлагич* дейилади. Ростланувчи катталикнинг айни пайтда ўлчанган қиймати ростланувчи катталикнинг *ҳозирги қиймати* дейилади. Ростланувчи катталикнинг технологик регламент бўйича айни вақтда доимий сақланиши шарт бўлган киймати ростланувчи катталикнинг *берилган қиймати* дейилади. Технологик регламент ростланувчи катталикнинг ҳозирги ва берилган қийматларини вақтнинг ҳар бир онида тенг бўлишини талаб қилади. Аммо ички

ёки ташқи шароитларнинг ўзгариши сабабли ростланувчи катталикнинг ҳозирги қиймати берилган қийматидан четга чиқиши мумкин. Шу пайтда ҳосил бўлган қийматлар фарқини *хато* ёки *номослик* дейилади.

Хато ёки номослик нолга тенг бўлган технологик жараён *турғунлашган режим* дейилади. Турғунлашган режимда моддий ва энергетик баланслар қатъий сақланади.

Амалда кўпинча хом ашёнинг сарфи ва таркиби, аппаратлардаги температура, босим ва ҳоказоларнинг ўзгариши кузатилади. Технологик жараённинг мақсадга мувофиқ равишда оқиб ўтишига тескари таъсир кўрсатувчи ҳамда системалардаги моддий ва энергетик балансини бузувчи ўзгарувчилар *ғалаёнланишлар* деб аталади. Ғалаёнланишлар таъсирида хато пайдо бўладиган технологик жараён режими *турғунлашмаган режим* дейилади.

Ҳар бир бошқариш системасида кириш ва чиқиш параметрлари (ўзгарувчилари) бўлади. Кириш параметрларига хом ашёнинг бошланғич ҳолатини характерловчи ўзгарувчи ҳамда вақт ўтиши билан ўзгарадиган ускуна параметрлари, технологик жараённинг оқиб ўтишини аниқловчи ўзгарувчилар киради. Кириш ўзгарувчилари ростланадиган ва ростланмайдиган бўлиши мумкин.

Чиқиш параметрларига чиқарилган маҳсулот сифатини (кимёвий таркиб, зичлик ва бошқалар) характерловчи кўрсаткичлар, шунингдек, ҳисоблаш йўли билан аниқланадиган техника-иқтисодий (ускуналарнинг ишлаб чиқариш унумдорлиги, маҳсулотнинг таннархи) кўрсаткичлар киради.

Системанинг ишлаши вақтида ростланувчи катталикнинг ҳозирги қиймати берилган қийматига мос келиши учун системага таъсир кўрсатиш керак (бошқариладиган ўзгарувчи орқали). Бошқариладиган ўзгарувчи система бошқарув таъсирининг (хом ашёнинг сарфи, таркиби ва бошқалар) сонли характеристикасидир.

Шундай қилиб, саноатнинг энг муҳим талабларидан бири — технологик жараённинг турғунлашган режимини сақлашдан иборат. Моддий ва энергетик балансга риоя қиладиган машина ёки аппарат *ростланувчи объект* дейилади.

Технологик жараёнларни автоматик бошқаришнинг вазифаси ростлагич ёрдамида ростланувчи объектдаги керак бўлган технологик шароитни автоматик равишда сақлаш, агар бу шароит бузилса, уни қайта тиклашдан иборатдир. Автоматик ростлаш вақтида (ростланувчи объектга ростлагичнинг таъсири туфайли) ростланувчи катталикнинг ҳозирги қиймати берилган қийматига тенг ёки шунга яқин бўлади.

Автоматик системалар бир-бирлари билан маълум кетма-кетликда боғланган бўлиб, ҳар бири тегишли вазифани бажарувчи алоҳида элементлардан иборат. Мустақил функцияни бажарувчи автоматик система таркибининг бирор қисми *автоматика элементи* дейилади. Автоматика элементларини улар-

нинг функционал вазифасига кўра таснифлаш мақсадга мувофиқ. Автоматик система элементларининг таркибига кирувчи функционал боғланишни ифодаловчи схема эса *функционал схема* деб аталади. Бундан ташқари, шу автоматик системани турли динамик хусусиятларга эга бўлган ва бир-бирлари билан боғланган содда звенолар шаклида тасвирлаш ҳам мумкин. Бу ҳолда автоматик системанинг схемаси звеноларнинг боғланишини акс эттиради ва *системанинг тузилиш схемаси* дейилади.

Ростланувчи объект ва автоматик ростлагич бирлиги автоматик ростлаш системасини (АРС) ташкил қилиб, ростлаш *контури* номли берк занжирни ҳосил қилади. Бу занжир АРСнинг тузилиш схемасига эмас, балки функционал схемасига тегишли.

X.2-§. ЧЕТГА ЧИҚИШЛАР БЎЙИЧА РОСТЛАШ

Четга чиқишлар бўйича ростлаш принципидан биринчи марта (1765 йили) И. И. Ползунов ўзи яратган буғ машинаси қозонидаги сув сатҳини ростлаш системасида фойдаланган. 1784 йилда Ж. Уатт ҳам буғ машинаси валининг айланиш тезлигини ростлаш системасида шу принципни қўллаган.

Ползуновнинг қалқовичли ростлагичи ва Уаттнинг марказдан қочма ростлагичида бир-биридан мустақил равишда бир принцип қўлланилган ва бу принцип Ползунов — Уатт ростлаш принципи (ёки четга чиқишлар бўйича ростлаш принципи) номини олган. Бу принципнинг моҳияти шундаки, ростлаш жараёнида ростлагич ростланувчи объектга ростланувчи катталикнинг ҳозирги ва берилган қийматлари орасида тенгсизлик ҳосил бўлгандагина ўз таъсирини кўрсатади. Бу принципни амалга оширувчи автоматик система берк системадир, чунки сигнал ростланувчи объектнинг чиқиш қисмидан тенгсизликни қайта ишлаб объектнинг киришига таъсир кўрсатувчи автоматик ростлагичнинг кириш қисмига келади. Ўлчовнинг четга чиқиш қийматини кучайтириш системани мураккаблаштиришга олиб келади. Хатонинг қандай ғалаёнланишлар таъсирида пайдо бўлишидан қатъи назар, автоматик ростлагичнинг бу хатони қайта ишлаши ушбу системанинг афзаллиги ҳисобланади. Бу хусусият муҳим аҳамиятга эга, чунки саноатдаги ростланувчи объектларга қандай ғалаёнланишлар таъсир қилишини аввалдан билиш мумкин. Четга чиқишлар бўйича ростлаш принципини амалга оширувчи АРС ларининг яна бир афзаллиги битта ростловчининг таъсирида бир нечта ғалаёнланишларнинг зарарли оқибатини йўқотиш мумкинлигидадир.

Бу принципнинг камчилиги шундаки, ғалаёнланиш пайдо бўлиши билан улар бошқарилувчи параметрга таъсир қилмай, балки ростланувчи объектнинг динамик хусусиятларига боғлиқ бўлган вақт ўтгандан сўнг таъсир кўрсатади. Автоматик ростлагич бир оз кечикиб таъсир кўрсатади, шу сабабли рост-

ланувчи параметр белгиланган қийматидан анчагина четга чиқишга улгуради. Бу ҳолларда ростловчининг таъсирини жадаллаштирувчи автоматик ростлагичлар яратиш йўлидан бориш мумкин. Аммо бундай ростлагичлар тенгсизликни бутунлай компенсация қилибгина қолмай, балки унинг тескари йўналишда ривожланишига олиб келади. Шу сабабли четга чиқишлар бўйича ишлайдиган АРС лари учун ростланувчи параметр қийматининг берилган қийматга нисбатан тебранишлари билан ифодаланувчи оралиқ жараёнлар характерлидир. Четга чиқишлар бўйича ишлайдиган АРС ларни шундай лойиҳалаш керакки, бу тебранишлар сўнувчи хусусиятга эга бўлиб, хатонинг миқдори нолга (ёки минимумга) етсин.

X.3- §. ҒАЛАЁНЛАНИШ БЎЙИЧА РОСТЛАШ

1830 йилда француз математиги Понселе ғалаёнланиш (юк) бўйича ростлаш принципини (Понселе принципи) таърифлаб берган. Ижро этувчи механизм ростловчи органининг объект юки таъсирида ҳаракатга келадиган ростлаш системаси *ғалаёнланиш бўйича АРС* дейилади.

Ғалаёнланиш бўйича ростлаш сезиларли тенгсизлик пайдо бўлишидан аввалроқ ғалаёнланишнинг зарарли таъсирини йўқотишга имкон беради. Автомат ростлагич бундай системаларда фақат конкрет ғалаёнланиш таъсирига жавобан ҳаракатга келади. Ростланувчи объектга эса бир неча ғалаёнланишлар таъсир қилиши мумкин. Бу ростланувчи объектга таъсир қилиши мумкин бўлган ғалаёнланишлар сони нечта бўлса, бу объект шунча автомат ростлагичлар билан таъминланиши керак дегани.

Ростланувчи объект ҳақида аниқ маълумотларсиз уни ғалаёнланиш бўйича ростлаш мумкин бўлмайди.

Агар хом ашё хоссаларининг ўзгариши аввалдан маълум бўлса, хом ашё заҳираси ва турли аралаштиргичлардан фойдаланиб таъминлашнинг таркиби сақланади, ёки хом ашё хоссаларининг ўзгаришига йўл қўйиб, жараёнга берилган вазифани ўзгартириш йўли билан чиқиш параметрларининг доимийлиги сақланади.

Ғалаёнланиш бўйича ростлаш системасида ростлаш сифати жараён параметрларининг аввалдан берилган маълумотларнинг аниқлигига боғлиқ. Бу системалар асосий ғалаёнланишлари маълум ва ўлчовли бўлган объектлар учун қулай. Юк бўйича ростлашда вақтнинг ҳар бир онида узатиш ва истеъмол қилиш ўртасидаги тенгликни таъминлаш жуда қийин.

АРС билан ғалаёнланиш компенсациясининг хусусияти — улар очиқ ростлаш системаларидан иборат эканлигидир. Бу системаларда ростланувчи параметр билан автомат ростлаш ўртасида алоқа йўқ. Бундай очиқ ростлаш системаларининг камчилиги ростлагич иши ва натижа орасида алоқа йўқлигида. Вақт ўтиши билан системада пайдо бўлган энг кичик

хато ҳам ростланувчи катталикнинг четга чиқишига олиб келади. Шунинг учун юқори даражада аниқликка эга бўлган ростлагичлар яратиш зарур бўлиб, буни амалга ошириш жуда катта қийинчиликлар билан боғлиқ.

X.4- §. КОМБИНАЦИЯЛАШГАН РОСТЛАШ СИСТЕМАЛАРИ

Четга чиқишлар ва ғалаёнланиш бўйича ростлаш системаларининг афзалликларини ўз ичига олган комбинациялашган ростлаш принципи бўйича ишлайдиган системаларда асосий ғалаёнланишни компенсация қилиш учун ғалаёнланиш бўйича АРС қўлланилади. Бунда қўшимча равишда четга чиқишлар принципига асосланган яна бир ростлаш контури ишлатилади. Бу контурда тўғриловчи ростлагич четга чиқишга нисбатан сигнал ишлаб чиқаради, сигнални ўз навбатида ғалаёнланиш бўйича ростлаш контурининг ростлагичи топшириқ сифатида қабул қилади. Шундай қилиб, асосий ғалаёнланиш таъсири ва системада пайдо бўладиган хатога сабаб бўлган барча ғалаёнланишлар тез суръатларда компенсация қилинади. Комбинациялашган ростлаш системаси анча аниқ ростлаш натижасини таъминлайди ва бошқа системаларга қараганда мураккаб, шу сабабли четга чиқишлар бўйича АРС талаб қилинган даражада аниқ ростлашни бажара олмаган ҳолдагина бундай системалар қўлланилади.

Комбинациялашган системалар орасида энг мукаммали ростланувчи катталикнинг системага кўрсатадиган ғалаёнланишлари таъсиридан озод этувчи *инвариант* системалардир. Инвариантликка системадаги ғалаёнланишлар таъсири бўйича алоқалар киритиш орқали эришилади. Бунда ростланувчи катталикнинг стабиллашишига ёки ўзгараётган топшириқнинг қайта тикланиш сифати яхшиланишига интилинади. Агар абсолют инвариантлик шартлари бажарилса, ростланувчи катталик ғалаёнланишлар таъсирига боғлиқ бўлмайди. Бошқача қилиб айтганда, ноль қийматдан бошқа ғалаёнланишлар таъсирида системадаги ростланувчи катталикнинг тебраниш қиймати нолга тенг.

X.5- §. ТЕСКАРИ АЛОҚА ҲАҚИДА ТУШУНЧА

Системанинг иш жараёнида ростланувчи объект билан автомат ростлагич ўзаро таъсирлашади. Бу *ички таъсир* дейилади. Ростлагич ва объектга *ташқи таъсирлар* ҳам кўрсатилади. Ростланувчи катталикка ростланмаётган катталикларнинг ташқи таъсири *ғалаёнловчи таъсир* дейилади. Юк бўйича таъсир, шунингдек, ростлагичга берилган топшириқнинг ўзгариши ғалаёнловчи таъсирлар ҳисобланади. Ростлагичга бериладиган топшириқнинг ўзгартирилиши *(топширувчи таъсир)* қўл билан автоматик равишда бажарилади. Топширувчи таъсир системанинг муайян нуқталарида, ғалаёнловчи таъсирлар эса системанинг исталган нуқтасида бўлиши мумкин. Топширувчи ва ғалаёнловчи таъсирлар жараёндаги ростланувчи катталик

нинг биринчи ўрнатилган ҳолатидан иккинчисига ўтишида оралиқ жараёнлар ҳам бўлиши мумкин. Оралиқ жараёнда четга чиқишлар (тенгсизликлар) кузатилади; бу давр ичида технологик талабларга мувофиқ ростланувчи катталик йўл қўйилган қийматидан ошиб кетмаслигини таъминловчи ростланувчи катталикнинг ўзгариш характерини назарда тутиш муҳим. Ростланувчи катталикнинг йўл қўйилган қийматидан ошиб кетиши, одатда, ростлаш жараёнини оралиқ даврда стабиллашга мўлжалланган тескари алоқа қурилмалари ёрдамида бартараф қилинади.

Тескари алоқа — система кейинги звеносининг чиқиш сигналини ундан олдин келадиган звено киришига узатадиган қурилма. Автоматик система таркибига кирган элементлар детекторлаш қобилиятига эга, яъни уларнинг ҳаракати муайян йўналишга эга: звенонинг киришига келадиган сигнал звенодан фақат бир йўналишда — киришдан чиқиш томонга ўтади. Агар звенонинг чиқишдаги сигнал ўзгарса, бу звенонинг киришига келадиган сигналга таъсир қилади. Звенолардан бирининг киришига келган сигнал системанинг барча звеноларидан ўтиб бошланғич киришга трансформациялаган ҳолда келган ёпиқ система *тескари алоқа* системаси дейилади.

Тескари алоқалар мусбат ва манфий бўлади. Агар тескари алоқа сигнали системанинг асосий сигналидан айирилса манфий тескари алоқа бўлади. Тескари алоқа сигналининг ҳаракати асосий сигнал ҳаракатига мос бўлиб, у билан қўшилса, бундай алоқа мусбат бўлади.

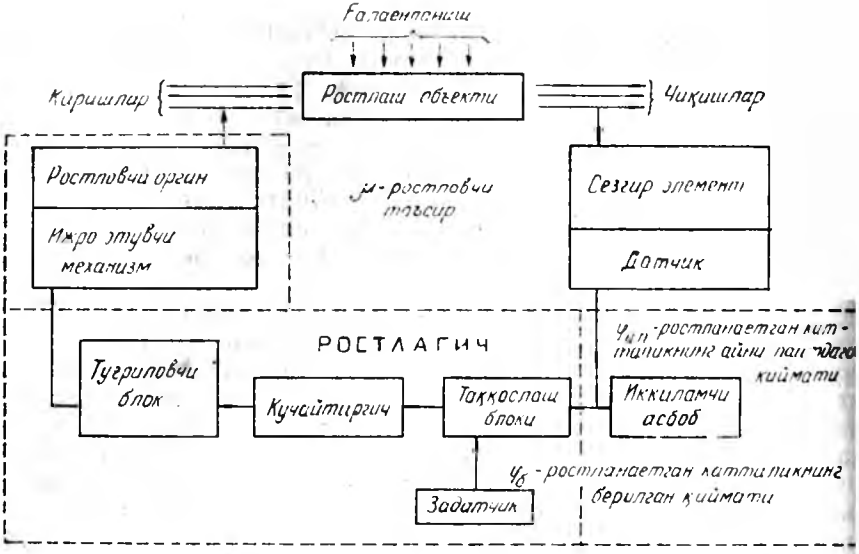
Тескари алоқа қаттиқ ва эластик (қайишқоқ) бўлиши мумкин. *Қаттиқ тескари алоқа* — система иши даврининг бошидан охиригача ҳаракат қилади, *эластик тескари алоқа* эса фақат оралиқ даврда, яъни системадаги ўрнатилган режим бузилган пайтда ишга тушади. Қаттиқ тескари алоқа механизми системага статиклик хусусиятини беради. Сезгир элемент билан тескари алоқа элементи ўртасидаги ўзаро таъсир туфайли ростлаш системасида оралиқ жараённинг берилган қонун бўйича оқиб ўтиши таъминланади.

Автоматик ростлаш системаларида манфий тескари алоқалар кўп тарқалган. Бунга сабаб биринчидан, ростлаш системасининг бу схемада ташкил қилинишида автомат ростлагичнинг объектга кўрсатган таъсири туфайли ғалаёнловчи таъсирлар туридан қатъи назар хато йўқотилади: иккинчидан, манфий тескари алоқадан фойдаланиш системанинг турғунлигини яхшилашга имкон беради.

X.6-§. АВТОМАТИК РОСТЛАШ СИСТЕМАСИНИНГ ТУЗИЛИШИ

X-1-расмда тасвирланган бир контурли АРС нинг функционал схемасини кўриб чиқамиз.

Четга чиқишлар принципи бўйича ишлайдиган АРС да ростланувчи катталикнинг ҳозирги ва берилган қийматлари айирмаси ўлчанади ва тенгсизлик ишорасига кўра автомат



10. 1- расм. Автоматик ростлағич системасининг бир контурли берк функционал схемаси.

ростлагич объектга нисбатан ростловчи таъсир ишлаб чиқариб тенгсизликни йўқотади. Бундай система ёпиқ цикл бўйича ишлаб, *ёпиқ система* дейилади. Ростланувчи объектнинг чиқишига датчик ўрнатилади. Бу махсус қурилма ростланувчи катталикнинг ҳозирги қийматини қабул қилиб, уни ростлаш системасидаги кейинги звеноларга узатиш учун қулай бўлган сигналга ўзгартиради.

Датчиклар содда (бевосита таъсир этувчи) ва мураккаб (билвосита таъсир этувчи) бўлади. Сезгир элемент билан датчик бир бўлган қурилма бевосита таъсир этувчи датчик ҳисобланади. Билвосита таъсир этувчи датчикларда эса бу элементлар мустақил ишланади. Датчик ишлаб чиқарган ростланувчи катталикнинг ҳозирги қиймати ҳақидаги маълумот автомат ростлагичнинг киришига келади. Айни вақтда шу маълумот кўрсатувчи, жамловчи (интегралловчи), қайд қилувчи, сигнал берувчи ёки комбинациялашган иккиламчи ўлчаш асбобининг киришига ҳам келади. Ростлагич тўғри технологик режимни сақлаб туради. Системада автомат ростлагич бўлса иккиламчи асбобнинг бўлиши шарт эмас. Лекин автоматлаштиришда одамнинг вазифаси ўлчаш асбоблари, ростлагичлар ва ижро этувчи механизмларнинг ишини контрол қилишдан иборат бўлгани учун, АРС да кўпинча иккиламчи ўлчаш асбобидан фойдаланиш назарда тутилади. Юқорида айтилганидек, баъзан, ростлагичлар ва ўлчаш асбоблари бир корпусда ишланади, бундай ростлагичлар асбоб турида бўлади.

Автомат ростлагич таркибига солиштириш блоки киради. Бу датчик ва задатчик сигналларини алгебраик жамлаш (интег-

раллаш) операциясини бажарадиган қурилмадир. Солиштириш блоки ўзининг чиқишида ҳозирги ва берилган қийматлар айирмасига тенг қийматли сигналли, яъни тенгсизлик қийматини ишлаб чиқаради. Шунинг учун солиштириш блокига келадиган сигналларнинг физик хоссалари бир хил бўлиши керак.

Задатчик — ўзининг чиқишида ростланувчи катталикнинг берилган қийматига пропорционал сигнал ишлаб чиқаришга мўлжалланган қурилма. Аммо тенгсизлик сигналининг қуввати, одатда, ижро этувчи механизмнинг ростловчи органини ҳаракатга келтириш учун камлик қилади. Шунинг учун, автомат ростлагич орқали амалга оширилувчи ростлаш қонунига мувофиқ, бу сигнал кучайтирилиб тузатилади. Бу операцияни кучайтиргич ва тузатувчи блок бажаради. Ростланувчи катталик билан кириш сигнали ўртасидаги функционал боғланишга *ростлаш қонуни* деб аталади.

Сигнал автомат ростлагичнинг чиқишидан ижро этувчи механизм киришига келади. Ростлагичнинг команда сигналини ўзидаги ростловчи органнинг тегишли сигналига ўзгартирувчи қурилма *ижро этувчи механизм* дейилади.

Қўрилган бир контурли АРС учун ростлаш системаси контурининг ёпиқ ҳолати характерлидир. Бу системанинг яна бир хусусияти унинг детекторлаш қобилиятига эгалиги ҳисобланади. Шунинг учун ростлаш контуридаги таъсир фақат бир йўналишда бўлади.

Функционал белгиларига кўра автоматик ростлаш системасидаги элементларни қуйидаги гуруҳларга бўлиш мумкин: 1) сезгир элементлар; 2) датчиклар; 3) солиштириш элементлари; 4) топшириқ бергич ёки бошқарувчи элементлар (задатчик); 5) ўзгартирувчи элементлар (бирор физик хоссаларга эга бўлган сигналларни иккинчи хил физик хоссаларга эга бўлган сигналларга айлантиришга мўлжалланган); 6) кучайтиргичлар; 7) тузатувчи элементлар (системани талаб қилинган динамик сифатлар билан таъминлайди); 8) ижро этувчи элементлар; 9) стабилизаторлар (системанинг иш пайтида берилган физик катталик тебранишларини стабиллашга мўлжалланган); 10) сигналларни узатиш учун хизмат қиладиган тақсимлагичлар (турли элементларни бир-бирига кетма-кет улашга мўлжалланган); 11) ҳисоблаш элементлари (конкрет технологик масалаларни ечиш ва маълум математик операцияларни бажаришга мўлжалланган).

Истеъмол қилинадиган энергиянинг турига кўра автоматик ростлаш системаси элементлари электрик, пневматик, гидравлик, механик ва комбинациялашган бўлади. Автоматик системаларнинг хусусиятлари уларнинг элементлари хусусиятларига боғлиқ.

Ҳар бир элементнинг умумий ва асосий характеристикаси унинг ўзгартириш коэффициенти, яъни элемент чиқиш катталигининг кириш катталигига бўлган нисбатига тенг. Автоматика системаларининг элементлари миқдор ва сифат ўзгарти-

ришларини бажаради. Миқдор ўзгартиришлар кучайтириш, стабиллаш ва бошқа коэффицентларни назарда тутади. Сифат ўзгартиришларда бир физик катталик икикнчисига ўтади. Бу ҳолда ўзгартириш коэффициенти *элемент сезгирлиги* дейилади.

Автоматика элементининг яна бир муҳим характеристикаси — элемент (кириш катталиги ўзгаришига боғлиқ бўлмаган) чиқиш катталигининг ўзгаришидан ҳосил бўлган ўзгартириш хатосидир. Бу хатога сабаб атроф-муҳит температурасининг, таъминлаш кучланишининг ўзгариши ва ҳоказолар бўлиши мумкин. Элемент характеристикаларининг ўзгариши натижасида пайдо бўлган хато *ностабиллик* деб аталади.

Баъзи элементларнинг кириши ва чиқиш катталиклари ўртасида кўп қийматли боғланиш мавжуд. Бунга қуруқ ишқаланиш, гистерезис ва бошқалар сабаб бўлиши мумкин. Бунда катталикнинг ҳар бир кириш қийматига унинг бир неча чиқиш қийматлари мос келади. Сезгирлик чегарасининг мавжудлиги шу ҳодиса билан боғлиқ.

Кириш катталигининг элемент чиқишидаги сигналини сезиларли даражада ўзгартириш қобилиятига эга бўлган қиймати *сезгирлик чегараси* дейилади. Автоматика элементлари мустаҳкамлик билан ҳам характерланади. Элементларнинг саноатда ишлатилишида ўз параметрларини йўл қўйилган чегараларда сақлаш қобилиятига *мустаҳкамлик* деб аталади. Мустаҳкамлик элементи лойиҳалаш вақтида ҳисобланади ва уни ишлаб чиқарилгандан сўнг ишлатиш жараёнида синалади.

X.7-§. АВТОМАТИК РОСТЛАШ СИСТЕМАЛАРИНИНГ ТАСНИФИ

Берилган топшириқнинг ўзгаришига кўра автоматик ростлаш системалари қуйидаги гуруҳларга таснифланади.

1. Стабилловчи автоматик ростлаш системалари. Бунда ростланувчи катталикнинг қиймати доимий бўлади. Бу системаларда автомат ростлагичнинг вазифаси ростланувчи катталикнинг муайян, мутлақо доимий қийматида сақлаш ва технологик жараённи стабиллашдир. Бу ҳолда технологик регламент талабларига кўра ростланувчи катталикнинг қиймати доимий бўлади. Ҳозирги пайтда стабилловчи АРС лар жуда кенг тарқалган.

2. Дастурли автоматик ростлаш системасида олдиндан маълум бўлган қонунга кўра ўзгарадиган қийматли ростланувчи катталик мавжуд бўлади. Бу системада ростланувчи катталикнинг берилган қиймати ростлагич задатчиги орқали маълум қонун бўйича ишлаб чиқарилади.

3. Ростланувчи катталикнинг берилган қиймати ихтиёрий равишда ўзгараётган катталикнинг нисбатидан аниқланса, бу система **кузатувчи автоматик ростлаш системаси** дейилади. Бу системанинг ростловчанлик вазифаси ростланувчи катталикнинг ҳозирги қиймати иккинчи мустақил катталик қийматини аниқ такрорлашидан (ёки уни кузатишдан) иборат.

4. Ростланувчи катталикнинг қиймати ростлагич томонидан

берилса ёки оптимал сатҳда сақланса, бу система **оптимал ростлаш системаси** дейилади. Бу системанинг яна бир тури **экстремал АРС дир.** Баъзан технологик жараён ўтишининг оптимал шароитларини тажриба ўтказмасдан, аввалдан аниқлаш қийин бўлади. Шунда экстремал система танланган оптималлик мезонларига мувофиқ равишда шароитларни топиш ва уларни сақлаш вазифасини амалга оширади.

5. Характеристикалари ўзгарган технологик жараённинг ўтиши оптимал бўлган шароитларни топиб, уларни амалга оширувчи системани **мослашувчи АРС** дейилади.

Автоматик ростлаш системалари яна узлуксиз ва узлукли (дискрет) системаларга бўлинади. Узлуксиз АРС да ростланувчи катталик система занжири бўйича узлуксиз ўзгаради ва ростланувчи объектга нисбатан ростловчи миқдорнинг узлуксиз таъсирини ҳосил қилади.

Узлукли ростлаш системасида ростланувчи катталикнинг узлуксиз ўзгариши бошқарувчи ва ижро этувчи звеноларга вақт-вақти билан таъсир қилади.

Узлукли системага импульсли ва позицион (релели) системалар киради. Агар системанинг ростловчи таъсири ўтаётган вақтнинг муайян даврларида бериладиган бир қатор импульслардан иборат бўлса, бу система импульсли ростлаш системаси бўлади. Бу системаларда импульслар параметрлари (амплитуда, узунлик ва ишора) тенгсизлик миқдорига боғлиқ. Агар АРС таркибига бирор реле ҳаракатидаги элемент кирса, бу система релели ростлаш системаси дейилади. Реле элементининг чиқиш сигнали поғонасимон бўлиб, кириш сигнали бирор муайян қийматга етганда, у бир марта қайд қилинган ҳолатдан иккинчисига ўтади. Реле элементининг чиқиш сигнали қайд қилган қийматлари сонига кўра АРС лар икки ёки кўп позицион бўлади.

Кўпинча объектларда бир йўла бир неча параметрларни ростлаш зарурияти пайдо бўлади. Агар ростлаш контурлари маҳаллий бўлиб, ростлагичлар ташқи алоқа йўллари билан ўзаро боғланмаган бўлса, бундай системалар боғланмаган ростлаш системалари дейилади. Агар ростланувчи миқдорлар объект ичида боғланмаган бўлса, бундай системалар технологик жараённинг сифатли ўтишини таъминлайди. Агарда миқдорлар ўзаро боғланган бўлса, АРС боғланган бўлади. Боғланган ростлаш системаларидаги ростлагичлар аввалгидек ўзаро боғланмайди. Ҳар қайси маҳаллий ростлаш контури бошқа контурларга корреляцияланган ички алоқа орқали таъсир қилгани сабабли ростлаш сифати ёмонлашади. Натижада система турғунлашмаган бўлиб қолиши мумкин. Бу ҳолда боғланган ростлаш системаси қўлланилади.

Ростлагичлари ўзаро ташқи алоқа орқали боғланган система боғланган ростлаш системаси синфига киради. Шу билан бирга ростлагичларнинг ўзаро таъсирида ростланувчи катталиклар ички боғланишларининг зарарли таъсирини бирмунча

компенсация қилиши ҳам назарда тутилган. Энг мукаммал ҳолларда ташқи боғланишлар ички боғланишлар юзага келтирадиган кўнгилсиз ҳодисаларни бутунлай йўқотади ва бундай боғланган система *автоном* дейилади.

X.8- §. ЎТИШ ЖАРАЁНЛАРИ

Агар системага таъсир этувчи ғалаёнланишлар бўлмаса ва ростланувчи катталикнинг ҳозирги ҳамда берилган қийматлари тенг бўлса, ростлаш системаси мувозанат ҳолатда бўлади. Ғалаёнловчи таъсирлар эса системани мувозанат ҳолатдан чиқаради. Ёпиқ четга чиқишлар принципи бўйича ишлайдиган АРС ларда автомат ростлагич сезадиган тенгсизлик пайдо бўлади. Автомат ростлагич ростланувчи объектга нисбатан ростловчининг таъсирини ишлаб чиқаради, бу эса ўз навбатида модда ёки энергия сарфининг ўзгаришига олиб келади. Ўзгариш маълум вақт давомида содир бўлади, бу вақт *ростлаш вақти* дейилади. Ростланувчи катталикнинг вақт мобайнида ўзгариши ўтиш жараёни бўлиб, унинг графиги ростлаш жараёнининг эгри чизиғи дейилади. Ўтиш жараёнининг шакли ростлаш сифатининг асосий кўрсаткичларидан биридир. Ростланувчи катталикнинг четга чиқишларсиз камайиб тебранишларсиз, равон ўтадиган эгри чизиғи даврий бўлмаган турғун жараёнга хос бўлиб, одатда бундай ҳолларда ростлаш жараёни секин ўтади. Ростланувчи катталикнинг қиймати берилган қийматидан анча четга чиқса бу ҳол ўтиш жараёнининг бундай ишлашини мақсадга мувофиқ эмаслигини кўрсатади. Сўнгра АРС ҳаракатининг тезлиги оширилса, унинг турғунлиги камаяди, чунки сигналларнинг системадан ўтишида кечикиши ва таркибий элементлар динамик хусусиятларининг номувофиқлиги кузатилади.

Агар ростланувчи катталикнинг четга чиқиш амплитудаси нолгача камайтирилса, унинг эгри чизиғи сўнувчи тебранишли жараёнга тегишли бўлади. Ўтиш жараёнининг бундай шакли қулайдир. Бу ҳолда ростлаш вақти кам ва ростланувчи катталикнинг четга чиқиш амплитудаси кичик бўлади. Агар система ҳаракати янада тезлаштирилса, ўтиш жараёни сўнмас тебранишли жараён шаклига кириши мумкин. Унда система ҳеч қачон мувозанат ҳолатига келмайди, ўлчанаётган катталик эса доим берилган қиймат атрофида тебраниб туради. Автоматик ростлаш системаларининг вазифаси ростланувчи катталикнинг четга чиқишини йўқотишдан иборатлиги эътиборга олинса, ёйилувчи тебранишлар ҳосил бўлишига йўл қўйиш мумкин эмаслиги маълум бўлади. Бунда четга чиқиш амплитудаси вақт ўтиши билан ошиб боради.

X.9- §. АРС ЛАРГА ҚЎЙИЛАДИГАН ТАЛАБЛАР

Ғалаёнланишлар таъсирида мувозанатини йўқотадиган, бу таъсирлар бартараф қилингандан сўнг эса ўз мувозанат ҳола-

тига қайтадиган системалар *турғун системалар* дейилади. Бунинг акси эса турғунлашмаган система бўлади.

Автоматик ростлаш системаларининг вазифаларига кўра системалар турғун бўлиши керак. Бу талаб стабиллаш дастурли ва кузатиш системаларига бир хилда тегишлидир. Жуда кам учрайдиган ҳоллардагина, агар система ростланувчи катталикнинг берилган қийматига нисбатан четга чиқиш амплитудаси кичик бўлган сўнмас тебранишлар берса, қоидадан четга чиқишга йўл қўйилади.

Ғалаёнловчи таъсирлар натижасидаги АРС нинг характери ростлашнинг сифатини аниқлайди. Ростлашнинг сифати ва вақти, ростлашнинг динамик ва статик хатоси, шунингдек, ўтиш жараёнининг сўниш даражаси кўрсаткичларидан фойдаланилади.

Статик хато — ростланувчи катталик ва унинг берилган қиймати орасидаги фарқ бўлиб, ўтиш жараёни тугагандан кейинги қолган хатодир.

Динамик хато — ўтиш жараёнидаги ростланувчи катталикнинг берилган қийматидан максимал четга чиқиш.

Сўниш даражаси — тебраниш жараёнларининг интенсивлигини ифодалайди ва ўтиш жараёнидаги учинчи ярим давр амплитудасининг биринчи ярим давр амплитудасига бўлган нисбатига тенг.

Ўтиш жараёни қанчалик тез тугаб, динамик ва статик хатолар қанча кичик бўлса, ўтиш жараёнининг сифати шунча юқори бўлади. Бундан АРС ларга қўйиладиган иккинчи ва асосий талаблар келиб чиқади, яъни система ўтиш жараёнларининг керакли сифатини таъминлаши шарт. Шуни ҳам айтиш керакки, бу талаблар ҳар бир конкрет ҳолда технологик жараён ва ишлаб чиқаришнинг талаблари хусусиятларига мос ҳолда шаклланади. Шунингдек, система ўтиш жараёнининг сифати ва шакли, асосан, ростланувчи объект ва автомат ростлагичнинг хоссаларига боғлиқ.

XI боб. АВТОМАТИК РОСТЛАШ СИСТЕМАЛАРИ ВА АРС ЭЛЕМЕНТЛАРИНИНГ АНАЛИЗИ

XI.1-§. ЭЛЕМЕНТЛАРНИНГ МАТЕМАТИК ТАВСИФИ, АҲАМИЯТИ ВА ИШЛАТИЛИШИ

Автоматик ростлаш системасининг сифатли ишлаши система элементларининг тўғри танланиши ва ростланишига боғлиқ. Бунинг учун ростланувчи объект ва АРС лар барча элементларининг характеристикасини билиш керак.

Ростланувчи объектлар хилма-хилдир. Улар бир-бирларидан ҳажми, оқиб ўтадиган физик-кимёвий жараёнлари, аппаратларининг шаклланиши ва яна бир қанча омиллари билан фарқ қилади. Аммо АРС ларни анализ қилишда, объектлар ва АРС элементлари турлича бўлишига қарамай, уларнинг бир

хил ёки бир-бирига ўхшаш бўлган хусусиятларини аниқлаш ҳамда объектларни шу хусусиятлар бўйича намунали объектларга таснифлаш мақсадга мувофиқдир. Намунали ростлаш объектларининг хоссаларини билиш муайян саноат объектларини анализ қилиш вазифасини осонлаштиради. Бу вазифа текширилаётган объект турини аниқлашдан иборат бўлиб, объект хусусиятлари тегишли намунали объект хусусиятига ўхшаш деб қабул қилинади.

Ростлаш объекти ва АРС элементлари хусусиятларини тавсифлашда математик моделлаш методи қўлланилади. Математик моделлаш — моделларни қуриш ва ўрганиш босқичларини ўз ичига олади. Бунда ўрганилаётган объект ўрнига модель деб аталувчи моддий объект олинади. Ўрганилаётган объектга ўхшаш моделнинг жараёнлари бошқа физик ҳодисага мос, лекин бир хил тенгламалар билан тавсифланади. Математик моделлар ҳисоблаш машиналари ёки тўғри аналогия қурилмаси орқали амалга оширилади. Ҳисоблаш машиналарида ўрганилаётган ҳодиса ёки жараённинг математик тавсифини бир қатор элементар математик операцияларни бажариб тикланади. Бу операциялар бир нечта элементларни бир вақтда ечиш ёки битта элементни кўп марта ечиш билан бажарилади. Тўғри аналогия моделлари, ҳисоблаш машинасидан фарқли равишда алоҳида элементларга бўлинмайди. Улар бошланғич нисбатларни қурилмада ўтаётган ҳодиса хусусиятларига кўра тиклайди. Бунда доимо модель ва ҳақиқий жараён параметрлари ўртасидаги бир маъноли мослашувни (танланган аналогия системасига кўра) кўрсатиш мумкин.

Ўрганилаётган объектнинг кириши ва бошқарувчи параметрлари ўртасидаги нисбатан аниқловчи тенгламалар системаси *математик тавсиф* дейилади. Объектнинг математик моделини қуриш ва уни ўрганиш бир қатор ўзаро боғлиқ бўлган босқичларни бажариш демакдир.

Моделлаш вазифасини аниқлаш:

— объектни ўрганиш ва тавсифнинг шаклланиши;

— математик тавсифни тузиш;

— моделловчи алгоритмни ишлаб чиқиш;

— олинган модель ва ҳақиқий жараённинг мослигини аниқлаш;

— моделлаш (объектнинг математик моделини тадқиқ қилиш).

— олинган маълумотни анализ қилиш.

Моделлаш вазифасини аниқлаш — барча босқичлар ичида энг муҳими, чунки математик моделлашнинг аниқ ва равшан ифодаланишидан масаланинг ечилиш йўллари келиб чиқади. Моделлашнинг мақсади турлича бўлиши мумкин, лекин уларнинг негизи ускуналарни оптимал лойиҳалаш, лойиҳалашнинг ўзини автоматлаштириш ва объектни оптимал бошқаришдан иборат. Қўйилган бу мақсадга математик тавсифнинг олиш методини танлаш ҳам боғлиқ.

Объектни ўрганиш ва тавсифнинг шаклланиши босқичида масаланинг негизидаги ҳодисалар механизми бўйсунадиган функционал қонунлар аниқланади. Бу босқичга кириш ва чиқиш ўзгарувчилари; ғалаёнловчи ва бошқарувчи таъсирлар белгиланади, кириш ва чиқиш ўзгарувчилари ўртасидаги боғланиш аниқланади, дастлабки тажрибалар ўтказилади. Олинган маълумотлар асосида жараённинг структурали схемаси тузилади.

Математик тавсифни тузиш. Ечилаётган масалага мувофиқ танланган физик модель асосида математик тенгламалар системаси ёзилади. Бу босқичда, агар имкон бўлса, тенгламанинг аҳамиятсиз аъзолари олиб ташланиб, тенгламалар соддалаштирилади. Бунда тенгламадан олиб ташланаётган аъзо масалани ечишда ҳақиқатан аҳамиятсиз эканлигига ишонч ҳосил қилиш керак.

Моделловчи алгоритмни ишлаб чиқиш масаласи математик тавсифнинг тенгламалар системасини ечиш методини топишдан иборат. Модель қандай машинада, яъни рақамли (РҲМ), аналог (АҲМ) ёки комбинациялашган (АРҲС) машинада амалга оширилишига кўра алгоритмни ишлаб чиқиш методи танланади. Конкрет ҳисоблаш машинасининг турини танлаш ечилаётган тенглама тури ва ҳисоблаш ҳажмига боғлиқ.

Модель ва ҳақиқий жараённинг мослигини аниқлаш босқичида жараённи характерловчи катталиклар солиштирилади. Аниқлик етарли даражада бўлмаса, математик моделга тузатиш киритиш керак.

Моделлаш босқичида жараённинг математик модели тадқиқ қилинади, олинган маълумотлар анализ қилинади ва натижада конкрет амалий натижалар ишлаб чиқилади.

X.12-§. МАТЕМАТИК ТАВСИФНИ ОЛИШ МЕТОДЛАРИ

Математик моделлашнинг мақсади объект ҳақида маълумотлар олишдан иборат, бунда талаб қилинган аниқликка кўра аналитик ва экспериментал методлар қўлланилади. Моделлашнинг бу методлари жараённи бошқариш учун керак бўлган кириш ва чиқиш параметрлари ўртасидаги нисбатни аниқлаш имконини беради.

Математик моделни аналитик метод бўйича қуриш ростланувчи объектларга хос қонуниятларни билишга асосланган. Бу метод мавжуд бўлган кимёвий технологик жараёнларни яхшилаш, янги жараёнларни лойиҳалаш ва оптимал бошқаришда қўлланилади. Аналитик методларнинг афзаллиги шундаки, улар чизиқли ва чизиқли бўлмаган объектларни моделлаш имконини беради. Бу метод ёрдамида тайёрланган моделлар ва бир типли объектлар жараёнини тавсифлайди ҳамда модель параметрлари билан объектнинг конструктив ўлчамлари ва иш режимлари ўртасида алоқа ўрнатади. Бу методнинг камчилиги шундаки, тенгламанинг охирги ифодасини топишга ёрдам берувчи эркин йўл қўйишлар зарурдир. Бу

объект хоссаларининг тавсифидаги аниқликни камайтиради. Бундан ташқари, тажрибалар ўтказиш ва тенгламаларнинг параметрларини аниқлашга кўп вақт кетади.

Математик модель тузишнинг экспериментал методлари қуйидаги даврлардан иборат.

I. Объект хусусиятлари, кириш ва чиқиш параметрларининг ўзгариш чегаралари ўрганилади, сигналларнинг ўтиш каналлари белгиланиб, уларнинг ўртасидаги боғланиши аниқланади ва объектнинг тузилиш схемаси қурилади.

II. Чиқиш ва кириш параметрларининг нисбати экспериментал равишда аниқланади.

III. Тажриба орқали топилган нисбатлар аппросимация қилинади ва звенолар ҳамда бутун системанинг математик тавсифи аниқланади.

IV. Моделловчи алгоритм тузилади ва моделнинг мослиги баҳоланади. Экспериментал метод, асосан амалдаги технологик жараёнларнинг автоматик ростлаш системасини тузиш, ростлагичларнинг оптимал ростланиш параметрларини аниқлаш ва жараённи статик оптималлаштириш учун ишлатилади. Бу метод тенгламалар параметрларини аниқлаш учун кўп вақт олмайди, объектнинг статик ва динамик хусусиятларини аппроксимация қилишда етарли аниқликни таъминлайди. Методнинг камчиликлари; экспериментал метод фақат тўғри чизиққа келтирилувчи объектларнинг тавсифи учун ишлатилади; олинган модель фақат тажриба қилинаётган объект хусусиятларини тавсифлайди, тенгламаларнинг параметрлари билан амалдаги ҳажм ва аппарат иш режими ўртасида алоқа ўрнатиб бўлмайди.

Модель қурнш методи қуйидагиларга бўлинади:

1) «*Қора қути*» методи;

2) технологик жараённинг физик-кимёвий ва иқтисодий қонунларига асосланган метод.

3) аралаш метод.

Тадқиқотчилар кам ўрганилган технологик жараёнларнинг математик тавсифини тузиш муаммосини ҳал қилиб, объектнинг кириш ва чиқишлари ўртасидаги боғланишнинг физик моҳияти номаълум бўлган «*Қора қути*» типидаги моделни яратдилар. Масалани ечишда корреляцион ва регрессион анализнинг статистик методидан фойдаланилади. «*Қора қути*» типидаги модель тузиш методлари такомиллашган ва етарли даражада содда. Тайёрланган моделлар, конкрет объектга ўхшашлигига қарамай, тажриба вақтида юз берган миқдорларнинг ўзгариш чегараларидан ташқари тармоқларга натижаларни экстраполяция қилишга йўл қўймайди.

Физик-кимёвий ҳодисаларни анализ қилишга асосланган моделларни тузишда ўрганилаётган объектнинг кириш ва чиқишларини (модда ва энергия баланси, гидродинамика тенгламалари, иссиқлик ва масса алмашинуви, кимёвий кинетика) боғлашга ёрдам берувчи физика қонунларидан фойдалани-

лади. Бундай модель объектнинг вақт ўтиши билан ўзгарган хусусиятини тавсифлашидан ташқари, ўзгариш сабабларини ҳам аниқлайди. Моделлар турли топшириқлар бериб технологик режимларни текшира олади. Бу типдаги моделларнинг асосий камчилиги — олинадиган тавсифнинг мураккаблиги.

Аралаш метод юқоридаги моделларга мос хос камчиликлардан холидир. Бу типдаги моделлар аввалдан маълум бўлган қонуниятларга асосланган, моделнинг бир қатор коэффициентлари эса тажриба маълумотларини ишлаб чиқиш вақтида аниқланади.

Математик тавсиф таркибига бир қатор тенгсизликлар киради. Бу тенгсизликлар технологик жараёндаги амалга ошириш шартлари, ташқи боғланишлар, атроф-муҳит характеристикаларидан келиб чиқадиган чекланишларни акс эттиради.

XI.3-§. МАТЕМАТИК МОДЕЛНИНГ АНАЛИТИК ТУЗИЛИШИ

Технологик жараёнлар ва чиқиш ўзгарувчи миқдорларнинг ҳамда ғалаёнловчи факторларнинг кўплиги, миқдорлараро боғланишларнинг чизиқли эмаслиги билан характерланади. Бирор объектнинг тенгламасини топишда унинг амалий шаклланишининг ўзига хос хусусиятларини назарда тутиш, шунингдек, бу объектнинг аҳамиятини аввалдан баҳолаш қийин бўлган соддалаштирувчи йўл қўйишлар қабул қилиш керак. Масалани ечишда қуйидаги асосий даврлар назарда тутилади.

1. *Жараён ва унинг аппаратурасини ўрганиш* тенгламалар таркибига кирадиган баъзи доимий миқдорларни, яъни иссиқлик ва масса узатиш, аппаратнинг эркин кесими ва бошқаларни аниқлашга имкон беради. Жараённинг физик-кимёвий хусусиятларини ўрганар эканмиз, математик тавсиф тенгламасини чиқаришда қандай жараёнларни назарда тутиш лозимлиги тахминан белгиланиши керак.

2. *Структура схемасини тузиш.* Тадқиқ қилинаётган объект бир неча шартли звеноларга бўлинади. Кимёвий-технологик объектларда шу звенолар сифатида аппарат тузилишидаги такрорий элементлари бўлган ёки бошқа участкалардан ўзининг лимитловчи жараёнининг типи билан фарқ қиладиган тармоқлар қабул қилинади. Шуни ҳам эътиборга олиш керакки, объектнинг звеноларга бўлиниш даражаси чексиз, шунинг учун бундай звеноларнинг сони билимлар чегараси, номаълум параметрларни аниқлаш ва олинган тенгламалар системасини ечиш имконияти, статистик характеристикаларнинг мақсади ва бошқаларга кўра танланади. Демак, структура схемани тузиш даври тадқиқотчи инженернинг тажриба ва идрокига боғлиқ.

Объектни звеноларга рационал бўлиш вазифаси билан йўл қўйишлар масаласи ўзаро боғлиқ. Умуман, йўл қўйишлар системаси қабул қилинган тузилиш схемасини соддалаштириш ва асослаб бериш мақсадини назарда тутади. Йўл қўйишлар —

талаб қилинган аниқлик билан физик-кимёвий ходисаларни миқдорий баҳолаш ҳамда олинган нисбатларни ечиш имкониятлари ўртасидаги ўзаро келишишдан иборат.

3. *Алоҳида звеноларнинг математик тавсифини тузиш.* Параметрлари (вақт бўйича ёки фазода) тақсимланган объектларни тавсифлаш учун моддий ва иссиқлик балансининг тенгламаси дифференциал шаклда ёзиб интегралланади. Агар тенгламани ечиш мумкин бўлса, математик тавсиф якуний нисбатлар системасида берилади. Параметрлари мужассамлашган объектлар учун моддий ва иссиқлик баланс тенгламалари якуний шаклда ёзилади. Математик тавсифга дифференциал тенгламалар учун чегарали ва бошланғич шартлар, якуний тенгламалар учун эса бошқа звенолар ва муносабатлар киради.

4. *Звенолар тенгламаларининг параметрларини аниқлаш.* Математик тавсиф тенгламаларининг коэффициентини аниқлаш учун ишлаб чиқарилаётган модданинг физик-кимёвий хусусиятларини, иссиқлик ва массаларнинг ўзаро алмашув коэффициентини, звеноларнинг геометрик ҳажми ва ҳоказоларни билиш шарт. Бу маълумотларни тегишли адабиётдан топиш мумкин, агар бундай манбалар бўлмаса, махсус лаборатория тажрибаларини ўтказиш керак. Бундай тажрибаларнинг натижаси мезон шаклида берилиб, уларни шунга ўхшаш звено ва объектлар учун ишлатиш мумкин. Моделнинг параметрларини аниқлаш кўп меҳнат ва катта эътибор талаб қиладиган иш, шунинг учун уларнинг сонли қийматини аниқлашда объектнинг структура схемасини тузиш ва йўл қўйишлар қабул қилинадиган пайтда эътиборга олиниши керак. Моделнинг параметрларини аниқлашдаги хато модель аниқлигига кучли таъсир қилади.

5. *Математик моделни амалга ошириш ва моделловчи алгоритмни тузиш.* Математик тавсифнинг олинган тенгламалари йиғиндиси тўғри аналогия моделларида ёки электрон ҳисоблаш машиналарида ечилади. Шу мақсадда моделловчи алгоритмни ишлаб чиқиш керак. Моделловчи алгоритмни ишлаб чиқиш вазифаси математик тавсиф тенгламалари системасининг ечилиш муттасиллигини аниқлашдан иборат. Моделловчи алгоритмни тузишда кўпинча миқдорий анализ методи ишлатилади.

6. *Моделнинг ўхшашлигини аниқлаш.* Математик моделнинг амалдаги жараёнга ўхшашлигини аниқлаш учун жараённинг оқиб ўтишидаги ўлчовлар натижасини шунга ўхшаш шароитдаги моделнинг кўрсатишлар натижаси билан солиштириш керак.

XI.4-§. СТАТИК ВА ДИНАМИК МОДЕЛЛАР

Автоматик ростлаш системаларининг статик ва динамик хоссалари системадаги таркибий элементларнинг шу характеристикалари орқали аниқланади.

Элемент ёки системанинг статик характеристикаси деб ўрнатилган режим жараёнидаги чиқиш ва кириш параметрларининг нисбатига айтилади. Бу нисбат аналитик ёки график метод билан ифодаланади ва ҳисоблаш ёки тажриба усуллари билан аниқланади.

Чизиқли ва чизиқли бўлмаган статик характеристикалар мавжуд. Агар характеристика чизиқли тенгламалар орқали тавсифланиб тўғри чизиқ билан тасвирланса, бу *чизиқли статик характеристика* бўлади. Чизиқли статикага эга бўлган элемент (ёки система) *чизиқли элемент* (ёки *система*) дейилади. Агар ўрнатилган иш режимида звено тавсифи чизиқли бўлмаган тенглама орқали берилса ва характеристикаси эгри ёки синиқ чизиқлар билан тасвирланса, бу звено *чизиқли бўлмаган характеристика* дейилади. Люфт ва қуруқ ишқаланишлар статик характеристикаларни чизиқли бўлмаган кўринишга олиб келади. Чизиқли бўлмаган автоматик системаларни ҳисоблаш ғоят мураккабдир.

Системанинг статик характеристикасини аналитик усулда аниқлашда системанинг турғунлашган ҳолати учун энергетик ва моддий баланс тенгламалари тузилади. Баланс тенгламаларидан номаълум катталиклар топилиб, АРС даги ростланувчи объект ёки звенонинг чиқиш ва кириш параметрларининг нисбати аниқланади.

Объектнинг статик характеристикасини тажриба орқали аниқлашнинг актив ва пассив усули мавжуд. *Актив усулда* модда ёки энергияни объектга узатувчи линияда ўрнатилган ижро этувчи механизмнинг ростловчи органи ёрдамида объектнинг бир неча мувозанат ҳолати бирин-кетин ўрнатилади, бунда катталикнинг кириш қиймати ҳар хил бўлиб, тегишли чиқиш координаталари ўлчанади. Олинган маълумотларга кўра тузилган графикдан объектнинг кучайиш коэффициенти аниқланади. Объектнинг чиқиш катталиги, одатда, бир неча кириш катталикларига боғлиқ, бу ҳолда статик характеристикалар тўплами ҳар бир канал бўйича аниқланади. Статик характеристикани экспериментал аниқлашнинг *пассив усули* эҳтимоллик назарияси ва математик статистикага асосланган. Бу усулни қўллаб объектларнинг нормал ишлатиш шароитларида кириш ва чиқиш катталикларининг ўзгариши ҳақида жуда кўп маълумотлар тўпланади. Статистик материал тегишли алгоритмлар бўйича ишланади. Бу сермеҳнат масала бўлиб марказлаштирилган контролнинг ахборот системаси ёки ЭҲМ ёрдамида ечилиши мумкин.

Динамик системалар синфига тегишли АРС нинг фақат статик характеристикасини билиш камлик қилади, унинг динамик характеристикасини ҳам билиш зарур. Элемент ёки системанинг *динамик характеристикаси* деб, вақт ўтиши билан чиқиш катталигининг ўзгариши ўрнатилган режимнинг бузилиш давридаги кириш катталигининг ўзгаришига боғлиқлигига айтилади. Кириш катталигининг ўзгариши турлича бўлиши

мумкин. Шунинг учун битта ростланувчи объектнинг динамик характеристикаларини ифодаловчи графиклар ҳам турлича бўлади.

Турли элемент ва системаларнинг динамик характеристикаларини солиштириш учун кириш катталиклари ўзгаришининг намунали қонунлари ишлатилади. Тўғри тўртбурчакли импульс шаклидаги бир поғонали ва синусоидал таъсирлар кенг тарқалган. Динамик характеристикалар *аналитик усуллар* билан ҳам аниқланади. Динамик хусусиятлар аналитик равишда дифференциал тенгламалар орқали тавсифланади. Агар система ёки бир звенонинг ҳаракати мустақил ўзгарувчиларнинг якуний миқдорига боғлиқ бўлса, у *параметрлари мужассамланган* объект бўлади. Бундай объектларнинг эркинлик даражаси миқдори системанинг мустақил ўзгарувчилари миқдорига тенг. Бу системаларнинг динамик хусусиятлари тавсифи тўлиқ ҳосилали тенгламалар орқали берилади.

Параметрлари тақсимланган системалар эркинлик даражасининг чексиз миқдорига эга. Бу системада параметрлар катта узунликда ёки вақт мобайнида тақсимланади. Уларнинг динамик характеристикаси хусусий ҳосилали дифференциал тенгламалар билан тавсифланиб, бу тенгламаларни анализ қилиш кўпинча қийинлашади. Ҳисоблашлар учун баъзан бу система параметрлари мужассамлашган система каби кўрилиб, соддалаштирилади. Бундай йўл қўйишлар жуда қўпол натижалар берадиган ҳолатларда, яъни параметрлари тақсимланган системалар бирин-кетин уланганда, параметрлари мужассамланган бир нечта системаларда кечикиш билан алмаштирилади. Масалага бундай ёндашиш системанинг динамик хусусиятларини оддий дифференциал тенгламалар орқали аниқлаш имконини беради, тенгламалар эса чиқиш кординатасининг тегишли ўзгариш қонуни бўйича ечилади. Системанинг мувозанат ҳолатидаги чиқиш ва кириш катталикларининг туташган қийматларини аниқлаб, системанинг динамик хусусиятларига кўра унинг статик хусусиятларини аниқлаш мумкин.

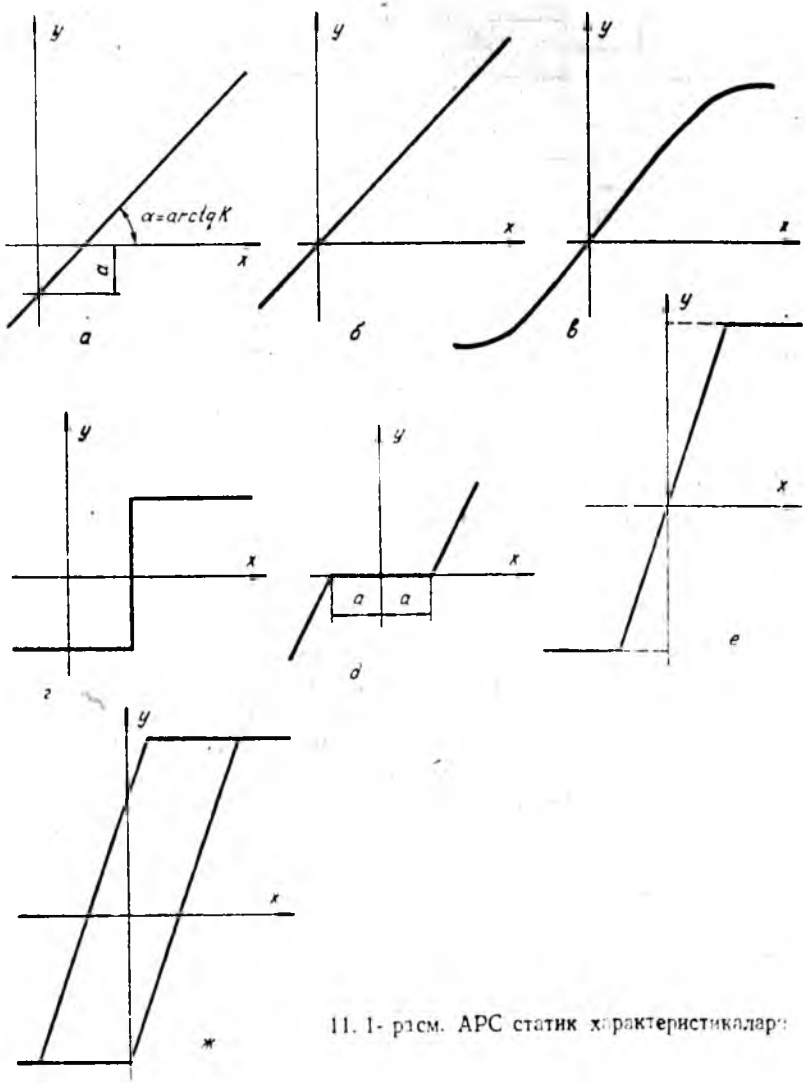
XI.5-§. РОСТЛАШ СИСТЕМАЛАРИНИНГ СТАТИК ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ

Система ёки айрим звеноларнинг статик характеристикасини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$y = f(x)$$

бу ерда y — чиқиш катталиги; x — кириш катталиги.

XI-1-расмда АРС статик характеристикаларининг турлари тасвирланган. XI-1-расм, *а, б,* даги статик характеристикалар чизиқли, қолганлари эса чизиқли бўлмаган статик характеристикалардир.



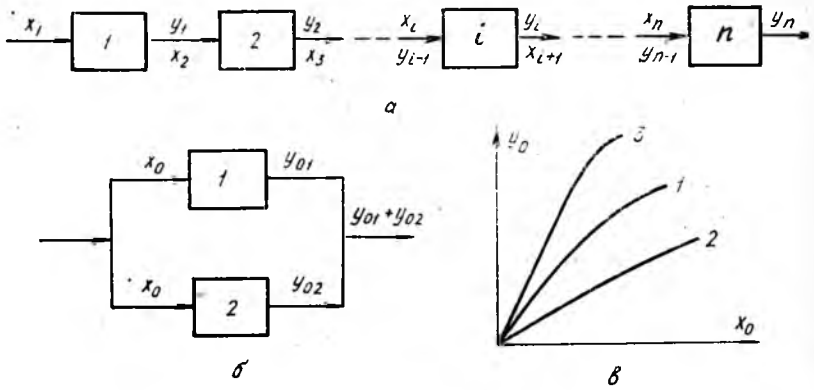
11. 1- расм. АРС статик характеристикалари

Чизиқли статик характеристика (XI-1-расм, *а*) аналитик равишда қуйидаги ифода билан тавсифланади:

$$y = a + kx,$$

бунда a — доимий катталик, $k = \mathrm{tg}\alpha$ статик характеристиканинг абсциссалар ўқи томон оғиш бурчагини ифодаловчи доимий катталик.

XI-1-расм, *б* га мувофиқ характеристика тенгламаси $y = kx$ шаклида ёзилиши мумкин, бу ерда k — узатиш коэффи-



11. 2- расм. Звеноларнинг кетма- кет (*а*) ва параллел (*б*) уланиши; параллел уланган звеноларнинг статик характеристикаси (*в*).

фициенти, у системанинг кучайиш коэффициенти ёки статик характеристиканинг тиклигини ифодалайди.

XI-1- расм *в*, да эгри чизиқли характеристика, XI-1- расм, *г* да эса узиладиган, чизиқли бўлмаган статик характеристика тасвирланган, «*а*»— сезгирлик зонаси чизиқли бўлмаган характеристика XI-1- расм, *д* да келтирилган. XI-1-расм, *г* да тўйиниши чизиқли бўлмаган характеристика кўрсатилган. Носезгирлик зонаси, тўйиниш ва системанинг турли ишлаш катталигига эга бўлган, гистерезис сиртмоғи шаклидаги чизиқли бўлмаган характеристика XI- 1- расм, *ж* да келтирилган.

Звеноларнинг кетма-кет уланишида (XI- 2- расм, *а*) олдинги звенонинг чиқиш катталиги кейинги звено учун кириш катталиги бўлади. Бу ҳол қуйидаги муносабатлар системасида акс этади:

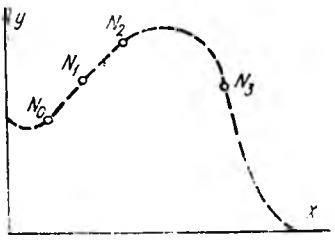
$$x_2 = y_1;\quad x_3 = y_2;\quad \ldots;\quad x_i = y_{i-1};\quad \ldots;\quad x_n = y_{n-1}$$

Ҳар бир звено алоҳида-алоҳида ўзининг мос статик характеристикаларига эга:

$$y_1 = f_1(x_1);\quad y_2 = f_2(x_2);\quad \ldots;\quad y_i = f_i(x_i);\quad \ldots;\quad y_n = f_n(x_n);$$

Демак, кетма- кет уланган звеноларнинг статик характеристикаси шу звеноларнинг статик характеристикаларидан аниқланади:

$$y_n = f_n(x_n) = f_n(y_{n-1}) = f_n[f_{n-1}(x_{n-1})] = f_n[f_{n-1}(y_{n-1})] = f_n\{f_{n-1}[f_{n-2}(x_{n-2})]\} = f_n\{f_{n-1}[f_{n-2}(y_{n-2})]\}\ \ldots$$



11, 3- расм. $y = F(x)$ функция эгри чизиғи.

Агар системага кирган звеноларнинг барча характеристикалари чизиқли бўлса, умумий характеристикаси ҳам чизиқли бўлади. Биргина звенонинг характеристикаси чизиқли бўлмаган бўлиб қолади.

Звеноларнинг параллел уланишида (XI-3-расм, *б*) звеноларнинг кириш катталиги умумий бўлиб, чиқиш катталиклари ўзаро алгебраик қўшилади. Демак, звенолари параллел қўшилган системанинг статик характеристикаси тегишли ординаталар статик характеристикаларининг жамланишидан аниқланади.

XI.6- §. БИР КИРИШЛИ ЗВЕНОНИНГ ЭКСПЕРИМЕНТАЛ НИСБАТЛАРИНИ АППРОКСИМАЦИЯЛАШ

Тажриба натижаларини қайта ишлашдан мақсад изланаётган аналитик боғланишни топишдир. Бундай масалаларни ечишда интерполяция ёки яқинлашиш методлари қулайдир.

Интерполяция. Интерполяциянинг вазифаси қуйидагидан иборат. $[a; b]$ кесмада интерполяция узелларининг $x_0, x_1, \ldots, x_n$ нуқталари ва шу нуқталардаги $f(x_i)$ функциянинг қийматлари берилган.

Масалан,

$$f(x_0) = y_0;\ f(x_1) = y_1;\ \ldots,\ f(x_n) = y_n.$$

Интерполяция узелларида $f(x_i)$ қийматга тенг $F(x)$ аналитик функцияни топиш керак, яъни

$$F(x_0) = y_0;\ F(x_1) = y_1;\ \ldots,\ F(x_n) = y_n.$$

Геометрик нуқтаи назардан берилган нуқталардан ўтадиган $y = F(x)$ эгри чизиқни топиш керак (XI-3-расм). Бундай умумий қўйилган масала чексиз ечимларга эга бўлиши ёки умуман ечими бўлмаслиги мумкин. Лекин иктиёрий $F(x)$ функция ўрнига даражаси a^3 дан катта бўлмаган (n — интерполяция узеллари сони) ва қуйидаги шартларга мувофиқ $P(x)$ полиноми изланса, масала бир маънога эга бўлади:

$$f(x_0) = y_0;\ f(x_1) = y_1;\ \ldots;\ f(x_n) = y_n;$$

$$P_n(x_0) = y_0;\ P_n(x_1) = y_1;\ \ldots;\ P_n(x_n) = y_n$$

$P(x)$ полиномнинг одатдаги даражаси $(n-1)$ га тенг олинади.

Полином коэффициенти $P(x)$ ва y нинг қийматлари тенглаштириш натижасида олинган тенгламалар системасидан аниқланади:

$$\left.\begin{aligned} y_1 - \sum_{m=0}^{n-1} Q_m x_1^m &= 0, \\ y_2 - \sum_{m=0} Q_m x_2^m &= 0, \\ \cdots\cdots\cdots\cdots & \\ y_n - \sum_{m=0}^{n-1} Q_m x_n^m &= 0. \end{aligned}\right| \qquad (\text{XI} - 1)$$

Аммо статик характеристикаларни интерполяция қилишда интерполяцион полиномнинг даражаси, кўпинча, ҳаддан ташқари катталашиб кетади, шунинг учун кейинги ҳисоблардаги унинг ишлатилиши қийинлашади. Интерполяция узеллари сонини, бинобарин, интерполяцион полином даражасини камайтириш учун узеллар сифатида экспериментал йўл билан топилган функциянинг ўртача қиймати олинади.

Квадратик яқинлаштириш методи (энг кичик квадратлар методи). Яқинлаштириш методи қўлланилганда мустақил ўзгарувчан қийматнинг ўзгариш даври мобайнидаги $P(x)$ ва $y(x_i)$ қийматлари ўртасидаги фарқни ифодаловчи функционал боғланиш мумкин қадар камайтирилади. Кўпинча, амалда ишлатиладиган квадратик яқинлаштириш методининг қуйидаги функционал турини минимумлаштиради:

$$I = \int_{x_k}^{x_n} [P(x) - y(x)]^2 \cdot dx.$$

$P(x)$ полиномнинг k даражаси $(n-1)$ дан кичик, Q_m коэффициентларни ҳисоблаш учун (XI — 1) ифодани ҳар бир коэффициент бўйича дифференциаллаш ва олинган ҳосилаларни нолга тенглаштириш керак. Натижада $(k+1)$ чизиқли тенгламалар системаси ҳосил бўлади:

$$\frac{1}{r}\frac{\partial y}{\partial Q_k} = \sum_{i=1}^{n} [P(x_i) - y_i]\, x_i^l = 0.$$

бу ерда $l = 0, 1, 2, \ldots, k$
ёки

$$\sum_{m=0}^{n} Q_m \sum_{i=1}^{n} x_i^{l+k} = \sum y_i x_i^l.$$

Олинган система ягона ечимга эга.

Бу аппроксимация методи энг кичик квадратлар методи деб ҳам аталади ва амалий ҳисоблашда кенг тарқалган.

XI.7-§. КЎП ЎЗГАРУВЧИЛАРИ БЎЛГАН ЗВЕНО ВА СИСТЕМАЛАР СТАТИК ХАРАКТЕРИСТИКАСИНИ АППРОКСИМАЦИЯЛАШ

Кўп ўзгарувчилари бўлган функцияни аппроксимациялаш мураккаб масалани ҳосил қилади. Шунинг учун ўзгарувчилари мустақил бўлган $y(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ функцияни қуйидагича фараз қилиш мумкин бўлган ҳолни кўриб чиқамиз:

$$y(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \sum_{i=1}^{n} f_i(x_i) \qquad \text{(XI — 2)}$$

ёки

$$y(x_1,\ x_2,\ \ldots,\ x_n) = k\prod_{i=1}^{n} f_i(x_i) \qquad (XI-3)$$

$f_i(x_i)$ функцияларни аниқлаш учун аппроксимация қилинаётган нисбат бир ўзгарувчи функция каби ҳисоблаб чиқилади. Бунда ўзгарувчилардан бирининг ҳар бир қиймати, масалан, x_1 учун y функцияси турли қийматларга эга бўлади. Демак, ҳар бир x_1 даги $\frac{x_2\ x_3}{y(x_1)}$ нинг ўртача қиймати ва тарқоқлиги ҳақида фикр юритиш мумкин. $\overline{y}(x_1)$; $\overline{y}(x_2)$ ва ҳоказоларнинг графиклари йиғиндисига эга бўлгандан сўнг, уларни ўртача қийматга нисбатан тарқоқлиги энг кичик бўлган боғланишга яқинлаштирилади. $\overline{y}(x_1) = f_1(x_1)$ деб фараз қиламиз. Кейинги қадам ўзгарувчи x_1 таъсирини бартараф қилишдан иборат. Бунинг учун (XI — 2) формуладан

$$y_1(x_2,\ x_3,\ \ldots,\ x_n) = y(x_1,\ x_2,\ x_3,\ \ldots\ x_n) - f_1(x_1)$$

ни топамиз, (XI — 3) формуладан фойдаланиб эса

$$y_2(x_2,\ x_3,\ \ldots,\ x_n) = \frac{y(x_1,\ x_2,\ x_3,\ \ldots\ x_n)}{kf_1(x_1)}$$

га эга бўламиз:

Биринчи яқинлаштиришдаги функция x_1 га боғлиқ эмас деб ҳисобланади, x_2 ни чиқариб ташлаш йўли билан иккинчи қолдиқ функцияни излаб, функциянинг x_2 га боғланиши юқорида келтирилгандек топилади:

$$y_2(x_3,\ \ldots,\ x_n) = y_1(x_2,\ x_4\ \ldots,\ x_n) - f_2(x_2),$$

$$y_2(x_3,\ \ldots,\ x_n) = \frac{y_1(x_2,\ \ldots,\ x_n)}{f_2(x_2)}$$

Тенгламадаги k катталик сифатида экспериментал олинган барча катталикларнинг $\overline{y}$ ўртача қийматини ишлатиш қулай. Яқинлаштириш аниқлигини x_n ўзгарувчи қиймати чиқариб ташлангандан кейинги қолдиқли функциянинг бирга тенглигидан баҳолаш мумкин.

XI.8- §. СТАТИК ҲАРАКТЕРИСТИКАЛАРНИ РЕГРЕССИОН МЕТОД БЎЙИЧА АНИҚЛАШ

Битта параметр бўйича регрессия. Битта параметр бўйича регрессия тенгламасини қуйидаги шаклда келтириш мумкин:

$$\overline{y} = f(x_1,\ a_0,\ a_1,\ a_2,\ \ldots),$$

бунда $\overline{y}$ — дифференциалланаётган функция a_0, a_1, a_2 ... регрессион тенглама коэффициентларини шундай танлаш керакки,

$$\Phi = \sum_{i=1}^{N} [y_i - f(x_i,\ a_0,\ a_1,\ a_2)]^2 \qquad \text{бўлсин.}$$

Бунда N ўрганилаётган параметрларнинг қийматлари йиғиндисидан танланган ҳажм;

y_i, x_i — тасодифий жараённинг чиқиш ва кириш параметрлари қиймати.

Дифференциалланувчи $\Phi(a_0, a_1, a_2, \ldots, a_n)$ функция минимумининг зарурий шарти қуйидаги тенгламаларни ечишдан иборат:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial a_0} = 0; \quad \frac{\partial \Phi}{\partial a_1} = 0; \quad \frac{\partial \Phi}{\partial a_2} = 0$$

$$\sum_{i=1}^{N} 2\,[y_i - f(x_i, a_0, a_1, a_2, \ldots)]. \quad \frac{\partial f(x_i)}{\partial a_0} = 0;$$

$$\sum_{i=1}^{N} 2\,[y_i - f(x_i, a_0, a_1, a_2, \ldots)]. \quad \frac{\partial f(x_i)}{\partial a_1} = 0;$$

яъни

$$\sum_{i=1}^{N} y_1 = \frac{\partial f(x_i)}{\partial a_0} - \sum_{i=1}^{N} f(x_i, a_0\ a_1, \ldots). \quad \frac{\partial f(x_i)}{\partial a_0} = 0;$$

$$\sum_{i=1}^{N} y_i = \frac{df(x_i)}{da_1} - \sum_{i=1}^{N} f(x_i, a_1\ a_2, \ldots). \quad \frac{df(x_i)}{da_1} = 0.$$

Номаълум a_0, a_1, a_2,... коэффициентлар нечта бўлса, тенгламалар системасидаги тенгламалар сони ҳам шунча бўлади ва улар регрессия тенгламасига киради; математик статистикада бу тенгламалар системаси *нормал тенгламалар системаси* дейилади.

Ҳар қандай a_0, a_1, a_2,... лардаги $\Phi \geqslant 0$ катталик унинг камида битта минимумга эга бўлишини билдиради. Шунинг учун нормал тенгламалар система битта ечимга эга бўлса, бу ечим Φ катталик учун минимум бўлади. Бу тенгламалар системасини ечиш учун f функциянинг конкрет шаклини билиш керак. Умумий шаклда системани ечиб бўлмайди. Регрессия тенгламаси топилгандан сўнг регрессия коэффициентлари моҳиятини қайта тикланиш хатоси бўйича текшириш ва тенглама адекватлигини аниқлаш керак. Бундай тадқиқ *регрессион анализ* дейилади.

Регрессия коэффициентларини баҳолаш Стъюдент критерийси бўйича ўтказилиб, адекватлик эса Фишер критерийси бўйича текширилади:

Кўплик регрессия методи. Кўплик регрессияни таърифлаганда регрессион функция қуйидаги шаклга эга деб фараз қиламиз:

$$\widehat{by} = a_0 x_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \ldots + a_n x_n;$$

бунда $x_0 = 1$ — сохта ўзгарувчи;

a_0, a_1, $\ldots$, a_n — регрессия коэффициентлари.

Матрица шаклидаги регрессион тенгламанинг коэффициентларини излаймиз:

$$X = \begin{vmatrix} x_0, & x_1, & \ldots, & x_n \\ \vdots & & & \\ x_0 N, & \ldots, & x_{Nn} \end{vmatrix}$$ — матрицани мустақил ўзгарувчилар матрицаси деб атаймиз;

$$X = \begin{vmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{vmatrix}$$ — устун матрицани эса кузатиш вектори деб атаймиз;

у ерда N — танлаш ҳажми.

Коэффициентлар устун — матрицасини

$$A = \begin{vmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_k \end{vmatrix}$$

ва X матрицасига нисбатан силжитилган X^{T} матрицасини киритамиз:

$$X^{\mathrm{T}} = \begin{vmatrix} x_{01}, & x_{02}, & x_{03}, & \ldots, & x_{0N} \\ \vdots & & & & \\ x_{R1}, & x_{R2}\, x_{R3}, & \ldots, & \ddot{x}_{RN} \end{vmatrix}$$

Унда нормал тенгламалар системаси матрица шаклида қуйидагича ёзилади:

$$X^{\mathrm{T}}\ XA = X^{\mathrm{T}} X$$

ёки кўпайтма ва қавсларни очиб, қуйидагига эга бўламиз:

$$a_0 \sum x_{0i}^2 + a_1 \sum x_{01} x_{1i} + \ldots + a_n \sum x_{0i} x_{ni} = -\sum x_{0i} y_i;$$

$$a_0 \sum x_{1i} x_{0i} + a_1 \sum x_{1i}^2 + \ldots + a_n \sum x_{1i} x_{ni} = \sum x_{1i} y_i$$

$$a_0 \sum x_{ni} x_{0i} + a_1 \sum x_{ni} x_{1i} + \ldots + a_n \sum x_{ni}^2 = \sum x_{ni} a y_i$$

B — коэффициентларнинг устун — матрицаси қуйидагича аниқланади:

$$B = (X^{\mathrm{T}} X)^{-1} X^{\mathrm{T}} y$$

бунда $(X^{\mathrm{T}} X)^{-1}$ матрица $(X^{\mathrm{T}} X)$ матрицага тескари. Тескари матрицанинг бор бўлиши учун $(X^{\mathrm{T}} X)$ матрица бузилмаган бўлиши шарт. Шунинг учун бу методдан фойдаланишда x_1, x_2, x_3 . . . , x_n ўзгарувчилар чизиқли мустақил бўлиши шарт.

Ўзгарувчи катталиклар ўртасидаги боғланиш аниқ бўлмаганда (катталикларнинг ҳар бир y_i қийматига бошқа катталикнинг x_i қийматлар йиғиндиси мос келади ва y_i нинг тақсимланиши x_i нинг ўзгаришига боғлиқ бўлади) улар коррецияланган катталиклар, уларнинг

ўзаро боғланиши эса *корреляцион алоқа* дейилади. Бу алоқа анализнинг статистик методлари асосида ўрнатилади. Бу алоқа ўзгарувчилнинг аниқ боғланиши ва мутлақо мустақиллиги ўртасидаги оралиқ боғланишдир. Боғланишнинг яқинлик даражаси корреляцион нисбатдан топилади:

$$\theta = \sqrt{1 - \xi}$$

бунда θ — корреляцион нисбат;

ξ — алоқа кучини ифодалайди ва қуйидаги формуладан ҳисоблаб чиқилади:

$$\xi = \frac{(N - L)\, S^2_{\text{қолд}}}{(N - 1)\, S^2_{\text{ў}}};$$

бу ерда N — танлаш ҳажми:

l — танланган алоқалар сони;

$S^2_{\text{қолд}}$ — қолдиқли дисперсия;

$S^2_{\text{ў}}$ — ўртача қийматга нисбатан дисперсия.

Корреляцион нисбатларнинг қийматлари 0 дан 1 гача бўлади. Алоқа чизиқли бўлса, унинг кучи корреляция коэффициенти бўйича аниқланади:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{N} (x_i - \bar{x})(y_i - y)}{(N - 1)\, S_x \cdot S_y};$$

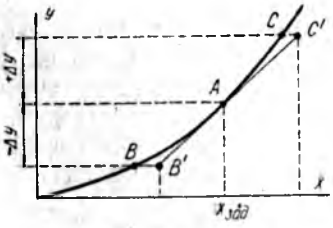
бу ерда S_x, S_y — ўртача квадратик четга чиқишлар.

XI.9-§. АРС НИНГ АМАЛИЙ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ ТЎҒРИ ЧИЗИҚҚА КЕЛТИРИШ

Амалдаги элемент ва системаларнинг математик модели, кўпинча, чизиқли бўлмаган тенгламалар билан тавсифланади, уларнинг анализи эса кўп қийинчиликлар туғдиради. Шунинг учун ҳисоблашларда чизиқли бўлмаган математик моделлар чизиқли моделлар билан алмаштирилади. Аниқлик бир оз йўқолишига қарамай, чизиқли моделлар содда ва мукаммал методлар бўйича анализ қилишга имкон беради. Чизиқли бўлмаган математик моделларни чизиқли моделга тақрибий алмаштириш операцияси *тўғри чизиққа келтириш* дейилади. Агар равон ўзгараётган эгри чизиқ шаклидаги график статик характеристика мавжуд бўлса, график тўғри чизиққа келтириш методидан фойдаланиш мумкин. Бунинг моҳияти статик характеристиканинг иш тармоғини объектнинг берилган иш режими нуқтасидаги бошланғич статик характеристикасига уринма тўғри чизиқ билан алмаштиришдан иборат. График тўғри чизиққа келтириш жараёни XI-4-расмда кўрсатилган.

График тўғри чизиққа келтиришдан ташқари чизиқли бўл-

маган боғланишларни тўғри чизиққа келтириш методи, яъни функцияни Тейлор қаторига кириш сигналининг кичик орттирмалари бўйича ёйиш методи мавжуд. Автоматик ростлаш системаси учун ростланувчи катталикка нисбатан чизиқли бўлмаган дифференциал тенглама ўринлидир. Унинг умумий кўриниши қуйидагича:



11. 4- расм. Ночизиқ статик характеристикани графикавий тўғри чизиққа келтириш.

$$F\left(x, \frac{dx}{dt}, \frac{d^2x}{dt^2}, \ldots, \frac{d^m x}{dt^m}, y, \frac{dy}{dt}, \frac{d^2y}{dt}, \ldots, \frac{d^n y}{dt^n}\right) = 0 \qquad (XI - 4)$$

бунда x — кириш катталиги, y — чиқиш катталиги.

АРС статик характеристикасини топиш учун (9 — 4) тенгламадаги барча ҳосилаларнинг x ва y вақтидаги қийматларини нолга тенглаштириш керак:

$$f(x, y) = 0 \qquad (XI - 5)$$

(XI — 4) тенгламани «y» га нисбатан ечсак, (XI — 5) статик характеристиканинг чизиқли бўлмаган тенгламасини оламиз:

$$y = f(x) \qquad (XI - 6)$$

Бу чизиқли бўлмаган боғланиш (XI — 5) доимий x қийматлари (XI — — 5- расм) тармоғига тегишли бўлган x нуқта атрофидаги Тейлор қаторига ёйилиши мумкин. Бу тармоқдаги бошланғич (XI — 6) узлуксиз ҳосилалик узлуксиз функциядир. Агар ёйилишнинг чизиқли аъзолари билан кифояланилса, функция ва ҳосилаларнинг узлуксизлиги тўғри чизиққа келтиришнинг муайян пайтидаги зарур ва етарли шарт бўлади.

(XI — 6) функцияни x_0 нуқта атрофида Тейлор қаторига ёямиз

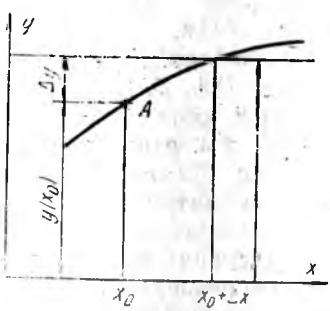
$$y = f(x) = y(x_0) + \frac{y'(x_0)}{1!}\Delta x + \frac{y^n(x_0)}{2!} x \Delta x^2 + \ldots$$

Δx нинг қиймати кичик бўлганда эса:

$$y = f(x) \approx y(x_0) + K \Delta x;\ K = \text{const} \qquad (XI - 7)$$

Энди координаталар системасининг бошланиши A ни нуқтага кўчирсак (XI — — 6- расм), (XI — 7) боғланиш янада соддалашади:

$$\Delta y = K \Delta x;$$



11. 5- расм. $y = f(x)$ чизиқли бўлмаган узлуксиз боғланишни Δx кириш сигналининг Тейлор қаторига орттирмалари бўйича тўғри чизиққа келтириш методи.

бу ерда K — кучайтириш коэффициенти. Бу коэффициент ўлчамга эга. Бу коэффициентнинг ўлчамини йўқотиш операцияси — ростланувчи катталикларнинг четга чиқишлари ёки таъсирларини уларнинг тегишли базис қийматларига бўлишдан иборат.

Тўғри чизиққа келтиришдан сўнг (XI — 4) тенгламанинг ўлчамсиз кўриниши қуйидагича бўлади:

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \ldots + a_{n-1} \frac{dy}{dt} + a_n y =$$

$$= b_0 \frac{d^m x}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \ldots + b_{m-1} \frac{dx}{dt} + b_m x; \quad (XI — 8)$$

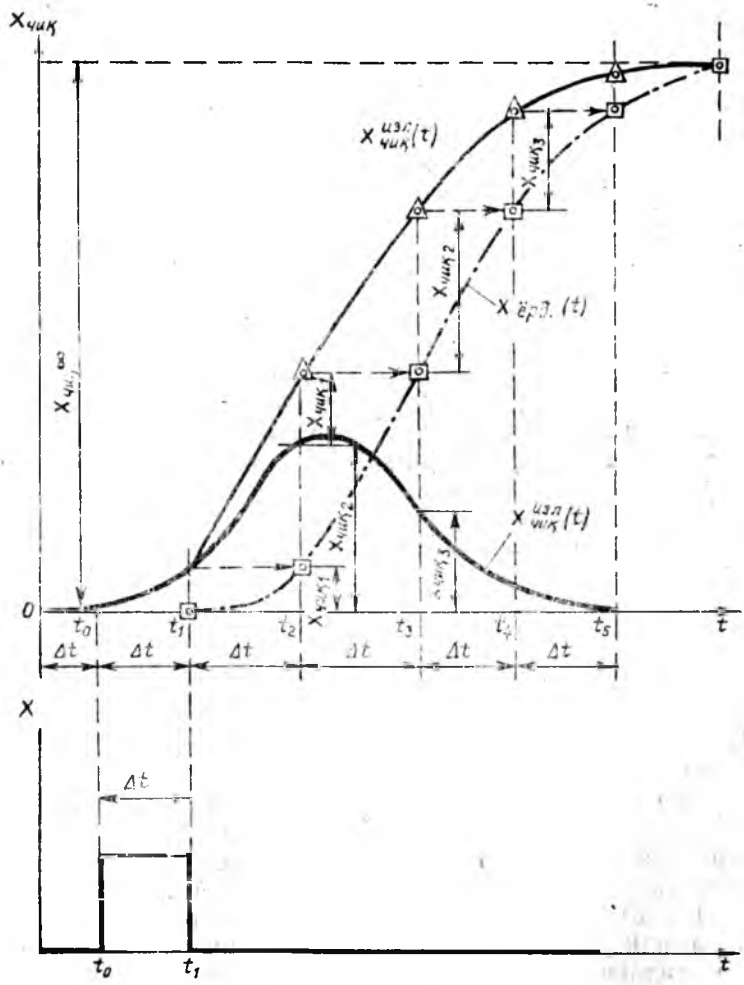
бунда m ва n — ихтиёрий мусбат бутун сонлар (одатда $m \leqslant n$); $a_0, a_1, \ldots, a_n$; $b_0, b_1 \ldots, b_m$ — система параметрларига боғлиқ бўлган доимий коэффициентлар.

XI.10- §. РОСТЛАНУВЧИ ОБЪЕКТЛАРНИНГ ЎТИШ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ

Ростланувчи объектларга турли манбалардан ғалаёнланишлар таъсир қилиши мумкин. Бунда ростловчи органнинг таъсири натижасида кириш катталигида рўй берган ўзгаришга жавобан объект реакциясини билиш муҳим. Объектнинг тарқалиш эгри чизиқлари импульсли ва частотали ўтиш характеристикалари мавжуд. Ростланувчи катталикларнинг намунали ғалаёнловчи таъсири туфайли вақт мобайнида ўзгариши *ўтиш характеристикаси* дейилади.

Тарқалиш эгри чизиғи қуйидагича топилади. Объектда турғунлашган ҳолатга эришилади. Ростловчи органи кескин силжитиб, объектнинг киришига бирламчи сакрашсимон ғалаёнланиш киритилади. Вақт ва ғалаёнланиш катталиги белгиланиб, вақт ўтиши билан ростлананувчи катталикнинг рўй берган ўзгаришининг характеристикаси қайд қилинади. Параметрнинг қайд қилиниши янги мувозанат ҳолати ўрнатилгунча давом этади. Ғалаёнловчи таъсирнинг қиймати, одатда, кириш катталигининг максимал ўзгариш диапазонига нисбатан тахминан 10%. Агар ростловчи орган энг кичик қийматга силжитилса, объектдаги халақитлар билан қизиқтирган натижани деярли ўзгартириб юборади. Ғалаёнланишнинг қиймати 10% дан кўп бўлса, ростловчи объект чизиқли бўлмаганлиги туфайли хатолар пайдо бўлиши мумкин. Тегишли шартларга риоя қилинса, тарқалиш эгри чизиғи объектнинг асосий динамик хусусиятларини акс эттиради. Агар узоқ давом этадиган сакрашсимон ғалаёнланиш технологик регламентдан жиддий четга чиқишларга олиб келса, объектнинг импульсли ўтиш характеристикасини (ёки вазн функциясини) экспериментал равишда топиш қулайдир. Импульсли ўтиш характеристикаси (ёки вазн функцияси) кириш ғалаёнланишнинг тўғри тўртбурчак импульси таъсирида ростланувчи катталигининг вақтдаги ўзгариш нисбатидан иборат. Ростланувчи катталикнинг макси-

мал четга чиқиши кириш импульсининг катталигига ва давомига боғлиқ. Импульсли ўтиш характеристикасини экспериментал равишда аниқлаш методи тарқалиш эгри чизиқларини топиш методига ўхшаш. Бу методларнинг фарқи шундаки, объектга вақт мобайнида бир оз тафовут билан йўналишлари қарама-қарши ва қийматлари тенг иккита ғалаёнланиш биринкетин киритилади. Шундай қилиб, экспериментал равишда аниқланган импульсли характеристика бўйича бир оз тартибни ўзгариш йўли билан объектнинг тарқалиш эгри чизиғини топиш мумкин.



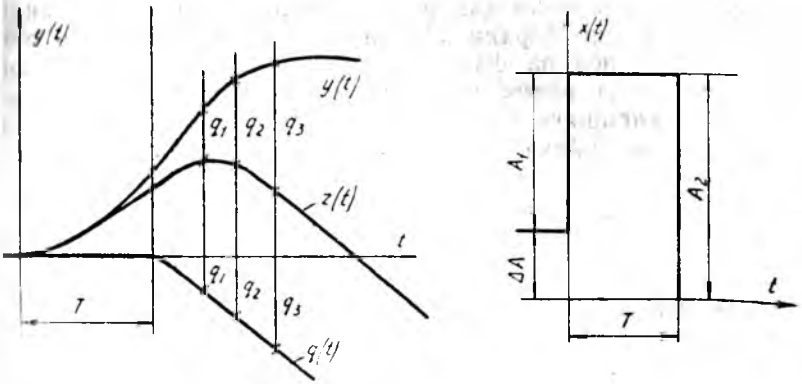
11. 6- расм. Объектнинг импульсли ўтиш характеристикаси орқали унинг тарқалиш эгри чизиғини қуриш.

XI-6-расмда ростланувчи объектнинг импульсли ўтиш характеристикаси орқали унинг тарқалиш эгри чизиғининг тузилиши тасвирланган. $x_{чиқ}^{изл}(t)$ импульсли характеристика вақтнинг t_0 дан t_1 гача бўлган бошланғич даврида изланаётган $x_{чиқ}^{изл}(t)$ тарқалиш эгри чизиғи билан бир хил. Вақтнинг t_1 пайтидан ёрдамчи $x_{ёрд}(t)$ эгри чизиқ бошланади, бу чизиқ вақтнинг t_1 дан t_2 гача даврида t_0 дан t_1 гача давридаги изланаётган эгри чизиқ тармоғига мос келади. $x_{чиқ}^{изл}(t)$ изланаётган тарқалиш эгри чизиғининг t_2 пайтидаги ординатасининг $x_{чиқ}^{изл}(t)$ ва $x_{ёрд}(t)$ эгри чизиқларининг t_2 пайтидаги ординаталари йиғиндисидан аниқланади. $x_{чиқ}^{изл}(t)$ нинг топилган ординатаси $x_{ёрд}(t)$ эгри чизиқни $t_2 - t_3$ вақт оралиғидаги қийматини тузишга ёрдам беради. Изланаётган эгри чизиқнинг t_3 пайтига мувофиқ нуқтасини топиш учун $x_{чиқ}^{изл}(t)$ ва $x_{ёрд}(t)$ эгри чизиқларнинг t_3 пайтдаги ординаталари қўшилади. Кейин $x_{чиз}^{ион}(t)$ нинг топилган янги тармоғи бўйича $x_{ёрд}(t)$ эгри чизиқ вақтнинг t_3 дан t_4 гача даврида давом эттирилади ва ҳоказо. Баён қилинган методга асосланган ҳолда изланаётган тарқалиш эгри чизиғи аниқланади.

Чизиқли системалар учун суперпозиция принципи ўринлидир. Бу принципнинг моҳияти кириш сигналлари йиғиндисига чизиқли системанинг бўлган реакцияси унинг ҳар бир кириши таъсирига бўлган алоҳида реакциялари йиғиндисига тенглигида.

Шундай қилиб, объект хусусиятлари поғонали функция шаклидаги таъсирлардан фойдаланишга йўл қўймаса, тўртбурчакли импульс типидаги апериодик синаш таъсирини танлаш мақсадга мувофиқ бўлади. Бу таъсир юқорида айтилганидек, $+A$ ва $-A$ амплитудали поғонали иккита таъсир йиғиндисидан иборат. Бунда олинган экспериментал эгри чизиқ эса, суперпозиция принципига асосланган ҳолда, келтирилган поғонали таъсирларга жавобан объектнинг реакциялари йиғиндиси каби кўрилади. Лекин бундай таъсир кўрсатилганда, объектнинг (масалан, ностанционар технологик жараён ўтаётган аппарат) киришида баъзан бузилган тарқалиш эгри чизиғи олинади, бу ҳол суперпозиция принципига амал қилинмаганлигидан дарак беради.

Келтирилган ишда энтобактерин ишлаб чиқаришда микробиологик синтезнинг даврий жараёни кетаётган ферментернинг ўтиш функциясини тузиш мисоли кўрсатилган. Ферментерни совитаётган сув сарфи бўйича таъсирининг асимметрик температурасининг ўзгариш каналидан иссиқлик чиқараётган тармоғи тадқиқ қилинади. Синаш таъсири сифатида $+A_1$ ва $-A$ $-A_1+\Delta A$ (ΔA — кириш координатасининг энг кичик қиймати) амплитудали тўғри тўртбурчак импульс типидаги апериодик ғалаёнланиш ишлатилади (XI-7-расм). Импульснинг давомийлиги ўтиш функцияси ўзгаришга улгурадиган вақт оралиқларининг энг кичик қийматидан ошиб кетмаслиги керак. Яна бир мезон шундан иборатки, синаш импульсининг давомий-



11. 7- расм. Объектнинг ўтиш функциясини қуриш.

лиги объект вақт доимийсининг тўртдан бир қисмидан ошмаслиги керак. Олинган экспериментал характеристикаларни қўшимча қайта ишлаб чиқиб, ўтиш характеристикаларига ўзгартириш керак.

Объектнинг $y(t)$ чиқиш координатаси стабиллаштирилади. Вақтнинг маълум даврида $y(t) = \text{const} = y_0$ эканлигига ишонч ҳосил қилиб, асимметрик ғалаёнловчи таъсир киритилади. Шундай қилиб, экспериментал равишда аниқланган $r(t)$ вақтли боғланиш орқали аппаратдаги суюқликлар температурасининг ўзгаришини характерловчи $y(t)$ ўтиш функция шаклини тиклаш керак. Бунинг учун асос бўлиб тажриба ўтказишга танланган вақт даврида иссиқликни чиқариш тезлигининг доимий эканлиги хизмат қилади. Вақтнинг $(0 \ldots T)$ оралиғида $y(t) = z(t)$ ва $z(t)$ эгри чизиқдан совитиш тўхтатилгандаги температурасининг ўсишини ифодаловчи $\partial(t)$ функция олиб ташланади. У ҳолда вақтнинг исталган nT давридаги функцияни аниқлаш учун $(n = 1, 2, \ldots, k)$ $T \leqslant t \leqslant n \cdot T$ даги $y(t) = z(t) + \partial(t - T)$ боғланиши бошланғич $\partial(t - T) \equiv 0$ функция билан бирга кўллаш лозим (бунда $n = 1$, яъни $0 \leqslant t \leqslant T$).

Микрорганизмлар физиологик ривожланиши динамикасининг хусусиятлари синов таъсирини киритиш усули ва унинг турини танлашга ўз таъсирини кўрсатади, шунингдек, тажриба ўтказаётганда жараёнга фазали хослигини назарда тутиш заруриятини ҳам изоҳлайди. Синов таъсирининг асимметрик шаклини қўллаш ҳар бир тажрибани вақт ва температуранинг қисқа диапазонида олиб боришга имкон беради, шунингдек, юқорида баён қилинган экспериментал эгри чизиқларни ўтиш функциясига айлантириш методига асос бўлади.

Ростланувчи объектнинг частотали характеристикаси деб объект кириш катталигининг ўзгариши унинг турғунлашган ҳолатдаги гармоник тебраниш частотасига боғлиқлигига айтилади. Чизиқли турғунлашган объект киришига доимий частотанинг гармоник тебранишлари таъсир қилиб турса, ўтиш

жараёнининг тугашига қадар объектнинг ростланувчи миқдори гармоник ўзгариб боради. Лекин чиқиш катталигининг тебраниш амплитудаси ва фазаси кириш катталигининг тебраниш частотаси ҳамда объектнинг динамик хусусиятларига боғлиқ.

Объект киришига бериладиган даврий ғалаёнланиш синусоидал қонун бўйича ўзгаради деб фараз қилайлик:

$$x = A_1 \sin \omega t,$$

бу ерда A_1 — кириш таъсирининг тебраниш амплитудаси, ω — тебранишларнинг бурчак частотаси, 1/с.

Ўтиш жараёни тугагандан сўнг, объект чиқишида мажбурий даврий тебранишлар ўрнатилади, яъни:

$$y = A_2 \sin (\omega t + \varphi);$$

бунда A_2 — чиқиш катталигининг тебраниш амплитудаси;
φ — фаза бўйича кечикиш бурчаги.

A_2/A_1 нисбат билан φ фаза бўйича кечикиш бурчаги ω тебраниш бурчак частотаси ўзгариши билан ўзгариб боради. Кириш катталигининг тебраниш частотаси қанча кўп бўлса, ростланувчи катталикнинг тебраниш амплитудаси шунча кичик бўлади. Амплитудалар нисбати ва фаза бўйича кечикиш қийматлари объектнинг динамик хусусиятларига боғлиқ. Бошқача қилиб айтганда, бу параметрлар объект динамикасини ифодалайди.

Ҳар бир объект учун кесиш частотаси мавжуд бўлиб, бу частотадан юқорида объект «фильтр»га айланиб, юқори частотали тебранишларни ўтказмайди. Шунинг учун частотали характеристика ростланувчи объект тебраниш хусусиятига эга бўлгандаги частота диапазонида экспериментал аниқланади. Частотали характеристикаларни экспериментал аниқлаш методи юқорида келтирилган ҳолларга ўхшаш бўлиб, унга фақат қўшимча равишда тебранишлар генератори уланади. Бу генератор киришнинг синов таъсирларига синусоидал характер беради. Бу метод орқали ростланувчи объектларнинг динамик хусусиятлари ишончлироқ аниқланади.

XI.11-§. АВТОМАТИК РОСТЛАШ СИСТЕМАЛАРИНИНГ ЧИЗИҚЛИЛИГИ

Агар автоматик ростлаш системаси (XI-8) чизиқли дифференциал тенглама орқали тавсифланса, система **чизиқли** дейилади. Бу тенглама системанинг турғунлашмаган режимдаги вақт мобайнида ўзгаришини тавсифлайди. Система ҳаракатининг турғунлашган жараёни учун (XI-8) тенгламадаги ҳосилаларнинг нолга айланиши характерлидир, чунки чиқиш параметри «y» ўзгармайди. Бу ҳолда (XI-8) дифференциал тенглама алгебраик тенгламага айланади:

$$y = \frac{b_0}{a_0} x$$

Стационар режимдаги системанинг чиқиш ва кириш координаталарини боғловчи бу тенглама чизиқли системанинг статик характеристикасидир.

Чизиқли системада оқиб ўтаётган ростлаш жараёнининг қандай ўтаётганлигини аниқлаш учун киришнинг ғалаёнланиш таъсири ва бошланғич шартлари маълум бўлган (XI-8) дифференциал тенгламани ечиш керак. Доимий коэффициентли чизиқли дифференциал тенгламанинг ечими $I_{эрк}(t)$ эркин ва $I_{маж}(t)$ мажбурий ечимни ташкил этувчилар йиғиндисидан иборат:

$$y(t) = y_{эрк}(t) + y_{маж}(t).$$

Чизиқли дифференциал тенгламани ечиш учун бир жинсли тенгламанинг умумий ва хусусий ечимини топиш, бир жинсли бўлмаган тенгламанинг умумий ечимини аниқлаш, ва, ниҳоят, бир жинсли бўлмаган дифференциал тенгламанинг ечимига эга бўлиш керак. Чизиқли система суперпозиция принципига бўйсунгани сабабли тенгламалардаги бир неча ғалаёнланишларнинг бир йўла таъсирлари натижасини система ҳаракатини текширишнинг кераги йўқ, бунда ғалаёнланишлардан бирининг таъсири етарлидир. Одатда бизни ростланувчи катталикнинг вақт бўйича ўзгариши қизиқтиради, шунинг учун системанинг кириш ва чиқиш координаталари иштирок этган битта дифференциал тенглама (XI-8) нинг ўзи кифоя.

Амалда типавий ташқи таъсирлар, яъни бир маротабалик оний сакраш, оний импульс ёки синусоидал кириш таъсири тарқалган. Одатда оний сакраш ёки импульслар алоҳида олинади. Бу усулда олинган ечимни, керак бўлганда, сакраш ёки импульснинг амалдаги қийматига кўпайтириш мумкин.

Алоҳида сакрашнинг қийматини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$x_{кир}(t) = 1(t)$$

ёки

$$1(t) = 0, \text{ агар } t = -0 \text{ ва } t < 0$$
$$1(t) = 1, \text{ агар } t = +0 \text{ ва } t > 0$$

$t = 0$ пайтга t нинг мусбат ва манфий томонларидан яқинлашиш мумкин бўлгани учун, $t = 0$ пайтни $t = +0$ ва $t = -0$ пайтларга бўлиш мумкин.

Алоҳида импульс ҳолати учун қуйидаги ифода ўринлидир:

$$x_{кир}(t) = 1'(t), \qquad (XI - 9)$$

бунда

$$1'(t) = \lim x_{кир}(t_0 h);$$

h — импульснинг давомийлиги. Импульснинг амплитудаси импульснинг давомийлиги h га тескари катталикдир. Агар $t < 0$ ва $t > h$

бўлса, $x_{кир}(t,\ h)$ функция нолга тенг, агар $t \geqslant 0$ ва $t \leqslant h$ бўлса, $x_{кир}(t,\ h)$ функция $\frac{1}{h}$ га тенг бўлади:

$$\left.\begin{aligned} x_{кир}(t,\ h) &= 0, \text{ агар } h < t < 0 \\ x_{кир}(t,\ h) &= \frac{1}{h}, \text{ агар } 0 \leqslant t \leqslant h \end{aligned}\right\}$$

$x_{кир}(t,\ h)$ функциянинг моҳияти шундаки, унинг юзаси h нинг исталган қиймати (ҳатто $h \to 0$) да бирга тенгдир. Шундай қилиб (XI-9) ифодага ўтсак $x_{кир}$ нинг давомийлиги нолга тенг бўлган ҳолда унинг чексиз катта қийматига эга бўламиз, импульснинг катталиги (ёки юзаси) эса бирга тенг.

$1(t)$ алоҳида сакраш $1'(t)$ алоҳида импульснинг интеграли эканлигини кўрамиз:

$$\int_0^{t\infty} 1'(t)\,dt = \lim_{h\to 0}\int_0^{\infty} x_{кир}(t,\ h)\,dt = \lim_{h\to 0}\int_0^{h} \frac{1}{h}\,dt = 1.$$

(XI-8) дифференциал тенглама учун $t = 0$ бўлганда, бошланғич шартлар қуйидагича бўлади:

$$\frac{d^n y}{dt^y} = \left(\frac{d^n y}{dt^n}\right)_{t=0};$$

$$\frac{d^{n-1} - y}{dt^{n-1}} = \left(\frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}}\right)_{t=0}; \ \ldots, \ y = (y)\,t = 0$$

Бу шартлар системанинг $t = 0$ пайтидаги ҳолатини аниқлайди. Кўрилаётган системадаги жараённинг тадқиқи айни шу пайтдан бошланади.

Оний таъсирлар (сакраш ёки импульс) кўрсатиладиган системаларда $t = 0$ пайтни $t = -0$ (сакрашнинг бошланиши) ва $t = +0$ (сакрашнинг тугаши) пайтларга бўлиш физик аҳамиятга эга.

Бу икки пайт системанинг икки турига, бир-бирига жуда яқин, аммо координаталар тезлик ва бошқа ўзгарувчи қийматлари билан фарқ қиладиган ҳолатларига мос келади.

XI.12-§. ОПЕРАЦИОН ҲИСОБЛАРНИНГ ЧИЗИҚЛИ АРСлар АНАЛИЗИДА ИШЛАТИЛИШИ

Автоматик ростлаш системасининг анализи фақат ҳаракатдаги системаларга тааллуқли. АРС ларнинг синтези вазифалари янги ростлаш системаларини лойиҳалаш даврида кўтарилади.

АРС нинг анализи таркибий элементлар бўйича дифференциал тенглама тузиш, уни ечиш ва ўтиш жараёнининг графикларини аниқлашдан иборат. Графиклар амалдаги системанинг сифатини аниқлайди.

АРС нинг синтези ростлаш сифатининг энг юқори кўрсаткичларини таъминловчи система структурасини аниқлаш ва тегишли тенгламаларни тузишдан иборат.

АРС нинг анализи ва синтезида кўпинча узатиш функцияларидан фойдаланилади, чунки улар дифференциал ва интеграл тенгламаларга кўра анча қулай. Шунинг учун ростлаш системаларининг анализи ва синтези методлари, кўпинча, Лаплас алмаштириши математик аппаратига асосланган.

Лаплас алмаштириши ҳақиқий ўзгарувчили функцияни (шу жумладан вақт функцияси) комплекс ўзгарувчили функцияга ўзгартиради. Лаплас алмаштириши дифференциал ва интеграл тенгламалар ўрнига алгебраик тенгламалардан фойдаланишга имкон беради — дифференциаллаш ва интеграллаш операциялари кўпайтириш ва бўлиш операциялари билан алмаштирилади. Бундан ташқари, дифференциал тенгламаларнинг оператор шаклида ёзилиши вақт соҳасидан частота соҳасига ўтишни енгиллаштиради. АРС ни ҳисоблашда частотали метод кенг ишлатилади.

Маълум ($f(t)$ вақт функцияси учун Лаплас алмаштириши қуйидагича ёзилади:

$$F(p) = L[f(t)] = \int_0^\infty f(t)^{-pt} dt,$$

бу ерда p — комплекс ўзгарувчи;

L — Лаплас тўғри алмаштириши операциясининг символи. Алмашинаётган $f(t)$ функция *оригинал* дейилади ва у чекланади:

$$f(t) = 0, \text{ бунда } t < 0.$$

Лаплас алмаштириши натижасида олинган функция *тасвир* дейилади. Шундай қилиб, $f(t)$ оригинал $F(p)$ тасвирга мос бўлади.

Маълум тасвир бўйича оригинални топиш операцияси *Лаплас тескари алмаштириши* дейилади.

$$f(t) = L^{-1}[F(p)],$$

бу ерда L^{-1} — Лаплас тескари алмаштириш операциясининг символи. Дифференциал ёки интеграл тенгламаларини операцион ҳисоб ёрдамида ечишдан мақсад алгоритми моддий ўзгарувчили функцияни комплекс ўзгарувчили функцияга алмаштириш, комплекс ўзгарувчили соҳада ечимларни излаш, ва ниҳоят, тескари, яъни топилган ечимни комплекс ўзгарувчили соҳадан моддий ўзгарувчили соҳага алмаштиришдан иборат. Лаплас алмаштиришининг асосий хоссалари қуйида келтирилган.

1. Лаплас алмаштириши чизиқли операциядир, шунинг учун оригиналлар йиғиндиси қўшилувчилар сонидан қатъи назар, уларнинг тасвирлар йиғиндисига мос:

$$L[f_1(t) = f_2(t) \pm \ldots f_n(t)] = F_1(p) \pm F_2(p) \pm \ldots \pm F_n(p);$$

бунда:

$$F_1(p) = L(f_1(t)];\ F_2(p) = L(f_2(t)];\ \ldots;\ F_n(p) = L[f_0(t)]$$

2. Чизиқлилик хоссасига кўра доимий катталикка кўпайтирилган оригиналга мос тасвир шу катталикка кўпайтирилган оригинал тасвирга тенг:

$$L[Kf(t)] = KF(p);$$

бу ерда

$$F(p) = L[f(t)];\ K = \text{const}.$$

3. Оригинални дифференциаллаш операцияси тасвир ва операторга кўпайтмасига мос:

$$L\left[\frac{df(t)}{dt}\right] = PF(p)$$

Бу ифода $t = 0$ да, $f(t) = 0$ ҳолатида ўринли.

4. Оригинални интеграллаш операцияси тасвирнинг P операторга бўлиниши билан тенг:

$$L\left[\int_0^t f(t)\,dt\right] = \frac{F(p)}{P}$$

5. Агар ҳақиқий ўзгарувчи соҳасида кечикиш содир бўлса, оригинал аргументининг τ доимий катталикка силжишига тасвирнинг $e^{-p\tau}$ га кўпайтириш операцияси мос келади:

$$L[f(t-\tau)] = f(p)\,e^{-p\tau};$$

бунда

$$\tau = \text{const},\ f(t-\tau) = 0;\ t < \tau.$$

6. Оригиналнинг якуний ва бошланиши ҳақидаги теоремалар оригинал қабул қиладиган ноль ва чексизликдаги қийматлари тасвирнинг чексизлик ва нолдаги қийматларидан ҳамда P оператор кўпайтмасидан аниқлашини билдиради:

$$\lim_{t\to\infty} f(t) = \lim_{p\to\infty} PF(p);\ \lim_{t\to\infty} f(t) = \lim_{p\to\infty} PF(p),$$

7. Ўхшашлик теоремаси қуйидагича: t вақт масштабининг доимий миқдорга ўзгариши тасвир ва комплекс ўзгарувчининг шу доимий миқдорга бўлинишига мос:

$$L[f(Kt)] = \frac{1}{K}F\left(\frac{p}{K}\right).$$

8. Силжиш теоремаси. Оригиналнинг t дан келиб чиққан кўрсаткичли функциясига кўпайтирилиши тасвир силжишига мослигини билдиради:

$$L[e^{\pm\alpha t}\cdot f(t)] = F(p \mp \alpha)$$

Йиғилиш деб, икки функция устида бажарилган интеграл операцияга айтилади. Бу икки функциянинг йиғилиши шу икки функция кўпайтмасига мос келади. Агар

$$F_1(p) = L[f_1(t)] \text{ ва } F_2(p) = L[f_2(t)]$$

бўлса, у ҳолда

$$F_1(p) \cdot F_2(p) = L\left[\int_0^t f_1(t-\tau) \cdot f_2(\tau) \cdot d\tau\right].$$

Бошланғич шартлар нолга тенг бўлганда дифференциал тенгламаларнинг оператор шаклида ёзилиши унинг дифференциаллаш операцияси P орқали ифодаланган символ шаклда ёзилишидир:

$$P = \frac{d}{dt},$$

$$(a_n P^n + a_{n-1} P^{n-1} + \ldots + a_0) \cdot y(t) = (b_m P^m + b_{m-1} P^{m-1} + \ldots + b_0) \cdot X(p).$$

Одатда, бизни y чиқиш катталигининг ўзгариши x кириш сигналига боғлиқлик нисбати қизиқтиради:

$$\frac{y(t)}{x(t)} = \frac{b_m P^m + b_{m-1} P^{m-1} + \ldots + b_0}{a_n P^n + a_{n-1} P^{n-1} + \ldots + a_0} = W(p) \qquad \text{(XI-10)}$$

10-1-жадвал

$f(t)$ нинг оригинали	$F(p)$ нинг тасвири	$f(t)$ нинг оригинали	$F(p)$ нинг тасвири
$1(t)$	$\frac{1}{p}$	$\cos \omega t$	$\frac{p}{p^2+\omega^2}$
t	$\frac{1}{p^2}$	$\frac{1}{(n-1)!} t^{n-1}$	$\frac{1}{p^n}$
t^n	$\frac{n!}{p^{n+1}}$	$\frac{1}{\omega} \operatorname{sh} \omega t$	$\frac{1}{p^2-\omega^2}$
e^{-dt}	$\frac{1}{p+a}$	$\operatorname{ch} \omega t$	$\frac{p}{p^2-\omega^2}$
te^{-dt}	$\frac{1}{(p+a)^2}$	$e^{-\alpha t} \sin \omega t$	$\frac{\omega}{(p+a)^2+\omega^2}$
$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{p^2+\omega^2}$	$e^{-\alpha t} \cos \omega t.$	$\frac{p+a}{(p+a)^2+\omega^2}$

Бошланғич шартлар нолга тенг бўлганда чиқиш катталигининг тасвири кириш катталиги тасвирининг нисбатидан иборат бўлган (XI—10) ифода системанинг *узатиш функцияси* дейилади. Узатиш функцияси системанинг параметрларига боғлиқ бўлиб, кириш катталигига боғлиқ эмас. У системанинг динамик хусусиятларини аниқлайди. Амалда ишни осонлаштириш мақсадида ҳар сафар Лаплас алмаштириши операциясини бажармай, кўп учрайдиган функцияларнинг тасвир ва оригиналлари ҳисобланган жадвалдан фойдаланиш қулай. Келтирилган жадвалдан тескари тартибда, яъни маълум $F(p)$ тасвири бўйича тегишли $f(t)$ оригинални топиш учун фойдаланиш ҳам мумкин.

XI.13-§. ФУРЬЕ АЛМАШТИРИШ ВА ХУСУСИЙ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАР

Узатиш функцияси тушунчаси Лаплас алмаштиришидан келиб чиқишини юқорида кўрдик. Бундан ташқари, звено ва системаларнинг частота характеристикалари тушунчаси келиб чиқадиган *Фурье алмаштириш* ҳам мавжуд. Фурье функционал алмаштириши қуйидагича ёзилади:

$$F(j\omega) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} \cdot dt.$$

Бошқача қилиб айтганда, маълум бир $f(t)$ вақт функцияси 0 дан ∞ гача оралиқда интегралланганда $f(t)$ ва $e^{-j\omega t}$ функциялари кўпайтмасидан олинган $F(j\omega)$ комплекс функциясига тўғри келади.

Фурье алмаштириши Лаплас алмаштиришининг хусусий варианти дир. Унда P оператор ўрнига бошқа $(j\omega)$ оператор ишлатилган. Агар узатма функциясининг (XI—10) ифодасида P нинг ўрнига $j\omega$ ни қўйиб чиқсак, $W(j\omega)$ функцияни ҳосил қиламиз:

$$W(j\omega) = \frac{y(j\omega)}{x(j\omega)} = \frac{b_m(j\omega)^m + b_{m-1}(j\omega)^{m-1} + \ldots + b_0}{a_n(j\omega)^n + a_{n-1}(j\omega)^{n-1} + \ldots + a_0}. \qquad \text{(XI—11)}$$

Бу функция системанинг амплитуда-фаза характеристикаси (АФХ) дейилади.

Системанинг киришига муайян амплитудали синусоидал таъсир кўрсатилса, унинг турғунлашган режимидаги чиқишида ростланувчи катталикнинг шу частотали синусоидал ўзгаришини кузатиш мумкин, лекин чиқиш сигналининг амплитудаси ва фазаси кириш координатасининг шу кўрсаткичларидан фарқ қилади. Агар кириш сигналининг амплитудаси доимий бўлиб частотаси 0 дан ∞ гача муттасил ўзгариб борса, бир частотанинг системадаги чиқиш параметри турли фаза ва амплитудаларга эга бўлади. Системанинг амплитуда-фаза характеристикасининг физик моҳияти ҳам айнан шундан иборат.

АФХ — моддий Re ва мавҳум J_m қисмларнинг геометрик йиғиндисидан иборат:

$$W(j\omega) = Re[W(j\omega)] + jJ_m[W(j\omega)] \qquad (XI—12)$$

Амплитуда-фаза характеристикасининг годографини топиш учун (XI-12) ифодага ω нинг 0 дан ∞ гача бўлган қийматларини қўйиб, ҳосил бўлган векторлар учини равон бирлаштириш керак. Радиус векторларнинг узунлигини чиқиш ва кириш катталикларининг амплитудалар нисбатига, унинг бурчаги эса чиқиш ва кириш катталиклар фазаларининг айирмасига тенг.

Системанинг чиқишидаги синусоидал тебранишлар амплитудасининг киришдаги тебранишлар амплитудасига нисбати частотага боғлиқ бўлиб, у $A(\omega)$ *амплитуда-частота характеристикаси (ачх)* дейилади. Чиқишдаги синусоидал тебранишлар фазасининг киришдаги гармоник тебранишларга нисбатан ўзгаришининг частотага боғлиқлиги система ёки звенонинг $\varphi\omega$ *фаза-частота характеристикаси (фчх)* дейилади. Частота характеристикалари экспериментал ёки аналитик равишда, узатиш функцияси бўйича аниқланади:

$$W(j\omega) = A(\omega)e^{+j\varphi(\omega)},$$

бунда

$$A(\omega) = [W(j\omega)] = \sqrt{Re_2(\omega) + Jm^2(\omega)} \text{ — модуль}$$

$$\varphi(\omega) = \text{arctg}\frac{j_{m\cdot}(\omega)}{Re(\omega)} \text{ — фаза}$$

Шундай қилиб, АФХ нинг модули системанинг амплитуда частота характеристикаси бўлиб, АФХ нинг фазаси эса системанинг фаза-частота характеристикасидир. Частота характеристикасига асосланган саноат АСР ларининг анализи ва синтези методлари юқори аниқликни таъминлайди.

XI.14-§. ЛОГАРИФМИК ЧАСТОТА ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ

Системанинг частота характеристика ифодаси (XI-13) ни логарифмлаймиз:

$$\ln W(j\omega) = \ln A(\omega) + j\varphi(\omega)$$

ёки

$$\lg W = (j\omega) = \frac{\lg A(\omega) + j\varphi(\omega)}{2{,}3} \qquad (XI—14)$$

(XI-14) ифода — ҳақиқий қисми частота функцияси модулининг логарифмига, мавҳум қисми частота функциясининг аргументига тенг бўлган логарифмик амплитуда-фаза частота характеристикасининг ифодасидир. Бу характеристикани иккита мустақил — логарифмик амплитуда частота (ЛАЧХ) ва фаза частота характеристикаларга (ФЧХ) бўлиш мумкин.

Система ёки звенонинг *логарифмик амплитуда-частота характеристикаси* частота ўзгаришига боғлиқ бўлган частота функциясидаги модуль лографиминнинг ўзгаришини аниқлайди. Логарифмик масштабда қурилиб, частота ўзгаришига боғлиқ

бўлган фаза ўзгаришини аниқловчи $\varphi(\omega)$ характеристика *логарифмик фаза характеристикаси* дейилади.

$e^{j\varphi(\omega)}$ даврий функция бўлгани учун $\ln W(j\omega)$ кўп қийматли функциядан иборат. Шунинг учун биз кейинчалик (XI—14) ифодада логарифмнинг асосий маъносини назарда тутамиз. Логарифмик характеристика ва ўлчов бирликлари акустика назариясидан олинган.

ЛАЧХ ни қураётганда ординаталар ўқига модуль логарифми, абсцисса ўқига эса частота логарифмини қўямиз. ЛАЧХ ни қурганда $\ln A(\omega)$ ўрнига қуйидаги функция кўрилади:

$$L(\omega) = 20\lg|W(j\omega)| = 20\lg A(\omega) = f(\lg\omega) \qquad (XI—15)$$

(XI+15) ифода системанинг чиқиш амплитудасини кириш амплитудасига нисбатини аниқлаб, кириш сигнали орқали кучланиш даражасини тасвирлайди. $L(\omega)$ нинг ўлчов бирлиги — децибел, 1 децибел амплитуданинг $\sqrt[20]{10}$ марта ўзгаришига тўғри келади. Частоталарнинг ўлчов бирлиги — октава ва декада.

Агар икки ω_1, ω_2 частоталарнинг қиймати бир-биридан икки марта фарқ қилса, уларнинг фарқи бир октавага тенг бўлади:

$$\omega_1/\omega_2 = 2$$

ёки

$$\log(\omega_1/\omega_2) = \log_2 2 = 1 \text{ октава}$$

Агар икки ω_1, ω_2 частоталарнинг қиймати бир-биридан 10 марта фарқ қилса, уларнинг фарқи 1 декадага тенг бўлади:

$$\omega_1/\omega_2 = 10$$

ёки

$$\lg(\omega_1/\omega_2) = \lg 10 = 1 \text{ декада}$$

Частотанинг декада бирлигидаги қийматини топиш учун шу частотанинг ўнлик логарифмини аниқлаш керак.

Г. Боде кўпинча биргина ЛАХЧ ни қуриш билан кифояланиш мумкинлигини кўрсатди, чунки фаза характеристикасидан амплитуда ва амплитуда характеристикасидан фаза характеристикаларини аниқлаш мумкин.

Агар системаларнинг ЛАЧХ ва ЛФХ лари ўртасида бир қийматли боғланиш мавжуд бўлса, бундай системалар *минимал фазали система* дейилади. Кўп система ва звенолар учун логарифмик характеристикалар октавага децибел ёки декадага децибел бирлигида ифодаланадиган, турли оғишларга эга бўлган тўғри чизиқдан иборат. (XI-15) частота функциясининг модулини логарифмлашда кўпайтма ва бўлинмалар йиғинди ва айирмалар билан алмаштирилади, бу эса анализ қилинаётган ифодаларни соддалаштиради.

Логарифмик частота характеристикалари чизиқли ва чизиқли бўлмаган автоматик ростлаш системаларни амалда ҳисоблашда кенг ишлатилади.

XI.15-§. ЭЛЕМЕНТАР ЗВЕНОЛАР (МОДЕЛЬ, ДИНАМИК ХАРАКТЕРИСТИКА, УЗАТИШ ФУНКЦИЯЛАРИ)

Бошқариш вазифалари нуқтаи назаридан автоматик системалар ва уларнинг таркибий звенолари ўзларининг статик ва динамик характеристикаларига кўра таснифланади. Бундай тасниф чиқиш ва кириш катталикларининг турғунлашмаган режимда вақт функциясидаги боғланишига асосланган. Тадқиқ қилинаётган автоматик системанинг динамик характеристикалари олдиндан маълум бўлган ва бир-бири билан боғланган элементар (ёки типавий) звенолар шаклида келтирилади. Қуйидаги учта талабни қаноатлантирадиган звено шартли равишда *элементар звено* дейилади: 1) звенонинг дифференциал тенгламаси иккинчи тартибдан юқори бўлмаслиги шарт; 2) звено детекторлаш қобилиятига эга бўлиб, сигналларни бир йўналишда — киришдан чиқишга томон ўтказиши керак; 3) звенога бошқа звенолар уланганда, у ўзининг динамик хусусиятларини ўзгартирмаслиги лозим.

Элементар звеноларнинг характеристикаларини анализ қилиш учун стандарт шаклда ёзилган динамик тенгламалар ишлатилади. Звеноларнинг анализи кириш таъсири бирламчи бўлганда ўтиш характеристикаси бўйича, киришга гармоник синов таъсир кўрсатилганда эса частота характеристикаси бўйича ўтказилади.

Кучайтирувчи звено. Агар звено системага кечикиш ва бошқа хатолар киритмай фақат киришга берилган сигналнинг масштабини ўзгартирса, бу звено к у ч а й т и р у в ч и (идеал, инерциясиз, пропорционал) звено дейилади. У статиканинг алгебраик тенгламаси орқали ифодаланади:

$$y = Kx,$$

бунда y — звенонинг чиқиш катталиги; K — звенонинг кучланиш коэффициенти; x — звенонинг кириш катталиги.

Кучайтирувчи звено динамикасининг тенгламаси:

$$y(t) = Kx(t)$$

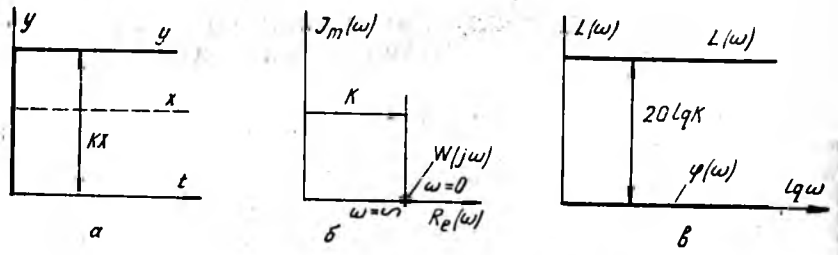
Звенонинг узатиш функцияси:

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = K$$

Охирги ифодада P оператор ўрнига $j\omega$ ни қўйсак, звенонинг амплитуда-фаза характеристикаси келиб чиқади:

$$W(j\omega) = \frac{y(j\omega)}{x(j\omega)} = K.$$

Кучайтирувчи звено берилган сигналларга фаза силжишларини киритмайди ва барча частотали сигналларни равон ўтказади. *АФХ* нинг годографи (XI-8-расм) комплекс текисликдаги ҳақиқий ўқда бошланғич кординаталардан K масофага кечиккан нуқта билан ифодаланади. Звенонинг $A(\omega)$



11. 8- расм. Кучайтириш звеносининг характеристикаси:

а — югуриш эгри чизиғи; *б*—амплитуда- фаза характеристикаси *в* — логарифмик частота характеристикалари.

амплитуда-частота характеристикаси частоталар ўқидан $A(\omega)=K$ миқдорга кечиккан тўғри чизиқдир. $\Phi(W)=0$ фаза-частота характеристика фаза силжишларнинг (олдинга кетиш ёки кечикиш) йўқлигини билдиради. Амалда, частотанинг чексизликка интилган ҳар бир қийматида исталган реал кучайтирувчи звенонинг кучайтириш коэффициенти нолгача камайиб кетади.

Звенонинг логарифмик амплитуда-частота характеристикаси қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$L(\omega) = 20\lg |W(j\omega)| = 20\lg A(\omega) = lgA(\omega) = 20\lg K.$$

Ушбу звенонинг фазаси минимал қийматга эга ёки нолга тенг; бу звено минимал фазалидир. Кучланиш коэффициенти K чизиқли звено учун доимий, чизиқли бўлмаган звено учун эса ўзгарувчандир.

Биринчи тартибли нодаврий звено. Баъзан нодаврий звено инерцион звено дейилади. Нодаврий звенолар учун чиқиш ва кириш катталикларини боғловчи тенглама биринчи тартибли дифференциал тенгламадан борат:

$$T\frac{dy}{dt} + y = Kx, \qquad (XI—16)$$

бу ерда T — звенонинг вақт доимийси; K — звенонинг кучланиш коэффициенти.

Бошланғич шартларнинг ноль қийматида (XI—16) тенгламани ечсак қуйидаги ифода ҳосил бўлади:

$$y = Kx(1 - e^{-\frac{t}{T}}); \qquad (XI—17)$$

t — ўтаётган вақт.

Агар ноль қийматли бошланғич шартларда (XI—16) тенгламага Лаплас алмаштириши қўлланилса, оператор шаклида ёзилган қуйидаги тенглама ҳосил бўлади:

$$(T_p + 1)\cdot y(p = Kx(p).$$

Бу оператор тенглама асосида биринчи тартибли нодаврий звенонинг узатиш функциясини ёзишимиз мумкин:

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{K}{T_p + 1} \qquad \text{(XI—18)}$$

Лаплас тескари алмаштириши ёрдамида (XI—18) ифодадан ўтиш функциясини топиш мумкин:

$$h(t) = L^{-1} \cdot \left[\frac{K}{Tp+1} \cdot \frac{1}{p} \right] = K \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \cdot 1(t);$$

бунда $1(t)$ — поғонали икки ғалаёнловчи таъсир.

Кўрилаётган звенонинг амплитуда фаза характеристикаси (XI—18) ифодадаги P операторни $j\omega$ қийматга алмаштириш йўли билан аниқланади:

$$W(j\omega) = \frac{K}{1 + j\omega T} \qquad \text{(XI—19)}$$

(9—18) ифодадан аниқланган ҳақиқий ва мавҳум қисмларининг қийматлари қуйидаги кўринишга эга:

$$Re(\omega) = \frac{K}{1 + \omega^2 T^2};$$

$$Jm(\omega) = \frac{K\omega T}{1 + \omega^2 T^2}.$$

Инерцион звенонинг амплитуда-частота характеристикаси:

$$A(\omega) = \sqrt{Re^2(\omega) + j_m^2(\omega)} = \frac{K}{1 + \omega^2 T^2}.$$

Шу звенонинг фаза-частота характеристикаси:

$$\varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{j_m(\omega)}{Re(\omega)} = -\operatorname{arctg} \omega T.$$

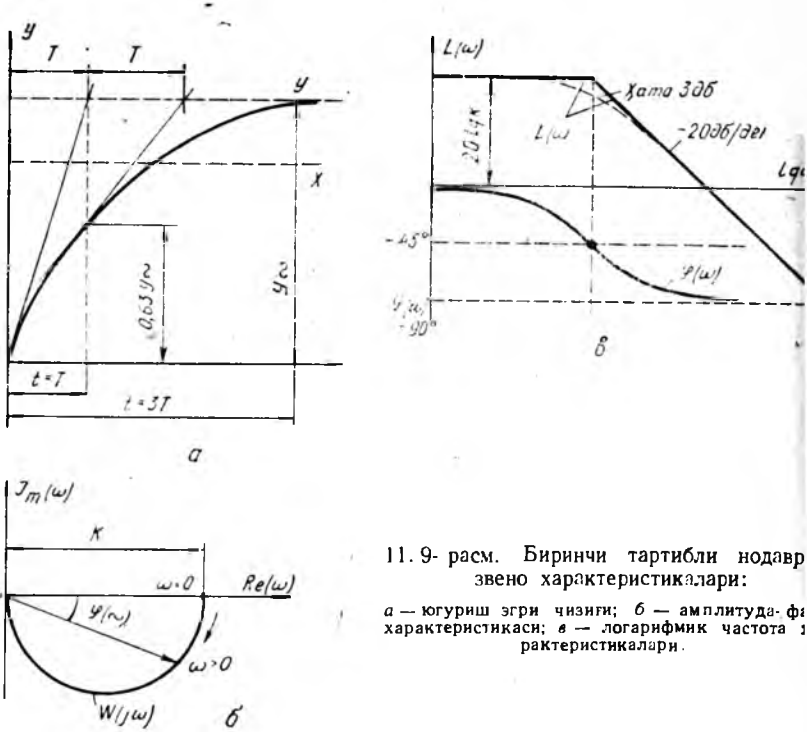
Частота нолга интилганда

$$A'(\omega) \to K; \ \varphi(\omega) \to 0; \ J_m(\omega) \to 0; \ Re(\omega) \to 0.$$

Частота чексизликка интилганда эса

$$A(\omega) \to 0; \ \varphi(\omega) \to -\frac{\pi}{2}; \ j\omega(\omega) \to 0; \ Re(\omega) \to 0$$

Звенонинг комплекс текисликда тасвирланган амплитуда-фаза характеристикасининг (XI—9-расм) диаметри звенонинг K кучланиш коэффициентига тенг ярим айланадан иборат. Инерцион звенонинг тарқалиш эгри чизиғи экспонентадан иборат. Унинг хусусияти шундаки, T вақт доимийсини уринманинг чиқиш катталиги X_∞ турғунлашган қийматининг чизиғига проекцияси ва уринманинг $У_\infty$ чизиғи кесишган нуқтаси оралиғидаги кесма каби топиш мумкин. Биринчи тартибли нодаврий звенолар тарқалиш эгри чизиғининг исталган нуқтасига ўтказилган уринмалар чиқиш катталигининг турғунлашган



11. 9- расм. Биринчи тартибли нодавр звено характеристикалари:

а — югуриш эгри чизиғи; *б* — амплитуда-фа характеристикаси; *в* — логарифмик частота х рактеристикалари.

қиймати чизиғидан бир хил T кесмаларни кесиб ўтади. $t = T$ вақтдаги чиқиш координатаси 63% га ўзгаради:

$$t = T \text{ бўлганда } X = 0{,}63X_\infty$$

Агар $t \to \infty$ бўлса, чиқиш параметрининг қиймати кириш параметрининг қийматига интилади ($y \to x$), яъни чиқиш катталиги кириш сигнали таъсирида чексиз вақт мобайнида кириш катталиги билан тенглашишга интилади. Амалда, ўтиш жараёнининг вақти $t \approx 3T$ деб қабул қилинади, чунки уч доимийликка тенг вақт давомида тарқалиш эгри чизиғи чиқиш катталигининг янги, турғунлашган $У_\infty$ тўғри чизиғига қўшилиб кетади. $T = \infty$ даги турғунлашган режим учун (XI — 17) ифодадан $y = K_x$ эканлиги келиб чиқади. Бу демак, ўтиш жараёни тугагач, биринчи тартибли нодаврий звено кучайтирувчи звено каби ишлайди.

Кўрилаётган звенонинг ЛАЧХ сини қурамиз. Бунинг учун амплитуданинг децибелдаги функциясини аниқлаймиз:

$$L(\omega) = 20\lg A(\omega) = 20\lg\left|\frac{K}{\sqrt{+\omega^2T^2}}\right| = 20\lg K - 20\lg(1 + \omega^2T^2)^{1/2}. \quad \text{(XI—20)}$$

Иккинчи чегарали ҳолларни кўриб ўтамиз:

а) $\omega < \frac{1}{T}$ ва $(\omega T)^2 \langle\langle 1$ даги кичик частоталарда

$$L(\omega) = 20\,\mathrm{Lg}K - 20\,\mathrm{lg}1 \approx 20\,\mathrm{lg}K;$$

б) $\omega > \frac{1}{T}$ ва $(\omega T)^2 \rangle\rangle 1$ даги катта частоталарда

$$L(\omega) \approx 20\,\mathrm{lg}K - 20\,\mathrm{lg}\,\omega T$$

Демак, кичик частоталар соҳасида $L(\omega)$ функция абсцисса ўқига параллел ва ундан 20 $\mathrm{Lg}K$ масофага кечиккан тўғри чизиқ (асимптота) орқали аппроксимация қилинади. Иккинчи, частоталари юқори соҳада (XI — 22) характеристика ω частотага боғлиқ. Частотанинг бир декададаги орттирмасини $\omega_2 = 10\omega_1$ деб фараз қиламиз. У ҳолда децибел бирлигида ўлчанадиган амплитуда қуйидаги катталикка ўзгаради.

$$\Delta L = L(10\omega_1) - L(L(\omega_1) = [20\,\mathrm{lg}K - 20\,\mathrm{lg}\,10\omega_1 T] - [20\,\mathrm{lg}K - 20\mathrm{lg}\,\omega_1 T] = -20\mathrm{lg}\,10\omega_1 T + 20\,\mathrm{lg}\,\omega_1 T = -20\,\mathrm{lg}10 = -20\ \text{дб/дек}.$$

Демак, (XI — 22) ифода бир декадага 20 децибел тўғри келадиган тескари оғишга эга бўлган тўғри чизиқдан иборат (частотанинг 1 декадага ортишида, амплитуда 20 дб га камаяди). (XI — 21) ва (XI—22) тўғри чизиқлар логарифмик характеристиканинг *асимптоталари* дейилади. Икки асимптотанинг туташиш нуқтасини (XI—21) ва (XI—22) тенгламалар шартидан аниқлаш мумкин:

$$20\,\mathrm{lg}K - 20\,\mathrm{lg}1 = 20\,\mathrm{lg}K - 20\,\mathrm{lg}\omega_т T;$$

демак,

$$\omega_т = \frac{1}{T};$$

$\omega_т$ — туташиш частотаси дейилади.

Ушбу ҳолда бу частотанинг қиймати звенонинг вақт доимийсидан аниқланади. Логарифмик фаза-частота характеристикасининг кўриниши:

$$\varphi(\omega_т) = -\mathrm{arctg}\,\omega T,$$

туташ частота учун:

$$\varphi(\omega) = -\mathrm{arctg}\,(\omega_т/\omega_т) = -\mathrm{arctg}1 = -45°$$

Кўрилаётган звено минимал фазалидир.

Интегралловчи звено. Чиқиш катталиги кириш катталигига боғлиқ бўлмаган, лекин чиқиш координата ўзгаришининг тезлиги звено киришидаги сигналга пропорционал бўлган звено *интегралловчи звено* дейилади. Унинг тавсифи қуйидагича:

$$\frac{dy}{dt} = Kx \qquad (XI—23)$$

бу ерда K — звенонинг кучайиш коэффициенти ва унинг вақт доимийси нисбатига тенг звенонинг тарқалиш тезлиги.

(XI—23) ифодани интеграллаб ўтиш жараёни тенгламасини ҳосил қиламиз:

$$y = K \int_0^t x dt \qquad \text{(XI—2}$$

(XI-24) ифодадан чиқиш катталиги кириш катталигининг интегралига пропорционал эканлиги келиб чиқади. (XI-23) ифодага Лаплас алмаштиришини қўлласак, интегралловчи звенонинг тенгламасини оператор шаклида ҳосил қиламиз (нолавий бошланғич шартларда):

$$y(p) = \left(\frac{K}{p}\right) xp$$

Кўрилаётган элементар звенонинг узатиш функцияси:

$$W(p) \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{K}{p} \qquad \text{(XI—25}$$

(XI—25) ифодадаги P операторни $j\omega$ билан алмаштирсак, звенонинг амплитуда-фаза характеристикаси келиб чиқади:

$$W(j\omega) = \frac{y(j\omega)}{x(j\omega)} = \frac{K}{j\omega} = \frac{K}{\omega} e^{-j\frac{\pi}{2}} \qquad \text{(XI—26}$$

(XI—26) ифодадан амплитуда-частота ва фаза-частота характеристикаларининг тенгламалари топилади:

$$A(\omega) = \frac{K}{\omega}; \qquad \text{(XI—27}$$

$$\varphi(\omega) = -\frac{\pi}{2} \qquad \text{(XI—28}$$

(XI—27) ва (XI—28) тенгламалардан қуйидагича хулоса келиб чиқади: частота чексизликка интилганда $АЧХ \to 0$ бўлиб, $A(\omega) \to 0$ интегралловчи звено ҳосил қилган фазалар силжиши доимий бўлади ва у ω га боғлиқ эмас.

Комплекс текисликда интегралловчи звенонинг амплитуда-фаза характеристикаси комплекс текисликнинг манфий ярим ўқига мос келадиган вектор орқали ифодаланади ва чексизликдан ($\omega = 0$ бўлса) нолгача ($\omega = \infty$) ўзгаради. (XI—27) тенглама асосида звенонинг ЛАЧХ сининг ифодасини ёзиш мумкин:

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg K - 20 \lg \omega \qquad \text{(XI—29}$$

Агар (XI—22) ва (XI—29) ифодаларни солиштирсак, уларнинг ўхшашлигини кўрамиз. Демак, ЛАЧХ нинг асимптотаси 20 дб/с га тенг манфий оғишли абсциссалар ўқидаги $\omega = K$ частотага мос бўлган нуқтасидан ўтадиган тўғри чизиқдан иборат. Логарифмик фаза частота характеристикаси (XI—28) ифодадаги частотага боғлиқ эмас. Интегралловчи звено минимал фазалидир. Унинг характеристикалари XI—10-расмда келтирилган.

Дифференциалловчи звено. Чиқиш катталиги кириш параметрининг ўзгариш тезлигига пропорционал бўлган звено *дифференциалловчи звено* дейилади. Бу идеал дифференциалловчи звенонинг хусусиятлари

$$y = K\frac{dx}{dt} \qquad \text{(XI—30)}$$

тенглама орқали тавсифланади.

Нолавий бошланғич шартларда (XI—30) ифодага Лаплас алмаштиришини қўлласак, бу тенгламанинг оператор шаклини ҳосил қиламиз:

$$y(p) = KP_x(p) \qquad \text{(XI—31)}$$

Звенонинг узатиш функцияси қуйидагича аниқланади:

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = KP:$$

амплитуда-фаза характеристикаси эса

$$W(j\omega) = K(j\omega) = K\omega e^{\frac{\pi}{2}}.$$

Маълумки, амплитуда-частота характеристикаси

$$A(\omega) = K\omega \qquad \text{(XI—32)}$$

частотага пропорционал равишда ўзгаради; фаза-частота характеристика эса

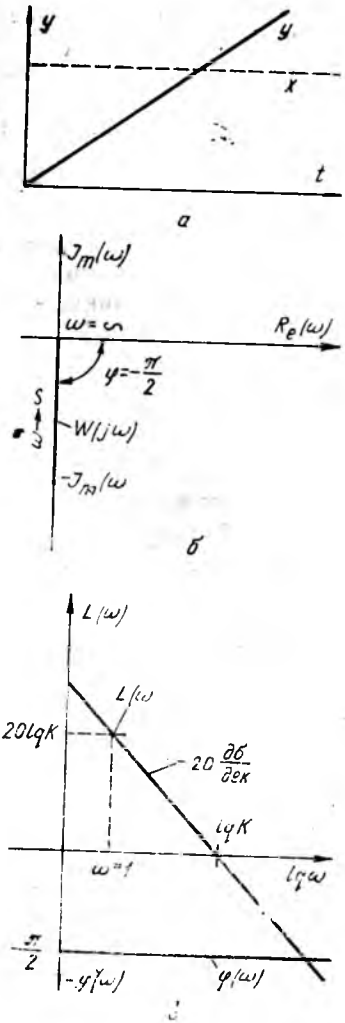
$$\varphi(\omega) = +\frac{\pi}{2} \qquad \text{(XI—33)}$$

кириш сигнали частотасининг ўзгаришига боғлиқ эмас. (XI—33) ифодадан қуйидаги хулоса келиб чиқади: дифференциалловчи звено ўзининг чиқишида кириш катталигидан $+\frac{\pi}{2}$ бурчакка тенг ўзишни ҳосил қилади. Кўрилаётган звено учун

$$y(t) = K\frac{d[1(t)]}{dt} = \infty$$

Лаплас тескари алмаштиришидан фойдаланилса,

$$y(t) = \frac{K}{T}e^{-\frac{1}{T}}.$$



11.10- расм. Интегралловчи звено характеристикалари:

а — югуриш эгри чизиғи; *б* — амплитуда-фаза характеристикаси; *в* — логарифмик частота характеристикалари.

Бу звено кириш катталигининг сакрашсимон ўзгаришида чиқиш сигналининг бирдан нолга тушиб кетиши билан, онда чексизликкача ўсиб, шу заҳоти ноларда бундай ҳолатни амалга ошириб бўлмайди. лан таърифланади. Ҳақиқатда эса зве-

Дифференциалловчи звенонинг ЛАЧХ сини қурамиз:

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg K\omega \qquad \text{(XI—34)}$$

(XI-34) ифодадан логарифмик амплитуда-частота характеристика $+20°C$ дб/с тенг мусбат оғишли ва абсциссалар ўқини $\omega_т = K$ нуқтада кесиб ўтувчи тўғри чизиқдан иборат эканлиги келиб чиқади. Агар $K=1$ бўлса, тўғри чизиқ координаталар бошидан ўтади

$$(\lg \omega_т = 0).$$

(XI— 23) ифодадан маълумки, ФЧХ абсциссалар ўқига параллел ва ундан $\frac{\pi}{2}$ масофада орқада қолган тўғри чизиқдан иборат.

Реал дифференциалловчи звенолар динамикасининг умумий тенгламаси куйидагича:

$$T\frac{dy}{dt} + y = K\frac{dx}{dt} \qquad \text{(XI—35}$$

Бошланғич шартлар нолга тенг бўлганда бу тенгламанинг оператор шаклидаги кўриниши қуйидагича бўлади:

$$(T_p + 1)\cdot y(p) = Kp_x(p).$$

Бундан реал дифференциалловчи звеноларнинг узатиш функцияси келиб чиқади:

$$W(p) = \frac{K\cdot p}{1 + T_p};$$

амплитуда-фаза характеристикаси эса:

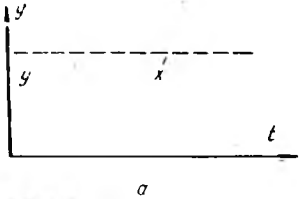
$$W(j\omega) = \frac{j\cdot\omega\cdot K}{1 + j\omega K} = \frac{K\cdot\omega}{\sqrt{1+\omega^2T^2}}\, e^{i\left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg}\omega T\right)}$$

Охирги тенгламалардан, реал дифференциалловчи звено бир-бирига кетма-кет уланган идеал дифференциалловчи ва нодаврий звенолардан иборат деган хулоса чиқариш мумкин.

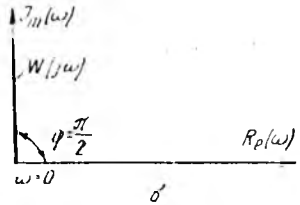
(XI—35) динамика тенгламасининг ечими қуйидагича:

$$y(t) = \frac{K}{T}\, xe^{-\frac{t}{T}}$$

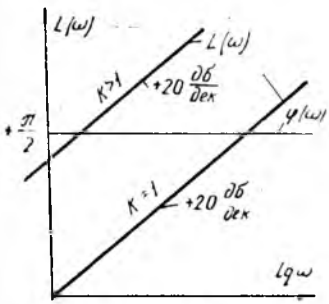
Реал дифференциалловчи звенонинг киришига сакрашсимон ғалаён таъсир кўрсатилса, чиқиш катталиги вақтнинг дастлабки даврида $\frac{K}{T}$ қийматга эга бўлади, кейин $t \to \infty$ да нолга айланади



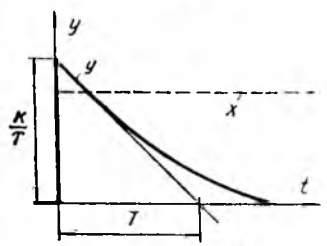
а



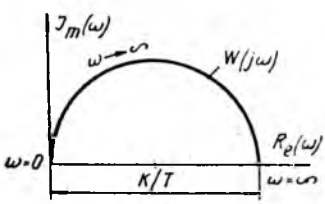
б



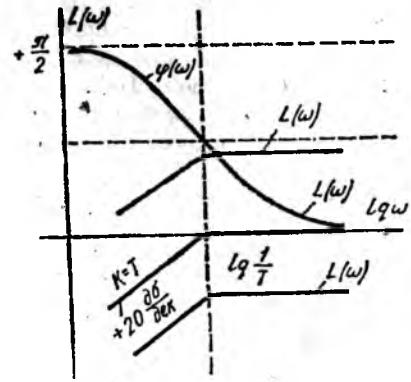
в



г



д



е

11.11-расм. Идеал (*а*, *б*, *в*) ва реал (*г*, *д*, *е*) дифференциалловчи звенонинг характеристикалари:

а — идеал дифференциалловчи звенонинг югуриш эгри чизиғи; *б* — идеал дифференциалловчи звенонинг АФХ си; *в* — идеал дифференциалловчи звенонинг логарифмик частота характеристикалари; *г* — реал дифференциалловчи звенонинг югуриш эгри чизиғи; *д* — реал дифференциалловчи звенонинг АФХ си; *е* — реал дифференциалловчи звенонинг логарифм частота характеристикалари.

Реал дифференциалловчи звенонинг $A(\omega)$ амплитуда-частота ва $\varphi(\omega)$ фаза-частота характеристикаларининг тенгламалари қуйидагича:

$$A(\omega) = \frac{K\omega}{\sqrt{1+\omega^2T^2}};$$

$$\varphi(\omega) = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg}\omega T.$$

ЛАЧХ ни қуриш учун қуйидаги ифода ишлатилади:

$$L(\omega) = 20\lg A(\omega) = 20\lg \omega K - 20\lg\cdot\sqrt{1+\omega^2T^2}$$

Изланаётган характеристика иккита асимптотадан иборат; улардан бири 20 дб/с оғишга эга, иккинчиси эса абсциссаларга параллел, $\omega_т = \frac{1}{T}$ частотада асимптоталар туташади.

XI—11-расмда реал ва идеал дифференциалловчи звеноларнинг характеристикалари тасвирланган.

Иккала звено ҳам минимал фазали системалар синфига киради.

Тебранма звено. Тебранма звеноларнинг чиқиш ва кириш катталиклари ўртасидаги боғланиш иккинчи тартибли дифференциал тенгламалар орқали аниқланади:

$$T_1^2 \cdot \frac{d^2y}{dt^2} \pm T_2 \frac{dy}{dt} + y = kx \qquad \text{(XI—36)}$$

бунда T_1 — тебранма звенонинг вақт доимийси.
T_2 — ўтиш жараёнининг сўниш вақт доимийси.

T_1 ва T_2 вақт доимийлари сўниш нисбий коэффициенти орқали ўзаро боғланган:

$$T_2 = 2\xi T_1$$

Бошланғич шартлар нолга тенг бўлганда, (XI — 36) ифодадан Лаплас алмаштириши орқали топилган оператор тенглама ўринлидир:

$$(T_1^2P^2 \pm T_2R_1 + 1) \cdot y(p) = K_x(p) \qquad \text{(XI—37)}$$

Шунга мувофиқ звенонинг узатиш функцияси:

$$W(p) = \frac{K}{T_1^2P^2 + T_2p + 1}. \qquad \text{(XI—38)}$$

Энди тебранма звенонинг амплитуда-фаза характеристикасини ифодалаш мумкин:

$$W(j\omega) = \frac{K}{(j\omega)^2T_1^2 \mp (j\omega)T_2 + 1} = \frac{K}{\sqrt{(1-\omega^2T_1^2)^2 + \omega^2T_2^2}} e^{-j\,\mathrm{arctg}\frac{\omega T_2}{T-\omega^2T_1^2}}$$

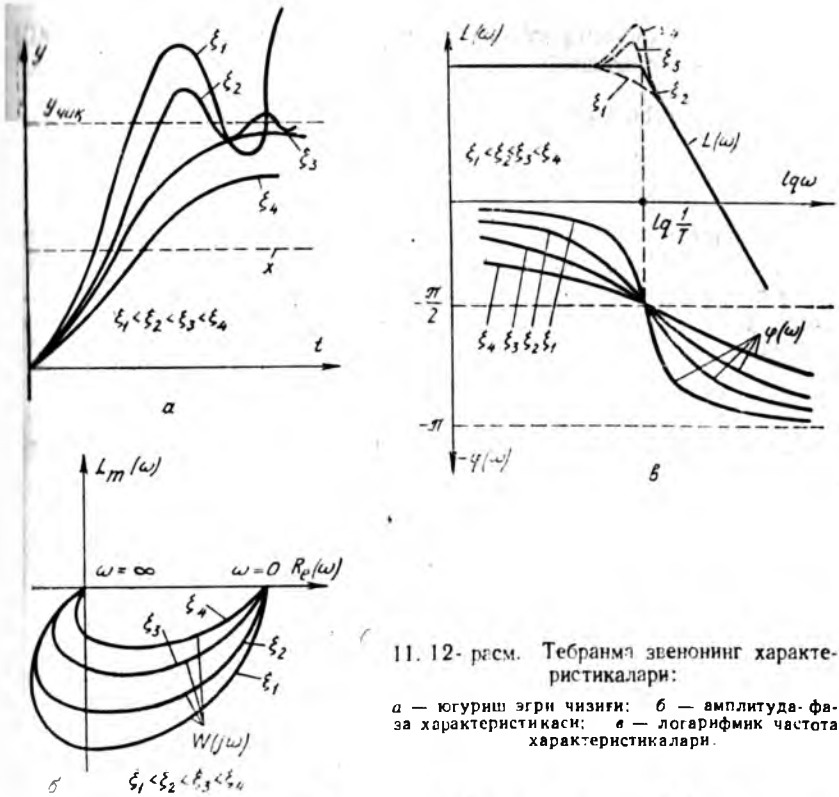
Амплитуда-частота ва фаза-частота характеристикаларига ўтсак, қуйидаги муносабатларга эга бўламиз:

$$A(\omega) = \frac{K}{\sqrt{(1-\omega^2T_1^2)^2 + \omega^2T_2^2}}; \qquad \text{(XI—39)}$$

$$\varphi(\omega) = -\,\mathrm{arctg}\,\frac{\omega T_2}{T-\omega^2T_1^2} \qquad \text{(XI—40)}$$

Тебранма звенолар турғунлашган ёки турғунлашмаган бўлади. Звенонинг турғун ёки нотурғунлигини (XI-36) дифференциал тенгламанинг чап томонидаги иккинчи қўшилувчининг ишораси таърифлайди. Агар ишора мусбат бўлса, тебранма звено турғун, манфий бўлса, нотурғун бўлади.

Ўтиш характеристикаси (XI-38) узатиш функциясидан аниқланиши мумкин, бунда Лаплас тескари алмаштиришини қўллаш лозим:



11. 12- расм. Тебранма звенонинг характеристикалари:

а — югуриш эгри чизиғи; *б* — амплитуда- фаза характеристикаси; *в* — логарифмик частота характеристикалари.

$$h(t)=L^{-1}\left[\frac{K}{p^2T_1^2+2\xi pT_1+1}\cdot\frac{1}{p}\right]=K\cdot[1-e^{-\xi\frac{t}{T}}(\cos\omega t+$$

$$+\frac{\xi}{p}t\cdot\sin\omega_1 t);$$

бунда

$$\omega_1=\frac{\sqrt{1-\xi^2}}{T}=\omega_0\sqrt{1-\xi^2}.$$

Тебранма звенонинг ўтиш жараёни эгри чизиғининг характери сўниш нисбий коэффициенти ξ нинг қийматига боғлиқ. Агар $\xi>1$ бўлса, ўтиш жараёни нодаврий жараён хусусиятларига эга, агар ξ нолдан 1 гача ўзгарса, ўтиш жараёнининг характери тебранма сўнувчи бўлади. Сўниш коэффициенти $\xi=0$ бўлса, звенонинг чиқишидаги тебранишлар сўнмайди. Нотурғун тебранма звенонинг сўниш коэффициенти манфийдир.

Частота $\omega=\frac{1}{T}$ бўлганда, АФХ нинг $W(j\omega)$ вектори мавҳум ўқ билан мос келади. Бундай частота *резонанс* частота дейилади. Частота 0 дан ∞ гача кучайтирилса, чиқиш тебранишлар фазаси π га яқинлашади. Дифференциал тенгламанинг тартибига мувофиқ тебранма звенонинг АФХ си икки квадратдан ўтади (XI — 12- расм).

Логарифмик характеристикаларни тузишда (XI — 39) ва (XI — 40) ифодалардан фойдаланамиз:

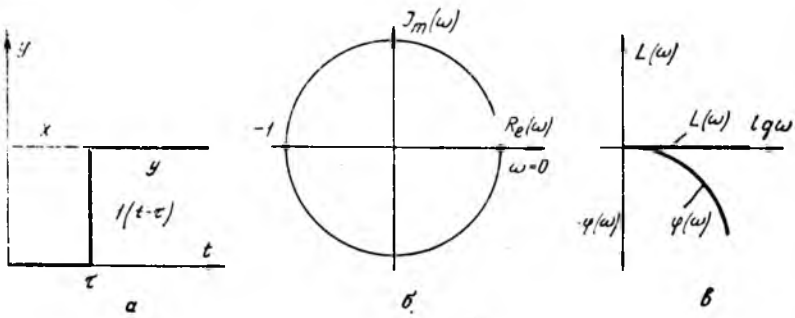
$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg K - 20 \lg \sqrt{(1 - \omega^2 T_2^2)^2 + (\omega T_2)^2};$$

$$\varphi(\omega) = -\operatorname{arctg} \frac{\omega T^2}{1 - \omega^2 T_1^2}.$$

Кичик частоталар учун ω частотага эга бўлган катталикларнинг қиймати 1 га нисбатан кичик ва тақрибий бўлади, $\omega \ll 1$ да $L(\omega) \approx \approx 20 \lg K$ деб қабул қилиш мумкин. Частоталар катта бўлганда эса аксинча, 1 ва $(\omega T_2)^2$ га эга бўлган катталикларни эътиборга олмаса ҳам бўлади, у ҳолда:

$$L(\omega) \approx 20 \lg K - 20 \lg \omega^2 T_2^2 = 20 \lg K - 40 \lg \omega T_2$$

Демак, $\omega_т = \frac{1}{T_2}$ туташиш частотадан бошлаб бир декада қийматга эга бўлган асимптота оғиши 40 дб ни ҳосил қилади.



11. 13- расм. Соф кечикиш звеносининг характеристикалари:

а — югуриш эгри чизиғи; *б* — амплитуда- фаза характеристикаси; *в* — логарифмик частота характеристикалари.

XI-13- расмда минимал фазали тебранма звенонинг характеристикалари келтирилган. Тебранма звенолар потенциал ва кинетик энергияларни тўплаб энергия заҳираларини ўзаро алмаштиради. Алмаштириш жараёни энергиянинг бир турдан иккинчи турга ўтишидан иборат.

Соф кечикиш звеноси. Умумий ҳолда, агар фаза бўйича силжиш шу звено учун мумкин бўлган миқдордан ортиб кетса, звено *номинал фазали* ҳисобланади. Бундай звенолар қаторига соф кечикиш звеноси киради. Бу звенонинг моҳияти шундаки, у ўзининг чиқишида *соф* ёки *транспорт кечикиш вақти* деб аталадиган доимий τ кечикиш билан кириш сигналини хатосиз такрорлайди. Звенонинг хусусиятлари $y(t) = x(t - \tau)$ тенглама билан таърифланади. Бу тенгламанинг оператор шакли

$$y(p) = e^{-p\tau} x(p).$$

Звенонинг узатиш функцияси юқоридаги тенгламадан келиб чиқади:

$$W(p) = e^{-p\tau} \qquad \text{(XI—41)}$$

Звенонинг амплитуда-фаза характеристикаси:

$$W(j\omega) = e^{-j\omega\tau} \qquad \text{(XI—42)}$$

Кўрилаётган звенонинг амплитуда ва фаза-частота характеристикалари қуйидагича:

$$A(\omega) = 1; \qquad \text{(XI—43)}$$

$$\varphi(\omega) = -\omega\tau \qquad \text{(XI—44)}$$

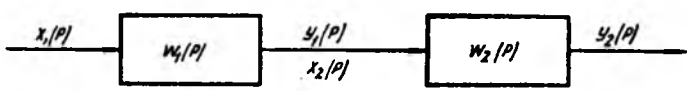
Кўриниб турибдики, логарифмик амплитуда-частота характеристикаси

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg 1 = 0$$

абсциссалар ўқига мос бўлиб, фаза эса (XI-44) тенгламага мувофиқ ω частота ўсиши билан чексиз ошиб боради. XI-13-расмда соф кечикиш звеносининг характеристикалари келтирилган.

XI.16-§. АРСнинг ТУЗИЛИШ СХЕМАЛАРИ ВА УЛАРНИНГ УЗГАРИШИ

Блок-алгебра қоидалари кўп таркибий звенолардан ташкил топган АРС нинг анализи ва синтезини анча соддалаштиради. АРС нинг динамик хусусиятлари таркибий элементлар характеристикалари ва уларнинг бир-бирига уланиш тартибига кўра аниқланади. Шунинг учун бир хил звеноларнинг турлича қўшилиши турли динамик хоссали системаларни ташкил қилади.



11. 14- расм. Звеноларнинг кетма- кет уланиши.

Звеноларнинг кетма-кет уланиши. XI—14-расмда $W_1(p)$ ва $W_2(p)$ узатиш функцияларига эга бўлган кетма-кет уланган иккита звенодан ҳосил бўлган системанинг схемаси келтирилган Занжирли узатиш функциясини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$W(p) = \frac{y_2(p)}{x_1(p)} = \frac{y_2(p)}{x_1(p)} \cdot \frac{x_2(p)}{x_2(p)} = \frac{y_2(p)}{x_1(p)} \cdot \frac{y_1(p)}{x_2(p)} = W_1(p) \cdot W_2(p).$$

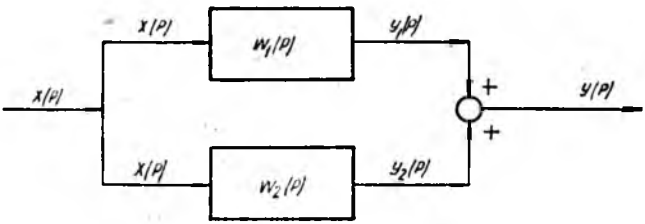
n та элементлардан ҳосил бўлган занжирнинг узатиш функцияси

$$W(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) \ldots W_n(p) = \prod_{i=1}^{n} W_i(p).$$

Бошқача қилиб айтганда кетма-кет уланган элементлар занжирининг узатиш функцияси таркибий звенолар узатиш функцияларининг кўпайтмасига тенг. Бундай системанинг кучайиш коэффициенти таркибий элементлар кучайиш коэффициентларининг кўпайтмасига тенг.

$$K = K_1 \cdot K_2 \ldots . K_n = \prod_{i=1}^{n} K_i.$$

Кетма-кет уланган элементар очиқ звенолар занжирининг АФХ си шу звеноларнинг АФХ лари кўпайтмасига тенг:



11. 15- расм. Звеноларнинг параллел уланиши.

$$W(j\omega) = W_1(j\omega) \cdot W_2(j\omega) \ldots W_n(j\omega) = \prod_{i=1}^{n} W_i(j\omega)$$

Звеноларнинг параллел уланиши. Звеноларнинг параллел уланишида (XI — 15-расм) битта кириш сигнали бир неча звеноларнинг киришига берилади, чиқиш сигналлари эса жамланади. $W_1(p)$ ва $W_2(p)$ узатиш функцияли иккита параллел уланган звеноларнинг узатиш функциясини аниқлаймиз:

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{y_1(p) + y_2(p)}{x(p)} = \frac{y_1(p)}{x(p)} + \frac{y_2(p)}{x(p)} = W_1(p) + W_2(p).$$

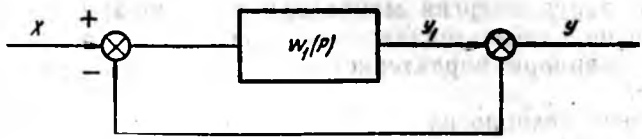
n та параллел уланган звенолар системасининг узатиш функцияси ҳар бир звено узатиш функциясининг йиғиндисига тенг:

$$W(p) = W_1(p) + W_2(p) + \ldots + W_n(p) = \sum_{i=1}^{n} W_i(p).$$

Элементнинг тескари алоқа билан қамралиши. Баъзан звенонинг киришига кириш таъсиридан ташқари чиқиш сигналининг бир қисми берилади. W_1 (p) узатиш функциясига эга бўлган элемент манфий тескари алоқа билан қамралишини кўриб чиқамиз (XI-16-расм):

$$x_1(p) = x(p) - x_2(p);\ y(p) = x_2(y) = y_1(p);$$
$$y_1(p) = W_1(p) \cdot x_1(p).$$

Бир оз ўзгартиришлардан сўнг:



11. 16- расм. Манфий тескари алоқалар элементи.

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p)}.$$

Охириги ифодани умумлаштирсак, қуйидагича хулоса қилиш мумкин: агар бир ёки бир неча звено бирламчи манфий тескари алоқа билан қамралса, системанинг узатиш функцияси қуйидагича бўлади:

$$W(p) = \frac{\prod_{i=1}^{n} W_i(p)}{1 + \prod_{i=1}^{n} W_i(p)}.$$

Агар тескари алоқа занжирида ўзининг $W_{т.б}(p)$ узатиш функциясига эга бўлган звено мавжуд бўлса, системанинг эквивалент узатиш функцияси қуйидаги кўринишга келади:

$$W(p) = \frac{\prod_{i=1}^{n} W_i(p)}{1 + \prod_{i=1}^{n} W_i(p) \cdot W_{т.б}(p)}$$

Бир ёки бир неча звенолар бирламчи мусбат тескари алоқа билан қамралса, системанинг умумий узатиш функцияси

$$W(p) = \frac{\prod_{i=1}^{n} W_i(p)}{1 - \prod_{i=1}^{n} W_i(p)}.$$

Звеноларнинг аралаш уланиши. Автоматик ростлашда, тескари алоқа билан қамралган, кетма-кет ва параллел уланган, яъни оралиқлари уланган звенолар кенг ишлатилади. Бундай ҳолларда блок-алгебра қоидалари ёрдамида эркин структурали звено ва системалар анализ учун қулайроқ шаклга келтирилади.

XII боб. РОСТЛАНУВЧИ ОБЪЕКТЛАР

XII.1- §. РОСТЛАНУВЧИ ОБЪЕКТЛАРНИНГ ХОССАЛАРИ

Кимё ва озиқ-овқат саноатининг технологик жараёнлари ўзларининг мураккаблиги ва хилма-хиллиги билан ажралиб туради. Бунга сабаб ишлатиладиган хом ашё турларининг

кўплиги, зарур энергия манбаларининг турлари ва миқдори, хом ашёни қайта ишлаш жараёни босқичларининг сони, жараён даврлари характеристикаларининг вақтдаги ўзгаришларидир.

Кимёвий технологик жараёнлар билан боғлиқ бўлган корхоналарни бошқариш структурасининг дастлабки поғонаси кимёвий ва озиқ-овқат саноати технолгиясининг муайян аппарат шаклидаги типавий жараёнлари ва уларни локал бошқариш системасидан иборат. Жараёнларни бошқариш объекти сифатида уларнинг бирор типавий жараёнга оидлиги уларнинг физик-кимёвий хусусиятларининг ўхшашлигидан аниқланади. Муайян аппарат шаклидаги ҳар бир типавий жараёнлар ва улар орасидаги ўзаро боғланишлар йиғиндиси ўз кириш ва чиқишига эга бўлган системалар каби кўрилди. Жараённинг кириш ўзгарувчилари ғалаёнловчи ва бошқарувчи (контрол қилинадиган ва қилинмайдиган) таъсирларга ажратилади.

Ҳар бир технологик жараён ўзининг керакли йўналишда ўтишига тескари таъсир қилишга интилган, яъни ички ва ташқи кучлар таъсирига учрайди. Системанинг ишлаш пайтида жараённинг чиқиш ўзгарувчилари берилган шартларга мувофиқ бўлиши учун системага бошқарувчи (одатда, хом ашё таркиби ёки бошқа хусусиятларни ўзгартириш каби) таъсирлар кўрсатилади. Типавий жараёнлар узлуксиз ёки дискрет (узлукли) бўлиши мумкин. Хом ашё, энергия, катализаторлар берилиб, бошқарувчи таъсир кўрсатилиши мобайнида технологик жараёнда узлуксиз маҳсулот ишлаб чиқарилса, бу жараён *узлуксиз* дейилади. Нисбатан қисқа вақт, яъни минут, соат, кунлар оралиғида муайян миқдорда (кўпинча донали) маҳсулот ишлаб чиқариладиган жараён дискрет (узлукли) дейилади. Бунда хом ашё ва ярим фабрикатлар регламентда кўрсатилган миқдорда аввалдан белгиланган кетма-кетликда киритилади.

Бошқаришнинг автоматлаштирилган системалари иккала жараён учун ҳам қўлланилади, лекин сўнгги вақтларда узлуксиз технологик жараёнларни бошқариш борасида катта ютуқларга эришилмоқда.

Типавий жараёнларнинг бошқа таснифи учун қайта ишлаб чиқариладиган хам ашё агрегат ҳолатининг белгиси ва унинг фазали ўзгаришлари асос бўлиши мумкин. Бунга суюқ, газсимон, қаттиқ, сочилувчи, толали, пастасимон материаллар оқимини бошқарувчи системаларни мисол қилиш мумкин. Технологик жараёндаги (механик, гидромеханик, иссиқлик ва масса алмашувчи, диффузион, кимёвий, микробиологик ва комбинациялашган) боғланишларга асосланган тасниф мукаммал таснифлардан биридир. Типавий жараёнлар, кўпинча, детерминациялашган системалардан иборат бўлиб, уларнинг кириш ва чиқиш ўзгарувчилари аввалдан маълум ва бу ўзгарувчилар ўртасида муайян бир маъноли боғланиш мавжуд.

Технологик жараёнларни типларга ажратиш уларнинг математик тавсифини ва аппаратурали шаклланишининг умумийлигини аниқлашдан иборат.

Кимёвий ва озиқ-овқат саноатининг типавий жараёнлари қуйидагилардан иборат:

1) механик жараёнлар — силжитиш, ташиш, тарозида тортиш, грануллаш, дозалаш, майдалаш, аралаштириш, ковлаш, бойитиш;

2) гидродинамик жараёнлар — суюқликларни силжитиш, газ ва суюқ ҳолдаги бир жинсли бўлмаган аралашмаларни ажратиш (суюқ, пастасимон ва сочилувчи), материалларни аралаштириш;

3) модданинг агрегат ҳолати ўзгармаган ҳолда иссиқлик, масса алмашинуви ва термодинамик жараёнлар — сиқилиш, кенгайиш, қизиш, совиш, гиперфильтрация, конденсациялаш, вентиляция;

4) модданинг агрегат ҳолати ўзгарадиган иссиқлик ва масса алмашинувили (диффузион) жараёнлар — газ аралашмаларининг бўлиниши, экстракция, буғлатиш, конденсация, ректификация, дистилляция, қуритиш;

5) кимёвий жараёнлар — оксидланиш, қайтарилиш, гидрооксидларнинг ҳосил бўлиши, нейтраллаш, дегидратация, ароматлаштириш, сульфидлаш, гидролиз, ҳайдаш, фильтрлаш;

6) микробиологик жараёнлар — хом ашёни тайёрлаш ва сақлаш, ачитиш, стерилизация, фиксация, буғлатиш, ҳайдаш, дозалаш.

Автоматлаштириш схемасини ишлаб чиқишда технологик жараён белгиловчи фактордир. Автоматлаштириш бўйича типавий схемани ишлаб чиқиш ҳар бир хусусий ҳол учун автоматлаштиришнинг принципиал схемасини тузиш вазифасини анча енгиллаштиради. Технологик параметрлари оптимал бўлган, агрегатларнинг стационар шароитларида юқори сифатли ишлашини таъминлаш учун жараён ҳақида керакли маълумотларни етказиб бериб, бошқариш аниқлигини таъминлаш имконига эга бўлган бошқариладиган катталиклар ва уларни контрол қиладиган нуқталарни тўғри танлаш муҳим аҳамиятга эга.

Технологик жараёнларни тадқиқ қилишда саноат корхоналарини бошқаришнинг ташкилий принциплари билан боғлиқ бўлган системалар структурасини ўрганиш мақсадга мувофиқ. Бунда системалар бир-бирига бўйсунадиган системачаларга муттасил ажратилади. Қимё ва озиқ-овқат саноатлари учун уч босқичли бошқариш структураси хосдир. Бўйсуниш тартибининг дастлабки босқичи типавий технологик жараёнларга асосланган. Маҳсулот ишлаб чиқаришда муайян технологик вазифани амалга оширувчи жараён ва аппаратлар йиғиндиси ўрта босқични ҳосил қилади. Умуман, саноат корхонаси— бўйсуниш тартибининг юқори босқичидир. Бу тартибнинг қуйи

босқичи учун бошқаришнинг вазифаси технологик жараёнларни стабиллаштириш ва оптималлаштиришдан иборат. Структуранинг ўрта босқичидаги цехларни автоматлаштиришда энергетик ва моддий сарфнинг кичик миқдорда ишлаб чиқаришни юксалтириш вазифалари бажарилади. Учинчи босқич учун бошқаришнинг вазифаси ишлаб чиқариш техника-иқтисодий кўрсаткичларини яхшилаш масалаларини ҳал қилишдан иборат.

Шундай қилиб, бўйсуниш тартибининг биринчи босқичи автоматик ростлашнинг намунали жараён ва системаларига асосланган. Уларнинг вазифаси технологик режимларни локал стабиллаштиришдир. Бўйсуниш тартибининг иккинчи босқичини агрегат, технологик комплекс ва технологик жараёнларни бошқаришдаги автоматлаштирилган системалари ташкил қилади. Улар аппаратлар ишини оптимал координациялаш ва юкларни уларнинг ўртасида ўзаро оптимал тақсимлаш вазифаларини бажаради. Учинчи босқични цехлар йиғиндиси, ишлаб чиқариш корхонаси, хом ашё запасларини режалаштириш ва маҳсулотни амалга оширишларини оператив бошқариш системаси, яъни саноат корхонасини автоматик бошқариш системаси ташкил қилади.

Ростлаш жараёнига ростланувчи объект ва системанинг бошқарувчи қисмининг хусусиятлари таъсир кўрсатади. Ростланувчи объект хусусиятларини ўрганиш автоматик ростлаш системасини асосли лойиҳалаш имкониятини беради.

Ростланувчи объектнинг асосий хусусиятлари: ўз-ўзидан тўғриланиш; сиғим, нагрузка, тарқалиш вақти ва тезлиги; кечикиш.

XII.2-§. ЎЗ-ЎЗИДАН ТЎҒРИЛАНИШ ХУСУСИЯТИ. СТАТИК, АСТАТИК ВА НОТУРҒУН ОБЪЕКТЛАР

Объектнинг ғалаёнланиш пайдо бўлганидан сўнг одам ёки автомат ростлагич ёрдамисиз яна мувозанат ҳолатига қайтиш хусусияти *ўз-ўзидан тўғриланиш* дейилади. Ўз-ўзидан тўғриланишнинг сонли қиймати ўз-ўзидан тўғриланиш даражаси (коэффициенти) ва тарқалиш тезлиги орқали баҳоланади.

Ўз-ўзидан тўғриланиш даражаси ρ ғалаёнловчи таъсирнинг шу таъсир натижасида содир бўладиган ростланувчи катталикнинг четга чиқишига бўлган нисбатига тенг:

$$\rho = \frac{d(g_1 - g_2)}{d\Delta\alpha} = \frac{d\Delta g}{d\Delta\alpha};$$

бунда g_1 — объектдаги модда ёки энергиянинг нисбий қўшилиши; g_2 — объектдаги модда ёки энергиянинг нисбий сарфи; $g\Delta$ — ростланувчи объектдаги кўрилаётган вақт мобайнида ёки энергиянинг қўшилиши ва сарфининг нисбий айирмаси; $\Delta\alpha$ — ростланувчи объектнинг нисбий четга чиқиши; ρ — ўз-ўзидан тўғриланиш даражаси ўлчовсиз миқдор.

Чизиқли объектлар учун $\rho = const$. Ўз-ўзидан тўғриланиш коэффициенти кириш сигналининг кўрилаётган ўтиш канали бўйича объектнинг кучайиш коэффициентига тескари катталикдир. Шунинг учун ρ қанча катта бўлса, ростланувчи объектнинг бир миқдорли ғалаёнловчи таъсир кучидаги қолдиқли четга чиқиши шунча кичик бўлади.

Ўз-ўзидан тўғриланиш қобилиятига эга бўлмаган ($\rho = 0$) объектлар *нейтрал* ёки *астатик* дейилади. Ғалаёнловчи таъсир бўлмаса, бундай объектлар ростланувчи катталикнинг исталган қийматида мувозанат ҳолатда бўлади. Агар мувозанат ҳолати бузилса, ростланувчи катталикнинг ўзгариш тезлиги ғалаёнланиш катталигига тўғри пропорционал бўлади. Ўз-ўзидан тўғриланиш ростланувчи объектнинг киришида ҳам, чиқишида ҳам мавжуд бўлиши мумкин. Ноллик қийматидан ташқари, γ мусбат ёки манфий бўлиши мумкин.

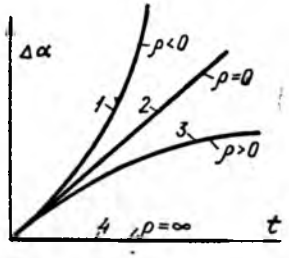
Ўз-ўзидан тўғриланиши маълум ($\rho > 0$) қийматга эга бўлган объектлар модда ёки энергиянинг берилиши ва истеъмоли ўртасидаги тенгликни тиклаш қобилиятига эга. Бундай объектлар *турғун* ёки *статик* дейилади.

Агар ўз-ўзидан тўғриланиш даражаси $\rho = \infty$ бўлса, объект *идеал* ўз-ўзидан тўғриланишига эга бўлади. Бу демак, объект ўзининг мувозанат ҳолати ва ростланувчи катталигининг ўзгармас қийматини ҳар қандай ғалаёнловчи таъсирлар қийматида ҳам сақлаб қолади.

Ўз-ўзидан тўғриланиш ($\rho < 0$) бўлмаган объектларнинг стационар режими мувозанат ҳолати бузилганда қайта тикланмайди. Бундай объектлар *нотурғун* дейилади.

Ички энергия манбаига эга бўлмаган содда объектлар, одатда, турғун бўлади. Бундай манбалари бўлган физик системалар (масалан, системада ўтаётган жараён экзотермик реакция билан биргаликда кетиши мумкин) нотурғун бўлиши мумкин. Бу каби объектларни ростлаш қийинлашади, айрим ҳолларда эса уларни автоматлаштириш имкони умуман бўлмайди.

XII—1- расмда статик, астатик, нотурғун объектлар ва идеал ўз-ўзидан тўғриланишли объектнинг тарқалиш эгри чизиқлари келтирилган. Шуни ҳам айтиш керакки, ўз-ўзидан тўғриланишли объектлар учун автомат ростлагичнинг ҳожати йўқ. Лекин, идеал ўз-ўзидан тўғриланиш қобилиятига эга бўлган асосий катталикли объектда технологик жараённи ростлаш учун ростланувчи катталик сифатида ростлаш талабларига тўғри келадиган ёрдамчи катталикни танлаш керак. Масалан, бир компонентли суюқликнинг



12. 1- расм. Ростлаш объектларининг юғуриш эгри чизиқлари:

1 — нотурғун объект; *2* — нейтрал объект; *3* — турғун объект; *4* — идеал, ўз-ўзидан тўғрилана диган объект $\Delta\alpha$ — ростланувчи миқдорнинг нисбий четга чиқиши.

доимий босимда қайнаш жараёнини ростлаш керак. Аппаратнинг моддани қайнатиш учун етарли бўлган иссиқлиги ҳар қандай миқдорда бўлса ҳам, суюқликнинг қайнаш температураси доимий бўлгани учун асосий катталик ҳисобланган қайнаш температурасининг ростлагичидан фойдаланмасликка тўғри келади. Бир компонентли суюқликнинг қайнаш интенсивлигини бошқариш учун ёрдамчи ростланувчи катталик сифатида (агар аппаратнинг гидравлик қаршилигидан ўтадиган буғ тезлигининг ўзгариши натижасида босим деярли ўзгарса) буғланувчи суюқликнинг буғ босими (агар суюқлик буғланиш тезлигининг доимий керак бўлса), иссиқлик ташувчининг аппаратга узатиш температураси тезлиги ёки (ўзгарувчи юкли булғлатгичнинг ишини таъминлаш керак бўлса) иссиқлик ташувчининг узатиш тезлиги ва қайта ишланаётган суюқлик ўртасидаги муносабатлари таҳлилади.

Турли объектлар учун ўз-ўзидан тўғриланиш жараёнининг ўтиш вақти турлича бўлади. Бу вақт ростланувчи катталикнинг ўзгариш тезлигининг ғалаёнловчи таъсири қийматига бўлган нисбатидан иборат тарқалиш тезлиги орқали таърифланади. Тарқалиш тезлигини баъзан ростланувчи объектнинг *сезгирлиги* дейилади. Бу кўрсаткичларнинг физик маъноси шундаки, у тарқалиш вақтига тескари қийматли катталикдир. *Тарқалиш вақти* деб, чиқиш катталигининг модда ёки энергиянинг кириши ва чиқиши ўртасидаги максимал нобаланслик ҳолатидаги нолдан ўзининг номинал қийматига етгунча ўзгариш вақтига айтилади. Назарий жиҳатдан чексизликка тенг тарқалиш тезлиги кириш параметрининг ўзгариш вақтидаги чиқиш параметрининг ўгариши бир онда содир бўлишини билдиради.

XII.3- §. БИР ВА КЎП СИҒИМЛИ ОБЪЕКТЛАР

Берилган вақтда объект ичидаги модда ёки энергиянинг миқдори *сиғим* дейилади. Демак, сиғим объектнинг ёки энергиянинг йиғиш қобилияти ва унинг инерционлигини ифодалайди. Сиғим қанча катта бўлса, объектга кўрсатилган таъсир натижасида ростланувчи катталикнинг ўзгариши шунча паст бўлади. Сиғимлари катта бўлган объектлар сиғимлари кичик бўлган объектларга нисбатан турғунроқдир.

Ростланувчи катталикнинг қиймати ўзгариши билан объект сиғими ўзгаради. Объект сиғимининг ростланувчи катталикка кўрсатган таъсирини баҳолаш учун *сиғим коэффициенти* тушунчаси ишлатилади. Сиғим коэффициенти ростланувчи катталикни бир ўлчов бирлигига ўзгартириш учун объектга қанча модда ёки энергия киритиш ёки ундан узоқлаштириш кераклигини кўрсатади. Умуман, ростлаш жараёни модда ёки энергияни объект яқинлашиши ва ундан узоқлашишига таъсир кўрсатиш йўли билан ростланувчи катталикни маълум бир сатҳда ушлаб туришдан иборат. Ростланувчи объектга келган модда ёки энергия миқдори ΔQ ни объект

ташқи режимининг *сонли параметра* деб атаймиз. Унинг қиймати модда ёки энергиянинг яқинлашиш $Q_я$ ва узоқлашиш $Q_у$ қийматларининг айирмасига тенг:

$$\Delta Q = Q_я - Q_у.$$

Ростланувчи объектнинг ички режими сифатини таърифловчи параметр, одатда, ростланувчи катталик φ дан иборат. Объектнинг мувозанат ҳолатида $Q_я = Q_у$ бўлиб, φ сифат параметри вақт мобайнида ўзгармас қолади. Агар мувозанат бузилса ($Q_я \neq Q_у$), параметр, ростланувчи объект хусусиятларига мувофиқ, вақт бўйича ўзгаради.

Объектнинг сиғими объектнинг мувозанатда бўлмаган ҳолатидаги ($Q_я \neq Q_у$) ростланувчи катталигининг вақт бўйича ўзгариш тезлигини таърифлайди. Бу боғланишнинг умумий кўриниши қуйидаги функция орқали ифодаланади:

$$\frac{d\varphi}{dt} = f(\Delta Q)$$

Қисқа вақт оралиқлари учун амалда бу функцияни чизиқли деб ҳисоблаш мумкин:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{\Delta Q}{c};$$

бунда c — сиғим коэффициенти.

Сиғим коэффициентига тескари катталик объектнинг ғалаёнловчи таъсирларга бўлган сезгирлигини ифодалайди. Объектнинг ростланувчи параметри бўйича сиғими ростланувчи катталик қиймати ва сиғим коэффициентларининг кўпайтмасига тенг:

$$C = \varphi c$$

Шундай қилиб, *сиғим ўлчови* модда ёки энергиянинг объектга келтирилган ва объект чиқишининг ўзгаришига сарфланган миқдоридан иборат.

Объектга бирор миқдорда модда ёки энергия келтиришда маълум қаршиликлардан ўтиш керак (қизитишда объектга берилган иссиқлик оқими термик қаршиликка учрайди; аппаратга суюқлик келтирилганда оқим гидравлик қаршиликка учрайди). Қаршилик ўлчови потенциаллар фарқининг бир бирлигига тенг бўлгандаги модда ёки энергиянинг объектга келтирилган миқдоридан иборат. Объектнинг инерционлиги унинг сиғими ва қаршилигига боғлиқ. Сиғим ва қаршилик қанча катта бўлса, объектнинг инерционлиги шунча катта бўлади.

Инерционлик ўлчови чиқиш катталигининг доимий тезлик билан ўзгариб, ўзининг турғунлашган ҳолатига етгунча кетган вақтини кўрсатувчи вақт доимийсидир.

Бир ва кўп сиғимли ростланувчи объектлар мавжуд. Бир сиғимли объект битта сиғим ва битта қаршиликдан иборат.

Бундай объектларда моддий ёки энергетик баланснинг бузи лиши бир вақтда ростланувчи объектнинг ҳар бир нуқтаси даги ростланувчи катталикнинг бирламчи ўзгаришига олиб келади. Кўп сиғимли объектларда ўтиш қаршиликлари билан бўлинган икки ёки ундан кўпроқ сиғим мавжуд.

Бир сиғимли объектлар — сатҳни ростловчи аппаратлар яъни босим ёки сарфни сақлаб турадиган трубопровод. Саноатда кўп сиғимли объектлар бир сиғимли объектлардан анча кўп ишлатилади. Кўп сиғимли объектларнинг мувозанат ҳолатида ростланувчи катталикнинг қиймати турли нуқталарда турлича бўлади, мувозанат ҳолати бузилганда эса у турли қонунлар бўйича турли вақтларда ўзгаради. Оқиб кириш (узатиш) томонидаги сиғим ва сарф (истеъмол) томонидаги сиғимлар мавжуд. Яқинлашиш томонидаги сиғим ростланувчи катталикка ижро этувчи механизмнинг ростловчи органи орқали таъсир кўрсатувчи модда ёки энергиянинг характеристикалари бўйича аниқланади. Сарф томонидаги сиғим ростланувчи муҳит характеристикалари орқали аниқланади. Баъзан сиғимсиз объект тушунчаси учрайди. Бунда жуда кичик сиғимли объектлар назарда тутилади (улар унча катта бўлмаган қийматлардир).

XII.4-§. ЮК

Юк — объектга кўрсатиладиган ташқи таъсир. Бу таъсирнинг қиймати аппарат иш режими орқали аниқланади ва технологик эҳтиёжлар учун объектдан олинадиган модда ёки энергия миқдорини ифодалайди. Ростланувчи объектдан модда ёки энергия ўтишида аппарат юкининг (ишлаб чиқариш) ўзгариши ростланувчи катталикнинг ўзгаришига олиб келади.

Ростланувчи объект юкининг ўзгариши ғалаёнланиш манбаларидан биридир. Модда ёки энергия сарфини уларнинг объектга келишидан аввал стабиллаштириш мумкин бўлса, берилаётган хом ашё таркибини стабиллаш бирмунча қийинчиликлар туғдиради. Шунинг учун объектга келадиган модда таркибининг тебраниши ғалаёнланишининг яна бир манбаларидан биридир. Ностационар объектларда ғалаёнланишлар объект характеристикаларининг ўзгариши сабабли ҳам келиб чиқиши мумкин.

Юк — модда ёки энергиянинг объектдан олинишига (оқиб чиқишига) кўрсатиладиган объект қаршилигини ифодалайди. Объект юкининг ўзгариши ростланувчи катталик ўзгаришини тезлигини оширади. Юкнинг ўзгариш частотаси ҳақида ҳам худди шуни айтиш мумкин. Юк тебранишларининг амплитудаси ҳам, частотаси ҳам ростлаш сифатига салбий таъсир кўрсатади.

Ростланувчи объектнинг юкини ўзгартириш, яъни объектнинг бир иш режимидан иккинчисига ўтиш эҳтиёжи пайдо бўлса, бу амалли секинлик билан бажариш керак, бунда ростлаш системаси объектни янги иш режимига равон, кескин т

ранишларсиз ўтказади. Юкнинг катта ўзгаришларида автомат ростлагичларни қайтадан ростлаш эҳтиёжи пайдо бўлиши мумкин. Бу ҳол юкнинг ўзгариши ростланувчи объектнинг статик ва динамик характеристикаларининг ўзгаришига олиб келиши билан боғлиқ. Масалан, юк камайиши билан соф кечикиш кўпаяди, ўз-ўзидан тўғриланиш, сиғим коэффициентлари ва бошқарилувчи объектнинг вақт доимийси камаяди. Шунинг учун объектнинг ҳар хил юкларига автомат ростлагичларнинг турлича оптимал ростланишлари тўғри келади.

XII.5- §. ОБЪЕКТЛАРДАГИ КЕЧИКИШ

Агар ростланувчи объектга ғалаёнловчи ёки бошқарувчи таъсир кўрсатилса, объект чиқишидаги ростланувчи катталик шу заҳоти эмас, балки бирмунча вақт ўтгандан сўнг ўзгаради, яъни объектда жараённинг кечикиши ҳосил бўлади. Модда (энергия) нинг яқинлашиш ёки сарф ўзгариши бўйича оний (поғонали) ғалаёнланиши объект учун энг ёмон ҳолдир. Шунинг учун ростлаш системалари поғоналн ғалаёнланиш учун мос ҳисобланади.

Объектдаги кечикиш қаршиликлар мавжудлиги ва системанинг инерционлиги билан изоҳланади. Соф (ёки транспорт) ва оралиқ (сиғимли) кечикишлар мавжуд.

Ғалаёнловчи ёки бошқарувчи таъсир кўрсатилган пайтдан бошлаб ростланувчи катталик объект чиқишида ўзгара бошлаган пайтгача ўтган вақт *соф кечикиш* дейилади. Бу вақт таъсир кўрсатилган нуқта билан ростланувчи катталикнинг модда ёки энергия оқимининг ҳаракат тезлиги ва ғалаёнловчи ҳозирги қиймати ўлчанадиган нуқта орасидаги масофадан аниқланади. Соф кечикиш ташқи таъсирнинг шакли ва миқдорига таъсир қилмай, фақат объект чиқишидаги реакцияни вақт мобайнида силжитади. Агар кириш таъсири синусоидал характерга эга бўлса, объектда соф кечикиш мавжудлиги чиқиш сигналининг фаза бўйича кечикишига олиб келади.

$$\varphi = 2\pi \frac{\tau_m}{T} = \omega^{\tau} m.$$

Агар объектдаги модда ёки энергия ҳаракатининг тезлигини чексиз катталиккача етказиш мумкин бўлса, соф кечикишни нолга тенглаштириш мумкин бўлар эди. Соф кечикишни минимумга етказиш учун датчик сезгир элементини ва ижро этувчи механизмнинг ростловчи органини бир-бирига ҳамда ростловчи объектга мумкин қадар яқин жойлаштириш лозим.

Оралиқ кечикиш ростланувчи объектда гидравлик ва иссиқлик қаршиликлари билан ажратилган бир ёки бир неча ўзаро боғланган сиғимларнинг мавжудлиги билан изоҳланади. Бу қаршиликлар объектда модда ёки энергия ҳаракатига тўсқинлик қилиб, тарқалиш эгри чизиғининг трансформациясига сабаб бўлади. Оралиқ кечикишни объектнинг тарқалиш эгри

чизиғида график равишда ростланувчи катталикнинг ўзгариши бошланган пайтдан тарқалиш эгри чизиғига ўтказилган уринманинг абсцисса ўқи билан кесишган нуқтасигача ўтган вақт даври билан аниқлаш мумкин. Оралиқ кечикиш ўтиш жараёнининг айниқса дастлабки даврида объект тарқалиш эгри чизиғининг трансформациясига олиб келади. Оралиқ кечикишнинг қиймати қанча катта бўлса, ғалаёнловчи таъсир натижасида ростланувчи катталикнинг ўзгариши шунча паст бўлади. Шундай қилиб, кичик ўзгаришли ўтиш жараёнларида оралиқ кечикиш автоматик ростлаш вазифаларини енгиллаштиради.

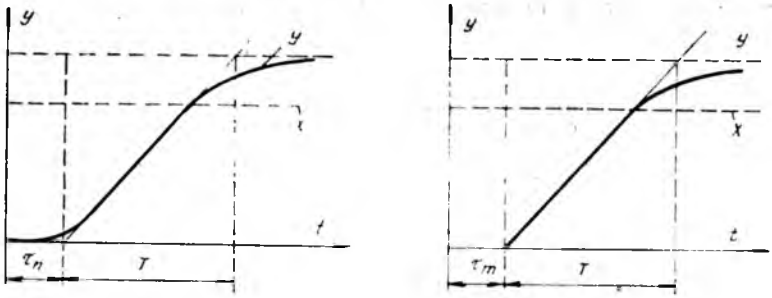
Оралиқ кечикиш объектдаги сиғимлар сони ва оралиқ қаршиликлар миқдори билан аниқланади. Оралиқ қаршиликларнинг вақт бўйича ўзгариши оралиқ кечикиш миқдорининг ортишига олиб келади Ростланувчи объектнинг *тўлиқ кечикиш вақти* τ соф кечикиш вақти τ_m билан оралиқ кечикиш вақти τ_n нинг йиғиндисидан иборат:

$$\tau = \tau_m + \tau_n$$

Кечикиш ростлаш жараёнининг сифатига ёмон таъсир қилиб, системанинг турғунлик коэффициентини камайтиради. Тўлиқ кечикиш вақти қанча кўп бўлса, объект ишини ростлаш шунча қийинлашади. Баъзан кечикишнинг ҳаддан ташқари катталиги объектда ростлашни қийинлаштиради. Шунинг учун тўлиқ кечикиш миқдорини иложи борича камайтириш мақсадга мувофиқдир.

XII.6-§. КЎП СИҒИМЛИ ОБЪЕКТНИ КЕЧИКИШГА ЭГА БЎЛГАН БИРИНЧИ ТАРТИБЛИ ЗВЕНО ОРҚАЛИ АППРОКСИМАЦИЯ ҚИЛИШ

Кўп сиғимли объектларнинг экспериментал аниқланган вақт характеристикалари юқори тартибли дифференциал тенгламалар орқали аппроксимация қилинади. Бу автоматик ростлаш системасининг синтезини қийинлаштиради. Шунинг учун масалани енгиллаштириш мақсадида, кўп сиғимли объектнинг динамик хусусиятлари соддалаштирилган вақт характеристикаси орқали ифодаланади. Бу характеристика икки тармоқдан иборат: 1) τ_m соф кечикиш звеноси характеристикасининг қиймати τ_m оралиқ кечикиш звеносининг қийматига тенглаштирилган; 2) биринчи тартибли нодаврий звенонинг ўтиш характеристикаси T вақт доимийсига эга бўлган экспонентадир. Бундай соддалаштирилган характеристика иккита кетма-кет уланган звено — соф кечикиш ва бир сиғимли нодаврий звенолар характеристикаларининг йиғиндисига мос. Кўп сиғимли статик объектнинг кечикишга эга бўлган биринчи тартибли звено орқали бундай аппроксимацияси муҳандислик тажрибасида кенг қўлланилиб, амалий натижалар беради. XII—2-расмда келтирилган, аппроксимацияланган вақт характеристикаси реал характеристикага мувофиқдир. Баъзан, аниқликни ошириш мақса-



12. 2- расм. Кўп сиғимли объектнинг вақтли характеристикасининг кечикишга эга бўлган биринчи тартибли звено билан аппроксимациялаш.

дида кўп сиғимли объектлар кечикишга эга бўлган икки сиғимли звенолар сифатида кўрилади.

XII.7- §. РОСТЛАНУВЧИ ОБЪЕКТЛАРНИНГ ЭКСПЕРИМЕНТАЛ ЎТИШ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ ОРҚАЛИ УЗАТИШ ФУНКЦИЯСИНИ АНИҚЛАШ

Ҳозир объектнинг дифференциал тенгламасини ёки узатиш функциясини экспериментал усулда топишни ўтиш характеристикалари орқали аниқлашнинг бир қатор методлари мавжуд. Улардан кенг тарқалгани кетма-кет логарифмлаш ва юзалар методларидир. Бу методларнинг биринчиси турғунлашган объектларга хосдир.

Агар ўтиш характеристикаси ростланувчи объектдаги соф кечикишдан дарак берса, ўтиш характеристикаси графигидан транспорт кечикиш тармоғи олиб ташланади ва аппроксимация соф кечикиши олиб ташланган янги ўтиш характеристикаси бўйича ўтказилади. Кейинчалик бу кечикиш узатиш функциясига $e^{-p\tau m}$ кўпайтувчининг киритилиши билан тикланади, бу ерда τ_m — соф кечикиш вақти.

Юзалар методи учинчи, тўртинчи тартибдан юқори бўлмаган дифференциал тенгламалар орқали тасвирланадиган монотон ўтиш жараёнларни қайта ишлаш учун қулайдир. Турли киришли A_α ғалаёнланишларида экспериментал усулда аниқланган $h_\alpha(t)$ эгри чизиқларнинг ($\alpha = 1, \ldots, n$) ўртачасини топиш керак:

$$h_\alpha(t) = \frac{1}{n} \sum_{\alpha=1}^{n} \frac{h_\alpha(t)}{A\alpha}.$$

Кейин ўтиш функциясининг ўртача қийматидан юқорида айтилгандек τ_m соф кечикиш вақтини олиб ташланади. Бу вақт $\pi\alpha(t) = 0$ каби аниқланади. $0 < t < T$ бўлганда $x(t) = A$ ва $0 > t > T$ бўлганда $x(t) = 0$ тўртбурчак импульс каби кириш ғалаёнланишда аниқланган $\omega(t)$ эгри чизиқлар ўтиш функциясига айлантирилади. Тўғри

тўртбурчакли импульсни поғонали икки функция каби кўриш мумкин бўлгани учун:

$$x(t) = A \text{ ва } x(t-T) = A$$

суперпозиция принципига мувофиқ $\omega(t)$ икки ўтиш функцияларининг айирмасидан иборат бўлади.

$$\omega(t) = h(t) - h(t-T);\ h(t-T) = 0 \text{ агар } 0 < t < T \text{ бўлса}$$

Демак:

$$\begin{array}{llll} h(t) & = \omega t; & h(t) & = h(t) + \omega(t); \\ 0 \leqslant t \leqslant T & 0 \leqslant t \leqslant T & T \leqslant t \leqslant 2T & 0 \leqslant t \leqslant T \quad T \leqslant t \leqslant 2T \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} h(t) = & h(t) + \omega(t) \\ 2 \leqslant t \leqslant 3T & T \leqslant t \leqslant 2t \quad 2T \leqslant t \leqslant 3T \end{array}$$

ва ҳоказо.

Кўпинча, экспериментал ўтиш функцияларини тўғрилаб туриш керак, чунки улар турли халақитлар натижасида нотўғри қийматга эга бўлишлари мумкин. Одатда тўғрилаш амали $z\Delta t$ интервалда ўртача сирпанувчи метод бўйича бажарилади. Тўғриланган функциянинг қиймати қуйидаги формуладан аниқланади:

$$y\left(i + \frac{z}{2}\right) = \frac{1}{z+1} \sum_{j=0}^{n} y(i+j);\ i = 0,\ 1,\ 2,\ \ldots,\ n-z.$$

Параметрлари мужассамлашган ва динамик хусусиятлари вақт мобайнида ўзгармас бўлган объект берилган деб фараз қилсак, ўтиш функциясини ноллик бошланғич шартлардаги доимий коэффициентли оддий дифференциал тенгламани ечиш йўли билан аппроксимация қилиш мумкин.

Кетма-кет логарифмлаш методи. Бу метод бошланғич эгри чизиқнинг (тенгламанинг тартиби 2...4 га тенг бўлган бошқариш орқали) аппроксимациясини таъминлайди. Бунда топилган дифференциал тенглама тавсифининг хатоси 4...5% дан ошмайди. Экспериментал равишда аниқланган ўтиш характеристикасини қайта ишлашда соф кечикиш звеноси эътиборга олинмайди.

Кетма-кет логарифмлаш методи ростланувчи объект тарқалиш эгри чизиғининг тенгламасини икки экспонента йиғиндиси каби келтиришга асосланган:

$$x_{\text{чиқ}}(t) = \sum_{i=0}^{n} c_{ie}^{-k_i t};$$

бу ерда c_i — доимийлар; k_i — система характеристик тенгламасининг илдизлари.

Турғунлашган система характеристик тенгламасининг барча илдизлари тескари ишорали ҳақиқий қисмга эга бўлгани учун, маълум бир t_1 қийматда тенгламанинг барча хадлари $c_1 \cdot e^{-k_1 t}$ га нисбатан жуда кичик бўлади: бу ерда k_1 абсолют катталик бўйича энг кичик ҳақиқий қисмли илдиз.

$t \to \infty$ да $x_{чиқ}(\infty) = C_0$.

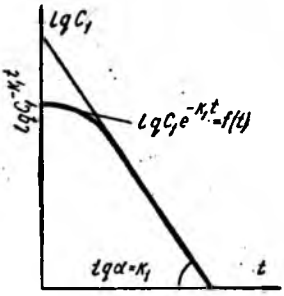
Фараз қилайлик:

$$x_{чиқ}(t) = c_0 - c_1 \cdot e^{-k_1 t} \qquad (XII—1)$$

(XII — 1) ни логарифмласак:

$$\lg [c_0 - x_{чиқ}(t)] = -k_1 t \lg e = \lg c_1 = a_1 t + b_1.$$

$$f(t) = \lg (c_i e^{-k_1 t}]$$



12. 3- расм. $fqCe = f(t)$ функциясининг графиги.

графикни логарифмик масштабда тузамиз ва олинган эгри чизиққа асимптота ўтказамиз (XII—3- расм), унинг оғиши $a_1 = -k_1 \lg e$ ни беради, унда $k_1 = \frac{a_1}{\lg e}$ ордината билан $b_1 = \lg c_1$ нуқтада кесишади, демак, $c_1 = 10^{b_1}$.

Агар олинган асимптота эгри чизиққа мос келмаса, бу ҳол изланаётган тенгламанинг тартиби бирдан катталигидан ($n > 1$) дарак беради. У ҳолда

$$x_{чиқ}(t) = c_0 - c_1 \cdot e^{-k_1 t} + c_2 \cdot e^{-k_2 t} \qquad (XII—2)$$

(10—2) ифодани логарифмласак:

$$\lg \{c, e^{-k_1 t} - [c_0 - x_{чиқ}(t)\} = \lg c_2 - k_2 t \lg e = a_2 t + b_2.$$

Юқоридаги операцияларга ўхшаш амалларни бажариб, номаълум, c_2 ва k_2 лар аниқланади. Логарифмлаш аппроксимациянинг керакли аниқлигига эришилгунча давом этади. Ростланувчи объектнинг узатиш функцияси ростлаш канали бўйича қуйидагича аниқланади:

$$W_{об}(p) = \frac{x_{чиқ}(p)}{x_{кир}(p)} e^{-p\tau};$$

бу ерда $x_{чиқ}(p)$ ва $x_{чиқ}(p)$ — боғланишларнинг Лаплас бўйича тасвирланиши.

Юзалар методи. М. 1. Симою томонидан таклиф этилган метод тарқалиш эгри чизиғидан узатиш функциясини аниқ белгилаш имконини беради.

Тадқиқ қилинаётган объект доимий коэффициентли чизиқли дифференциал тенглама орқали тасвирланади:

$$a_n \frac{d^n x_{чиқ}}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} x_{чиқ}}{dt^{n-1}} + \ldots + a_1 \frac{dx_{чиқ}}{dt} + x_{чиқ} =$$

$$= \left(b_m \frac{d^m x_{кир}}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} x_{кир}}{dt^{m-1}} + \ldots + b_1 \frac{dx_{кир}}{dt} + x_{кир} \right) \cdot K;$$

бунда $(a_n, a_{n-1}, \ldots, a_1)$; $(b_m, b_{m-1}, \ldots, b_m)$ — доимий коэффициентлар;

m ва n — мусбат сонлар (одатда $m \leqslant n$). $x_{чиқ}$ чиқиш катталиг
нинг ўлчовсиз бирликларда четга чиқиши:

$$x_{чиқ} = \frac{\Delta x_{чиқ}}{\Delta x_{чиқ}(\infty)};$$

$x_{кир}$ — кириш катталигининг ўлчовсиз бирликларда четга чиқиши:

$$x_{кир} = \frac{\Delta x_{кир}}{\Delta x_{кир}(\infty)};$$

K — ростланувчи объектнинг кучайиш коэффициенти.

Агар Лаплас алмаштириши орқали узатиш функциясига ўтсак:

$$W_{об}(p) = \frac{b_m P^m + b_{m-1} P^{m-1} + \ldots + b_1 P + 1}{a_n P^n + a_{n-1} P^{n-1} + \ldots + a_1 P + 1} \cdot K.$$

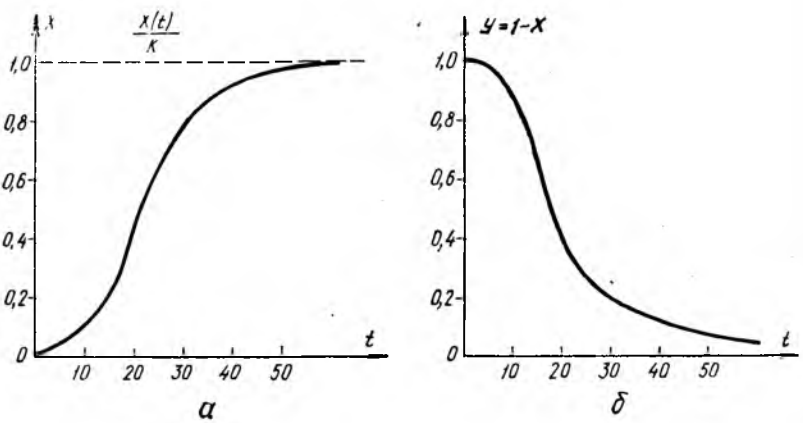
$a_1, a_2, \ldots, a_n; b_1, b_2, \ldots, b_m$ — доимий коэффициентларнинг со
қийматини аниқлаш учун қуйидаги тенгламалар системасидан фой
даланамиз:

$$\left.\begin{aligned} a_1 &= F_1 + b_1; \\ a_2 &= F_2 + b_2 + b_1 F_1; \\ a_3 &= F_3 + b_3 + b_2 F_1 + b_1 F_2; \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_i &= F_i + b_i + \sum_{i-1}^{i-1} b_j F_{i-1} \end{aligned}\right\} \qquad (XII—$$

бунда $i = 1,2, \ldots, n + m$.

Шуни ҳам айтиш керакки, $i > n$ бўлганда $a_i = 0$ бўлади; ага
$i > m$ бўлса, $b_i = 0$

$F_1, F_2, \ldots, F$ — коэффициентлар тарқалиш эгри чизиғи гра



12. 4- расм. Дифференциал тенгламанинг коэффициентларини аниқлаш учун ўтиш жараёни (*а*) ва $[K - X(t)]$ $y = 1 - x$ функция (*б*).

фигидан аниқланувчи (XII—4-расм) интеграл юзалардир. Уларнинг қийматлари қуйидаги формулалар ёрдамида топилади:

$$F_1 = \int_0^{\infty} (1 - x_{чиқ}) \cdot dt;\ F_2 = F_1^2 \cdot \int_0^{\infty} (1 - x_{чиқ}) \cdot (1 - \theta)\, dt;$$

$$F_3 = F_1^3 \int_0^{\infty} (1 - x_{чиқ}) \cdot \left(1 - 2\theta + \frac{\theta^2}{2!}\right) \cdot dt;$$

. . . . . .

$$F_i = F_1^i \cdot \int_0^{\infty} (1 - x_{чиқ}) \cdot \left[\frac{(-\theta)^{i-1}}{(i-1)!} + \frac{(-\theta)^{i-2}}{(i-2)!} + \right.$$

$$\left. + \sum_{i=0}^{i=0} \frac{F_{i-j-1}(-\theta)^j}{F_1^{i-j-1} j!} \right] d\theta;$$

бунда $\theta = \dfrac{t}{F_1}$

Агар текширилаётган объект ўз-ўзидан тўғриланиши қобилиятига эга бўлиб, соф кечикиш бўлмаса, юзалар методи қуйидаги кетма-кетликда бажарилиши керак бўлган операцияларни назарда тутади.

1. Тарқалиш эгри чизиғи абсциссалар ўқи бир-бирига тенг, қисқа Δt вақт оралиғида бўлинади, ҳар бир Δt вақт оралиғининг ўтиш функцияси тўғри чизиқдан кўп фарқ қилмаслиги лозим.

2. $\Delta x_{чиқ}$ қийматни ҳар бир Δt, $2\Delta t$, . . . , $n\Delta t$ оралиқнинг охирида $\Delta x_{чиқ}(\infty)$ га бўлиб, олинган натижалар 10—1-жадвалнинг иккинчи устунига ёзилади.

3. $[1 - x_{чиқ}(t)]$ ни ҳисоблаб чиқиб, натижалар учинчи устунга киритилади.

4. F_i юзаларни ҳисоблаш учун трапециялар формуласидан фойдаланилади:

$$\int_0^{(k+1)\Delta t} f(t) \approx \int_0^{k\Delta t} f(t)\, dt + \frac{1}{2} \Delta t (A_k + \Delta_{k+1});$$

бу ерда Δt — $f(t)$ эгри чизиқни аппроксимация қилаётган синиқ чизиқнинг қадами;

A_k ва A_{k-1} — $f(t)$ эгри чизиқнинг ординаталари (XII—1-жадвалдаги учинчи устун) маълумотларидан фойдаланиб, F_1 юза қуйидаги формуладан аниқланади:

$$F_1 = \Delta t \left\{ \sum_{i=0}^{n} [1 - x_{чиқ}(i\,\Delta t)] - 0{,}5\,[1 - x_{чиқ}(0)] \right\}.$$

5. Вақтнинг θ янги масштаби ҳисобланиб, натижалар XII — 1-жадвалнинг охирги устунига киритилади. Кейин XII — 3-жадвалда келтирилган интегралдаги функциялар маълумотларидан фой-

даланиб XII—2-жадвалнинг учинчи ва бешинчи устунлари тўлдирилади.

11 — 1-жадвал

t	$x_{чиқ}(t)$	$1 - x_{чиқ}(t)$	$\theta = \frac{t}{F_1}$
0	$x_{чиқ}(0)$	$1 - x_{чиқ}(0)$	0
Δt	$x_{чиқ}(\Delta t)$	$1 - x_{чиқ}(\Delta t)$	$\Delta t/F_1$
$2\Delta t$	$x_{чиқ}(2\Delta t)$	$1 - x_{чиқ}(2\Delta t)$	$2\Delta t/F_1$
. . .	. . .	. . .	. . .
$n\Delta t$	$x_{чиқ}(n\Delta t)$	$1 - x_{чиқ}(n\Delta t)$	$n\Delta t/F_1$

11—2-жадвал

θ	$1 - x_{чиқ}$	$1 - \theta$	$(1-x_{чиқ})\cdot(1-\theta)$	$1 - 2\theta + \frac{\theta^2}{2!}$	$(1-x_{чиқ})\cdot(1-2\theta+\frac{\theta^2}{2!})$	$(1-x_{чиқ})\cdot\left(\frac{F^3}{F_1^3} - \frac{F^2}{F_1^2}\theta + \frac{\theta^2}{2} - \frac{\theta^3}{3!}\right)$
1	2	3	4	5	6	7
0	$1-x_{чиқ}(0)$	1	$1-x_{чиқ}(0)$	1	$1-x_{чиқ}(0)$	
$\Delta\theta = \frac{\Delta t}{F_1}$						
$2\Delta\theta$						
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
$n\Delta\theta$						

6. F_2 юза қуйидаги формуладан аниқланади:

$$F_2 \approx F_1^2 \Delta\theta \left\{ \sum_{i=0}^{n} [1 - x_{чиқ}(i\cdot\Delta\theta)]\cdot(1 - i\Delta\theta) - 0{,}5[1 - x_{чиқ}(\theta)] \right\}$$

7. F_3 юза қуйидаги формула бўйича аниқланади:

θ	$1-\theta$	$1-2\theta+\frac{\theta^3}{2!}$	$\frac{\theta^3}{2!}$	$\frac{\theta^3}{3!}$
1	2	3	4	5
0,05	0,95	0,901	0,00125	0,000030
0,10	0,90	0,805	0,00500	0,000167
0,15	0,85	0,711	0,01330	0,000560
0,20	0,80	0,620	0,02000	0,001330
0,25	0,75	0,531	0,03130	0,002610
0,30	0,70	0,445	0,04500	0,004500
0,35	0,65	0,361	0,06130	0,017200
0,40	0,60	0,280	0,08000	0,010700
0,45	0,55	0,201	0,10100	0,015200
0,50	0,50	0,125	0,12500	0,020800
0,55	0,45	0,051	0,15100	0,027800
0,60	0,40	—0,020	0,18000	0,036000
0,65	0,35	—0,088	0,21100	0,045800
0,70	0,30	—0,155	0,245	0,0572
0,75	0,25	—0,219	0,281	0,0700
0,80	0,20	—0,280	0,320	0,0854
0,85	0,15	—0,339	0,361	0,1020
0,90	0,10	—0,395	0,405	0,1220
0,95	0,05	—0,449	0,451	0,1430
1,00	0,00	—0,500	0,500	0,1670
1,05	—0,05	—0,549	0,551	0,1930
1,10	—0,10	—0,595	0,605	0,2220
1,15	—0,15	—0,639	0,661	0,2540
1,20	—0,20	—0,680	0,720	0,2880
1,25	—0,25	—0,719	0,781	0,3260
1,30	—0,30	—0,755	0,845	0,3660
1,35	—0,35	—0,789	0,911	0,4110
1,40	—0,40	—0,820	0,980	0,4570
1,45	—0,45	—0,849	1,051	0,5090
1,50	—0,50	—0,875	1,125	0,5630
1,55	—0,55	—0,899	1,201	0,6210
1,60	—0,60	—0,920	1,280	0,6830
1,65	—0,65	—0,939	1,361	0,7490
1,70	—0,70	—0,955	1,445	0,8190
1,75	—0,75	—0,969	1,531	0,8940
1,80	—0,80	—0,980	1,620	0,9720
1,85	—0,85	—0,989	1,711	1,0550
1,90	—0,90	—0,995	1,805	1,1430
1,95	—0,95	—0,999	1,901	1,2360
2,00	—1,00	—1,000	2,000	1,3340
2,05	—1,05	—0,999	2,101	1,434
2,10	—1,10	—0,995	2,205	1,544
2,15	—1,15	—0,989	2,311	1,655
2,20	—1,20	—0,980	2,420	1,775
2,25	—1,25	—0,969	2,531	1,900
2,30	—1,30	—0,955	2,645	2,028
2,35	—1,35	—0,939	2,761	2,165
2,40	—1,40	—0,920	2,880	2,304
2,45	—1,45	—0,899	3,001	2,455
2,50	—1,50	—0,875	3,125	2,605
2,55	—1,55	—0,849	3,251	2,765
2,60	—1,60	—0,820	3,380	2,930

$$F_3 \approx F_1^3 \Delta\theta \left\{ \sum_{i=0}^{n} [1 - x_{чиқ}(i\Delta\theta)] \left[1 - 2\Delta\theta + \frac{(i\Delta\theta)}{2!} \right] - \right.$$
$$\left. - 0{,}5 \cdot [1 - x_{чиқ}(\theta)] \right\}$$

Амалда F_1, F_2, F_3 коэффициентларни топишнинг ўзи кифоя, чунки тажриба F_4 ва ҳоказо юзаларни аниқлашга имкон бермайди.

8. Тарқалиш эгри чизиғининг дастлабки тармоғи ўрганилиб, изланаётган узатиш функцияси аниқланади.

Агар вақтнинг t пайтида ўтиш функциясининг ҳосиласи нолга тенг бўлса, узатиш функциясининг сурати махражларидан 2 бирликка кичик бўлади. $t=0$ даги ўтиш функциясининг ҳосиласи нолга тенг бўлмаса, изланаётган узатиш функциясининг сурати махражидан 1 бирликка кичик бўлади. Изланаётган дифференциал тенгламанинг доимий коэффициенти (XII-4) тенгламалар системаси орқали аниқланади. Агар (XII-3) тенгламанинг ўнг тарафидаги барча коэффциентлар нолга тенг бўлса, ростланувчи объектнинг узатиш функцияси қуйидагича бўлади.

$$W_{ос}(p) = \frac{K}{a_n \cdot p^n + a_{n-1} \cdot p^{n-1} + \ldots + a_1 \cdot p + 1};$$

бунда $a_1 = F_1$; $a_2 = F_2$; $a_3 = F_3$; . . . ; $a_i = F_i =$ доимий коэффициентлар.

$x_{чиқ}(t)$ эгри чизиқ ўлчовсиз шаклга келтирилганини назарда тутиб, ўтиш функциясининг эгри чизиғи ординаталари объектнинг кучайиш (узатиш) коэффициенти K га бўлинади. Шунинг учун кўрилаётган хусусий ҳол учун доимий коэффициентларни аниқлаш мақсадида қуйидаги формулаларни ёзиш мумкин:

$$a_1 = \int_0^\infty [1 - x_{чиқ}(t)]\, d\theta;$$

$$a_2 = a_1^2 \int_0^\infty [1 - x_{чиқ}(t)]\,(1 - \theta)\, d\theta;$$

$$a_3 = a_1^3 \int_0^\infty [1 - x_{чиқ}(t)] \left[1 - 20 + \frac{0^2}{2!} \right] d\theta;$$

. . . . . .

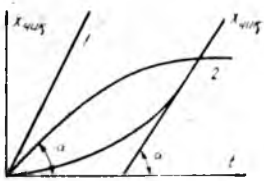
$$a_n = a_1^n \int_0^\infty [1 - x_{чиқ}(t)] \left[\frac{(-\theta)^{n-1}}{(n-1)!} + \frac{(-\theta)^{n-2}}{(n-2)!} + \sum_{m=0}^{n=3} + \right.$$
$$\left. + \frac{a_{n-m}}{a_n^{n-m-1}} \cdot \frac{(-\theta)^m}{m!} \right] d\theta;$$

бунда $\theta = \dfrac{t}{a_1}$.

Объектнинг тарқалиш функциясини унинг тарқалиш эгри чизиғи бўйича юзалар методи орқали аниқлашда F_3 юзанинг катталиги, кўпинча, тескари ишорали бўлади. Демак, изланаётган узатиш функциясининг суратини кўпайтириб махражини камайтириш керак. Бунда ростланувчи объектнинг узатиш функцияси қуйидаги шаклга келади:

$$W_{об}(p) = \frac{b_1 \cdot p + 1}{a_2 \cdot p^2 + a_1 \cdot p + 1} \quad \text{(XII—5)}$$

(XII—5) узатиш функциясининг доимий коэффициентлари қуйидаги тенгламалар системасидан аниқланади:



12. 5- расм. Чизиқли- нейтрал система дифференциал тенгламасини унинг $X_{чиқ}(t)$ югуриш эгри чизиғи бўйича коэффициентларини аниқлаш: *1* ва *2* — бошланғич югуриш эгри чизиғи белгиланадиган ёрдамчи эгри чизиқлар.

$$a_1 = F_1 + b_1$$
$$a_2 = F_2 + b_1 \cdot F_1;$$
$$a_3 = F_3 + b_1 \cdot F_2.$$

Ростланувчи объектда транспорт кечикиш мавжуд бўлса, соф кечикиш аввалдан белгиланади.

Астатик ростланувчи объектнинг узатиш функциясини аниқлаш керак бўлса (XII—5- расм). $t \to \infty$ даги ростланувчи объектнинг чиқиш катталиги интилган асимптота оғиш бурчагининг тангенси $\operatorname{tg}\alpha$ топилади. Изланаётган узатиш функцияси объектнинг бошланғич экспериментал функцияси ўрнига қурилган ёрдамчи эгри чизиқлар *1* ва *2* га мос келувчи икки узатиш функциялар айирмаси каби кўрилади:

$$W_{об}(p) = W_1(p) - W_2(p)$$

2- ёрдамчи эгри чизиқ $\Delta x_{чиқ}(t) = \Delta x_{чиқ}$, $(t) - \Delta x_{чиқ}(t) = kt - x_{чиқ}(t)$ функциясига мос келади, бу ерда $K = \operatorname{tg}\alpha$

1- ёрдамчи эгри чизиққа тўғри келадиган ўлчовсиз узатиш функцияси қуйидаги формуладан аниқланади:

$$W_1(p) = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\Delta x_{чиқ\,2}(\infty)} \cdot \frac{1}{p}.$$

$W_2(p)$ узатиш функциясининг коэффициентлари юқорида келтирилган статик объектларнинг тарқалиш эгри чизиқлари бўйича узатиш функциясини аниқлаш методикаси орқали топилади. 2- эгри чизиқ учун ўлчовсизлантириш операцияси қуйидагича бажарилади:

$$x_{чиқ\,2} = \frac{\Delta x_{чиқ\,2}}{\Delta x_{чиқ\,2}(\infty)}.$$

Агар чизиқли нейтрал объект транспорт кечикишга эга бўлса, унинг узатиш функцияси қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$W_{об}(p) = [W_1(p) - W_2(p)] \cdot e^{-p\tau}.$$

XII.8- §. РОСТЛАНУВЧИ ОБЪЕКТНИНГ ДИНАМИК ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИНИ СТАТИСТИК МЕТОДЛАР ОРҚАЛИ АНИҚЛАШ

Ростланувчи объект динамик характеристикаларини нормал эксплуатация жараёнида объектнинг кириш ва чиқиш статистик характеристикалари бўйича аниқлашни икки босқичга бўлиш мумкин:

1) тасодифий кириш ва чиқиш жараёнларининг статистик характеристикаларини аниқлаш;

2) шу маълумотлар бўйича тадқиқ қилинаётган объект характеристикаларини аниқлаш.

Вақт ўтиши билан ўзгармас параметрли объектнинг динамик хусусиятларини бир маъноли аниқловчи статистик характеристика *корреляцион функциядан* иборат. Унинг қиймати қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$R_{xx}(\tau) = \lim \frac{1}{2T} \int_{-\tau}^{\tau} x(t) \cdot (xt + \tau)\, dt \qquad (XII—6)$$

Маълум бир τ пайтдаги корреляцион функциянинг каттали-ги берилган вақтдаги тасодифий жараён қийматининг t вақтга кечиккан қиймати билан қанчалик боғлиқ эканлигини билдиради. (XII—6) ифодадан корреляцион функциянинг қуйидаги хусусиятларини аниқлаш мумкин:

1. $R_{xx}(t)$ — жуфт функция.
2. $R_{xx}(0) = (\tau)^2$, яъни x нинг дисперсиясига тенг.
3. $R_{xx}(t) \leqslant R_{xx}(0)$ агар, $|\tau| > 0$ бўлса
4. $\tau \to 0$ бўлганда, $R_{xx}(\tau) \to 0$

Икки тасодифий $x(t)$ ва $y(t)$ жараёнлар ўртасидаги боғланиш ўрганилса, бу боғланишнинг характеристикаси ўзаро корреляцион функциядан иборат эканлигини кўрамиз:

$$R_{xy}(\tau) = \lim \frac{1}{2T} \cdot \int_{-\tau}^{\tau} x(i) \cdot y \cdot (t + \tau) \cdot dt$$

$R_{xy}(\tau)$ корреляцион функциянинг асосий хусусиятлари:

1. $R_{xy}(\tau)$ — тоқ функция.
2. $R_{xy}(\tau) — 0$ агар $(\tau) \to \infty$ бўлса.

Объектнинг динамик хусусиятларини тасодифий жараёнларнинг кириш ва чиқиш характеристикалари бўйича аниқлаш қуйидагиларга асосланган:

$$R_{xy}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} K(t - \tau)\, R_{xx}(\tau)\, dt;$$

$$S_{xy}(j\omega) = S_{xx}\omega(j\omega)$$

бу ерда $\omega(j\omega)$ ва $R(\tau)$ — объектнинг частота ва импульс характеристикалари.

$$\omega(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} K(t) \cdot e^{j\omega t} dt$$

$R_{xx}(\tau)$ ва $R_{xy}(\tau)$ — корреляцион ва ўзаро корреляцион функциялар.

$S_{xx}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xx}(\tau) e^{j\omega t} dt$ — спектрал зичлик;

$S_{xy}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(\tau) e^{j\omega t} dt$ — ўзаро спектрал зичлик

Эргодик, стационар тасодифий жараёнларнинг корреляцион ва ўзаро корреляцион функциялари қуйидаги формулалардан ҳисобланади:

$$R_{xx}(m) = \frac{1}{N-m+1} \cdot \sum_{n=1}^{N-m} \cdot \dot{x}(n) \cdot \dot{x}(n+m);$$

$$R_{xy}(m) = \frac{1}{N-m+1} \cdot \sum_{n=1}^{N-m} \cdot \dot{x}(n) \cdot \dot{y} \cdot (n+m);$$

бунда N — амалга оширишнинг дискрет ординаталар сони;
m — корреляцион функциянинг дискрет аргументи;
x, y — марказлаштирилган тасодифий катталиклар.

Спектрал зичликни аниқлашнинг бир неча усули мавжуд. Биз Фурьенинг сонли алмаштиришини кўриб ўтамиз. Сонли алмаштириш формулалари учун қуйидаги бошланғич ифодалар хизмат қилади:

$$S_{xx}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xx}(\tau) \cdot \cos\omega\tau d\tau;$$

$$S_{xy}(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(\tau) \cdot e^{j\omega t} \cdot dt = R_{xy}(\omega) + jImxy(\omega)$$

Бу ерда

$$R_{xy}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(\tau) \cos\omega\tau d\tau;$$

$$Im\,xy(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(\tau) \sin\omega\tau d\tau.$$

Сонли интегралашдаги чегаралар сўниш вақтига тақрибан тенг қилиб олинади. Интегралларни ҳисоблашда квадрат формула сифатида трапециялар формуласи ишлатилади. Ҳисоблашлар $\omega = 0$ дан $\omega = \omega_{тр}$ гача бажарилади, бунда $\omega_{тр} = \frac{\pi}{\Delta t}$ — кўчириш частотаси; Δt — дискретлик символи.

Спектрал характеристикаларнинг ординаталари $\Delta\omega$ аргументнинг дискрет эквидистант қийматлари учун ҳисобланади. Қўшни қийматлар орасидаги масофа $0{,}1\ \omega_{гр}$ га тенг қилиб танланади.

XII.9-§. РОСТЛАНУВЧИ ОБЪЕКТЛАРДАГИ ОҚИМЛАРНИНГ ГИДРОДИНАМИК СТРУКТУРА МОДЕЛИ

Суюқлик ва газлар ҳаракати содир бўладиган технологик жараёнлар математик моделининг структураси аввал гидродинамик параметрларга боғлиқ бўлиб, улар кўрилаётган муҳитда оқим заррачаларининг туриш вақтини тақсимланишида намоён бўлади. Тақсимлаш функциясига кўра оқимлар структурасининг математик моделлари типавий моделлар тури каби келтирилиши мумкин.

Идеал сиқиб чиқариш модели. Бу моделга мувофиқ, оқим бўйлаб аралаштиришсиз радиал йўналишда равон тақсимланадиган поршенли оқиш жараёни қабул қилинади. Математик тавсифининг кўриниши қуйидагича:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} = -\omega \frac{\partial c}{\partial l},$$

бу ерда: C — концентрация; τ — вақт; ω — оқимнинг чизиқли тезлиги, l — координата.

Идеал аралашиш модели. Бу моделга кўра, концентрация аппаратининг умумий ҳажми бўйича равон тақсимланади. Моделнинг математик тавсифи:

$$\frac{dC}{d\tau} = \frac{V_c}{V}\,(C_{кир} - C_{чиқ});$$

бу ерда $C_{чиқ}$ — объектнинг чиқишидаги концентрация;
$C_{кир}$ — объектнинг киришидаги концентрация;
V_c, V — ҳажмий тезлик ва аппарат ҳажми.

Бир параметрлик диффузион модель. Бир параметрлик диффузион модель тескари аралаштириш билан мураккаб ҳолга келтирилган сиқиб чиқариш моделига асосланган. Модель қуйидагича тавсифланади:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = -\omega \frac{\partial^2 C}{\partial l^2} + D_l \frac{\partial C}{\partial l^2};$$

бу ерда D_l — тескари аралаштириш коэффициенти.

Бир параметрлик диффузион моделнинг тенгламасида қуйидаги йўл қўйишлар киритилган: концентрациянинг ўзгариши; координатанинг узлуксиз функцияси; бу кесимдаги концентрация доимийси; оқим алмашув тезлиги ҳамда бўйлама алмаштириш коэффициенти оқимнинг узунлиги ва кесими бўйича ўзгармайди.

Икки параметрлик диффузион модель. Бу моделнинг математик тавсифида юқоридаги моделга қараганда қўшимча ҳад пайдо бўлади. Унинг вазифаси оқимнинг кўндаланг равонсизлигини эътиборга олишдир:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = -w\frac{\partial C}{\partial l} + D_e\frac{\partial^2 C}{\partial l^2} + \frac{D_p}{R}\cdot\frac{\partial}{\partial_R}\cdot\left(R\frac{\partial C}{\partial l}\right);$$

бунда R — аппарат радиуси; D_R — радиал аралаштириш коэффициенти.

Ҳужайрали модель. Бу моделда кетма-кет жойлашган катаклар ичида идеал, аралаштириш мавжуд бўлиб, катаклар орасида эса шундай аралаштириш бўлмайди. Моделни таърифловчи параметр — моделдаги ҳужайралар сонидир. Бу моделнинг математик тавсифи биринчи тартибли дифференциал чизиқли тенгламаларни ўз ичига олади:

$$\frac{1}{m}\frac{\partial C}{\partial \tau} = \tau_n (C_{i-1} - C_i);$$

бу ерда $i = 1,2, \ldots, m$; $t_n = \frac{V_c}{V_i}$;

V_i — идеал аралаштириш ҳужайрасининг ҳажми.

Оқимлар гидродинамик структураси моделларининг параметрлари ва оқимда заррачалар туриш вақтининг тақсимланиши ўртасидаги алоқа. Оқимда заррачаларнинг туриш вақтини тақсимлаш характери статистик қонунларга бўйсуниб, системадан ўтадиган сигналлар турига боғлиқ. Бундай сигнал сифатида поғонали, импульсли ёки частотали ғалаёнланиш каби индикаторнинг система киришига узатилиши ишлатилади. Оқимда заррачаларнинг туриш вақтини тақсимлаш характерини аниқлаш моментларининг статистик тушунчаларига асосланган ва эҳтимоллик зичлигининг тақсимланиши билан боғлиқ. Эҳтимоллик зичлигининг нолавий моменти 1 га тенг:

$$M_0 = \int_0^\infty C(\tau)\, d\tau = 1;$$

бунда $C(\tau)$ — туриш вақтининг функцияси, у t вақтдан кам бўлган вақт давомидаги чиқаётган оқимнинг индикатор ҳиссасини таърифлайди. $C(\tau)\, d\tau$ катталик модданинг чиқаётган оқимидаги ҳиссаси.

Биринчи момент математик кутишдан иборат бўлиб, қуйидаги ҳолатни аниқлайди:

$$M_1 = \frac{\int_0^\infty \tau C(\tau)\, d\tau}{\int_0^\infty C(\tau)\, d\tau}.$$

Иккинчи, тарқалишни ифодаловчи момент дисперсиядан иборат:

$$M_2 = \frac{\int_0^\infty \tau^2 C(\tau)\, d\tau}{\int_0^\infty C(\tau)\, d\tau}.$$

Учинчи момент тақсимлашнинг қиялигини ёки асимметриясини таъ-рифлайди:

$$M_3 = \frac{\int_0^\infty \tau^3 C(\tau)\, d\tau}{\int_0^\infty C(\tau)\, d\tau}.$$

Умумий ҳолда m тартибли момент:

$$M_m = \frac{\int_0^\infty \tau^m C(\tau)\, d\tau}{\int_0^\infty C(\tau)\, d\tau}.$$

Мисол тариқасида, идеал аралашиш моделининг параметрлари ва унинг моментлари ўртасидаги алоқани кўриб чиқамиз. Идеал аралашиш моделини тавсифловчи дифференциал тенгламани ечсак, C эгри чизиққа эга бўламиз:

$$C(\tau) = \frac{V_c}{V} \cdot e^{-\frac{V_C}{V}} \cdot d\tau \qquad \text{(XII—7)}$$

M_0 ни аниқлаш учун (XII — 7) ифодани интеграллаш лозим:

$$M_0 = \int_0^\infty \frac{V_c}{V} \cdot e^{-\frac{V_C}{V}} d\tau;$$

$\frac{V_c}{V}\tau = 0$ десак:

$$M_0 = \int_0^\infty e^{-\theta} \cdot d\theta = e^{-\theta}\Big|_0^\infty = -(0-1) = 1,$$

яъни C эгри чизиқли юзани ифодаловчи нолавий момент 1 га тенг. M_1 ни аниқлаш учун (XII — 7) тенгламани τ га кўпайтирамиз ва 0 дан ∞ гача интегралаймиз.

$$M_1 = -\frac{V}{V_c}\int_0^\infty \theta\, d(-e^{-\theta}).$$

Охирги интегрални бўлакларга бўламиз:

$$M_1 = \frac{V}{V_c} \cdot \int_0^\infty \theta\, d(e^{-\theta}) = -\frac{V}{V}[\theta e^{-\theta}]\Big|_0^\infty - \int_0^\infty e^{-\theta}\, d\theta =$$

$$= -\frac{V}{V_c}[0 - 0 - 1] = \frac{V}{V_c}.$$

Тақсимлаш моментларини C эгри чизиқни интеграллаш иули билан аниқлаш ҳар доим қулай ва мумкин бўлавермайди. Шу-

нинг учун бу моментлар узатиш функциялари орқали аниқланади. Объектнинг узатиш функцияси Лаплас алмаштириш бўйича вазн функциясининг тасвиридир:

$$W(p) = \int_0^\infty e^{-p\tau} C(\tau)\, d\tau \qquad (XII - 8)$$

(XII — 8) ни p бўйича дифференциаллаймиз:

$$\frac{\partial W(p)}{\partial p} = \int_0^\infty (-\tau)\, e^{-p\tau} C(\tau)\, d\tau = -\int_0^\infty \tau e^{-p\tau} \cdot C(\tau)\, d\tau$$

Агар $P = 0$ бўлса:

$$\left[\frac{\partial W(p)}{\partial P}\right]_{P=0} = -\int_0^\infty \tau C(\tau)\, d\tau = -M_1 \qquad (XII - 9)$$

(XII — 9) ни қайтадан дифференциаллаймиз ва $P = 0$ деб қуйидагини топамиз:

$$\left[\frac{\partial^2 W(P)}{\partial P^2}\right]_{P=0} = \int_0^\infty \tau^2 C(\tau)\, d\tau.$$

Умумий ҳолда $P = 0$ бўлганда

$$M_s = (-1)^s \frac{\partial^s W(p)}{\partial P^s}.$$

XIII боб. РОСТЛАШ СИФАТИ

XIII.1-§. ЧИЗИҚЛИ АВТОМАТИК РОСТЛАШ СИСТЕМАЛАРИНИНГ ТУРҒУНЛИГИ

Автоматик ростлашнинг ҳар қандай системаси ҳам турғун бўлиши керак. Фақат нодаврий ёки сўнувчи тебранишли жараёнларга хос бўлган чизиқли АРС турғун система деб аталади.

Ўтиш жараёнининг турғунлигини тадқиқ қилиш дифференциал тенғлама ёки ростлаш системаси частота характеристикасининг анализига асосланган. АРС нинг турғунлиги таркибий звеноларнинг динамик хусусиятлари бирикмасига боғлиқ. Тузилиши жиҳатидан турғун системалар объектдаги динамик характеристикалар ва ростлагичлар параметрларининг муайян қийматида нотурғун системага айланади.

А. М. Ляпунов чизиқли системалар тургунлигининг қуйидаги шартларини ифодалаган: 1) агар характеристик тенгламалар илдизларининг барча ҳақиқий қисмлари манфий бўлса, тенглама турғун бўлади; 2) агар бу тенглама илдизларидан бирортаси мусбат бўлса, система нотурғун бўлади.

АРС нинг эркин ҳаракати бир жинсли дифференциал тенглама орқали тавсифланади:

$$a_n \frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \ldots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = 0$$

Бу чизиқли дифференциал тенгламанинг ечими:

$$y = C_1 e^{\omega_1 t} + C_2 e^{\omega_2 t} + \ldots + C_n e^{\omega_n t};$$

бу ерда C_1, C_2, C_3, ... C_n — бошланғич шартлардан аниқланадиган ихтиёрий доимийлар; ω_1, ω_2, ω_3, ... ω_n — характеристик тенглама илдизлари:

$$a_n \omega^n + a_{n-1} \omega^{n-1} + \ldots + a_1 \omega + a_0 = 0$$

Шундай қилиб, дифференциал тенгламани ўзгартирсак, характеристик тенглама деб аталадиган алгебраик тенглама ҳосил қиламиз.

Агар характеристик тенглама тўртинчи тартибдан юқори бўлса, у умумий ҳолда ечилмайди. Шунинг учун системанинг турғунлиги ҳақида фикр юритиш учун баъзи белгиларни аввалдан билиш мақсадга мувофиқдир. Бу белгилар вазифасини турғунлик критерийлари бажаради.

XIII.2-§. РАУС — ГУРВИЦ АЛГЕБРАИК КРИТЕРИЙСИ

Бу критерий 1877 йилда инглиз олими Раус ва 1893 йилда немис математиги Гурвиц томонидан таърифланган:

n-тартибли чизиқли системанинг турғун бўлиши учун берилган системанинг характеристик тенгламасида коэффициентлардан ташкил топган n та аниқловчилар мусбат бўлиши зарур ва етарли:

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \ldots + a_{n-1} p + a_n = 0 \qquad \text{(XIII—1)}$$

Бунда қуйидаги қоидаларга асосан коэффициент $a_0 > 0$ бўлиши керак:

1) асосий диагонал бўйича ўсиш тартибида a_1 дан a_n гача барча координаталар кўчириб ёзилади;

2) аниқловчининг барча устунлари диагоналдан юқорига индекслари ўсаётган коэффициентлар, диагонал элементларидан пастга эса индекслари камаювчи коэффициентлар билан тўлдирилади;

3) энг катта тартибли Гурвиц аниқловчиси системанинг характеристик тенгламаси даражасига тўғри келади;

4) n дан катта индексли коэффициентлар нолга тенг;

5) индекслари нолдан кичик бўлган коэффициентлар нолга тенглаштирилади;

6) охирги Δ_n аниқловчи $a_n \Delta_{n-1}$ га тенг. Шунга мувофиқ Гурвиц аниқловчилари қуйидагича бўлади:

$$\Delta_1 = a_1; \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix}; \quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix}.$$

ва ҳоказо

Гурвиц аниқловчисининг умумий кўриниши эса:

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & a_7 & \dots & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & a_6 & \dots & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 & \dots & 0 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & a_n \end{vmatrix}.$$

Раус — Гурвиц мезони асосида энг содда системалар турғунлигининг қуйидаги шартлари келиб чиқади: 1) агар биринчи ва иккинчи тартибли системаларда характеристик тенгламанинг барча коэффициентлари мусбат бўлса, бу системалар турғун бўлади; 2) агар учинчи тартибли системада характеристик тенгламанинг барча коэффициентлари мусбат бўлиб, $a_1 \cdot a_2 > a_0 \cdot a_3$ бўлса, система турғун бўлади; 3) агар характеристик тенгламанинг барча коэффициентлари мусбат бўлиб, $a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 > a_0 \cdot a_3^2 \cdot a_4 \cdot a_1^2$ бўлса, тўртинчи тартибли система турғун ҳисобланади.

Раус-Гурвиц мезонидан фойдаланилганда Δ_1 дан Δ_n гача барча аниқловчиларни ҳисоблашнинг кераги йўқ. Масалан, учинчи тартибли системанинг турғунлигини аниқлаш керак бўлса, учта аниқловчидан бирини топишнинг ўзи кифоя. a_4 ва a_5 коэффициентлар Δ_3 аниқловчида нолга тенг:

$$\Delta_2 < \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_0 a_3.$$

Агар Δ_2 аниқловчи мусбат бўлса, Δ_3 аниқловчи ҳам мусбат бўлади. $\Delta_3 = a_3 \cdot \Delta_2 > 0$, чунки $a_3 > 0$. Δ_1 аниқловчи эса маълум ($\Delta_1 = a_1$) ва мусбат (чунки $a_1 > 0$). Алгебраик критерий бешинчи тартибдан ошмайди ва у кечикишсиз чизиқли системалар учун анча қулай.

XIII.3-§. МИХАЙЛОВ ГЕОМЕТРИК МЕЗОНИ

Чизиқли автоматик ростлаш системасининг турғунлик мезони А. В. Михайлов томонидан 1938 йилда таклиф этилган. Комплекс ўзгарувчининг текислигидаги ростлаш системасининг характеристик тенгламаси орқали аниқланувчи вектор система характеристик тенгламаси (XIII-1) даги ω катталик мавҳум $j\omega$ аргумент билан алмаштириш йўли билан топилади:

$$L(j\omega) = a_n (j\omega)^n + a_{n-1} (j\omega)^{n-1} + \dots + a_1 (i\omega) + a_0; \qquad \text{XIII—2)}$$

$j = \sqrt{-1}$; $j^2 = -1$; $j^3 = -j$; $j^4 = 1$; ... эканлигини эсга оламиз. (XIII — 2) характеристик функция таркибига кирган барча жуфт даражали $j(\omega)$ қўшилувчилар ҳақиқий, тоқ даражалиги эса мавҳум катталик бўлади. Демак:

$$L(j\omega) = M(\omega) + jN(\omega),$$

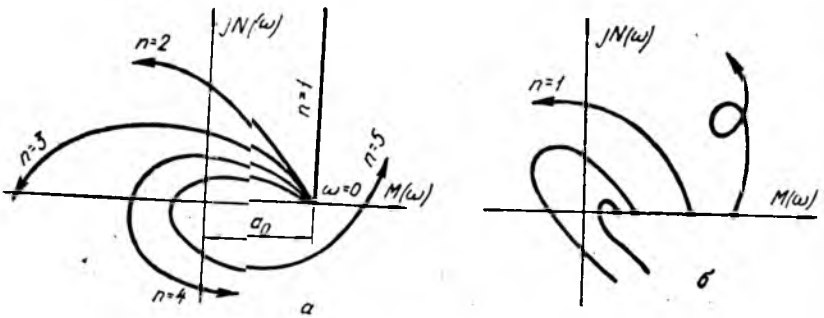
бунда

$$M(\omega) = a_0 - a_2\omega^2 + a_4\omega^4 - \dots,$$

$$M(\omega) = a_1\omega - a_3\omega^3 + a_5\omega^5 \ldots .$$

Агар ω ни 0 дан ∞ гача кетма-кет ўзгартирсак, вектор *Михайлов годографи* номли эгри чизиқни ҳосил қилади. Комплекс текисликдаги годограф шакли бўйича тадқиқ қилинаётган системанинг турғунлиги ҳақида фикр юритиш мумкин. Михайлов критерийси қуйидагича ифодаланади: *агар $L(j\omega)$ характеристик функциясининг годографи ω нинг 0 дан ∞ гача ўзгарилишида мусбат йўналишда комплекс текисликнинг n квадрантларни айланиб чиқса (n — кўрилаётган система характеристик тенгламасининг даражаси), ростлаш системаси турғун бўлади.* Бу хусусий ҳолда соат стрелкасининг ҳаракатига тескари йўналиш мусбат ҳисобланади.

Агар XIII — 1 ёки (XIII — 2) ифодаларда $\omega = 0$ деб фараз қилинса, $L(j\omega) = a_0$ бўлади. Бошқача қилиб айтганда $\omega = 0$ бўлса, годограф ҳақиқий ўқни координата бошидан a_0 масофада турган нуқтада кесиб ўтади. Агар $M(\omega)$ ўзгарувчи ω нинг жуфт, $W(\omega)$ эса тоқ функцияси эканлигини эътиборга олсак, годограф ҳақиқий ўққа нисбатан симметрик жойлашади деган хулосага келамиз. Шунинг учун ω нинг 0 дан ∞ гача ўзгаришида годографнинг ярим тармоғини қуришнинг ўзи кифоя.



13. 1- расм. Михайлов годографлари:

а — турғун системалар учун; *б* — нотурғун системалар учун.

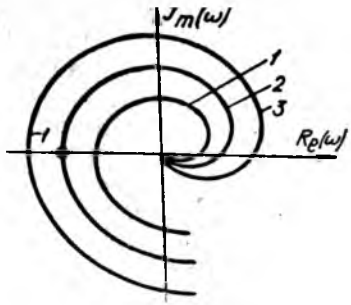
XIII—1- расмда биринчи тартибдан бешинчи тартибгача бўлган турғун ва нотурғун системалар учун Михайлов годографлари кўрсатилган. Биринчи тартибли тенгламага — мавҳум ўққа параллел бўлиб, ундан a_0 масофада турган тўғри чизиқ мос келади. Юқори тартибли системаларга эгри чизиқлар мосдир. Михайлов критерийсидан кечикишга эга бўлган турғун чизиқли системаларни ўрганишда ҳам фойдаланиш мумкин.

XIII.4- §. НАЙКВИСТ — МИХАЙЛОВ ЧАСТОТА МЕЗОНИ

Бу мезон 1932 йилда электрон кучайтиргичларнинг турғунлигини тадқиқ қилиш учун Найквист томонидан таклиф этил-

ган. Автоматик ростлаш назариясида частота мезони 1936 йилда умумлаштирилган ҳолда қўлланилган.

Очиқ системанинг анализида Найквист — Михайлов амплитуда-фаза мезонидан фойдаланиб, ростлаш системасининг турғунлиги ҳақида фикр юритилади. Турғунликни бу метод бўйича ўрганишда экспериментал равишда аниқланган амплитуда-фаза характеристикалардан фойдаланилади. Ниҳоят, мезон системанинг турғунлик даражаси ҳақида маълумот олишга имкон беради. Агар система нотурғун бўлса, Найквист — Михайлов мезони системани стабиллаштириш ва тўғриловчи звено ҳамда контурлар ёрдамида ёпиқ системанинг исталган характеристикасига эришиш йўлларини кўрсатади.



13. 2- расм. Турли системалар учун амплитуда-фаза характеристикаларининг намуналари:

1 — турғун системалар учун; *2* — турғунликка яқин системалар учун; *3* — нотурғун системалар учун.

Бу мезоннинг ифодаси қуйидагича: *очиқ ҳолатда турғун бўлган автоматик ростлаш системаси агар очиқ системанинг амплитуда фаза характеристикаси* ω *нинг 0 дан* ∞ *гача ўзгаришида (—1, 10) координаталарга эга бўлган нуқтага етмаса, ёпиқ ҳолатда ҳам турғун бўлади.*

XIII—2- расмда турғун ва нотурғун, шунингдек, турғунлик чегарасида турган системаларнинг очиқ ҳолатидаги амплитуда-фаза характеристикалари келтирилган. Биринчи тартибли дифференциал тенгламалар орқали тавсифланувчи системаларнинг АФХ си бир квадрантда жойлашади. Иккинчи тартибли дифференциал тенгламалар орқали тавсифланувчи системаларнинг АФХ си икки квадрантга жойлашади. Характеристик тенгламаларнинг коэффициентлари мусбат бўлса, бу системалар турғун бўлади. Учинчи ва ундан юқори тартибли тенгламалар орқали тавсифланувчи системаларнинг характеристик ёки дифференциал тенгламалари коэффициентлари мусбат бўлса ҳам бу система нотурғун бўлади.

XIII.5- §. РОСТЛАШ ЖАРАЁНИНИНГ СИФАТИ

Бирор автоматик ростлаш системасининг амалда ишлатилиши унинг турғунлик талабларини бажаришига боғлиқ (булар фақат зарур бўлган шартлардир). АРС нинг ишлатлиши учун етарли бўлган шарт — системанинг талаб қилинган ростлаш сифатини таъминлаш қобилиятидир. Бу сифат ростлаш системасидаги ўтиш жараёнларининг шаклига боғлиқ.

Системанинг турли параметрлари ростлаш жараёнига кўрсатилган таъсир ҳақида хулоса чиқариш ҳамда системанинг дифференциал ёки характеристик тенгламаларининг умумий кўринишини ечиш учун лозим.

Агар система тўртинчи тартибдан юқори бўлса, тенгламани ечиш мумкин бўлмайди, чунки унинг илдизлари радикаллар орқали ифодаланмайди. Шунинг учун ростлаш сифати, яъни турғунлик даражаси, билвосита интеграл ёки хусусий анализ ёрдамида баҳоланади. Амалда ростлаш сифатини интеграл баҳолаш методи билан баҳолаш кенг тарқалган.

Интеграл баҳолаш методи — маълум интегрални ростланадиган параметрдан четга чиқишида ҳисоблашга асосланиб, дифференциал тенгламаларни ечишни талаб қилмайди. Ростлаш сифатини чизиқли квадратик ва тузатилган квадратик баҳолаш методлари мавжуд. Бу баҳолашлар ростлаш жараёнининг бир йўла икки томонини: сўниш тезлиги ва ўтиш жараёнидаги ростланувчи параметрнинг четга чиқиш катталигини таърифлайди.

Чизиқли интеграл баҳолаш 1. Ўтиш жараёнининг сифати ростланувчи параметрнинг берилган қийматдан четга чиқиши ва ростлаш вақти орқали аниқланади. Ўтиш жараёнининг эгри чизиғи остидаги юза бу икки факторни ўз ичига олиб, шу юза қанчалик кичик бўлса, қолган шартлардаги ростлаш жараёнининг сифати шунча яхши бўлади. Ростлашнинг вазифаси системадаги ўтиш характеристикаси сифатининг I_1 чизиқли интеграл баҳолашнинг энг кичик қийматини таъминлашдан иборат:

$$I_1 = \int_0^\infty \varphi \, dt.$$

Чизиқли интеграл баҳолашнинг мезоннинг камчилиги унинг нодаврий жараёнларга яқин бўлган жараёнларни таъминловчи системалар учун ишлатилишидир. Тебранишли ўтиш жараёнларининг сифатини баҳолаш учун бу мезондан фойдаланиб бўлмайди, чунки ўтиш жараёнининг мусбат ярим тўлқинлари манфий ярим тўлқинлар билан алмашиб туради; бу ярим тўлқинлар юзасининг ишораси ҳам кетма-кет қарама-қарши ишоралар билан алмашиниб туради.

Квадратик интеграл баҳолаш I_2. Нодаврий ва тебранишли ўтиш жараёнлари учун ростлаш жараёнининг сифатини квадратик интеграл баҳолаш I_2 усулини қўллаш мақсадга мувофиқдир.

$$I_2 = \int_0^\infty \varphi^2 \, dt$$

Бундай баҳолаш $\varphi^2(t)$ эгри чизиқ ва абсциссалар ўқи билан чекланган юзани ҳосил қилади. φ тенгсизликнинг ишораси ўзгарганда ростланувчи катталикнинг берилган қийматининг чизиғини икки томонида жойлашган юзаларининг абсолют қийматини жамлашга халақит бермайди. Алоҳида юзаларнинг қийматини ҳисоблашда ординатанинг ўрнига унинг квадратик қиймати ҳисобга олинади.

Бу мезоннинг маъноси шундаки, I_2 интеграл катталик қа
кичик бўлса, ростлашнинг сифати шунча яхши бўлади. Шун
қилиб, квадратик интеграл балансни қўллаш I_2 интегралн
энг кичик қийматини таъминловчи параметрлар излаш
назарда тутади.

I_2 интеграл баҳолашнинг минимал қийматга эга бўлган иккита
салан, S_0 ва S_1 параметрини топиш керак бўлса, интеграл б
лашни шу S_0 ва S_1 параметрлар функциясида ёзиш ва $I_2(S_0$,
функциянинг хусусий ҳосилаларини нолга тенглаштириш керак:

$$I_2 = f(S_0,\ S_1) \qquad \text{(XII}$$

$$\left.\begin{aligned}\frac{\partial I_2(S_0,\ S_1)}{\partial S_0} &= 0\\ \frac{\partial I_2(S_0,\ S_1)}{\partial S_1} &= 0\end{aligned}\right\} \qquad \text{(XIII}$$

(XIII — 4) система бўйича I_2 интеграл баҳолашнинг минимумини
лаётган S_0 ва S_1 параметрлар бўйича I_2 минимумга эга бўлмас
мумкин. Бундай ҳолларда бошқа факторларга кўра тузилган
моқдаги I_2 баҳолашнинг энг кичик қиймати бўйича оптимал
метрлар танланади.

Шуни ҳам қайд қилиш керакки, турли ўтиш жараёнлар
эга бўлган АРС лар бир хил катталикни баҳолаш билан
таърифланиши мумкин. Шунинг учун I_2 баҳолаш кичик бў
ўтиш жараёни солиштирилаётган жараёндан яхшироқ деб
кидлаш ўринли бўлавермайди. Ростлаш жараёнининг си
тини аниқлашдаги квадратик интеграл баҳолаш усулининг
сий камчилиги ҳам шундадир.

Тузатилган квадратик интеграл баҳолаш I_3. Ростлаш
раёнининг сифатини тузатилган квадратик интеграл метод I_3 бў
баҳолашни А. А. Фельдбаум таклиф этган:

$$I_3 = \int_0^\infty \left[\varphi^2 + K_2 \cdot \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2\right] \cdot dt;$$

бу ерда K — ўтиш жараёнидаги эгри чизиқнинг вақт доимийси.

Интеграл квадратик баҳолаш. K вазнли $\frac{d\varphi}{dt}$ ҳосилани кир
ўтиш жараёни тезлигининг ростлаш сифатига кўрсатган таъси
эътиборга олиш имконини беради.

Исталган АРС синтезининг вазифаси I_3 интегралнинг
кичик қийматини таъминловчи шартларни топишдан ибо
I_3 интегралнинг минимумлаштириш хусусияти унинг мукам
нинг минимуми ростлаш системасида ўтаётган жараён
нодаврий ва монотон эканлигидан далолат беради.

XIII6-§. ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁННИНГ РЕЖИМИНИ СТАТИК ВА ДИНАМИК ОПТИМАЛЛАШТИРИШ

Автоматик бошқариш системаларининг вазифаси ўринсиз таъсирларни бартараф этиб, технологик жараёнларнинг керакли режимларини сақлаш ёки уларни муайян мезон бўйича оптимал олиб боришдан иборат. Технологик жараёнларни автоматик бошқариш системалари ишлаш критерийси, мураккаблик даражаси ва бошқарув алгоритмларига кўра учга бўлинади.

1) технологик режим параметрларини стабиллаш системалари;

2) статик оптималлаш системалари;

3) динамик оптималлаш системалари.

Технологик режим параметрларини стабиллаш системалари. Бу типдаги бошқариш системалари амалий автоматик бошқариш тажрибасида кенг тарқалган. Бу системалар оддий саноат ростлагичлари ёрдамида бирмунча аниқлик даражаси билан технологик режим параметрларини (температура, босим, сатҳ, концентрация ва бошқалар) стабиллаш вазифасини бажаради. Стабиллаш системаларининг мезонини математик кўринишда $Y_i = Y_i^{\text{бер}}$ деб ёзиш мумкин. Ушбу мезоннинг аниқлиги танланган ростлаш қонунига боғлиқ.

Бу типдаги системаларнинг афзаллиги — стандарт пневматик ёки электрик ростлагичларда бажариладиган системанинг ҳисоби ва амалга оширилишининг соддалигидадир. Стабиллаш системаларининг камчилиги шундаки, улар кириш параметрлари, масалан, юк, хом ашё кўрсаткичлари ва бошқалар ўзгарганида ҳам аввалги оптимал бўлмай қолган технологик режимни сақлаб туради. Одатда, технологик жараённи бир режимдан иккинчисига ўтказиш берилган вазифани ёки ростлагичларнинг ростланишини ўзгартирувчи оператор орқали бажарилади. Жараёндаги кириш ўзгарувчилари жуда тез ўзгарса, оператор жараённи бир режимдан иккинчисига ўтказишга улгурмайди ёки бу ўтказиш оптимал бўлмаган тарзда бажарилади, натижада жараённинг давом этиши учун қўшимча сарфлар талаб қилинади (масалан, хом ашё, энергиянинг кўп сарфланиши). Бу системаларнинг яна бир камчилиги автомат ростлагичлар ғалаёнланишларни оптимал бўлмаган режимда қайта ишлаши, уларнинг ростланиши ўзгарганда эса технологик жараённи бир режимдан иккинчисига оптимал бўлмаган тарзда ўтказишдир.

Статик оптималлаш системалари. Бу классдаги технологик жараёнларни бошқариш системалари объектнинг кириш ўзгарувчилари шартларининг ўзгаришида даврий статик оптималлашни бажаришга имкон беради, улар кимё ва озиқ-овқат саноатида кенг қўлланилмоқда.

Кириш параметрларининг турли қийматлари учун чизиқли бўлмаган дастурлаш методи орқали бошқаришни вариациялаш йўли билан ишлаш мезонининг максимуми аниқланади:

$$I = f(Y, Z, V).$$

Кўпинча мезон сифатида фойда кўрсаткичи ишлатилади:

$$I = C_y Y - C_z Z - C_u V;$$

$$I_{опт} = \max_{u \in I} I,$$

бу ерда: Y — чиқарилаётган маҳсулот вектори;
Z — хом ашё ва энергия вектори;
V — бошқариш вектори;
C_y, C_z, C_u — маҳсулот, хом ашё ва энергия нархи.

Оптималлик мезони ростланувчи объект ва бошқариш системаси вазифасининг анализидан шаклланади. Бунинг учун ростлаш системасининг статик характеристикаларидан фойдаланиш мумкин. Статик характеристикаларни оптималлаш кўпроқ ростланувчи объект кўрсаткичларига тегишли. Бунда системанинг иш шароитига кўра муайян катталикнинг экспериментал қийматини топиш керак. Бу талаб бошқарилувчи объектнинг статик характеристикаларидаги экстремум нуқталарини аниқлаш ва системанинг шу нуқталар атрофидаги ишини таъминлаш йўли билан бажарилади.

Статик оптималлаш системалари, одатда, бошқарувчи ҳисоблаш машиналари ёки аналог рақамли техника элементларида амалга оширилади. Оптимал бошқаришларни ҳисоблашдан ташқари бошқарувчи ҳисоблаш машиналари (БҲМ) дастлабки математик моделнинг даврий равишда тўғриланишини таъминлаши керак. Датчикларнинг сўроғи, бошқарувчи таъсирларни ҳисоблаш ва моделга тузатишлар киритиш даврий равишда бажарилади, бошқарувчи таъсирларнинг қиймати эса бевосита ростловчи органларга ёки автоном ростлагичларнинг созланишига узатилади. Статик оптималлаш системалар, стабиллаш системаларига хос бўлган кўп камчиликлардан ҳолисдир. Улар технологик жараённинг ўзгарган кириш ўзгарувчиларига мувофиқ ҳолда оптимал статик режимни таъминлайди. Агар бошқарилмайдиган кириш ўзгарувчилари суст ўзгариб технологик аппаратнинг динамикаси эътиборга олинмаса, БҲМ лар статик моделни даврий равишда мослаб, бошқарилувчи ўзгарувчиларнинг янги қийматини ҳисоблаб туради. Бундай бошқариш системалари статиканинг оптимал режимини сақлайди ва динамиканинг оптмал мезонини таъминламайди.

Баъзи технологик жараёнлар хусусий ғалаёнланишларга эга бўлгани сабабли системанинг иши ностационар режимларда ўтади. Бундай ҳолларда статик оптималлаш системаси жараённинг оптимал ўтишини таъминлай олмайди, чунки бошқариш алгоритмига киритилган математик модель системанинг ностационар хусусиятларини акс эттирмайди. Шунинг учун статик моделга тузатишлар киритиб, оптимал бошқаришни ҳисоблаш имконияти бўлмайди.

Динамик оптималлаш системалари. Бу типдаги технологик

жараёнларни бошқариш системалари маълум бир интеграл мезонни оптималлаш масаласини ҳал қилади:

$$I = \int_{t_0}^{t_1} f(Y, Z, V)\, dt.$$

Бу мезоннинг хусусий варианти — фойдадир:

$$I = \int_{t_0}^{t_1} \{C_y Y(t) - C_z Z(t) - C_u V(t)\}\, dt;$$

$$I_{опт} = \underset{V \in I}{\text{extremum}}\ I.$$

Технологик жараёнларнинг динамик модели умумий ҳолда параметрлари мужассамлашган объектлар учун чизиқли бўлмаган дифференциал тенгламалар системасидан, ёки (параметрлари тақсимланган объектлар учун) хусусий ҳосилали тенгламалар системасидан иборат.

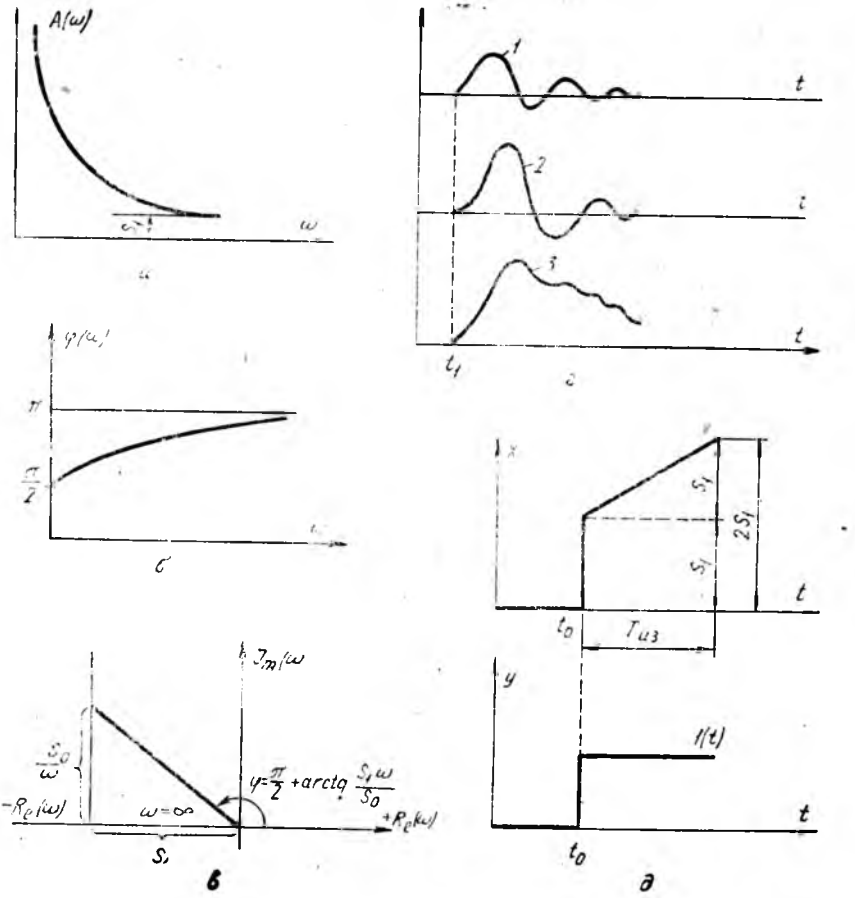
Динамик оптималлашнинг вазифаси, одатда, турли чекланишлар билан боғлиқ қўшимча шартлар мавжуд бўлган маълум функцияларнинг экстремумларини топишдан иборат. Бу чекланишлар $y(t)$ функция ҳосилаларининг муайян максимал катталикларидан иборат бўлиб, қуйидагича ифодаланади

$$\left| \frac{d^n y(t)}{dt^n} \right| \leqslant M_n;$$

бу ерда M_n — доимий катталик ($n = 1, 2, 3, \ldots$)

Ўтиш функцияларининг ҳосилаларида чекланишлардан ташқари бошқа мумкин бўлган чекланишларни ҳам эътиборга олиш керак. Динамик оптималлаш системалари технологик жараёнларнинг фақат турғун режимидагина эмас, балки ўзгарувчан иш режимларида ҳам фойданинг энг катта қийматини таъминлайди. Бошқарилувчи объектнинг ностационар иш режимларини акс эттирувчи математик модель вақтнинг исталган моментида оптимал бошқаришни тузатиш ва ҳисоблашга имкон беради.

Динамик оптималлаш системасини амалга ошириш бирмунча қийинчиликлар билан боғлиқ бўлиб, катта ҳажмли хотирлаш қурилмалари ва БҲМ нинг жадал ҳаракатини талаб қилади. Ҳозирги пайтда динамик оптималлаш системалари жуда кам амалга оширилади. Аммо технологик жараёнларнинг типавий динамик математик моделларини яратиш динамик оптималлаш принципларини кимёвий технологик жараёнларни бошқаришда қўллашга имкон беради.



14. 3- расм. ПИ- ростлагичнинг характеристикалари:

а — амплитуда- частота; *б* — фаза- частота; *в* — амплитуда — фаза; *г* — S_0 ва S_1 нинг турлича созланишда ростлаш системасини ўтиш жараёни; *д* — ростлагичнинг югуриш эгри чизиғи.

$$W(j\omega) = \sqrt{\left(\left(\frac{s_0}{\omega}\right)^2 + s_1^2\right)} \exp\left(\frac{\pi}{2} + \operatorname{arctg}\frac{s_1^{\omega}}{s_0}\right). \qquad \text{(XIV — 6)}$$

XIV — 3- расмда кўрилаётган ростлагичлар синфининг характеристикаси тасвирланган. (XIV — 6) тенгламадан қуйидаги хулоса келиб чиқади: агар $\omega = 0$ бўлса, АЧХ ∞ га тенг, агар $\omega = \infty$ бўлса, АЧХ s_1 га тенг (XIV — 3- расм, *а*). Агар $\omega = 0$ бўлса, ростлагичнинг ФЧХ си $\frac{\pi}{2}$ га тенг, агар $\omega = \infty$ бўлса, ФЧХ π га тенг бўлади (XIV — 3- расм). Изодромли ростлагичнинг АФХ си (XIV — — 3- расм, *в*) комплекс текисликдаги ординаталар ўқига параллел ва мавҳум ўқдан s_1 масофада жойлашган тўғри чизиқдан иборат.

Агар $\omega = 0$ бўлса, АФХ ∞ га тенг, агар $\omega = \infty$, АФХ s_1 га тенг ва АФХ нинг вектори π бурчакка бурилган бўлади. XIV — 3-расм, *г* да ПИ — ростлагичли АРС нинг созланиш параметрларининг турли қийматида ўтиш жараёнларининг графиклари келтирилган. s_0 — ростлагичнинг кучайтириш коэффициенти, s_1 изодром вақти ёки иккиланиш вақти, *1*-эгри чизиқ кучланиш коэффициенти катта ва изодром вақти кам бўлган ростлагичли системалар учун хосдир. Бу эгри чизиқ системанинг сўниш даражаси кичик ва ростлаш вақти катталигини билдиради. *2*-эгри чизиқ иккита созланиш параметрларининг нисбати тўғрилигини билдиради. Кучайтириш коэффициенти жуда кичик ва изодром вақти жуда катта бўлганда системанинг мажбурий тебранишларига *3*-эгри чизиқ мос келади. Бунда системанинг динамик хатоси ва ростлаш жараёни катта бўлади.

Ростлашнинг иккита содда (пропорционал ва интеграл) қонунларини бирлаштириш ростлашдаги алоҳида қонунларнинг афзалликларини ўз ичига олган ва камчиликлардан холис бўлган ростлагичга эга бўлиш имконини беради. Натижада изодром ростлагич ростланувчи катталикнинг четга чиқишини тезда йўқотади (ростлагичнинг чиқишидаги сигнал унинг киришидаги сигналдан фаза бўйича олдинга кетади) ва ростлашни қолдиқли четга чиқишсиз бажаради.

Изодромли ростлагичнинг кечиш эгри чизиғи XIV—3-расм, *д* да тасвирланган. Кириш сигналининг поғонали ўзгариши натижасида ростлагичнинг чиқиш параметри дастлабки ҳолатдан бошқа ҳолатга тез ўтади ва кейин доимий тезлик билан аста-секин ўзгариб боради. Изодромли ростлагич чиқиш катталигининг дастлабки сакраш миқдори ростлагичнинг кучайтириш коэффициентига боғлиқ. Ростлагич чиқиш сигналининг кейинги вақт пайтларидаги ўзгариш тезлиги созланишга, яъни изодром вақтига боғлиқ.

Ростлагичнинг интеграл ташкил этувчиси таъсирида ростловчи органнинг затвори ростлагичнинг пропорционал ташкил этувчиси таъсирига тенг миқдорга силжишига кетган вақт *изодром вақти* деб аталади. Бу таърифга биноан, кўпинча, изодром вақти иккиланиш вақти ҳам деб юритилади.

Ростлашнинг дифференциал қонуни. Биз ростловчи органни ростланувчи катталикнинг берилган қийматидан четга чиқишига пропорционал (П — ростлаш) ёки номосликка пропорционал тезликда (И — ростлаш) силжитиш мумкинлигини кўрдик. Демак, ростловчи органни ростланувчи катталикнинг четга чиқиш тезлигига пропорционал силжитиш ҳам мумкин, унда биз ростлашнинг дифференциал қонунига эга бўламиз:

$$x = -s_2 \frac{dy}{dt};$$

бунда s_2 — узатиш коэффициенти.

Агар ростланувчи катталик стабиллашган бўлса ,ўз ичига дифференциал ростлагични киритган системанинг ростловчи

органи қўзғалмас бўлади. Бундай ростлагичлар учун ростланувчи катталикнинг берилган ва ҳозирги қийматлари ўртасидаги номослик мавжудлиги аҳамиятсиз. Агар системада абсолют катталиги бўйича ўзгармас номослик мавжуд бўлса, ростлагич унга таъсир кўрсатмайди. Ростлагич ҳаракатга келиши учун ростланувчи катталик қандайдир тезликда ўзгарувчан четга чиқишга эга бўлиши керак. Шунинг учун тажрибада соф дифференциал қонунни амалга оширувчи ростлагичлар учрамайди.

Ростлашнинг пропорционал — дифференциал қонуни қуйидаги боғланиш орқали ифодаланади:

$$x = -\left(s_1 y + s_2 \frac{dy}{dt}\right); \qquad \text{(XIV — 7)}$$

бунда s_2 — узатиш коэффициенти ёки дарак бериш вақти. Бу қонун бўйича ишлайдиган ростлагичлар дарак берадиган пропорционал ростлагичлар (қисқача ПД — ростлагичлар) дейилади.

(XIV—7) тенглама ПД — ростлагич ишлаб чиқарадиган таъсир ростланувчи катталикнинг четга чиқишига ва шу четга чиқиш тезлигига пропорционаллигини билдиради. Ростлаш қонуни формуласида дифференциал ташкил этувчининг мавжудлиги илгарилаш бурчагини ошириш имконини беради.

Шундай қилиб, пропорционал дарак берадиган ростлагичлар ижро этувчи механизмнинг ростловчи органини бирмунча илгарилаш билан ростланувчи катталикнинг четга чиқиш тезлигига пропорционал силжитади. Демак, ростланувчи параметрнинг четга чиқиш тезлиги кичик бўлса, ростлагичнинг илгарилаш таъсири ҳам кичик бўлади. Системада хато ёки номослик бўлмаса, ростлагичнинг илгарилаш таъсири бутунлай тўхтайди. ПД — ростлагичнинг кечикиш эгри чизиғи статик ростлагичнинг вақтли характеристикасидан ростлагич чиқиш сигнали вақтининг дастлабки моментида кескин (П — ростлагичдан ҳам кескинроқ) катталашиши билан фарқ қилади. Вақт ўтиши билан ростлагичнинг чиқиш сигнали ростлагич кучланишини созлаш коэффициентига мувофиқ доимий қийматгача камаяди. Шундай қилиб, дарак берувчи механизмнинг таъсирини ростлагич кучайиш коэффициентининг вақтинча ошиши деб изоҳлаш мумкин. Ростлагич кучайиш коэффициентининг бундай ошиши кечикишга эга бўлган инерцион объектларни автоматлаштиришда зарур. Ростлагич кучайиш коэффициентининг вақтинча ошиши *тўғри даражалаш* дейилади. Бундан ташқари, ростлагич кучайиш коэффициентининг вақтинча камайишидан иборат бўлган тескари дарак бериш ҳам мавжуд. Одатда, вақт доимийси кичик бўлган ростлаш объектларини шундай тескари дарак беришли ростлагичлар билан таъминлаш мақсадга мувофиқ. ПД — ростлагичларга қолдиқли четга чиқишлар хос бўлиб, бу уларнинг асосий камчилигидир.

Ростлашнинг пропорционал — интеграл — дифференциал

қонуни. Ростлашнинг пропорционал — интеграл — дифференциал қонунида (қисқача ПИД — ростлаш) ростлагич кириш катталигининг ўзгариши билан чиқиш катталиги ўзгаришининг орасидаги боғланиш қуйидаги кўринишга эга.

$$x = -\left(s_1 y + s_0 \int_0^t y dt + s_2 \frac{dy}{dt}\right). \qquad \text{(XIV — 8)}$$

Бу қонунни амалга оширувчи қурилмалар пропорционал — интеграл — дифференциал ёки дарак берувчи изодром ростлагичлар (қисқача ПНД — ростлагич) дейилади. ПИД — ростлагичлар учун ростловчи таъсирнинг миқдори ростланувчи параметрнинг берилган қийматидан четга чиқишига, шу четга чиқишнинг интеграли ва тезлигига пропорционалдир.

(XIV—8) тенглама оператор шаклида қуйидагича ёзилади:

$$P_x(\mathbf{p}) = -(s_0 + s_1 P + s_2 P^2) \cdot y(p).$$

Бу ифодадан ПИД — ростлагичларнинг узатиш функцияси келиб чиқади:

$$W(p) = \frac{x(p)}{y(p)} = -\frac{s_0 + s_1 p + s_2 p^2}{p} \qquad \text{(XIV — 9)}$$

(XIV—9) тенгламада p нинг ўрнига $j\omega$ ни қўйсак, ПИД — ростлагичларининг амплитуда-фаза характеристикасига эга бўламиз:

$$W(j\omega) = -\left[s_1 + j\left(\omega s_2 - \frac{s_0}{\omega}\right)\right] =$$

$$= \sqrt{s_1^2 + \left(\omega s_2 - \frac{s_0}{\omega}\right)^2} \exp\left[j\left(\pi + \operatorname{arctg} \frac{\omega^2 s_2 - s_0}{\omega s_1}\right)\right].$$

XIV—4-расмда ПИД — ростлагичларининг характеристикалари келтирилган. Ростлагичнинг АЧХ си қуйидаги тенглама бўйича тузилади:

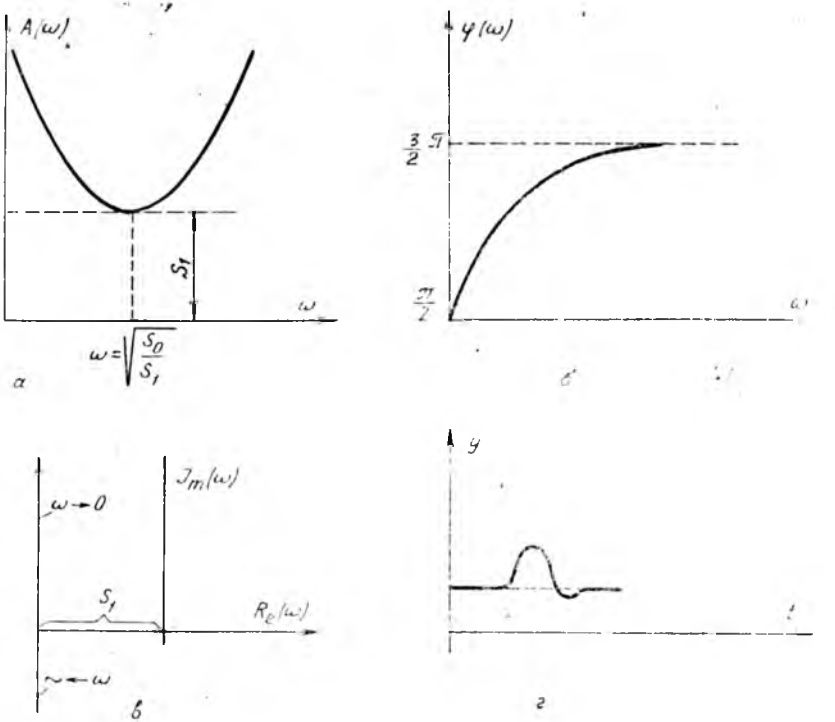
$$A(\omega) = \sqrt{s_1^2 + \left(\omega s_2 - \frac{s_0}{\omega}\right)^2}.$$

Бу характеристиканинг кўриниши XIV—4-расм, *а* да берилган. XIV—4-расм, *б* да пропорционал-интеграл — дифференциал ростлагичнинг ФЧХ си кўрсатилган. Бу характеристика қуйидаги тенгламага мувофиқ тузилади.

$$\varphi(\omega) = \pi + \operatorname{arctg} \frac{\omega^2 s_2 - s_0}{s_1}.$$

Дарак берувчи изодром ростлагичлар бошқа ростлагичлардан илгарилаш бурчагининг катталиги билан фарқ қилади. Ростлагичнинг АФХ си XIV—4-расм, *в* да келтирилган. ПИД—ростлагичли АРС ўтиш жараёнининг эгри чизиғи XIV—4-расм, *г* да тасвирланган.

Дарак берувчи изодром ростлагичлар учта созлаш параметрига эга; узатиш (кучайтириш) коэффициенти, изодром вақти ва дарак бериш вақти. Шу созлаш параметрларини ўзгар-



14. 4- расм. ПИД- ростлагичнинг характеристикалари:

а — амплитуда- частота; *б* — фаза- частота; *в* — амплитуда- фаза; *г* — ростлаш системасидаги ўтиш жараёни.

тириш билан ростлашнинг исталган сифатига эришилади. ПИД — ростлагичлар ростланувчи миқдорнинг қолдиқли четга чиқишига йўл қўйиб бўлмайдиган ва сезиларли кечикишга эга бўлган инерцион объектларда қўлланилганда ўзини оқлайди.

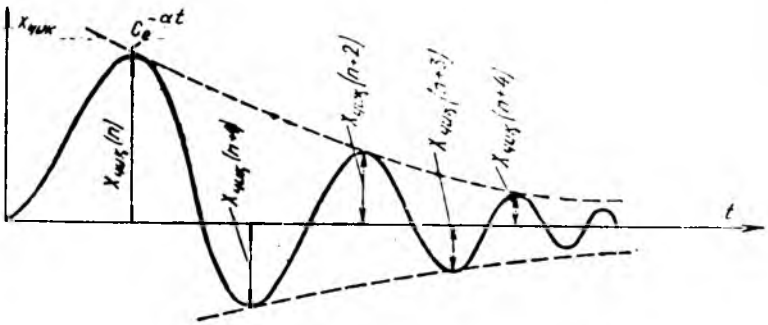
XIV.2-§. КЕНГАЙТИРИЛГАН ЧАСТОТА ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ

Ростлаш жараёни ростланаётган миқдор четга чиқишининг минимал ўтиш жараёни тез сўнувчи ва қисқа муддатли бўлса, оптимал ҳисобланади. Бундан автоматик ростлаш системаларининг турғунлигига қўйиладиган талаблар, яъни мувозанатдан чиқарилган система яна мувозанат ҳолатига қайтишга интилиши керак деган назария келиб чиқади. Қуйидаги шарт бажарилса ростлаш системаси турғунлик чегарасида бўлади:

$$W_{об}(j\omega) \cdot W_{р}(j\omega) = 1;$$

бунда $W_{об}(j\omega)$ — ростлаш объектининг амплитуда- фаза характеристикаси;
$W_{р}(j\omega)$ — автоматик ростлагичнинг амплитуда- фаза характеристикаси.

Автоматик ростлаш системаларини тажрибада қўллаш мумкинлигини аниқлаш учун фақат турғунлик чегарасини топиш-



14. 5- расм. Автоматик ростлаш системасидаги типавий ўтиш жараёни.

нинг ўзи кифоя эмас, бунинг учун улар яна турғунлик запасига ҳам эга бўлишлари лозим. Амалий нуқтаи назардан АРС нинг вақтли характеристикаси тебранишини белгилайдиган мезон сифатида сўниш даражасидан фойдаланиш қулай.

Бир томонга йўналган иккита қўшни тебранишлар амплитудалари айирмасининг биринчисига нисбати *сўниш даражаси* Ψ деб аталади (XIV—5-расм).

$$\psi = \frac{x_{чиқ}(n) - x_{чиқ}(n+2)}{x_{чиқ}(n)}.$$

Агар система ўзгармас амплитуда билан сўнмас тебранишлар ҳосил қилса, у ҳолда сўниш даражаси нолга тенг бўлади; агар унинг ўтиш жараёни нодаврий бўлса, унда $\Psi = 1$. IV—5-расмдан кўриниб турибдики:

$$x_{чиқ}(n+2) = x_{чиқ} \cdot e^{-aT}_{(n)} = x_{чиқ} e^{-2\pi \frac{a}{\omega}};$$

бу ерда a ва ω — системанинг характеристик тенглама илдизларининг ҳақиқий ва мавҳум қисмлари:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}.$$

Автоматик ростлаш системаларини ҳисоблаш учун кенгайтирилган частота характеристика усулидан фойдаланилади. Агар оддий частота характеристикаси объектнинг киришига синусоидал сўнмас ғалаёнланиш берилгандаги ҳолатини ифодаласа, кенгайтирилган частота характеристикаси эса объектнинг киришига синусоидал сўнувчи таъсирлар берилгандаги ҳолатини ифодалайди:

$$x_{кир} = (A_{кир} \cdot \sin \omega t) \cdot e^{-m\omega t} \qquad (XIV - 10)$$

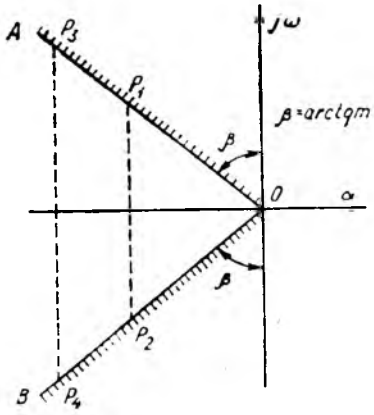
бунда $A_{кир}$ — киришнинг синусоидал тебранишлари амплитудаси;
ω — кириш таъсирларининг тебранишлар частотаси;
m — жараённинг тебраниш даражаси.

(XIV —10) тенгламани қуйидаги шаклда ҳам ёзиш мумкин:

$$X_{кир} = A_{кир} \exp(-m\omega t) \cdot \exp(j\omega t) = A_{кир} \exp[(-m\omega + j\omega)t$$

Тебраниш даражаси m ростлаш жараёнининг сифат мезони ҳисобланади ва у тебраниш тузувчиларининг сўнишини характерлаб, $\frac{\alpha}{\omega}$ нисбатга тенг. Геометрик нуқтаи назардан система характеристик тенгламасининг илдизлари, XIV — 6-расмда кўрсатилгандек, β бурчакка тенг нурларда жойлашган. Бу расмдан:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{a}{\omega} = m$$



14. 6- расм. Система характеристик тенгламаси илдизларининг комплекс текисликда жойлашиши.

Агар система характеристик тенгламасининг илдизлари *AOB* бурчак ичида жойлашган бўлса, системанинг тебраниш даражаси m дан катта бўлади. Сўниш даражаси ψ билан тебраниш даражаси m орасида қуйидагича боғланиш бор:

$$\psi = \frac{x_{чиқ}(n) - x_{чиқ}(n+2)}{x_{чиқ}(n)} = 1 - \frac{x_{чиқ}(n+2)}{x_{чиқ}(n)} =$$

$$= 1 - \frac{A_{кир} \cdot e^{-m(2\pi + \omega t)}}{A_{кир} \cdot e^{-m\omega t}} = 1 - e^{-2\pi m}. \qquad (XIV - 11)$$

(XIV—11) ифодадаги боғланишни XIV—1-жадвлдан ҳам кўриш мумкин.

Кенгайтирилган частота характеристикаларини тажрибада аниқлаш анча қийин, шунинг учун амалда уни узатиш функциялари, дифференциал тенгламалар ёки оддий частота характеристикаларидан аналитик ёки график усуллар ёрдамида аниқланади. Бунда тебраниш даражасининг миқдори $m = 0{,}22$ (ёки 0,366) қилиб танланади ва унга мос келган ўтиш жараёнининг сўниш даражаси $\Psi = 0{,}750$ (ёки 0,900) олинади. Объектнинг кенгайтирилган частота характеристикасини қуришга керак бўлган ифодани олиш учун узатиш функциясидаги P ни комплекс ўзгарувчи $(-m\omega + j\omega)$ билан алмаштирилади. Кенгайтирилган частота характеристикасини $W(m, j\omega)$ кўринишда белгиланади. Кенгайтирилган частота характеристикасидан $m = 0$ деб, оддий частота характеристикасига ўтиш мумкин. Агар автоматик ростлаш системасининг тенгламаси дифференциал шаклда берилган бўлса:

$$a_n \frac{d^n x_{чиқ}}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} x_{чиқ}}{dt^{n-1}} + \ldots + a_0 x_{чиқ} =$$

$$= b_m \frac{d^m x_{кир}}{dt^n} + b_{n-1} \frac{d^{m-1} x_{кир}}{dt^{m-1}} + \ldots + b_0 x_{кир}. \quad (XIV - 12)$$

У ҳолда кенгайтирилган частота характеристикасини ҳисоблаш учун (XIV—12) тенгламада қуйидаги алмаштиришлар бажарилади:

$$x_{кир} = e^{-m\omega t} \cdot e^{-j\omega t}; \; x_{чиқ} = e^{-m\omega t} \cdot e^{j(\omega t + \varphi)}$$

XIV — 1-жадвал

ψ	0,000	0,150	0,300	0,450	0,500	0,600	0,750
m	0,000	0,026	0,057	0,095	0,100	0,141	0,221
ψ	0,900	0,950	0,980	1,000			
m	0,366	0,478	0,623	∞			

Бу ҳолда кенгайтирилган частота характеристикасининг берилган ифодасини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$W(m, j\omega) = x_{чиқ} \cdot e^{j\varphi} = \frac{b_m \cdot \omega^m (j-m)^m + b_{m-1} \omega^{m-1}}{a_n \omega^n (j-m)^n + a_{n-1} \omega^{n-1}} \times$$

$$\times \frac{(j-m)^{m-1} + \ldots + b_0}{(j-m)^{n-1} + \ldots + a_0}.$$

Агар ростлаш объектининг тажрибада олинган ўтиш эгри чизиғи мавжуд бўлса, кенгайтирилган частота характеристикасини графоаналитик усулда тузиш мумкин.

Ўз-ўзидан тўғриланадиган объектларнинг кенгайтирилган АФХ сини қуйидаги формула билан ҳисобланади:

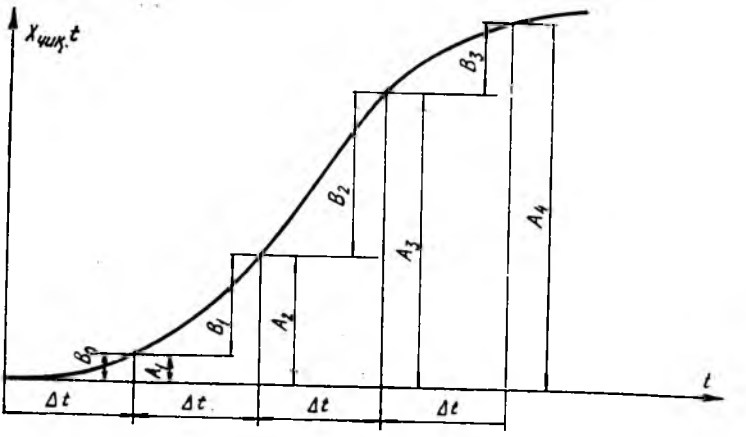
$$W(m, j\omega) = k_1 \cdot e^{j\varphi_1} \left[\sum_{k=0}^{\infty} e^{mk\pi\alpha} \cdot B \cdot k \cdot \cos \alpha k\pi - \right.$$

$$\left. - j \sum_{k=0}^{\infty} \cdot e^{mk\pi\alpha} \cdot B \cdot k \sin \alpha k\pi \right]; \quad (XIV - 13)$$

ўз-ўзидан тўғриланмайдиган объектлар учун эса:

$$W(m, j\omega) = k_2 e^{j\varphi_2} \left[\sum_{k=0}^{\infty} e^{mk\pi\alpha} \cdot D \cdot k \cdot \cos \cdot \pi\alpha - \right.$$

$$\left. - j \sum_{k=0}^{\infty} e^{mk\pi\alpha} \cdot D \cdot k \cdot \sin k\pi\alpha + B_0 \cdot e^{-m\pi\alpha + j\pi\alpha} \right]; \quad (XIV - 14)$$



14. 7- расм. Системанинг югуриш чизиғи бўйича кенгайтирилган амплитуда- фаза характеристикасининг қурилиши.

бунда $\alpha = \frac{\omega \Delta t}{\pi}$; Δt — вақт интервали; m — тебраниш даражаси ($m = 0{,}22$); $k = \Delta t,\ 2\Delta t,\ \ldots$ вақт интерваллариға тўғри келган ўтиш эгри чизиғи ординаталарининг номерлари.

Абсцисса ўқи тенг вақт интерваллариға (Δt) бўлиниб, улардан ордината чизиқлари ўтказилади (XIV — 7- расм):

$$B_k = A_{k+1} - A_k;$$

$$D_k = B_{k+1} - B_k;$$

бунда $A_0 = 0$

Юқорида келтирилган (XIV — 13) ва (XIV — 14) формулаларда кенгайтирилган АФХ нисбий частотанинг $\alpha = \frac{\omega \Delta t}{\pi}$ функцияси бўлиб, у нолдан биргача ўзгаради (бу формулалар соддалаштириш мақсадида қилинган).

Агар системада соф кечикиш (τ_0) бўлса, у ҳолда юқоридаги формулаларнинг кўриниши қуйидагича бўлади:

$$W(m,\ j\omega) = k_1 \cdot e^{j\Phi_1}\left[\sum_{k=0}^{\infty} - e^{mk\pi\alpha} \cdot B \cdot k \cdot \cos k\pi\alpha - \right.$$

$$\left. - j \sum_{k=0}^{\infty} e^{mk\pi\alpha} \cdot B \cdot k \cdot \sin k\pi\alpha \right] \cdot e^{m\pi\alpha \frac{\tau_0}{\Delta t}};\quad e^{-j\alpha\pi \frac{\tau_0}{\Delta t}};$$

$$W(m,\ j\omega) = k_2 = e^{j\Phi_2} \cdot \left[\sum_{k=0}^{\infty} \cdot e^{mk\pi\alpha} \cdot D \cdot k \cdot \cos k\pi\alpha - \right.$$

$$- j \sum_{k=0}^{\infty} \cdot e^{mk\pi\alpha} \cdot D \cdot k \cdot \sin\ k\pi\alpha + b_0 e^{-m\pi\alpha + j\pi\alpha} \Big] \times$$

$$\times e^{o\pi m \frac{\tau_0}{\Delta t}} \cdot e^{-j\alpha\pi \frac{\tau_0}{\Delta t}}.$$

XIV—2- жадвалда автоматик ростлагичларнинг кенгайтирилган АФХ сини ҳисоблаш формулалари келтирилган.

XIV.3- §. АВТОМАТИК РОСТЛАГИЧЛАР ОПТИМАЛ СОЗЛАНИШЛАРИНИНГ ҲИСОБИ

Автоматик ростлаш системаларида керакли ўтиш жараёнини таъминловчи автоматик ростлагичлар созланишини танлашнинг иккита йўли бор. Тажриба йўли билан ростлагичларнинг созланишини бевосита ростлаш объектларида танлаш кўп вақт талаб қилади ва, одатда, яхши натижа бермайди. Шу билан бирга ростлаш объектларида, амалда нагрузка тез-тез ўзгариб туриши сабабли ростлагичларнинг созланишини танлаш жуда қийин. Бундан ташқари, системанинг ҳаракат шароити ўзгариб турганда ростлагични қайта созлаш лозим.

14—2- жадвал

Ростлаш қонунлари	Ростлагичнинг кенгайтирилган АФХ сини ҳисоблаш формуласи
П	$W(m, j\omega) = S_1 \cdot e^{j\pi}$
И	$W(m, j\omega) = \frac{S_0}{\omega \sqrt{1+m^2}} \cdot e^{j\left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} m\right)}$
ПИ	$W(m, j\omega) = \frac{\sqrt{(S_0 - m\omega S_1)^2 + (\omega S_1)^2}}{\omega \sqrt{m^2+1}} \times e^{j\left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg}\frac{\omega S_1}{S_0 - m\omega S_1} - \operatorname{arctg} m\right)}$
ПИД	$W(m, j\omega) = \frac{\sqrt{(S_2\omega^2 + S_1 m\omega - S_2 - m\omega^2 - S_0)^2 + (\omega S_1 - 2m\omega^2 S_2)^2}}{\omega \sqrt{m^2+1}} \times e^{\frac{j(\pi + \operatorname{arctg} S_2\omega^2 + S_1 m\omega - S_2 m^2\omega^2 - S_0}{\omega S_1 - 2m\omega^2 S_2} - \operatorname{arctg} m)}$

Ростлагичлар созланишини автоматик ростлашнинг аналитик ёки графоаналитик усуллари анча енгил бўлиб, бунда ҳисоблаш автоматик ростлагичлар учун энг «ноқулай» шароитларда амалга оширилади. Бу ҳолда ростлагичнинг созланишлари ростлаш объекти нагрузкаларининг тебранишлари, авто-

матик система ишлаш шароитининг ўзгариши ва бошқа таъсирларда ҳам ростлаш системасининг ишини таъминлайди. Автоматик ростлагичларнинг оптимал созланиш ҳисобининг энг тарқалган муҳандислик усулларидан бирида жараённинг берилган тебраниш даражаси (m) ни топиш учун қуйидаги ифода дастлабки шартдир:

$$W_{об}(m_1 j\omega)\cdot W_{р}(m_1 j\omega) = 1 \qquad \text{(XIV—15)}$$

Кўриниб турибдики, бу шарт берк система турғунлик чегарасининг тенгламасига ўхшаш. (IV—15) шартнинг бажарилиши учун вектор модулларининг кўпайтмаси бирга тенг бўлиши, фазалар фарқининг миқдори эса $2\pi n$ бўлиши лозим.

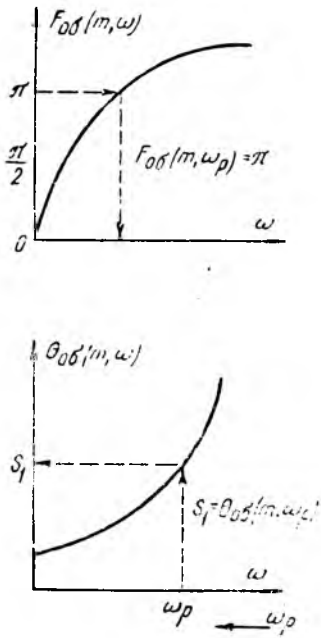
Шундай қилиб, автоматик ростлагичларнинг созланиш параметрларини аниқлашда ростлагичнинг шундай созланишларини ҳисоблаш керакки, улар берилган ростлаш объекти ва тебраниш даражаси учун (XIV—15) шартнинг бажарилишини таъминласин.

Агар $Q_{об}(m, \omega)$ орқали объектнинг инверсли кенгайтирилган амплитуда-частота характеристикасини, $F_{об}(m, \omega)$ билан эса кенгайтирилган фаза-частота характеристикасини белгиласак, у ҳолда ростлаш объектининг кенгайтирилган АФХ сини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$W_{об}(m, j\omega) = \frac{1}{\theta_{об}(m,\omega)} e^{-jF_{об}(m,\omega)} \qquad \text{(XIV—16)}$$

Ростлаш объектининг автоматик ростлагичлар билан ишлаши мумкинлигини кўрсатувчи автоматик ростлаш системаларининг бир неча вариантларини кўриб чиқамиз; шунингдек, бу ростлагичларнинг созлаш параметрларини топишнинг йўлларини аниқлаймиз. Барча ҳолларда ҳам ростлаш объектининг кенгайтирилган амплитуда-фаза характеристикаси ва жараённинг тебраниш даражаси (m) маълум деб ҳисобланади.

П — ростлагичли АРС. Статик ростлагичнинг изланаётган созлаш параметрини аниқлаш учун (XIV—15) тенгламага (XIV—16) ифодани ва ростлагичнинг кенгайтирилган АФХ нинг қийматини (XIV—2-жадвал) киритиб қуйидаги тенгламани оламиз:



14.8- расм. (XIV—17), (XIV — 18) тенгламаларнинг графикавий ечилиши.

$$F_{об}(m,\ \omega_р) = \pi \qquad \text{(XIV—17)}$$

$$\theta_{об}(m, \omega_р) = S \qquad \text{(XIV—18)}$$

(XIV — 17) ва (XIV—18) тенгламалардан ростлагич созлаш параметрининг дастлабки қиймати (S_1) ни ва ўтиш жараёнининг энг ёмон сўнувчи қисмининг частотасини график усул билан аниқлаш қулай. Бу тенгламаларни график усулда ҳал этиш тартиби XIV—8-расмда кўрсатилган. Бунинг учун ростлаш объектининг кенгайтирилган фаза-частота ва кенгайтирилган инверсли ампитуда-частота характеристикалари кўрилади. Кенгайтирилган ФЧХ дан ω_1 частота топилади ва бу частота ёрдамида объектнинг кенгайтирилган инверсли АЧХ графигидан ростлагич созлаш параметрининг қиймати аниқланади:

ПИ ростлагичли АРС. Изодром ростлагичлар учун қуйидаги тенглама ўринлидир:

$$\theta_{об}(m, \omega) = \frac{\sqrt{(S_0 - S_1 \cdot m \cdot \omega)^2 + (\omega S_1)^2}}{\omega \sqrt{1 + m^2}}; \qquad \text{(XIV—19)}$$

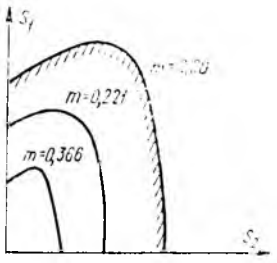
$$F_{об}(m_1\ \omega_р) = \frac{\pi}{2} + \operatorname{arctg} \frac{\omega S_1}{S_0 - m\omega S_1} - \operatorname{arctg} m. \qquad \text{(XIV—20}$$

(XIV—19) ва (XIV—20) тенгламаларни биргаликда ечиб, ПИ— ростлагичларнинг дастлабки созлаш параметрларини ифодалайдиган формулаларни оламиз:

$$s_0 = \omega(m^2 + 1) \cdot \theta_{об} \cdot (m.\ \omega) \cdot \sin F_{об} \cdot (m_1 \omega);$$
$$s_1 = \theta_{об} \cdot (m, \omega) \cdot [m \sin F_{об} \cdot (m, \omega) - \cos F_{об}(m, \omega)].$$

Созлаш параметрларининг текислиги деганда абсцисса ва ордината ўқларига ростлагичнинг созлаш параметрлари миқдори қўйилган координаталарнинг тўғри бурчакли системалар текислиги тушунилади. Частота ω га турли миқдорлар берилиб, созлаш параметрлари текислигида тебранишнинг тенг даражали эгри чизиқлари қурилади.

XIV—9-расмда ПИ-ростлагич созлаш параметрларининг текислиги ва тебранишнинг тенг даражали эгри чизиғи кўрсатилган. Агар s_0 параметр нолга тенг бўлса, биз статик ростлагичга эга бўламиз; автоматик ростлаш системасининг ўтиш жараёни эса ростланаётган катталикнинг қолдиқ нотекислиги борлиги билан характерланади. Бу ҳолга тебранишнинг тенг даражали эгри чизиғининг охирги ўнг томондаги нуқталари тўғри келади. Агар ростлагичнинг созланиши s_0 нолга яқин бўлса, ростлаш системаси ўтиш жараёнининг охирги қисмини чўзилганлиги билан характерланади ва бу қолдиқ тенг нотекисликнинг сустлик билан йўқо-



14.9-расм. ПИ-ростлагичнинг параметрлар текислигида тенг даражали тебраниш эгри чизиқлари.

тилишининг натижасидир. Агар созлаш параметрининг миқдори s_0 ни яна оширсак, система вақт характеристикасининг охирги қисми яхшиланади, аммо тебраниш частотаси камаяди ва ростланаётган катталикнинг четга чиқиш амплитудаси ошади. Ростлагич созлаш параметрларининг қиймати тебранишнинг тенг даражали эгри чизиғидаги экстремал нуқтага мос келгунча созлаш жараёнининг сифати ортиб боради. Созлаш параметри s_1 нинг камайиши ростлагичнинг тез ишлашини камайтиради ва ростлаш жараёнининг динамик хатосини оширади. Тебранишнинг тенг даражали эгри чизиғида ўнгдан чапга ҳаракат қилинганда ўтиш жараёнининг эгри чизиғи остидаги юза ортади. Бундан ташқари, ростлагич созлаш параметрлари s_0 ва s_1 нинг кичик қийматларида ўтиш жараёнининг вақти каттадир.

Шундай қилиб, берилган сўниш даражаси ва ўтиш жараёнининг минимал юзасини таъминловчи ростлагичнинг оптимал созлаш параметрлари тебранишнинг тенг даражали эгри чизиғининг ўнг тарафида ва экстремум нуқтасига яқин бўлиши лозим.

ПД-ростлагичли АРС. Ростлаш системасида қуйидаги узатиш функциясига эга бўлган ПД — ростлагич бўлсин деб фараз қилайлик:

$$W_р(p) = -(s_1 + s_2 p)$$

Бу ҳолда, ПИ — ростлагичлардаги каби дастлабки тенгламага эга бўламиз:

$$s_1 = \theta_{об}(m_1 \omega)\{m \sin[F_{об}(m, \omega) - \pi] + \cos[F_{об}(m, \omega) - \pi]\};$$

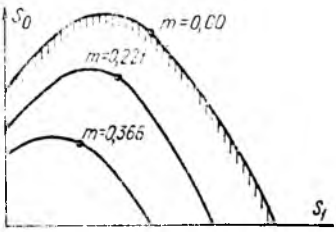
$$s_2 = \frac{1}{\omega}\theta_{об}(m, \omega)\sin[F_{об}(m, \omega) - \pi].$$

Частота ω га турли миқдорлар бериб, ростлагичнинг созлаш параметрлари текислигида (XIV—10-расм) берилган миқдор учун тебранишнинг тенг даражали эгри чизиғи қурилади. XIV—10-расмда типавий созлаш объектлари учун тебранишнинг тенг даражали эгри чизиғи тасвирланган бўлиб, унда $m = 0$ ва $m = 0{,}221$ га тенг.

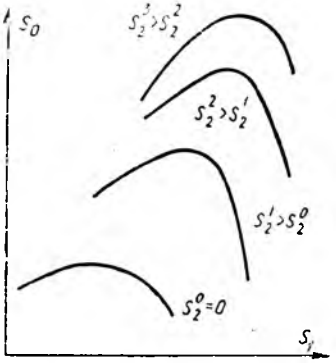
ПД-ростлагичлар учун ростлашнинг статик хатоси характерлидир ва бу хатони $\Delta x_{чиқ\,(ст)}$ формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$\Delta x_{чиқ\,(ст)} = \Delta x_{кир}\frac{K_{об}}{1 + K_{об}S_1}, \quad (12—21)$$

бунда $\Delta x_{кир}$ — поғонасимон кириш таъсирининг амплитудаси; s_1 — ростлагичнинг кучайтириш коэффициенти; $K_{об}$ — ростлаш объектининг кучайтириш коэффициенти. (XIV—21) формулани П— ростлагичлар учун ҳам қўллаш мумкин.



14.10-расм. ПД-ростлагичнинг параметрлар текислигида тенг даражали тебраниш эгри чизиқлари.



14.11-расм. ПИД-ростлагичнинг параметрлар текислигида тенг даражали тебраниш эгри чизиқлари.

Пропорционал-дифференциал ростлагич созлаш параметрининг максимал қийматида статик хато минимал бўлади. Шунинг учун ростлагичнинг созлаш параметрлари текислигида оптимал қиймат сифатида тебранишнинг тенг даражали эгри чизиғида экстремал нуқта олинади.

ПИД-ростлагичли АРС. Ростлаш системасида учта созлаш параметрларига эга бўлган астатик ростлагичлардан фойдаланилганда ҳисоблаш учун дастлабки тенгламалар ишлатилади:

$$S_0 = \omega\theta_{об}(m, \omega)\sqrt{1 + m_2}\,[m\cos\gamma - \sin\gamma[+ S_2\omega^2(1 + m^2);$$

$$S_1 = \theta_{об}(m, \omega)\sqrt{1 + m^2}\cdot\cos\lambda + 2S_2 m\omega$$

бунда

$$\lambda = F_{об}(m,\ \omega) + \operatorname{arctg} m - \pi$$

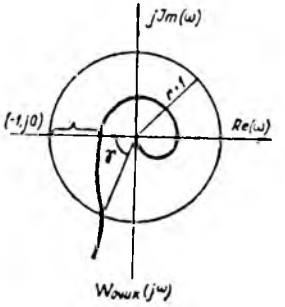
Бу иккита тенгламадан учта номаълум созлаш параметрларини аниқлаш лозим. Бунинг учун S_2 га турли қийматлар берилади ҳамда ҳар бир қиймат учун S_1 ва S_0 параметрларнинг икки ўлчамли текислигида тебранишнинг тенг даражали эгри чизиғи қурилади (XIV—11-расм). Ҳар бир эгри чизиқ учун S_1 ва S параметрлар топилади. Аниқланган S_2, S_1 ва S_0 параметрлардан ўтиш жараёнлари қурилиб, олинган вақт характеристикалари ўзаро таққосланади, сўнгра ростлагич созлаш параметрларини оптимал танлаш нуқтаи назаридан маълум бир хулоса чиқарилади.

XIV.4-§. РОСТЛАГИЧНИНГ ОПТИМАЛ СОЗЛАНИШЛАРИНИ РОСТЛАШ ОБЪЕКТИНИНГ АФХ СИДАН АНИҚЛАШ

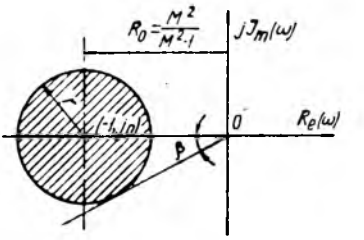
Автоматик ростлаш системаларининг синтезида системада маълум тургунлик захираси бўлишига интилинади. Системанинг турғунлик захираси ҳақида (системада частота характеристикалари мавжуд бўлганда) очиқ система АФХ синининг координаталари (—1, $j0$) бўлган нуқтадан қанчалик узоқлигига қараб фикр юритилади. Бу ҳолда модуль бўйича ва фаза бўйича турғунлик заҳираси каби тушунчалардан фойдаланилади.

Модуль бўйича турғунлик заҳираси деб, очиқ система АФХ синининг манфий ҳақиқий ўқ билан кесишган нуқтасидан координаталари (—1, $j0$) бўлган нуқта оралиғидаги кесим тушунилади (XIV—12-расм). Бу кесим қанчалик катта бўлса, турғунлик чегарасидан чиқиш учун очиқ система АФХ синининг модули ҳам катта миқдорга ўзгариши керак.

Фаза бўйича турғунлик заҳираси деб, манфий ҳақиқий ўқ билан координата бошидан радиуси $r=1$ бўлган айлананинг очиқ система АФХ си билан кесишган нуқтасига ўтказилган нур орасидаги α бурчакка айтилади. Бу кўрсаткич (очиқ система АХВ сининг модули ўзгармаган ҳолда) турғунлик чегарасидан чиқиш учун фаза бўйича чекланиш қандай миқдорга ошиши кераклигини белгиловчи ўлчамдир.



14.12- расм. Модуль ва фаза бўйича турғунлик заҳирасини баҳолаш.



14.13- расм. M — тебраниш кўрсаткичининг берилган қийматга эга бўлган «тақиқланган» айланаси.

Етарли турғунлик заҳирасига эга бўлиш учун координата бошидан $R_0=\frac{M^2}{M^2-1}$ масофада ётган нуқтадан радиуси $r=\frac{M}{M^2-1}$ га тенг «тақиқланган» айлана ичига очиқ системанинг АФХ си кирмаслиги керак (XIV—13- расм). Бу ерда $M=\text{const}$ — тебраниш кўрсаткичи бўлиб, берк система амплитуда-частота характеристикасининг максимумини частотаси $\omega=0$ бўлган қийматга нисбатини кўрсатади. M катталик очиқ системанинг АФХ си координаталари $(-1, j0)$ бўлган нуқтадан узоқлигини характерлайди. Бошқача қилиб айтганда, тебраниш кўрсаткичи M текширилаётган системанинг турғунлик заҳираси катталигини характерлайди. XIV—13- расмдан кўриниб турибдики C модуль бўйича системанинг турғунлик заҳирасини қуйидаги формула билан ҳисоблаш мумкин:

$$C=1-(R_0-r)=1-\left(\frac{M^2}{M^2-1}-\frac{M}{M^2-1}\right)=\frac{M-1}{M^2-1}.$$

Фаза бўйича системанинг турғунлик заҳираси қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\lambda=\arccos\left(1-\frac{1}{2M}\right).$$

XIV—3-жадвалда сўниш даражаси Ψ нинг турли қийматлари учун ёпиқ система АФХ сининг максимуми, модуль C ва фаза ν бўйича турғунлик заҳиралари берилган.

Агар тебраниш кўрсаткичининг қиймати $M=1{,}1...1{,}6$ бўлса,

автоматик ростлаш системаси етарли турғунлик заҳирасига эга деб ҳисобланади. Манфий ҳақиқий ўқ ва координата бошида радиусли «тақиқланган» айланага ўтказилган уринма орасидаги бурчак β қуйидагига тенг:

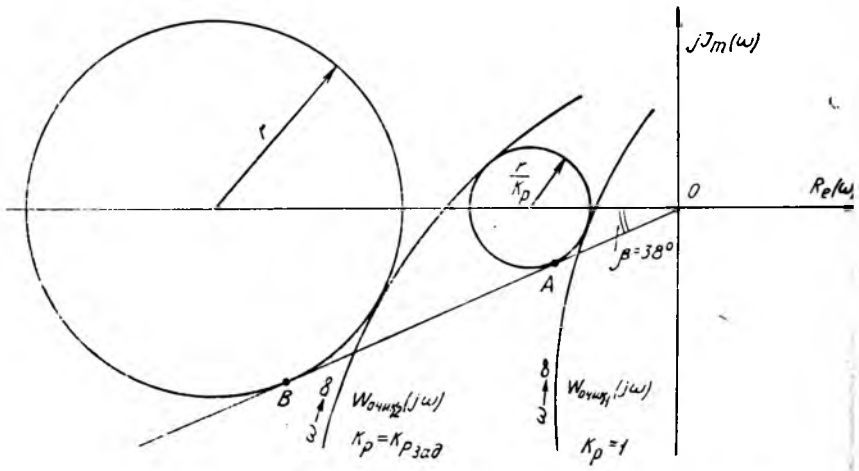
$$\beta = \arcsin \frac{r}{R_0} = \frac{\frac{M}{M^2-1}}{\frac{M^2}{M^2-1}} = \frac{1}{M}$$

Ростлагичнинг оптимал созлаш параметрларини графоаналитик усул билан аниқлаш методи очиқ система АФХ си «тақиқланган» айланага уриниб турган ҳолда автоматик ростлагичнинг кучайтириш коэффицентини топишдан иборат. Одатда системанинг турғунлик захираси модуль бўйича $C = \frac{M-1}{M^2-1} = 0{,}38$ ва фаза бўйича $\lambda = \arccos\left(1 - \frac{1}{2M}\right) = 36°$ бўлишини таъминловчи очиқ системанинг АФХ сининг максимуми катталиги асосида ҳисобланади. Бу ҳол учун:

$$\Gamma = \frac{M}{M^2-1} = \frac{1,2}{1,62^2-1} = 1$$

$$\beta = \frac{1}{1,62} = 38°.$$

П-ростлагичли АРС. Таркибига статик ростлагич кирган ростлаш системасининг созлаш параметрини ҳисоблаш учун ростлагич кучайтириш коэффициентининг шундай катталигини топиш керакки, бунда берилган тебраниш кўрсаткичи M га мос келувчи айланага очиқ система-



14.14- расм. Ростлаш объектининг амплитуда- фаза характеристикаси бўйича статик ростлагич кучланиш коэффициентининг берилган қийматини ($K_р$ вер) аниқлаш.

нинг АФХ си уринсин. Бунда ҳисоблаш тартиби қуйидагича бўлади. Кучайтириш коэффициенти бирга тенг бўлган ва П-ростлагичи бўлган очиқ системанинг АФХ си қурилади. Бу характеристика объектнинг АФХ си билан мос ($S_1 = 0$). Сўнг радиуси қабул қилинган тебраниш кўрсаткичи M га тенг ва маркази координата бошидан ҳақиқий манфий ўқ бўйича $R_0 = \frac{M^2}{M^2 - 1}$ масофада бўлган «тақиқланган» айлана чизилади. Кейин эса бир вақтнинг ўзида очиқ система АФХ сига ва ҳақиқий манфий ўққа $\beta = 38°$ бурчак остида координата бошидан ўтказилган нурга уринувчи, шунингдек, маркази ҳақиқий ўқда ётувчи айлана танланади ва чизилади (14.14-расм). Бу айлананинг радиуси талаб қилинган қиймат $\frac{M}{M^2 - 1}$ дан фарқ қилади. Улар тенг бўлиши учун эса, ростлаш объектининг АФХ сини ростлагичнинг кучайтириш коэффициенти K_p га кўпайтириш лозим. Бу коэффициентнинг катталиги қуйидаги шартдан олинади:

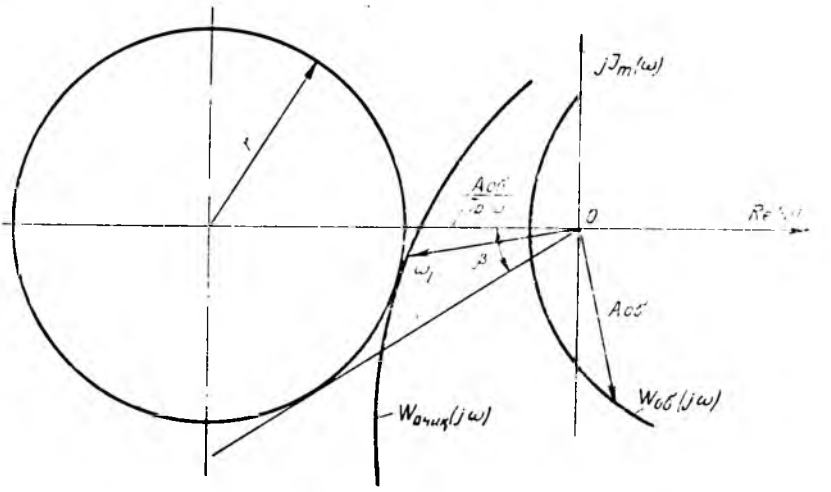
$$r \cdot K_p = \frac{M}{M^2 - 1}$$

бундан

$$K_p = \frac{M}{M^2 - 1} \cdot \frac{1}{r} = \frac{1{,}62}{1{,}62^2 - 1} \cdot \frac{1}{r} = \frac{1}{r}.$$

Демак, статик ростлагичнинг оптимал кучайтириш коэффициенти маркази ҳақиқий манфий ўқда ётувчи айлана радиуси r нинг тескари катталигига тенг.

***И* — ростлагичли АРС.** Таркибига И — ростлагич кирган ростлаш системасининг созлаш параметрларн қуйидаги метод бўйича аниқланади. Ростлагичнинг узатиш функцияси:



14.15-расм. Ростлаш объектининг И-ростлагичли амплитуда-фаза характеристикаси бўйича ўтказиш коэффициентини аниқлаш.

$$W_{р}(P) = \frac{K_{р}}{T_{р} P}.$$

Бу ҳолда ростлагичнинг амплитуда-фаза характеристикаси қуйидаги кўринишга келади:

$$W_{р}(j\omega) = \frac{K_{р}}{T_{р} j\omega}$$

Объектнинг АФХ си қурилади (XIV—15-расм) ва $K_{р} = 1$ деб, $K_{р} = T_{р}$ нинг қандайдир қийматлари учун очиқ системанинг амплитуда-фаза характеристикаси қурилади:

$$W_{оч}(j\omega) = W_{об}(j\omega) \cdot W_{р}(j\omega) = \frac{W_{об}(j\omega)}{j\omega T_{р}} = \frac{W_{об}(j\omega)}{\omega T_{р}} e^{-j\frac{\pi}{2}} \quad \text{(XIV—22)}$$

XIV—22 ифодадан кўриниб турибдики, $K_{р}$ ва $T_{р}$ да очиқ системанинг АФХ сини қуриш учун ростлаш объекти АФХ сининг ҳар векторини $W_{об}(j\omega)$ манфий йўналишда соат стрелкасининг ҳаракати бўйича $\frac{\pi}{2}$ бурчакка буриш ва узунлигини ($\omega T_{р}$) марта камайтириш лозим (XIV—15-расм). Координаталар бошидан ҳақиқий манфий ўққа $\beta = \arcsin\frac{1}{M} = \arcsin\frac{1}{1,62} = 38°$ бурчак остида нур ўтказилади ва бир вақтнинг ўзида нур билан очиқ система АФХ си $W_{оч}(j\omega)$ га тегиб турадиган, шунингдек, маркази ҳақиқий манфий ўқда бўлган айлана чизилади. Қурилган айлананинг радиуси ўлчанади ва қуйидаги формуладан ростлагичнинг созланиши топилади:

$$s_{1} = \frac{K_{р}}{T_{р}} = \frac{1}{T_{р}} \cdot \frac{1}{r}.$$

ПИ-ростлагичли АРС. Изодром ростлагичнинг оптимал созлаш параметрларини аниқлаш тартибини кўриб чиқамиз. Дастлаб ростлаш объекти $W_{об}(j\omega)$ нинг амплитуда-фаза характеристикаси қурилади.

14-3-жадвал

ψ	M	C	γ
0,65	3,09	0,25	19
0,70	2,70	0,28	21°
0,75	2,38	0,30	24°
0,80	2,09	0,33	28°
0,85	1,80	0,36	32°
0,90	1,55	0,39	38°
0,95	1,29	0,44	45°

Сўнг $K_{р} = 1$ деб, изодром вақти $T_{из}$ нинг қийматлари учун очиқ система $W_{оч}(j\omega)$ нинг АФХ си чизилади. ПИ — ростлагичли очиқ

система $W_{оч}(j\omega)$ нинг амплитуда-фаза характеристикасининг кўриниши қуйидагича:

$$W_{оч}(j\omega) = W_{об}(j\omega)\cdot W_{р}(j\omega) = W_{об}(j\omega)\cdot K_{р}\left(1 + \frac{1}{j\omega T_{из}}\right) =$$

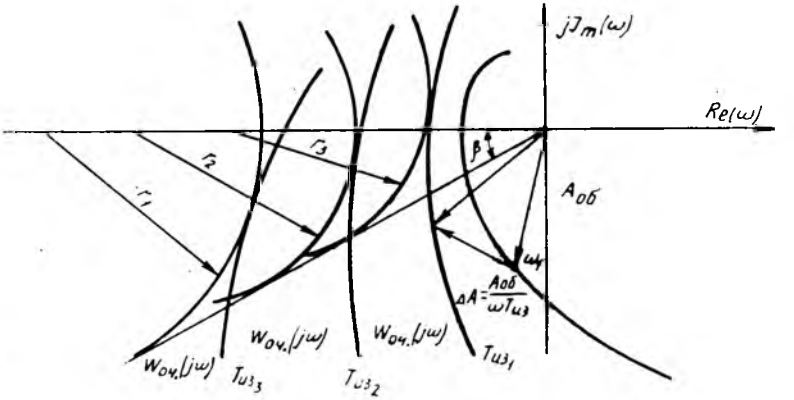
$$= W_{об}(j\omega)\left(1 + \frac{1}{j\,\omega\, T_{из}}\right) = W_{об}(j\omega) - j\,\frac{W_{об}(j\omega)}{\omega\, T_{из}} =$$

$$= W_{об}(j\omega) = \frac{W_{об}(j\omega)}{\omega\, T_{из}}\cdot e^{-i\frac{\pi}{2}}; \qquad \text{(XIV — 23)}$$

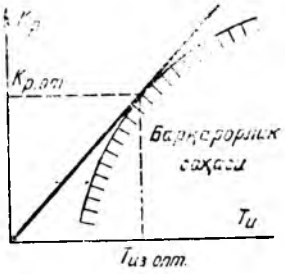
бунда $K_{р} = 1$

(XIV—23) ифодадан очиқ системанинг АФХ сини қуриш қоидаси келиб чиқади: $K_{р} = 1$ ва $T_{из}$ нинг қандайдир берилган қийматида $W_{оч}(j\omega)$ нинг АФХ сини қуриш учун созлаш объекти АФХ сининг ҳар бир векторига манфий йўналишда (соат стрелкаси ҳаракати бўйича) $\frac{\pi}{2}$ бурчакка бурилган, модули $\Delta A = \frac{A_{об}}{\omega\, T_{из}}$ бўлган вектор а л гебраик равишда қўшилади. Бунда $A_{об}$ — ростлаш объекти амплитуда-фаза характеристикаси векторининг модули

Очиқ системанинг АФХ сини кўриб бўлгандан сўнг, ҳақиқий ўққа $\beta = \arcsin\frac{1}{M} = 38°$ бурчак остида координаталар бошидан нур ўтказилади. Бир вақтнинг ўзида нурга ва изодром вақти $T_{из}$ нинг маълум қийматларига мос бўлган очиқ система АФХ ларига тегиб турадиган, шунингдек, марказлари ҳақиқий манфий ўқда бўлган айланалар чизилади. Қурилган «тақиқланган» айланаларнинг радиуслари ўлчаниб, $T_{из}$ нинг ҳар бир қиймати учун ростлагичнинг кучай-



14.16-расм. ПИ-ростлагичли очиқ системанинг $T_{из}$ нинг турли миқдорлари учун амплитуда-фаза характеристикаларини қуриш.



14.17-расм. ПИ-ростлагичнинг созланиш параметрлари текислигидаги турғунлик чегараси ва ростлагичнинг оптимал $K_{р опт}$ ҳамда $T_{из\ опт}$ созланишлари учун мос келадиган нуқтасини топиш.

ириш коэффициенти $K_р = \frac{1}{r}$ формула ёрдамида ҳисобланади (XIV—16-расм). Олинган натижалар асосида ростлагичнинг созлаш параметрлари текислиги $K_р - T_{из}$ да турғунлик соҳасининг чегараси қурилади (XIV — 17-расм); бунда бошқариш таъсирига нисбатан ёпиқ система АЧХ сининг максимуми берилган катталикдан ошмайди.

XIV—17-расмдан ростлагичнинг излаётган оптимал созланишлари аниқланади, бунинг учун $\frac{K_р}{T_{из}}$ нисбат энг катта бўлган нуқта олинади. Бу талабга координаталар бошидан турғунлик соҳаси чегарасига уринма ўтказиш натижасида ҳосил бўлган нуқтагина жавоб беради.

Шундай қилиб, созлаш параметрлари текислигида турғунлик соҳасининг чегараси қурилиб, координаталар бошидан бунга уринма ўтказиш керак. Ҳосил бўлган нуқта ПИ—ростлагичнинг оптимал созлаш параметрларининг координаталарини беради.

ПИД-ростлагичли АРС. Ростлаш объекти билан бирлаштирилган ПИД — ростлагичнинг оптимал созларини аниқлаш тартиби қуйидагича. Дастлаб ростлаш объектининг АФХ си қурилади. Сўнг, дарак берувчи вақт ($T_Д$) ни изодром вақтнинг ярмига тенг қилиб олиб ($T_Д = 0{,}5\,T_{из}$), $K_р = 1$ учун очиқ системанинг амплигуда-фаза характеристикаси $T_{из}$ нинг бир неча киймати учун чизилади:

$$W_{оч}(j\omega) = W_{об}(j\omega)\cdot W_р(j\omega) = W(j\omega)\cdot K_р\cdot$$

$$\cdot\left(1 + \frac{1}{j\,\omega T_{из}} + j\,\omega\,T_Д\right) = W_{об}(j\omega)\left(1 + \frac{1}{j\,\omega\,T_{из}} + j\,\omega\,T_Д\right) =$$

$$= W_{об}(j\omega) + W_{об}(j\omega)\cdot\left(\frac{1}{\omega\,T_{из}} - \omega_Д\right)e^{-j\frac{\pi}{2}};$$

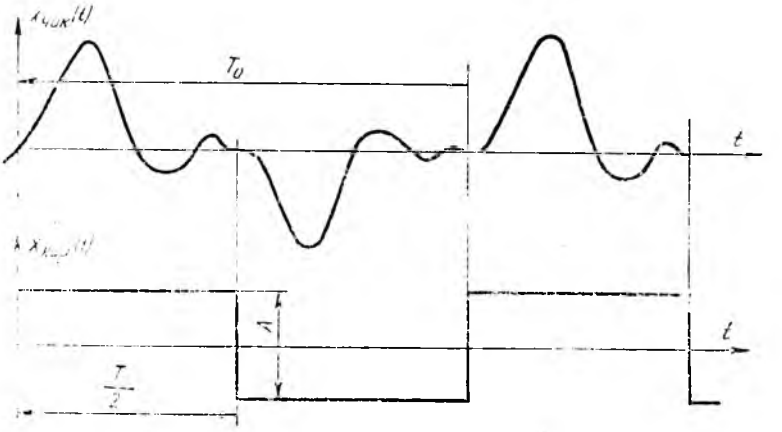
бунда $K_р = 1$.

Шундай қилиб, очиқ ростлаш системасининг амплитуда-фаза характеристикасини қуриш учун ростлаш объекти АФХ си $W_{об}(j\omega)$ нинг ҳар бир векторига манфий йўналишда соат стрелкаси ҳаракати бўйича $\frac{\pi}{2}$ бурчакка бурилган ва модули $\Delta A = A_{об}\left(\frac{1}{\omega\,T_{из}} - \omega\,T_Д\right)$ бўлган вектор қўшилади. ПИД — ростлагичларнинг созлаш параметрларини аниқлаш тартибининг давоми ПИ-ростлагичларнинг оптимал созлаш параметрларини аниқлаш методига ўхшашдир.

XIV.5-§. АВТОМАТИК РОСТЛАШ СИСТЕМАСИ ЎТИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ ҚУРИШНИИГ ЧАСТОТА УСУЛИ

Синтез қилинаётган АРС динамик ҳисобининг тўғрилигига ишонч ҳосил қилиш учун ростлаш системасининг ижро этувчи механизмининг бошқарув органи томонидан поғонасимон таъсир натижасида, ўтиш жараёнининг графигини қуриш мақсадга мувофиқдир. Баъзан ростлаш жараёнини текширганда ростлаш системасининг киришига топшириқ поғонасимон ўзгартириб киритилади.

АРС нинг ўтиш жараёни эгри чизиғидан ростланаётган катталикнинг максимал динамик четга чиқиши, ростлашнинг статик хатоси, ўта ростлаш катталиги, ростлаш вақти ва шу каби ростлашнинг сифат кўрсаткичлари ҳақида фикр юритиш мумкин. Олинган маълумотлар берилган кўрсаткичлар билан таққосланади. Ўтиш жараёнларини қуришнинг жуда кўп усуллари мавжуд бўлиб, ҳар қандай даражали чизиқли системалар учун ўтиш жараёнларини қуришнинг содда йўли бўлган Акульмин усулини кўриб чиқамиз. XIV—18-расмда даври T_0 бўлган ўтиш жараёнининг иккиланганига тенг даврий функциянинг қандайдир элементи системанинг чиқишида ўрганилаётган ўтиш жараёни сифатида берилган. Агар киришдаги поғонасимон ғалаёнланишли таъсирни Фурье қаторига ёйсак, қуйидагини оламиз:



14.18-расм. Системанинг $X_{чиқ}$ (t) чиқишдаги ўтиш жараёни.

$$x_{кир}(t) = \frac{2A}{\pi}\left(\sin\omega_0 t + \frac{1}{3}\sin 3\omega_0 t + \frac{1}{5}\sin 5\omega_0 t + \ldots\right);$$

бунда $x_{кир}(t)$ система киришидаги ғалаёнланиш; А — поғонасимон ғалаёнланиш амплитудаси:

$$\omega = \frac{2\pi}{T_0}$$

T_0 — функциянинг ёйилиш даври, ростлаш системасининг ўтиш жараёнларидан тузилган. Чизиқли системалар учун ўтиш жараёнини Фурьенинг қуйидаги катори билан ифодалаш мумкин:

$$x_{чиқ}(t) = \frac{2A}{\pi}\{A(\omega_0)\sin[\omega_0 t + \varphi(\omega_0)] + \frac{1}{3}A(3\omega_0)\sin.$$

$$\cdot[3\omega_0 t + \varphi(3\omega_0)] + \frac{1}{5}A(5\omega_0)\sin[5\omega_0 t + \varphi_3(5\omega_0)] + \ldots\}; \text{ (XIV—24)}$$

бунда $A(\omega_0)$; $A(3\omega_0)$, ... — ω_0, $3\omega_0$, .. частоталар система АЧХ синиг қийматлари;

$\varphi(\omega_0)$; $\varphi(3\omega_0)$ ... — ω_0, $3\omega_0$, частоталар учун ФЧХ синиг қийматлари.

Агар система кесилиш частотасини $\omega_{кес}$ орқали белгиласак, у ҳолда даврий функциянинг ёйилиш даври T_0 умумий кўринишда қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$T_0 = \frac{4\pi}{\omega_{кес}} \qquad \text{(XIV—25)}$$

Хусусий ҳолда, яъни жараённинг тебраниш даражаси $m = 0{,}221$ бўлганда ёйилиш даври қуйидагига тенг:

$$T_0 = 6T_ё$$

$T_р = \frac{2\pi}{\omega_р}$ эканлигини ҳисобга олсак:

$$T_0 = 6\left(\frac{2\pi}{\omega_р}\right) \qquad \text{(XIV—26)}$$

Шундай қилиб, берк ростлаш системасининг ўтиш жараёнини Акульмин усули бўйича қуриш учун ростлагичнинг топилган оптимал созланишларининг ҳисоби бўйича (XIV—26) формуладан функциянинг ёйилиш даври (T_0) топилади. Агар берк системанинг амплитуда-фаза характеристикасига эга бўлсак, у ҳолда ёйилиш даври T_0 (XIV—25) формула орқали топилади. Сўнг кесилиш частотасигача

ω_0, $3\omega_0$, $5\omega_0$, ... учун $A(\omega_0)$; $A(3\omega_0)$; $A(5\omega_0)$ ...
ва $\varphi(\omega_0)$; $\varphi(3\omega_0)$; $\varphi(5\omega_0)$ ...

(XIV—24) формулага қўйиб, турли вақтларда ростлаш объекти чиқиш катталигининг қийматлари ҳисобланади.

XV боб. АВТОМАТЛАШТИРИШНИНГ ТЕХНИК ВОСИТАЛАРИ

XV.1-§. АВТОМАТИК РОСТЛАГИЧЛАРНИНГ ТАСНИФИ

Автоматик ростлагичлар саноатнинг турли соҳаларида технологик жараёнларни автоматлаштиришда кенг ишлатиладиган техник воситалардан ҳисобланади. Ростлагичларни тасниф-

лаш ростланувчи миқдорнинг тури, ростлагичнинг иш усули, ишлатиладиган энергия тури, ижро этувчи механизмнинг ростловчи органига кўрсатиладиган таъсирнинг характери, ростлагич ишининг характеристикаси (ростлаш қонуни) каби хусусиятларга асосланади.

Ростланувчи миқдорнинг турига кўра ростлагичлар қуйидагиларга бўлинади: босим, сарф, температура, сатҳ, намлик ва ҳоказоларни ростлагичлар. Ишлаш усулига кўра бевосита ва билвосита таъсир қилувчи ростлагичлар мавжуд. Ижро этувчи механизмнинг ростловчи органини ишга тушириш учун ростланувчи объектдан олинган энергиянинг ўзи билан ишловчи ростлагичлар бевосита таъсир қилувчи ростлагич деб аталади. Агар ижро этувчи механизмнинг ростловчи органини ишга тушириш учун қўшимча энергия керак бўлса, билвосита таъсир қилувчи ростлагичлар ишлатилади. Фойдаланиладиган энергия турига кўра ростлагичлар электр, пневматик, гидравлик ва аралаш (электр-пневматик, пневмо-гидравлик ва ҳоказо) ростлагичларга бўлинади.

Ижро этувчи механизмнинг ростловчи органига кўрсатиладиган таъсирнинг характери жиҳатидан ростлагичлар узлукли ва узлуксиз ишловчи бўлади. Узлукли ишловчи ростлагичларда ижро этувчи механизмнинг фақат ростловчи органи ростланувчи миқдорнинг узлуксиз муайян қийматида ҳаракат қилади. Узлуксиз ишловчи ростлагичларда эса ижро этувчи механизмнинг ростловчи органи ростланувчи миқдорнинг узлуксиз ўзгариш ҳолатида узлуксиз ҳаракат қилади.

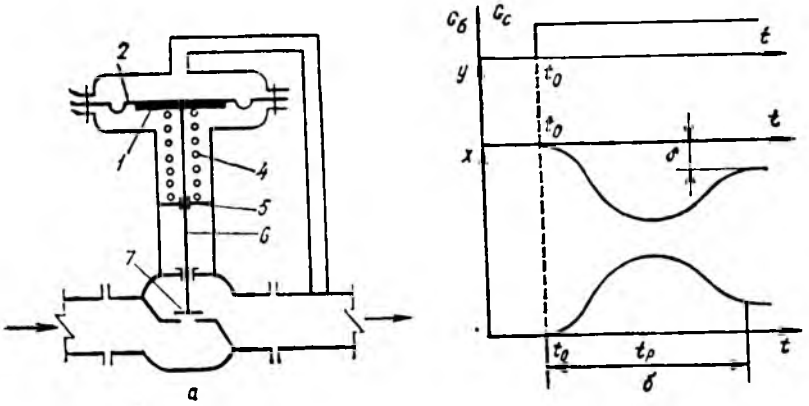
Ростланувчи миқдорнинг ўзгариши ва ростловчи таъсир ўртасидаги боғланиш (ёки ижро этувчи механизм ростловчи органининг ҳаракати), яъни ростлаш қонуни назарда тутилган иш характеристикасига кўра ростлагичлар позицион, интеграл (астатик), пропорционал (статик), изодром (пропорционал-интеграл), пропорционал-дифференциал (олдиндан таъсир этувчи статик), пропорционал-интеграл-дифференциал (олдиндан таъсир этувчи изодром) бўлади.

Росталанувчи миқдорни вақт давомида талаб қилинган чегарада сақлаб туриш жиҳатидан ростлагичлар стабилловчи, дастурли ва кузатувчи ростлагичларга бўлинади. Стабилловчи ростлагичлар ростланувчи миқдорнинг берилган қийматга (маълум даражадаги хато билан) тенглашишини таъминлайди. Дастурли ростлагичлар махсус дастурли топшириқ бергич ёрдамида ростланувчи миқдорнинг вақт бўйича аввалдан маълум бўлган дастур (қонун) бўйича ўзгаришини таъминлайди. Бу дастур технологик регламент талабларига мувофиқ тузилган бўлади. Кузатувчи ростлагичларда ростланувчи миқдорнинг вақт бўйича ўзгариши ростлагич топшириқ бергичига билвосита таъсир қилувчи бошқа катталикнинг ўзгаршига мос бўлади.

XV.2-§. БЕВОСИТА ТАЪСИР ҚИЛУВЧИ РОСТЛАГИЧЛАР

Бевосита таъсир қилувчи ростлагичлар технологик жараёнларни автоматлаштиришда кам ишлатилади. Бунга сабаб уларнинг етарли қувватга эга эмаслиги ва кўрсатишларни масофага узатиб бўлмаслигидир. Булар асосан босим, температура ва сатҳ ростлагичларидир.

XV—1-расмда бевосита таъсир қилувчи статик босим ростлагичнинг принципиал схемаси тасвирланган. Бу ростлагич «ўзидан кейинги» босимни маълум сатҳда сақлаб туради. Ростлагичдан кейинги газнинг босими берилган босимга тенг бўлганда, ростлагич элементлари ҳаракатсиз бўлиб, маълум ҳолатни эгаллайди. Газ босими линия *3* бўйлаб мембрана қисмининг устки бўшлиғига келади. ва қаттиқ марказли эластик мембрана *2* га таъсир қилади. Мембрана *2* ижро этувчи механизмнинг ростловчи органидаги затвор *7* билан шток *6* ёрдамида уланган диск *1* га таянади. Мембрана *2* ҳосил қилган куч пружина *4* орқали мувозанатланади. Пружина *4* нинг дастлабки таранглик миқдори винт *5* ёрдамида



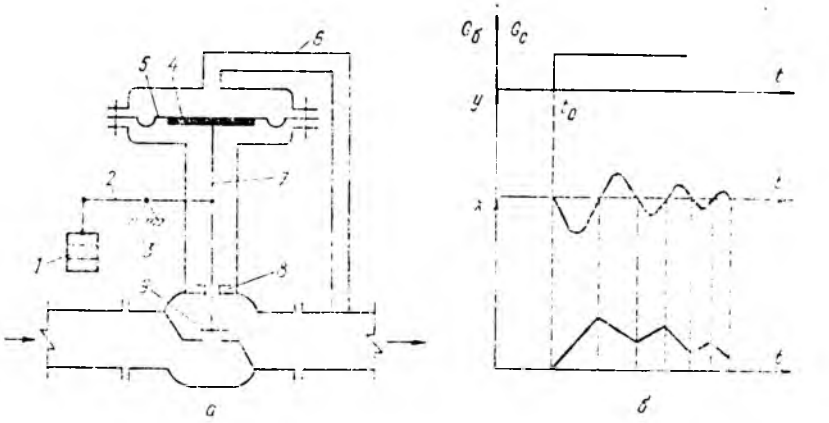
15.1-расм. Бевосита таъсир қилувчи статик босим ростлагичнинг принципиал схемаси (*а*) ва унинг вақт характеристикаси (*б*):

G_k —газнинг келиши; G_c — газ сарфи; y — ростланаётган катталикнинг четга чиқиши; x — ростлагичнинг чиқиш сигнали (ижро этувчи механизм ростловчи органининг кисиш силкиши); ε — қолдиқ хато (ростлаш хатоси, статик нотекислик).

ростланади. Газ босимининг берилган миқдордан четга чиқиши қанча катта бўлса, қаттиқ марказли мембрана *2* шунча кўп эгилади, шу сабабли пружина *4* ҳам шунча зич қисқаради ва босим таъсиридан мембрана ҳосил қилган кучга тескари таъсир қилади. Эластик пружинадан фойдаланиш ростланувчи босим ва ростловчи органнинг силжиши ўртасидаги пропорционалликка эришиш имкониятини беради. Ростлагич ростланувчи миқдорнинг муайян берилган қийматига винт *5* ёрдамида созланади. Ростлаш жараёнининг графикларидан шундай

хулоса келиб чиқади. (XV—1-расм, *б*); бевосита таъсир қилувчи ростлагичлар ғалаёнланиш содир бўлганда, модданинг келиши ёки сарфи бўйича ростланувчи миқдор y ни берилган қийматга маълум статик хато δ билан вақт t_p мобайнида қайтаради. Бу хато созлаш параметри s_1 га (кучланиш коэффициентига, ростлагичнинг пропорционаллик коэффициентига) боғлиқ.

Кўриб чиқилган ростлагичлар «ўзидан олдинги» газ босимини ҳам ростлай олади. Бу ҳолда босим затвор 180° га айлантирилганда ростловчи органидан олдин танланади. Қувурдаги газнинг босими берилган қийматдан ортиқ бўлгани сабабли шток *6* пастга силжиганда, ростловчи органнинг ўтиш кесими катталашади.



15-2-расм. Бевосита таъсир қилувчи астатик босим ростлагичининг принципиал схемаси (*а*) ва унинг вақт характеристикаси (*б*):

$G_к$ — газнинг келиши; G_c — газ сарфи; y — ростланаётган катталикнинг четга чиқиши; x — ростлагичнинг чиқиш сигнали (ижро этувчи механизм ростловчи органининг нисбий силжиши).

XV—2-расмда бевосита таъсир қилувчи босим астатик ростлагичи тасвирланган. Ростланувчи объектда (қувурнинг маълум участкаси) босимнинг ўзгариши импульс линияси *6* орқали қаттиқ марказли эластик мембрана *5* га таъсир қилади. Бу мембрана ижро этувчи механизмнинг ростланувчи органидаги золотник *9* ва якунланувчи шток *7* билан боғланган ликопча *4* га таянади. Сальник *8* ижро этувчи механизмнинг герметиклигини таъминлайди. Муҳитнинг босими ростлагич қабул қилувчи каллагининг устки бўшлиғига келади ва мембрана *5* га таъсир қилади. Мембрана сезгир ва бошқарувчи элемент вазифасини бажаради. Газнинг ростланувчи босими ростловчи органнинг қанчалик очиқлигига боғлиқ. Ричаг *2* шток *7* билан қаттиқ боғланган ва таянч нуқтаси *3* га эга. Ричагнинг бўш томонига юк *1* осилади. Юкнинг вазни мемб-

рана *5* ва шток *7* нинг пастга қараб силжишига тескари таъ сир қилувчи куч ҳосил қилади. Юк ва мембрана ҳосил қилга кучлар тенг бўлганда ростловчи органда шток *7* ҳаракатси бўлиб, муайян ҳолатни эгаллайди. Агар мувозанат ҳолати бузилса, яъни ростлаш системасида тенгсизлик пайдо бўлса шток *7* силжийди ва ростловчи органдаги ўтиш кесими ўзга ради. Бу ўзгариш мувозанат қайтадан тиклангунча давом этади. Ростловчи органнинг силжиш тезлиги ростланувчи параметрнинг берилган қийматдан четга чиқишига пропорцио нал бўлиб, найча *6* дан ўтиб ростлагичнинг қабул қилувчи қисмига келадиган газ миқдорига боғлиқ. Ростлаш системаси маълум инерционликка эга бўлгани сабабли ростлаш жараё нида ўта ростлаш мавжуддир, бунинг натижасида ўтиш жараё нининг вақти чўзилади. Шунинг учун астатик ростлагичларнинг ишлатилиши бирмунча чекланган.

XV.3-§. ЭЛЕКТР РОСТЛАГИЧЛАР

Электр ростлагичлар ишлаб чиқариш жараёнларини авто матлаштиришда кенг ишлатилади. Бунга қуйидаги омиллар сабаб бўлади.

1. Ноэлектрик миқдорларни электр ростлагичлар ёрдамида ўлчаш методлари яхши ишланган ва автоматик ўлчашнинг бир қатор масалаларини ҳал қилишга, кенг спектрдаги физик-ким ёвий параметрларни ноинерцион ўзгартишга ва уларни техно логик регламентларга риоя қилган ҳолда ростлашга имкон беради.

2. Турли мураккаб математик операцияларни бажаришни талаб қилувчи ҳар хил ростлаш қонунларини электр элемент ларда амалга ошириш принципиал қийинчиликларни ҳосил қилмайди.

3. Ростлаш системаларидаги электр юритмаларда энергия таъминоти узилиб қолганда, ижро этувчи механизм қандай ҳолатни эгаллаб турган бўлса, шу ҳолатда тўхтайди, пневма тик юритмаларда эса бундай шароитда ростловчи органнинг ўтиш кесими ёки батамом беркилади, ёки тўла очилади ва ава рия хавфи ҳосил бўлади.

4. Электр датчик ва ўзгартгичларнинг кўрсатишини масо фага узатиш жуда оддий бажарилади.

5. Электр ростлагичларнинг ишлаши етарли даражада ишончлидир.

Ҳозир электр ростлагичларнинг қуйидаги модификацияси ва қўшимча қурилмалар комплекти ишлаб чиқарилмоқда: 1) унификациялашган электрон агрегат системалари (ЭАУС); 2) «Теплоприбор» заводининг ростлагичлари; 3) автоматик контрол ва ростлашнинг унификациялашган системаси (УСАҚР).

ЭАУС асбоблари энергетика, металлургия, қурилиш мате риаллари ҳамда озиқ-овқат саноатларида ишлатилади. Сис тема ростлашнинг пропорционал, пропорционал-интеграл, про-

порционал-дифференциал ва пропорционал-интеграл дифференциал қонунларини амалга оширади. Системанинг блоклари узлуксиз ёки узлукли чиқиш сигналларига эга. Системадаги алоҳида ростловчи блокнинг узлуксиз чиқиш сигналини бошқа бир блокнинг киришига келтириш мумкин, бу эса каскад ёки кўп контурли ростлаш схемаларини амалга ошириш имконини беради. Система тузилиши бўйича аппарат принципига асосланади. Бунда ростловчи блоклар чиқиш сигналларини тўғри датчиклардан қабул қилади. Система блок (агрегат) принципида қурилган деганда, унинг таркибига турли вазифани бажарувчи блоклар (датчиклар, ўлчов ўзгартгичлари, иккиламчи асбоблар, ростлагичлар, топшириқ бергичлар, дифференциаторлар, натижаларни масофадан туриб кўрсатувчи асбоблар, ижро этувчи механизмлар ва бошқалар) кирган системани тушуниш

15—1-жадвал

Ўлчаш блокининг вазифалари ва типлари	Шаклланувчи блокларга эга бўлган ростловчи қурилмаларнинг типлари		
	ЭР-62 (ЭР-62-ЭГ) (ПИ—ростлаш қонуни, реле контактли чиқиш)	РПИ ва РП—2 (РПИ—ЭГ) (ПИ—ростлаш қонуни, реле контактсиз чиқиш)	КПИ-62 (ПИ—ростлаш қонуни, узлуксиз контактсиз чиқиш)
1	2	3	4
Ўзгарувчан токли учта (индуктив, дифференциал-трансформатор ва ферродинамик) датчик сигналларини қўшиш (И—Ш)	РПИК — III	РПИБ — III	КПИ — III
Шунинг ўзи, фақат тўртта датчик учун (И—IV)	РПИК — IV	РПИБ — IV РП2 — П2	КПИ — IV
Терможуфт сигналини ўзгартириш (И—Т)	РПИК — Т	РПИБ — Т РП2 — Т2	КПИ — Т
Терможуфт сигналини ўзгарувчан токли иккита датчик сигналлари билан қўшиш (И — Т2)	РПИК — Т2	РПИБ — Т2	КПИ — Т2
Қаршилик термометрининг сигналини ўзгартириш (Н — С)	РПИК — С	РПИБ — С	КПИ — С
Иккита қаршилик термометрларининг сигналларини қўшиш (И — 2С)	РПИК — 2С	РПИБ — 2С РП2 — 2	КПИ — 2С
Магнитли кислород ўлчагич сигналини ўзгартириш (И—МК)	РПИК — МК	РПИБ — МК	КПИ — М
Унификациялашган иккита 0 . . . 5 мА сигналларни қўшиш	—	РП — 2	—
Унификациялашган тўртта 0 . . . 5 мА сигналларни қўшиш	—	—	—
	—	РП2 — У2	—

лозим. Бу қисмларни муайян усуллар билан боглаб стабилловчи, кузатувчи, дастурли ва кўп алоқали ростлаш системаларини яратиш мумкин. Системани ишлаб чиқишда айрим блокларнинг чиқиш сигналларини унификациялаш талаби назарда тутилган. ЭАУС системаси токли схемани амалга оширади (чиқиш сигнали 0,5...5 мА чегараларда ўзгарувчи доимий ток). Чиқиш сигналлари доимий ёки ўзгарувчи кучланишга эга бўлган, индуктив, трансформаторли ёки ферродинамик датчиклар билан таъминланган асбобларнинг ҳам чиқиш сигнали 0,5...5 мА диапазондаги доимий токка эга бўлиб, нормаллаштирувчи ўзгартгичлар билан биргаликда ишлатилиши мумкин.

XV—1-жадвалда система ростловчи қурилмаларнинг типлари келтирилган.

ЭАУС ларнинг шакллантирувчи блоклари ростлашнинг изодром қонуни амалга оширади. Ростлашнинг ПИД қонунини амалга ошириш учун қўшимча равишда ДЛП-П ёки ДЛ-Т дифференциаторлардан фойдаланиш керак.

Дифференциаторлар ПИД ростлаш қонунини шакллантиришда ва ростлаш қонунига оралиқ нуқталардан ҳосила киритишда ишлатилади.

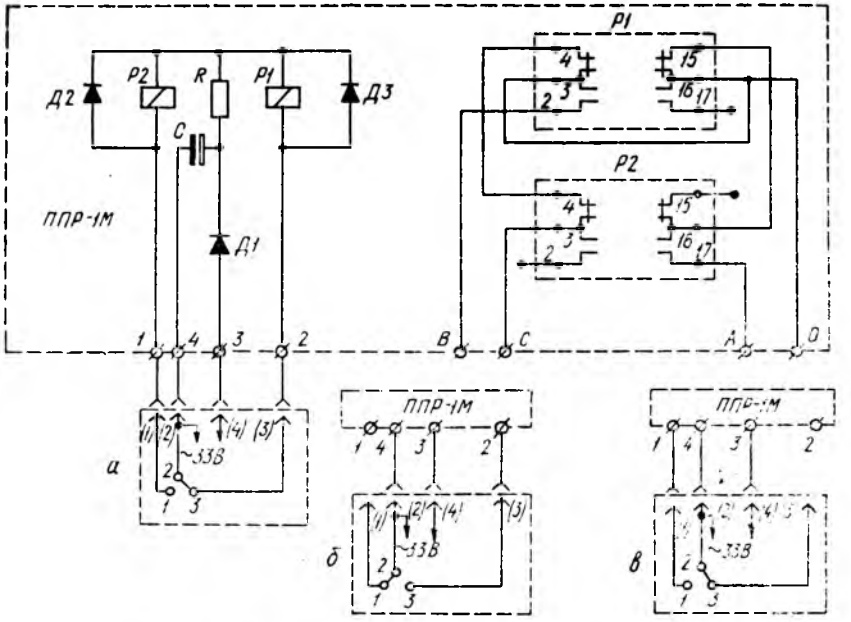
XV.4-§. ПОЗИЦИОН РОСТЛАГИЧЛАР

Ростлаш қонунлари ичида реле қонуни энг оддий ҳисобланади. Буни пневматик, электр ва бошқа ростлагичлар воситасида амалга ошириш мумкин, унда ростланаётган катталикнинг берилган қийматидан четга чиқишидан фойдаланилади. Икки позицияли ростлагичлар кенг тарқалган бўлиб, бунда ростловчи орган иккита четки ҳолатдан (очиқ ёки ёпиқ) бирини эгаллайди. Мавжуд контрол-ўлчов асбобларининг (электрон кўприк ва потенциометрлар, манометрлар, термометрлар ва бошқалар) кўпчилиги икки ва уч позицияли ростлашнинг содда воситалари билан таъминланган.

Позицион электр ростлагичлар ўлчанаётган параметрнинг берилган қийматини икки ёки уч позицияли ростлаш ва ўрнатишга имкон беради. XV—3-расмда позицион электр ростлагичларнинг принципиал схемаси кўрсатилган. Позицион электр ростлаш топшириқ берувчи механизм асбобга ўрнатилган контактли топшириқ бергич ва қўшимча қурилмага ўрнатилган ППР-1М реле блоки орқали амалга оширилади. Позицион электр ростлагич икки хил ростлашнинг бир тури учун мўлжалланган: носезгир зонада қайд этилган энг кичик қийматни икки позицияли ростлаш (XV—3-расм, *б*, *в*); ўрта контактнинг созланувчи улаш зонасига эга бўлган уч позицияли ростлаш (XV—3-расм, *а*).

Автомат позицион ростлаш схемасидан яна (XV—3-расмга қаранг) ўлчанаётган параметрнинг асбоб шкаласи чегарасида берилган қийматини сигнализация қилиш учун фойдаланиш мумкин.

Контактли топшириқ бергичнинг ҳаракатчан контакти *2*



15.3-расм. Уч позицион ростлагичнинг принципиал схемаси.

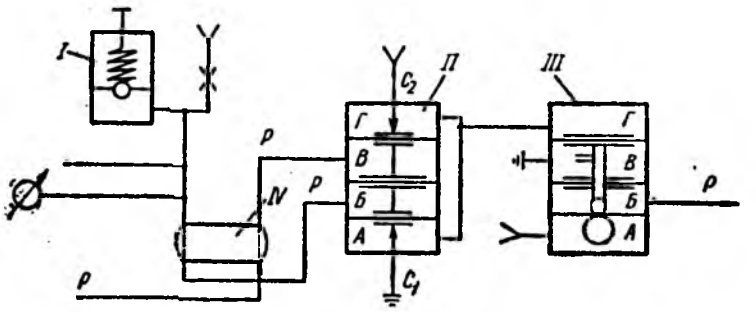
ростланувчи миқдорнинг созлаш тутқичи ва асбоб пероси билан кинематик боғланган. Топшириқ бергич контакт гуруҳининг асосида жойлашган ҳаракатсиз иккита контакт *1* ва *3* носезгир зонани контактлар ўртасидаги масофани ўзгартириш йўли билан ростлашга имкон беради. Ростлаш керак бўлган параметрнинг қиймати «миқдорни созлаш» тутқичи орқали ўрнатилади. Вазифа кўрсаткичининг охирги қисми асбоб пероси берилган қийматга эришган нуқтаси томон йўналишда ўрнатилади, шу пайт ҳаракатчан контакт *2* контактлар *1* ва *3* нинг ўртасида уларга тегмай, ўрта ҳолатда туради. Ўлчанаётган параметрнинг берилган қийматдан четга чиқиши ҳаракатчан контакт *2* нинг бирор ҳаракатсиз контактлар томон силжишига олиб келади: ўлчанаётган параметрнинг қиймати берилгандан кам бўлса, ҳаркатсиз контакт *3* томон (*2, 3* контактлар —«Кам»); ўлчанаётган параметрнинг қиймати берилгандан кўп бўлса, ҳаракатсиз контакт *1* томон (*2, 1* контактлар — «Кам»); ўлчанаётган параметрнинг қиймати берилгандан кўп бўлса, ҳаракатсиз контакт *1* томон (*2, 1* контактлар —«Кўп») силжийди.

Носезгир зонадаги қийматни қайд этадиган икки позицияли ростлашда контактли топшириқ бергичда фақат битта ҳаракатсиз контакт *1* ёки *3* ишлатилади. Икки позицияли ростлашнинг *б* ва *в* вариантлари (XV—3-расм) бир-бирига ўхшаш бўлиб, улардан фойдаланиш параметрнинг катталишиш ёки

кичиклашишига боғлиқ. Масалан, ҳаракатчан контакт *2* нинг ҳаракатсиз контакт *1* билан уланиш пайтида (XV—3-расм, *в*) *P2* реле ишга тушади ва *О—А* занжирни беркитади. Контактлар *1*, *2* узилганда *P2* реле бўлиб, *О—А* занжир очилади. *О—С* занжир эса беркилади. Бу схемадаги иккинчи ҳаракатсиз контакт механик таянч вазифасини бажаради ва схемага уланмайди.

Уч позицияли ростлаш ҳолатида (XV—3-расм, *а*) контактли топшириқ бергичдаги иккала ҳаракатсиз контактлар *1* ва *2* ишлатилади. Ҳаракатчан контакт *2* ҳаракатсиз контакт *1* билан уланганда *P2* реле ишга тушади ва ишловчи *О—А* занжир беркилади. Ҳаракатчан контакт *2* контакт *1* дан ажралган вақтда *P2* реле манбадан узилиб, якорь бўшайди, *О—А* занжир эса очилади, лекин *О—С* занжир беркилади. Бу ҳолат ҳаракатчан контакт *2* ҳаракатсиз контакт *3* билан улангунча сақланади, яъни параметрнинг ўрнатилган носезгир зона чегарасида бўлиш вақтида бу ҳолат сақланиб келади. Ҳаракатчан контакт *2* контакт *3* билан уланганда *P1* реле ишга тушади, бунда *О—С* ишловчи занжир узилади ва *О—В* занжир беркилади. Ҳаракатчан контакт *2* контакт *3* дан ажраганда, *P1* реле монбадан узилади, якорь бўшайди. *О—В* занжир очилиб яна *О—С* занжир беркилади. Системанинг нотурғун ишлашининг олдини олиш учун иккала реле ҳам *Д1* диод ва *С* сиғим орқали тўғриланган ток билан таъминланади. *Д2* ва *Д3* диодлар учқун ўчирувчи диодлардир. *R* қаршилик реленинг қайтишидаги коэффициентни камайтириб, системанинг турғунлигини оширади. Ростланувчи орган ёки сигнализация занжири уланган куч занжирлар *О*, *А*, *В*, *С* клеммаларга уланади.

ППР—1М қурилма қўшимча асбобга ўрнатилган трансформатордан 33В кучланиш билан таъминланади.



15.4- расм. ПР1.5 позицион ростлагичининг принципиал схемаси.

ПР1.5 позицион ростлагичи. ПР1.5 ростлагичи ростланаётган ёки ўлчанаётган параметрнинг қиймати берилган миқдоридан фарқ қилганда 0 ва 1 қийматга эга бўлган дискрет пневматик сигналларни ҳосил қилиш ҳамда икки позицияли ростлаш

учун ишлатилади. Ростлагич (XV—4-расм) уч мембранали таққослаш элементи *2*, қувват кучайтиргичи *3*, алмашлаб улагич *4* ва қўл билан топшириқ бергич *1* дан тузилган.

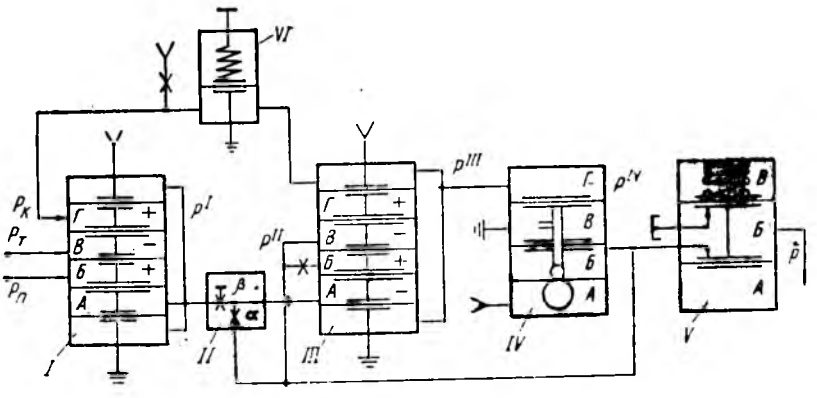
Ўлчаш блокидан келган кириш сигнали таққослаш элементининг *Б* камерасига, топшириқ бергичдан келган босим *В* камерага берилади. Агар кириш сигнали берилган босим миқдоридан катта бўлса, у ҳолда сопло *С2* ёпиқ бўлиб, таққослаш элементининг чиқишидаги сигнал 0 га тенг бўлади. Кириш сигнали берилгандан кичик бўлса, сопло *С2* очилади ва чиқишда бирга тенг бўлган сигнал қувват кучайтиргичининг *Г* камерасига боради. Қувват кучайтиргичи бу сигналнн кучайтириб ижро этувчи механизмга беради.

ПР1.5 ростлагичи ПВ10.1Э, ПВ10.1П; ПВ10.2Э, ПВ10.2П; ПВ3.2 каби иккиламчи асбоблар билан биргаликда ишлайди.

XV.5-§. ПРОПОРЦИОНАЛ РОСТЛАГИЧЛАР

Пропорционал ростлагичлар деганда ростловчи органнинг ростланувчи параметри ва топширилган миқдор орасидаги фарққа нисбатан пропорционал силжиши тушунилади. Ростланувчи параметрнинг вақт бўйича ўзгариши ва ростловчи органнинг силжиши бир қонун бўйича амалга ошади. Ростланувчи параметрнинг ҳар бир миқдорига, ростловчи органнинг маълум бир ҳолати мос келади.

ПР2.5 пропорционал ростлагичи. ПР2.5 ростлагичи ростланувчи параметрни берилган катталикда ушлаб туриш мақсадида чиқишда ижро этувчи механизмга таъсир этувчи узлуксиз сигнал олиш учун мўлжалланган. Асбоб иккиламчи асбобнинг қўл билан топшириқ бергичи ёки стандарт пневматик сигналли бошқа қурилмадан масофадан туриб топшириқ олувчи ростлагичдан иборат (XV—5-расм).



15.5-расм. ПР2.5 пропорционал ростлагичининг принципиал схемаси.

Ростлагич иккита таққослаш элементлари *1* ва *3*, дросселли сумматор *2*, қувват кучайтиргичи *4*, ўчирувчи реле *5*, кўл билан топшириқ бергич *6* лардан иборат. Топшириқ бергич ва ўлчов асбобидан келган сигналлар P_1 ва P_2 таққослаш элементи *1* нинг мембраналарига таъсир этади (манфий камера *В*, мусбат камера *Б*) ва тескари алоқа мембраналарида ҳаво босими ҳосил қилган куч (камера *А*) билан мувозанатланади. Таққослаш элементи *1* нинг P^1 чиқиш босими ўтказувчанлиги β бўлган дроселли сумматор *2* нинг ростланувчи дроссели орқали таққослаш элементи *3* нинг *а* камерасига боради, худди шу камерага ўтказувчанлиги α бўлган дроссели сумматор *2* нинг ўзгармас дроссели орқали $P_{чиқ} = P^{IV}$ чиқиш босими ҳам келади. Таққослаш элементи *3* нинг чиқиш босими қувват кучайтиргичи ёрдамида кучайтирилади ҳамда иккинчи таққослаш элементи билан манфий тескари алоқада бўлади. Системада ҳосил бўладиган автотебранишларни йўқотиш мақсадида таққослаш элементи *3* га иккита тескари алоқа киритилган: *В* камерага манфий ва *Б* камерага мусбат. Система мувозанати бузилган ҳолларда рўй берадиган автотебранишлар мусбат тескари алоқа йўлига ўрнатилган ўзгармас дроссель билан тўхтатилади.

Қўл билан бошқаришга ўтиш мақсадида ростлагични узиш учун ўчирувчи реле *5* дан фойдаланилади. ПР2.5 ростлагичи ПВ10.1Э, ПВ10.1 П, ПВ10.2Э; ПВ.2П, ПВ3,3 типидаги иккиламчи асбоблар билан биргаликда ишлайди.

XV.6-§. ИНТЕГРАЛ РОСТЛАГИЧЛАР

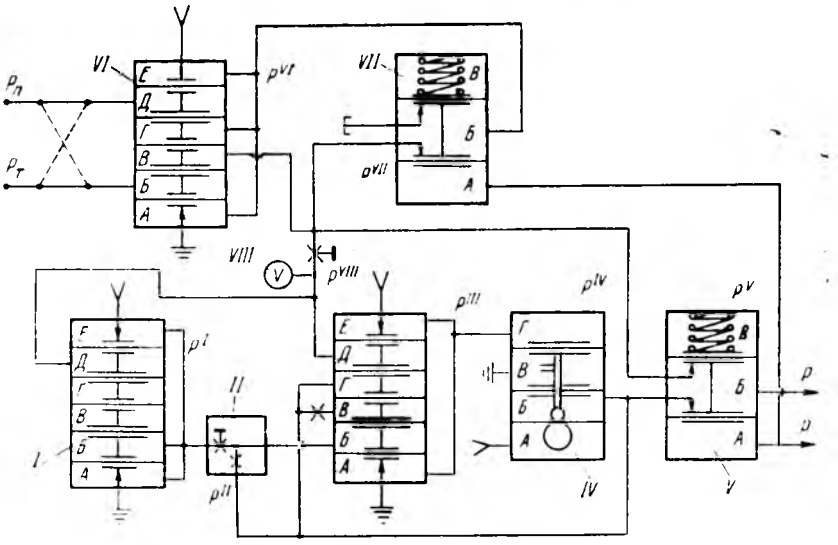
Интеграл (астатик) ростлагичлар деб ростланаётган параметр топширилган қийматдан четга чиққанда ростловчи органнинг ростланувчи параметр четга чиқишига пропорционал тезликда ҳаракат қилишига айтилади. Астатик ростлагичлар ишлатилганда ростланувчи параметрнинг мувозанат қиймати нагрузкага боғлиқ эмас ва статик хато нолга тенг бўлади. Агар ростланаётган катталик берилган қийматидан четга чиқса астатик ростлагич ростловчи органни ростланувчи катталик қиймати топширилган даражага етгунча ҳаракатга келтириб туради.

Ўзининг динамик хусусиятлари жиҳатидан интеграл ростлагичлар турғун эмас, шунинг учун ҳам улар мустақил қурилма сифатида ишлаб чиқарилмайди.

XV.7-§. ПРОПОРЦИОНАЛ-ИНТЕГРАЛ (ИЗОДРОМ) РОСТЛАГИЧЛАР

ПР3.21 ростлагичининг вазифаси ПР2.5 ростлагичининг вазифасига ўхшаш. У таққослаш элементлари I, III, VI, дросселли сумматор II, қувват кучайтиргичи IV, узувчи релелар V, VII ва сиғим VIII дан иборат (XV—6-расм).

Бу ростлаш блоки иккита пропорционал ва интеграл қисмлардан тузилган. Уларнинг киришига датчикдан ростланаётган катталикнинг пневматик сигнали $P_п$ ва икиламчи асбобга ўрнатилган топшириқ бергичдан ростланувчи катталикнинг берилган қиймати келиб, 0,2...1 оралиқда бўлади. Блокнинг



15.6-расм. Пропорционал-интеграл ростлагичнинг принципиал схемаси.

пропорционал қисми ғалаёнланишдан сўнг ҳаракатга келиб, унинг ўзи эса сумматор I. III ва дросселли сумматор II дан тузилган. ПР3.21 ростловчи блокининг интеграл қисми сумматор VI ва кучайтириш коэффициенти $K=1$ бўлган биринчи даражали апериодик звенодан тузилган бўлиб, пневматик интегралловчи звенодан иборат. Пропорционал ва интеграл қисмларнинг чиқиш сигналлари ячейка II да қўшилади. Бунинг учун интегралловчи звенонинг чиқиши ячейка II нинг I ва III сумматорлари киришига берилиши лозим.

Созлаш параметрларининг (кучайтириш коэффициенти — $K_р$, изодром вақти — $T_п$) ўзаро боғлиқ эмаслиги блокнинг муҳим афзаллигидир. Кучайтириш коэффициенти ($K_р$) дроселли сумматордаги ўзгарувчи дросселнинг ўтказувчанлигини ўзгартириб ўрнатилади, дроселлаш диапазони *ДД*-3000 . . . 5 чегарада ўзгаради, бу эса кучайтириш коэффициентининг қиймати 0,03 . . . 20 бўлишига мос келади. Изодром вақти $T_п$ апериодик звено таркибига кирган ўзгарувчи дросселнинг ўтказувчанлигини ўзгартириб ўрнатилади ва у 3 секунддан 100 минутгача бўлиши мумкин. ПР3.21 ростлагичи ҳам ПР2.5 ростлагичи ишлайдиган икиламчи приборлар билан биргаликда ишлайди.

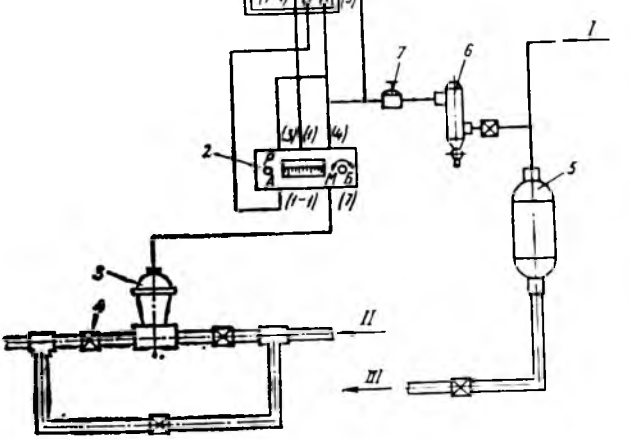
Маҳаллий топшириқ бергич ПР3.22 ростлагичи ПР3.21 дан асбоб киришининг топшириқ линиясида қўл билан топшириқ бергич борлиги билан фарқланади.

ПР3.26 ва ПР3.29 ростлагичлари керак бўлган дросселлаш диапазонини ўрнатиш имконини берувчи қайта улагич билан таъминланган. Қайта улагичнинг учта қайд қилинган ҳолати бор.

I. $ДД = 2$ ... 50% II. $ДД = 50$ ... 200%. III. $ДД = 200$ ... 800%. $T_n = 0{,}025$ минутдан ∞ гача ўзгаради. ПР3. 29 ростлагичи ПР3.26 дан маҳаллий топшириқ бергичи борлиги билан фарқ қилади.

Тўғри чизиқли статик характеристикали ПР3.21 ва ПР3.32 ростлагичларида дросселлаш диапазонини 2 ... 3000% гача созлаш мумкин.

ПР3.23 ва ПР333 нисбат ростлагичлари иккита параметр нисбатини ушлаб туриш мақсадида ижро этувчи механизмга борувчи узлуксиз ростлаш таъсирини олиш учун хизмат қилади. Ростлагичларда нисбат звеноси бўлиб, унга доимий дроссель, ростловчи дроссель ва топшириқ бергичлар киради. Нисбатни созлаш чегараси 1:1 дан 5:1 гача ёки 1:1 дан 10:1 гача. ПР3.24 ва ПР3.34 нисбат ростлагичлари иккита параметр нисбатини



15.7-расм. КС-3 асбобининг пневматик бошқариш панели билан биргаликда ишлашидаги ташқи уланиш схемаси: *I*-ҳаво (Р = 0.2 . . . 0.8 МПа); *II* — ростланаётган муҳит; *III* — канализация йўлига.

1 — пневматик ростловчи курилманинг КСЗ асбоби; *2* — ПП 12.2 типидаги пневматик бошқариш панели; *3* — ижро этувчи механизм; *4* — вентиль; *5* — ресивер; *6* — фильтр; *7* — редуктор (*1*) — ростлагичнинг чиқиши; (*1* — *1*) алмашлаб уловчи релегача бўлган ростлагичнинг чиқиши: (*3*) — алмашлаб улаш; (*4*) — манба; (*7*) — ижро этувчи механизмга борувчи чиқиш сигнали.

учинчи параметр бўйича тўғрилаш билан ушлаб туриш мақсадида ижро этувчи механизмга борувчи узлуксиз ростлаш таъсирини олиш учун хизмат қилади.

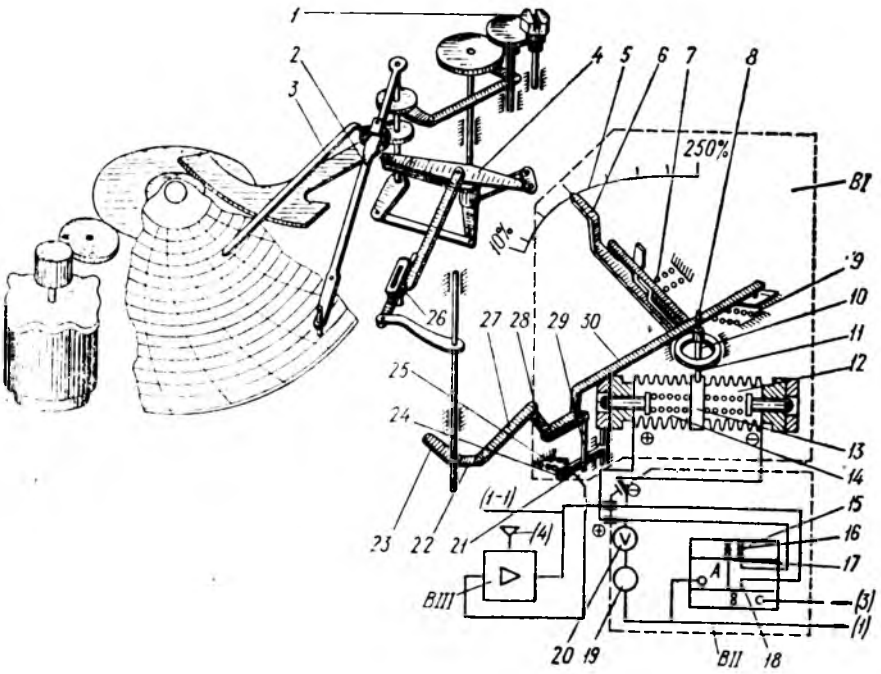
Пневматик изодромли ростловчи қурилма иккиламчи асбоб КС3 комплектида ижро этувчи механизм билан биргаликда турли технологик параметрларни пропорционал-интеграл қонун бўйича ростлаш учун мўлжалланган. Ростлагичли иккиламчи асбоблар икки қисмдан — ўлчаш ва ростловчи қурилмалардан иборат. Ростловчи қурилма ресивер, фильтр, редуктор пневматик бошқариш панели ва пневматик ростлагич билан комплектланади (XV—7-расм). Ростлагичга қуйидаги блоклар киради:

БР.2 ростловчи блок.

БИ.2 интеграл блок.

08.972 069 моделли пневматик реле.

Ростловчи блок ростланаётган параметрнинг ҳозирги ва берилган қийматлари орасидаги фарқни қабул қилиш ҳамда пневматик реле билан биргаликда босим импульсига айлантириш учун мўлжалланган. Интеграл блоки бошқарувчи пневматик сигналнинг интеграл қисмини ҳосил қилиш учун хизмат



15.8-расм. КС-3 асбобларида ишлатиладиган изодром ростлагичининг принципиал схемаси.

қилади. Пневматик реле пневматик бошқариш сигналини ижро этувчи механизмни бошқариш учун етарли бўлган қийматга қувват бўйича кучайтириш учун мўлжалланган.

XV—8-расмда КСЗ асбобларида ишлатиладиган изодром ростлагичнинг принципиал схемаси кўрсатилган.

Ростланаётган параметрнинг қиймати асбоб шассисига жойлашган «топшириқни ўрнатиш» достаги воситасида қўлда берилади. Бу дастани бураш билан диаграмма қоғозида топшириқ кўрсаткичи *3* ни суриш мумкин. Агар ростланаётган параметр ва топшириқнинг қийматлари тенг, яъни топшириқ кўрсаткичи *3* билан перо *2* бир хил бўлса, у ҳолда ижро этувчи механизмнинг йўлидаги босим ва ижро этувчи механизм клапанининг вазияти жараённинг нормал ҳолатига мос келади. Ростланаётган параметрнинг давоми ва топширилган қийматлари бир-бирларига тенг бўлмаганда коромисло *4* нинг ўрта нуқтаси ўзгаради ва ростлагичда кириш сигнали пайдо бўлади. Ростловчи блок бурчакли ричаг *28* бўш томонининг силжиши ростлагичнинг кириш сигнали бўлади. Ростлагич, пневмореле *В* III нинг мусбат тескари алоқа сильфони йўли *14* нинг очиқ ёки ёпиқлигига қараб пропорционал ёки пропорционал-интеграл ҳолатда ишлаши мумкин.

Пропорционал ростлагичнинг ишлаши. Ростловчи блок киришига сигнал берилганда бурчак пишанги *28* айланади (соат стрелкаси йўналишида) ва штифт 29 заслонка *24* дан узоқлашади. Пружина *25* таъсирида заслонка сопло *21* га яқинлашади ва унинг тешигини ёпади. Бунда пневмореле чиқишида босим орта бошлайди. Пневмореле чиқишидаги босим манфий тескари алоқа сильфони *12* га берилади, натижада унинг тўсиғи *13* силжийди ва штифт *11* ричаг *10* нинг ишчи юзаси бўйлаб ҳаракатланиб, пружина *7* таъсирида уни айлантиради. Пишанг *10* нинг айланиши билан штифт *8* пишанг *30* нинг ишчи юзасидан узоқлашади, у пружина *9* таъсирида соат стрелкаси бўйича айланиб, бурчак пишанги *28* ни кириш сигнали штифт *29* нинг бурчаг томонига тескари йўналишда силжитади. Штифт *29* заслонкага яқинлашади ва уни шу вақтдаги кириш босимига мувофиқ бўлган масофага суради. Демак, чиқишдаги босим блок киришига берилган босимга пропорционал.

Кириш сигналининг маълум қийматида пропорционаллик коэффициенти пишанг системасининг узатиш нисбатига ҳамда сильфонлар эффектив юзасининг сильфон блоки эластик элементларининг қаттиқлик йиғиндиси нисбатига боғлиқ. Дросселлаш дапазонининг катталигини (5-шкала) созлаш учун пишанг системасининг узатиш нисбатини пишанг *6* нинг штифтлар *8* ва *11* дан ўтувчи ўқ атрофида айлантириши лозим.

ДД нинг катталги (фоиз ҳисобида) прибор чиқишидаги иш диапазони 0,2 . . . 1 кг/см² чегарада ўзгарувчи босим таъсирида пероиинг (топшириқ мили) силжиш катталигининг диаграм ма кенглиги катталигига нисбати билан аниқланади. Масалан, *ДД* ни 10% га ўр-

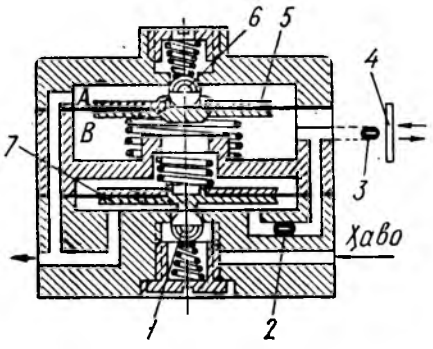
натилганда перонинг диаграмма бўйлаб топшириқ милига нисбатан 1% силжиши чиқишда иш диапазонининг босимини 10% га (яъни 0,08 кгк/м²) ўзгартиради. Демак, асбоб чиқишидаги босимнинг сигнали ижро этувчи механизмнинг ростлаш органини тўла силжишнинг $\frac{1}{10}$ қисмига суради. Агар $ДД=250\%$ бўлса, ростлаш органи $\frac{1}{250}$ қисмга сурилади.

Агар сильфонлардаги босим тенг бўлса, ростловчи блок назорат нуқтада бўлиб, босим катталиги эса чиқиш босимининг иш диапазони чегарасининг исталган нуқтасида бўлиши мумкин. Пишанг *6* ни айлантирганда пишанг *30* (идеал ҳолда) силжимайди, яъни пишанг *6* нинг айланиши фақат статик характеристиканинг ёйсимон кўринишини ўзгартиради.

Шундай қилиб, ростлагич, дроссели *19* ёпиқ бўлганда пропорционаллик чегараси $ДД=10...250\%$ бўлган пропорционал ҳолатда ишлайди. Бунда топшириқ милининг ўрнатилиши ва берк мусбат тескари алоқа сильфонидаги босимнинг катталигига қараб ростлагичнинг турли ститик характеристикаларини олиш мумкин.

Пропорционал-интеграл ростлагичнинг ишлаши (ПИ ростлагичи). Дроссель *19* тўла очиқ бўлганда пневмореле чиқишидаги босим иккала сильфонга бир хил боради ва манфий тескари алоқа бутунлай таъсир этмайди. Шунинг учун киришдаги сигналнинг деярли сезилмас даражада ўзгариши чиқишдаги босимнинг максимумга ёки минимумга ўзгаришига олиб келади, яъни ростлагич реле режимига яқин ҳолатда ишлайди. Бироқ занжир *Р—С* (дроссель ва сиғим) кетма-кет уланган туфайли пневматик реле чиқишида босим ўзгариши билан мусбат тескари алоқа сильфонида (*14*) тезлик турлича ўзгаради; бу дроссель *19* нинг ёпиқлик даражаси ва тескари алоқа йўлининг бўш ҳажмига (пневматик сиғим билан) боғлиқ. Демак, ростлагич чиқишидаги босимнинг ўзгариши (ва натижада, параметрнинг топширилган миқдорга қайтиш вақти) дроссель *19* нинг созланишига боғлиқ экан.

Қайта улаш сигнали (яъни манба босими) йўқлигида пневмокучайтиргич чиқишидаги сигнал манфий тескари алоқа сильфонига ва пружина *16* таъсирида очилган сопло *18* орқали узувчи реле *15* нинг *А* камерасига берилади. Сигнал дроссель *19* ва пневмосиғим *20* орқали ўтиб, мусбат тескари алоқа сильфони *14* га келади. Пневматик бошқариш панели ПП12.2 дан қайта улаш сигнали асбобнинг штуцери орқали реле *15* нинг *В* камерасига берилганда, мембранали блокда ҳосил бўлган кучланиш туфайли пружина *16* нинг қаршилиги енгилиб, сопло *18* ёпилади ҳамда сопло *17* очилади. Бу ҳолда пневматик реле чиқишидаги босим ростлагич чиқишига берилмай, у ердаги босим бошқариш панелидаги топшириқ бергич воситасида керакли даражада ушлаб турилади; босимнинг чиқиш йўлидан дроссель *19* ва сиғимлар *20* ни четлаб *А* камера ва сопло *17* орқали мусбат тескари алоқа камерасига сильфон *14* боради.



15.0-расм. Пневматик реле схемаси.

Тяга *27* ни ричаг *22* дан ричаг *23* га ўтказилганда ростлагич тескари ҳаракат ростлагичи ҳолатига ўтади, яъни кириш сигналининг ортиши билан пневмореленинг чиқиш сигнали камаяди.

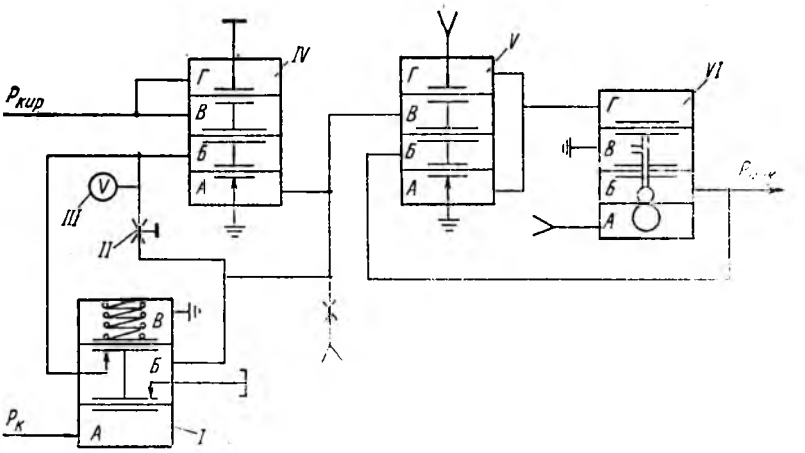
Пневматик реле (XV—9-расм). Олдиндан фильтрда тозаланган ва редуктор ёрдамида 1,4 кгк/см^2 гача пасайтирилган ҳаво пневматик реленинг кириш клапани *1* га берилади. Клапан *1* дан ўтган ҳаво чиқиш йўли ва *A* камерага, шунингдек дроссель *2* орқали сопло системасининг *B* камерасига ўтиб, у ердан сопло *3* орқали атмосферага чиқади. Асбоб ўлчов қисмининг таъсирида заслонка *4* силжиб, чиқиш тешигида ҳаво соплоси *3* ни дросселлайди. Соплоли камера *B* даги босим пружинанинг олдиндан кучланишига боғлиқ бўлган ўзгармас катталикдан заслонка *4* ва сопло *3* орасидаги масофага қараб максимумгача ўзгариши мумкин. Заслонка *4* нинг сопло *3* га яқинлашиши натижасида ҳавонинг атмосферага чиқиши камайиб, сопло йўли ҳамда *B* камерада босим кўпаяди. *B* камерада босимнинг ортиши мембраналарга таъсир этувчи кучларнинг мувозанатини бузади. Устки мембрана *5* атмосферага ҳавони чиқарувчи шарикли клапан *6* ни беркитади, пастки мембрана *7* эса кириш шарикли мембрана *1* ни очади. Натижада мембранага таъсир этувчи кучларнинг тенглашишига қадар чиқиш йўли ва устки камера *A* да босимнинг тезлик билан кўтарилиши юз беради. Заслонканинг соплодан узоқлашиши натижасида ҳавонинг атмосферага чиқиш қаршилиги ҳамда сопло йўлида ва *B* камерада босим камаяди. *B* камерада босимнинг камайиши натижасида мембраналар *5* ва *7* даги кучлар тескари йўналишда таъсир қилади, бу эса клапан *6* орқали ҳавони атмосферага чиқиб кетишига ҳамда чиқиш ва *A* камерада босимнинг камайишига сабаб бўлади. Бу жараён тез кетади ва янги мувозанат ҳолати келгунча давом этади, бунда *B* камерадаги босимга боғлиқ бўлган маълум босим чиқишда ва *A* камерада ҳосил бўлади.

Шундай қилиб, изодром ростлагичларни ростлашда катта аниқлик талаб қилинганда, сиғими турлича бўлган объектларда, ўз-ўзидан тўғриланишнинг бўлиш-бўлмаслигидан қатъи назар ҳамда нагрузка катта ва аста-секин ўзгарган ҳолларда ПИ — ростлагичлар ишлатилиши мумкин.

XV.8-§. ПРОПОРЦИОНАЛ-ДИФФЕРЕНЦИАЛ РОСТЛАГИЧЛАР

Агар ростлаш объектида нагрузканинг ўзгариши тез ва кескин, шунингдек, кечикиш катта бўлса изодром ростлагичлар талаб этилган ростлаш сифатини таъминлай олмайди, яъни бу ҳолда уларда катта динамик хато ҳосил бўлади. Ростлаш жарёнини параметрнинг ўзгариш тезлигига боғлиқ бўлган қўшимча кириш сигнали воситасида яхшилаш мумкин. Кечикиши сезиларли бўлган объектларда технологик жараёнларни ростлаш учун *ПД* — ростлагичларни ишлатиш мақсадга мувофиқдир.

Агар дифференциал қисм ростловчи таъсирнинг бошқа қисмларига қўшилса тўғри (аввалдан таъсир), айрилган ҳолда эса тескари (аввалдан таъсир) бўлади.



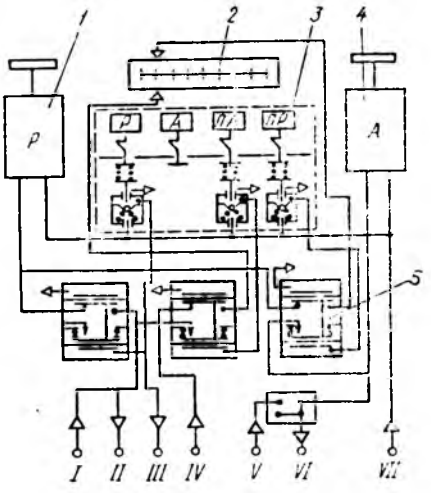
15. 10-расм. ПФ 2.1. Тўғри аввалдан таъсир ростлагичи

ПФ2.1 тўғри аввалдан таъсир ростлагичи ростлаш занжирига берилган катталикдан параметрнинг четга чиқиш тезлигига мос таъсир киритиш учун мўлжалланган (XV—10-расм). Сиқилган ҳажмдаги ҳавонинг кириш сигнали (ростлагич ёки датчикдан) таққослаш элементи IV нинг *В* ва *Г* камерларига боради ҳамда инерцион звено (ростланувчи дроссель II ва сиғим III) орқали ўша элементнинг *В* камерасига берилаётган таъминловчи ҳаво босими билан мувозанатлашади. Чиқиш камераси *А* кузатувчи система схемаси асосида уланган. Агар параметрнинг четга чиқиш тезлиги ноль ёки нолга яқин бўлса, таққослаш элементи IV нинг чиқишига кириш сигнали *Р* кузатилади. Агар босим ўзгара бошласа, масалан, ўзгармас тезликда ортса, у ҳолда *В* камеранинг олдида дроссель-қаршилик *II* борлиги туфайли *В* ва *Г* камера мембранасидаги босим-

лар йиғиндиси *Б* ва *А* камеранинг мембраналаридаги кучланишдан катта бўлади. Натижада таққослаш элементи *IV* даги C_1 сопло беркилиб, *А* камерада босим кескин ошади. Чиқишда киришдаги босимдан илгариловчи сигнал пайдо бўлади. Илгарилаш катталиги киришда босимнинг ўзгариш тезлиги ва аввалдан таъсир дросселининг қанчалик очиқлигига боғлиқ. Таққослаш элементи *IV* дан чиққан сигнал элемент *V* ва қувват кучайтиргичи *VI* дан ташкил топган кучайтиргичнинг киришига боради. У таққослаш элементи кучайтиргичининг хатосини йўқотишга хизмат қилади. Учириш релеси *I* аввалдан таъсир дросселини беркитишга мўлжалланган. Буйруқ босим $P_к = 0$ бўлганда C_2 сопло ёпиқ бўлиб *Б* камерага ҳаво аввалдан таъсир дроссели орқали ўтади. Ростлагични ўчириш учун иккиламчи асбобдан буйруқ босими $P_к$ берилиб, бунда C_2 сопло очилади ва кириш сигнали ($P_{кир}$) бевосита *Б* камерага келади. Бу ҳолда таққослаш элементи *IV* га келувчи учала сигнал ўзаро тенг, чиқишдаги босим эса киришдагига тенг бўлади. Аввалдан таъсирни 0,05...10 минутгача оралиқда созлаш мумкин.

XV.9-§. ДПУ — 1Д ТИПДАГИ МАСОФАДАН ТУРИБ ПНЕВМАТИК БОШҚАРИШ ПАНЕЛИ

ДПУ — 1Д типли пневматик бошқариш панели иккиламчи асбоб ёки ростлагичлар билан биргаликда ишлаб, технологик жараёнлар параметрларини ростлаш ва бошқаришга мўлжалланган. Панель воситасида ижро этувчи механизмни масофадан туриб қўлда бошқариш ўзгармас топшириқ билан автоматик ростлаш, программали топшириш билан автоматик ростлаш, шунингдек, қўлда бошқаришдан автоматик бошқаришга узлуксиз ўтиш ёки аксинча вазифалар амалга оширилади.



15.11-расм. ДПУ — 1Д типли панелининг принципиал схемаси.

I — ростлагичнинг чиқиши; *II* — ижро этувчи механизм; *III* — ростлагичнинг узувчи релеси; *IV* — параметр; *V* — программа; *VI* — топшириқ; *VII* — манба.

Панелнинг саноат пневмоавтоматикаси универсал системасининг элементлари (УСЭППА) ва икки стрелкали кўрсатувчи (МТ2П—1 типдаги) манометр асосида тузилган принципиал пневматик схемаси XV—11-расмда кўрсатилган.

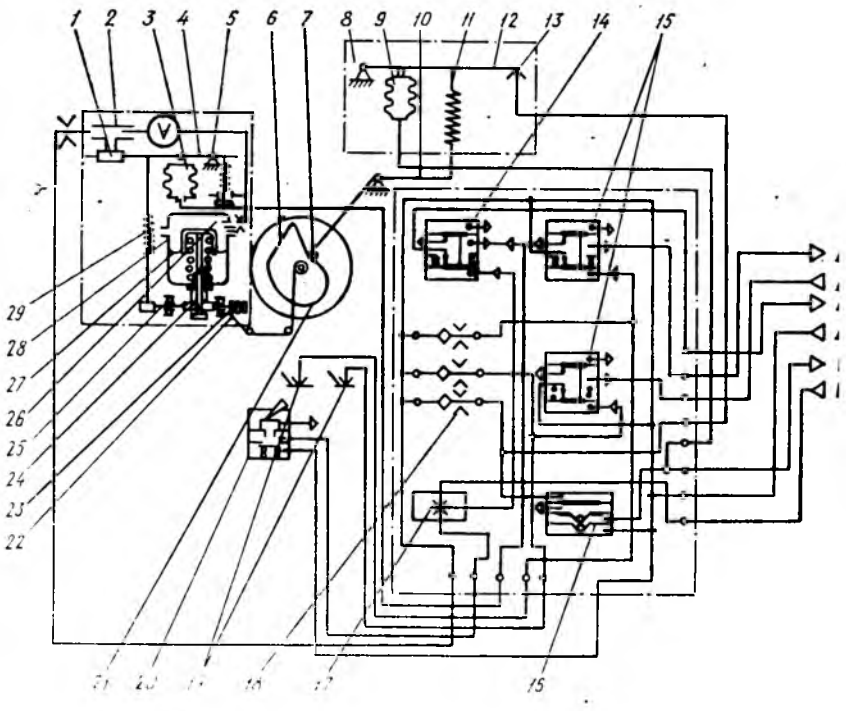
Панелнинг ишлашини

бошқариш узувчи реле *5* га бўйруқ сигналларини берувчи клавишли қайта улагич *3* воситасида амалга оширилади. У эса ўз навбатида топшириқ бергичлар *1* ва *4* ни манометрга ишлаш режимига мувофиқ панелнинг ташқи штуцерларига улайди. Панель ёнғин ва портлаш хавфи бор хоналарда ҳам ишлаши мумкин.

XV.10-§. ПФ6.2 ТИПДАГИ ПАРАМЕТР БЎЙИЧА ДАСТУРЛИ ПНЕВМАТИК ТОПШИРИҚ БЕРГИЧ

ПФ6-2 типдаги топшириқ бергич берилган дастурга мувофиқ 0,2...1,0 кгк/см^2 стандарт оралиқда ўзгарувчи кириш ва чиқиш сигналларининг функционал боғлиқлигини амалга оширишга мўлжалланган. Топшириқ бергич автоматик ростлаш системаларида пневматик иккиламчи асбоб ва ростлагичлар билан биргаликда технологик жараённинг параметрларини ростлашда ишлатилади.

Топшириқ бергич қуйидаги вазифаларни бажаради: 1. Дастурнинг исталган икки нуқтасида 1,4 кгк/см^2 босим билан пневматик сигнал бериш. 2. Маҳаллий ёки масофадан туриб берилган пневматик буйруқ воситасида дастур дискини ҳар қандай



15.12-расм. ПФ6.2 типли топшириқ берувчининг принципиал схемаси.

I — программанинг биринчи нуқта сигнали; II — программанинг иккинчи нуқта сигнали; III — параметр; IV — манба; V — чиқиш сигнали; VI — нолга қайтиш.

холатдан бошланғич вазиятига қайтариш. 3. Кириш сигналини (параметрни) ±1% хатоликда шкалада контрол қилиш.

Топшириқ бергични ёнғин ва портлаш хавфи бор жойларда ҳам ишлатиш мумкин.

Топшириқ бергичнинг ишлаш принципи қуйидагича (XV—12-расм): ролик *7* диск *6* нинг айланувчи дастур қирраси бўйлаб чизиқли силжишини пропорционал пневматик сигналга айлантиради. Ролик силжишини пневматик сигналга айлантириш тебранувчи ричаг *10* воситасида пневматик ўзгартирувчи *8* нинг пружинаси *11* нинг тортилишини ўзгартириш билан амалга оширилади.

Пружина тортилишининг ўзгариши сопло *13* ва ҳаракатлантирувчи пишанг *12* учи орасидаги масофанинг ўзгаришига олиб келади. Натижада ростланмайдиган пневмоқаршилик *18* орқали ўтувчи соплонинг йўлидаги ҳаво босими ўзгаради. Пневмокайтарувчи *16* да қувват бўйича кучайтирилган босимнинг ўзгариши топшириқ бергич чиқишига ва тескари алоқа сильфони 3 га боради, бу эса пишанг *7* да мувозанатлантирувчи момент ҳосил қилади. Шундай қилиб, ролик дастур дискининг қирраси бўйлаб силжиши билан пневматик чиқиш сигналининг катталиги орасида тўғридан-тўғри боғланиш бўлади.

Топшириқ берувчи дастур дискининг айланиши куч компенсацияси схемасига асосланган пневматик сервопривод орқали амалга оширилади. Кириш сигнали сервоприводнинг сильфони *3* га ҳаво босимининг ўзгариши шаклида киради. Сильфон ҳосил қилган кучланиш ричаг *4* га берилади, у эса таян *5* атрофида айланиб ўзининг бўш учи билан кириш сигналига пропорционал тарзда сопло *1* ни ёпади. Кириш сигналининг ўзгариши сопло ва пишанг орасидаги масофанинг ўзгаришига олиб келади, бу ўз навбатида сопло йўлидаги, шунингдек, цилиндр *26* ичидаги босимни ўзгартиради. Цилиндрда босимнинг ўзгариши манжетли мембрана *28* билан мустаҳкамланган поршень *27* нинг силжишига олиб келади. Поршенинг ҳаракати шток *24* орқали лентали узатгич воситасида ва *25* ни айлантиради, бу эса тескари алоқа пружинаси *29* нинг тортилиш даражасини ўзгартиради ва ричагда мувозанатлантирувчи момент ҳосил қилади. Шу билан бир вақтда валнинг айланиши шкиф *23*, ип ва роликлар воситасида кириш сигналини контрол қилувчи шкаланинг диски *21* га ва унга маҳкамланган дастурли диск *6* га узатилади.

Шундай қилиб, кириш сигналининг катталиги билан дастурли диск бурчагининг силжиши орасида тўғридан-тўғри боғланиш бор. Шу усулда топширилган дастур бўйича кириш ва чиқиш сигналлари орасида функционал боғланиш амалга оширилади.

Дастурнинг исталган икки ҳолатини сигнализациялашда сервоприводнинг чиқиш валига маҳкамланган кулачоклар *2* ва «соплозаслонка *19* типидаги иккита элементдан тузилган 15—П—1108 реле чиқишида 1,4 кгк/см^2 босимли ягона бўй

руқлар ҳосил қилиш билан эришилади. Кулачоклар кириш сигналининг кераклн ҳолатларига мос қилиб шкалада ўрнатилади.

Дастурли дискни исталган ҳолатдан бошланғич (ноль) ҳолатга қайтариш учун 20—П11.2 пневмотумблёрни улаш ёки дистанцион сигнални «нолга қайтариш» штуцерига бериш лозим. Сигналларнинг бири 17—П3К.5 клапани орқали кириш сигнали йўлига уланган 14-П-1108 реленинг буйруқ камерасига боради. Реле ишлаши натижасида кириш сигналининг йўли ёпилади ва сервопривод сезгир элементининг камерасини атмосфера билан боғлайди.

XVI боб. АГРЕГАТ СИСТЕМАЛАР ВА КОМПЛЕКСЛАР

XVI.1-§. УМУМИЙ СИСТЕМАНИНГ БОҒЛАНИШИДА БУЮРТМАЧИНИНГ ВАЗИФАЛАРИ

Автоматлаштирилган системадан технологик жараённи бошқаришда фойдаланиш мумкин бўлиши учун даставвал унинг объект билан алоқасини таъминлашга мўлжалланган элементлар тўғрисида ўйлаб кўриш зарур. Айни ҳолда гап шундай алоқани амалга оширишда ишлатиладиган датчиклар ва ижро этувчи механизмлар ҳақида бормоқда.

Датчик ва ижро этувчи механизмларнинг қаерга — системага ёки бошқариш объектига боғланиши ҳақида баҳслашиш мумкин, лекин улар қаерга тааллуқли ёки боғланган бўлмасин бир нарса аниқ: бу орғанлар бир томондан объектнинг ажралмас қисми, чунки улар унинг ичига ўрнатилган ва маълумотларни ишлов бериш учун узатишга ҳамда бу ишлов бериш натижасида олинган буйруқларни бажариш учун қабул қилишга имкон беради; иккинчи томондан улар бошқариш системасининг ажралмас қисмидир, чунки датчиклар ҳам, ижро этувчи механизмлар ҳам органик жиҳатдан унга мувофиқ келиши, яъни системанинг бошқарилувчи жараён ҳақидаги кирувчи ахборотни қабул қилиши учун, бошқарув объектининг эса бошқарувчи ҳисоблаш машинасидан (БҲМ) келаётган чиқувчи ахборотни қабул қилиши учун мослашган бўлиши керак.

Ҳозир датчик ва ижро этувчи органларни технологик жиҳозлар (агрегатлар, станоклар ва бошқалар) билан комплекс етказиб бериш анъанаси мавжуд бўлиб, бунда уларни турли хил ҳисоблаш техникаси (ҲТ) воситалари билан турлича уланишлар эҳтимоли ҳисобга олинади. Бу шу демакки, уларнинг конструкцияси, ишлаш принципи ва характеристикалари шу мақсад учун мос келиши керак. Шунинг учун бошқарув объектининг БҲМ билан боғланиш органларини танлаш буюртмачининг вазифаси деб ҳисоблаш лозим. Энди, бундай органлар қандай асосий талабларга жавоб бериши кераклигини ва

уларни танлашда асосий эътиборни нимага қаратиш лозимлигини қараб чиқамиз. Датчиклардан бошлаймиз.

1. Датчик чиқиш сигналининг физик табиати. Ҳисоблаш техникаси воситалари, одатда, электр сигналлари кўринишида бериладиган маълумотлар билан, баъзида эса бошқа табиатдаги сигналлар билан (масалан, пневмоэлементлар, оқимчали элементлар асосида) иш кўради. Лекин кўпчилик ҳолларда датчикнинг чиқишидан маълум характеристикали электр сигналлар ҳосил қилиниши керак. Шунинг учун ноэлектрик катталиклар (температура, босим, фазода вазиятни ўзгартириш ва ҳоказо) датчиклари, одатда, ноэлектрик катталикларни электр сигналига ўзгарткичлар билан таъминланган. Бу ўзгарткичлар (уларни баъзан иккиламчи асбоблар дейилади) конструктив жиҳатдан, одатда, ўлчовчи (қайд этувчи) элемент билан биргаликда тайёрланади, «датчик» атамаси эса ўзгарткич билан биргаликдаги ўлчов элементини ифодалайди.

2. Датчик чиқиш сигналининг параметрлари. Замонавий ҳисоблаш техникаси воситалари қуйи даражадаги (тахминан 6—24 В ўзгармас токда) дискрет электр сигналлари билан ишлашга мўлжалланган. Шунинг учун датчик чиқиш сигналининг даражаси шу даражага мос келиши мақсадга мувофиқдир. Объект билан боғланиш қурилмалари асосида (ОБҚ) ишлаб чиқиладиган ҳисоблаш техникаси воситалари комплектига, одатда, юқори вольтли (юқори кучланишли) сигналларни (масалан, 220 В) қабул қилиш учун мўлжалланган блоклар ҳам киритилган. Бироқ бундай блоклардан фойдаланиш фақат чиқиши паст вольтли датчикдан фойдаланиш мумкин бўлмаган ҳоллардагина мақсадга мувофиқдир.

Дискрет сигналлар датчиги чиқишда фақат икки қийматга эга бўлиши, уларни 0 (сигнал йўқ) ва 1 (сигнал бор) тарзида талқин этиш мумкин. Бундай датчикларни танлашда буюртмачи ўзгарткичнинг чиқишида 0 электр сигналининг максимал қиймати 1 сигналнинг максимал қийматидан (система бу қийматларни 0 учун 1 ни ва аксинча қабул қилиб «адаштирмаслик» учун) анча фарқ қилиш (5—10 марта) кераклигини ҳисобга олиши лозим.

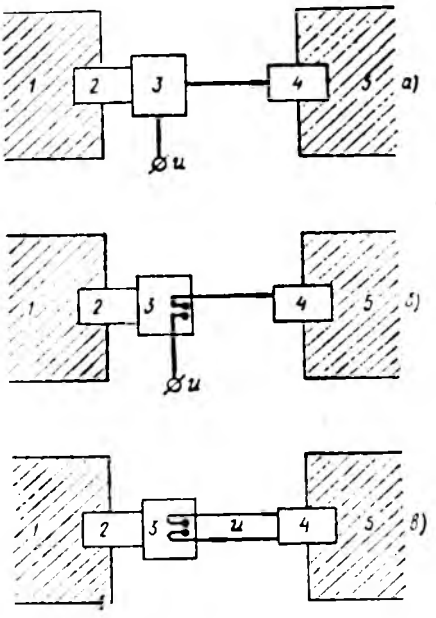
Ўхшаш сигналли датчиклар ўлчанаётган катталикнинг бутун диапазони бўйича стандарт чиқишга эга бўлиши керак (одатда, бу токнинг 0 дан 5 мА оралиқда ўзгариши, кучланишнинг 0 дан 10 В гача оралиқда ўзгариши ёки айрим ҳолларда датчик ҳосил қиладиган частота ўзгаришидан иборатдир).

3. Датчикларнинг турини танлаш. Ишлаш принципига кўра датчиклар контактли ва контактсиз турларга бўлинади. Контактли датчикнинг чиқишидаги сигнал контактларнинг (масалан, электр реле контактларининг) механик туташуви ҳисобига электр занжирининг уланиши натижасида шаклланади. Контактсиз датчик чиқишидаги сигнал контактсиз элементнинг (масалан, транзисторнинг) қайта уланиши натижасида шаклланади. Ҳисоблаш техникаси воситалари контактсиз элемент-

лардан қилингани учун ўзининг ишлаш принципи бўйича ҳам, электр сигналлари параметрлари бўйича ҳам системага осон мослашиб кетадиган контактсиз датчиклар афзалрокдир.

Шуни таъкидлаб ўтиш жонзки, контактли датчикларлардан фақат бошқалари бўлмаганда ёки датчик билан система кириши ўртасида гальваник боғланиш йўқлигини таъминлаш талаб қилинган ҳоллардагина фойдаланиш мумкин (маълум бир сабабларга кўра). У ҳолда объектнинг чиқиш сигнали сифатида датчикнинг «соф» контактидан фойдаланилади.

16.1-расм, *а* да контактсиз датчикнинг чиқиши билан боғланиши схематик кўрсатилган. 16.1-расм *б*, *в* да эса датчикларнинг контактли ўзгарткич билан уланишининг икки усули схематик кўрсатилган.



16.1-расм. Контактсиз ва контактли датчикларнинг система билан боғланиш схемалари:

а — контактсиз датчикнинг система чиқиши билан боғланишининг схематик кўрсатилиши, *б*, *в*—датчикларнинг контактли ўзгарткич билан уланган икки усулининг схематик кўрсатилиши.

16.1-расмда қуйидагилар шартли равишда тасвирланган: *1*— бошқариш объекти; *2*— датчикнинг ўлчаш элементи; *3*— контактсиз иккиламчи асбоб (датчик ўзгарткичи); *3*— контактли ўзгарткич; *4*— системанинг кириш сигналларини қабул қилиш бўғини; *5*— бошқариш системаси; *U* — датчикни таъминловчи кучланиш.

Ижро этувчи механизмларга талаблар асосан бошқариш объекти томонидан ва бироз даражада бошқарувчи система томонидан белгиланади. Ҳақиқатан, агар, масалан, ижро этувчи орган бирор контактор бўлса, у ҳолда унинг характеристикалари биринчи навбатда бу контакт улайдиган занжирларнинг қуввати билан белгиланади. Иккинчи томонидан, система таркибига кирувчи чиқиш кучайтиргичларининг номенклатураси, одатда, анча чекланган ва бошқарув объекти турли ижро этувчи механизмларининг катта спектрларини ҳар доим ҳам «қоплаб» ололмайди.

Буюртмачининг вазифаси шундан иборатки, ижро этувчи органларни, асосан, системанинг кучайтиргичларига бўладиган юкланишларнинг қиймати ва характери бўйича имкони борича

максимал даражада бир хиллаштиришга эришишдир. Бунда ташқари, агар объект учун ноэлектрик табиатдаги бошқарувч сигнал талаб қилинса, у ҳолда ишлаб чиқувчи тегишли ўзгарт кични танлаб олиши керак.

Ижро этувчи механизмлар номенклатураси ва миқдори аниқ лангандан сўнг буюртмачи бошқариш системаси таркибиг кирувчи чиқиш кучайтиргичларининг характеристикалари в номенклатурасига қўйиладиган асосланган талабларни таъ рифлаб бериши керак.

Баъзи ижро этувчи механизмлар шундай конструкциялан ганки, уларда кирувчи бошқарув сигнали турли хил механи ва электр мосламалар ҳисобига бошқарувчи кириш сигналини хотирага олиш амалга оширилади. Бундай механизмни ишг туширш учун унинг киришига импульс тарзидаги бошқарувч сигнал бериш етарли. Бу сигнал олингандан сўнг механизм унга ўчириш ҳақидаги махсус сигнал берилмагунча уланган ҳолда туради. Бундай механизмга мисол тарзида хонадаги оддий электр ўчиргич (виключатель) ни келтириш мумкин.

Бошқа турдаги ижро этувчи механизмлар киришда ула нишга сигнал бор экан, уланган ҳолда туради ва агар бошқа рувчи сигнал бўлмаса, узилади. Бундай ижро этувчи меха низмга мисол тарзида уйга кираверишдаги электр қўнғироғи тугмачаси хизмат қилиши мумкин.

Ижро этувчи механизмнинг бирор турини танлаш технологик жараённинг ўзига хос хусусиятларига боғлиқ бўлиб, системанинг кириш қурилмалари структурасига ва ахборотни чиқариш дастурига катта таъсир қилади. Бу таъсир хотирали механизмларни бошқариш учун иккита бошқарувчи буйруқни — улашга ва узишга алоҳида буйруқни шакллантириш зарурлиги (хотирасиз ижро этувчи механизмларда бунинг зарурати йўқ) билан белгиланади. Айрим ҳолларда бирор сабабга кўра икки бошқарувчи киришли механизмлардан фойдаланиш мумкин бўлмаганда, лекин система чиқишида хотирлаш талаб қилинганда, бу хотирани системанинг чиқиш кучайтиргичларига «кўчиришга» тўғри келади, яъни улаш ва узиш учун кириш лари алоҳида бўлган ижро этувчи механизмларни бошқаришга ўхшаш махсус хотирали кучайтиргичлардан фойдаланишга тўғри келади.

Кўпинча ижро этувчи механизмнинг қуввати ёки бошқа характеристикалари уни бевосита системанинг кириш кучайтиргичлари орқали бошқаришга имкон бермайди. Бу ҳолда мословчи элемент ўрнатишга тўғри келади (одатда бу реле билан ишлайдиган дастлабки кучайтирувчи оралиқ блокидир), у ўз кириш параметрлари бўйича система кучайтиргичларига тўғри келиши, чиқиш параметрлари бўйича эса ижро этувчи механизмларга тўғри келиши лозим.

Шундай қилиб, бошқариш объекти билан система ўртасидаги алоқани таъминлаш учун буюртмачи қуйидагиларни бажариши керак:

1) бошқариш системасининг кириш ва чиқиш ахборотлари ҳажмини аналогли (узлуксиз) ва дискрет сигналлари бўйича алоҳида-алоҳида ишлаб чиқувчи билан аниқлаши ва келишиб олиши;

2) дискрет ва аналогли кириш синалларининг маъқул бўладиган (бошқариш системаси билан туташиш нуқтаи назаридан) параметрларини ишлаб чиқувчи билан аниқлаши ва келишиб олиши;

3) системанинг датчиклар занжирлари билан гальваник ажралишини талаб қилувчи ҳамма киришларини санаб чиқиши ва системани ишлаб чиқувчи билан бундай ажралишни амалга ошириш усулларини келишиб олиши (контактли киришдан ёки системанинг кириш қурилмаларидаги схемали ечимлардан фойдаланиш);

4) дискретли ва аналогли сигналлар датчикларини талаб қилинган характеристикаларни (чиқиш кучланиши амплитудаси, юкланиш токи, датчик тури, ишончлилик ва ҳоказо) ҳисобга олган ҳолда танлаши;

5) бошқариш объекти ижро этувчи механизмларини имкони борича системанинг чиқиш кучайтиргичлари номенклатурасини ҳисобга олган ҳолда танлаш;

6) ижро этувчи механизмларнинг чиқиш кучайтиргичлари ва кириш занжирлари параметрлари мос келмаган ҳолда тегишли мословчи ўтиш қурилмаларини танлаш, шунингдек уларни объектда жойлаштириш ўрнини аниқлаши;

7) системадан объектга чиқувчи ва бошқарувчи сигнални хотирлашни талаб қилувчи ҳамма чиқишларни санаб чиқиши (бунда хотирали ижро этувчи механизмлар билан таъминланганларни ажратиш керак);

8) бошқариш системаси таркибига кирувчи аналогли-рақамли ва рақамли-аналогли ўзгарткичларга қўйиладиган зарур талабларни (аниқлик, алмаштириш тезлиги, чиқиш сигналининг шакли ва характери) аниқлаши;

9) датчиклар ва кириш қурилмалари орасидаги алоқа линияларини таъминлаш, шунингдек, системанинг чиқиш системалари ва ижро этувчи механизмлар орасидаги алоқани мазкур объект учун кабель алоқаси (ўтказиш усуллари, ҳалақит беришларга бардошлилиги ва бошқалар) талабларига ўзига хосликни ҳисобга олган ҳолдаги алоқа линиясини ва ишлаб чиқувчининг талабларини (алоқаларнинг йўл қўйилган узунлиги, бириктириш усуллари, ҳалақит беришнинг таъсирини пасайтириш ва бошқалар) таъминлаши.

Буюртмачининг санаб ўтилган ишларни бажариши (албатта, системани ишлаб чиқувчи иштирокида) системани бошқариш объектига янада ишончли боғлашга ва кейинчалик мумкин бўладиган ўзгартиришлар ва қайта ишлашларни анча қисқартиришга имкон беради.

XVI.2-§. АГРЕГАТЛАШТИРИШ — ЗАМОНАВИЙ БОШҚАРИШ СИСТЕМАСИ ТУЗИЛИШИНИНГ АСОСИДИР

Ўз ёки бу аниқ системалар учун фойдаланиладиган дастлабки бошқарувчи ҳисоблаш машиналари маълум масалани ҳал қилиши учун, ёки энг яхши ҳолларда, бошқаришнинг чекланган синфлари учун лойиҳаланган эди. Бу машиналарнинг тузилиши жуда бикр бўлиб, ҳатто бироз ўзгаришларни ҳам киритиб бўлмасди, машиналарнинг характеристикаси аниқ тайинланган эди.

Лекин вақт ўтиши билан бошқариш системалари учун БҲМ ларни индивидуал лойиҳалаш йўли ишлаб чиқаришга жорий қилиш нуқтаи назаридан истиқболи камлиги аниқ бўлди. Ҳозир системаларни ишлаб чиқишда тузилмаларни агрегатлаштириш принципи кенг фойдаланилмоқда.

Тузилмани агрегатлаштириш — бу характеристикалари тайинланган БҲМ дан турли вазифали автоном блоклар тўпламига ўтиш бўлиб, улардан бошқарувчи машиналарни ҳам, ихтиёрий тузилмадаги системаларни ҳам йиғиш мумкин. Бундай ҳар бир блок ўзининг махсус вазифасини мустақил бажариши мумкин, лекин у шундай тарзда тузилган ва қурилганки, уни ҳисоблаш техникаси воситалари агрегат системаларининг бошқа функционал блоклари билан туташтириш осон. Биз бундан кейин агрегатли воситаларнинг баъзи тўпламларини ва уларни умумий система доирасида туташтириш усулларини муфассалроқ қараб чиқамиз. Буюртмачи нуқтаи назаридан агрегатлаштириш принципини ҳам ўшанда қараб чиқамиз.

Системага юкланадиган вазифаларни аниқлаш босқичида буюртмачи бирор вазифани бажаришда унинг ишлаш алгоритмини таърифлаб бериши, яъни системанинг аниқ масалани ечиш тартиби ва қоидасини аниқлаши керак. Бироқ ишлаш алгоритмлари уларни ишлаб чиқиш босқичида ҳам, системани жорий қилиш жараёнида ҳам ва система ишлатиш учун топширилгандан сўнг ҳам деярли муқаррар ўзгаради. Бу биринчидан, бошқариш сифатини яхшилаш мақсадида алгоритмларни такомиллаштириш зарурати туфайли вужудга келиши; иккинчидан, бошқариш системасининг объектда «барқарорлашиши» даражасига қараб ишлатиш шароитлари ҳам ўзгаради; учинчидан, системанинг баъзи вазифалари бундан кейин ривожланиши мумкин, бошқалари эса, аксинча, ўз аҳамиятини йўқотиши мумкин ва ниҳоят, тўртинчидан, технологик жараённинг ўзи ўзгариши мумкин, бу эса системанинг ишлаш дастурининг, кириш ва чиқиш ахбороти ҳажмининг ва ҳоказонинг жуда катта ўзгаришини англатади. Шундай қилиб, буюртмачи системанинг структурасини ўзгартириши, керак бўлганда айрим қурилмаларни кўпайтириши, уларнинг информатик ёки ҳисоблаш қувватини ошириш, четки қурилмалар номенклатурасини ва БҲМ билан мулоқот усулларини ўзгартиришда маълум эркинликка эга бўлиши керак.

Бу имкониятларнинг ҳаммаси маълум чегарада ҳисоблаш техникасининг агрегат воситаларидан фойдаланишни ифодалайди.

Энди бундай воситалар асосида қурилган системанинг дастурлари ва тузилмасини нима туфайли ва қандай қилиб ўзгартириш мумкинлигини қараб чиқамиз. Ҳамма функционал блоклар қуйидаги параметрлар бўйича мослама оладиган қилиб ишланади:

— ахборот ва бошқарувчи сигналларнинг физик параметрлари;

— фойдаланилаётган элементларнинг конструкциялари ва агрегат система узеллари (бўғинлари) бўйича;

— функционал блоклар орасида ўзаро алмашинувда ахборот жўнатмалари кўринишида;

— турли иш режимларида блоклар орасидаги ахборот алмашиниш (алоқа алгоритми бўйича) тартибини ташкил этиш.

Агрегат қурилмалар функционал вазифасига кўра, одатда, қуйидаги турларга бўлинади:

— марказий бошқариш ва ахборотга ишлов бериш қурилмалари (процессорлар);

— системанинг хизмат кўрсатувчи ходимлар билан ахборот ва бошқарув алоқасини таъминловчи қурилмалар;

— системанинг объект билан ахборот ва бошқарув алоқасини (ахборотни тўплаш ва чиқаришни) таъминловчи қурилмалар;

— ахборотни сақлаш (хотирлаш) қурилмалари (ҲҚ); улар ички (оператив ва доимий хотира) ва ташқи (магнитли барабанлар, ленталар, дисклардаги катта сиғимли оператив хотира) хотираларга бўлинади;

— ташқи (системадан ташқари) алоқа линияларига чиқиш қурилмалари;

— системанинг функционал блоклари ўртасида ахборот алмашинувини таъминловчи қурилмалар;

— ташқи элтувчилардан (перфолента, перфокарталар, босиш қурилмаларидан) ахборотни киритиш ва уларга чиқариш қурилмалари.

Процессор ва хотирловчи қурилмалардан бошқа ҳамма жихозлар киритиш-чиқариш қурилмалари (КЧҚ) дейилади.

Автоматлаштирилган бошқариш системаларини қуришнинг агрегат принципи қуйидагиларни амалга оширишга имкон беради:

— системанинг кўп процессорли тузилмасидан, масалан, унинг ишончлилигини ёки унумдорлигини ошириш мақсадида фойдаланиш;

— бошқариш ва назорат қилишнинг қўшимча вазифаларини амалга ошириш ёки мавжуд вазифаларини мураккаблаштириш учун хотира ҳажмини ошириш;

— системанинг аггегат воситалар тўпламига кирувчи кири-

тиш-чиқариш қурилмалари миқдори ва таркибини алмаштириш;

— бошқариш системаси ишлов берувчи ва шакллантирувчи кириш ва чиқиш ахборотлари ҳажмини ўзгартириш;

Пировардида, ҳисоблаш техникасининг замонавий агрегат воситалари таркибига ахборотга ишлов беришни киритиш ва чиқаришни ташкил этувчи дастурлар комплекти ҳам (ички математик таъминот), шунингдек, функционал блокларнинг ўзаро ишлаши ҳам киради.

XVI.3-§. ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁННИ БОШҚАРИШ СИСТЕМАСИНИ ЖИҲОЗЛАШ УЧУН ТЕХНИК ВОСИТАЛАР КОМПЛЕКСИ

Ишлаб чиқаришнинг ўзига хос хусусиятлари талаб қиладиган ишончлилик бўйича ҳам меъёрдаги, ҳам юқори талаблар мавжуд бўлганда саноатнинг турли тармоқларида бошқариш системаларини қуриш учун кенг қўлланиладиган техник воситаларнинг икки комплексини қараб чиқамиз. Улардан бири АСВТ агрегат системасининг таркибига, иккинчиси АССТ агрегат система таркибига киради.

XVI.3.1.М-6000 ПРОЦЕССОР АСОСИДАГИ АСВТ-М ТЕХНИК ВОСИТАЛАР КОМПЛЕКСИ

М-6000 асосидаги техник воситалар комплекси ахборотни тўплаш, ишлов бериш ва чиқаришнинг турли хил вазифаларини амалга ошириш учун агрегат модулларнинг кенг тўпламидан иборат. Бу модуллар микроэлектрон техника элементлари асосида ясалган ва реал вақт масштабида ишловчи автоном ахборот ва бошқариш системаларига йиғилади.

Комплекснинг унумдорлиги тахминан 200000 адрес операциясини ташкил этади (операциялар оператив хотирлаш қурилмаси ОХҚ дан чиқариб олинганда). М-6000 комплексининг оператив хотира ҳажми кўпи билан 65536 байтни ташкил этади ва бу қийматгача 8192 байтдан бошлаб ОХҚ нинг айрим блокларини улаш билан ошириб борилиши мумкин. Хотирага мурожаат қилиш вақти унинг турли иш режимлари учун 2,5...3,8 мкс.

Комплекснинг фарқ қилувчи хусусияти унинг таркибида хотирага тўғри кириш канали (ХТКК) борлигидир, унинг тез ишлаши одатдаги каналларнинг тез ишлашидан анча юқоридир. ХТКК мавжудлиги, зарур бўлганда, процессорнинг ишини тўхтатмасдан киритиш-чиқариш операцияларини системанинг хотираси ёрдамида бажаришга имкон беради.

XVI. 3.1.1. М-6000 НИНГ ВАЗИФАСИ ВА ҚЎЛЛАНИШ СОҲАСИ

М-6000 асосидаги воситалар кенг вазифали комплекс сифатида олдиндан ўйлаб қилинган ва бажарилган бўлиб, у саноатнинг турли хил соҳаларида: кимё, нефть-кимё, металлургия,

асбобсозлик, энергетика, металлга ишлов бериш саноатида, транспортда ва ҳоказо жойларда қўлланиши мумкин.

М-6000 асосида қурилган системалардан қуйидагича фойдаланиш мумкин:

— технологик жараёнлар (ТЖ) ни бевосита бошқариш учун;

— кўп босқич иерархик бошқариш системаларида ахборотни тўплаш ва дастлабки ишлов бериш учун;

— оммавий хизмат кўрсатиш системасига кирувчи маълумотларни ишлаш бўғини сифатида;

— технологик объектлар ишини оптималлаштириш масалаларини ҳал қилиш учун;

— мураккаб системаларда хабарларни коммутациялаш маркази сифатида;

— катта системаларда киритиш-чиқариш қурилмаларини бошқариш қурилмаси сифатида, бунда процессор М-6000 фақат киритиш ва чиқариш бўғини вазифасинигина бажарганда;

— саноат маҳсулоти параметрларини назорат қилиш учун.

Комплекснинг бундай кенг миқёсда қўлланиши фақат ривожланган буйруқлар системаси ва математик таъминот билангина таъминлаб қолмай, балки ташқи қурилмаларнинг кенг номенклатураси билан ҳам таъминланади.

XVI. 3.1.2. М-6000 АСОСИДАГИ СИСТЕМАЛАРНИНГ УМУМИЙ СТРУКТУРАСИ

М-6000 асосидаги системанинг структурали қурилиши АСВТ воситалари системасини қуришнинг умумий принциплари асосида амалга оширилади.

Системанинг марказий ўзаги М-6000 процессори бўлиб, унинг алоқалари (боғланишлари) кириш-чиқишнинг стандарт туташмаларига чиқиб, процессорга 8 тадан 60 тагача қўшимча қурилмаларни улашга имкон беради. Бундай уланишлар интерфейс карталар ёрдамида амалга оширилиб, улар асосан машинанинг ташқи қурилмалар билан уланиш бўғинлари ва бошқариш объекти ҳисобланади. Ҳар бир интерфейс картанинг ишлаш принципи ва схемаси аниқ ташқи қурилманинг бошқариш системасидаги унинг вазифаси билан боғлиқ ўзига хос хусусиятини акс эттиради.

Математик таъминот техник воситалар билан бирга берилади. Бу таъминотнинг таркиби ва вазифаси, шунингдек, М-6000 нинг буйруқлар системаси (1) да қараб чиқилган.

XVI. 3.1.3. КИРИТИШ-ЧИҚАРИШНИ ТАШКИЛ ЭТИШ

Киритиш-чиқаришнинг барча муҳим қурилмалари стандарт туташув орқали ёки бевосита процессорга интерфейс карталар орқали, ёхуд система таркибига кирувчи ва процессорга кўп миқдордаги ташқи қурилмаларни улаш имконини таъминлаш учун мўлжалланган киритиш-чиқариш кенгайтиргичига, шунинг-

дек, хотирага бевосита кириш каналига ёки махсус туташув кенгайтиргичига уланиши мумкин.

М-6000 нинг стандарт туташуви сифатида 2К туташув танланган бўлиб, у қуйидагиларни назарда тутади:

— машина сўзининг барча 16 хонасини (разрядини) параллел узатиш;

— киритиш-чиқариш операцияларини бажаришнинг бошида ва охирида ташқи қурилмалар билан ахборот алмашишнинг регламентланмаган тартиби ва назорат функцияларини ихтиёрий бажариш ташқи қурилмаларга юклатилади.

Шуни таъкидлаб ўтиш керакки, киритиш-чиқаришни ташкил этишнинг тахминан шундай тартиби ЭҲМ ЯС (ягона серияси) воситалари комплекси учун ҳам қабул қилинган. У киритиш-чиқариш ишларининг бир қисмини бажаришни процессорга юклаб, алмаштириш ишини бир хиллаштиришга имкон беради. У бу ҳолда турли хилдаги ташқи қурилмаларнинг иш хусусиятидан анча камроқ даражада боглиқ бўлади. Бу системанинг четки қисмининг номенклатурасини ошириш ва ўзгартириш имкониятларини жиддий равишда кенгайтиради.

Физик жиҳатдан 2К туташув— иккита штепсель розеткаси бўлиб, улардан бири процессор жавонида, иккинчиси — киритиш-чиқариш кенгайтиргичи ва туташув тармоқлагичи конструктивларида ёки хотирага бевосита кириш каналида жойлаштирилган. Бу штепсель розеткаларига аниқ ташқи қурилмани бошқариш схемасига бутунича ёки схеманинг бир қисмига эга бўлган интерфейс карта (ўлчами 235×140 мм бўлган плата) ўрнатилади (қўйилади). Процессор 2К туташувга 8 та чиқишга эга, яъни кенгайтиргичларсиз жами 8 та ташқи қурилмани улаш мумкин. Процессорга битта, иккита ёки учта кенгайтиргични улаб, туташувга чиқишлар сонини мос равишда 22, 38 ёки 54 тагача ошириш мумкин.

М-6000 процессори фақат ўзининг ташқи қурилмаларига уланмасдан, балки АСВТ-Д (дискрет компонентлардаги) воситалар комплексига кирувчи бошқа исталган қурилмага уланиши мумкин. Бундан ташқари, М-6000 га ЭҲМ ЯС и воситалари комплексидан истаган ташқи қурилмани улаш мумкин. М-6000 процессори асосидаги системанинг ўзи ЭҲМ ЯС и ҳисоблаш комплексига бошқа ташқи қурилмалар билан бўйсунган қисм система ҳуқуқида бошқарувчи киритиш-чиқаришнинг қувватли қурилмаси сифатида уланиши мумкин.

Бу имкониятларнинг ҳаммасини таъминлаш учун система таркибида туташмаларни мослаштиришнинг махсус модули мавжуд.

XVI. 3.1.4. ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ

Система ўз манбаларидан таъминланади, бунда 220 В кучланишли (рухсат этилган чегаралар +10%—15% атрофида) 50±1 Гц частотали бир фазали ўзгарувчан токдан фойдаланилади.

XVI. 3.1.5. КОНСТРУКТИВ ИЖРО

М-6000 нинг конструкцияси номенклатурасига қуйидагилар киради:

— турли функционал модуллар конструкциялари жойлаштирилган умумий жавон;

— элементлар блоклари, асбоблар каркаси;

— пультлар, тумбалар, столлар;

— индикациялаш, сигналлаш элементларини, шунингдек бошқариш органларини ўрнатиш учун конструкциялар.

XVI. 3.1.6. ИШЛАТИШ ШАРТЛАРИ

М-6000 процессор асосидаги системалар ёпиқ турдаги стационар иситилувчи хоналарда ишлатиш учун мўлжалланган.

Система атроф муҳитнинг қуйидаги параметрларида меъёрида ишлайди:

— температура (25—40°С);

— ҳавонинг нисбий намлиги 30—80% (кўпи билан 90% гача);

— атмосфера босими (10+3,3·10) Па (60+25) мм сим. уст.

Магнит дискларидаги ташқи тўплагичлар ҳавони кондициоперлашни, температурани +15° дан +30°С гача сақлашни ва ҳавонинг минимал даражада чангланишини талаб қилади.

XVI. 3.1.7. М-6000 АСОСИДАГИ ВОСИТАЛАР КОМПЛЕКСИ ТАРКИБИ

Комплекс таркибига асосий характеристикалари юқорида келтирилган М-6000 процессордан ташқари қуйидагилар киради:

1) 5, 6, 7 ва 8 йўлли перфолентаси бўлган киритиш қурилмаси, унинг киритиш тезлиги 1500 сатр/с;

2) перфолентага чиқариш қурилмаси, чиқариш тезлиги 160 сатр/с;

3) ёзиш тезлиги 10 симв/с бўлган технологик ахборотни ёзиш қурилмаси;

4) киритиш-чиқариш қурилмаси; «Консул-260» ёзув машинаси асосида, ёзиш тезлиги 10 симв/с;

5) перфорацияловчи қўшимча приставка комплексида Т-65 телетайп аппарати асосидаги киритиш-чиқариш қурилмаси, киритиш-чиқаришдаги тезлик 400 симв/мин. гача;

6) киритиш-чиқариш қурилмаси; «Консул-260» ёзув машинкасидан, перфолентадан ўқиб чиқувчидан ва лентали перфоратордан иборат комплектдан ташкил топган; хизмат кўрсатувчи ходимларнинг БҲМ билан оператив алоқа боғлаши учун мўлжалланган.

7) экранда символли-рақамли ахборотни (96 белги — рақамлар, рус ва лотин алфавити, махсус белгилар) ифодалаш учун электрон-нур трубка (ЭНТ) асосидаги маълумотларни индикациялаш станцияси (МИС); киритиш ҳажми 1024 сим-

вол. Маълумотларни индикациялаш станцияси терилган ахборотни таҳрир қилиши, уни машинага узатиш, БҲМ дан қабул қилиб олиб, кейин таҳрир қилиш, экранга чиқарилган ахборотни «Консул-260» машинкасида ёзиш, экрандаги сатрлар сони 16, сатрдаги символлар сони 64; символлар орасидаги масофа 0,6 мм, сўзлар орасидаги масофа 3,6 мм, сатрлар орасидаги масофа 6 мм. Ахборотни қабул қилиш тезлиги 70 симв/с;

8) график маълумотларни индификациялаш станцияси (ГМИС) (ЭНТ асосида), ходимларнинг УҲМ билан оператив алоқа боғлашлари учун мўлжалланган бўлиб, у БҲМ дан келаётган кодларни уларнинг нуқта, ёй, айлана, ҳарф, рақам ва бошқа символлар кўринишидаги, шунингдек, ЭНТ экранида тасвирланадиган тўғри чизиқ кесмалари кўринишидаги кўринма эквивалентларига алмаштиради.

ГМИС да бир нечта иш режими кўзда тутилган: нуқталар, векторлар, кичик векторлар, айланалар, ёйлар, символлар режими, тасвир элементларини ажратиш ва бошқариш режими. Экрандаги ишчи майдоннинг ўлчами 24×24 см; ҳар бирининг диаметри 0,25—0,1 мм бўлган турли адресланувчи нуқталарнинг миқдори 1027 тага тенг; тўпламдаги турли символлар миқдори 96 та рақам (рус ва лотин символлари, махсус белгилар); кадрдаги-символларнинг энг кўп сони 2000 та;

9) магнит дисклардаги ташқи хотира қурилмаси; биттадан бештагача Р-401 қурилмаси бор.

Ҳар бир қурилма қуйидаги вазифаларни бажаради:

— ахборотни берилган адрес бўйича излаш;

— стандарт туташмадан параллел кодда ахборот қабул қилиш ва уни магнит дискка кетма-кет кодда ёзиш;

— дисклардан ахборотни кетма-кет ўқиб олиш ва уни туташмага параллел кодда чиқариш.

Қурилманинг магнит дисклари касетасининг сиғими тахминан 10 млн. иккили рақамдир, дискнинг бир йўлига 10400 бирликкача ахборот сиғади;

10) осциллографни боғлаш қурилмаси; одатдаги осциллограф экранига нуқталардан тузилган тасвирларни чиқаришни таъминлайди;

11) таймер; процессорга вақтинча сигналларни бериш учун мўлжалланган; бу қурилма ташкил этувчи дастур — супервизор билан бирга қуйидагиларни амалга оширишга имкон беради;

— жорий вақтнинг қийматини 1,3 с/сут. гача аниқлик билан олишга;

— бошқариш системасида астрономик вақтнинг олдиндан берилган пайтида маълум ишларни бажариш учун топшириқ беришга;

— берилган вақт оралиғи ўтиши билан бирор иш бажариш учун топшириқ беришга;

— бирор вазифанинг бажарилиш вақтини чеклашга;

— системанинг ишлаш вақтини ва айрим вазифаларини амалга ошириш вақтини ҳисобга олишга;

— процессорнинг 0,5 с дан ортиқ вақтга тўхташи ёки цикланиши ҳақидаги сигнални шакллантиришга имкон беради.

Киритиш-чиқаришнинг юқорида санаб ўтилган ташқи қурилмаларидан ташқари комплекс таркибига объект билан боғланиш учун агрегат модуллар ва мослаштиргичлар киради.

Объект билан алоқа боглаш учун агрегат модуллари комплектига қурилмаларнинг кенг номенклатураси кириб, улар объект датчикларидан системага турли хил ахборот киритилишига ва ишланган сигналларни ижро механизмлари ҳамда сигнализация элементларига чиқарилишига имкон беради. Бундай турдаги модулларнинг умумий миқдори сигналларни қабул қилишга мўлжалланган қурилмалардан 28 тасини, шунингдек, турли параметрли ва характеристикали бошқарувчи таъсирларнинг шаклланишини ташкил этади.

М-6000 процессор асосидаги воситалар комплексига кирувчи объект билан боғланиш қурилмалари қуйидагиларни амалга оширишга имкон беради;

— ҳам ерга уланган, ҳам кириши изоляцияланган ўзгармас кучланишли сигналларни аналогли-рақамли алмаштириш;

— ўртача даражадаги (+5 В) ўзгармас кучланиш сигналларини коммутациялаш;

— терможуфт, қаршилик термометрлари, потенциометрлардан келаётган сигналларни коммутациялаш;

— паст даражадаги кириш сигналларини (10 дан 100 мВ гача) кучайтириш;

— шахсий ва гуруҳий каналларда халақитларни йўқотиб ва 50 Гц, 60 дБ частота билан аналог сигналларни фильтрлаш;

— терможуфт, қаршилик термометрлари ва потенциометрлардан келаётган сигналларни нормаллаштириш;

— терможуфтларнинг кавшарланган совуқ жойининг термо ЭЮК ини автоматик компенсациялаш, шунингдек, қаршилик термометрлари сигналларини ўзгармас ток кучланишига айлантириш;

— 16 та икки позицияли датчиклардан келадиган дискрет ахборотни гуруҳий киритиш;

— гуруҳдаги истаган датчикнинг ҳолати ўзгарганда узилишга талаб шаклланиши билан ташаббусли ва авария сигналларини киритиш;

— рақам-импульсли сигналларни олдиндан 4095 тагача тўплаб, кириш частотаси 200 Гц қилиб ва чиқишда 12 хонали иккили кодни шакллантириб киритиш;

— объект билан алоқа линияларини зичлаштириш ва назорат қилиш;

— истеъмол қуввати 0,7 ва 6 ВА гача бўлган 10 та биполяр мантиқий элементни, релени, индикация лампаларини ва ҳоказоларни контактсиз ва гуруҳий бошқариш; бунда кириш зан-

жирларининг ердан гальваник ажралиши таъминланиши мум кин;

— сигнализация элементларини бошқариш (ўчиб-ёнувчи режим), шунингдек, бошқарувчи импульси давомийлиги 1 мс дан 6 с гача қайд қилинган реле ва контактсиз элементларни импульсли бошқариш;

— телефон коммутацияланмаган канали бўйлаб 15 км гача масофага 50 симв/с тезлик билан 8 хонали кодларни параллел узатиш;

— хотирага бевосита кириш каналига тез ишловчи ахборот манбаларини улаш учун ахборотни оралиқ сақлаш; оралиқ хотиранинг сиғими 8 та 16 хонали регистрдан иборат;

асбобларни, ўзгармас ва ўзгарувчан ток релесини, шунингдек бошқа ижро этувчи механизмларни контактли бошқариш (РЭС-22 реле контактларидан);

— РЭС-22 реле контактлари ёрдамида бир-биридан изоляцияланган 28 та занжирни бир вақтда улаш;

— дискрет ахборотни киритиш ва чиқаришни кўпайтириш;

— объект билан алоқа линияларини махсус кросс шкафлари ва панеллар ёрдамида коммутациялаш.

М-6000 асосидаги комплектга кирувчи мослаштиргичлар қуйидагиларни таъминлайди;

— АСВТ ва ЭҲМ ЯС воситалари системаси стандарт туташмалари орасидаги алоқани;

— М-6000 процессори асосидаги иккита ҳисоблаш комплекслари орасида ахборот алмашишини;

— туташув каналларининг тармоқланишини.

Шундай қилиб, ташқи қурилмалар номенклатураси, объект билан алоқа блоклари, шунингдек, ҳисоблаш комплекси характеристикалари саноатнинг турли соҳаларида технологик жараёнларни бошқаришда М-6000 процессор асосидаги воситаларни етарлича кенг кўламда фойдаланишни таъминлайди.

XVI. 3.2. ТА-100 ТЕХНИК ВОСИТАЛАР КОМПЛЕКСИ

ТА-100 техник воситалар комплексининг асосий хусусияти маълумотларга ишлов бериш, шунингдек аппаратларни ва дастурни резервлаш ҳисобига киритиш-чиқариш вазифаларини амалга оширишнинг юқори даражада ишончлигидир.

XVI. 3.2.1 АСОСИЙ ХУСУСИЯТЛАРИ

ТА-100 нинг хусусиятларига биринчи навбатда синхрон мажоритар резервлаш ҳисобига таъминланадиган юқори даражадаги ишончлилигини киритиш лозим. Бундай усулда резервлашда система аппаратураси учта бир хил комплект кўринишида бажарилиб, улар айни бир дастур бўйича синхрон ишлайди. Комплектларнинг чиқишида мажоритар элементлар ўрнатилиб, улар ёрдамида оралиқ ва охирги ечимларнинг учта натижасининг бир хиллиги «учтадан иккитасининг овоз бериши» принципи бўйича текширилади. Шундай қилиб, юқори ишонч-

ишлик воситалари комплексини қуришнинг асосий масалалари турлича самарали ҳал қилинади:

— учинчиси ишдан чиққанда, иккита комплектнинг тузук ишлаши билан кафолатланувчи бузилмасдан ишлаши;

— тўхтатиб қўядиган халақитдан ҳимояланганлик, унга ҳар бир алоҳида операция натижаларини «овозга қўйиб» комплектлардан бирида халақитларни йўқотиш натижасида эришилади;

— комплектнинг айрим қурилмаларини узлуксиз автоматик назорат қилиш ҳисобига бир вақтда носоз комплектни аниқлаб, учта бир хил сигналли таққослаш натижасида таъмирлашга яроқлилиги юқорилиги.

ТА-100 нинг иккинчи хусусияти шундаки, аввал қараб чиқилган воситаларга нисбатан тузилиши соддалигидир. Бу соддалик натижасида аппаратура харажатлари қисқариб, комплекснинг нархини камайтиришга имкон беради.

ТА-100 нинг тузилишини соддалаштириш қуйидагилар ҳисобига эришилган:

— машина буйруқлари сонини қисқартириш;

— ташқи қурилмалар билан алоқа каналларини соддалаштириш;

— математик буйруқлар форматлари сонини қисқартириш (бундай форматлар 2 та);

— киритиш-чиқаришни бошқариш аппаратурасини соддалаштириш;

— вергули кўчувчи ўзгарувчи сонлар устида арифметик операцияларнинг дастур орқали бажарилишига ўтиш.

Санаб ўтилган соддалаштиришлар технологик жараён (ТЖ) ни бошқаришнинг қуйи босқичида ишлайдиган техник воситалар учун тўла яроқлидир. Комплекснинг ишлаш тезлиги унча юқори бўлмаса ҳам (тахминан 50000 та мантиқий ва қисқа (+, —) арифметик операция/с, тахминан 5000 та кўпайтириш ва бўлиш), у алгоритмик универсалликка эга, яъни истаган алгоритмни амалга ошириш учун яроқли.

Ва, ниҳоят, ТА-100 воситалари комплексининг учинчи хусусияти унинг телемеханика билан органик бирикиб кетганлигидир. 3 км гача масофада жойлаштирилган комплекс аппаратураси алоқалари учун ахборотни халақитлардан ҳимояланган ҳолда зичлаштириб узатиш учун блоклар мавжуд.

Катта масофаларда узоқ масофага таъсир кўрсатувчи телемеханикадан ёки маълумотларни узатиш аппаратурасидан фойдаланишда АССТ воситалари системаси таркибига кирувчи шу турдаги ҳамма қурилмалар қўшимча қўшма аппаратурасиз ТА-100 га уланади.

XVI. 3.2.2. ВАЗИФАСИ ВА ҚЎЛЛАНИШ СОҲАСИ

ТА-100 асосида агрегат ва гуруҳий агрегатларни автоматлаштирилган ва автоматик бошқариш системалари, авариядан ҳимояланиш системаси ва авария қарши тадбирларни ташкил этиш системалари, бевосита рақамли ростлаш системалари,

янада мураккаб иерархик бошқариш системалари таркибига кирувчи информацион ва бошқарувчи қисм системалари қурилиши мумкин.

ТА-100 нинг асосий қўлланиш соҳаси — энергетикадаги бошқариш системалари, энергосистемадаги аварияга қарши автоматика ва турли диспетчерлик пунктлари ҳамда бирлашмаларидаги телеахборот системалардир.

XVI. 3.2.3. ТА-100 КОМПЛЕКСИНИНГ УМУМИЙ СТРУКТУРАСИ

ТА-100 комплекси АССТ воситалари системаси таркибига киради, уни қуришнинг умумий ғояси бу комплексга ҳам тааллуқлидир. У шунингдек агрегат принципи бўйича қурилган. Агрегатлашнинг асосий бирлиги бир хиллаштирилган блоклар аро алоқалари бўлган функционал блоклар ҳисобланади.

ТА-100 комплексида жами 2 тур қурилма мавжуд: бошқариш пункти (БП) ва назорат қилинувчи пункт (НП). БП маълумотларни сақлаш ва дастурий ишлов бериш учун мўлжалланган. НПТА-100 нинг объект хизмат кўрсатувчи ходимлар ва бошқа системалар билан алоқасини таъминлайди. БП ва НП орасида ахборот алмашиш фақат БП буйруқлари бўйича юз беради, бу буйруқлар НП дан келаётган алоқа учун ташаббусли талаб билан «тезлаштирилиши» мумкин.

Система таркибидаги НП нинг максимал сони 16 га тенг, минимал сони эса 1 га тенг. БП доим система таркибига киради. Комплекснинг бу маркази негизида фақат хотиранинг ҳажми ўзгариши мумкин (4096 дан 32768 тагача 16 хонали сўз). Агар талаб қилинаётган хотира 16384 сўздан ортиқ бўлса, у ҳолда БП га яна бу қурилма — махсус хотира кенгайтириги (ХК) қурилмаси уланади.

Объект ва ходимлар билан алоқа қурилмаси вазифасини бажарувчи назорат қилинувчи пунктда киритиш-чиқариш блоклари функциясининг деярли тўла ўзаро алмашинувчанлигига эришилган, бу эса блоклар номенклатураси билан, бинобарин, киритиш ва чиқариш ахборотининг нисбий ҳажми билан фарқилувчи киритиш-чиқариш функцияларини амалга оширишни амалда чекланмаган доирада ўзгартиришга имкон беради.

ТА-100 нинг БП «сўров-жавоб» принципи бўйича асинхрон бошқариладиган параллел таъсирли дастур билан бошқарилувчи бир адресли қурилмадир. У айнан бир дастур бўйича биргаликда ишловчи учта бир хил комплектдан иборат. БП нинг соддалаштирилган структураси 16.2-расмда кўрсатилган. Бу расмда қуйидагилар белгиланган:

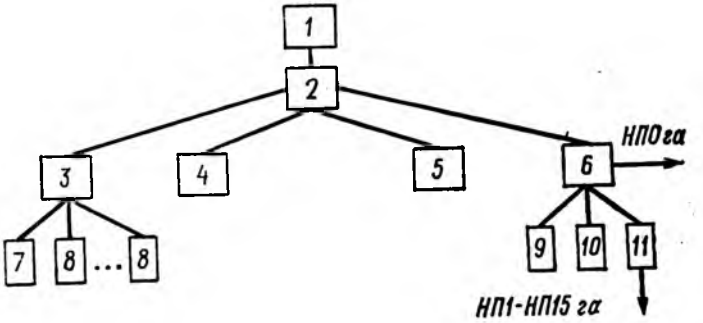
1 — БП нинг ишини бошқарувчи режим топшириғи блоки;

2 — синхронлаштириш ва назорат бўғини, у ерда функционал блоклар алмашадиган ахборот синхронлаштирилади;

3 — система хотирасини бошқариш блоки;

4 — кодни ўзгартириш блоки;

5 — устивор узилиш блоки; бу блокда бажарилаётган (ж



16.2-расм. БП нинг соддалаштирилган структураси.

рий) дастурни узиб қўйиш ёки тўхтатишга қаратилган барча сўровлар қайд этилади;

6 — четки қурилмалар билан, шунингдек, блоктаймер (*9*) ва оператив блоклари (*10*) билан туташув блоки;

7 — доимий хотира бўғини (сиғими 128 та 16 хонали сўзлар);

8 — оператив хотира бўғинлари (ҳар бирида 16 хонали сўзлардан 4096 тадан);

9 — блок-таймер, у жорий дастурнинг вақт бўйича узилишини шакллантиради (яъни олдиндан берилган вақтдан кейин); унинг ёрдамида ТА-100 нинг кўп дастурли вақт тақсимоти режимида ишлаши ташкил этилади;

10 — комплексдаги тўхтаб қолишлар ва чалаликларни қайд этувчи оператив назорат блоки, улар комплекснинг бошқа блоклари, жумладан 1 ва 2 БП блоклар комплексига кирувчи назорат схемалари билан аниқланади;

11 — марказдан 10 м дан ортиқроқ масофага узоқлашган назорат қилинувчи пунктларн бўлган БП системасининг туташув магистрали марказий блоки (10 м гача узоқлашган НП билан алоқа бевосита, 11 блокдан ўтмасдан амалга оширилади).

БП нинг ишлаш принципи кўп жиҳатдан ҳисоблаш машинаси процессорининг ишлаш принципига ўхшаш.

ТА-100 нинг НП и, худди БП сингари учта комплектдан иборат. НП нинг соддалаштирилган схемаси 16.3-расмда кўрсатилган. Бу расмда қуйидаги белгилашлар киритилган:

1 — НП1 — НП1 нинг БП билан алоқаси учун туташув магистрали терминал блоки;

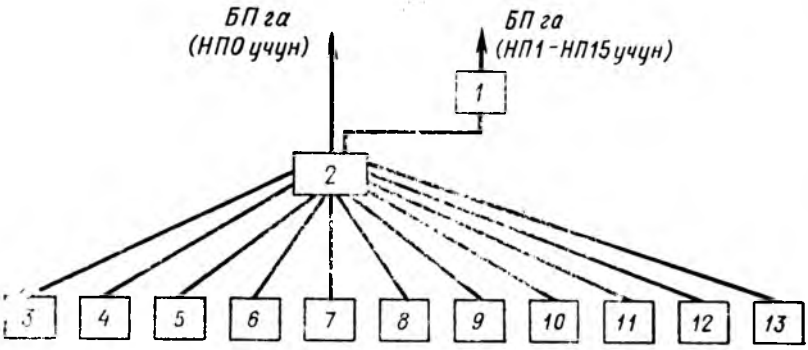
2 — НП нинг барча бошқа блоклари ишини бошқарувчи режимни бериш блоки;

3 — дискрет ахборотни тўплаш блоки;

4 — аналог ахборотни тўплаш блоки;

5 — дискрет ахборотни чиқариш блоки;

6 — дискрет ахборотни гальваник ажралиш билан чиқариш блоки;



16.3- расм. НП нинг соддалаштирилган структураси.

7 — аналог ахборотни чиқариш блоки;
8 — телесигналларни эшиттириш блоки;
9 — босувчи қурилма билан туташув блоки («Консул» туридаги машина асосида);
10 — перфо ўқиб чиқувчи билан туташув блоки;
11 — тасмали перфоратор билан туташув блоки;
12 — кодли ахборотни тўплаш блоки;
13 — аналог ахборотни чиқариш блоки.

НП нинг блоклар таркиби бошқариш объекти билан алоқалар бўйича ТА-100 комплексининг имкониятларини кенгайтириш анъанаси мавжудлигини кўрсатади, лекин ундаги киритиш-чиқаришнинг четки қурилмалари тўплами анча камдир (ёзув машинаси, перфоўқиб чиқувчи ва тасмали перфоратор). Кўп жиҳатдан технологик жараённи бевосита бошқаришга ва хизмат кўрсатувчи ходимларнинг машина билан боғланиш имкониятларини кенгайтиришдан кўра ахборот вазифаларини амалга оширишга мўлжалланган комплекснинг ўзига хослиги ана шундадир. Бироқ ташқи қурилмалар номенклатурасини орттириш ҳисобига комплексни ривожлантириш кўзда тутилади.

НП икки режимда: автоном режимда ва БП дан келаётган буйруқлар бўйича ишлаши мумкин.

Автоном режимда ишлашда режимни бериш блоки 1 МП ва РНП нинг ҳамма ташаббусли блокларини циклик сўроқ қилади. Улардан бирида кириш ахборотининг ўзгаришида юзага келадиган узилишга эҳтиёж туғилганда циклик айланиб чиқиш узилади ва 1 блок бу алоқа сўровини БП га узатади. «Пастдан» қўйилган сўровга мувофиқ БП янги ахборотни сўрагандан сўнг 3—13 блокларнинг циклик айланиб чиқиши бошланади.

БП командалари (буйруқлари) иш режимида 1 блокнинг вазифаси кириш-чиқиш блокларидан бирини приёмник ёки ахборот манбаи сифатида (айнан қайси бири экани БП дан

келаётган буйруқда кўрсатилади) алоқага улаш билан чекланади.

НП га ахборотни киритиш ва чиқариш резервланган вариантда ҳам (битта датчикдан чиқиш НП нинг учта кириши бўйича параллел келади ёки НП нинг учта бир хил чиқиши битта ижро этувчи органга келади), резервланмаган вариантда ҳам (битта датчик — НП нинг битта киришига, битта чиқиш — битта ижро этувчи органга) ташкил этилиши мумкин.

НП нинг ахборот сиғими (модификацияларидан бири)ни ҳисобидан қуйидагилар ташкил этади.

— иккили датчиклардан: 256 резервланган кириш ва 768 та резервланмаган кириш;

— аналог датчиклардан: 16 та резервланган кириш ва 64 та резервланмаган кириш;

— кодли датчиклардан (кодли приемникларга): 28 та резервланган кириш ва 84 та резервланмаган кириш;

— дискрет ижро этувчи механизмларга гальваник ажралмасиз 160 та резервланган кириш ва 1078 резервланмаган кириш;

— дискрет ижро этувчи механизмларга гальваник ажралиш билан: 112 та резервланган чиқиш ва 535 та резервланмаган чиқиш;

— икки лампали сигнал элементлари: 480 та фақат резервланмаган чиқиш;

— аналог ижро этувчи механизмларга 40 та резервланмаган чиқиш;

— телетайплар, перфо ўқиб чиқувчилар, перфораторлар — фақат резервланмаган чиқишлар 8 қурилмага.

ТА-100 аппаратураси билан бирга бу комплекснинг математик таъминоти ҳам етказиб берилади.

Буйруқлар системаси

ТА-100 комплексининг ҳамма буйруқлари учта асосий гуруҳга бўлинади:

— адрессиз мантиқий;

— адресли мантиқий ва арифметик;

— адресли бошқарувчи.

Адресли буйруқларда операндлардан бири хотира ячейкасида (айнан унинг адреси буйруқда кўрсатилган), иккинчиси эса икки регистрнинг бирида жойлашган бўлади. Адрессиз командалар операндаси комплекс БП синиг икки регистрида жойлашади.

ТА-100 даги асосий мантиқий операциялар қуйидагилар:

— ахборотни жўнатиш, дизъюнкция ва конъюнкция (ҳар бири саккиз хил турда), шунингдек, ўнгга ва чапга бир хона сурилиш ва кетма-кет саноқ.

Арифметик амаллар махсус буйруқлар ёрдамида бажарилади.

Шартли ўтиш адрессиз мантиқий операциялар ёрдамида, б амал натижасига боғлиқ ҳолда, навбатдаги амални ўткази юбориш йўли билан амалга оширилади. Шартсиз ўтиш бошқа рувчи командалар адреслари ёрдамида бажарилади. Бунда ташқари, бошқарувчи командалар киритиш-чиқариш, билво сита адреслаш ва адреслар модификациясини шунингдек, узи лиш процедурасини соддалаштирувчи яна бир қатор амал ларни ва баъзи ёрдамчи ишларни амалга оширишга имко беради.

Конструктив ижро

ТА-100 аппаратурасининг кўпчилик қисми учинчи авло интегралланган элементлари асосида ишланган. Конструктив технологик база учун типавий конструкциялар системаси (25-38-71 Давлат стандарти) қабул қилинган. Интегралловчи микросхемалар босма монтаж ўлчами 160×158 мм бўлган мон таж платаларига ўрнатилади. Бу платаларда туташтирувчи монтаж бўғини сифатида кўп контактли штепсель розеткаси ўрнатилган.

Функционал блок битта ёки бир нечта суб блокдан иборат. Улар штепсель розеткалари ёрдамида каркасларга 20 мм қадам билан ўрнатилади. Блок-каркас суб блоклар билан бирга конструктив модуль (КМ) дейилади. Унда 32 тагача суб блок жойлаштирилади. Модулнинг ташқи алоқалари 50 контактли штепсель розеткалари орқали амалга оширилади. Модуллар полга қўйиладиган жавоннинг (унинг ўлчамлари 2200×1000×1/50 мм) бурилма рамасида ўрнатилади. Жавоннинг ташқи алоқалари штепсель розеткалари орқали амалга оширилади, улар тола сими диаметри 0,8 мм гача бўлган кабелларни, тола сими кесими 2,5 мм бўлган манба кабелларини улашга имкон беради.

Электр таъминот

ТА-100 аппаратураси 50 Гц частотали (+2—+4%) 220 В кучланишли (йўл қўйилган четлашишлар +10—15%) ўзгарувчан ток манбаидан таъминланади. Бу кучланишни электр схемаларини таъминлаш учун зарур (+27 В, +12 В ли ўзгармас ток) миқдорларга ўзгартириш комплекснинг жавонларда ўрнатиладиган таъминлаш блоклари орқали бажарилади.

Таъминот бўйича истеъмол битта модулга тахминан 120 В·А ни, битта тўла комплект учун 25 кв·А ни ташкил этади, унинг таркибида 16 МП бўлади.

Системани 220 В ли ўзгармас токли (аккумуляторлар батареясидан) ташқи манбалардан таъминлашни ташкил этиш учун ўзгармас токни ўзгарувчан токка махсус ўзгарткич қурилма (электромагнит ёки статик) ёрдамида оралиқ ўзгартириш зарур. Энг маъқул қурилма марказий ўзгарткични ҳар бир ўзгармас ток ташқи манбаига улаш ҳисобланади.

Комплексга хизмат кўрсатиш

ТА-700 комплексига стационар хоналарда хизмат кўрсатилиши, атроф муҳитда заҳарли буғ, газ ва чанглар бўлмаслиги керак. Бошқариш пункти ва хотира кенгайтиргичи атроф ҳаво температураси +10° ... +40°С чегарасида бўлганда ишлаш учун мўлжалланган. БП ва РП хоналарини кондиционер ёки ҳаво температурасини (25±5°С) сақлайдиган вентиляция билан жиҳозлаш тавсия этилади.

Назорат қилинаётган пункт атроф ҳаво температураси +5 ... +50°С чегарасида бўлганда ишлаш учун мўлжалланган. Ҳамма қурилмалар учун ҳавонинг нисбий намлиги йўл қўйилган температураларнинг бутун оралиғида 20 дан 80% гачани ташкил этиши керак.

Аппаратура 80 Гц гача частотали, 10 м/с гача тезланишли ва 0,1 мм гача амплитудали титраш таъсирларига чидайди. Аппаратура схемаси электр занжирларининг корпус орқали ерга уланишига ҳисобланмаган. Комплекс қурилмалари кучли электр ва электромагнит майдонлар манбалари яқинида жойлаштирилмаслиги керак.

БП ва РП орасидаги, шунингдек БП ва КПО орасидаги масофа 10 м дан ортиқ бўлмаслиги керак.

ТА-100 аппаратураси билан профилактик ишлар асбоблар ва тестлар бўйича ярим йилда бир марта амалга оширилиши керак. Профилактика ҳар бир комплект учун навбати билан, бутун комплексни ишлашдан тўхтатмасдан амалга оширилади.

Системага хизмат кўрсатувчи ходимларнинг иш режими (бир, икки ёки уч сменали) комплекснинг ишончлигига қўйиладиган талабларга боғлиқ, чунки хизмат кўрсатишнинг сменалари сони қанча кўп бўлса, биринчи комплект таъмирланаётган вақтда иккинчи комплектнинг ишдан чиқиши эҳтимоли шунча кам бўлади.

Оператив таъмирлашнинг асосий тури — системанинг схемали ва дастурли назорат ҳамда диагностика ёрдамида аниқланадиган носоз суб блокларини ЗИЛ даги созларига алмаштириб, кейинчалик носоз узелларни устахона шароитида тиклашдан иборат.

Буюртмачининг ишчи дастурларини ўзгартириш ва ёки тўлдириш зарур бўлганда янги дастурлар перфолентадан хотирага киритилади ва ишга махсус директивалар ёрдамида уланади.

Комплекснинг ишончлилиги

ТА-100 нинг ишончлилиги битта бузилишга тўғри келадиган қуйидаги ишлаш муддатлари кўрсаткичлари билан белгиланади (минг соат);

— хотира ҳажми 8192 сўздан иборат бўлиб, бир сменали хизмат кўрсатишда системанинг умумий ишдан чиқиши (яъни система ишламай қолган ҳол) 20 (уч сменалида —180);

32768 та сўзли хотира ҳажмида умумий ишдан чиқишда 65;

индивидуал ишдан тўхташ (битта сигнални киритиш-чиқариш имконининг йўқотилиши);

а) иккиламчи датчиклардан резервланган занжирлар учун киритиш 20; резервланмаган занжирлар учун —2,5;

б) иккили ижро органларига резервланмаган занжирлар учун гальваник ажралишсиз чиқариш 0,8.

Комплекснинг ўртача тикланиш вақти бир сменали хизмат кўрсатишда 5,5 соатдан, икки сменалида эса 2 соат, уч сменалида 1 соатдан ошмайди.

XVII боб. ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРНИНГ АВТОМАТЛАШТИРИЛГАН БОШҚАРИШ СИСТЕМАЛАРИ (ТЖАБС)

XVII.1-§. ТЖАБС НИНГ УМУМИЙ ХАРАКТЕРИСТИКАСИ ВА ТАСНИФИ

Кимё ва озиқ-овқат саноатида ишлаб чиқариш самарадорлиги ҳамда меҳнат унумдорлигини оширишда илмий-техника тараққиётининг асосий йўналишларидан бири бўлган технологик жараёнларнинг автоматлаштирилган бошқариш системасини (ТЖАБС) яратиш ва татбиқ этишдир. Ҳисоблаш техникаси асосида яратилган ТЖАБС лар, технологик комплексларни бошқаришда маҳсулотнинг сифат ва миқдор кўрсаткичларини маълум технологик ва техник-иқтисодий мезонлардан фойдаланиб, ахборотларни марказлашган тарзда ҳисоблайди. Кимё ва озиқ-овқат саноатида ўзгариб турадиган ташқи муҳитнинг таъсирлари шароитида ишлаб чиқариш резервларидан фойдаланиш ТЖАБСнинг асосий масаласидир.

Технологик жараёнларнинг автоматлаштирилган бошқариш системаларини саноатга татбиқ этиш ишлаб чиқариш унумдорлигини, технологик ускуналар қуввати ўзгармаган ҳолда маҳсулот миқдорининг кўпайишини кўрсатади: хом ашё, ярим фабрикатлар ва энергия керагича сарфланган ҳолда тайёрланган маҳсулотнинг сифати яхшиланган. Шуниси диққатга сазоворки, бу системаларни яратишга кетган маблағлар, одатда бир, бир ярим йилда ўзини қоплаган; маҳсулотларнинг сифатн в иқтисодий кўрсаткичлар яхшиланибгина қолмай, балки меҳнатнинг характери ва шароитига ҳам ижобий таъсир этган.

ТЖАБС ларни қуйидаги белгилари бўйича синфларга бўлиш мумкин: 1) автоматлаштирилаётган ишлаб чиқаришнинг характери бўйича (узлуксиз ва дискрет узлуксиз ишлаб чиқариш жараёни); 2) бошқариш объектларининг мураккаблиги бўйича; 3) функционал алгоритмик белгиси бўйича (система ҳисобладиган бошқариш масалалари кўлами ва ахборот ҳажми); 4) системанинг техник даражаси бўйича.

Бошқариш объектларининг мураккаблик даражаси сифатида назорат қилинаётган параметрлар ва бошқарув таъси

ларининг миқдори ифодаланади. Бундай синфларга ажратиш (17—1 жадвал) ТЖАБС нинг номенклатура асосини олдиндан тахминан белгилаб беради ва тадқиқот планига асос бўлиб хизмат қилади.

17—1-жадвал. **ТЖАБС ларни бошқариш объектларининг мураккаблиги бўйича синфларга ажратиш**

ТЖАБС ларнинг синфлари	ТЖАБС ларнинг асосий характеристикалари	Асосий функционал белгилар	Бошқариш объектларининг типавий мисоллари
1	2	3	4
0	Дастурли автоматлаштирилган бошқариш системаси	Оллиндан тузилган қатъий дастур билан бошқариш	Станоклар, қоришма тайёрловчи ва полиграфия машиналари, адъюстаж ускуналари гидравлик прессларр
1	Кичик ҳажмдаги контрол қилинаётган параметрларга эга бўлган технологик қурилмаларнинг АБС лари (20 та гача)	Рақамли ўлчаш, кўрсатиш ва параметрларни бир контурли ростлаш	Буғ қозонларининг ўчоғи, оғирлик дозаторлари, ёнғинга қарши автоматик қурилмалар, технологик агрегатлардаги сув ҳавзалари, электр воситасида эритувчи ва анод печлари
2	Кичик ҳажмли назорат ва ростлаш параметрларига эга бўлган технологик қурилма ва агрегатларнинг АБС лари (40 тагача)	Рақамли ўлчаш, кўрсатиш, ёзиш, мантиқий операция ва бир контурли ростлаш	Технологик қозонлар, методик печлар, иситиш қудуқлари, домна печларининг қолиплари, ректификация колонкалари, сортли ва симли станлар
3	Ўрта миқдордаги контроль, ростлаш ва оптималлаштириш параметрларига эга бўлган технологик ускуна, агрегат ёки жараёнларнинг АБС лари (100 тагача)	Рақамли ўлчаш, кўрсатиш, ёзиш, мантиқий операция, бир кўп контурли параметрларни ростлаш	Конверторлар, бўлимли печлар, химиявий реакторлар, нефтни дастлабки ишлаш қурилмалари, бойитиш ва агломерация фабрикаларининг шихта тайёрлов комплекслари
4	Кўп миқдордаги контрол ростлаш ва оптималлаштириш параметрларига эга бўлган технологик агрегат ёки жараёнларнинг АБС лари (800 тагача)	Рақамли ўлчаш, кўрсатиш, ёзиш, мантиқий операция, бир ва кўп контурли параметрларни ростлаш ва техника-иқтисодий кўрсаткичларни ҳисоблаш	Энергоблоклар, прокат станлари, домна печлари, атом реакторлари, этиленбензол ва печь кули ишлаб чиқариш, дастурли бошқариладиган станоклар бўлими
5	Жойида бошқариш учун ҳисоблашнинг техникавий воситалари	Рақамли ўлчаш, кўрсатиш, ёзиш, мантиқий операция, бир ва кўп	Электролиз цехлари, сульфат кислота ишлаб чиқариш бўлимлари,

	2	3	4
	ишлатилмайдиган технологик жараён ва агрегат қурилмалари бўлган ишлаб чиқаришнинг АБС лари	контурли параметрларни ростлаш, техник иқтисодий кўрсаткичларни ҳисоблаш ва бир босқични бошқаришда диспетчерлаштириш	сунъий тола ишлаб чиқариш, агломерация фабрикаси, бойитиш фабрикалари
6	Ҳисоблашнинг техник воситалари ишлатиладиган технологик жараён ва агрегат, қурилмалари бўлган ишлаб чиқаришларнинг АБС лари	Рақамли ўлчаш, кўрсатиш, ёзиш, мантиқий операциялар, параметрларни бир ва кўп контурли ростлаш техника иқтисодий кўрсатгичларни ҳисоблаш ва икки босқичли бошқаришда диспетчерлаштириш	Конвертор печлари, домна печлари, цемент заводлари, сульфат кислота ишлаб чиқариш бўлимлари, бойитиш комбинатлари, катташаҳарлардаги кўча ҳаракати

Функционал-алгоритмик белгилар бўйича (17- 2- жадвал), ТЖАБС нинг синфларига биноан, кўрилаётган системаларни қуйидаги уч турга ажратиш мумкин: 1) мантиқий дастурли бошқариш системалари; 2) оптимал бошқариш системалари; 3) комплекс бошқариш системалари.

17- 2- ж а д в а л. **ТЖАБС ларни функционал- алгоритмик белгилари бўйича синфларга ажратиш**

	ТЖАБС синфининг асосий характеристикаси	Асосий функционал белгилари	Бошқариш объектларининг типавий мисоллари
1	2	3	4
1	Мантиқий дастурли бошқариш системалари (бир типдаги технологик қурилмалар, гуруҳлари билан)	Вақтнинг бошқарилаётган қурилмалар орасида тарқоқ билан бўлиниб, қатъий ёки ярим қатъий дастур асосида тўғридан- тўғри рақамли бошқариш	Контрол қилинаётган бўлимларнинг автоматлаштирилган гуруҳи ёки электрон техника буюмларининг синови, шунингдек, механик ишлов бериш станоклари, вакуум ҳайдаш бўлимлари, иссиқлик ускуналари
2	Оптимал бошқариш системалари (технологик жараён ёки технологик қурилма тартиби)	Танланган математик моделлар ва объектлардан келаётган ахборотлар асосида масалани оптимал ҳисоблаш- созлаш таъсирлари ёки тавсияларни операторга реал вақт масштабида бериш	Қимё реакторлари, трубопрокат станлари, диффузия печларининг гуруҳи, нефтни дастлабки ишлаш қурилмалари

3	Комплекс бошқариш системалари (технологик йўл, бўлим, цех)	Технологик ва ташкилий ишлаб чиқариш ахборотларини автоматик ёки ярим автоматик тарзда йиғиш, ҳисоблаш, аниқ ифодалаш, технологик жараёнларни оператив ходимлар орқали бошқариш	Интеграл схемалар кинескопларнинг технологик йўллари, атом электростанциясининг энергоблоки, сульфат кислота ишлаб чиқариш, домна печи, иссиқлик электростанциялари

Шуни қайд қилиб ўтиш керакки, ТЖАБС ёрдамида технологик жараёнларни автоматик ва автоматлаштирилган (одам иштирокида) равишда ташкил этиш мумкин, унинг ишлаб чиқаришнинг АБС сидан принципиал фарқи ҳам шудир, одам бунда корхонанинг иқтисодий фаолиятини бошқариш занжирида иштирок этади.

Технологик жараёнлар даражасидаги бошқариш системалари реал вақт масштабида, яъни технологик жараёнлар билан бир вақтда ишлаши лозим. Бу ҳолда бошқарувчи ҳисоблаш машинасига (БҲМ) ахборотлар ҳажми чекланган массивлар шаклида эмас, балки амалда чексиз тасодифий кетма-кетликлар шаклида берилади. Ахборотларни қайта ишлаш эса чекланган вақт бирлигида бажарилади, уларнинг миқдори бошқариш вазифаси ва объектларнинг динамик хусусиятларига боғлиқ. Бундан ТЖАБС ларни алгоритмик таъминлашда қўшимча талаблар вужудга келади: улар ўзларини иқтисодий жиҳатдан оқлашлари лозим, яъни биринчидан, ахборотни қайта ишлашга кетган вақт бўйича, иккинчидан эса БҲМ нинг хотирасидан фойдаланиш ҳажми бўйича, бошқача қилиб айтганда келаётган ахборотни ўз вақтида «кўриб чиқиш» керак. Бу талабларга итератив циклик ҳисоблаш (стахостик аппроксимация йўли билан ҳисоблаш, рекурсив регрессия йўли ва шу кабилар) усули жавоб беради. Улардан қуйидаги масалаларни ҳал қилишда фойдаланиш мумкин: 1) технологик контрол ва техника-иқтисодий кўрсаткичларни ҳисоблаш вазифаларини ўрганганда керакли фойдали сигнални ажратиб олиш; 2) кўп ўлчашли, рақамли бошқаришда; 3) идентификациялаш ва адаптациялашда; 4) оптималлаш ва координатлашда.

Техник даражаси ва мураккаблигининг ортишига қараб ТЖАБС ни локал, комплекс ва интегралланган системаларга ажратиш мумкин.

Локал ТЖАБС лар — кам миқдордаги бир турли асосий ёки ёрдамчи операциялар технологик жараёнларининг автоматлаштирилган бошқариш системалари (аппарат, қурилма, агрегат). Бу оралиқ босқич бўлиб, у янада мураккаб системага ўтиши лозим. Бундай системалар автоматик равишда бажарилаётган вазифаларининг камлиги билан характерланади ва

бунда ТЖАБС нинг 0,1, 2-синфларини қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Комплекс ТЖАБС лар. Булар асосий ва ёрдамчи технологик жараёнларнинг локал автоматлаштирилган бошқарув системасининг бирлигидир, улар ўзаро ягона агрегатли ва умумий символ билан боғланган (масалан, бўлим, ишлаб чиқариш, қисмларнинг АБС). Мезонлар, одатда, технологик ёки техника-иқтисодий характерга эга. Бу системаларни қандайдир тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришда 3 ва 4-синф ТЖАБС ларини қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Интегралланган ТЖАБС лар. Булар мураккаб ва турли хил асосий ҳамда ёрдамчи жараёнларнинг автоматлаштирилган бошқариш системалари бўлиб, бунда асосан 4 ва 5-синф ТЖАБС ларини қўллаш мақсадга мувофиқ. Шунингдек, ЭҲМ ларда системанинг математик таъминотини яратганда, техника иқтисодий кўрсаткичларни ҳисоблашда ва технологик жараён ҳамда технологик комплексларни тўла оптималлашда ҳам ишлатилади. Бундан ташқари, бу системалар ишлаб чиқариш бўлимларининг ишини таҳлил қилиб, унинг келгусидаги ривожланишини белгилайди.

XVII.2-§. ТЖАБС ЛАРНИНГ АСОСИЙ ФУНКЦИЯЛАРИ

ТЖАБС лар мураккаб, кўп функцияли системалар турига киради. Бу синфнинг кўп функциялилиги қатор омиллар билан ифодаланади, яъни: идентификациялаш; назорат, ҳимоя ва блокировка, ростлаш ва бошқариш каби айрим функционал ёрдамчи системаларнинг борлиги; локал, айрим бошқариш масалаларининг умумий, глобал мақсадга бўйсунишининг натижаси; ёрдамчи системалар орасидаги кўп сонли алоқаларнинг борлиги; айрим объектларни бошқаришнинг марказлашуви ва, ниҳоят, турли функцияларни бажаришда бир хил техник воситалардан фойдаланиш имконияти мавжудлигидир. ТЖАБС лар бажарган функцияларни қуйидаги уч гуруҳга бўлиш мумкин: ахборот, бошқарув ва ёрдамчи.

ТЖАБС ларнинг информацион функциялари ишлаб чиқариш ходимларига (операторларга, диспетчерларга) технологик жараёнда бўлаётган ўзгаришларни ўз вақтида билишга имконият яратади, технологик жараёнларнинг кетиши ҳақида аниқ ахборотлар ишлаб чиқишда кераксиз маҳсулотларнинг камайишига олиб келади. ТЖАБС ларнинг ахборот функциялари қуйидагичадир: 1) техник ва технологик ахборотларни тўплаш, дастлабки ишлаш ва сақлаш; 2) жараён ва технологик ускуналар ҳолатининг параметрларини билвосита ўлчаш; 3) технологик жараён ва ускуналар параметрларининг ҳолатини белгилаш ҳамда сигнал бериш; 4) технологик жараён ва технологик ускунларнинг ишлаши ҳақида техника-иқтисодий ва фойдаланиш кўрсаткичларини ҳисоблаш; 5) юқори ва қўйи ни системаларга ҳамда бошқариш босқичларига ахборотни тайёрлаб бериш; 6) технологик жараён параметрлари, техно

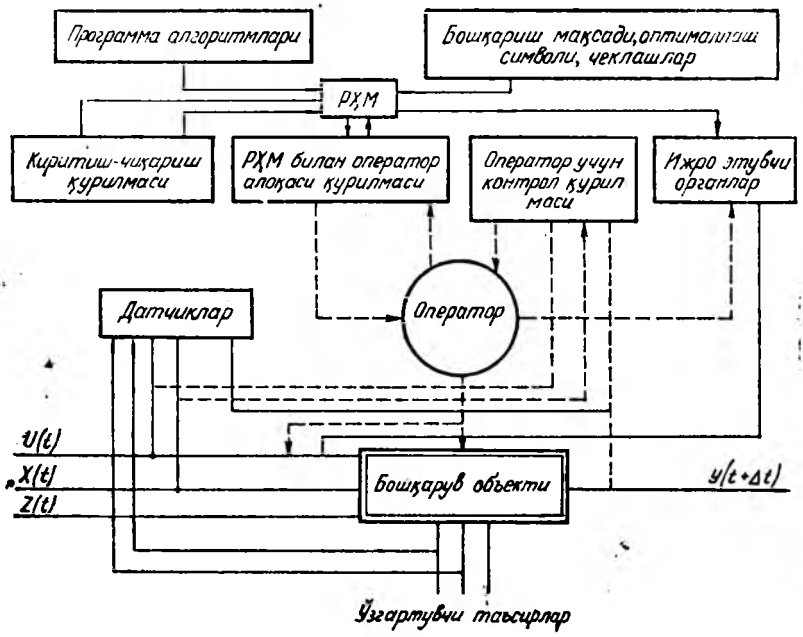
логик ускуналар ҳолати ва ҳисоблаш натижаларини қайд қилиш; 7) жараён параметрлари ва ускуналар ҳолатида берилган миқдордан фарқларини контрол ва қайд қилиш; 8) технологик ускунанинг ҳимоя ва блокировка воситалари ишини таҳлил этиш; 9) техник воситалар комплекслари ҳолатини диагноз қилиш ва олдиндан айтиш; 10) технологик жараёнларни олиб бориш, шунингдек, технологик ускуналарни бошқариш учун ахборот ва кўрсатмаларни оператив равишда тайёрлаш; 11) юқори босқичли ва қўшни бошқариш системалари билан ахборотнинг автоматик алмашинишини таъминлаш.

Технологик жараённи бевосита бошқариш масаласи ТЖАБС ларнинг бошқариш функциясини ташкил қилади. Бунда бошқариш таъсирлари операторнинг иштирокисиз автоматик тарзда амалга оширилиши мумкин, ёки операторга маълум бир кўрсатмалар кўринишида берилиши (буларни оператор қабул қилиши ёки рад этиши мумкин), ёхуд оператор кўриб чиққандан сўнг автоматик тарзда таъсир этиши мумкин. ТЖАБС ларнинг бошқариш функциялари қуйидагилардан иборат: 1) технологик жараённинг айрим параметрларини ростлаш; 2) бир маротаба мантиқий бошқариш (ҳимоя, блокировка қилиш); 3) каскадли ростлаш; 4) кўп алоқали ростлаш; 5) дискрет бошқаришда дастурли ва мантиқий операцияларни бажариш; 6) технологик жараённинг турғун ҳолатини оптимал бошқариш; 7) технологик жараённинг нотурғун ҳолати ва ускуналар ишини оптимал бошқариш; 8) бошқариш системасини мослаштирган ҳолда бутун технологик объектни оптимал бошқариш.

ТЖАБС ларнинг ёрдамчи функциялари қуйидагилардан иборат: 1) тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришда смена ва кунлик вазифаларга оператив ўзгартишлар киритиш; 2) ҳисоблаш масалаларини ҳал этиш; 3) технологик ускуналарнинг тўла ишлашини назорат қилиш; 4) системадаги ғайри-табиий воситаларни олдиндан кўрсатиш; 5) юқори босқич системалар билан алоқани таъминлаб бериш; 6) системанинг технологик воситалар бузилишини олдиндан кўрсатиш.

XVII.3-§. ТЖАБС ЛАР ФАОЛИЯТИНИНГ УМУМЛАШТИРИЛГАН СХЕМАСИ

Кимё ва озиқ-овқат саноатининг моддий асосини технологик жараёнлар ташкил қилади, уларни бошқариш натижасида эса ишлаб чиқаришнинг керакли кўрсаткичлари яратилади. Технологик жараён тушунчасига технологик жараённинг айнан ўзи ёки бўлими ва бу жараённи амалга оширадиган технологик ускуналар киради. Шуни таъкидлаб ўтиш керакки, датчик ва ижро этувчи механизмлар технологик ускуналарнинг конструктив элементи бўлишига қарамай, ТЖАБС нинг техник воситалари қисмига киради. Шу нуқтаи назардан қаралганда технологик жараённи ёки бўлимни бошқариш — ускуналар, аппаратлар ёки агрегатларнинг иш ҳолатини бош-



17.1-расм. ТЖАБС фаолиятининг умумлаштирилган системаси.

қариш демакдир. Бу маънода бошқарилаётган технологик жараён деганда киришдаги контрол қилинаётган параметрлари аниқланган, объектнинг киришидаги таъсирлари билан чиқиш параметрларн орасидаги богланиши топилган ва жараённинг бошқариш усулларига асосланган жараёнга айтилади.

17-1-расмда ТЖАБС ишининг умумлаштирилган блок-схемаси берилган, бунда $U(t)$ — киришда контрол қилинаётган бошқарувчи таъсирлар; $X(t)$ — киришда контрол қилинаётган, лекин бошқарилмайдиган параметрлар; $Z(t)$ — киришда контрол қилинаётган параметрлар; $У(t)$ — технологик жараённинг чиқишдаги ўзгарувчиси.

Технологик жараённинг кириш ва чиқиш параметрлари ҳақидаги ахборот ўлчов асбобларининг датчиги ва ахборотни киритиш-чиқариш комплекси орқали рақамли ҳисоблаш машинасига (РҲМ) боради. Бу ахборотни (ёки унинг бир қисмини) оператор ҳам алоқа қурилмаси орқали РҲМ га киритиши мумкин. Бу ҳолда оператор назорат қурилмасидаги кўрсаткичлардан фойдаланади. Бошқарувчи РҲМ олдиндан белгиланган алгоритмлар ва бошқарув дастури, бошқариш мақсади, танланган оптималлаш символи, чеклашлар асосида маълум бир тартиб билан кирган ахборотни қайта ишлайди. Система технологик жараёнини автоматик режимда бошқариши мумкин ёки бошқариш режими шундай бўлиши мумкинки, унда бошқарувчи рақамли ҳисоблаш машинаси (РҲМ) алоқа қурилмаси орқали операторга технологик жараёнла-

рини ижро этувчи органлар ёки топшириқ бергичларни масофадан туриб бошқариш учун маълум тавсиялар беради (яъни, «маслаҳат режими»). ТЖАБС ларни лойиҳалаш шундай ташкил қилиниши керакки, унда операторлар ва техник воситаларнинг имкониятлари тўла фойдаланиб, келажакка автоматик бошқариш системалари (АБС) кенг ўрин эгалласин, инсон эса фақат технологик ускуналар ва бошқариш системаларининг аниқ, бузилмасдан ишлашини назорат қилиш ҳамда ёрдамчи амалларни бажарсин. Умумий кўринишда системанинг математик моделини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$У(t + \Delta t) = A \cdot V(t) + By(t);\ C[X(\tau),\ Z(\tau)];$$

$$t_0 \leqslant t \leqslant t_0 + T;\ t \leqslant \tau \leqslant t + \Delta t;$$

$$У = \{У_1,\ У_2,\ \ldots,\ У_n\};\ V(t) = \{U_1(t),\ U_2(t),\ \ldots\ U_n(t)\}$$

$$X(\tau) = \{X_1(\tau),\ X_2(\tau),\ \ldots,\ X_к(\tau)\};$$

$$Z_1(\tau),\ Z_2(\tau),\ \ldots,\ Z_1(\tau);$$

бунда Δt — ТЖАБС нинг ҳаракат цикли бошидан бу ҳаракат натижасида олинган назорат ахборотгача кетган вақт; t_0 — ҳисоблашнинг бошланиши; T — жараённи кузатиш вақтининг муддати; A — ТЖАБС бутун ҳаракатининг оператори; B ва C — бошқариладиган ва бошқарилмайдиган кириш таъсирларининг операторлари.

Бошқариш системасининг дастлабки вақтдаги ҳаракат натижаси $У_0(t) = 0$. ТЖАБС учун $У(t)$ функция бўлак-текис камаймас функция кўринишига эга.

Математик моделнинг кўриниши бошқариш таъсирини амалга ошириш вақти ва технологик жараён циклининг муддати орасидаги нисбатга боғлиқ. Умумий ҳолда бошқарув таъсирининг кечикиш вақти $\tau_{кеч}$ технологик жараён ҳолатининг ўзгаришига нисбатан қуйидагича боғланган:

$$\tau_{кеч} = \tau_{пр}$$

бунда $\tau_{пр}$ — кириш параметрлари ҳолатининг ўзгаришидан чиқиш координаталарининг ўзгаришигача ўтган вақт (жараён вақти); n — қандайдир константа ($0 < n < \infty$). Агар $0 < n \leqslant 1$ бўлса, ТЖАБС реал вақт масштабида синхрон бошқариш имконини беради, у ҳолда

$$\tau_{кеч} = \tau_{ке} + \tau_{хв} + \tau_{чиқ} + \tau^{*}_{кеч} = \tau_{пр}$$

бунда $\tau_{кв}$ — жараён ҳақида ахборотни РҲМ га киргизиш вақти; $\tau_{хв}$ — РҲМ га киритилган жараён ҳақидаги ахборотни ҳисоблаш вақти; $\tau_{чиқ}$ — бошқарув таъсирини ҳисоблаш вақти; $\tau^{*}_{кеч}$ — соф кечикиш вақти (янги бошқарув таъсирларининг ҳаракати натижасида чиқиш ўзгарувчисининг янги миқдори ҳақида контрол ахборот олингунча ўтган вақт).

Бундай бошқаришга пропорционал (П), пропорционал-интеграл (ПИ) ёки пропорционал-интеграл-дифференциал (ПИД)

ростлаш қонунларини амалга оширувчи ва РҲМ дан бевосита рақамли бошқариш (БРБ) режимида ишловчи кўп контурли стабиллаш системалари мисол бўла олади.

Адаптив бошқариш алгоритмини амалга ошириш $n>1$ бўлган ҳолда ва стационар технологик жараённинг айни пайтини эмас, балки кейинги ҳолатини бошқариш имкони бўлгандагина мумкин. Бу ҳолда бошқарувчи РҲМ реал вақт масштабига каррали даражада бошқаришнинг циклик алгоритмини ифодалайди ($n=1, 2, 3 ...$). Агар $n\to\infty$ бўлса, бошқариш системаси тескари боғланишсизли бошқаришга тўғри келади.

ТЖАБС таркибига 17-1- расмга биноан, қуйидаги қурилмалар кириши лозим:

1. Физика-техник параметрларни ўлчашни таъминловчи автоматик ўлчаш асбобларининг комплекти. Бунда ўлчаш натижалари унификациялашган сигналлар ҳолида бўлиши (электр-аналогли ёки дискрет) ва қабул қилувчи қурилманинг кириш характеристикалари билан мослашган бўлиши лозим. Нормалловчи ўзгартгичлар гуруҳ ҳолида бўлганда бир турли ўлчаш ўзгартгичлари коммутаторлар ёки айланувчи қурилмалар ёрдамида навбатма-навбат кириш ахборотини ҳисобловчи умумий қурилмага уланади. Қимёвий анализ натижалари, технологик жараённи бошқариш учун берилган топшириқлар, техника-иқтисодий маълумотлар РҲМ га оператор пультининг клавишли регистрлари орқали, шунингдек, перфокарта, перфолента, магнитли карталар ёрдамида киритилади.

2. Ижро этувчи механизмларнинг ёрдамчи асбоб ва электр сигналларни, технологик жараёнларни бошқариш командасига ўзгартирувчи қурилмалар, РҲМ ҳисоблаб чиққан бошқариш таъсирлари қуйидаги қурилмаларга юборилиши мумкин: 1) «код-электр сигналли» ўзгартгичига, сўнгра аналогли ростлагичга ёки бир вақтда қувват кучайтиргичи ва уни ростловчи органни (РО) ҳаракатга келтирувчи вазифасини бажарувчи позицион ҳаракатли ижро этувчи механизмга (ИЭМ); 2) «код-вақт интервали» ўзгартгичига, сўнгра ИЭМ ни бошқаришга; 3) «код-импульслар миқдори» ўзгартгичига, сўнгра қадамли двигателларни бошқаришга; 4) бир нечта хонали дискрет чиқишлардан иборат бўлган дискрет-кодли сигналлар кўринишида; 5) икки позицияли РО ни бошқарувч релели ёки контактсиз дискрет сигналлар кўринишида.

3. Бошқарувчи рақамли ҳисоблаш машинаси, бунга бошқарувчи ҳисоблаш қурилмалари ҳамда РҲМ ва объект орасида икки томонлама ахборотли алоқани амалга оширувчи четки техника киради. Бунда РҲМ лар техника-иқтисодий масалаларни ҳисоблашда ишлатилади ва бошқаришнинг юқори босқичларида фойдаланилади. БҲМ да объект билан алоқа қурилмаси (ОАҚ) бўлиб, у ўлчов ўзгартгичларидан келган ахборотни қабул қилади ва дастлабки ҳисоблаш ишларини бажаради. Ҳисоблаш комплексларининг агрегат асосида тузилиши жараённинг қувватини ошириш, хотирани кўпайтириш

ва ОАҚ ни улаб, керакли структурага эга бўлган ҳисоблаш системасини тузиш имконини беради. Системанинг ишлаши учун бошқарув-ҳисоблаш комплекси таркибида стандарт дастурлар назарда тутилган (стандарт дастурлар кутубхонаси, хизмат қилувчи, ташкил этувчи ва узайтирувчи дастурлар).

4. ТЖАБС ни вазифалари ва система ҳал қилаётган масалаларга биноан дастурлар комплексига эга бўлган функционал дастурлар билан таъминлаш;

5. БРҲМ ва объект орасида аппаратли алоқа ўрнатувчи объект билан алоқа қурилмаси (кабелли, симли, релели алоқа йўллари ва кириш-чиқиш сигнал параметрларини мослаштирувчи қурилмалар);

6. Технолог-операторни технологик жараённинг кетиши ҳақида керакли ахборот билан таъминлаш, шунингдек, масофадан туриб бошқаришни бажариш, ҳисоблаш комплексига системани ишга тушириш ва тўхтатиш сигналларини киритиш имконини берувчи оператор билан алоқа қурилмаси (бошқариш пульти, ахборот таблоси ва бошқалар).

7. Технолог-операторлар, ускуна созловчилар ва юқори малакага эга бўлган бошқариш мутахассисларини ўз ичига олувчи операторлар хизмати.

Ҳар бир конкрет автоматлаштирилган система ўзининг ҳал этаётган кўп миқдорли масалалари ва уларнинг мураккаб иерархик ўзаро боғланиши; бошқа техник воситаларни ҳамда ҳисоблаш системалари ташкил этишнинг махсус усулларини қўллаш заруратини келтириб чиқариши мумкин.

XVII.4-§ ТЖАБС НИНГ ФУНКЦИОНАЛ СТРУКТУРАСИ

ТЖАБС нинг функционал структураси бошқариш мақсадига асосланиб тузилади. Бу маънода ТЖАБС битта умумий мақсадга қаратилган, яъни мақсад функциясига биноан технологик жараённи оптимал равишда олиб боришдир. Шуларга асосланиб ТЖАБС ни қуйидаги ёрдамчи системаларга ажратиш мумкин:

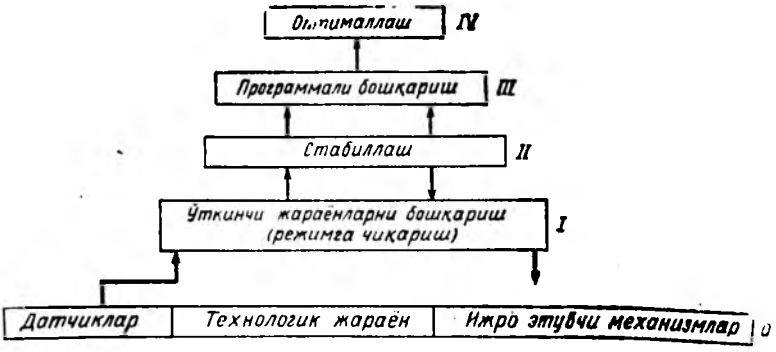
1. ТЖАБС нинг дастлабки босқичи — технологик жараён билан ўлчов ўзгартгичлари ва ижро этувчи механизмлар.

2. ТЖАБС нинг биринчи босқичи — ўткинчи жараённи бошқариш (режимга чиқариш) ҳамда технологик жараённи ишга тушириш ва тўхтатиш.

3. ТЖАБС нинг иккинчи босқичи — технологик жараённи маълум бир ўзгармас ёки бирор қонун бўйича ўзгарувчи номинал даражада стабиллаш.

4. ТЖАБС нинг учинчи обсқичи — технологик параметрларни дастурли бошқариш ва олдиндан белгиланган вақтли функция бўйича технологик жараёнларни ишга тушириш, тўхтатиш ва режимларнинг алмашишида ускуналар ҳолатини ҳамда даврий жараёнларни дастурли бошқариш.

5. ТЖАБС нинг тўртинчи босқичи — мақсадли функция асо-



17.2- расм. ТЖАБС нинг функционал схемаси.

сида технологик параметрларнинг оптимал миқдорларини топиш ва ишлаб чиқариш жараёнларининг техник-иқтисодий кўрсат кичларини оптималлаш.

ТЖАБС нинг функционал схемаси 17-2- расмда кўрсатил ган. Бунда боғланган функционал босқичлар иерархияси қуйи дагича ташкил этилган: қуйи босқичдагилар мустақил ҳарака қилиши мумкин, аммо иерарх, юқори босқичлардаги ёрдамчи системаларнинг имкониятларидан фойдаланиб бошқаришнин самарадорлигини ошириш мумкин.

Бошқариш системасининг биринчи босқичи (17-2- расм) автоматик назорат ва бошқариш жараённинг марказлаштирил ган даражаси ҳамда қўл меҳнатининг етарли миқдори била характерланади. Жараённинг айрим параметрларини автомати ростлаш автоматлаштирилаётган агрегат яқинига ўрнатилга асбобларнинг кўрсатиши асосида амалга оширилади.

Бошқариш системасининг иккинчи босқичи контрол, ростлаш ва масофадан туриб бошқаришнинг марказлашиш даражаси нинг янада ортиши билан характерланади ва системада одам — оператор пайдо бўлиши билан фарқ қилади. Бунда бошқариш алоҳида шчитга ўрнатилган асбоблар орқали амалга оширилади.

Бошқариш системасининг учинчи босқичида технологи параметрлар ва ускуна ҳолатлари ҳақидаги дастур асосида олинган номинал миқдорлар кузатиш режимида ишлайдига қуйи босқичга фойдаланиш ва амалга ошириш учун юборилади.

Бошқариш системаси иерархиясининг тўртинчи босқичи тех нологик жараён параметрлари ва ускуна ҳолатларининг опти мал миқдорларини излайди ҳамда қуйида жойлашган функци онал ёрдамчи системаларнинг ишини бошқаради.

Шундай қилиб, автоматик ростлаш системасининг (АРС) вазифаси махсус қурилмалар, яъни автоматик ростлагичлар ёрдамида технологик жараён параметрларини берилган қий

матда ушлаб туриш бўлса, ТЖАБС бутун технологик жараённинг боришига актив таъсир этади, ўзгарнб турувчи жараённи оптималлаш мақсадида автоматик ростлагичларга топшириқлар беради.

Маълум бир бошқариш объекти учун яратнлган алгоритмик таъминлаш бошқарув-ҳисоблаш комплексининг структураси ва таркибини аниқлаш, шунингдек, БҲМ нинг тез ишлаши, хотира ҳажми ва ишончлилиги талабларини ишлаб чиқиш имконини беради. Шу талаблар асосида БҲМ танланади ва ТЖАБС ни синтез қилиш масаласи якунланади. ТЖАБС нинг алгоритмик таъминлаш структураси қуйидаги функционал масалаларни ўз ичига олиши лозим: 1) технологик жараённинг боришини марказлаштирилган назорат қилиш; 2) ишлаб чиқаришнинг кўрсаткичларини оператив ҳисоблаш; 3) бевосита рақамли бошқариш (БРБ); 4) технологик бўлимларни локал оптималлаш; 5) бутун технология бўйича глобал оптималлаш ва координациялаш; 6) ҳодисаларни автоматик аниқлаш; 7) БҲМ ва ТЖАБС воситалари ишга яроқсизликларининг техник диагностикаси; 8) ахборотни хизмат ходимларига оптимал равишда бериш; 9) маъмурий-технологик ходимларни ва бошқаришнинг юқори системаларини керакли қарорлар чиқариш учун етарли ҳажмда ахборотлар билан таъминлаш.

Технологик жараённинг бориши устидан марказлаштирилган назорат қилиш — бошқариш мақсадида ёки операторга тайёрлаш учун ахборотни БҲМ да махсус ҳисоблаш усуллари орқали амалга оширилади. Ахборотни марказлаштирилган назорат қилиш машиналари ҳам сигналларни қайта ишлаши мумкин. Бу ҳолда қуйидаги амаллар бажарилади: узлуксиз ўлчанаётган сигналларни дискрет ўзгартириш, кодлаш, декодлаш, масштаблаш, экстраполяциялаш (интерполяциялаш), тўғри чизиққа келтириш, фильтрлаш.

Узлуксиз сигналларни даражаси бўйича квантлаш В. А. Котельников теоремасига асосланган бўлиб, у ўлчанаётган миқдорни ўзгартгич кодининг кичик хонаси бирлигига тенг бўлган квантлаш қадамига каррали бўлган яқин миқдор билан алмаштиришдан иборат. Датчикларнинг сезгир элементлари, одатда, чизиқли бўлмаган статик характеристикаларига эга. Бу тескари функционал ўзгартириш тўғри чизиққа келтириш заруриятини келтириб чиқаради. Узлуксиз сигналларни дискрет ўлчашда аналог сигнални сўроқлаш частотасини тўғри танлаш муҳим аҳамиятга эга. Сўроқлаш частотаси камайиб кетса ахборотнинг йўқолишига, ўлчов частотаси ҳаддан ташқари ошиб кетса, схеманинг мураккаблашиши ва машина вақтининг исроф бўлишига олиб келади. Агар ўчанаётган миқдорнинг катталиги керак бўлса ва у аналог сигналининг сўраш пайтига мос тушмаса, экстраполяция (ёки интерполяция) усуллари ишлатилади. Бизни қизиқтираётган ўлчанаётган миқдорнинг қийматини олдинги сўроқлашлар натижалари асосида олиш керак бўлса, у ҳолда экстраполяция усули қўлланилади. Агар охирги аналог

сигналининг сўроқдан олдинги ўлчанаётган миқдор қиймати зарур бўлса, интерполяция усулидан фойдаланилади.

Ишлаб чиқаришнинг натижавий кўрсаткичларни бевосита ўлчашнинг иложи бўлмаса, у ҳолда улар олдиндан белгиланган нисбатлар орқали ҳисобланади. Буларга қуйидагилар киради: ишлаб чиқаришнинг техника-иқтисодий кўрсаткичлари, маҳсулот бирлиги учун сарфланган энергия ёки хом ашё, вақт бирлигида материал ёки энергиянинг сарфи ва бошқалар.

Автоматик ўлчашнинг юқоридаги усуллари ва техник воситалари яратилмаган технологик жараёнларда физика-кимёвий параметрларни аниқлаш учун керакли параметр билан стохастик боғланган билвосита қийматларнинг ўлчаш натижасини назорат қилинади. ТЖАБС нинг ҳисоб масалаларини ечиш учун вақт интервалида (смена, кун, ой) ўрнатилган техника-иқтисодий кўрсаткичлардан фойдаланилади. Оператив бошқариш масалаларини ҳал қилганда техника-иқтисодий кўрсаткичларнинг (ТИК) айни вақтдаги қийматларини билиш зарур. Технологик объектларда транспорт кечикишнинг бўлиши ТИК нинг айни вақтдаги қийматларини аниқлаш муаммосини қийинлаштиради. Бу ҳолда ўлчанган миқдорларни транспорт кечикиш миқдорига суришга ва уни транспорт кечикиш миқдорига тенг бўлган вақт интервалида ўртачалаштиришга тўғри келади.

Технологик комплексларни оптималлаш масалаларининг катта ўлчамлилиги туфайли декомпозиция принципларини ишлатиш тавсия этилади, яъни системанинг глобал оптималлаш масаласи бир неча кичик ўлчамли ва ўзаро боғланган технологик бўлимларни локал оптималлаш масалаларига ажратилади. Бундай ажратиш стратегиясини кимёвий технология системалари учун қўлланилганда қуйидаги тартиб ишлатилса мақсадга мувофиқ бўлади: параметрли стабиллаш; айрим технологик бўлимларни локал оптималлаш; бутун технологик система масштабида координациялаш.

Бу тартибни амалга ошириш учун ТЖАБС нинг иерархик таркибини синтез қилиш масаласи икки босқичда ечилади: 1) ТЖАБС нинг макротаркибини синтез қилиш жараёнида берилган система блок ҳолида кўрилади («қора қути» типидаги блоклар) ва система таркибий хусусиятларининг сифат анализи амалга оширилади, шунингдек, координациялаш масаласини ечишнинг йўли ишлаб чиқилади; 2) ТЖАБС нинг микротаркибини синтез қилиш жараёнида графиклар назариясининг математик аппаратидан фойдаланиб, лойиҳалаш босқичидаёқ системанинг динамик схемаси тўла очилади.

ТЖАБС да ҳодисаларни автоматик кўриш деганда технологик регламентдан четга чиқиш, ускуналарнинг ишга яроқсизлигини ўз вақтида пайқашга айтилади. Ҳодисаларни тўла характерлайдиган миқдорларни даврий ўлчаш, белгиланган қийматлар билан таққослаш ва бошқариш таъсирлари ёки сигналларни бериш одатда пайқаш алгоритмларининг вазифасига киради.

Технологик жараённинг ҳақиқий кечишини қуйидагича характерлаш мумкин: нормал ҳолат, бунда технологик режим белгиланган регламентга тўғри келади; ўткинчи ҳолат — регламентдан четга чиқилмаган, бироқ четга чиқиш белгилари пайдо бўлади; аномал ҳолат — технологик регламентдан четга чиқилган пайт (авария вазияти вужудга келган ҳолат ҳам шунга киради).

Даврий технологик жараёнлар учун техник диагностика масаласи объектга бошқариш таъсирларини кўп маротаба юбориб бошқаришга келтирилади; бошқариш таъсирларининг таркиби ва кетма-кетлиги олдинги таъсирларга объектнинг кўрсатган реакциясига боглиқ. Узлуксиз технологик жараёнлар учун бу масаланинг вазифаси жараён ҳолатини етарли даражада аниқлайдиган назорат параметрларини танлашдан иборат.

У ёки бу ҳолда диагностика натижалари технологик жараёнга БҲМ томонидан актив аралашиш учун фойдаланилади. Аномал ҳолатлар учун техник диагностиканинг асосий вазифалари қуйидагилардан иборат: 1) технологик жараёнда аномал ҳолат борлигини ўз вақтида аниқлаш; 2) материал ҳамда энергетик оқимларни ташийдиган қурилма ва ускуналар ҳолатининг техник диагнози; 3) аномал вазиятлар ва системанинг нормал ҳолатидан четга чиқишларнинг математик моделини яратиш (идентификациялаш); 4) четга чиқиш сабабларини фаол йўқотиш ва ажратиш, яъни техник диагностика системасининг бошқариш алгоритмини яратиш; 5) математик моделлар ва техник диагностика алгоритмларини яхшилаш мақсадида статистик маълумотларни йиғиш ва қайта ишлаш.

Технологик жараён аномал ҳолатларининг техник диагностикаси усулларини яратишнинг дастлабки босқичида фақат жараённинг ҳолати ва унинг бузилиш манбалари орасидаги боғланиш таркибини анализ қилиш билан қуриш мумкин (техник диагностиканинг мантиқий модели). Технологик жараённинг ҳолати параметрларнинг айни пайтдаги қийматларини йўл қўйилган (ёки регламентдаги) қийматлар билан таққослаб аниқланади. Бу ўзгаришларни дарак берувчилар дейилади. Дарак берувчилар деганда фақат физик миқдорларнинг (босим, температура ва бошқалар) ўзгаришигина эмас, балки ўлчанаётган миқдорларнинг статик характеристикалари ва функцияларининг ўзгаришлари ҳам тушунилади.

Техник диагностика мантиқий алгоритмларини яратишнинг иккита асосий принципларини алоҳида кўрсатиш мумкин: комбинацион ва кетма-кет. Комбинацион усулда текшириш тартибининг технологик ҳолати эътиборга олинмаса, кетма-кет усулда технологик ҳолат ҳақида ахборотдан кейинги натижалар анализ қилинади.

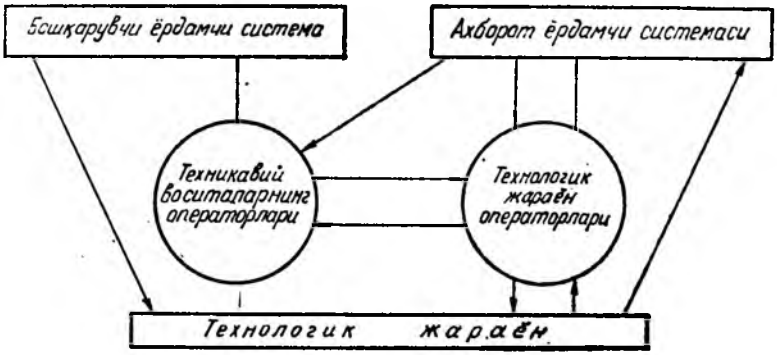
Технологик жараён ҳолатининг мантиқий моделини икки босқичда, яъни детерминирланган ва статистик ҳисоблаш босқичларида амалга ошириш мақсадга мувофиқ. Шундай қилинганда техник диагностикани қўйиш масаласи анча соддалашади,

модель ўлчами кичиклашади ва диагностика аниқлиги ортади Ҳисоблашга детерминирланган босқичнинг киритилишига сабаб кўп кимёвий технологик жараёнлари ва системаларини детерминирланган мантиқ воситасида диагнозлаш мумкинлигидир ТЖАБС нинг техник воситалари ва БҲМ нинг ишга яроқсизлигида диагностикани аппарат, тест ва дастур-мантиқ контроль усуллари ёрдамида амалга ошириш мумкин. Бошқариш системасининг умумий мақсадини ифодаловчи бошқариш алгоритми анча мураккаб бўлганлиги туфайли ТЖАБС нинг айрим масалаларига мос бўлган кўпгина ёрдамчи алгоритмлари бўлиши мумкин.

Шундай қилиб, БҲМ да сақланадиган ва ўзининг дастурига эга бўлган айрим алгоритмлар ўзгариб турувчи ишлаб чиқариш вазиятига қараб ҳаракат қилади.

VII.5-§. ТЖАБС НИНГ АХБОРОТ БИЛАН ТАЪМИНЛАНИШИ

Автоматик ёки автоматлаштирилган режимда технологик жараёнларни бошқаришда ахборотни йиғиш, қайта ишлаш, сақлаш ва фойдаланишни ташкил қилмасдан иложи йўқ. ТЖАБС нинг функционал вазифаси ахборот таркибини ва ёрдамчи системалар орасидаги ахборотли боғланишларнинг характерини белгилайди. 17-3-расмда ТЖАБСнинг ахборот



17.3-расм. ТЖАБС нинг ахборот таркибини ифодаловчи соддалаштирилган схемаси.

таркибини ифодаловчи соддалаштирилган схемаси берилган. Чизмадан кўриниб турибдики, ТЖАБС таркибида бошқарувчи ёрдамчи система, технологик жараён операторлари ва техник воситалар билан биргаликда ишлайдиган мустақил ёрдамчи ахборот системаси ҳам бор. Технологик жараённинг кетиши ҳақида ахборот ўлчов ўзгартгичлари орқали ёрдамчи ахборот системасига киради, у эса ўз навбатида операторларга ва бошқарувчи ёрдамчи системаларга узатилади. Улар ўзларидаги

бошқарнш алгоритмлари асосида тегишли бошқариш таъсирларини ишлаб чиқади. Автоматлаштирилган бошқариш режими операторлар орқали оширилади.

ТЖАБС ни ахборот билан таъминлаш муаммоси қуйидаги масалаларни ечишга боғлиқ: 1) бошқариш объектларини бир хил кўринишга келтириш мақсадида ахборотнинг етарли ҳажмини аниқлаш; 2) ахборотнинг ишончлилигини таъминлаш ва уни ечиш усулларини исботлаш; 3) инсон — машина системасида ахборот алмашишни ташкил этишда вазифаларни тақсимлаш; 4) ахборотни йиғиш, сақлаш ва бериш.

Агар ахборот турлари фақат бир автоматлаштирилган қайта ишлаш системаси билан боғланган бўлса, бошқариш жараёни рационал бўлади. Зарур бўлган бирламчи ахборотнинг ҳажми кўп эмас, лекин у ТЖАБС лар учун етарли бўлган иккиламчи кўрсаткичлар системаси учун кифоя бўлиши лозим. Бу усул бир марта яратиб ва ахборот массивларидан кўп маротаба фойдаланиш принципи сифатида маълум; бошқача қилиб айтганда, бир марта қайд қилинган ахборот турли бошқариш вазифаларида фойдаланилиши мумкин. Зарур бўлган ахборот ҳажмини аниқлаш керак бўлганда технологик жараён математик ифодасининг қабул қилинган таркибини билиш лозим. Объект ҳолатини бир хил кўринишга келтириш ва зарур бўлган ахборот ҳажмини аниқлаш учун ахборот статистик усулларни ёки ҳозирги замон бошқариш назариясида қўлланиладиган кузатиш ва бошқариш тушунчаларини ишлатиш асосида ҳал этилади.

ТЖАБС нинг нормал ишлаши ҳисоблаш машиналари ва бошқариш масалаларидан фойдаланишдаги ахборотнинг кўринишига боғлиқ. Бошқариш объекти ҳақида ЭҲМ хотирасида сақланаётган бирламчи ахборотнинг тўғрилиги биринчи навбатда технологик жараён физик параметрларининг ўлчаш хатоликларига боғлиқ.

Ҳозирги пайтда аниқлик масаласини ҳал этишда икки йўналиш мавжуд: 1) ўлчов чизмаларида физика, кимё ва бошқа фан ютуқлари асосида ишлаб чиқилган юқори аниқликка эга бўлган элементларни ишлатиш, шунингдек, ўлчайдиган қурилма характеристикаларини стабиллаш усуллари таркибини мукаммаллаштириш; 2) системалар донрасида маълумотлар ишончлилигини оширишга қаратилган ишларни амалга ошириш (фильтрлаш, ишончлилик устидан контрол ўрнатиш, асбоблар хизматини оптималлаш, моделларни тўғрилаш ва бошқалар).

Биринчи йўналиш сезиларли даражада маблағ ва меҳнат талаб қилади. ТЖАБС ларда ҳисоблаш машиналарининг борлиги иккинчи йўналишни танлашга шароит яратиб беради. Бунда аниқликни ошириш ахборот — ўлчов системасига янги қурилмалар киритиш ёки хизматдаги янги усулларни қўллаш ҳисобига эмас, балки ахборотни қайта ишловчи янги алгоритмлар ҳисобига эришилади. Назоратнинг унификациялашган алгоритми ва бирламчи ахборотнинг аниқлигини тиклаш усулини

қўллаш кенг ахборот системасини ТЖАБС нинг маълум алгоритмларини тузишни сезиларли даражада тезлаштиради. Алгоритмда автоматлаштирилган контролни қўллаш хатоларни дастлабки маълумотларда, шунингдек, ЭҲМ га киритилганда (масалан, перфорациялашда) аниқлашга имкон беради. Шунинг учун ҳам бу усул анча самарали бўлиб, маълумотларни қайта ишлашга кетадиган меҳнат харажатларини камайтиради.

Дастлабки ахборотнинг ишончлилик масаласи шовқинларни фильтрлаш, ўлчаш хатоларини топиш каби статистик усуллар билан ҳал этилади. Бу муаммоларни муваффақиятли ечиш контрол тестларининг тўла комплексини яратиш ва текшириш, профилактика ишларининг регламентини тузишга боғлиқ.

Операторга берилаётган маълумотнинг ҳажми ва характери автоматлаштириш даражаси ва инсон билан автоматик воситалар орасида вазифаларнинг тақсимланиши билан белгиланади. Маълумот системасининг операторига тахмин ва қарор чиқариш учун етарли бўлган технологик жараённинг бориши ҳақида ҳамма маълумотлар берилади. Автоматлаштирилган системаларда оператор дастлабки маълумотни қайта ишлаш вазифасидан озод этилади, буни ҳисоблаш машинаси бажаради. Бошқариш системасида операторга фақат технологик жараённинг ёки АБС техник воситаларининг аномал ҳолати ҳақида маълумот берилади. Оператор олинган маълумотни тахмин қилади, аномал вазият сабабларини аниқлайди ва автоматик системанинг ишини назорат қилади. Оператор ва ҳисоблаш машинаси ўртасидаги алоқа бошқариш системасида энг самарали боғланиш бўлиб, у электрон-нур трубкали экран пультлари орқали амалга оширилади ва бунда маълумотни кодлашнинг барча усулларидан (ҳарф-рақамли белгилар, шакл, ранг, ёруғлик, ўлчам) фойдаланишга имкон бўлади.

Оператор билан автоматик қурилмалар ўртасида маълумот алмашишни ташкил этишда маълумотни тақснмлаш, машинага киритилган маълумот самарали шаклларини қидириш каби масалаларни ҳал этиш керак.

XVII.6-§. ТЖАБС НИНГ МАТЕМАТИК ТАЪМИНОТИ

ТЖАБС ни жорий этиш бошқариш-ҳисоблаш машиналарини ишлатишни назарда тутиб, уларнинг конкрет типларига қараб машина алгоритмлари, дастурлар ва уларнинг ифодалари яратилади. ТЖАБС ни лойиҳалашнинг муҳим босқичларидан бири технологик жараёнларни алгоритмлаш, яъни системанинг математик ифодасини бир неча босқичда яратишдир. Бу қуйидагилардан иборат: 1) технологик жараён ва унинг боришини таъминловчи факторларни ўрганиш; 2) технологик жараённинг автоматлаштирилган бошқариш масаласини қўйиш; 3) технологик жараённинг математик модели, бошқариш алгоритмини ва маълум БҲМ га татбиқан яратиш.

ТЖАБС нинг математик таъминотини ифодаловчи қуйи-

даги ўзаро боғланган техник ҳужжатларнинг комплектини олиш лозим: 1) бошқарув объектининг математик модели; 2) бошқарув алгоритмининг блок-схемаси; 3) масаланинг ечимига қаратилган математик ва мантиқий амаллар кетма-кетлигини ифодаловчи алгоритмнинг умумий кўриниши; 4) конкрет БҲМ нинг хусусиятларини эътиборга олувчи машинанинг алгоритми; 5) алгоритм тилида, автокодда ёки шартли адресдаги дастурлар; 6) реал адресли машина кодида ишчи дастурлар ва дастурларнинг баёни.

ТЖАБС ларни математик таъминотини ишлаб чиқиш иқтисодий маълумотни қайта ишловчи дастурлар тўпламини ҳам ўз ичига олади. Келажакда дастурлар комплексининг универсал турларини яратиш кўзда тутилган. Масалага бундай ёндошиш дастурлаш ҳаражатларини камайтиради. ТЖАБС ни ишлаб чиқиш ва жорий этишни тезлатиш ҳамда математик таъминотдан фойдаланиш системасини оширади.

ТЖАБС нинг математик таъминотини икки гуруҳга бўлиш мумкин: ташқи математик (функционал дастурли) ва ички математик (стандарт дастурли) таъминот.

Ички математик таъминот стандарт ҳисобли алгоритмик ва дастурлар тўпламидан иборат бўлиб, бошқарув — ҳисоблаш комплексининг фаолиятини таъминлайди. Улар ҳар бир машиналар синфи учун марказлашган тарзда яратилади ва конкрет ҳисоблаш машинасининг ажралмас қисми ҳисобланиб, маълум ТЖАБС ларнинг хусусиятларига боглиқ эмас.

Системанинг ташқи математик таъминоти ўзаро боғланган алгоритм ва дастурлар тўпламидан иборат бўлиб, ТЖАБС нинг конкрет вазифаси ва масалаларини ҳал этади. Системанинг баъзи бир вазифаларини махсус қурилмалар ёрдамида аппаратли ҳал этиш мумкин, бу ҳолда уларни ҳисоблаш машинасидаги дастурга киритишнинг эҳтиёжи йўқолади.

Системанинг математик таъминоти маълум ривожланиш характерига эга бўлиб, ўз таркибига қуйидагиларни киритади: маълум даражада универсал бўлган дастурлар; БҲМ кутубхонасига кирувчи стандарт дастурлар, шунингдек, конкрет ТЖАБС учун дастурлар. Шу билан бирга универсал дастурлар ва уларга қўйиладиган талабларга биноан системанинг математик таъминоти олдида масалалар синфини аниқлаш муаммоси туради. Муаммоларнинг бошқа бир синфи стандарт дастурлар таъминотига кирувчи алгоритмик тиллар тўпламини аниқлашдир.

Конкрет ТЖАБС нинг ташқи математик таъминоти яратилгунча система ҳал қилувчи масалаларнинг математик таърифи аниқланган, технологик жараёнларнинг математик баёни тузилган ва унинг мослиги баҳоланган бўлиши, шунингдек, кириш маълумотларининг аниқланиши баҳолари олинган бўлиши лозим. Технологик жараёнларни алгоритмлаш дастлабки ва охирги бўлади.

Дастлабки алгоритмлаш масалалари қуйидагилар: жараён-

нинг алгоритмик таркибини ўрганиш; бошланғич математик модель ва оптималлаш алгоритмини яратиш; ишлаб чиқариш шароитида алгоритмларни синовдан ўтказиш; кутилган иқтисодий самарани баҳолаш, бошқаришнинг ҳисобли техник воситаларини дастлабки танлаш. Бу масалаларни ҳал қилишда технологик жараёнларнинг автоматлаштирилган системасини ишлатишга тайёрлиги аниқланади, мавжуд назорат қилиш ва ростлаш системаларини такомиллаштириш йўллари белгиланади, ТЖАБС ни яратиш учун ишлар тартиби ўрнатилади.

Охирги алгоритмлаш масалалари қуйидагича: технологик жараёнларини чуқур ўрганиш, дастлабки математик модель ва оптималлаш алгоритмини тўғрилаш; техник воситаларни узилкесил танлаш, яратилган системанинг иқтисодий самарадорлигини аниқлаш.

Дастлабки ва охирги алгоритмлаш босқичларида қўшимча маълумотларни олиш натижасида моделларнинг таркиби ва мураккаблигида ўзгаришлар бўлиши мумкин. Объектнинг дастлабки математик баёни яратилишида жараённинг статик ва динамик характеристикалари тадқиқ этилади, оптимал режимлар аниқланади, турғунлик вазифалари ўрганилади, дастлабки моделни соддалаштиришнинг турли вариантлари кўриб чиқилади.

Озиқ-овқат саноатида ТЖАБС ларни яратиш деганда система параметрларининг ўзаро боғланиши ва ўзгариш қонуниятини кўрсатувчи системанинг математик баёнини яратиш, маълумот оқимининг таҳлили ва бошқариш масалаларини ечиш усулларини ишлаб чиқиш тушунилади. ТЖАБС ларни татбиқ этишга оид масалаларни ҳал этишда озиқ-овқат саноатидаги технологик жараёнлар хусусиятларини ўзида мужассамлаштирган математик аппаратлар зарурдир. Иерархия босқичидаги қуйи ёрдамчи системалар учун озиқ-овқат ишлаб чиқаришининг айрим технологик жараёнларини математик моделлаш ёрдамида озиқ-овқат саноатининг технологик жараёнларини тадқиқ этиш — математик моделлар алгоритмларининг ҳисобларини ишлаб чиқиш ва оптимал бошқариш параметрларини ажратиш, шунингдек, турли конструкциядаги аппаратлар самарадорлигини баҳолайдиган стандарт дастурлар кутубхонасини яратиш демакдир.

Юқори босқичдаги ёрдамчи системалар учун технологик системани тўла ўрганиш ва тадқиқ этиш лозим; айрим жараёнларнинг характеристикаларини аниқлаш эса мураккаб технологик системаларни бошқаришнинг умумий вазифасидан келиб чиқиши керак. Ҳозирги вақтда озиқ-овқат саноатида система сифатида ҳисоблаш ва бошқаришнинг илмий асосланган усуллари яратилмаган. Айрим аппаратларнинг характеристикаларини аниқлашда уларнинг ўзаро боғланиши ва ўзаро таъсири ҳисобга олинмайди. Натижада лойиҳаланган системалар оптимал режимдан анча узоқда ишлайди. Масалага умумий мақсад ва технологик чизма айрим элементларининг ўзаро боғла-

нишларни ҳисобга олиб ёндашиш мақсадга мувофиқ. Бу системанинг самарали ишлаши технологик чизма айрим элементларининг системанинг самарали ишлаши технологик чизманинг тонологик таркиби билан белгиланади. Технологик системанинг таркибий таҳлилини фақат айрим аппаратларнинг математик моделлари асосида бажариб бўлмайди. Жараён параметрларининг ташқи ва ички функционал алоқасини технологик аппаратлар комплексини бир бутун деб қаралгандагина очиш мумкин.

Озиқ-овқат ишлаб чиқарувчи технологик комплексларнинг оптимал ишлаши бошқаришнинг юқори сифатли бўлишини талаб этади. Қимё ва озиқ-овқат корхоналарида аппаратларнинг ишчи параметрлари критик нуқтага яқин бўлиши кам учрайдиган ҳол эмас, энг яхши иш шароити эса кам турғунлик заҳирасига эга бўлган жараённинг стационар ҳолатига яқин. Шуни қайд қилиш керакки, айрим аппаратларнинг математик моделларидан мураккаб технологик системаларнинг моделларига ўтилганда янги муаммолар келиб чиқади. Хусусан, улар иерархиянинг иккинчи босқичидаги масалаларнинг ўлчамларини камайтириш билан боғлиқ. Шунинг учун исботланган ва декомпозициянинг самарали усулларини яратиш масалалари муҳим аҳамият касб этади.

XVII.7-§. ТЖАБС ЛАРНИНГ ИШОНЧЛИЛИГИ

Технологик жараёнларнинг автоматлаштирилган бошқариш системалари объектларни бевосита бошқариши лозим. Бу шароитда бошқариш системасидаги ҳар қандай бузилиш ёки четга чиқиш жараённинг нормал боришини йўқотади, бу эса катта миқдордаги иқтисодий йўқотишларга олиб келади. ТЖАБС фаолиятининг ишончлилигига қўйиладиган талаблар жуда катта. Системанинг ишончлилигини таъминлаш учун қуйидагилар зарурдир: 1) система ва унинг компонентлари ишончлилик параметрларининг оптимал қийматларини аниқлаш; 2) конкрет система хусусиятларига тўла жавоб берувчи ва ишончлилигини оширувчи махсус усулларни ишлаб чиқиш; 3) ишончлилик ва самарадорлик кўрсаткичларини эътиборга олган ҳолда таркиб вариантини танлаш; 4) талаб этилган ишончлиликни таъминловчи система техник хизматининг шакл ва тартибини ўрнатиш; 5) бутун система ва унинг айрим компонентлари учун ишончлилик синови дастурларини мукаммал ишлаб чиқиш.

Иккита омил, яъни яратилаётган ТЖАБС комплектидаги техник воситалар сифати ва лойиҳалаш усуллари бошқариш системасининг ишончлигини белгилайди. Системадаги бирор элементнинг сифатсиз ишлаши ишончлилик кўрсаткичини пасайтириб юбориши мумкин. Комплектдаги маҳсулотларнинг ишончлилигига қаратилган ҳамма ишлар иқтисодий томондан асосланган бўлиши лозим. Системанинг сифатини лойиҳалаш босқичидаёқ дублёрлаш йўли билан ошириш мумкин.

Ҳозирги пайтда муҳим контурларда автоматик ростлашнинг локал системаларини сақлаб қолишга амал қилиняпти Мавжуд ростлагичлар бошқарув ҳисоблаш машиналари ишдан чиққан тақдирда ҳам технологик режимни ушлаб турадилар Бундай ҳолда ростлаш системасидаги ростловчи органлар ўз ҳолатини ўзгартирмаслиги лозим.

Дублёрлаш йўли бошқа бир муаммони келтириб чиқаради, яъни у система нархини ошириб юборади. Системанинг ишончлилигини минимал юкланиш принципини қўллаш орқали ошириш мумкин, бунда система кутилгандан кенгроқ ўзгарувчи шароитига мослаб лойиҳалаштирилади. Шундай бўлса ҳам системанинг таннархини ва элементлар миқдорининг ошишини назардан четда қолдирмаслик керак. ТЖАБС фаолиятининг юқори даражада самарали ишлаши комплектдаги қурилмаларнинг ишончлилигига боғлиқ.

XVIII боб. ТЕХНИК ЖАРАЁНЛАРНИ БОШҚАРИШ АВТОМАТЛАШТИРИЛГАН СИСТЕМАСИНИНГ УМУМИЙ ВАЗИФАЛАРИ

XVIII.1-§. АХБОРОТ МАСАЛАЛАРИНИНГ РЎЙҲАТИ ВА ТАРКИБИ

Автоматлаштирилган бошқариш системаси (АБС) ахборотни тўплаш, ишлов бериш ва тақдим этишнинг техник воситалари ва алгоритмларининг мажмуасидан иборат бўлиб, у корхонани ёки айрим жараёнларни кибернетика методлари асосида бошқаришни таъминлайди.

Бошқариш объектига қараб технологик жараёнларни бошқариш системаси (ТЖБС) ва корхоналарни ташкилий-маъмурий бошқариш системалари (КТМБС) фарқ қилинади. Ҳам у, ҳам бу вазифаларни қўшиб олиб борувчи — интегралланган АБС (ИАБС) деб аталувчи АБС ҳам бўлиши мумкин.

АБС автоматик системалардан фарқли ўлароқ одам-машина системаларидир. Бундай системаларда бошқариш вазифалари одам ва техник воситалар ўртасида бўлинади. Бироқ автоматлаштирилган системаларнинг одам-машина табиати АБС да айрим вазифаларни тўлиқ автоматлаштириш мумкинлигини, айниқса, технологик жараёнларни бевосита рақамли бошқариш даражасида инкор этмайди.

Автоматлаштирилган бошқариш системасининг асосий таркибий қисмларини санаб ўтамиз.

1. Бошқаришнинг техник воситалари. Булар аввалambor бошқарувчи ҳисоблаш машиналари (БҲМ), кейин бошқарув объекти билан алоқа қилиш (боғланиш) қурилмаси (БОБҚ) дир, бу қурилма технологик жараён ҳақидаги ахборотни қабул қилишни ва бошқарувчи таъсирларнинг ёки ахборот сигналларининг шаклланишини таъминлайди:

— машинага хизмат кўрсатувчи ходимлар томонидан ахборот киритиладиган турли қурилмалар (масалан, телетайп, пер

фоленталардан, перфокарталардан киритиш, бошқариш органлари бўлган пультлар ва ҳоказо) ва ахборотни автоматик қайд этиш қурилмалари (босувчи қурилмалар, турли хил қайд этувчилар, индикаторли панеллар ва ҳоказо). Кейинги пайтларда ҳисоблаш техникасининг агрегат воситалари ривожланиши билан БҲМ тушунчаси кўпинча «бошқарувчи ҳисоблаш комплекси» (БҲҚ) тушунчаси билан алмаштирилмоқда. Бу, системанинг марказий ядроси энди агрегат бланклардан комплектлаш билан боғлиқ бўлиб, уларни процессорга (операцион қурилма ва марказий бошқарув блоки) ва оператив хотирлаш блоклари (ОХБ) га бўлиш қабул қилинган.

2. **Математик бошқариш воситалари.** Системанинг математик (МТ) ёки дастурли (ДТ) таъминотини ташқи ва ички МТ га бўлиш қабул қилинган.

Ташқи МТ — бу бошқарилувчи объектда турли ҳолатларда бошқариш тартибини белгиловчи дастурлар тўпламидир. Бошқача қилиб айтганда, ташқи МТ системанинг вазифаларини белгилаб беради, яъни унинг бошқариш жараёнида қила оладиган ишларини ва бунда унинг объектга нисбатан фаолият кўрсатиши қандай эканини белгилайди.

Ички МТ — бу система техник воситаларининг ажралмас қисми бўлиб, у буюртмачига тайёрловчи — завод томонидан шу воситалар билан биргаликда етказиб берилади. Унга системанинг турли қисмларининг бир-бири билан ўзаро таъсирланишини ташкил этиш учун мўлжалланган дастурлар тўплами киради. Бу ҳол, унинг бошқариш алгоритмини киритиш ва қайта ишлашни, бу алгоритмни БҲМ да амалга оширишни ва системадан ишчи дастурларни бажариш натижаларини чиқаришни таъминлашни англатади. Бундан ташқари, ички МТ таркибига, одатда, назорат дастури ва техник воситалар диагностикаси дастури, шунингдек, масалан, системани объектда созлаш учун мўлжалланган баъзи ёрдамчи дастурлар киради.

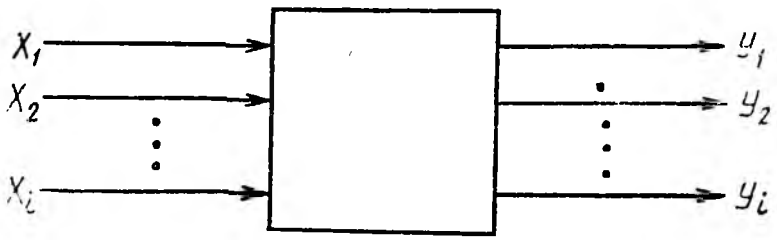
3. **Хизмат кўрсатувчи ходимлар.** Юқорида айтиб ўтилганидек, автоматлаштирилган система тушунчаси автоматик системадан фарқли ўлароқ, бошқариш жараёнида БҲМ билан биргаликда одам ҳам иштирок этиб, ўз тажрибаси ва билими асосида унинг ишини таҳлил қилиб ва тузатиб, системанинг ишига маълум даражада (баъзан ҳол қилувчи тарзда) таъсир кўрсатади. Шунинг учун одам автоматлаштирилган системанинг техник ва математик воситалари билан бирга унинг бир қисми экани табиийдир.

4. **Маҳаллий автоматик қурилмалар.** Улар технологик жараённинг айрим қисмларини механизациялаш ва автоматлаштиришга мўлжалланган. Уларга турли хил вазифани бажарувчи индивидуал ростлагичлар, қурилмани шикастланишдан ҳимоя қилувчи маҳаллий қурилмалар, юқордан берилган команда (буйруқ) бўйича ишловчи автоматик ишга тушириш ёки тўхтатиш қурилмалари кириши мумкин.

Шундай қилиб, система таркибида система бурютмачиси ифодалаши керак бўлган ягона мақсадга бўйсиндирилган етарлича мураккаб ва ўзаро узвий боғланган бошқарувчи бўғинлар мажмуасини қараб чиқиш зарур. У, мураккаблигига қарамай, даставвал бошқариш системасини бутунича тасаввур қилиш, унинг вазифаларини тушуниши ва бу вазифалар амалда қандай бажарилишини тасаввур қилиши зарур.

Системани бирор яхлит ва бўлинмас нарса тарзидаги қора қути кўринишида қараб чиқиш қулайдир. 18. 1- расмда система қора қути кўринишида ифодаланган, у ерда $x = x_1, x_2, \ldots, x_n$ — киришлар тўплами, $y = y_1, y_2, \ldots, y_n$ эса чиқишлар тўплами.

Системани қора кути тарзида қараб чиқиш — бу унинг ҳақида ташқи тавсифлари бўйича ва даставвал унинг чиқишларининг киришларига боғлиқ бўлиши бўйича фикр юритиш демакдир. Бунда ички тузилиш ҳисобга олинмайди. Бошқача



18.1- расм. Ташқи баҳолашда бошқариш системаси.

айтганда, система қандай бажараётганидан қатъи назар нима бажараётгани муҳимдир.

Бошқариш системасини бундай ташқи баҳолашда қуйидаги асосий параметрларни ажратиб кўрсатиш мумкин:

1. Киришлар ва чиқишлар миқдори — бу миқдор биринчи яқинлашишда системанинг мураккаблиги ҳақида фикр юритишга имкон беради.

2. Ахборотнинг миқдорий тавсифлари — бу системанинг киришларига қандай ахборот тушишининг ва чиқишларида қандай сигналлар шаклланишининг қийматидир. Бу системанинг вазифаларини миқдорий баҳолашга, улардан энг муҳимларини ажратишга (масалан, авария сигнали), биринчи навбатда айнан нимани автоматлаштириш талаб қилинишини ва ҳоказоларни тушунишга имкон беради.

3. Системанинг тез ишлаши — бу кириш сигналларига чиқишларнинг акс таъсири тезлигидир. Бу кўрсаткичнинг қиймати системанинг бошқариш жараёнига киритаётган кечикишлари ҳақида фикр юритишга имкон беради.

4. Система чиқишларининг бузилиш эҳтимоли — бу, пировардида, унинг ишончлилиги кўрсаткичидир.

Шундай қилиб, системанинг киришларини ва чиқишларини, шунингдек, уларнинг функционал боғланишларини текшириш система тўғрисида яхлит, унинг вазифалари тўғрисида ва турли хил тавсифлар тўғрисида дастлабки тушунча беради.

Бошқариш системаси, хизмат кўрсатувчи ходимлар ва объектнинг ўзаро ишлаши натижасида вужудга келадиган бошқариш контурида иккита асосий жараён кечади: технологик жараён (у бошқарш объекти ҳамдир) ва бу объектни бошқариш жараёни. Бошқариш шундан иборатки, объектга бошқарувчи таъсирлар узатилнб, уларнинг мақсади технологик жараённинг асосий тавсифларини берилган чегараларда ушлаб туриш, шунингдек, унинг айрим босқичларини ишга тушириш ва тўхтатиш. Бошқариш системаси бошқарувчи сигналларни фақат керакли жойга узатилишинигина эмас, балки керакли вақтда узатилишини таъминлаши зарур, у бошқарилувчи жараённинг ўтиш тезлиги билан белгиланади. Бу талаб одатда бундай ифодаланади: система ишлаб чиқариш билан ягона темпда ишлаши керак ёки бошқача қилиб айтганда реал вақт масштабида ишлаши керак.

Замонавий ЭҲМ ларнинг тез ишлашини ҳисобга олиб, бунда ягона муаммо бошқарувчи сигналлар жуда тез ишлаб чиқарилади ва уларни керакли вақтгача тутиб туриш керак бўлади, деб ўйлаш мумкин. Ҳақиқатда эса бу осон иш эмас. Система ишини вақт бўйича ташкил этиш муаммоси баъзан жуда жиддий бўлади. Бунинг иккита сабаби бор:

— биринчи сабаби шундаки, бошқарувчи сигналларни ишлаб чиқиш жараёнлари жуда мураккаб бўлиши мумкин (фойдаланилаётган бошқариш усулининг мураккаблигидан ёки дастур муваффақиятсиз тузилганидан), яъни жуда кўп операцияли бўлиб, уларни бажариш вақти система реакциясининг максимал йўл қўйилган вақти билан ўлчовдош (бир хил) ёки ҳатто ундан ортиқ бўлади (бундай мураккаб ишга мисол тариқасида об-ҳаво маълумоти хизмат қилиши мумкин: ҳозир бор бўлган эртанги кун об-ҳаво маълумотининг аниқлигини орттириш учун суткадан кўра машина вақти кўпроқ керак бўлади, бинобарин, маълумот керак бўлмай қолади: бундай ҳолда мураккаб ишларни бошқариш сифатидан воз кечиб, соддалаштириш керак бўлади);

— иккинчи сабаб шундаки, айни бир система айни бир вақтда кўпчилик истеъмолчиларга хизмат кўрсатиши керак (хусусан, хизмат кўрсатувчи ходимлар, объектнинг айрим қисмлари, бошқарув операциясининг юқори сатҳлари) ва бошқарувчи сигналларни ишлаб чиқиш ҳамда чиқариб бериш, келаётган ахборотни қайд қилиш, бухгалтерия ва иқтисодий масалалар ва ҳоказо жуда кўп масалаларни ҳал қилиши керак; бу ерда вужудга келадиган вақт муаммоси вақтни ажратиш режими ёрдамида ҳал қилинади.

Вақт ажратиш режими дастурчининг ёрдамисиз унга махсус ташқи қурилмалар (терминаллар), масалан, пульт ёки

босувчи машина ёрдамида уланган ҳар бир кишига ягон машинадан фойдаланишга имкон беради. У бошқариш жар ёнида ишчи дастурларини бажариш тартибини ўзгартириш ва турли фойдаланувчиларга машинага бир-бирига халақи бермаган ҳолда амалда бир вақтда ишлашга имкон беради.

Системанинг жамоа бўлиб фойдаланиладиган режимд ишлашида ЭҲМ нинг самарадорлиги кескин ортади, чунки янада тўла юкланади ва унинг ресурсларидан яхшироқ фойд ланилади.

Машина вақтининг фойдаланувчилар ўртасида бўлиниш икки ёқлама амалга оширилиши мумкин:

— аппаратура ёрдамида; бунда турли фойдаланувчила учун ўзининг, фақат улар учун мўлжалланган қурилмала яъни оператив хотира ёки процессор каби қурилмалар бери лади;

— программа ёрдамида; бунда айни бир қурилмалар барч фойдаланувчиларга белгиланган кетма-кетликка мос ҳолд берилади. Бу ҳолда фойдаланувчиларнинг талаблари бўйич масалани тез ҳал қилиш ҳисобига уларда БҲМ дан бир вақтд ишлаш мумкинлиги тушунчаси пайдо бўлади, аслида эс бунда фойдаланувчиларнинг ЭҲМ билан боғланиш қурилмас машинанинг ўзидан анча секинроқ ишлагани учун бир вақ лилик бўлмайди.

ТЖАБС да вақтнинг дастурли бўлиниши кенг тарқалга Бунда система узилишлар билан ишлайди дейилади, яъни би дастур бошқасини узиши мумкин. Бунда қайси масала бошқ сидан муҳимлигини ва мазкур технологик жараённинг турл хусусий бошқариш алгоритмлари қандай афзалликка эгал гини аниқлаш зарур.

Шундай қилиб, ТЖАБС доирасида вақтнинг бўлиниши мум кин бўлиши учун бошқарувчи машинада жорий дастурни узилиши кўзда тутилиши керак.

Жорий дастур деб, системада бошқа дастурга талаб туғи ган пайтда бажариладиган дастурга айтилади.

Агар БҲМ нинг бир ишдан бошқасига ўтиши олдиндан р жалаштирилган бўлса, бу ҳолда узилиш фақат дастурчи олди дан кўзда тутган жойдагина юз беради. Лекин ҳамма нарса ҳам олдиндан назарда тутиб бўлавермайди. Ва бундан таш қари, узилишни амалга ошириш ва бошқа қисм дастурга зу лик билан ўтишни амалга ошириш зарур бўлади, бунда жор дастурда бошқа дастурга шартли ўтиш командаси учрашм кутиб ўтирилмайди.

Замонавий бошқариш системаларида узилиш қуйидагич бажарилади. БҲМ га нисбатан ҳар бир ташқи қурилма, ш жумладан бошқариш объекти ҳам зарур бўлганда ўзини машина билан ишлашнинг бу ҳол учун махсус дастур бўйи ишлаш эҳтиёжи ҳақида маълум қилиб, боғланишни (алоқан танлаш сигналини ифодалаши мумкин. Бундай дастур, таб ийки, машина хотирасида сақланиши керак. Талаб келган

машина ўз ишини вақтинча узади, бу узилиш содир бўлган жорий дастур ўрнини хотирлайди ва чақирилган дастурни бажаришга ўтади. Бу дастурни бажаргандан сўнг ва бошқа талаб бўлмаса, машина узилган жорий дастурга қайтади. Узилишга бир вақтда келадиган бир нечта талаб бўлганда улар хизмат кўрсатиш учун навбатга тизилишади. Узилишлар системаси шундай тарзда ташкил этиладики, бунда турли хил талаблар учун турлича афзаллик белгиланади ва жуда паст афзаликка эга бўлган талаб юқорироқ афзалликдаги талаб билан узилиши мумкин, яъни узилишлар ичида узилишлар бўлиши мумкин.

Узилишга бўлган талабни икки гуруҳга ажратиш мумкин: маълум вақт оралиғидан кеч қолмаган ҳолда ишлов берилиши керак бўлган талаблар (акс ҳолда ахборот йўқотилади ёки бирор нарсани ўзгартириб бўлмайди) ҳамда ўз навбатини истаганча вақт кутиши мумкин бўлган талаблар. Талабларнинг биринчисига мисол тариқасида бошқариш объектидан келаётган носозлик сигналлари хизмат қилади, уларга мувофиқ, масалан, авариядан йўл қўймаслик учун тезкор ишлар қилиш лозим. Реал объектлар учун бундай сигналларга ишлов беришга ажратиладиган вақт баъзан миллисекундлар билан ўлчанади. Иккинчи гуруҳ сигналларига мисол тариқасида қайд қилиш курилмасидан келаётган сигнал хизмат қилиши мумкин, бу сигнал курилманинг навбатдаги символни босишга қабул қилиш учун тайёр эканлиги ҳақида хабар қилади.

Замонавий ТЖАБС ларда, одатда, узилишнинг яна бир тури — таймер бўйича узилиш кўзда тутилади. Таймер бу қурилма ёки дастур бўлиб, унинг чиқишда берилган вақт оралиқларида, кўпинча, электр импульси кўринишидаги сигнал (ўзига хос метроном) шаклланади.

Таймер бўйича узилиш системада вақтни ажратиш ишини бирор хил ташқи ёки ички сабабларга боғлиқ бўлмаган ҳолда ташкил этишга имкон беради. Бу ҳолда янги дастурга кейинчалик жорий дастурга қайтиб ўтиш таймер шакллантирадиган берилган вақт оралиқлари орқали даврий амалга оширилади. Бундай узилишга мисол назорат дастурига ўтиш хизмат қилиб, унинг ёрдамида системанинг асосий қурилмаларининг созлиги текширилади.

Вақтни ажратиш (бўлиш) билан ишловчи системада махсус дастур бўлиши керак, у узилишга бўладиган талабларни шакллантириш учун мўлжалланган бўлиб, у навбат тартибини ва турли фойдаланувчилар дастурларининг бир-бирига ўзаро таъсирини йўқотишини кузатади.

Бошқариш системасини яратишнинг бошланғич босқичида кўп жиҳатдан бўлажак системанинг қиёфасини белгиловчи қарорлар қабул қилинади. Асосий масалалардан бири бошқариш системасига юкланадиган вазифаларни аниқлашдан иборатдир. Бу масалани ҳал қилиш технологик жараённи ва бош-

қариш вазифаларини таҳлил қилишга асосланади. Натижада қуйидагилар аниқланиши керак:

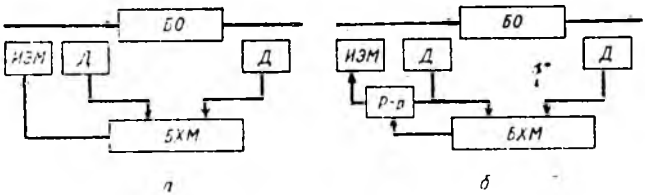
— жараённи оптималлаштириш имкониятлари ва самарадорлик мезони;

— инсон бошқариш вазифаларини бажара олмаган ҳолларда бевосита автоматлаштирилиши керак бўлган технологик жараён қисмлари (масалан, бошқариш тезлиги бўйича қаттиқ талаблар бўлгани учун);

— фақат хизмат кўрсатувчи ходимлар ёрдамида автоматик қурилмалар иштирокисиз бошқариш мумкин бўлган технологик жараёнлар қисмлари;

— бошқарилиши инсонга юкланиши мумкин бўлган технологик жараён қисмлари, лекин бунда улар у ёки бу ҳолларда оптимал амалга оширилмайди.

Ҳамма масалалар учун ва даставвал одам иштирокида ҳал қилинадиган масалалар учун системанинг ахборот вазифаларини аниқлаш зарур, яъни қарор қабул қилиш учун керак бўладиган ёки хизмат кўрсатувчи ходимларга маълумот учун бериладиган ахборотни беришнинг умумий ҳажми ва шакли.



18.2-расм. Автоматлаштирилган бошқаришни марказлаштиришнинг турли даражаларига мисол.

Системанинг вазифаларини аниқлаш учун биринчи яқинлашишда автоматлаштирилган бошқаришни марказлаштириш даражасини ҳам аниқлаш зарур, яъни ҳамма вазифани БҲМ га ва хизмат кўрсатувчи ходимларга юклаш (18.2-расм, *а*), ёки мустақил ишлай оладиган ёҳуд БҲМ дан бошқарилиши мумкин бўлган (18.2-расм, *б*) маҳаллий автоматик қурилмаларга қолдириш ҳам зарур.

Системанинг вазифалари белгилангандан сўнг бу вазифаларнинг қайси бири технологик жараён учун муҳим ва жавобгарли эканини аниқлаш лозим. Системанинг ҳамма вазифаларини уларнинг муҳимлиги ва система бажариши зарурлиги даражаси бўйича териб чиқиш зарур, яъни улар орқасидан технологик жараённи таҳлил қилиш асосида ва бошқаришнинг умумий мақсадли вазифасига эга бўлиб бирор афзаллигини аниқлаш зарур.

Кейин баъзи миқдорий баҳолар олиш керак:

— ҳар бир бошқарувчи ва ахборот вазифа учун талаб қилинган амалга ошириш тезлиги;

— бошқаришнинг ҳамма вазифаларини ва ҳар бирини айрим система томонидан автоматик амалга ошириб бўлмаслиги мумкин бўлган максимал вақти;

— у ёки бу вазифани бажариш ишончлилиги бўйича системага қўйиладиган тахминий талаблар.

Бошқариш объекти хусусиятларига боғлиқ бўлмаган ҳолда ТБЖАС га одатда қўйидаги вазифалар юкланади:

1) турли жараёнларни маълум берилган режимда стабиллаш (ростлаш);

2) объект механизмларини технологик жараённинг жорий ҳолатига боғлиқ ҳолда турли дастурлар бўйича бошқариш;

3) авариядга қарши тадбирларни, шунингдек, бошқариш объектини шикастланишдан ҳимоя қилишни ташкил этиш;

4) ишлаб чиқариш жараёнини берилган самарадорлик мезони бўйича оптималлаштириш;

5) турли хил сигналлаш, қайд қилиш ва шу кабиларни кўзда тутувчи ахборот вазифалари;

6) бошқаришнинг юқори даражали нерархиялари билан оператив алоқа.

Бу вазифаларнинг ҳаммаси одатда ахборот тарзидаги ва бошқарувчи гуруҳларга бўлинади.

XVIII. 1.1. Бошқариш объектининг ҳолати ҳақида авариявий ва огоҳлантирувчи сигналлаш

Системанинг бу вазифа доирасидаги иши шундай ташкил этиладики, бунда бошқарилаётган жараённинг у ёки бу параметрлари меъёридан четлашиши ёки объектнинг бирор механизмининг ишдан чиқиши системанинг кириш қурилмаларида қайд қилинади. Бу қурилмалар узилишига бўлган талабни шакллантиради ва машина келаётган сигналга махсус дастур бўйича ишлов беради. Бу дастурнинг ишлаши натижасида ёруғлик ёки товуш сигнали (ёки иккаласи бир вақтда) уланади. Объектда авария ёки авария олди ҳолати бўлишига қараб сигналнинг характери ўзгариши мумкин. Масалан, авария вақтида қизил лампа ёнади ва товуш сигнали уланади, огоҳлантирувчи сигнал ҳолида — кўк ранг чироқ ёнади ва қўнғироқ чалинади.

Назорат қилинувчи параметрлари ва қурилмалари сони кўп бўлган объект учун дастлаб сигналлаш дастури у ёки бу бўғиннинг носозолилиги ҳақида умумлаштирилган сигнал бериши мумкин (бу автоматик сигнал. Кейин зарур бўлганда хизмат кўрсатувчи ходимлар умумлашган сигналнинг шифрини очиб (чақирувчи сигнал), янада муфассал ахборотни чақиради.

Сигналлаш вазифаси машинадан етарлича тез акс таъсир кўрсатишини талаб қилади ва хизмат кўрсатувчи ходимларга аниқ ва равшан ахборот беришнинг шакл ҳамда усулларини ишлаб чиқиш зарурлигини тақозо этади, бундан ташқари бу

шакллар кўпинча бошқариш объекти хусусиятига ва технологик жараёнга боғлиқ.

XVIII.1.2. Бошқариш объекти тўғрисидаги ахборотни қайд этиш

Бу вазифа бошқариш системаси таркибида турли хил қайд қилувчи қурилмалар ва асбоблар борлигини олдиндан белгилаб қўяди (масалан, рақам босиш қурилмаси, иккиламчи ўзиёзар асбоблар ва ҳоказо), бу қурилма ва асбобларда бошқариш объектининг ҳолати ва иш режимлари ҳақидаги, шунингдек, технологик жараённинг бориши ҳақидаги маълумот қайд қилинади.

Маълумотлар турли хил шаклда қайд қилиниши мумкин: кодланган шаклда ёки одатдаги матнда, жадваллар, бланклар ва ҳоказолар шаклида, бу ҳужжатлар бундан кейин қанча бошқа ахборот ташувчиларда (магнит лентaлари, дисклари вақт сақланиши ва фойдаланишига боғлиқ ҳолда қоғозда ёки перфоленталарда) қайд қилинган ҳолда бўлиши мумкин.

Қайд қилишнинг бир неча тури фарқ қилинади.

Даврий қайд қилиш. Бу ҳолда система берилган материаллар орқали объект датчикларини сўраб чиқади ва параметрларнинг ё мутлақ қийматларини ёки уларнинг меъёрдан четланишлари қийматларини қайд қилади. Бундай қайд этишда ахборотни йиғиш, унга ишлов бериш ва чиқаришни таъминловчи дастур ишга ташқи таъсирларсиз киритилади, яъни таймер бўйича узилиши амалга оширилади, шундан сўнг ҳамма ахборот қайд қилинишини кутмасдан, жорий ахборотга қайтишга беради. Ахборотнинг маълум миқдори (порцияси) қайд қилингандан сўнг қайд қилувчи қурилманинг талаби билан навбатдаги символ (ёки символлар гуруҳи) босишга берилади. Ишлашдаги бундай узлукли режим машина вақтини тежашга интилиш билан тақозо қилинади, чунки қайдлагичлар ЭҲМ га нисбатан анча секинлик билан ишлайди ва қайд қилишнинг охирини кутиш уни ноўрин тўхтаб туришга мажбур қилади.

Чақириққа кўра қайд этиш. У ёки бу маълумотларни қайд қилиш учун чақириб, оператор узилишга талабни шакллантиради, шундан сўнг зарур ахборот даврий қайд этишдагига ўхшаш махсус дастур бўйича тўпланади, шакл алмаштирилади ва чиқарилади.

Бошқариш объектининг ҳолати ҳақида автоматик қайд этиш. Бунда системанинг иши худди носозликларни сигналлаш дагидек ташкил этилади. Фарқ фақат шундаки, дастур ишининг натижаси қайд қилувчини (регистраторни) ишга киритишдан иборат бўлади, унда одатда носозликларнинг номи ёки меъёридан четлашган параметрнинг номи ва бундай ҳолат юз берган вақт қайд этилади. Носозликларнинг турли гуруҳлари (масалан, авариялы ва огоҳлантирувчи) турлича қайд қилиниши мумкин, яъни махсус белги (масалан, символларнинг турли хил ранги) билан қайд қилиниши мумкин.

ТБЖАС доирасида қайд этиш масалаларини бажариш оператив ҳаракатларни талаб этмайди ва шунинг учун машинага хизмат кўрсатувчи ходимлардан ёки қайд этувчилардан қайд этиш учун келаётган буюртмалар катта афзалликка эга бўлмайди ва бу масалалар одатда шошилинч бўлмаганда бажариладиганлар қаторига киритилади.

Ҳамма ахборот масалаларининг характери одамнинг бевосита иштирок этишини олдиндан белгилаб бериб, у ахборот олади, уни таҳлил қилади ва шу таҳлил асосида технологик жараёнга таъсир кўрсатади.

XVIII.2-§. ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРНИ БОШҚАРИШ МАСАЛАЛАРИ РЎЙХАТИ ВА ТАРКИБИ

Автоматик бошқаришни амалий равишда бажаришда буюртмачи бир қатор хусусиятларни ҳисобга олиши зарур.

1. Автоматлаштириш воситаларига мураккаб ва қиммат-баҳо жиҳозларни бошқаришни тўла ишониб топшириш учун уларнинг ишончлилиги ҳар доим ҳам етарли даражада юқори эмас .

2. Бошқарилувчи жараёнларда тасодифий ташкил этувчиларнинг мавжудлигини ҳисобга олиш зарур.

3. Бошқариш объекти тўғрисида ҳар доим ҳам етарлича тўлиқ маълумот бўлмайди.

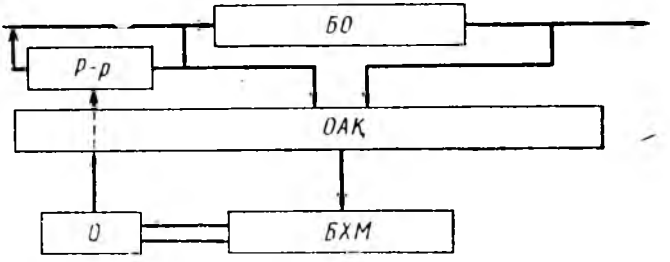
Санаб ўтилган омилларга боглиқ равишда ва бошқариш системаси таркибида БҲМ ва оператордан ташқари турли хил маҳаллий автоматлаштириш қурилмалари бўлиши мумкинлигини ҳисобга олиб, бошқариш масалалари вазифаларни кўрсатиб ўтилган учта бўғин орасида аста-секин қайта тақсимлаш билан бир неча босқичда амалга оширилади.

Биринчи босқич:

1) автоматлаштиришнинг ва ҳимоя қилишнинг маҳаллий қурилмалари сақланади;

2) БҲМ га маслаҳатчилик вазифалари юкланади, улар хизмат кўрсатувчи ходимлар учун тавсиялар кўринишида шакллантирилади;

3) объект механизмларини бошқариш одам-оператор шакл-

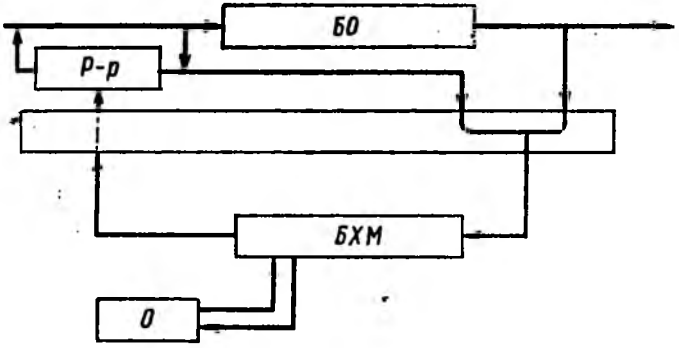


18.3- расм. Бошқариш масалаларини амалга оширишнинг биринчи босқичи.

лантираётган буйруқлар (командалар) бўйича амалга оширилади;

4) тез ишловчи бошқарувчи таъсирларни бажариш (одам йўл қўйиб бўлмайдиган кечикиш киритганда) маҳаллий автоматлаштириш қурилмалари зиммасига юкланади.

Биринчи босқичнинг яққол ифодаси ТБЖАС блок-схемасидир (183-расм), бунда БО — бошқариш объекти, ОАҚ — объект билан алоқа қурилмаси, БҲМ — бошқарувчи ҳисоблаш машинаси, О — одам оператор, Р-р — маҳаллий автоматлаштириш ва ҳимоя қилиш қурилмалари.

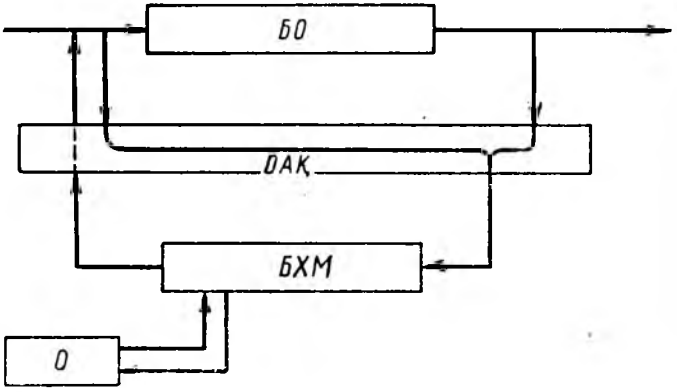


18.4-расм. Бошқариш масалаларини амалга оширишнинг иккинчи босқичи.

Иккинчи босқич (18.4-расм):

1) автоматлаштириш ва ҳимоя қилишнинг маҳаллий қурилмалари сақланади;

2) бошқарувчи ҳисоблаш машинаси БҲМ объектни одам



18.5-расм. Бошқариш масалаларини амалга оширишнинг учинчи босқичи.

иштирокисиз бошқаради, бунда у маҳаллий автоматлаштириш қурилмалари датчикларига таъсир кўрсатади;

3) оператор система ишини назорат қилади, у истаган вақтда бошқарувни ўз қўлига олиб, унинг ишига аралашиш имконига эга.

Учинчи босқич: (18.5-расм).

Маҳаллий автоматлаштириш ва ҳимоя қилиш қурилмаларининг вазифалари БҲМ га берилади, одамнинг вазифаси эса иккинчи босқичдагидек қолаверади.

Энди технологик жараёнларни бошқаришнинг асосий вазифаларини қараб чиқамиз.

XVIII. 2.1. Технологик жараённи берилган режимда ростлаш

Бу масалани ҳал этиш кейинчалик маҳаллий ростловчи қурилмаларда ишлаб чиқиш шарти билан «уставкалар»ни ҳисоблашга келтирилади, улар бу ҳолда бошқариш системасининг ижро этувчи механизмлари бўлади. Ҳисоблаш учун дастлабки маълумотлар турли хил графиклар, жадваллар ва бошқа маълумотлар бўлиб, уларнинг бир қисми машинанинг хотирасига олдиндан киритилади, яна бир қисми эса системага ростлаш жараёнининг кечишида тезкорлик билан келади.

Бу масаланинг ўзига хос хусусиятлари, биринчидан, БҲМ га хос бўлган рақамли ростлашнинг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олишнинг зарурлигидир; иккинчидан, система таркибига узлуксиз катталикларни дискрет катталикларга схемали ва дастурли алмаштириш зарурлиги ва аксинча (чунки система киришга одатда аналогия сигнали келади ва БҲМда ишлов берилгандан сўнг системанинг чиқишда ҳам сигнал аналогик бўлиши керак) ва учинчидан, ўлчашлар ва алмаштиришларнинг аниқлигига анча жиддий эътибор бериш зарурлиги.

Ростлашнинг вазифаси, асосан, ҳисоблаш вазифаларидир. Ростлаш мақсадлари учун система хотирасида сақланадиган дастур асосан арифметик амалларни ўз ичига олади.

Бу программани ишга тушириш учун талаб, одатда, ростлаш контурининг тескари боғланиш занжирида параметрларнинг ҳақиқий ва талаб қилинаётган қийматларининг номутоносиблиги белгиси сифатида шаклланади. Технологик объектлар учун ростлаш масалаларини ҳал қилиш одатда тез таъсир кўрсатишнинг қатъий талаблари билан боғлиқ. Бу нарса тегишли дастурларни бажариш учун афзаллик даражасини белгилашда ўз аксини топиши керак.

XVIII.2.2. Ижро этувчи механизмларнинг дастур билан бошқарилиши

Одатда бунга ўхшаш масалаларни ҳал қилиш обектни ишга тушириш, тўхтатиш, иш режимини ўзгартириш, технологик жараённинг бирор босқичида объектнинг турли механизмларининг ҳаракат траекториясини ўзгартириш билан боғлиқ.

Бу ишлар асосан мантиқий характерга эга, яъни баъз шарт-шароитларни, хусусан: объект механизмларининг ҳолат у ёки бу параметрларнинг малум қийматлари, ўлчаш натижа лари ва ҳоказоларни таққослаш ёки уларнинг борлигини тек ширии билан боғлиқ.

Бошқариш масалаларини ҳал қилиш учун зарур тез ҳара катни (таъсирни) аниқлашда ижро этувчи механизмларнин вақт доимийларини ва ишга тушириш, тўхтатиш ва бошқала нинг бутун иш тартиби вақтини ҳисобга олиш лозим. Бу тур даги бошқариш дастурини ишга тушириш БҲМдан, операто томонидан ёки юқори даражадаги буйруқларга кўра амалга оширилади.

XVIII.2.3. Берилган мезон бўйича технологик жараёнларни оптималлаштириш

Оптималлаштириш масаласининг характери технологик жараённинг (ТЖ) ўзига хос хусусияти билан белгиланади. Ҳамма ТЖ лар учун умумий нарса фақат бошқариш мезони бўлиши мумкин.

Агар технологик жараён аввал танланган бирор мезонга мувофиқ бажарилса, у оптимал ҳисобланади. Бунда турли хил чекланишларни ҳисобга олган ҳолда технологик қурилманинг энг фойдали иш режими топилади. Оптимал бошқарш мезони миқдорий баҳолашга эга бўлиши керак. Энг универсал мезон — энг катта иқтисодий самара (фойда) мезони ҳисобланади. Амалда, жараён суръати билан бирга бундай мезонни баҳо лашнинг ҳар доим ҳам имкони бўлавермайди. Шунинг учун оптималлаштиришнинг кўпинча йирик эмас, балки бошқарувчи объектнинг хусусиятини ҳисобга олган ҳолдаги хусусий мезо нидан фойдаланилади. Оптималлаштиришнинг хусусий мезон ларига мисол тариқасида қурилманинг минимал бекор турии қолишини, ишлаб чиқариш чиқиндиларини минималлаштириш хомашёни минимал сарфлаш (берилган иш унумида), сифат кўрсаткичларининг минимал дисперсияси ва ҳоказоларни кел тириш мумкин.

Оптималлаштириш масаларини ҳал қилиш дастури, одатда мураккаб бўлиб, катта ҳажмдаги ҳисоблашлар ва мантиқий амаллар бажаришни, яъни кўп миқдордаги машина вақтини талаб қилади. Шунинг учун бу дастурлар ишга онда-сонда ташқи шароитларга мос бўлган тегишли тузатишларгина технологик жараённи оптимал режалаштириш сифатида амалга оширилади, жараён билан бир хил суръатда эса фақат жорий амалга оширилади.

Оптималлаштириш масаласи учун дастлабки маълумотлар ни система хотирасига олдиндан киритилади, оператив маълу мотлар эса объект датчиклари ва хизмат кўрсатувчи ходим лардан келиб тушади.

XVIII.2.4. Авариядга қарши тадбирларни ташкил этиш

Агар оптималлаш масалалари учун ўртача афзаллик белгиланса, авариядга қарши ҳимоя қилиш масалаларига юқори афзаллик белгиланади ва тегишли дастурларга биринчи талабга кўра ҳеч қандай навбатсиз хизмат кўрсатилади.

Юқори даражада ишончлилик ва авариядга қарши тадбирларни тез бажаришни таъминлаш зарурлиги — буларнинг ҳаммаси бошқариш системасига бўлган талабларни янада қаттиқлаштиради.

Авариядга қарши масалаларнинг бутун комплексини учта асосий гуруҳга ажратиш мумкин:

1) агар бирор авария содир бўлса, нима қилиш зарурлигининг дастлабки ҳисоб-китоби масалалари;

2) авария содир бўлганда, турли тадбирларни таъминлаш (аппаратларни ўчириш, иш режимини ўзгартириш ва бошқа) масалалари;

3) авария оқибатларини бартараф қилишни таъминлаш масаласи (истиқболни белгилаш масаласи).

Масалаларнинг (вазифаларнинг) биринчи гуруҳи жорий шароитларни ҳисобга олиб, мумкин бўладиган авария ҳолатларини олдиндан билиб берадиган БҲМ га юкланади.

Иккинчи гуруҳ масалаларини ҳал қилиш кўпинча маҳаллий автоматлаштириш қурилмалари зиммасига юкланади.

Авария оқибатларини бартараф қилиш ва нормал режимга ўтиш ё БҲМ га, ёки хизмат кўрсатувчи ходимлар зиммасига юкланади.

XVIII.2.5. Бошқаришнинг юқори даражалари билан оператив алоқа

Оператив алоқа бошқарувчи масалаларни ҳал қилиш учун ҳам, ахборот масалаларини ҳал қилиш учун ҳам керак. У икки йўл билан амалга оширилади: «машина-машина» алоқаси, ёки оператив ходимлар орқали алоқа.

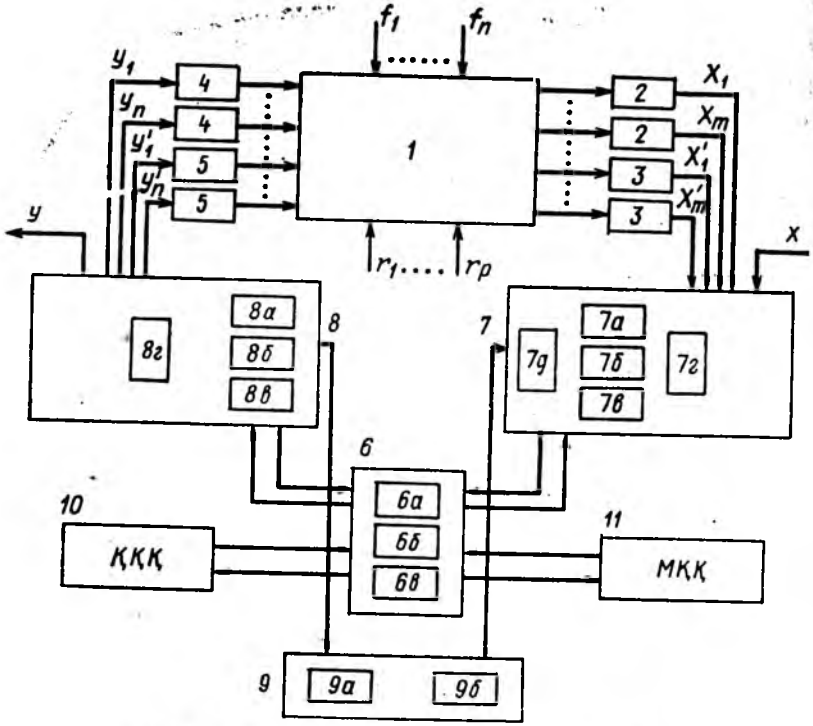
Бу алоқани бажариш дастури талаб қилинаётган ахборотга бўлган талабни қабул қилиш ва таҳлил қилиш, бу ахборотни излаш ёки йиғиш ва зарур ишлов бериш, шунингдек, уни кўрсатилган манзилга (адресга) узатишни таъминлайди.

Жуда такомиллашган АБС да анча чуқур алоқа ташкил этилади. Уни «хотира-хотира» дейилади.

Бу ҳолда ишга у ёки бу дастурни киритишга буюртмани бажаришдан ташқари, системалар ахборотларни бир хотирадан иккинчисига ёзиб, уларни алмашишлари мумкин.

БОШҚАРИШ СИСТЕМАЛАРИНИНГ ТЕХНИК ВОСИТАЛАРИ

Бошқариш системаси таркибига одатда қандай техник воситалар киришини ва улар ўзаро ҳамда бошқарилувчи объект билан қандай боғланганини қараб чиқамиз:



18.6- расм. Асосий техник воситаларнинг таркиби.

Замонавий АБС техник воситалар мажмуаси маъносид ҳам, уларнинг биргаликдаги ишини ташкил этиш маъносид ҳам ягона бир бутуни сифатида ташкил этилиши керак.

Шу билан бирга истаган система структура (тузилиш) жи ҳатидан айрим қисмларга бўлиниши мумкин, бу ягоналик (би бутунлик) принципига зид келмайди, чунки бу ҳамма қисм лар бошқаришнинг ягона мақсадига мувофиқ ишлаши кера

Асосий техник воситаларнинг таркиби 18.6- расмда кўрса тилган. Бу расмда қуйидагилар белгиланган.

1— технологик бошқариш объекти (ТБО);
2— дискрет ўзгарувчилар датчиги;
3— аналог ўзгарувчилар датчиги;
4— дискрет ижро этувчи механизмлар;
5— аналог ижро этувчи механизмлар;
6— бошқарувчи ҳисоблаш машинаси;
6а— процессор;
6б— БҲМ хотираси;
6в— БҲМ пульти;
7— ахборот тўплаш қурилмаси (АТҚ);
7а— меъёрловчи ўзгарткичлар;
7б— коммутаторлар;

7в— аналог-рақамли ўзгарткичлар (АРЎ) блоклари;
7г— ахборотни бошқаришнинг юқори даражаларидан қабул қилиш аппаратураси;
7д— АТҚ хотираси;
8— ахборотни чиқариш қурилмаси (АЧҚ);
8а— чиқиш кучайтиргичлари блоклари;
8б— дискрет катталикларни узлуксиз катталикларга алмаштирувчи блоклар (рақамли-аналоги ўзгарткичлар — РАЎ):
8в— ахборотни бошқаришнинг юқори даражаларига узатиш аппаратураси;
8г— АЧҚ хотираси;
9— оператор пульти (ОП);
9а— сигналлаштириш элементлари;
9б— қўлда бошқариш органлари;
10— қайд қилиш қурилмаси;
11— БҲМ га маълумотларни киритиш қурилмаси;
X — бошқаришнинг юқори даражаларидан кирувчи ахборот ва бошқариш сигналлари;
$У$ — бошқаришнинг юқори даражаларининг чиқиш ахборот ва бошқариш сигналлари.

Ишлаб чиқариш жараёни X ва У ўзгарувчилар билан ифодаланади. Чиқиш ўзгарувчиларига $X_1, \ldots, X_m$ ўзгарувчилар киради, уларни иккита қиймат билан аниқлаш мумкин: «ҳа» ёки «йўқ», «уланган» ёки «ўчирилган» ва ҳоказо. Бу дискрет сигналлар ростланадиган системанинг бошқарувчи сигналларига боғлиқ сигналларга ва ростланмайдиган сигналларга ажралади. Буларнинг биринчисига, масалан, механизмлар ҳолати датчиклари киради, иккинчисига — хомашёнинг ҳолатини ифодаловчи датчиклар киради.

Объектнинг чиқиш параметрлари $X'_1, \ldots X'_m$ — объектнинг ҳолатини ифодаловчи узлуксиз катталиклар қиймати. Улар температура, ток, сарф, босим ва бошқаларнинг қийматлари бўлиши мумкин, улар дискрет ўзгарувчилар сингари ростланувчи ва ростланмайдиган бўлади. Кўпинча бу параметрлар бўйича объектга ростловчи таъсирнинг қиймати ва ишораси аниқланади.

Объектнинг кириш ўзгарувчилари $У_1, \ldots У_n$ — бу пировардида объектнинг дискрет механизмлари ҳолати бўлиб, бунга улар машина ёки одамнинг буйруғи таъсирида ўтишади.

$У''_1, \ldots, У''_{11}$ ўзгарувчилар мазмунан турли хил ростловчи таъсирлар, оптималловчи топшириқлар ва бошқаларнинг аналог катталикларини ифодалайди. $Ч_1, \ldots, Ч_р$ кириш ўзгарувчилари — булар ростланмайдиган ва ўлчанмайдиган катталиклар (масалан, вақт ўтиши билан ўзгарувчи жиҳозларнинг характеристикалари, хом ашё таркиби ва ҳоказо). $Ч_1, \ldots, Ч_р$ кириш ўзгарувчилари — бу хизмат қилувчи ходимлар шакллантирадиган бошқарувчи сигналлар.

Қурилманинг ҳолатига боғлиқ турли чекланишлар ёки бирор вақтда ишлаб чиқаришнинг конъюктур эҳтиёжлари билан белгиланувчи бирор «киритишлар» шундай сигнал бўлиши мумкин. $Ч_1, \ldots,$

$Ч_2$ киришлардан баъзилари бошқариш системаси киришларини та рорлайди, яъни система ишдан чиқадиган бўлса, бунда жараённи оп тимал эмас, балки меъёрий бошқариш имконини йўқотмаслик учу резерв (заҳира) ҳисобланади.

Система учун ҳамма кириш сигналларини қабул қилиш ва дастлабки ишлов бериш воситаси ахборотни тўплаш қурил маси (АТҚ) дир (7 блок).

Кириш сигналларига дастлабки ишлов бериш қуйидагича келтирилади:

1) аналог катталикларни дискрет катталикларга ўтказишни (алмаштиришни) зарур аниқликда бажариш, чунки БҲМ фақат дискрет (рақамли) катталиклар билан иш кўради;

2) системанинг киришига қандай ахборот киришига боғ лиқ ҳолда узилиш сигналларини шакллантириш (яъни ЎТК да объектда юз бераётган ўзгаришлар таҳлил қилинади, шу нингдек, хизмат кўрсатувчи ходимлардан келаётган БҲМ нинг у ёки бу ишга оид талаблари ҳам таҳлил қилинади);

3) кирувчи ахборотни хотирлаш (бу системанинг қисқа муддатли киришларини қайд қилиб қўйиш учун зарур, чунки бу ахборот машинага дарҳол тушмай, балки белгиланган узи лиш иерархиясига мувофиқ навбат етганда тушади);

4) ахборотни бошқаришнинг юқори даражаларидан қабул қилиш. Бунда характеристикалари ўзларига хос стабил бўл маганидан жуда узун каналлар бўлиши мумкин. Шунинг учун кўпинча бу ерда телемеханик курилмалардан фойдаланилади.

Бошқарувчи таъсирларни ва назорат сигналларини шакл лантириш воситаси бўлиб ахборотни чиқариш қурилмаси (АЧҚ) хизмат қилади (8- блок).

Унда қуйидагилар амалга оширилади:

1) системанинг чиқиш сигналларини хотирада сақла қолиш, бу БҲМ чиқиш ахборотини чиқариб бергандан сўн бу ҳолда ўз командаларини кутмасдан бошқа ишларни бажа ришга ўтиши мумкин бўлиши учун зарур;

2) рақамли параметрларни узлуксизга айлантириб, уларни ёки «қурилмалар» сифатида объект механизмларига, ёки ана лог туридаги кўрсатувчи асбобларга узатиш учун алмашти риш;

3) маълумотларни тегишли алоқа каналлари бўйича теле механик узатиш;

4) объектнинг реал ижро этувчи механизмларини ва сиг наллаш ҳамда қайд қилиш органларини бошқариш учун зарур куч.

XIX. БОБ. ТЖАБС ДА АХБОРОТГА ИШЛОВ БЕРИШ

XIX.1- §. УЛЧАНАЁТГАН КАТТАЛИКЛАРНИНГ ДАСТЛАБКИ ЎЗГАРИТКИЧЛАРИ (ДАТЧИКЛАРИ)НИ СЎРАШ ЧАСТОТАСИНИ АНИҚЛАШ

Ҳисоблаш машинасига ахборот фақат дискрет шаклида киритилиши мумкин бўлиб, бунда ҳар бир онда машинага ўлчанаётган ҳар битта параметр бўйича фақат битта қийматни

киритиш мумкин. Машина ўнлаб ва ҳатто юзлаб датчиклар билан боғлангани учун аниқ бир икки қўшни датчикни улаш орасида пастдан машинанинг ишлаб кетиш тезлиги билан чегараланган маълум вақт ўтади. Бироқ кўпинча бундай уланиш такрорийлиги жуда кўплик қилади. Жараённинг инерционлиги ўлчамларни анча кичикроқ такрорийлик билан уни топиш аниқлигини йўқотмаган ҳолда амалга оширишга имкон беради. Шундай қилиб, датчикларни сўраш такрорийлиги, бир томондан, ҳисоблаш техникасининг техник имкониятлари билан чекланган бўлса, иккинчи томондан, ҳар бир технологик ўзгарувчи ўлчанадиган аниқлик билан чекланади.

Назорат системаси ўнлаб ва юзлаб датчиклардан ўлчов ахборотини тўплайди ва ишлов беради. Ўлчанаётган ҳар бир ўзгарувчига умумий ҳолда истаган пайтда уни аниқлаш аниқлигига, бинобарин, уни сўраш даврига ҳам турли талаблар қўйилади. Шу сабабли датчикларни процессорга навбатма-навбат билан ўлчовчи коммутаторларнинг ишлаш даврини баҳолашда ўлчанаётган катталикларнинг бутун мажмуаси характеристикалари ҳисобга олиниши керак. Даврий равишда сўраб турилади датчикларни бир нечта гуруҳга бўлиш мақсадга мувофиқ бўлиб, уларнинг ҳар бирига мумкин бўладиган сўраш даврлари диапазонлари бир-бирига яқин бўлганлари киради. Бундан датчикларнинг бир гуруҳи учун сўраш даврининг битта қийматини танлаш мумкин бўлиб, бу датчиклардан ахборот тўплашни ташкил этишни анча соддалаштиради.

Коммутаторларнинг изланаётган иш даврини баҳолаш ҳар бир муҳим ўлчанувчи катталик учун босқичли экстраполяцияда ҳисоб-китоб қилишни талаб қилади. Дискретлашнинг оптимал қадамини йўл қўйиш мумкин бўлган маълум ўртача квадратик хато бўйича аниқлашга имкон берувчи бир қатор усуллар мавжуд. Улардан баъзиларини қараб чиқамиз.

XIX.1-§. УЗЛУКСИЗ СИГНАЛНИНГ КОРРЕЛЯЦИОН ФУНКЦИЯСИ БЎЙИЧА ДАТЧИКЛАРДАН СЎРАШ ДАВРИНИ АНИҚЛАШ

1. Йўл қўйилган ўртача квадратик хато берилган.

2. Назорат қилинаётган ўзгарувчининг корреляцион функциясини кейинчалик баён қилинадиган услуб бўйича аниқлаймиз ва унинг графигини ясаймиз.

3. Босқичли аппроксимациянинг учта усули дискретизация хатосини баҳолаш формуласини усуллар учун қуйидаги шаклга келтирамиз:

а) биринчи усул учун

$$K_к(h) = K_х(0) - \frac{\sigma^2_{қўш}}{2};$$

б) иккинчи усул учун

$$K_х(h) = K_х(0) - 2\cdot\delta^2_{қўш}$$

в) учинчи усул учун

$$K_x\left(\frac{h}{2}\right) = K_x(0) = \frac{\sigma^2_{қўш}}{2}$$

бунда $K_x(h)$ — дискретизация қадами h га тенг вақт оралиғидаги автокорреляцион функция; $K_x(0)$ — О нуқтадаги автокорреляцион функция.

4. $K_x(0)$ ва $\delta^2_{қўш}$ ни билган ҳолда келтирилган формулалардан $K_x(h)$ ёки $K_x\left(\frac{h}{2}\right)$ ни топамиз.

5. Корреляция функцияси графигининг ордината ўқида $K_x(h)$ ёки $K_x\left(\frac{h}{2}\right)$ қийматини қўямиз. Бу қийматларга мос нуқта орқали корреляция функцияси эгри чизиғи билан кесишгунча горизонтал чизиқ ўтказамиз. Кесишиш нуқтасидан абсциссалар ўқига перпендикуляр туширамиз. Ординаталар ўқи ва перпендикуляр билан чегараланган абсцисса ўқидаги кесма биринчи ва иккинчи усуллар дискретлаш қадами ҳисобланади ва учинчи усул учун дискретлаш қадамининг ярми ҳисобланади.

XIX.1.2. Тасодифий жараённи амалга ошириш бўйича корреляцион функцияни аниқлаш

1. Маълумки T давомийликдаги x(t) тасодифий жараённинг амалга оширилишини оламиз.

2. Дискретлик қадами h ни шунчалик кичик қилиб оламизки, бунда корреляцион функцияни ҳисоблаш хатоси йўл қўядиган даражада бўлсин.

3. $x(t_i)$ ҳисоблашларнинг $N = \frac{T}{h}$ формуласини ҳосил қиламиз ва уларни 19. 1- жадвалга ёзамиз.

4. Ушбу

$$K_x(m,\ h) = \frac{1}{N-m+1}\sum \{X(N_i) - M(x)\}\ \{X(t_{i+m}) - M(x)\}$$

формула бўйича корреляцион кетма-кетликни ҳисоблаймиз, у панжарали функция кўринишига эга. Оралиқ ҳисоблашларни 19.1- жадвалнинг тегишли устунларига киритамиз. Жадвалнинг пастки сатрига $M(x)$ нинг, $Д(x)$ дисперсиянинг ҳисоб қийматларини ёки корреляцион функциянинг $\tau = 0$ даги қийматларини ҳамда дискрет нуқталардаги коррелеяцион кетма-кетликнинг вақтинча силжиш $\tau = (1,2,\ ...,\ m)h$ га мос келадиган қийматларини киритамиз.

5. Силжишнинг максимал вақти одатда шундай танланадики, бунда корреляцион функциянинг қиймати $K_x(t_{max} = 0{,}005\ K_x(0)$ бўлсин. Бу вақт корреляцион функциянинг пасайиш вақти дейилади.

6. Топилган ҳисоб нуқталари бўйича апроксимацияловчи функцияни танлаймиз, у етарлича аниқлик билан корреляция функциясини акс эттирсин.

№ T_p	P_0	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}	P_{11}
1	1	−1	55	−33	33	−33	11	−55	11	−11	1	−1
2	1	−9	25	3	−27	57	−31	225	−61	79	−9	11
3	1	−7	1	21	−33	21	11	−251	119	−227	35	−55
4	1	−5	−17	25	−13	−29	25	−33	−65	308	−75	−165
5	1	−3	−29	19	12	−44	4	204	−74	−102	90	−330
6	1	−1	−85	7	28	−20	−20	140	70	−210	−42	462
7	1	−1	−35	−7	28	20	−20	−140	70	210	−42	−462
8	1	3	−29	−19	12	44	4	−204	−74	102	90	330
9	1	5	−17	−25	−13	29	25	83	−65	−303	−75	−165
10	1	7	1	−21	−33	−21	11	251	119	227	35	55
11	1	9	25	−3	−27	−57	−31	225	−61	−79	−9	−11
12	1	11	55	33	33	33	11	55	11	11	1	1
	1,2		12012		8008		4488		655208		33592	
		572		5148		15912		369512		408408		705432

Кўпинча корреляцион функцияни аппроксимациялаш учун қуйидаги ифодалардан фойдаланилади:

1. $K_x(\tau) = K_x(0)\, e^{-\alpha|\tau|}$

Бу функция энг содда, бироқ у тасодифий жараённинг дифференциалланувчанлик хоссаларини ҳисобга олмайди ва бундан ташқари, корреляцион функциянинг бошланғич қисмини ёмон акс эттиради.

2. $K_x(\tau) = K_x(0)\left(\frac{4}{3}\, e^{-\alpha|\tau|} - \frac{1}{3}\, e^{-4\alpha|\tau|}\right)$

Мазкур функция умумий технологик жараёнларнинг корреляцион функцияларини яхши аппроксимациялайди.

3. $K_x(\tau) = K_x(0)\, e^{-\alpha^2\tau^2}$

Келтирилган функция дифференциалланувчи тасодифий жараёнларга мос келади ва тасодифий жараённинг корреляцион функцияси бошланғич қисмини яхши акс эттиради.

4. $K_x(\tau) = K_x(0)\, e^{-\alpha|\tau|}(1 + \alpha|\tau|)$

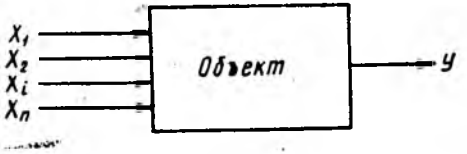
5. $K_x(\tau) = K_x(0)\, e^{-\alpha|\tau|}\left(\cos\beta|\tau| + \frac{\alpha}{\beta}\sin\beta|\tau|\right)$

6. $K_x(\tau) = K_x(0)\, e^{-\alpha^2\tau^2}\cos\beta|\tau|$

Тўртинчи, бешинчи ва олтинчи функциялар тасодифий дифференциалланувчи жараёнларга мос келади, уларнинг таркибида гармоник ташкил этувчилар мавжуд.

XIX.1.3. Корреляцион функция номаълум бўлганда датчик сўраш такрорийлигини (частотасини) тақрибий баҳолаш

$x(t)$ катталикни аниқлашнинг ўртача квадратик хатоси $\delta\Delta$ берилган бўлсин, у датчик хатосининг тасодифий ташкил этувчиси ва босқичли экстракция хатосидан ташкил топган. Бундай шарт қўшни ўлчамлар орасидаги вақт оралиғини топиш талаб қилин бу вақт оралиғида катталикни аниқлаш хатоси берилган қийматд ортмаслиги керак.



19.1-расм. Тадқиқ қилаётган объектнинг схемаси.

Ўлчамлар орасидаги рур оралиқни дастлабки соблаш учун шундай та риба ўтказиш керакки, бу да у қўшни ўлчамлар о сидаги ихтиёрий вақт о лиғи катталигини 30— карра ўлчашдан иборатд Тажрибадан олинган на жаларни 19. 2-жадвалга ёзамиз ва улар устида кўрсатилган ам ларни бажарамиз.

19. 2-жадвалда қуйидаги белгилашлар киритилган:

$$\Delta_i(i-6) = X_i^* - X_i^* - K,$$

$$X_i^* = X^*(ti);\ X_{i-k} = X^*(t_i - \tau),$$

бунда i, κ — жадвалнинг мос сатри ва устуни номери. 19. 2-ж вал бўйича катталикнинг hb га каррали вақт оралиқлари ичида кв ратик четлашишларнинг тақрибий баҳоларини топамиз. Икки қўш ўлчаш орасидаги зарур интервални (оралиқни) аниқлаш учун $\sigma^* = f(hb)$ графикка олинган нуқталарни равон эгри чизиқ билан таштириб чизиш мақсадга мувофиқдир.

19. 2-жадв

Тажриба рақами	Режалаштирилган		Чиқиш y
	X_1	X_2	
1	0,4	—0,5	100,3
2	—1,1	1,1	84,9
3	0,9	0,1	98,5
4	—0,2	—1,6	99,3
5	0,2	1,7	83,1
6	—0,8	—1,4	87,4
7	1,8	—0,1	95,9
8	1,8	1,0	65,5
9	—0,5	0,2	74,8
10	1,6	0,2	88,0
11	—0,9	—1,2	76,2
12	0,2	0,6	75,4

σ_0^* нинг 0- нуқтасидаги σ^* қийма ини

$$\sigma_0^* = 1{,}41\ \sigma^* \Delta X_\varphi$$

формула бўйича ҳисоблаймиз.

Шундай қилиб, барча эгри чизиқларда σ_0^* нуқта ўлчов асбобиининг, одатда, тажриба билан баҳоланувчи ўртача квадратик хатолиги билан аниқланади.

Ўлчанаётган жараённи ўлчаш пайти билан бу ўлчаш натижасини операторга чиқариб бериш пайти орасида олинган натижага ишлов бериш ва таҳлил қилишга маълум бир $t_{иш}$ вақт оралиғи сарфланишини алоҳида таъкидлаб ўтиш лозим. $t_{иш}$ нинг анча давомийлиги хроматограф ва спектрометр каби автоматик асбобларда, шунингдек, кимёвий лаборатория анализаторидаги сингари қўлда бажариладиган турли хил ўлчашларда кузатилади. Бундай ҳолларда ўлчанган сигналга ишлов бериш вақти учун ўлчашни қўшимча экстрополяциялаш талаб қилинади. Шунинг учун катталикни баҳолашнинг тегишли берилган хатолигига мос келувчи сўрашнинг ҳақиқий даври қуйидаги йўл билан аниқланади:

$$t_{х.\ сўр} = t_0 - t_{иш}$$

XIX.2- §. БИРЛАМЧИ АХБОРОТНИ ТЕКИСЛАШ МЕТОДЛАРИ

Технологик жараёнларни назорат қилиш ва бошқариш масалаларини ҳал қилувчи бошқарувчи ҳисоблаш машинасига (БҲМ) келаётган ўзгарувчиларнинг оний кириш қийматларига бирламчи ишлов берилади. Бу иш ўзгарувчини ўлчашда, шунингдек, бирламчи ўзгарткични ва машинани боғловчи каналда юз берадиган тасодифий ҳалақитлардан тозалашга имкон беради. Мана масалан, агрегатларда газ сарфини ўлчашда ўлчанаётган фойдали сигналга газ пуфлаш қурилмалари ишлаб чиқарадиган газ оқимининг пульсациялари, ўлчаш қурилмаси киришидаги импульс найчалардаги босимнинг ўзгариши ҳисобига бўладиган ҳалақитлар, шунингдек, пневматик сигнални электр сигналга, кейин эса аналог сигнални дискрет сигналга ва ҳоказо алмаштириш ҳисобига юз берадиган ҳалақитлар, қўшилади. Турли хил фильтрлар фойдали сигнални тиклашнинг турли хил хатолигини беради. Корхона ишини назорат қилишда кўпинча бирламчи ўзгарткичларнинг (датчикларнинг) юзлаб ва минглаб сигналлари фильтрлашга тўғри келади, шунинг учун фойдаланиладиган фильтрларнинг турини асослаб танлаш зарурати туғилади. Фильтрлаш аниқлиги ва мураккаблиги орасидаги келишув зарурлигини ҳисобга олиб, ишлатиши бироз содда, бироқ нооптимал бўлган фильтрларнинг амалда юз берадиган шароитларда оптимал фильтрларга бироз ютқазишини таҳлил қилиш керак. Бу ҳол аниқ назорат системалари учун фильтрлаш алгоритмлари қаторидан унинг ишлаш аниқлигини ва ҳисоблаш қурилмасини ундан бир неча марта фойдаланилганда ҳам юкланишни ҳисобга олган ҳолда энг яхшисини танлаб олишга имкон беради.

Кириш сигналларини текислашга ва фильтрлашга имкон берувчи бир қатор алгоритмларни қараб чиқамиз.

XIX.2.1. Ўзгарувчи ўртача қиймат методи

Бу метод амалиётда кенг қўлланилади ва ўлчанаётган сигнални юқори частотали ҳалақитлардан ўзгарувчи ўртача қийматни ҳисоблаш йўли билан фильтрлашга имкон беради. Узлуксиз вариантда

$$X_c(t) = \frac{1}{T} \int_{t-T}^{t} Z(S)\, dS.$$

бу ерда $X_c(t)$ — ўзгарувчи ўртача қийматнинг катталиги, T — ўртачалаш интервали (оралиғи), $Z(S)$ — текисланувчи кириш ўзгарувчисининг ўзгаришини тавсифловчи функция; S — жорий вақт, $t-T$, t — интеграллаш чегаралари.

Дискрет вариантда (у одатда ҳисоблаш техникасидан фойдаланилади):

$$X_0(t = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} Z(t - it_0).$$

бу ерда n — ҳисоблашларда иштирок этувчи нуқталар сони; t_0 — датчикларни сўраш даври.

Ҳисоблашнинг келтирилган методининг камчиликларига йиғиндининг оралиқ қийматларини сақлаш учун БҲМ нинг оператив хотирасини ҳажмининг жуда катталигини киритиш мумкин. $n_{опт}$ нинг қийматини АБС ни сонли усуллар билан ишлаб чиқиш босқичида ҳисоблаб олинади. Оптималлантириш фильтрлаш хатолиги минимуми мезонини кўра амалга оширилади. У ҳалақитларнинг параметрларига ва датчикларни сўраш мезонига ҳамда датчикларни сўраш даврига боғлиқ.

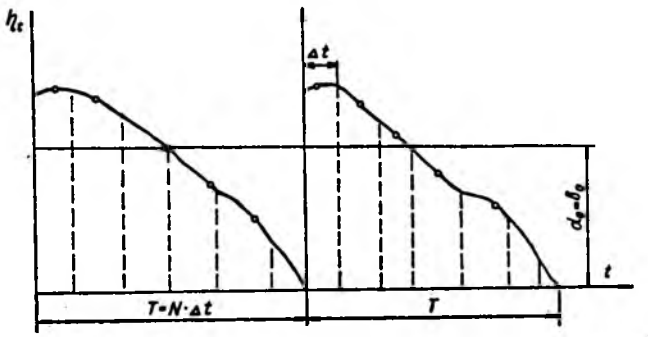
XIX.2.2. Экспонециал текислаш методи

Экспоненциал текислашнинг етарлича оддий ва самарали методидан фильтр сифатида фойдаланиш муҳим амалий аҳамиятга эга бўлди. Узлуксиз вариантда экспоненциал фильтрлаш функцияси

$$W_{эм}(P) = \frac{\gamma}{\gamma + P}$$

бўлган амалга оширилувчи элементлар бир сиғимли бўғиндан иборатдир, бунда γ — экспоненциал текислаш коэффициенти бўлиб, у фильтрнинг ўртача квадратик хатолигини минималлаш шартидан танлаб олинади.

Амалга ошириладиган экспоненциал фильтр $\gamma > 0$ га эга бўлиши керак. Дискрет вариантда экспоненциал фильтр рекуррент муносабатни ифодалаб, у $X_c(t)$ чиқиш катталигининг t пайтидаги излаётган қийматини $Z(t)$ киришнинг жорий қийматининг ва аввалги с



19.2- расм. Катализаторнинг яшаш вақти билан аниқланувчи дрейф давридаги чиқиш ўзгариши.

юв пайтидаги $X_c(t-t_0)$ қийматининг функцияси сифатида аниқ-
лайди:

$$X_c^*(t) = \gamma Z(t) + (1-\gamma) X_c(t-t_0)$$

Бу муносабатда $X_c(t)$ қийматини беришнинг талаб қилинган вақтига оғлиқ бўлмаган ҳолда фойдаланиш оралиқ қийматларни оператив хотирада сақлаш учун бор- йўғи битта сўз ажратишга имкон беради.

Шундай қилиб, экспонециал текисланиш амалга оширувчи алгоритмнинг фильтрлашнинг бошқа турларига нисбатан афзаллиги БҲМ да алгоритмни амалга ошириш учун зарур бўлган энг кичик ҳажмдаги махсус хотирадан иборатдир. Алгоритмнинг яқинлашувчи бўлиши учун $0<\gamma\angle 2$ бўлиши керак. $\gamma<1$ бўлганда фильтрда гўёки интегралловчи хоссалар кўп бўлса, $\gamma>1$ бўлганда дифференциалловчи хоссалар кўп бўлади.

Инерцион датчикнинг сигналини фильтрлашни қараб чиқанда датчикнинг вақт доимийси ортиши билан <нинг қиймати дан катталашишига ишонч ҳосил қилиш мумкин.

19. 3- ж а д в а л

№ т/р	Дрейф вектори P			Режалаштирилган			
	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
2	+1	+1	−1	+1	−1	−1	−1
3	+1	−1	+1	−1	+1	−1	−1
4	+1	−1	−1	−1	−1	+1	+1
5	−1	+1	+1	−1	−1	+1	−1
6	−1	+1	−1	−1	+1	−1	+1
7	−1	+1	−1	−1	+1	−1	+1
8	−1	−1	−1	+1	+1	+1	−1

Сўровнинг берилган t_0 даврида γ_{ont} параметрнинг қийм фильтрнинг γ бўйича ишлаш хатолигини минималлаш би белгиланади.

XX БОБ. ДАВРИЙ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРНИ АВТОМАТИК БОШҚАРИШ

XX.1-§. ДАВРИЙ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ МУАММОСИ

Маълумки, кимё ва озиқ-овқат саноатида даврий ус билан амалга оширилувчи жараёнларнинг улуши анча кат Бунинг сабаби шундаки, бу саноатлар, одатда, кўп номенкл туралидир. Айни бир технологик жиҳоз турли хил маҳсул ларни чиқаришга имкон беради.

Даврий технологик жараёнларни автоматлаштириш нуқт назаридан уларни узлуксиз турдаги жараёнлардан фарқ қи дирувчи бир қатор ўзига хос хусусиятларга эга. Давр жараёнларни автоматик оптимал бошқариш ишлаб чиқариш бир ҳолатдан бошқасига ўтказиш, қурилмани бошқариш улаш билан боғлиқ, яъни автоматик бошқариш системасини ишлаши дискрет характерга эга. Шунинг учун бошқарув қурилмаларни синтез қилиш методлари дискрет математик буль алгебраси, чекли автоматлар назарияси ва ҳоказолар асосланган. Хусусий ҳосилалардаги ёки ўзгарувчан коэффиц ентли дифференциал тенгламалар аппарати амалиётни қа атлантирувчи аниқлик билан аниқ масалаларни ечишга имк бергани учун математик моделлаш ва даврий турдаги жараё ларни оптималлаштириш билан боғлиқ муаммоларни ҳ қилиш методологик маънода принципиал қийинчилик туғди майди, бироқ мухандислик амалиётида дискрет математи ғояларининг ва методларининг қўлланилиши баъзи бир қийи чиликлар билан боғлиқ. Бу қийинчиликларнинг сабаби шунд ки, автоматик бошқарувчи қурилмаларни озиқ-овқат технол гиясининг даврий жараёнларига татбиқан анализ ва синт қилиш принциплари шу вақтгача таърифлаб берилмаган. Б бу камчиликни тўлдиришга ва буль алгебраси, чекли автом лар назарияси асосларини ва уларнинг автоматик бошқарув қурилмалар синтезига татбиқ этилишини баён қилишга ҳарак қилдик.

Буль алгебрасининг асосий қоидалари. Автоматик бош рувчи қурилмаларнинг жуда кўпчилик дискрет элементла (масалан, триггер, реле, диод ва ҳоказолар) икки барқар ҳолатнинг биридагина бўлиши мумкин. Шу каби элементл нинг кенг тарқалиши уларни техник жиҳатдан амалга ош ришнинг нисбатан енгиллиги билан изоҳланади. Бундан турдаги қурилмалар ҳақидаги ахборотни ифодалашнинг э қулай шакли иккили саноқ системаси эканлиги ҳақида хулоса келиб чиқади. Буль алгебраси шундай объектлар бил иш кўрадики, улар ҳақидаги ахборот шунга ўхшаш шакл

ходаланиши мумкин. У қисман ҳақиқий сонлар алгебрасига ўхшаш, лекин баъзи муҳим фарқлари ҳам бор. Буль алгебраси назарияси комбинацион схемаларни таҳлил ва синтез қилиш усулларини оддий ва жиддий асослаб беради. Бундан ташқари, буль алгебраси аппарати чекли автоматлар назарияси масалаларида ва структуравий-йўналтирилган моделларда кенг қўлланилади, улар қаторига ЛСА тили ва унинг кичик синфлари асосида қурилган моделлар киради.

Буль алгебраси хусусий ҳолда $B=[0,1]$ чекли тўпламдаги сонларни қабул қиладиган элементлар тўпламидан иборат бўлиб, (уларни кичик ҳарфлар билан белгилаймиз), улар учун эквивалентлик муносабати ва учта амал аниқланган: бирлаштириш (дизъюнкция) — (V), кўпайтириш (конъюнкция) — $(\cdot)$, инкор қилиш $(-)$. Элементлар ва улар устидаги амаллар қуйидаги аксиомаларни қаноатлантиради. $A\to C$ шартли белги A нинг ҳақиқийлиги тасдиқидан C тасдиқнинг ҳақиқийлиги келиб чиқишини англатади.

1. Эквивалентлик муносабати учун:

$$\begin{aligned}&(a=b)\to(b=a)\\&(a=b)\cdot(b=c)\to(a=c)\end{aligned}\qquad 20.1)$$

2. Бирлаштириш, кўпайтириш ва инкор қилиш учун:

$$\left.\begin{aligned}&aVa=a\\&a\cdot a=a\end{aligned}\right\}\ \text{идемпотентлик}\qquad (20.2)$$

$$\left.\begin{aligned}&a\vee b=b\vee a\\&a\cdot b=b\cdot a\end{aligned}\right\}\ \text{коммутативлик}\qquad (20.3)$$

$$\left.\begin{aligned}&a\vee(b\vee c)=(a\vee b)\vee c\\&a\cdot(b\cdot c)=(a\cdot b)\cdot c\end{aligned}\right\}\ \text{ассоциативлик}\qquad (20.4)$$

$$\left.\begin{aligned}&b\cdot(b\vee c)=(a\cdot b)\vee(a\cdot c)\\&a(b\cdot c)=(a\vee b)\cdot(a\vee c)\end{aligned}\right\}\ \text{дистрибутивлик}\qquad (20.5)$$

$$\left.\begin{aligned}&a\vee\bar{a}=1\\&a\cdot\bar{a}=0\end{aligned}\right\}\ \text{инкор қилиш қонуни}\qquad (20.6)$$

$$\left.\begin{aligned}&\overline{(a\cdot b)}=\bar{a}\vee\bar{b}\\&\overline{(a\vee b)}=\bar{a}\cdot\bar{b}\end{aligned}\right\}\ \text{икки ёқламалик қонуни (де Моргон қоидаси)}\qquad (20.7)$$

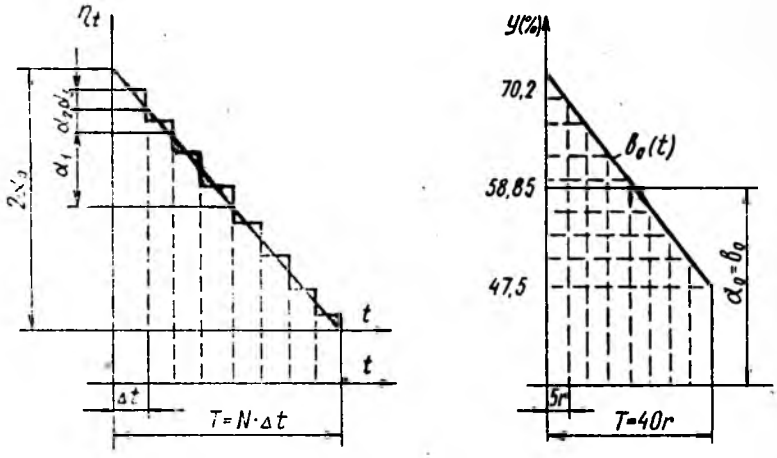
$$\overline{(\bar{a})}=a\qquad \text{икки марта инкор қонуни}\qquad (20.8)$$

$$\left.\begin{aligned}&1Va=1\\&0\cdot a=0\end{aligned}\right\}\ \text{ноль элементлар}\qquad (20.9)$$

$$\left.\begin{aligned}&0\vee a=a\\&1\cdot a=a\end{aligned}\right\}\ \text{бирлик элементлар}\qquad (20.10)$$

Буль алгебраси учун ўрнига қўйиш принципи ўринли бўлиб, унинг моҳияти шундаки, агар $a=b$ бўлса, у ҳолда a ўрнига ҳамма ерда b қўямиз.

Баъзи аксиомалар одатдаги арифметик аксиомалар билан бир хил бўлади. Масалан, одатдаги арифметикада қўшиш ва кўпайтириш амаллари учун коммутативлик, ассоциативлик



10.3- расм. Чизиқли дрейф аппроксимацияси вариантлари.

ва қисман дистрибутивлик аксиомалари ўринлидир. Агар би лаштириш (V) ни қўшиш ($+$) тарзида, кўпайтириш ($.$) н эса арифметик купайтириш (X) тарзида қабул қилинса, ҳолда одатдаги арифметикада ноль ва бирлик элементла аксиомалари бажарилади (бундан $1Va=1$ мустасно). Амм бир қатор аксиомалар фақат буль алгебрасига хосдир. Ула қаторига идемпотентлик, инкор қилиш, икки ёқламалик акси омалари киради. Улар буль алгебрасига шундай хоссалар бера дики, уларнинг қўлланилиши дискрет автоматик бошқари системаларини таҳлил ва синтез қилиш учун самарали бўлад

Буль функциялари ва уларнинг кононик шакллари. Буль фун циясига таъриф берамиз. n- ўзгарувчиларнинг буль функцияси x x_2 . . . , x_n аргументларнинг чекли миқдори билан аниқланиб, бунд аргументлар қийматларини чекли B тўпламдан қабул қилади. Бу а гументлар ўзаро ва маълум миқдордаги буль амаллари билан бо ланган бўлиб, функциянинг ўзи (аргументлар каби) $B=\{0, 1\}$ тў ламдан қийматлар қабул қилади. n- ўзгарувчиларнинг буль функци сини $f(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n)$ кўринишда ёзамиз.

Бирлаштириш, кўпайтириш ва инкор қилиш амалларинин маъносини очамиз. Бунинг учун битта ва иккита аргумент учу мумкин бўлган функцияларни аниқлаш лозим. Иккили бул функциясининг умумий сонини аниқлаш формуласи аргумен ларнинг сонига боғлиқ ҳолда қуйидаги кўринишда бўлади:

$$N=2^{2^n}, \qquad (20.1$$

бу ерда N — буль функциялари сони,
n — аргументлар сони.

Бу формуладан битта аргумент учун 4 та буль функцияс мавжудлиги келиб чиқади (20.1- жадвал).

20.1-жадвал. **Битта аргументнинг буль функциялари**

x	f_1	f_2	f_3	f_4
0	0	0	1	1
1	0	1	0	1

f_1 — функция — ноль константа дейилади, f_4 — бирлик константа, f_2 — такрорлаш, f_3 — инкор қилиш ёки инверсия дейилади.

Буль функциялари сони (20.11) формула бўйича икки аргумент учун 16 га тенг. Бу функцияларнинг ҳаммасини жадвал кўринишида ифодалаймиз, унинг чап қисмида аргумент қийматларини танлашнинг имкони бўлган ҳамма тўпламлари кўрсатилган, ўнг томонида эса аргументларнинг мазкур тўпламларига мос келувчи буль функциялари қийматлари кўрсатилган:

x_1	x_2	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}	f_{11}	f_{12}	f_{13}	f_{14}	f_{15}	f_{16}
0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0

Бу функцияларнинг белгиланиши ва номларини қуйидагича изоҳлаш мумкин:

Функциянинг белгиланиши	Функциянинг номи
$f_1 = x_1 \cdot x_2$	Кўпайтириш, коньюнкция, ВА функцияси, Σ
$f_2 = x_1 \vee x_2$	Қўшиш, дизъюнкция, ЁКИ функцияси, Σ
$f_3 = x_1 \rightarrow x_2$	x_1 нинг x_2 га импликацияси
$f_4 = x_1 \leftarrow x_2$	x_2 нинг x_1 га импликацияси
$f_5 = x_1 \backsim x_2$	Эквивалентлик, мос келиш
$f_6 = x_1 x_2$	Тенг қийматли эмаслик, 2 модул бўйича қўшиш, *mod* 2.
$f_7 = x_1 / x_2$	Шеффер функцияси, Шеффер штрихи, ЙЎҚ — ВА функциялари.
$f_8 = x_1 \downarrow x_2$	Вебба функцияси, Пирс стрелкаси, ЙЎҚ — ЁКИ функциялари
$f_9 = x_1 \overline{\rightarrow} x_2$	x_1 ни ман қилиш функцияси
$f_{10} = x_1 \overline{\leftarrow} x_2$	x_2 ни ман қилиш функцияси
$f_{11} = x_1$	x_1 нинг такрорланиши
$f_{12} = \overline{x_1}$	x_1 нинг инверсияси
$f_{13} = x_2$	x_2 нинг такрорланиши
$f_{14} = \overline{x_2}$	x_2 нинг инверсияси
$f_{15} = 1$	Бирлик константа
$f_{16} = 0$	Ноль константа

$n = 3$ учун буль функциялари сони 256 га тенг бўлиши равшан

Икки аргумент учун олинган функцияларни таҳлил қилиш шу кўрсатадики, баъзи функциялар бошқалари орқали аниқланиши мум кин экан. Масалан, Вебба функцияси $f_8 = x_2 \downarrow x_2 = \overline{x_1 \vee x_2}$, x_1 ни x_2 га импликацияси $f_3 = x_1 \to x_2 = \overline{x}_1 \vee x_2$ кўринишда ёзилиши мум кин. Демак, буль функцияларининг битта ёки иккита аргумент ибораг минимал тўплами мавжуд бўлиб, унинг ёрдамида ист ган (аммо чекли) сондаги аргументларнинг ҳамма ихтиёр буль функцияларини ифодалаш мумкин. Функцияларнинг бун ўхшаш тўплами **функционал тўлиқ** функциялар дейилади. Тў ламнинг функционал тўлиқлиги буль функцияларининг махс хоссаларини ўрганиш йўли билан аниқланади. Функционал тўлиқ тўпламлар қаторига қуйидагилар киради: 1) конъюнк ция, дизъюнкция, инкор қилиш; 2) Шеффер функцияси 3) Вебб функцияси; 4) x, ман қилиш функцияси, бирлик ко станта, импликация ва ҳоказо. Функционал тўлиқ тўпламла базис (асос) деб ҳам аталади. Амалда қуйидагилар энг кў тарқалган: *ВА — ЁКИ — ЙЎҚ* базиси; Шеффер функцияси Вебб функцияси. Назарий тадқиқотларнинг энг катта сон *ВА — ЁКИ — ЙЎҚ* базисида (асосида) бажарилган, шуни учун биз бундан кейин буль функцияларини шу асосда қар чиқамиз.

Буль функцияларининг каноник шаклларини аниқлаймиз Бунинг учун Шеннон ёйилмаси тенгламасини исботсиз келти рамиз.

Теорема. Истаган $f(x_1, x_2, x_3, \ldots x_n)$ буль функцияси қуйи ги кўринишда ифодаланиши мумкин:

$$f(x_1, x_2, \ldots, x_n) = f(1, x_2, x_3, \ldots, x_n) \cdot x_1 \vee f(0, x_2, x_3, \ldots, x_n) \cdot \overline{x_1}. \quad (20.$$

Агар Шеннон теоремаси дизъюнкция билан ажратилган чап ўнг қисмлар учун алоҳида x_2 ўзгарувчи учун, кейин эса x_3 учун шундай давом этиб x_n гача қўлланилса, у ҳолда қуйидаги ифода ҳосил қиламиз:

$$f(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n) = f(1, 1, 1, \ldots, 1) \cdot (x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \ldots \cdot x_n) \vee f(0, 1, 1, \ldots, 1) \cdot (\overline{x_1} \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \ldots \cdot x_n) \vee \ldots \vee f(0, 0, 0, \ldots 0) \cdot (\overline{x_1}, x_2, \overline{x_3}, \ldots, \overline{x_n}) \quad (20.$$

Буль функциясининг бундай ифодаланиши дизъюнктив мукамм нормал шакли (ДМНШ) дейилади. (20. 13) ифодани таҳлил қили истаган буль функцияси ДМНШ каноник кўринишига ёйилиши му кинлигини кўрсатади. У маълум нуқтадаги функция қийматини ҳамма аргументлар конъюкциясига ёки уларнинг инкорларига кўпа тмасидан иборат ҳадлар бирлашмаси (дизъюнкцияси) бўлиб, шу бил бирга нуқта координаталари билан аргументлар конъюкцияси ўртас

да қатъий бир қийматли мослик мавжуд бўлади. Масалан, 4 аргументли буль функцияси учун (0, 0, 1, 1) координатага ($\overline{x_1}$, x_2, $\overline{x_3}$, x_4) конъюнкция мос келади, (1, 0, 1, 0) координатага эса (x_1, $\overline{x_2}$, x_3, $\overline{x_4}$) конъюнкция мос келади ва ҳоказо. Ҳамма аргументлар ёки улар инкорларининг конъюнкциялари **элементар конъюнкциялар** дейилади.

(20.13) ифодадан берилган функция нолга айланадиган аргументлар тўпламига (координаталарга) ДМНШ нинг ноль ташкил этувчилари мос келиши келиб чиқади. Бундан ДМНШ нинг муҳим хоссаси келиб чиқади, у қуйидагидан иборат: буль функциясининг ДМНШ га ейилиши элементар конъюнкциялар бирлашмаси бўлиб, уларнинг мос координаталарида мазкур функция бирга тенг.

ДМНШ нинг бошқа зарур хоссаси ҳамма элементар конъюнкцияларда ҳамма аргументларнинг мавжудлигидир. Масалан, учта ўзгарувчили функция учун

$$f(x_1, x_2, x_3) = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \vee \overline{x}_1 \cdot x_2 \cdot x_3$$

ифода ДМНШ бўлади,

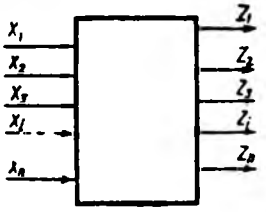
$$f(x_1, x_2, x_3) = x_1 \cdot x_2 \vee \overline{x}_1 \cdot x_2 \cdot x_3$$

ёйилма ДМНШ бўлмайди. Агар функция конюнкциялар дизъюнкцияси кўринишида ифодаланса (улар ҳар бир аргументни ўз ичига албатта олмаган бўлса), у ҳолда бундай ифода **дизъюнктив нормал шакл** (ДНШ) деб аталади.

Юқорида буль алгебраси учун ёки ёқламалик аксиомаси тўғри экани таъкидланган эди. Унинг қўлланилиши конъюнктив мукаммал нормал шакл (КМНШ)ни ҳосил қилишга имкон беради. Оралиқ шакл алмаштиришларни ташлаб кетиб, қуйидаги ифодани ҳосил қиламиз:

$$f(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n) = [f(0, 0, 0, \ldots, 0) \vee (x_1 \vee x_2 \vee x_3 \vee \ldots \vee x_n)] \cdot [f(1, 0, 0, \ldots, 0) \vee (\overline{x} \vee x_2 \vee x_3 \vee \ldots \vee x_n)] \cdot \ldots \cdot [f(1, 1, 1, \ldots, 1) \cdot \vee \overline{x_1} \vee \overline{x_2} \vee x_3 \vee \ldots \vee \overline{x_n})]. \quad (20.14)$$

Агар ноль ва бирлик элементлар ҳақидаги (5, 9, 5, 10) аксиомалар ҳисобга олинса, у ҳолда КМНШ нинг қуйидаги хоссасини аниқлаш мумкин. Олдиндан нуқта координаталари ва ҳамма аргументлар дизъюнкциялари ҳамда уларнинг инкорлари ўртасида мослик ўрнатамиз, уни КМНШ билан аналогия бўйича элементар деб атаймиз. Бу мослик оддийгина ўрнатилади, бу мисолдан кўриниб турибди. Учта аргумент (0, 1, 0) функция координатасига (x_1, $\overline{x_2}$, x_3) элементар дизъюнкция мос келади, (1,0, 1) координатага (x_1, x_2, $\overline{x_3}$) элементар дизъюнкция мос келади ва ҳоказо. Кейин ноль элемент ҳақидаги (5. 9) оксиомага мувофиқ $1 \vee d$ ифодадан (бу ерда d — элементар дизъюнкция) дастлабки буль функцияси 1 га тенг бўлган координаталарга мос келувчи (20. 14) тенгламанинг квадрат



20.1- расм. Комбинацион бошқариш схемаси.

қавс ичидаги ҳадлари ҳам бирга тенг. Шу билан бир вақтда бирлик элемент ҳақидаги (20.10) аксиомага кўра $1 \cdot f_i^0 = f_i^0$ ифодада (бунда f_i^0 — квадрат илдизлар ичидаги ҳадлар) буль функцияси 0 га тенг. Бинобарин, (20. 14) тенгламанинг ўнг томонида шундай элементар дизъюнкциялар борки, уларнинг тегишли координаталарида дастлабки буль функцияси 0 га тенг.

XX.2- §. КОМБИНАЦИОН БОШҚАРИШ СХЕМАЛАРИНИ СИНТЕЗ ҚИЛИШ

Комбинацион (бир тактли, хотирасиз аппарат) **мантиқий схема** деб, (n — K)- кутбликка (20. 1- расм) айтилади, ундаги K- чиқишлардаги сигналлар ўша пайтнинг ўзида n-киришлардаги сигналларнинг қийматлари билан бир қийматли аниқланади. Комбинацион схеманинг киришига иккиламчи кирувчи сигналларнинг маълум тўплами узатилганда схеманинг чиқишида унга катъий мос келувчи чиқиш сигналлари тўпламига эга бўламиз, яъни схемада чиқиш қийматлари кириш қийматларининг пайдо бўлишидан аввалги даврига боғлиқ эмас.

Комбинацион схемага янада қатъийроқ таъриф берамиз. Агар схеманинг ҳар бир чиқишини буль функциясининг $x_1, x_2, x_3 \ldots, x_n$ кириш ўзгарувчилари сифатида ифодалаш мумкин бўлса, бундай схема комбинацион дейилади, бошқача айтганда комбинацион схема ушбу буль тенгламалари системаси билан ифодаланади:

$$\begin{aligned} z_1 &= z_1(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n) \\ z_2 &= z_2(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n) \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ z_n &= z_n(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n) \end{aligned} \qquad (20.15)$$

Мантиқий бошқариш комбинацион схемаларини синтез қилиш муаммоси структура даражасида қараб чиқилган, яъни ҳосил қилинган схемаларнинг физик амалга оширилиши билан боғлиқ масалаларга эътибор берилмайди.

Комбинацион бошқариш схемаси таърифидан схемани синтез қилишнинг асосий вазифаси буль функциялари (20.15) системасини ҳосил қилиш ва кейин мантиқий элементлар асосида структура даражасида уни амалга ошириш келиб чиқади.

Бошқариш схемаси буль тавсифининг таърифи. Комбинацион бошқариш схемаси буль функциялари системаси томонидан бир қийматли ва адекват равишда тавсифланади ҳамда бу системани синтез қилишнинг асосий вазифаларидан бири системанинг ўзига таъриф беришдир.

Қуйида ДИНШ ва ДНШ нинг ҳақиқийлик жадвалларини қўллашга асосланган метод тавсифланади. Схемани синте

қилиш учун дастлабки материал сифатида, одатда, ишлаб чиқарувчи бошқариш системасининг ишлашини сўз билан ифодалаб беради. Ҳақиқийлик жадвалини ясаш шу тавсифга таянади.

Ҳақиқийлик жадвали чап ва ўнг қисмлардан иборат. Чап қисмда маълум кириш катталикларига мос келувчи n устун жойлашган, ўнг томонда эса чиқишларга мос келувчи K устун жойлашган:

Кириш					Чиқиш				
X_1	X_2	X_3	...	X_n	Z_1	Z_2	Z_3	...	Z_n

Кейин чап қисмда кириш қийматларининг мумкин бўлган ҳамма комбинациялари ёзиб чиқилади. Кириш сони n билан комбинациялар сони M ўртасидаги боғланиш

$$M = 2^n \qquad (20.16)$$

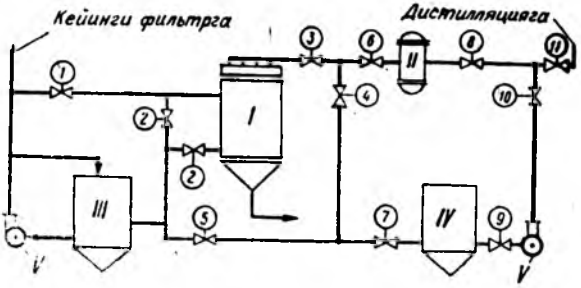
формула билан аниқланади.

Мумкин бўлган ҳамма комбинацияларни қийинчиликсиз ва хатосиз ёзиб олиш учун қуйидаги қоидадан фойдаланилади. Биринчи устинга $M/2$ та ноль, кейин $M/2$ та 1 ёзилади; иккинчи устунга $M/4$ ноль, кейин $M/4$ та 1, $M/4$ та ноль ва ҳоказо то устун тўлгунча шундай ёзиб борилади; учинчи устунга — $M/8$ та ноль, $M/8$ та 1 ва ҳоказо устун тўлгунча шундай ёзади. Охирги устунда ноллар ва бирлар алмашиб навбатма-навбат келади. Мисол тариқасида $n=3$ ҳол учун мумкин бўлган ҳамма комбинацияларни келтирамиз:

Кириш			Чиқиш	Кириш			Чиқиш
X_1	X_2	X_3	Z	X_1	X_2	X_3	Z
0	0	0		1	0	0	
0	0	1		1	0	1	
0	1	0		1	1	0	
0	1	1		1	1	1	

Ҳақиқийлик жадвалининг ўнг қисми бошқариш системаси функцияларининг сўз билан ифодаланган тавсифига кўра тўлдирилади.

Мисол тариқасида патронли фильтрда пахта мисцелласини фильтрлашнинг даврий жараёнини автоматик мантиқий бошқариш жараёнининг аниқ системаси учун ҳақиқийлик жадвалини тузишни қараб чиқамиз. 20.2-расмда фильтрлаш жараёнининг технологик схемаси кўрсатилган. Мисцелла экстрактордан ўзи оқиб тушиб, лойқа мисцелла тўпловчи *III* га келади ундан *V* насос воситасида коллекторга тушади, у ерда фильтрларга тақсимланади. Кейин лойқа мисцелла патронли фильтр *I* орқали ўтиб, шламдан тозаланади ва тоза мисцелла



20.2-расм. Фильтрлаш жараёнининг технологик схемаси:

I — патронли фильтр; *II* — ресивер; *III* — тозаланмаган мисцелла идиши; *IV* — тоза мисцелла идиши; *V* — насослар.

тўплагичи *IV* га тушади, ундан эса *V* насос воситасида дистиллаш учун сўриб олинади. Чўкма ҳосил қилина бошлаган сари шундай пайт келадики, фильтрлаш тўсиғини регенерацялашга тўғри келади. Бунинг учун *II* ресиверга тоза мисцелла 4 атм. гача босим билан ҳайдалади. Шу босимга етганда ва регенерация қилиш зарурати пайдо бўлиши билан келаётган оқимлар тўхтатилади, тўкиш йўллари очилади ва ресивер фильтрнинг тоза мисцелла тўплагичи *IV* га уланади ва фильтрлаш билан туташади. Тоза мисцелла босим остида тескари йўналишда фильтрлаш патронидан ўтади ва чўкинди тушириб (чиқариб) юборади. Регенерация тугагандан сўнг лойқа мисцеллани узатувчи босим линияси яна уланади, дастлабки пайтда фильтрдан чиқиш йўли эса лойқа мисцелла тўплагичи *III* билан туташтирилади. Маълум вақт ўтгандан сўнг фильтрнинг чиқиши тоза мисцелла тўплагичи *IV* га уланади ва фильтрлаш амалга оширилади. Шундай қилиб, патронли фильтрда мисцеллани фильтрлашнинг даврий жараёни қуйидаги асосий босқичлардан иборат: фильтрлаш, регенерация, ресиверга ҳайдаш, рециркуляция ва бошланғич босқич. Тавсифдан 11 та клапан ўрнатиш зарурлиги келиб чиқади.

Ҳақиқийлик жадвали бошқариш системасининг формаллаштирилган тавсифи бўлгани учун комбинацион схемани синтез қилишда мазкур системани амалга оширувчи элементларнинг физик моҳиятига фикрни бўлмаслик зарур. Келтирилган тавсифдан патронли фильтрда фильтрлашнинг даврий жараёни ҳолатларини бир хиллаштириш учун қуйидаги ахборотга эга бўлиш керак: X_1 регенерациянинг тамомлангани ҳақида; X_2 мисцилланинг тозалиги ҳақида; фильтрлашнинг тугалланиши X_3 ҳақида, X_4 ресиверда мисцелланинг босими ҳақида. Ахборот элтувчи сигналлар дискрет характерга эга: $X_1=1$ регенерация тугалланганлигини билдиради. $X_1=0$ — йўқ; $X_2=1$ — мисцелла тоза эканидан далолат беради: $X_2=0$ — йўқ, $X_3=1$ — фильтрлашни тугатиш лозимлигини англатади; $X_3=0$ — йўқ; $X_4=1$ — босим $\geqslant 4$ атм эканини англатади: $X_4=0$ — босим <4 атм.

Ҳақиқийлик жадвалининг чап қисмини тўлдирамиз. Киришлар сони 4 га тенг бўлгани учун сатрлар сони 16 га тенг. Чап томонда кириш сигналларининг ҳамма комбинацияларини юқорида баён қилинган қоида бўйича ифодалаймиз.

Ўнг томонда, тавсиядан келиб чиққанидек, 20.2-расмда номерланганига мувофиқ маълум клапанларга —11 та чиқишга ва ўнг иккинчи чиқиш-авариявий сигналлашга эга бўламиз.

Ҳақиқийлик жадвалининг ўнг қисмини тўлдириш система ишлашининг сўз билан ифодаланган тавсифига мувофиқ қуйидаги тарзда амалга оширилади. Кириш сигналлари комбинацияси таҳлил қилиади ва шу таҳлил асосида даврий жараённинг босқичи бир хиллаштирилади. Босқич бир хиллаштирилгандан сўнг қайси клапанни очиш кераклиги, қайсинисини ёпиш кераклиги аниқланади (бунда клапаннинг очиқлиги ҳақидаги чиқиш сигнали 1 га, ёпиқлиги ҳақидаги чиқиш сигнали 0 га тенг).

Кириш ҳолатларини таҳлил қилишда ҳақиқийлик жадвалининг чап томонида умуман мавжуд бўла олмайдиган комбинация бўлиб қолиши мумкин. Бу ҳолат ё ахборотни нотўғри узатилганидан ёки система элементларининг носозлигидан далолат беради (мазкур ҳолда система дастлабки ҳолатига қайтиши керак, бунда фильтр узилиши ва сигнализация уланиши керак). Шундай ҳолатлар ҳам бўлиши мумкинки, бунда у ёки бу ижрочи орган қандай ҳолатда бўлиши кераклигининг аҳамияти бўлмайди. Ижрочи органларнинг бундай ҳолатини d орқали белгилаймиз. Айтиб ўтилган ҳамма амалларни бажариб, ёғ-мой ишлаб чиқаришдаги фильтрлаш жараёни ҳолатининг ўхшашлигини акс эттирувчи жадвални ҳосил қиламиз:

	X_1	X_2	X_3	X_4	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	z_{ac}
1	0	0	0	0	0	d	d	d	0	0	d	0	1	1	1	1
2	0	0	0	1	0	d	d	d	0	0	d	0	1	1	1	1
3	0	0	1	0	0	1	0	0	d	0	d	1	1	1	1	0
4	0	0	1	1	0	1	1	0	d	1	d	0	1	1	1	0
5	0	1	0	0	0	d	d	0	0	0	0	d	0	1	1	1	1
6	0	1	0	1	0	d	d	0	0	0	d	d	0	1	1	1	1
7	0	1	1	0	0	1	0	0	d	0	d	0	1	1	1	1	0
8	0	1	1	1	0	1	1	0	d	1	d	1	1	1	1	0
9	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0
10	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0
11	1	0	1	0	0	d	d	d	0	0	d	0	1	1	1	1
12	1	0	1	1	0	d	d	d	0	0	d	0	1	1	1	1
13	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0
14	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0
15	1	1	1	0	0	d	d	d	0	0	d	0	1	1	1	1
16	1	1	1	1	0	d	d	d	0	0	d	0	1	1	1	1

Комбинацион схемани синтез қилишнинг кейинги босқичи таҳлил қилинаётган схемани адекват тавсифловчи буль функциялари системасини аниқлаш ҳисобланади.

Нуқтанинг координатаси билан аргументларнинг конъюнк
цияси орасидаги мосликка янада қатъий таъриф берамиз.

Таъриф. Қиймати фақат берилган кирувчи буль ўзгарувчи
лари тўпламида (ҳақиқийлик жадвалининг чап қисми битта
сатрига мос келувчи) бирга тенг бўлган буль функцияси
характеристик функция ёки **элементар** (асосий) **конъюнкция**
ёки бирнинг конституентаси дейилади.

Юқорида таърифланган буль функцияси ДМНШнинг эле
ментар конъюнкцияси эканини кўриш қийин эмас.

Иккиланганлик принципидан келиб чиқиб, мутлақо ўхшаш
ҳолда элементар дизъюнкция (нолнинг конституентаси) таъ
рифланади.

Таъриф. Қиймати фақат берилган кириш буль ўзгарувчи
лари тўпламида нолга тенг бўлган буль функция **элементар**
дизъюнкция (ёки нолнинг конституентаси) дейилади.

Схеманинг аниқ чиқишига (ҳақиқийлик жадвалининг ўнг
қисми устунига) мос келувчи ҳамма элементар дизъюнкция
лар конъюнкцияси изланаётган буль функцияси ДМНШ ни
ташкил этади.

Шундай қилиб, буль функциялари системасини ҳосил
қилиш учун ҳақиқийлик жадвалининг ўнг қисмининг ҳар бир
устуни учун (ҳар бири комбинацион схеманинг чиқишига мос
келади) юқорида келтирилган таърифларга асосланиб даст
лаб ДМНШ ни ташкил этиш зарур. У ёки бу шаклни танлаш
мазкур устундагн 1 ёки 0 нинг кўп-озлигига боғлиқ. Агар 1
кам бўлса, ДМНШ, агар 0 кўп бўлса, ДМШ ташкил этилади.

Мисолимизда z_1 чиқиш учун буль функциясини аниқлаймиз.

Тегишли устунда 0 лар кўп экан, бинобарин, изланаётган
буль финкциясини ДМНШ кўринишида ҳосил қиламиз.

z_1 чиқиш катталиги 9, 10, 13, 14 сатрларда бирлик қиймат қа
бул қилади. Элементар конъюнкцияларни (конституента 1 ларни) ҳо
сил киламиз. 9-сатр учун $-(x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3 \cdot \bar{x}_4)$, 10 — сатр учун $-(x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot x_3 \cdot x_4)$, 13-сатр учун $-(x_1 \cdot x_2 \cdot \bar{x}_3 \cdot x_4)$, 14-сатр учун $(x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \bar{x}_4)$. Бундан изланаётган буль функцияси ДМНШда қуйидаги кўри
нишни олади:

$$z_1 = x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3 \cdot \bar{x}_4 \vee x_1 \cdot x_2 \cdot \bar{x}_3 \cdot \bar{x}_4 \vee x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \vee x_1 - x_2 \cdot \bar{x}_3 \cdot x_4 \quad (20.17$$

(20.2 — 20.10) аксиомалардан фойдаланиб, (20.17) ифодани соддалаш
тириш мумкин:

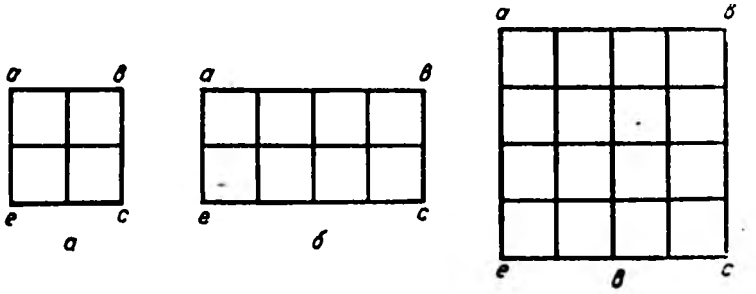
$$z_1 = x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot x_3 (x_4 \vee x_4) \vee x_3 \cdot x_2 \cdot \bar{x}_3 (\bar{x}_4 \vee x_4)$$

Инкор қонунига кўра қавслар ичидаги ифодалар 1 га тенг.

$$z_1 = x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3 \vee x_1 \cdot x_2 \cdot \bar{x}_3 = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_3 (x_2 \vee x_2) = \bar{x}_1 x_3 \quad (20.18$$

Шундай қилиб, аксиомалардан фойдаланиб, биз дастлабки
буль функциясининг жиддий соддалашишнга эришдик, бу
(20.17) ва (20.18) ифодаларни таққослашда намоён бўлади.

Карно хариталари. Карно харитаси квадратларга бўлинган



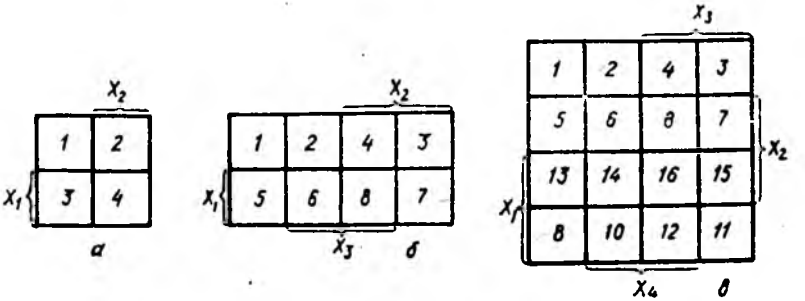
20.3-расм. $n = 2, 3, 4$ учун Карно хариталари.

тўғри тўртбурчакдан иборат бўлиб, уларнинг сони кириш ўзгаувчиларининг иккили қийматларидан мумкин бўлган ҳамма комбинациялар сонига тенг, яъни 2^n га тенг, бунда n — кирувчи ўзгарувчилар сони, 20.3-расмда $n=2, 3, 4$ учун Карно хариталари кўрсатилган.

Хаританинг ҳар бир квадрати кириш сигналлари комбинациясига шу тарзда мос келадики, бунда умумий томонга эга квадратларнинг истаган жуфти учун бу комбинациялар фақат битта ўзгарувчининг қиймати билан фарқ қилади. *ab* ва *ec;* *ae* ва *bc* томонлар жуфти умумий ҳисобланади.

Кириш сигналлари қийматлари комбинациясининг бундай тақсимланиши қўйидаги тарзда таъминланади. 20.4-расмда $n=2,3,4$ учун тақсимлаш кўрсатилган.

Тақсимлаш ғояси шундан иборатки, x_i аргументли катта қавс ичига олинган квадратлар берилган аргумент 1 га тенг бўлган кириш қийматлари комбинацияларига мос келади ва, аксинча, катта қавс ичига олинмаган квадратлар аргументи $x_i = 0$ бўлган комбинацияга мос келади. Ҳақиқийлик жадвалининг чап қисмини таҳлил қилиш шуни кўрсатадики, ихтиёрий аргумент $x_i = 1$ бўлган кириш комбинациялари сони мумкин бўлган ҳамма комбинацияларнинг ярмига, яъни 2^{n-1}



20.4-расм. Карно харитасига кириш сигналлари қийматлари комбинациясининг квадрат бўйича тақсимланиши:

а — $n = 2$; *б* — $n = 3$; *в* — $n = 4$.

га тенг. Демак, тегишли аргументларнинг катта қавслари Кар харитасидаги ҳамма квадратларнинг ярмини ўз ичига олади. Ма лан, x_1 аргументнинг катта қавси $n = 2$ учун 3, 4 квадратларни ичига олади; $n = 3$ учун 5, 6, 7, 8 квадратларни; $n = 4$ уч — 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 квадратларни ўз ичига олади.

Мазкур тақсимотдан келиб чиқиб, у ёки бу квадрат қайси кир комбинациясига мос келишини осонгина аниқлаш мумкин. Масал 14 квадратга ($n = 4$) 1101 комбинация мос келади, унга эса $x_1 \cdot \bar{x}_3 \cdot x_4$ конституента (элементар конъюнкция) мос келади.

Тегишли комбинацияни аниқлаш жараёнини муфассалроқ таҳл қиламиз. x_i аргументнинг катта қавс билан ўралган квадратла тўпламини мазкур **аргументнинг майдони** деб атаймиз. 14 квад x_1 аргументнинг майдонида жойлашган, бинобарин, $x_1 = 1$, x_2 ар ментнинг майдонида $x_2 — x_2 = 1$; x_3 аргумент майдони ташқарис $— x_3 — x_3$, x_4 аргументнинг майдонида $x_4 — x_4$.

Квадратларнинг номерланишини диққат билан қараб чиқ қанда квадрат номерининг ҳақиқийлик жадвали сатрининг номерига бевосита мос келишини аниқлаш мумкин.

Карно харитасининг ҳар бир квадратига ҳақиқийлик жад валига ва квадратларнинг кириш комбинациялари бўйича қабул қилинган тасқимотига мос равишда ноллар ва бирлар қўйиб чиқилади. Агар комбинацион схеманинг бирор чиқи шига бирор сатрдаги фарқсиз ҳолат мос келса, у ҳолда квад ратга d белгиси қўйилади.

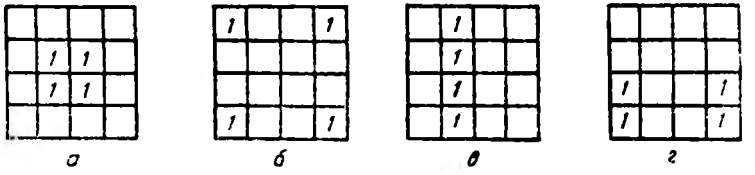
Карно харитаси ёрдамида буль функцияларини минимал лаштириш. Бир қатор таърифлар киритамиз. Агар икки квад рат битта умумий томонга эга бўлса, улар қўшни квадрат ҳисобланади. Масалан, 20.4-расм, *в* да 6-квадратнинг қўш нилари — 8, 14, 2, 5; 4-квадратники —2, 3, 8, 12. 12-квадрат 4-квадратга қўшни ҳисобланади (ва аксинча), чунки уларнинг томонлари умумий (20.4-расмга қаранг). 7-квадрат ҳам ўша сабабга кўра 5-квадратга қўшни бўлади (ва аксинча).

Ичига 1 ёзилган квадратлар *P*-квадратлар деб аталади.

Иккита қўшни *P*-квадрат бир ўлчовли *P*-куб қисмини ташкил этади. Бир ўлчовли *P*-куб қисмига дастлабкидан битта ҳади кам бўлган конъюнкция мос келади. Бир ўлчовли *P*-куб қисминиг ташкил этилиши ютилиш амалига мос келади:

$$x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \ldots \bar{x}_n \vee x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \ldots x_n = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \ldots x_{n-1}$$

20.4-расм, *в* да 2 ва 6, 6 ва 8, 8 ва 4-ва ҳоказо квадратла жуфт-жуфти билан бир ўлчовли *P*-қисмини ташкил этади. Бир ўл човли *P*-куб қисмига мос келувчи конъюнкцияда куб қисмини бир қисми майдонида бўлган, қолган қисми эса майдони ташкариси да бўлган аргумент иштирок этмайди. Конъюнкцияда сақланган қол ган аргументларнинг майдонларида бир ўлчовли *P*-куб қисми ёк тўлиқ киради ёки умуман кирмайди. Бунда, агар *P*-куб қисм X_i аргументнинг майдонига тўлиқ кирса, у ҳолда тегишли конъюнк



20.5-расм. $n=2, 3, 4, 5$ учун икки ўлчовли P-қисм куб.

ияда бу аргумент X_i қийматга, агар тўлиқ кирмаса $\bar{x}_i$ қийматга га бўлади.

20.5-расмда кўрсатилганидек, тўртта қўшни P-квадрат икки ўлчовли P-куб қисмини ташкил этади. Бу ерда айрим P-куб қисмлари кўрсатилган. Қолган мумкин бўладиган P-куб қисмлари шунга ўхшаш график шаклга эга. Икки ўлчовли P-куб қисми ташкил бўлишининг асосий шарти шундай: ҳар бир P-квадрат P-куб қисмидан камида иккита P-квадратга қўшнн бўлиши керак. Масалан, 2, 6, 8, 7-квадратларнинг ҳаммаси қўшни бўлишига қарамай икки ўлчовли P-куб қисмини ташкил этмайди, чунки 2-квадрат фақат битта 6-квадрат билан қўшнидир.

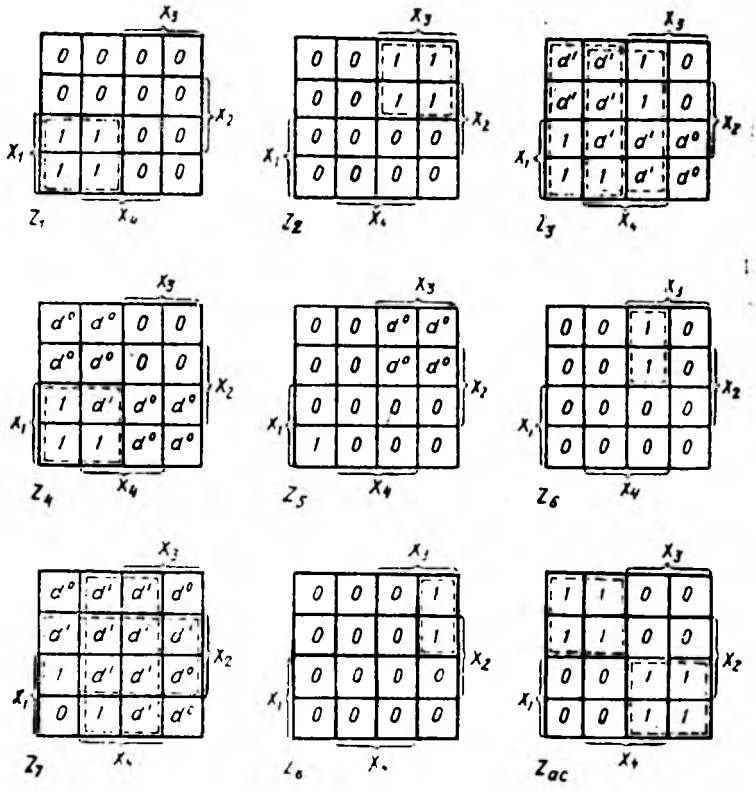
Икки ўлчовли P-куб қисмига мос конъюнкцияда майдонига мазкур куб қисми фақат ярмигача кирадиган иккита аргумент йўқ. Худди бир ўлчовли P-куб қисми учун бўлгани каби конъюнкцияда аргументларнинг қиймати икки ўлчовли P-куб қисми аргумент майдонига тўлиқ киришига ёки тўлиқ кирмаслигига боғлиқ.

Саккизта қўшни P-квадрат уч ўлчовли P-куб қисмини ташкил этади, бунда ҳар P-квадрат куб қисмининг камида учта P-квадрати билан чегарадош (қўшни) бўлиши керак. Тегишли конъюнкциянинг ташкил бўлиши қоидаси битта ва иккита P-куб қисмлари учун қоидаларига ўхшаш бўлиб, бунда конъюнкцияда энди учта аргумент бўлмайди.

Равшанки, n-ўлчовли куб қисмини ҳосил қилиш учун энди $2n$-квадрат қисмлари бўлиши зарур, бунда уларнинг ҳар бири камида P-квадрат қисми билан чегарадош (қўшни) бўлиши керак. Тегишли конъюнкцияда n та аргумент бўлмайди.

Куб қисмлари ва уларга тегишли конъюнкцияларнинг ҳосил бўлиш қоидаларидан минимал ДНШ ларни олиш методикаси келиб чиқади. P-квадратлар тўплами дастлабки буль функциясини ифодалайди. Агар P-квадратларга мос келувчи ҳамма конъюнкцияларни дизъюнкция билан бирлаштирсак, у ҳолда буль функцияси ДМНШ ҳосил бўлади. Агар биринчи ифодадаги ҳадларнинг умумий сони иккинчи ифодадагидан кам бўлса, у ҳолда буль функциясининг бир ифодаси иккинчисидан минималроқ бўлади. Буль функцияси ДМНШ ҳадлари сони максимал бўлиши равшан.

Бироқ P-квадратлар тўплами билан берилган буль функциясини Карно харитасини P-куб қисмлари билан тўлдириб,



20.6- расм. Пахта мисцелласини патронли фильтрда экстракциялашдан кейин фильтрлашнинг даврий жараёнини бошқаришнинг комбинацион схемаси учун Карно хариталари.

янада минимал шаклда ифодалаш мумкин, бунда куб қис нинг ўлчови қанчалик юқори бўлса ва куб қисмлари сони к ча кам бўлса, буль функциясининг пировард ифодаси шу минимал бўлади.

Карно харитасини куб қисмлари билан тўлдириш қуйид қоидалар бўйича амалга оширилади. Ҳар бир P- квад камида битта P- куб қисмида фойдаланилиши керак. Ҳеч P- куб қисмида 0 га эга бўлган битта ҳам квадрат фойда нилмаслиги керак. Истаган P- квадратдан P- куб қисм ҳосил қилиш учун истаган марта фойдаланилиши мумкин

Карно хариталари яхши аниқланмаган буль функция рини жуда самарали минималлаштиришга имкон бер Бунда Карно харитаси квадратлари 1 гача шундай тар аниқланадики, бунда иложи борича катта ўлчовдаги P- қисмлари ҳосил бўлиши керак.

Қараб чиқилаётган мисолда Карно хариталарининг қўл нилишини кўрсатамиз. 20.6- расмда пахта мисцелласини

онли фильтрда экстракциялашдан кейин фильтрлашнинг давий жараёнини бошқаришнинг комбинацион схемаси учун карно хариталари кўрсатилган. Харитада Z_1 чиқиш учун битта икки ўлчовли P-куб қисми бор бўлиб, у x_1 аргументнинг майдонига тўлиқ киради, x_3 нинг майдонига тўлиқ кирайди, x_2 ва x_4 аргументлар майдонига қисман киради. Демак, Z_1 функциянинг минимал кўриниши

$$z_1 = x_1 \cdot \overline{x_3}.$$

Z_2 функция ҳам шунга ўхшаш аниқланади:

$$z_2 = \overline{x_1} \cdot x_3$$

Z_3 чиқиш функцияси баъзи кириш комбинацияларида тўлиқ аниқланмаган. Тегишли квадратларда d ҳарфи ёзилган (Z_3 мазкур тўпламларда истаган қийматни: 1 ёки 0 ни қабул қилиши мумкин). Охиригача аниқлашни шундай тарзда тугаллаш зарурки, бунда катта ўлчамли куб қисмлари олинсин. Шундай аниқлашни тугаллаш варианти 20.6-расмда кўрсатилган. Бошқа барча вариантлар ўша (ёки каттароқ) ўлчамдаги буль функциясини беради:

$$z_3 = \overline{x_3} \vee x_4$$

Шу тарзда қолган (бошқа) чиқиш функцияларини аниқлаб, буль функцияларининг якуний системасини ҳосил қиламиз, у эса бошқаришнинг комбинацион схемасини адекват равишда тавсифлайди. Шуни таъкидлаб ўтиш керакки, Z_9, Z_{10}, Z_{11} чиқишлари кириш комбинациялари маълумотларига боғлиқ бўлмайди (доим очиқ). Бундан ташқари, чиқиш $Z_4 = Z_1$. Узил-кесил буль функциялари системаси бундай кўринишни олади:

$$\begin{cases} z_1 = x_1 \cdot \overline{x_2}; \\ z_2 = \overline{x_1} \cdot x_3; \\ z_3 = \overline{x_3} \vee x_4; \\ z_4 = z_1; \\ z_5 = \overline{x_1} \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{x_3} \cdot x_4; \\ z_6 = x_1 \cdot x_3 \cdot x_4; \\ z_7 = \overline{x_2} \vee x_4; \\ z_8 = \overline{x_1} \cdot x_3 \cdot \overline{x_4}; \\ z_{ac} = x_1 \cdot x_3 \vee x_1 \cdot x_3 \end{cases} \qquad (20.19)$$

Агар $Z_1 = x_1 \cdot x_3$ ва $Z_2 = x_1 \cdot x_3$ ўрин алмаштиришларни бажарсак, у ҳолда (20.19) системани бундай ёзиш мумкин:

$$\begin{aligned} z_1 &= \overline{x_1} \cdot x_3; \\ x_2 &= \overline{x_1} \cdot x_3; \\ x_3 &= \overline{x_3} \vee x_4 \\ z_4 &= z_1 \end{aligned}$$

$$z_5 = z_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_4;$$
$$z_6 = z_2 \cdot x_4;$$
$$x_7 = x_2 \vee x_4;$$
$$x_8 = z_2 \cdot x_4;$$
$$z_{ac} = x_1 \cdot x_3 \vee x_1 \cdot x_3 \quad (20.$$

Шундай қилиб, биз фильтрлашнинг даврий жараёнин бошқаришнинг комбинацион схемасининг формаллаштирилга тавсифини минималлаштирилган буль функциялари системас кўринишида олайлик (20.20).

Комбинацион схемаларини синтез қилишдаги навбатдаг босқич бошқарувчи қурилманинг схемасини ясаш босқичи в бу схемани техник амалга ошириш ҳисобланади.

XX.3-§. КОМБИНАЦИОН БОШҚАРУВЧИ ҚУРИЛМА СХЕМАСИНИ ЯСАШ

Агар бошқарш схемаси дискрет элементининг мумкин бўл ган икки ҳолатидан бирига мос ҳолда буль алгебрасининг белгисини қўйсак, 1 белгисини эса бошқа ҳолатга мос қили қўйсак, у ҳолда буль функциялари назарияси ва унга асослан ган методлар бошқаришнинг мантиқий комбинацион схема ларини таҳлил ва синтез қилиш учун қўлланилиши мумкин Мантиқий бошқариш қурилмасининг формаллаштирилган тавсифидан принципиал схемага ўтиш босқичини техник амалга ошириш деб айтамиз.

Мантиқий бошқариш қурилмалари амалга ошириладиган дискрет элементларнинг иккита асосий — контактли ва кон тактсиз тури мавжуд.

Контактли элементлар учун буль алгебраси элементлари ва қурилма ҳолатлари ўртасида қуйидагича мослик ўрнати лади. Электромагнит реле ва унинг контактлари асосий кон такт элементи ҳисобланади. 0 белгисига контактларнинг очиқ (узилган) ҳолати, 1 белгига берк ҳолати мос қўйилади.

Сўнг *ВА — ЁКИ — ЙЎҚ* базисида схема ва буль функция лари орасидаги мосликни аниқлаймиз (20.2-жадвал). Схема нинни текшириш шуни кўрсатадики, нормал очиқ контакт ларни параллел улаш аргументларнинг дизъюнкциясини амалга оширади, кетма-кет улаш эса конъюнкцияни, нормал берк кон такт эса инкор қилишни амалга оширади. Бу учта схема базисни ташкил этувчи буль функцияларини амалга оширган учун бу схемаларнинг комбинацияси ихтиёрий, лекин чекли сондаги аргументли ихтиёрий буль функциясини амалга оши ришга имкон беради.

Чиқишдаги бирга — берк занжир, нолга — очиқ занжир мос келиб, бунда занжирнинг йўналиши кўрсатилмайди, яъни би икки томонлама ўтказувчанликка эга бўлган схема билан иш кўрамиз. Контактли элементларга асосланган схемаларни синтез қилиш фақат мазкур турдаги схемаларга хос бўлган ва баъзи ҳолларда тежамли ва ишончли схемаларни ясашнин

амарали методларини олишга имкон берувчи бир қатор хусусиятлар билан ифодаланади.

20.2-жадвал. **Схемаларнинг буль функциясига мос келиши**

Схема	Буль функцияси
	$Z = X_1 \vee X_2$ $Z = X_1 \cdot X_2$ $Z = \overline{X}$

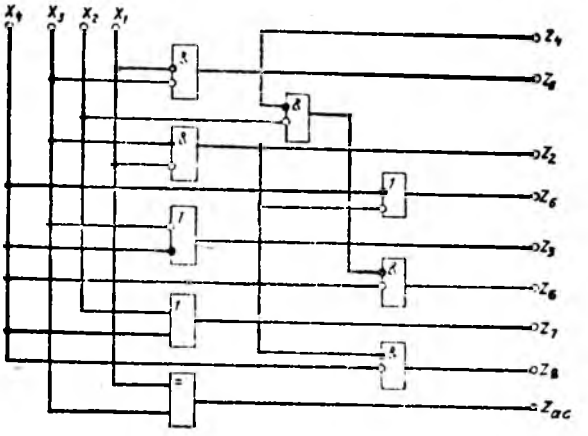
Контактсиз мантиқий элементлар функционал блоклар кўринишида бажарилган. Ҳар бир блок маълум мантиқий функцияни амалга оширади. Контактсиз элементлар учун блокларни расмийлаштиришнинг кўп хиллиги характерлидир. Конструктив тафсилотларга берилмасдан ҳар бир базис мантиқий функцияни 20.3-жадвалда келтирилган шартли белгилар кўринишида ифодалаймиз.

20.3-жадвал. **Мантиқий функцияларнинг шартли белгилари**

Функция	Ифодаси	Шартли белгиси
Такрорлаш	$Z = X$	
Инкор қилиш	$Z = \overline{X}$	
Конъюнкция	$Z = X_1 \cdot X_2$	
Дизъюнкция	$Z = X_1 \vee X_2$	
Шеффер штрихи	$Z = \overline{X_1 \cdot X_2}$	
Пирс стрелкаси	$Z = \overline{X_1 \vee X_2}$	
Эквивалентлик	$Z = X_1 \cdot X_2 \vee \overline{X_1} \cdot \overline{X_2}$	
Импликация	$Z = \overline{X_1} \vee X_2$	
Ман қилиш	$Z = \overline{X_1} \cdot X_2$	

Универсал реле билан таққослаганда контактсиз мантиқий элементлар ишончли ва тез ишга тушиши жуда юқори. Интеграл элементларни ишлаб чиқаришни ўзлаштириш билан боғлиқ мантиқий электрон схемаларни тайёрлаш технологиясидаги тараққиётнинг жадаллашиши муносабати билан контактсиз қурилмалар бундан кейин автоматик бошқаришнинг мантиқий схемаларида кўпроқ ишлатилади.

Буль функциялари (20.20) системаларнни техник амалга ошириш катта қийинчилик тугдирмайди. Бунинг учун мазкур ҳолда *ВА — ЁКИ — ЙЎҚ* базисида 15 та элемент талаб қилинади; агар базис сифатида 20.3-жадваллар тўпламидан фойдаланилса, у ҳолда 9 та элемент керак бўлади. 20.7-расмда комбинацион автоматни патронли фильтрда икки хонали функ-



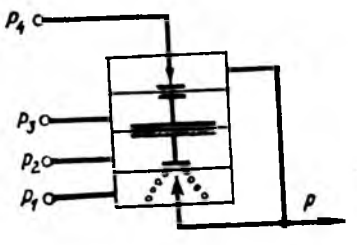
20.7- расм. Фильтрлашнинг даврий жараёнини бошқариш учун комбинацион автоматнинг принципиал схемаси.

цияларнинг тўлиқ тўпламидан фойдаланган ҳолда пахта ми целласини фильтрлашнинг даврий жараёнини бошқариш учу амалга оширувчи схема кўрсатилган.

Пневматик элементларда асосланган кўп чиқишли комб национ схемаларни амалга ошириш. Оптимал кўп чиқиш. схемаларни кўп функционал мантиқий элементлар асоси синтез қилиш муаммоси умумий ҳолда ҳал қилинмаган, чун турли функцияларни амалга оширувчи мантиқий элементла нинг турлари тўплами мавжуд. *ВА — ЕКИ — ЙЎҚ* базис учу бу масалалар умумий кўринишда ҳал қилинган. Бироқ, ага бирор битта функционал элементнинг хоссаларини муфасс тадқиқ қилиб, у билан чекланадиган бўлсак, у ҳолда мазку элементдан фойдаланган ҳолда кўп чиқишли комбинаци схемаларни амалга ошириш методларини яратиш имкония лари пайдо бўлади.

СПЭУС (саноат пневмоавтоматикаси элементларининг универс системаси) да реле техникасининг асосий қурилмаси пружинали пн матик уч мембранали ПІР.3 реле собланади, унинг принципиал схем 20.8- расмда келтирилган. ПІР.3 ленинг тўртта кириши: P_1, P_2, P_3, ва битта чиқиши бор. Бинобарин, ул умумий ҳолда қуйидаги буль функц сини амалга оширади:

$$P = P(P_1, P_2, P_3, P_4).$$

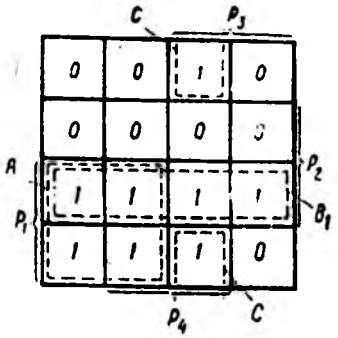


20.8- расм. ПІР- 3 пневматик уч мембранали реле.

Бу ифоданинг моҳиятини оч учун ҳақиқийлик жадвали ва Ка харитасига асосланган усулни қўл

лаймиз. ПІР.3 реле учун ҳақиқийлик жадвалини тузамиз (20.4-жадвал). Буль алгебрасинин 0 элементига $P = 0{,}2$ кг/см² пневматик сигнал, 1 элементга $P = 1$ кг/см² сигнал мос келади. Бу жадвалга мос келувчи Карно харитаси 20.9-расмда кўрсатилган. Расмдан кўринишича хаританинг сирти иккита икки ўлчовли куб қисмлари *а*, *в* дан ва битта бир ўлчовли *Р*-куб қисми *С* дан иборат. ПІР.3 пневмореленинг натижаловчи буль функцияси бундай кўринишга эга:

$$P = P_1 \cdot \overline{P_3} \vee P_1 \cdot P_2 \vee \overline{P_2} \cdot P_3 \cdot P_4$$



20.9-расм. ПІР. 3 реле учун Карно харитаси.

20.4-жадвал. **ПІР.3 пневматик реле учун ҳақиқийлик жадвали**

P_1	P_2	P_3	P_4	P	P_1	P_2	P_3	P_4	P
0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	1
0	1	1	1	0	1	1	1	1	1

Реле киришларига маълум қийматлар бериб (ёки уларни ўзаро коммутациялаб), иккита ва битта аргументли буль функциялари тўпламини ҳосил қилиш мумкин. ПІР.3 пневматик реледа амалга оширилиши мумкин бўлган буль функциялари тўпламини аниқлаймиз. Агар кириш сигналлари қийматлар қабул қилиши мумкинлигини ёки фақат маълум тарзда коммутацияланиши мумкинлиги ҳисобга олинса:

а) $P_i = P_j$;

б) $P_i = P_j = P_k$;

в) $P_i = 1$; $P_j = 0$

г) $P_i = 1$; $P_l = 0$; $P_k = 0$; (i, j, k-1, 2, 3, 4; $i \neq j \neq k$);

д) $P_i = 1$; $P_j = 1$; $P_k = 0$;

е) $P_i = 0$; $P_j = 0$;

у ҳолда буль функцияларининг умумий сони ушбу формула бўйича аниқланади:

$$N = 2m + (2^2 + 1)c_m^2 + (2^3 + 1) \cdot c_m^3 + \ldots + (2^{m-1} + 1)c_m^{m-1},$$

бу ерда m — киришлар сони.

П1Р3 реле учун киришлар сони тўртга тенг ва, бинобарин буль функцияларининг умумий сони 74 га тенг. Бу функциялар нинг бир қисми тривиал кўринишга эга. Улар биз учун қизиқиш уйғотмайди, чунки бу элементнинг мантиқий имкониятлари ҳақида гап боради. Шунинг учун тўпламдан фақат нотривиал буль функцияларини танлаб оламиз.

Ҳосил қилинган тўпламдан олинган ҳар бир буль функциясини П1Р оператори деб атаймиз ва уни A_i ҳарфи билан белгилаймиз. Олинган ҳамма маълумотларни 20.5- жадвалга ёзамиз.

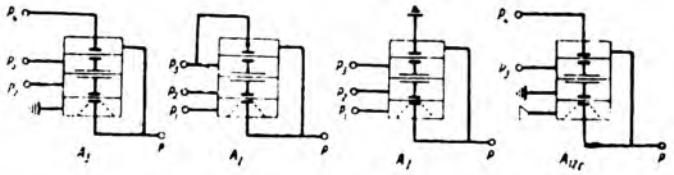
20.5- жадвал. **П1Р.3 реле киришларининг операторлар учун коммутацияси**

Оператор белгиси	Операторнинг буль функцияси	Киришлар қиймати ва уларнинг коммутацияси
$A_1(P_1, P_2, P_3, P_4)$	$P_1 \cdot P_2 \vee P_1 \cdot \overline{P_3} \vee \overline{P_2} \cdot P_3 \cdot P_4$	—
$A_2(P_2, P_3, P_4)$	$P_2 \vee \overline{P_3} \vee P_4$	$P_1 \equiv 1$
$A_3(P_2, P_3, P_4)$	$\overline{P_2} \cdot P_3 \cdot P_4$	$P_1 \equiv 1$
$A_{4а}(P_1, P_3, P_4)$	$P_1 \overline{P_3} \vee P_3 \cdot P_4$	$P_2 \equiv 0$
$A_{4б}(A_1, P_2, P_4)$	$P_1 P_2 \vee \overline{P_1} \cdot P_4$	$P_2 \equiv 1$
$A_5(P_2, P_3, P_4)$	$P_2 P_3 \vee P_3 P_4$	$P_1 = P_3$
$A_6(P_1, P_3, P_4)$	$P_1 \vee \overline{P_3} \cdot P_4$	$P_1 \equiv P_2$
$A_7(P_1, P_2, P_3)$	$P_1 \vee \overline{P_2} \cdot P_3$	$P_3 \equiv P_4$ ёки $P_4 = 1$
$A_8(P_1, P_2, P_3)$	$P_1 \cdot P_2 \vee P_1 \cdot \overline{P_3}$	$P_2 \equiv P_4$ ёки $P_4 = 0$
$A_9(P_1, P_2, P_4)$	$P_1 \cdot P_2 \vee P_1 \cdot P_4$	$P_1 \equiv P_3$
$A_{10а}(P_3, P_4)$	$P_3 \cdot P_4$	$P_1 \equiv P_2 \equiv 0$
$A_{10б}(P_1, P_2)$	$P_1 \cdot P_2$	$P_3 \equiv 1$ $P_4 \equiv 0$
$A_{11а}(P_1, P_3)$	$P_1 \cdot \overline{P_3}$	$P_2 \equiv P_4 \equiv 0$
$A_{11б}(P_2, P_4)$	$\overline{P_2} \cdot P_4$	$P_1 \equiv 0$, $P_3 \equiv 1$
$A_{11в}(P_2, P_3)$	$\overline{P_2} \cdot P_3$	$P_1 \equiv 0$, $P_4 \equiv 1$
$A_{12а}(P_1, P_3)$	$P_1 \vee P_3$	$P_2 \equiv 0$, $P_4 \equiv 1$
$A_{12б}(P_2, P_4)$	$P_2 \vee P_4$	$P_1 \equiv P_3 \equiv 1$
$A_{12в}(P_2, P_3)$	$P_2 \vee \overline{P_3}$	$P_1 \equiv 1$; $P_4 \equiv 0$
$A_{12г}(P_3, P_4)$	$\overline{P_3} \vee P_4$	$P_1 \equiv 1$; $P_2 \equiv 0$
$A_{12д}(P_1, P_2)$	$P_1 \vee P_2$	$P_3 \equiv P_4 \equiv 1$
$A_{13а}(P_3)$	$\overline{P_3}$	$P_1 \equiv 1$; $P_2 \equiv P_4 \equiv 0$;
$A_{13б}(P_2)$	$\overline{P_2}$	$P_1 \equiv 0$; $P_3 \equiv P_4 \equiv 1$.

20.10- расмда П1Р3 реле киришларининг A_3, A_7, A_{12}, операторлар учун коммутация схемаси келтирилган. П1Р3 киришлари қолган операторларни амалга ошириш учун ҳам худди шунга ўхшаш тарзда коммутацияланади.

Юқорида аниқланган A_i операторларнинг хоссаларини ифодалаймиз. Операторни $A_i(\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_n)$ орқали белгилаймиз, бунда i — оператор индекси (20.5- жадвалга қаранг). n — киришлар сони (П1Р.3 учун $n = 4$).

1- хосса. A_i оператор аргументларининг ўрнини алмаштиришда у амалга оширадиган буль функциялари умумий ҳолда ўзаро бир бирига тенг эмас.



20.10-расм. ПІР. 3 реле киришларининг A_1, A_2, A_3 операторлар учун коммутация схемаси.

Агар берилган операторнинг буль функциясини $F\{A_i(\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4)$ орқали белгиласак, у ҳолда бу хосса ҳар бир ρ_i учун $F(A_i(\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4)\} \neq F\{A_i(\rho_2, \rho_1, \rho_3, \rho_4)$ тарзида ёзилади.

Демак, оператор ёзувида аргументларни ёзиш тартиби муҳимдир. Бу хоссани мисолда тушунтирамиз. $A_{11a}(x_1x_2)$ оператор x_ix_2 мантиқий функцияни амалга оширади. $A_{11a}(x_2 \cdot x_1)$ оператор эса $\overline{x_2} \cdot x_1$ мантиқий функцияни амалга оширади, яъни бу функциялар ўзаро тенг эмас. ПІР.3 операторлар орасида аргументларининг ёзилиш тартиби фарқсиз бўладиганлари ҳам мавжуд.

2- хосса. ПІР.3 нинг A_i операторлари тўплами учун (20.5-жадвал) суперпозиция амали ўринлидир.

Агар буль функцияси $Z = F\{A_i(\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4)\}$ кўринишда ва $\rho_2 = A_i(\rho_1', \rho_2', \rho_3', \rho_4')$ бўлса, у ҳолда $Z = F\{A_i[\rho_1', A(\rho_2', \rho_3', \rho_4')]\rho_3, \rho_4\}$ бўлади. Бу тасдиқ истаган ρ учун тўғридир.

Бу хоссани мисолда тушунтирамиз. Фараз қилайлик, мураккаб буль функцияси

$$Z = x_1x_3 \vee x_1\overline{x_3} \cdot x_4$$

кўринишга эга бўлсин. Агар 20.5-жадвални ва берилган буль ифодаси тақкосланса, у ҳолда $x_1\overline{x_3}$ ва $x_1\overline{x_3}$ ҳадлар $A_{11a}(x_1x_3)$ ва $A_{11a}(x_1, x_3)$ операторлар орқали амалга оширилади. Демак, суперпозиция принципига кўра бундай ёзиш мумкин:

$$Z = A_{11a}(x_1, x_3) \vee A_{11a}(x_3, x_1) \cdot x_4$$

Мазкур ифодани таҳлил қилиб, у A_i оператор билан амалга оширилишини сезиш мумкин ва суперпозиция хоссасидан келиб чиқиб, охирида

$$Z = P_6[A_{11a}(x_1, x_3) \cdot A_{11a}(x_3, x_1) \cdot x_4].$$

ни ёзиш мумкин.

3- хосса. Агар икки операторнинг индекслари, аргументлари ва ёзиш тартиби бир хил бўлса, у ҳолда улар эквивалент деб ҳисобланади.

Операторларни белгилашда аргументларни ёзишдаги маълум тартиб мазкур аргументлар билан оператор амалга оширадиган буль функциясидаги уларнинг жойлашуви орасидаги

мосликни бир қийматли қилади. Оператор билан у амалга оширадиган буль функцияси орасида бир қийматли мослик мавжуд бўлгани учун A_i операторлар ва буль функциясини аралаш ёзиш мумкин, яъни П1Р3 реле операторлари буль функциясининг операторлари бўлиши мумкин.

Мантиқий бошқарув комбинацион қурилмасининг принципиал схемасини П1Р3 нинг кўп функционал мантиқий элементи асосида ясаш методини умумий тарзда баён қиламиз. Бу метод қуйидаги тасдиққа асосланган. П1Р3 элементлари сонидан минимал фойдаланилган схема оптимал ҳисобланади. Бу шартни бажариш учун буль функцияларининг дастлабки системасининг юқорида аниқланган операторлар йиғиндисини шундай ифодалаш керакки, бунда дастлабки буль функцияси ифодалари мутлақо бўлмасин. Бундай ўтиш буль ифодалари комплексларини тегишли A_i операторлар билан 20.5-жадвалдаги маълумотларга асосан имкони бор алмаштиришларни қайта танлаш усули билан бажарилади. Буль ифодалари 20.5-жадвалнинг 3-устунида келтирилган ва улар мураккаб буль функцияларида осонгина бир хиллаштирилади.

Методнинг имкониятларини буль функциялари (20.20) системасини техник амалга ошириш мисолида намоён қилиб кўрсатамиз. Буль ифодаларини операторлар билан кетма-кет алмаштира бошлаймиз. Z_1 функция учун ораларида деярли фарқ бўлмаган $A_{11а}$, $A_{11б}$, $A_{11в}$ операторлар тўғри келиши равшан. $A_{11а}$ операторни танлаймиз: дастлабки буль функциясида x_3 аргумент инверс бўлгани учун у аргементлар рўйхатида x_1 дан сўнг иккинчи бўлиб ёзилади ва функциянинг оператор ёзуви

$$Z_1 = A_{11а}(x_1,\ x_3).$$

кўринишга эга булади.

Z_2 функцияни амалга ошириш учун шунга ўхшаш оператордан фойдаланиш мумкин. Бироқ унда аргументлар рўйхатидан иккинчи бўлиб x_1 аргумент ёзилади, чунки у дастлабки буль функциясида инверсли:

$$Z_2 = A_{11а}(x_3,\ x_1).$$

Қолган буль функцияларининг (Z_5 ва Z_{ac} дан бошқа) оператор ёзувлари худди шу тарзда аниқланади. Z_5 ва Z_{ac} оператор шаклини аниқлаш жараёнини муфассалроқ қараб чиқамиз. Z_5 буль ифодасининг структурасини тақлил қилиш 20.5-жадвалдаги буль ифодалари системасида бунга ўхшаши мавжуд эмаслигини кўрсатади. Босқичли оператор шакл алмаштиришни бажарамиз. $Z_1 \cdot \overline{x_2}$ гуруҳ $A(Z_1X_2)$ оператор томонидан амалга оширилиши мумкин: $A_{11а}(Z_1X_2)\cdot x_4$ гуруҳ ўз навбатида $A_{11а}$ оператор томонидан амалга оширилиши мумкин ва функция пировардида бундай кўринишни олади:

$$Z_6 = A_{11а}\,[A_{11а}(Z_1,\ x_2)\,x_1].$$

20.5- жадвалдаги буль ифодалари системасида Z_{ac} функцияга ўхшаш структура йўқ. Бироқ $\bar{x}_1 = A_{13a}(X_1)$ ўрнига қўйиш A_{4a} операторга мос келувчи жадвал структурасига олиб келади ва оператор шаклидаги буль функцияси бундай кўринишни олади:

$$Z_{ac} = A_{4a}[A_{12}(x_1),\ x_3,\ x_1].$$

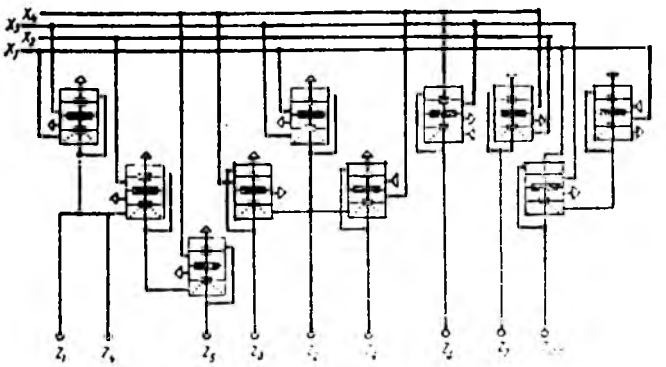
Берилган услуб бўйича барча амалларни бажариб, ёғ-мой саноатида пахта мисцелласини фильтрлашнинг даврий жараёнини бошқариш комбинацион схемасининг П1Р3 операторларининг якуний системасини ҳосил қилиш мумкин:

$$\begin{aligned}
Z_1 &= A_{11a}(x_1,\ x_3),\\
Z_2 &= A_{11a}(x_3,\ x_1),\\
Z_3 &= A_{12г}(x_3,\ x_4),\\
Z_4 &= Z_1,\\
Z_5 &= A_{11a}[A_{11a}(Z_1,\ x_2),\ x_4],\\
Z_6 &= A_{10б}(Z_2,\ x_4),\\
Z_7 &= A_{12a}(x_2,\ x_4),\\
Z_8 &= A_{11a}(Z_2,\ x_1),\\
Z_{ac} &= A_{4a}[A_{13}(x_1),\ x_3,\ x_1].
\end{aligned}$$

Кўп функционалли Л1Р3 мантиқий элемент асосидаги комбинацион автоматнинг принципиал схемаси 20.11- расмда келтирилган. Зарур бир типли элементлар сони 10 га тенг, ҳолбуки *ВА — ЁКИ — ЙЎҚ* базисида амалга ошириш 15 элемент бўлгандагина мумкин бўлар эди.

Шундай қилиб, мазкур метод бўйича қуриш базисда амалга оширилгандагига қараганда камроқ элементга эга бўлган принципиал схема ҳосил бўлади.

Юқорида қараб чиқилган комбинацон мантиқий автоматлар нисбатан оддий бошқариш алгоритмларини амалга оши-



20.11- расм. Кўп функционал ПІР. 3 мантиқий элемент асосидаги комбинацион автоматнинг принципиал схемаси.

ради, улар статик автоматлар синфига тегишли. Комбинацион автоматларни таҳлил ва синтез қилишнинг формаллаштирилган методлари буль функциялари назариясига асосланади. Бу математик аппарат ҳам динамик автоматларни таҳлил ва синтез қилишда кенг фойдаланилади, бу қуйида кўрсатилган.

XX.4-§. ЧЕКЛИ АВТОМАТЛАР НАЗАРИЯСИ АСОСЛАРИ

Даврий жараёнларни автоматик бошқариш масалаларининг турли хиллиги фақат буль функцияси назарияси методлари билангина ҳал қилинмайди. Шу маънода чекли автоматлар назарияси методлари анча қўлланишлидир. Методологик нуқтаи назардан чекли автоматлар комбинацион автоматларга қараганда анча кенг потенциал имкониятларга эга бўлган анча катта синфдир. Маълум чекланишлар ва йўл қўйишларда комбинацион автоматлар чекли автоматларнинг синфчаси бўлади.

Комбинацион схемалар ёрдамида тавсифлаш имкони бўлмаган бошқариш системаларига бир қанча мисол қараб чиқамиз.

Мисол. Кўтаргичнинг электр двигателини бошқариш зарур. Двигатель бошқариш кнопкаси (БК) билан ишга туширилади. Охирги включатель (ўчиргич) (ЧВ) билан тўхтатилади. Кнопкадан келадиган сигнални X_1 билан, охирги ўчиргичдан келадиган сигналны X_2 билан, двигателга бўладиган таъсирни Z билан белгилаймиз. Бундай мослик ўрнатамиз: $X_1=1$ — кнопка берк (яъни уланган), $X_1=1$ — кнопка берк (яъни уланган), $X_1=0$ — кнопка узилган, $X_2=1$ — 4В контакти уланган, $X_2=0$ — 4В контакти узилган, $Z=1$ — двигателни ишга тушириш, $Z=0$ — двигателни тўхтатиш. Система қуйидаги тарзда ишлайди. Фараз қилайлик, кўтаргич пастда жойлашган бўлсин: бу ҳолда БК, 4В контактлари узилган, яъни $X_2=0$ ва $X_1=0$. Агар бу ҳолатда БК га босилса ($X_1=1$), кўтаргич двигатели уланади ($Z=1$). Агар шундан сўнг БК қўйиб юборилса ($X_1=0$) ҳам двигатель уланганича қолади. Двигатель кўтаргич юқори чекка нуқтагача кўтарилгунча ва 4В контактини уламагунча ($X_2=1$) ишлаб туради, шунда двигаетль ўчади. БК ни такроран босиш билан двигатель ишга тушмайди. Система ишини 20.6-жадвал кўринишида ифодалаймиз.

20.6-жадвал. **Кўтаргич электр двигатели ишини кодлаш**

Такт №	1	2	3	4	5	6
X_1	0	1	0	0	0	1
X_2	0	0	0	1	0	0
Z	0	1	1	0	0	0

Бу жадвални таҳлил қилишдан кўринадики, ўзгарувчиларнинг 1, 3, 5 тактлардаги $X_1=0$ ва $X_2=0$ кириш комбинациясига

чиқиш катталигининг мос равишда турли қийматлари $Z=0, 1, 0$ мос келади. Бу ҳол кўтаргични бошқариш системасини амалга ошириш учун комбинацион схемани қўллаб бўлмаслигидан далолат беради. Келтирилган мисолдан, кириш ўзгарувчиларининг айни бир комбинациясига чиқиш катталигининг турли хил қийматлари мос келадиган барча ҳолларда бошқа математик аппаратни қўллаш, хусусан чекли автоматлар назариясини қўллаш зарурлиги келиб чиқади.

Чекли автоматлар назариясининг асосий тушунчаларини киритамиз. Бизнинг фикримизча, ҳамма дискрет моделларни чекли автоматлар деб атаган мақсадга мувофиқ. Улар ўз навбатида хотирасиз (ёки комбинацион) чекли автоматларга ва хотирали (ёки изчил) чекли автоматларга бўлиниши мумкин. Олдинроқ биз асосий тушунчаларни киритдик ва хотирасиз (комбинацион) чекли автоматларни синтез қилишнинг баъзи масалаларини қараб чиқдик. Бу ерда биз хотирали чекли автоматларни қараб чиқамиз. Шуни айтиб ўтиш зарурки, «чекли автомат» атамаси аниқ техник қурилмани англатмайди, балки математик абстракция ҳисобланади (дискрет таъсир кўрсатиш системаларида реал ҳодисаларни акс эттирувчи ҳақиқийликнинг маълум даражадаги математик модели).

Чекли автоматлар назариясининг икки модели фарқ қилинади: абстракт (мавҳум) ва структурали. Айни бир абстракт чекли автоматга бир нечта структурали чекли автомат мос келиши мумкин.

Хотирали чекли автоматни бундан кейин оддийгина чекли автомат деб, хотирасиз автоматларни эса комбинацион автоматлар деб атаймиз. Шунингдек, ҳамма кириш ва чиқиш ўзгарувчилари чекли тўпламда қиймат қабул қилади, деб ҳисоблаймиз. Аслида чекли автомталарнинг умумий назарияси тўплам элементлари миқдорини чекламаса-да, амалий натижалар фақат икки хонали мантиқ учун олинганини таъкидлаб ўтиш керак.

Чекли автомат киришига сўзлар деб аталувчи иккили комбинациялар кўринишидаги ахборот узатилади. Тўплам алифбо деб аталади, унинг 0 ва 1 элементлари эса ҳарфлар дейилади. Ҳарфларнинг чекли тартибли кетма-кетлиги сўзни ташкил этади. Равшанки, кирувчи ва чиқувчи сўзлар мавжуд. Бу ҳолда дискрет ахборотнинг ихтиёрий шакл алмаштириши кирувчи сўзлар тўплами f нинг чиқувчи сўзлар тўпламига бир қийматли акслантириши сифатида ифодаланиб, бунда кирувчи ва чиқувчи сўзлар тўпламлари, одатда, ҳамма сўзлар тўпламининг қисм тўплами бўлади. Истаган чекли автомат бир қийматли акслантиришни амалга оширади.

Чекли автоматни таърифлаймиз. Чекли автомат дискрет динамик система бўлгани учун у турли вақтда турли хил чекли ҳолатларда бўлиши мумкин. Уларни автоматнинг ҳолати деб атаймиз ва $y(t)$ орқали белгилаймиз. Чекли автомат — бу

дискрет система бўлиб, унинг мазкур пайтдаги ҳолатлари ва чиқишлари қуйидаги тенгламалар билан тавсифланади:

$$\begin{cases} y(t) = \varphi[y(t-1,)\ \rho(t)] \\ z(t) = \psi[y(t-1,)\ \rho(t)] \end{cases} \qquad (20.21)$$

ёки

$$y(t) = \varphi[y(t-1,)\rho(t)$$
$$z(t) = \psi[y(t)]. \qquad (20\ 22)$$

Бу ерда t — дискрет вақт ($t = 0, 1, 2 \ldots$).

(20.21) тенгламалар системаси билан тавсифланувчи автоматлар Мили автоматлари дейилса, (20.22) тенгламалар системалари билан тавсифланувчилари Мурнинг мунтазам автоматлари дейилади. Мил ва Мур автоматлари орасидаги асосий фарқ чиқишлар функцияларини аниқлашдан иборат бўлиб, айни пайтда уларнинг ҳолатлари, функциялари бир-бирига ўхшашдир. Мур автоматларида чиқишлар автоматнинг ҳолати билангина аниқланади.

Шундай қилиб, чекли автомат кириш сўзлари ва ҳолатлари тўпламларини ҳолатлар ва чиқиш сўзлари тўпламига бир қийматли акслантиради. Равшанки, ҳолатлар тўплами ҳам иккили сўз кўринишида ифодаланиши мумкин .Чекли алифбо ва ҳолатлар сонида аниқланган сўзлар тўпламида ифодаланган (берилган) автомат акслантишлар чекли автомати дейилади.

Автоматни ифодалашнинг учта усули мавжуд: аналитик, жадвалли ва геометрик усуллар.

Аналитик ифодалаш усулини қараб чиқамиз. Агар қуйидаги объектлар маълум бўлса, яъни кирувчи сўзлар тўплами X, чиқувчи сўзлар тўплами Z, ҳолатларнинг чекли ҳолати y, элемент y_1 (бошланғич ҳолат деб айтилади) ва У тўпламни ўзига акслантириш (истаган $y \in y$ га ва кирувчи сўз $\rho \in X$ га $y_i \in$ У ҳолатлар ва чиқиш сўзи $y \in$ У мос қўйилади) маълум бўлса, чекли автомат берилган дейилади. Бу усул анча кўпол, чунки (кирувчи ва чиқувчи алифболарни беришдан ташқари) акслантиришларни чиқиш сўзларини кирувчи сўзлар ва ҳолатларининг мумкин бўлган ҳамма бирикмаларига мослаштириш жадвали кўринишида ифодалаш зарур.

Ифодалашнинг анча ихчам шакли жадвал шаклидир. Бу ҳолда чекли автомат ўтишлар ва чиқишлар жадваллари кўринишида ифодаланади.

Ўтишлар жадвалида устунлар автомат ҳолатларига, сатрлар эса киришларга мос келади. Тегишли сатр ва устуннинг кесишган жойида автоматнинг кириш таъсирида аввалги ҳолатидан ўтиш ҳолати ёзилади.

Ўтишлар жадвалининг тузилишини ўтишлар ва чиқишлар жадваллари мисолида тушунтирамиз. Фараз қилайлик, автомат y_1 ҳолатда бўлсин, ρ_1 кириш таъсирида у y_2 ҳолатга, ρ_2 таъсирида эса y_1 ҳолатга ўтади. y_2 ҳолати учун ҳам худди шундай.

Ўтишлар жадвали

x \ y	y_1	y_2	x \ y	y_1	y_2
ρ_1	y_2	y_1	ρ_1	Z_1	Z_2
ρ_2	y_1	y_2	ρ_2	Z_1	Z_1

Чиқишлар жадвалида устунлар автоматнинг ҳолатига, сатрлар эса киришларга мос келади. Жадвалнинг ўзига эса чиқишлар ёзилади. Одатда, чиқишлар жадвали Мили автомати учун ёзилади. Мир автомати учун у зарур эмас, чунки чиқиш автоматнинг ҳолати билан бир қийматли аниқланади.

Баъзан иккита жадвал ўрнига бир-бирига қўшилган ўтишлар жадвалидан фойдаланилади:

x/y	y_1	y_2
ρ_1	y_2/Z_2	y_1/Z_2
ρ_2	y_1/Z_1	y_2/Z_1

Автоматни ифодалашнинг жадвал шаклининг ҳосиласи бирлашмаларнинг квадрат матрицаси бўлиб, унинг сатрлари аввалги ҳолатига, устунлари эса кейинги ҳолатига мос келади. Бир ҳолатдан бошқа ҳолатга ўтишни чақирувчи киришлар матрицанинг элементлари ҳисобланади, қавс ичида тегишли чиқишлар кўрсатилади. Масалан, бизнинг мисол учун бирикмалар матрицаси бундай кўринишга эга:

$$R = \begin{array}{c|c} & y_1 \quad y_2 \\ y_1 & \rho_2(Z_1)\ \ \rho_1(Z_2) \\ y_2 & \rho_1(Z_2)\ \ \rho_2(Z_1) \end{array}$$

Агар бир ҳолатдан бошқа ҳолатга баъзи ўтишлар бўлмаса, у ҳолда матрицанинг тегишли элементи нолга тенг бўлади.

Автоматни ифодалашнинг бошқа ихчам шакли геометрик усул бўлиб, бунда у граф шаклида тасвирланади.

Граф чўққилар тўплами ва бу чўққиларни туташтирувчи чизиқлар тўпламидан иборат. Йўналтирилган ва йўналтирилмаган графлар фарқ қилинади. Агар чўққиларни туташтирувчи чизиқларда йўналиш кўрсатилган бўлса, у ҳолда граф йўналтирилган бўлади, агар йўналишнинг аҳамияти бўлмаса, у ҳолда граф йўналтирилмаган дейилади. Йўналтирилган графда чўққиларни туташтирувчи чизиқлар қирралар дейилади.

Йўналтирилган графнинг чўққиларига автоматнинг ҳолатлари тўпламини бир қийматли мослаб қўямиз. Ҳар бир қиррани мазкур ўтишни келтириб чиқувчи X_i кириш билан ва ўтиш натижасида ҳосил бўлувчи автомат чиқиши билан белгилаймиз. Ўзгарувчиларнинг маълум қийматлари бериладиган қирралар тортилган қирралар дейилади. Тортилган қиррали

йўналтирилган граф графоид дейилади. Автоматнинг йўналтирилган графи инциденциялари матрицаси бизга бирикмалар матрицасини беради.

Чекли автоматлар назариясида таҳлил ва синтезнинг иккита асосий босқичи фарқ қилинади: абстракт (мавҳум) ва структурали. Абстракт босқич чекли автоматларни уни ифодалашнинг қараб чиқилган усуллари даражасида таҳлил ва синтез қилиш билан чегараланади. Бошқача айтганда, абстракт даражадаги синтез қилиш автомат ифодалангандан сўнг тугалланади. Бу босқичда мураккаб автоматларнинг изоморфизми ва деколиозициясини аниқлаш вазифалари билан боғлиқ умумметодологик муаммолар, шунингдек, система ишини сўз билан тавсифлаш асосида автоматларни ифодалашнинг формаллаштирилган услубларини аниқлаш билан боғлиқ умумметодологик муаммолар ҳал қилинади.

XX.5-§. ЧЕКЛИ АВТОМАТЛАРНИ СТРУКТУРАЛИ СИНТЕЗ ҚИЛИШ

Структурали синтез абстракт синтез натижаларига асосланган. Бу босқичнинг бошланиши автоматнинг жадвал, граф ёки аналитик ёзув кўринишида ифодаланиши ҳисобланади.

Схема кўринишидаги ихтиёрий чекли автомат иккита асосий: комбинацион ва хотира (айрим ҳолларда кечиктириш элементлари тўплами деб аталади) қисмларидан иборат (20.12-расм). Мур автоматининг асосий схемаси Мил автоматининг бу схемасидан бир оз фарқ қилади.

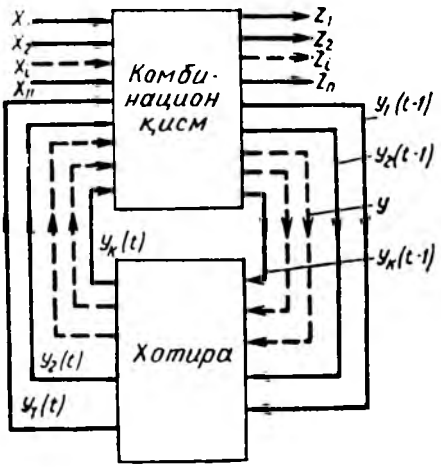
Келтирилган схемаларни таҳлил қилиш учун шуни кўрсатадики, уларнинг ишлатилиш (20.21) ва (20.22) тенгламалар системасига тўлиқ бир қийматли мос келади.

Абстракт синтез қилиш босқичида асосий вазифалар қуйидагилардир: автоматнинг кириш ва чиқишларини аниқлаш, уларнинг иккала кодланишини аниқлаш, автомат ҳолатини аниқлаш ва ниҳоят автоматни ифодалаш. Демак, автоматнинг ҳолатлари сони маълум ва у

$$K \geqslant \log_2 k, \qquad (20.23)$$

формула билан аниқланувчи элементар автоматлар сифатини характерлайди, бу ерда K — элементар автоматлар сони; k — автоматнинг ҳолатлари сони.

Элементар автоматлар сифатида асосан қуйидаги



20.12-расм. Мил чекли автоматининг асосий схемаси.

қурилмалар қўлланилади: такт учун кечиктириш элементи: алоҳида киришли триггер, саноқ кириши бўлган триггер.

Структурали синтез босқичида автоматнинг комбинацион қисмининг структурасини (схемасини) аниқлаш масаласи ҳал қилинади. Чекли автоматни синтез қилишнинг кононик усули деб аталувчи умумий конструктив усулни қараб чиқамиз, бу усул ихтиёрий чекли автоматни амалга ошириш масаласини комбинацион схемани синтез қилишга олиб келишга имкон беради. Аниқроғи, вазифа элементар автоматнинг турини танлашдан ва мантиқий элементларнинг бир-бири билан бирлашишининг шундай усулини топишдан иборатки, бунда автоматнинг структурали схемаси ўтишлар ва чиқишларнинг берилган жадвалларига мувофиқ ишлайди: бунда кодлаш бажариб бўлинган, деб ҳисобланади.

Ўтиш ва чиқишлар кодланган жадвалларининг берилишини кўтаргични бошқариш системасини синтез қилиш мисолида қараб чиқамиз. Бунинг учун системанинг иш шароитини шундай ўзгартирамизки, бунда улар аввалги мисолда аниқланганлардан фарқ қилсин. Изланаётган автоматнинг иккита чиқиши бор деб ҳисоблаймиз: 1) кўтаргичнинг юқорига ҳаракатини бошқариш кнопкасидан — x_2; 2) пастга ҳаракатини бошқариш кнопкасидан — x_3. Кнопка берк бўлганда $x_i = 1$, узилганда — $x_i = 0$. Система қуйидаги ҳолатларда бўлиши мумкин: y_1 — кўтаргич пастда, y_2 — кўтаргич юқорига ҳаракат қилади, y_3 — кўтаргич юқорида, y_4 — кўтаргич пастга ҳаракат қилади. Автомат иккита чиқишга эга: l_1 — кўтариш двигатели ишлайди, l_2 — тушириш двигатели ишлайди, бунда $l_i = 1$ улашни, $l_i = 0$ узишни англатади.

Автоматнинг киришига қуйидаги сўзлар узатилиши мумкин: ρ_1 — киришда ҳеч қандай сигнал йўқ, ρ_2 — кўтаргич туширилсин, ρ_3 — кўтаргич кўтарилсин. Автоматнинг чиқишида қуйидаги чиқиш сўзлари ҳосил бўлади: Z_1 — кўтариш двигатели улансин, Z_2 — тушириш двигатели улансин, Z_3 — иккала двигатель улансин.

Қурилма ишлашининг сўз билан ифодаланган тавсифидан у Мур автомати экани келиб чиқади. Ўтишларнинг қўшилган жадвали қуйидаги кўринишга эга:

x \ y	y_1 Z_3	y_2 Z_1	y_3 Z_2	y_4 Z_1
ρ_1	y_1	y_2	Z_3	y_4
ρ_2	y_1	y_4	y_3	y_2
ρ_3	y_2	y_2	y_4	y_4

Бундан автомат тўртта ҳолатда бўлиши мумкинлиги келиб чиқади. Демак, уни амалга ошириш учун иккита элементар автомат зарур, уларнинг чиқишларини U_1 ва U_2 билан белгилаймиз. Бошланғич ҳолат учун y_1 ни қабул қиламиз. Автоматнинг ҳар бир ҳолатига элементар автоматлар чиқишларининг

иккили комбинациясини бир қийматли мослаб қўямиз. Шундай қилиб, биз автоматнинг ички ҳолатларини кодладик. Бу босқичнинг аҳамияти жуда каттадир, чунки кодлашнинг жуда кўп вариантлари бўлиши мумкин ва уларнинг ҳар бири ўзининг ишончлилик тавсифлари ва мураккаблик даражаси билан фарқ қилувчи автомат структурасини таъминлайди. 20.7-жадвалда кодлаш варианти келтирилган. Кириш сўзлари иккита кириш ўзгарувчилари X_1 ва X_2 билан кодланган бўлсин (20.8-жадвал).

20.7-жадвал

Кодлаш варианти

y	U_1	U_2
y_1	0	0
y_2	0	1
y_3	1	0
y_4	1	1

20.8-жадвал

Кириш ўзгарувчиларини кодлаш

X	X_1	X_2
ρ_1	0	0
ρ_2	0	1
ρ_3	1	0

Автоматнинг чиқишида учта сўз ҳосил бўлгани учун уларни иккита l_1 ва l_2 ўзгарувчи билан кодлаш мумкин. Бундай кодлаш натижаси 20.9-жадвалда кўрсатилган.

20.9-жадвал. **Чиқиш сўзлари ҳолатини кодлаш**

Z	l_1	l_2
Z_1	1	0
Z_2	0	1
Z_3	0	0

Автоматнинг ўтиш жадвэллари асосида (20.7-жадвал) кириш ва чиқиш сўзларининг ҳолатини кодлашни ҳисобга олган ҳолда (20.7, 20.8 ва 20.9-жадвал) ўтишларнинг кодланган жадвали (20.1-жадвал) тузилади.

20.10-жадвал. **Ўтишларнинг кодланган жадвали**

x_1	x_2	$U_1(t-1)$	$U_2(t-1)$	$U_1(t)$	$U_2(t)$
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	0	1
1	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	1	1

У кодланган кўринишда элементар автоматлар U_1 ва U_2 нинг айни t пайтдаги ҳолатларининг кириш ўзгарувчилари X_1 ва X_2 нинг кодланган қийматларига ва элементар автоматларнинг олдинги пайт $(t-1)$ даги ҳолатларига боғлиқлигини аниқлайди. Масалан, агар автомат 20.7-жадвалга мувофиқ y_2 ҳолатда турган бўлса, у ҳолда унинг киришига ρ_2 сўз киритилганда у y_4 ҳолатга ўтади. Бу ўтиш 20.10-жадвалнинг 6-сатрига мос келади, бу 20.7 ва 20.8-жадваллардан осонгина текширилади.

Кодланган чиқишлар жадвали умумий ҳолда ўтишлар жадвалига ўхшаш тузилади, бироқ автоматнинг t пайтдаги ҳолатлари ўрнига тегишли устунларда, 20.9-жадвални ҳисобга олган ҳолда, чиқишларнинг қийматлари ёзилади. Мур автоматлари учун у бироз соддалашади. Улардаги чиқишлар фақат автоматнинг ҳолатларигагина боғлиқ бўлгани учун унда киришлар устунлари бўлмайди. Бизнинг мисолда чиқишларнинг кодланган жадвали қуйидаги кўринишда бўлади (20.11-жадвал).

20.11-жадвал. **Чиқишларнинг кодланган жадвали**

U_1	U_2	l_1	l_2
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	1	0	1

Келтирилган жадваллар чекли автоматнинг структурасини ифодалашнинг каноник методи учун дастлабки жадваллар ҳисобланади. Мазкур метод қўлланилганда юз берадиган масалаларни кетма-кет қараб чиқамиз. Бу масалаларни ҳал қилиш усулларини кўтаргични бошқариш системасини синтез қилиш мисолида кўрсатамиз.

Элементар автоматларнинг берилиши. Элементар автоматларга такт учун кечиктириш элементи, алоҳида ёки саноқ киришлари бўлган триггерлар ва уларнинг комбинациялари киради.

Элементар автоматлар, одатда, ўтишлар матрицалари билан берилади. Бундай берилиш усулларини қараб чиқамиз. Иккита барқарор ҳолатли элементар автоматларда ўтишларнинг фақат тўртта тури бўлиши мумкин: 0 дан 0 га, 0 дан 1 га, 1 дан 0 га, 1 дан 1 га. Бу ўтишларнинг ҳар бири учун элементар автоматнинг мазкур ўтишини вужудга келтирувчи кириш сигналлари мавжуд. Ўтишлар жадвали умумий ҳолда тўртта сатр ва n та устундан иборат (бунда n-элементар автоматнинг киришилари сони). Унинг элементлари 0,1 ва d символларидан иборат. Ихтиёрий элементар автоматнинг ўтишлар матрицаси қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$\begin{matrix} 0\to 0 \\ 0\to 1 \\ 1\to 0 \\ 1\to 1 \end{matrix}\left\|\begin{matrix} C_1^1 & C_2^2 & \dots & C_n^1 \\ C_1^2 & C_2^2 & \dots & C_n^2 \\ C_1^3 & C_2^3 & \dots & C_n^3 \\ C_1^4 & C_2^4 & \dots & C_n^4 \end{matrix}\right\| \qquad (20.24)$$

Агар бу элемент

$$V(t) = V(t-1)$$

тенглама билан тавсифланиши ҳисобга олинса, у осонгина ҳосил бўлади. Ҳисобли киришли триггернинг ўтишлар матрицаси бундай кўринишга эга:

$$\begin{matrix} 0\to 1 \\ 0\to 0 \\ 1\to 0 \\ 1\to 1 \end{matrix}\left\|\begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{matrix}\right\|$$

Бу босқичнинг ўзида элементар автомат турини танлаш ёки уларнинг маълум комбинациясини танлаш амалга оширилади.

Ўтишларнинг кенгайтирилган кодланган жадвалини тузиш. Чекли автоматларни синтез қилишнинг каноник методининг асосий ғояси шундан иборатки, у тескари алоқаларнинг фиктив (сохта) узилишини талаб қилди. $У$ $К$ та параллел бирлаштирилган элементар автоматдан иборат бўлиб, унда $К$ (20.23) формула бўйича ҳисобланади. Айни пайтга келиб, элементар автоматнинг тури танлангани учун, хотиранинг ишлаши ҳам маълумдир.

Автомат хотираси орқали тескари алоқанинг сохта узилиши автоматнинг комбинацион қисмини аниқлашга имкон беради. Бунинг учун ҳақиқийлик жадвалини тузиш зарур. Бундай жадвални ўтишларнинг кенгайтирилган кодланган жадвали деб атаймиз. Мисолимиз учун у 20.12-жадвалда кўрсатилган. Кенгайтирилган жадвал бўйича олинадиган буль функциялари элементар автоматларни уйғотиш функциялари (э.а. у. ф) деб аталади. Улар U_j элементар автоматнинг i-киришдаги кириш сигналининг элементар автоматларнинг t пайтдаги ҳолатларига ва кириш сигналлари $x(t)$ га боғлиқлигини амалга оширади. 20.11-жадвални таҳлил қилиш шуни кўрсатадики, бунда чиқишлар функцияси комбинацион схема билан амалга оширилиши мумкин.

20.12-жадвал. **Ўтишларни кенгайтириб кодлаш**

Тартиб №	x_1	x_2	$U_1(t-1)$	$U_2(t-1)$	$U_1(t)$	$U_2(t)$	$U_{01}(t-1)$	$U_{11}(t-1)$	$U_{02}(t-1)$	$U_{12}(t-1)$

1	0	0	0	0	0	0	d	0	d	0
2	0	0	0	1	0	1	d	0	0	d
3	0	0	1	0	1	0	0	d	d	0
4	0	0	1	1	1	1	0	d	0	d
5	0	1	0	0	0	0	d	0	d	0
6	0	1	0	1	1	1	0	1	0	d
7	0	1	1	0	1	0	0	d	d	0
8	0	1	1	1	0	1	1	0	0	d
9	1	0	0	0	0	1	d	0	0	1
10	1	0	1	1	0	1	d	0	0	d
11	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1
12	1	0	1	1	1	1	0	d	0	d

Элементар автомат сифатида кириши алоҳида бўлган триггерни танлаб оламиз. Тегишли ўтишлар матрицаси (20.25)да ёзилган, ўтишларнинг кенгайтирилган жадвалини тузишда ундан фойдаланилади. Бизнинг мисолда автомат тўртта ҳолатда бўлиши мумкинлиги учун, зарур элементар автоматлар сони 2 га тенг бўлади.

Ўтишларнинг кенгайтирилган кодланган жадвали (20.12-жадвал) қуйидаги тарзда тузилади. Унга ўтишларнинг кодланган жадвали киради (20.10-жадвал). Кейин у элементар автоматга тегишли киришлари бўлган устунлар билан тўлдирилади. Бизда 2 та киришли 2 та элементар автомат бўлгани учун уларга тўртта устун мос келади (7, 8, 9, 10).

Бу матрицанинг C_j^i элементи элементар автоматнинг j-киришидаги кириш сигналини англатиб, унинг таъсирида матрицанинг i-сатрига мос келувчи ўтиш содир бўлади. $C_j^i = 0(1)$ тенглик элементар автоматнинг j-киришига 0(1) сигнал узатилганда (20.24) матрицанинг i-сатрига мос келувчи ўтиш юз беришини англатади. $C_j^i = d$ тенглик j-киришга истаган 0 ёки 1 сигнални узатиш элементар автоматнинг i-ўтишини содир этмаслигини англатади.

Мисол тариқасида алоҳида киришли триггернинг ўтишлар матрицасини келтирамиз. Шу триггернинг ишлашини энг умумий кўринишда тавсифлаймиз. Унинг иккита кириши ва иккита чиқиши бор: бирлик ва нолли, шу билан бирга, унинг чиқишлари бир-бири билан инверс. Триггер иккита барқарор ҳолатда бўлиши мумкин: 1— агар бирлик чиқиш 1 га тенг бўлса ва 0— агар у 0 га тенг бўлса (ноль чиқиш учун эса — аксинча). Алоҳида киришли триггер бирлик ва ноль киришларга эга. U_1 бирлик киришга 1 сигналнинг узатилиши триггерни бирлик ҳолатига ўтказади, 1 сигналнинг U_0 ноль киришга узатилиши эса ноль ҳолатга ўтказади. Агар триггер бирлик ҳолатида бўлса ва бирлик киришга истаган сигналлар узатилган бўлса, у ҳолда ўтишлар юз бермайди. Триггернинг ишлашини мазмунан қараб чиқиш қуйидаги ўтишлар матрицасини олишга имкон беради:

$$\begin{array}{|c|cc|}\hline 0\to 0 & d & 0\\ 0\to 1 & 0 & 1\\ 1\to 0 & 1 & 0\\ 1\to 1 & 0 & d\\ \hline\end{array} \qquad (20.25)$$

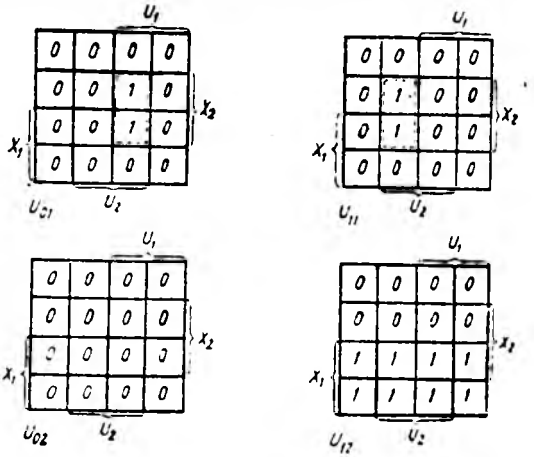
Такт учун кечиктириш элементи битта киришга эга, унга мос келувчи ўтишлар матрицаси бундай кўринишни олади:

$$\begin{array}{|c|c|}\hline 0\to 0 & 0\\ 0\to 1 & 1\\ 1\to 0 & 0\\ 1\to 1 & 1\\ \hline\end{array}$$

Мазкур босқичдаги асосий вазифа шундан иборатки, элементар автоматнинг талаб қилинган ўтишларини таъминлай оладиган киришларнинг қийматларини аниқлашдир. Ўтишлар ўтишларнинг кодланган жадвалида (3, 4, 5, 6 устунлар) белгиланган. Киришларнинг қийматлари алоҳида киришли триггернинг (20.25) матрицаси бўйича аниқланади. Масалан, 20.12-жадвалнинг 1 сатрида триггерни (20.25) ўтишлар матрицаси бўйича $U_1(t-1)=0$ дан $U_1(t)=0$ $(0\to 0)$ га ўтишини амалга ошириш зарур. Бунинг учун триггернинг U_{11} киришига 0 сигналини узатиш керак. U_{01} киришнинг ҳолати фарқсиз. U_1 триггер учун бундай ўтишлар 2, 5, 9 ва 10-сатрларда мавжуд бўлгани учун уларнинг 7,8 — устунлар билан кесишган жойида $U_{01}(t-1)=d$ ва $U_{11}(t-1)_*=0$ деб ёзиб қўйиш керак. 3, 3, 7, 11 ва 12-сатрлар $(1\to 1)$ ўтишларга мос келади, бинобарин, триггернинг (20.25) ўтишлар матрицасига биноан бу сатрларнинг 7,8-устунлар билан кесишиш жойида $U_{01}(t-1)=0$ ва $U_{11}(t-1)=d$ деб ёзиб қўямиз. 6-сатрда $(0\to 1)$ ўтиш зарур, шунинг учун тегишли кесишган жойда $U_{01}=0$ ва $U_{11}=1$ деб ёзамиз. Шу тарзда бутун кенгайтирилган кодланган ўтишлар жадвали тўлдириб борилади: Агар элементар автоматлар сифатида бошқалар танланган бўлса, у ҳолда танланган элементар автоматнинг турига мос келувчи ўтишлар матрицаларидан фойдаланиш лозим.

Автомат структурасини қуриш. Ўтишларнинг кегайтирилган кодланган жадвали комбинациялашган схемаларни синтез қилишда тузиладиган ҳақиқийлик жадвалига мос келади. Чап томонига автоматга киришларга ва автоматнинг бундан олдинги пайтдаги ҳолатларига мос келувчи устунлар тааллуқли бўлади. Ўнг томонга танланган элементар автоматларнинг киришларга мос келувчи устунлар тааллуқли бўлади. Бу ҳолда э.а.у.ў. (элементар автоматларни уйғотиш функцияси) бўлган буль функциялари системасини ҳосил қилиш ва минималлаштириш учун Карно хариталаридан фойдаланамиз.

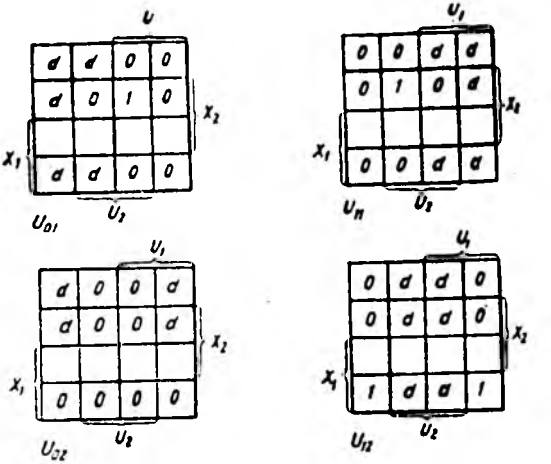
Бизнинг мисолимиз учун 20.11-жадвалга асосланиб, маълум методикага кўра Карно хариталарини ясаймиз. Улар 20.13-расмда кўрсатилган. Хариталарни қараб чиқишдан квадратларнинг бир қисми аниқланмаганлиги кўринади. Жумла-



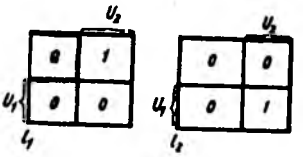
20.13- расм. Карно харитасининг берилиши.

дан, 20.11- жадвалда ҳаммаси бўлиб 12 та сатр бор, тегишли харитада эса 16 та квадрат бор. Бундан ташқари, уйғотиш функциясининг қиймати аҳамиятга эга бўлмаган квадратлар мавжуд. Э.а.у.ф. ни аниқлашда бу квадратлар шундай тарзда тўлдирладики, бунда чекли буль функциялари минимал бўлиши керак.

20.14- расмда Карно хариталарини охиригача аниқлашнинг варианти кўрсатилган бўлиб, у э.а.у.ф.нинг минимал системасини беради. Бу хариталар бўйича минимал э.а.у.ф. ни буль функцияларининг қўйидаги системаси кўринишида ёзиш мумкин:



20.14- расм. Карно хариталарини охиригача аниқлаш.



20.15- расм. Чиқиш функцияларининг Карно хариталари.

$$\begin{cases} U_{01} = X_2 \cdot U_1 \cdot U_2 \\ U_{11} = X_2 \cdot U_1 \cdot U_2 \\ U_{12} = X_1 \end{cases} \qquad (20.26)$$

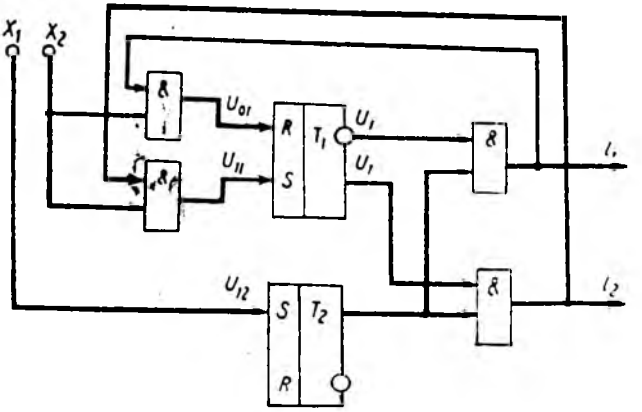
Шуни айтиб ўтиш керакки, охиригача аниқлашнинг мазкур вариантида U_{02} кириш айиан нолга тенг.

Чиқиш фуикцияларини ҳосил қилиш принцип жиҳатдан э. а. у. ф. ни ясашдан фарқ қилмайди. Агар синтез қилинаётган автомат Мили автомати булса, у ҳолда чиқишларнинг тегишли кодланган жадвалида чап қисмида автоматга киришлар ва $(t-1)$ пайтдаги ҳолатлар ёзилади, ўнг томонда киришларнинг иккили қийматлари ёзилади. Мур автоматлари учун чап томонда автоматнинг фақат $(t-1)$ пайтдаги ҳолатлари ёзилади. Бизнинг кодлашга оид мисолимизга жавоб берувчи чиқишлар жадвали 20.11- жадвалда кўрсатилган. Унга мос Карно хариталари 20.15- расмда кўрсатилган. Ҳосил қилинган чиқишлар функцияси бундай кўринишда бўлади:

$$\begin{cases} l_1 = \overline{U}_1 \cdot \overline{U}_2 \\ l_2 = U_1 \cdot U_2 \end{cases} \qquad (20.27)$$

Элементар автоматларнинг кўпчилик қабул қилган (эътироф этган) шартли белгилашларни келтирамиз.

20.12 ва 20.13-- жадваллар бўйича шартли белгиларни ҳисобга олган ҳолда (20.26), (20.27) буль функциялари системаларини принципиал схемалар кўринишида тасвирлаймиз. Қўтаргични бошқариш системасининг принципиал схемаси 20.16- расмда кўрсатилган. Схеманинг ишлаши самарали йўл билан осон тасвирланади, яъни агар дастлабки ҳолатни ифодалаб кейин кириш сўзлари узатилса, у ҳолда чиқишда ўтиш-



20.16- расм. Кўтаргич билан бошқариш системасининг принципиал схемаси.

лар ва чиқишлар жадвалига мос келувчи комбинацияларга эга бўламиз. Шуни айтиб ўтиш керакки, кўтаргичнинг четки юқориги ва пастки ҳолатларга етиши чекли виключателлар билан қайд қиланади ва двигателнинг ўчирилиши мазкур бошқариш схемасидан автоном равишда юз беради.

Элементар автоматнинг турини танлаш. Элементар автоматнинг тури чекли автоматнинг умуман комбинацион қисмининг структураси ва мураккаблигини бир қийматли аниқлайди. Элементар автомат турининг структурага таъсир қилиши даражасини тезкор қурилмани синтез қилиш мисолида намойиш қилиб кўрсатамиз.

Кетма-кет тезкорлик қурилмасининг (КТҚ) ишлаш шартларини умумий кўринишда ёзамиз. КТҚ да битта кириш ва n та чиқиш бор. КТҚ n та борқарор ҳолатларда бўлиши мумкин, бунда чиқишнинг фақат битта қиймати бирга тенг, қолганлари нолга тенг. КТҚ га киришни X билан, чиқишни z_i билан ($i = 1, 2, 3, \ldots, n$), ички ҳолатни y_j билан ($j = 1,2, 3, \ldots, k$) белгилаймиз. КТҚ қуйидаги тарзда ишлайди. Киришга $x = 1$ сигнал узатилганда, агар система $z_i = 1$, қолганлари эса ноллар бўладиган ҳолатда бўлса, КТҚ нинг ишлашини ҳараб чиқишдан қурилманинг чиқишлари фақат ички ҳолатларга боғлиқлиги, демак, у Мурнинг чекли автомат модели билан тавсифланиши мумкинлиги кўринади.

Кириш сўзи $X = 0$ ни ρ_1 билан, $X = 1$ ни ρ_2 билан белгилаймиз. Шунингдек, чиқишлар ва ҳолатлар ўртасида қуйидаги мосликни ўрнатамиз. У ҳолатга $Z_1 = 1$ чиқиш, y_2 га $Z_2 = 1$ чиқиш мос келади ва ҳоказо. Методниг ҳамма усулларини $n = 8$ бўладиган ҳол учун бажарамиз. (20.23) формуладан элементар автоматлар сони $k = \log_2 8 = 3$ га тенглиги келиб чиқади.

КТҚ ишлашининг умумий шароитлари ёзувидан ўтишлар жадвалини тузамиз (20.13- жадвал).

20.13- ж а д в а л. **Ўтишлар жадвали**

x \ y	y_1 Z_1	y_2 Z_2	y_3 Z_3	y_4 Z_4	y_5 Z_5	y_6 Z_6	y_7 Z_7	y_8 Z_8
ρ_1	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8
ρ_2	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_1

Икки ҳолатларни кодлаш натижалари 20.14-жадвалда келтир
ган.

20.14-жадвал. **Ички ҳолатларни кодлаш**

y \ U	U_1	U_2	U_3
y_1	0	0	0
y_2	0	0	1
y_3	0	1	0
y_4	0	1	1
y_5	1	0	0
y_6	1	0	1
y_7	1	1	0
y_8	1	1	1

Элементар автоматларнинг учта тури учун ўтишларни
кенгайтирилган кодланган жадвалини тузамиз: такт уч
кечиктириш элементи, алоҳида киришли триггер саноқ кир
шли триггер. У 20.15-жадвалда кўрсатилган.

Бу жадвалнинг ўзига хос хусусияти шундаки, t пайтда
ҳолатни кодлаш такт учун кечиктириш элементига киришла
билан мос тушади, бу унинг ишлашини мазмунан қараб ч
қишдан ва тегишли ўтишлар матрицасидан келиб чиқади.

Такт учун кечиктириш элементи учун

$$\begin{cases} U_1 = X \cdot \overline{U}_1 \cdot \overline{U}_2 \cdot \overline{U}_3 \vee X U_1 U_2 X U_2 \vee \overline{X} U_1 \\ U_2 = X \cdot U_2 \overline{U}_3 \vee X \overline{U}_2 U_3 \vee \overline{X} U_2 \\ U_3 = X \overline{U}_3 \vee \overline{X}_3 U_3 \end{cases} \quad (20.2$$

Алоҳида киришли триггер учун:

$$\begin{cases} U_{01} = X U_1 U_2 U_3 \\ U_{11} = X \overline{U} U_2 U_3 \\ U_{01} = X U_2 U_3 \\ U_{12} = X \overline{U}_2 U_3 \\ U_{03} = X U_3 \\ U_{13} = X \overline{U}_3 \end{cases} \quad (20.2$$

Саноқ киришли триггер учун:

$$\begin{cases} U_1 = X U_2 U_3 \\ U_2 = X U_3 \\ U_3 = X \end{cases} \quad (20.3$$

(20.28), (20.29), (20.30) тенгламалардан саноқ киришли три
гернинг элементар автомат сифатида қўллаииши минимал ком
бинацияланган қисмли структурани беради.

n — чиқишлар ҳоли учун индуктив равишда саноқ киришл
тригерларнинг а.э.у.ф. ни КТҚ учун қуйидаги кўринишда ёзи
мумкин:

20.15-жадвал. **Ўтишларни кенгайтириб кодлаш**

Тартиб №	x	$y_1(t-1)$	$y_2(t-1)$	$y_3(t-1)$	Такт учун кечикиш			Саноқ киришли триггер.			Алоҳида киришли триггер					
					U_1	U_2	U_3	U_1	U_2	U_3	U_{01}	U_{11}	U_{02}	U_{12}	U_{03}	U_{13}
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*d*	0	*d*	0	*d*	0
2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	*d*	0	*d*	0	0	*d*
3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	*d*	0	0	*d*	*d*	0
4	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	*d*	0	0	*d*	0	*d*
5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	*d*	*d*	9	*d*	0
6	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	*d*	*d*	0	0	*d*
7	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	*d*	0	*d*	*d*	0
8	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	*d*	0	*d*	0	*d*
9	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	*d*	0	*d*	0	0	1
10	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	*d*	0	0	1	1	0
11	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	*d*	0	0	*d*	0	1
12	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0
13	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	*d*	*d*	0	0	1
14	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	*d*	0	1	1	0
15	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	*d*	0	*d*	0	1
16	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0

$$\begin{cases} U_1 = X\,U_2\,U_3 \cdot U_4 \ldots U_k \\ U_2 = X\,U_3 U_4 U_i \ \ldots U_k \\ \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \\ U_i = X\,U_{i+1} \cdot U_{i+2} \ldots U_k \\ U_k = X \end{cases} \qquad (20.31)$$

Бу ерда $k = \log_2 n$, $n = 4, 8, 16, 32, \ldots, 2^k$

Чиқишларнинг вазифасини бажарувчи схема ҳамма бирикмаларга мўлжалланган дешифратордан иборат.

Шундай қилиб, биз чекли автоматлар назарияси методларининг даврий жараёнларни бошқариш системаларини таҳлил ва синтез қилиш учун қўлланиш имкониятларини кўрсатдик. Бироқ шуни таъкидлаб ўтиш керакки, чекли автоматлар назариясининг қўлланиш соҳаси шу билангина чекланиб қолмайди, у мураккаб системаларни таҳлил қилиш ва синтез қилиш учун самарали методлар беради.

Учинчи бўлим

АВТОМАТЛАШТИРИШ СИСТЕМАЛАРИНИ ЛОЙИҲАЛАШ

XXI БОБ. ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ СИСТЕМАЛАРНИ ЛОЙИҲАЛ

XXI.1-§. АВТОМАТЛАШТИРИШ ЛОЙИҲАСИНИНГ ВАЗИФАС ВА ЛОЙИҲАЛАШ МАСАЛАЛАРИ

Саноатнинг кимё, озиқ-овқат ва бошқа тармоқлари амалдаги корхоналарини замоналаштириш ва янгиларини тиш ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштириш турли масалаларини ҳал қилиш билан боғлиқ катта ҳажм ишларни бажаришни кўзда тутади. Автоматлаштириш с... маларини ишлаб чиқиш ва бевосита ишлаб чиқариш жараё ларига жорий қилиш — кўп босқичли жараёндир. Унга илми тадқиқот, лойиҳалаш ва монтаж-созлаш ишлари, шунингде ишлатиш жараёнида автоматлаштириш системаларини ишончли ишлашини таъминловчи тадбирлар мажуаси к ради.

Замонавий ишлаб чиқаришнинг ишлаб чиқариш жараёнл рини автоматлаштиришда ҳал қилинадиган масалалар мут хассислардан турли автоматлаштириш асбобларининг тузили ва ишлаш принципларини, автоматик системаларнинг турл кўринишлари ва синфларини ясаш методларини билишни ҳа технологик жараёнларни автоматлаштириш соҳасидаги ишла билан бирга аниқ ва бир қийматли алмашиш мумкин бўлга умумий техник тилни эгаллашни ҳам талаб қилади. Бу бир технологик жараёнини автоматлаштиришнинг мантиқий ҳисо ланган ва техник жиҳатдан асосланган системасининг авт матлаштириш системаларини монтаж қилиш, созлаш ва ишл тиш масалалари билан шуғулланувчи мутахассислар уч бирдай тушунарли бўладиган тилда ифодаланиши керак, д мақдир. Бунда барча мутахассисларда яратилаётган автома лаштириш системасининг асбоб билан таъминланиши, бери ган ростлаш қонунларини амалга ошириш, асбобларни автоматлаштириш воситаларини монтаж қилиш усулларин импульсли ва команда линияларини ва манба линиялари ўтказиш соҳасида тушунча ягона бўлиши керак.

Бу бир сўздан тушунишга, масалан, монтаж ишлари, ишловчилар системани ишлаб чиқиш ёки ишлатиш жараёни монтажчиларнинг бевосита иштирокисиз қай тарзда эриши мумкин? Бундай бир-бирини тушуниш махсус ишлаб чиқил диган техник ҳужжат воситасида таъминланади, бу ҳужж технологик жараённи автоматлаштириш лойиҳаси дейилад

XXI.2-§. АВТОМАТЛАШТИРИШ СИСТЕМАЛАРИНИ ЛОЙИҲАЛАШ БОСҚИЧЛАРИ

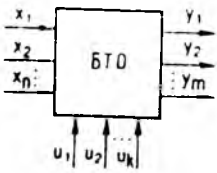
Янги саноат объектларини қуриш ва мавжуд корхоналарни қайта қуриш лойиҳа асосида амалга оширилади. Лойиҳа техникавий ҳужжатларнинг комплексидан иборат бўлиб, буларга объектни қуриш ёки қайта қуриш зарурлигини принципиал равишда асословчи ёзувлар, ностандарт ускуналарни тайёрлаш учун лозим бўлган, шунингдек, ҳамма турдаги қурилиш-монтаж ва созлаш ишларини амалга ошириш учун керак бўлган тахминий ҳисоблашлар ва чизмалар киради.

Қурилаётган объектнинг мураккаблигига қараб лойиҳа маълум қисмлардан иборат бўлади. Лойиҳада технология-иқтисодий, технологик, қурилиш, сантехника, электр, автоматика каби қисмлар бўлиши мумкин. Автоматлаштириш лойиҳасининг бир бўлими бўлган технологик жараёнларни назорат қилиш ва автоматик ростлаш ҳамда бошқариш қисмини шу соҳага ихтисослаштирилган ташкилот ёки технологик лойиҳалаш институтининг автоматлаштириш бўлими (гуруҳи) амалга оширади. Бу лойиҳа технологик жараёнларнинг рационал ишлашини ва ускуналар ишидаги хавфсизликни таъминловчи назорат ўлчов асбобларини, ростлагичлар, автоматика ва сигнализация қурилмаларини, лойиҳалаштирилаётган объектда ишлатиладиган техникавий ҳужжатларни ўз ичига олади.

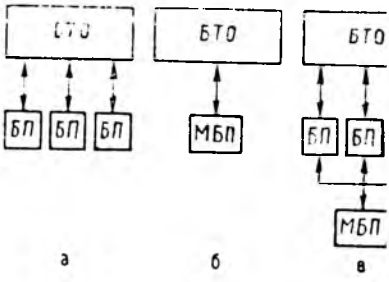
Лойиҳалашни бажаришда лойиҳанинг технологик қисмини ишлаб чиқувчи ташкилот ва ёки буюртмачи берган топшириқ асос бўлиб хизмат қилади. Айрим вақтларда топшириқни тузишда автоматлаштириш лойиҳасини бажарувчи ташкилот ҳам жалб этилади. Лойиҳалаш топшириқларига қуйидагилар киради: а) лойиҳалаштирилаётган объектнинг таркиби, технологик жараённинг қисқача баёни, қурилма ва ускуналарнинг характеристикаси; б) атроф-муҳитнинг характеристикаси кўрсатилган ҳолда назорат қилинадиган ва ростланадиган катталикларнинг натижаси; в) назорат қилиш ва ростлашда рухсат этилган хатолар ва асбобларнинг функционал белгилари (кўрсатиш, ёзиш, интегралаш, сигнализация ва бошқалар).

Назорат, автоматик ростлаш ва бошқариш системаларини лойиҳалаш махсус кўрсатмаларга мувофиқ амалга оширилиши мумкин.

Ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштириш системаларини лойиҳалаш босқичида бошқаришнинг технологик объектлари (БТО) муфассал таҳлил қилиниши керак. Бунда таҳлил системаси бўлиши, ишлаб чиқариш жараёнини техник жиҳозлаш ва технология, хомашё ва тайёр маҳсулот сифати, жараённи бошқаришни ташкил этиш нуқтаи назаридан тадқиқ этишни кўзда тутиш лозим. Таҳлил жараёнида аниқ ишлаб чиқаришнинг технологик жараёнлари ўрганилади, жараённи ифодаловчи катталиклар аниқланади, улар орасидаги ўзаро боғланиш топилади.



21.1- расм. Бошқариш объекти сифатида технологик жараён.



21.2- расм. Автоматлаштириш системасининг структура схемалари.

а — марказлаштирилмаган; *б* —марказлаштирилган бир погонали; *в* — марказлаштирилган икки погонали.

БТОнинг жорий ҳолатини (21.1-расм) қуйидаги катталар белгилайди:

дастлабки маҳсулотлар (хомашё ёки олдинги технологик жараён маҳсулоти) ва энергетик оқимларнинг сифати ва миқдорини ифодаловчи кириш X_1, X_2, ..., X_3 катталиклар;

қаралаётган жараённинг ҳолатини (температура, сарф, босим хоссаларини (зичлик, қовушоқлик, pH) ифодаловчи чиқиш y_1, y_2, . . . y_n катталиклар;

U_1, U_2, . . . , U_k ростловчи таъсирлар, улар ёрдамида технологик режим тутиб турилади.

БТО таҳлили натижалари автоматлаштириш тизимининг самарали тузилмасининг аниқ масалаларини аниқлашдирматлаштириш тизимининг энг оддий тузилмалари бир поламали марказлаштирилган системалар бўлади (21.2-расм). Бундай тизимлар технологик жараёнлар (ТЖ) функционал боғланмаган ёки ўзаро кучсиз боғланган ишлаб чиқариш бўлинмаларида қўлланилади. Бу системаларда ҳар бир участка учун ёки ишлаб чиқариш бўлинмаси учун шахсий (индивидуал) бошқариш пунктлари (БП) яратилади, улар автоматлаштириш объекти учун зарур барча воситалар билан жиҳозланади. Уларда қуйидаги вазифалар ҳал қилинади: технологик катталикларни ўлчаш ва назорат қилиш, уларнинг чегара қийматлари ҳақида сигнал бериш, технологик регламент билан аниқланадиган параметрларни ушлаб туриш. Бу системаларда бир турдаги ТЖ лар учун (масалан, иситиш жараёни учун аппаратурани расмийлаштириш ва қайта ишланаётган маҳсулотнинг хоссаларидаги фарққа қарамасдан автоматлаштириш бўйича умумий ечимлардан фойдаланилади. Автоматлаштириш системасини зарур ва етарлича аниқ маълумот билан таъминловчи ростланувчи катталикни ва назорат нуқталарини тўғри танлашдадир.

Ҳозирги пайтда ишлаб чиқариш жараёнларини автома

аштириш автоматлаштириш системаларининг жиҳозланиши-нинг турли даражада бўлиши билан ифодаланади. Технологик ошқариш объектлари — агрегатлар, қурилмалар, ишлаб иқариш тизимлари ва цехлари — марказлашган автоматлаш-ириш системалари билан борган сари кўпроқ жиҳозланмоқда (1.2-расм, *б*). Бу системалардан марказий бошқарув пультига МБП) объект тўғрисидаги барча ахборот чиқарилади. Мар-казлаштирилган системалардан ишлаб чиқаришларда фойда-ланиш тажрибаси қуйидаги кўринишдаги бир қатор камчи-ликларни аниқлади: автоматлаштириш системасининг ишлаши ишончлилиги МБП ида хатоларни тузатиш мумкин бўлмаган-иги туфайли пасайди; МПБ ни ва алоқа линияларини техник иҳозлашга кетадиган ҳаражатлар ошди, бу МБП даги барча ператив ахборотнинг тўпланишига боғлиқ МБП да таъмир-аш ва профилактик ишларни бажариш куну-тун ишловчи злуксиз ТЖ ли корхоналар учун мураккаблашди.

Санаб ўтилган камчиликлар марказлашган икки сатҳли икки поғонали) автоматлаштириш системаларини ишлаб иқиш учун асос бўлади (21.2-расм, *в*), уларда МБП марказ-ашмаган системалардаги каби ана шу вазифаларни малга оширувчи шахсий (индивидуал) бошқариш пунктла-ини тўлдиради. МБП да (юқори даража) БТО (бошқариш-инг технологик объектлари) ҳақидаги ахборотга ишлов бери-ади ва БТО нинг айрим агрегатлари иш режимини ўзгарти-увчи командалар шаклланади.

Қўпчилик замонавий корхоналарни киритиш мумкин бўл-ан мураккаб объектларни марказлашган автоматлаштириш истемалари МБПга келаётган катта ҳажмдаги ахборотга ишлов бериш ва таҳлил қилиш учун ҳусоблаш техникаси (ҲТ) оситаларидан фойдаланиш даражасига қараб кенг тарқал-оқда. БТО ҳақидаги ахборотнинг МБП да тўпланиши ундан ъектни оптимал бошқаришни амалга ошириш учун оператив ойдаланишга имкон беради, бу фақат технологик қурилма-инг унумдорлигини ва ишлаб чиқарилаётган маҳсулотнинг фатини ошириб ҳамда хом ашё исрофини камайтирибгина олмай, балки бошқарувни янгича ташкил этишни ҳам — тех-ик иқтисодий кўрсаткичларни оператив ҳисоблашни, айрим шлаб чиқариш агрегатларининг ва умуман корхонанинг шини мувофиқлаштиришни таъминлайди. Тузилиш схемасида втоматлаштириш системаларига эга бўлган ҲТ воситалари хнологик жараёнларни автоматик бошқариш системалари ГЖАБС) дейилади.

Технологик жараёнларни автоматлаштириш системаларини ойиҳалаш бир ва икки босқичда бажарилади. Икки босқичли ойиҳалашда техникавий лойиҳа (ТЛ) тузилиб, иккинчи бос-ичда ишчи чизмалар (ИЧ) яратилади. Бир босқичли лойиҳа-ашда иккала босқич бирлаштирилган бўлиб, буни техник шчи лойиҳа (ТИЛ) дейилади. Бир босқичли лойиҳалаш анча улайдир. Бу ҳолда содда объектларнинг автоматлашган сис-

темалари лойиҳаларини тузиш ва мураккаб бўлмаган типа лойиҳаларни жорий этиш ёки иқтисодий жиҳатдан тежа индивидуал лойиҳаларни қайта ишлатиш мақсадга муво ҳисобланади.

Технологик жараёнларнинг автоматлаштириш система рини ҳисоблаш машиналарини ишлатиб лойиҳалаштириш шунингдек, янги ўзлаштирилмаган, ёки жуда мураккаб нологияли ишлаб чиқариш, ёхуд янги ускуналар ишлатил объектларни автоматлаштиришда юқорида кўрсатилган ло ҳалаштириш босқичларидан аввал илмий-текшириш ёки т риба-конструкторлик ишлари амалга оширилади, уларн натижаларидан эса лойиҳа тузишда фойдаланилади.

Техникавий лойиҳани яратиш жараёнида автоматлашти системаларининг ҳажми, тузиш асослари ва уларни ам оширувчи техникавий воситаларнинг комплексларини лашни асослаб бериш, шунингдек, автоматлаштириш сист ларининг смета нархларини аниқлаш лозим. Бундан ташқ техникавий лойиҳа босқичларида технологик жараёнлар асосий технологик ускуналарнинг автоматлаштириш шар рига мувофиқлик масалалари кўрилади ва лозим топи автоматлаштиришга мос шароит яратиш мақсадида ул модернизациялаш ёки қайта қуриш учун тадбирлар рилади.

Ишчи чизимларни яратишда шчит ва пультларни та лаш, автоматлаштириш воситалари ва асбобларини тан ҳамда буюртма, шунингдек, қурилиш ва монтаж ишлар амалга ошириш учун етарли бўлган техникавий лойиҳа вазифалари аниқланади ва деталлаштирилади. Автомат тириш системалари ишчи чизмаларининг ҳажми ва тар қурилиш ва монтаж ишларини замонавий усулларда ам ошириш имконини бериши ва монтаж майдонидан ташқар тайёрланган блоклардан фойдаланишни ҳам қамраб ол лозим.

Техник лойиҳада қуйидаги ҳужжатлар ишлаб чиқил технологик жараёнларни автоматлаштириш схемалари, ш лар, пультлар ва ҲТ воситаларини жойлаштириш режал автоматлаштириш асбоблари ва воситалари, ҲТ воситал шчитлар, пультлар, электроаппаратуралар, монтаж қи буюмлари ва бошқаларнинг буюртма ҳужжатлари, тушунти хати.

Ишчи чизмаларни бажариш босқичида қарорлар аниқ тирилади. Бу босқичда назорат, автоматик ростлаш, бо риш, сигнализация ва манбанинг принципиал электр ва матик схемалари ишлаб чиқилади; шчит ва пультлар умумий кўринишлари; шчит ва пультларнинг монтаж қи схемалари; ташқи электр ва трубали ўтказгичларнинг сх лари; асбобларнинг, автоматлаштириш воситаларининг, воситаларининг, электроаппаратуранинг, шчитлар ва п ларнинг, кабеллар ва ўтказгичларнинг, монтаж қилиш

риаллари ва буюмларнинг буюртма спецификациялари ишлаб чиқилади.

Технологик жараёнларни автоматлаштириш системаларини лойиҳалашда лойиҳа ҳужжатларининг сифатини ошириш, уларнинг ҳажмини ва муддатини қисқартириш учун автоматлаштирш соҳасида илғор саноат тажрибаларини ўзида мужассамлаштирган инструктив ва норматив материалларга асосланиш, шунингдек, умумсаноат ва тармоқ характерига эга бўлган норматив материаллардан фойдаланиш керак. Технологик жараёнларни автоматлаштириш системаларининг лойиҳаларини яратишда типавий лойиҳалар, ечимлар, конструкциялар ва шу кабилардан максимал даражада фойдаланиш керак.

Автоматлаштириш системаларини лойиҳалаш мураккаб ва меҳнат талаб жараён бўлса, унда ижодий иш (мухандислик таҳлили, ечимлар вариантларини тайёрлаш) типавий лойиҳавий ечимлардан фойдаланиш билан қўшиб олиб борилгани учун кўпчилик жамоаларнинг кучи автоматик лойиҳалаш системаларини (АЛС), автоматлаштириш системаларини ишлаб чиқиш билан боғлиқ масалаларни ҳал этишга қаратилган. Бунда АЛС деганда лойиҳалашнинг турли босқичларида масалаларни босқичма-босқич ҳал этишни таъминловчи ЭҲМлар учун ҳисоблаш программалари тўплами тушунилади. Бу ишларни бажаришнинг биринчи босқичи тармоқ лойиҳа ташкилотларида тармоқда фойдаланиладиган автоматлаштиришнинг техник воситалари номенклатурасини акс эттирувчи ахборот ҳисоблаш базасини яратиш ҳисобланади.

Ҳозирги пайтда автоматлаштириш системаларини лойиҳалашнинг ноижодий қисми маълум даражада формалаштирилган ва замонавий ҲТ воситаларидан фойдаланиб ҳал қилинмоқда, автоматлаштириш элементлари ва воситаларини ҳисоблаш, АҲВ ини таҳлил ва синтез қилиш, лойиҳалашнинг матн ва чизма қисмларини расмийлаштириш (безаш). Лойиҳалашни автоматлаштириш, лойиҳавий ҳужжатларни ишлаб чиқиш муддатларини камайтиради ва унинг сифатини оширади.

XXI.3-§. ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ СХЕМАЛАРИ

Автоматлаштиришнинг принципиал схемаси лойиҳанинг асосий техникавий ҳужжати бўлиб, у технологик қурилманинг автоматлаштирилиш даражаси ва принципини кўрсатади. Бунда бошқариш системасини тузишнинг бош босқичида қабул қилинган барча принципиал ечимлар ўз ифодасини топади. Чизма бошқариш объекти, назорат, ростлаш, дастурли бошқариш, сигнализация, блокировка, ҳимоя ва автоматлаштиришда ишлатиладиган воситалар ҳақида тушунча бериши лозим. Одатда сигнализация, блокировка ва ҳимоя махсус чизмаларда кенгайтирнб берилади. Принципиал чизмаларда бошқариш органлари ва коммуникациялар билан бирга техноло-

ник қурилмаларнинг чизмаси, автоматлаштириш воситаларин технологик агрегатларнинг турли қурилмалари билан автома лаштириш воситалари ўртасидаги ўзаро боғланишларни сх матик кўрсатилади.

Автоматлаштириш масалалари технологик воситаларда фойдаланиб ҳал этилади, бу воситаларга танланган қурилм лар, дастлабки ахборотни аниқловчи воситалар, ахборот алмаштириш ва қайта ишлов бериш воситалари, хизмат кўрс тувчи ходимларга ахборотни таништириш ва чиқариб бери воситалари ҳамда ёрдамчи воситалар киради.

Технологик жараёнларни автоматлаштириш схемалари (ТЖАС) ишлаб чиқишда қуйидаги қоидаларга амал қили лозим:

1) автоматлаштиришнинг техник воситаларини танлаш технологик жараённинг характерини, жараённинг ёнғинга портлашга мойиллигини; атроф муҳитнинг заҳарлилигини агрессивлигини; ўлчанаётган муҳитнинг физик-кимёвий хосс ларини ва параметрларини; ўлчов ўзгарткичларининг ўрнати ган жойидан назорат ва бошқарув пунктларигача ахборот сиг налларини узатиш узоқлигини (масофасини), бошқариш сис темасига ишончлилиги аниқлиги ва тез таъсир кўрсатиш хусусидаги талабларни ҳисобга олиш зарур;

2) ТЖАС автоматлаштиришнинг ҲТ нинг сериялаб ишла чиқариладиган воситалари асосида қурилиши керак; бун қўшилиши (бирикмаси) соддалиги, ўзаро боғланувчанлиги шчитларда ва бошқарув пультларида жойланиши қулайли билан ифодаланувчи бир хиллаштирилган системалардан фо даланиш мақсадга мувофиқдир;

3) автоматлаштириш системалари фақат сериялаб чиқ рилган аппаратура асосидагина ясалиши мумкин бўлмаган ҳо ларда лойиҳалаш жараёнида янги автоматлаштириш воси ларини ишлаб чиқиш учун техник вазифалар берилади;

4) ёрдамчи энергиядан (электр ёки пневматик) фойда нувчи автоматлаштириш воситаларини танлаш автоматла тириладиган объектнинг ёнғин чиқиши ва портлашга хавфл лик шароитлари билан, ахборот ва бошқариш сигналларини тез ишлаши ва узатиш масофасига қўйиладиган талабл билан белгиланади;

5) диспетчерлик шчитлари ва пультларида ўрнатиладиг сигнализация ва бошқариш асбоблари ва аппаратураси ми дори чекланган бўлиши керак. Аппаратуранинг ортиқча (кў бўлиши хизмат кўрсатувчи ходимларнинг диққат эътибори технологик жараённинг кечишини белгиловчи асосий автом лаштириш воситаларидан четга тортади, қурилмани ишл тишни мураккаблаштиради, унинг таннархини ошириб юб ради;

6) ТЖАСини ишлаб чиқишда системадаги бошқар вазифаларини орттира бориш имконини ҳисобга олиш кер

Автоматлаштириш схемасининг юқори қисмида технолог

схема тасвирланади, у ТБО нинг ишлаш принципи ҳақида тасаввур бериши керак. Принципиал чизмаларда датчикларнинг сезгир элементлари, ростлаш органилари ва ижро этувчи механизмлари технологик чизманинг тахминан монтаж қилиниши лозим бўлган нуқталарида ифодаланади.

Технологик чизмаларда технологик жараённинг характерини ифодалайдиган кўринишда агрегатлар соддалаштириб кўрсатилади; бунда масштабга эътибор берилмайди; лекин агрегатларнинг шакли тахминан ўхшаш бўлиши керак.

Технологик чизмалар, одатда, чапдан ўнгга қараб ўқилади. Аппаратларни ифодалайдиган чизиқларнинг қалинлиги 0,2 ... 0,3 мм бўлиши керак. Чизмада ҳар бир аппарат белгиланиб кўрсатилади. Агар аппаратлар рақамлар билан белгиланган бўлса, у ҳолда ускуналарни кўрсатувчи жадвал (экспликация) берилади.

Технологик қурувларни автоматлаштиришнинг принципиал чизмасида суюқлик, буғ ва газ учун мўлжалланган қурувлар шартли белгилар асосида ифодаланади. Уларнинг баъзилари 21.1-жадвалда келтирилган. Қурув чизиқларининг узилишида ёнма-ён рақамлар орасидаги масофа 50 мм дан кам бўлмаслиги керак. Агар технологик чизмада назарда тутилмаган суюқ ёки газсимон муҳитларнинг белгилари учраса, бошқа рақамлардан фойдаланиш мумкин, фақат бу ҳолда чизманинг бир четида қабул қилинган шартли белгиларга изоҳ берилиши керак.

Чизмларни ўқишни осонлаштириш мақсадида трубопровод белгиларига модда йўналишини кўрсатувчи стрелкалар қўйи-

21.1-жадвал. Қувурларнинг шартли белгилари

Қувурдаги маҳсулот	Шартли белгилари	Рангли белгилаш	
		ранги	бўёқ
Лойиҳада кўп учрайдиган суюқлик ёки газ	—	Қизил	Киноварь, кармин, сурик, қора тушь
		Қора	
Сув	—1—1—	Кўк	Лазурли гуммигут
Буғ	—2—2—	Кул ранг	Паст эритилган киноварь, кармин
Ҳаво	—3—3—	Зангори	Лазурь, кобальт
Азот	—4—4—	Тўқ сариқ	Охра
Кислород	—5—5—	Яшил	Ультрамарин
Аммиак	—11—11—	Қўнғир	Паст эритилган қора тушь
Кислота	—12—12—	Алифтли	Охрали яшил
Ишқор	—13—13—	Қўнғир жигар ранг	Селия
Ёғ	—14—14—	Жигар ранг	Куйдирилган сиена
Суюқ ёқилғи	—15—15—	Сариқ	Гуммигут
Водород	—16—16—	Оч сариқ	Охрали киноварь
Ёнғинга қарши қувурлар	—26—26—	Қизил	Киноварь, кармин, сурик
Вакуум қувурлар	—27—27—	Оч қўнғир	Сюлтирилган қора тушь

21.2-жадвал. **Автоматлаштириш асбобларининг график шартли тасвири**

Номи	Белгиланиши
Шчитдан ташқарида (жойида) ўрнатилган асбоб	
Шчитда, пультда ўрнатилган асбоб	
Ижрочи механизм. Умумий белгиланиши.	
Боғланиш чизиқлари	
Боғланиш чизиқларининг ўзаро кесишиши	
Температурани ўлчаш учун жойига кўра ўрнатилган дастлабки ўлчов ўзгарткичи (сезгир элемент)	
Ўрнига кўра ўрнатилганини кўрсатувчи температурани ўлчаш учун асбоб	
Шчитда ўрнатилганини кўрсатувчи температурани ўлчаш учун асбоб	
Ўрнига кўра ўрнатилган кўрсатгичларни масофадан туриб температурани ўлчаш учун шкаласиз асбоб	
Шчитда ўрнатилганини кўрсатувчи бир нуқтали, қайд этувчи температурани ўлчовчи асбоб	
Шчитда ўрнатилган, қайд этувчи, автоматик айланиб чиқувчи қурилмали температурани ўлчовчи асбоб	
Шчитда ўрнатилган, пропорционал — интеграл ростловчи, қайд этувчи температурани ўлчаш учун асбоб	
Жойига кўра ўрнатилган, шкаласиз позицион қонун билан ростланувчи температура ростлагичи	

Ндми	Белгиланиши
Жойига қараб ўрнатилган, контакт қурилмали шкаласиз температура ўлчаш учун асбоб	
Шчитда ўрнатилган, юқори ва пастки сатҳларида сигнализацияли, контактли қурилма билан кўрсатувчи сатҳни ўлчовчи асбоб	
Шчитда ўрнатилган, вақтинча дастур бўйича жараённи бошқариш учун асбоб	
Жойига кўра ўрнатилганини кўрсатувчи маҳсулот сифатини ўлчовчи асбоб	
Жойига кўра ўрнатилган сигнал ўзгарткич. Кириш сигнали пневматик, чиқиш сигнали — электрик	
Кўпайтириш вазифасини бажарувчи ҳисоблаш қурилмаси	
Электр двигателни бошқариш учун юргизиш аппаратураси	
Шчитда ўрнатилган, масофадан бошқариш бойпас панели	
Шчитда ўрнатилган, бошқаришни танлаш учун мўлжалланган бошқарув калити	
Ростловчи орган	

21.3-жадв

Ўлчанаётган катталиклар ва асбобларнинг функционал белгиларининг ҳарфий белгиланиши

Белги	Ўлчанадиган катталик		Асбобнинг функционал белгиси		
	асосий белгиланиши	қўшимча белгиланиши	ахборотнинг акслантириши	чиқиш сигналининг шакллантириши	қўшимча қиймат
A	+	—	Сигнализация	—	+
B	+	—	—	—	—
C	+	—	—	Автоматик ростлаш, бошқариш	—
Д	Зичлик	Фарқ, ўзгариш	—	—	—
E	Истаган электр катталик	—	+	—	—
F	Сарф	Нисбат, каср	—	—	—
G	Ўлчам, силжиш, ҳолат	—	+	—	—
H	Қўлда таъсир	—	—	—	Ўлчанаётган катталикнинг юқори чегара
I	+	—	Кўрсатиш	—	—
J	+	Автоматик уланиш, сурилиш	—	—	—
K	Вақт, вақтли дастур	—	—	+	—
L	Сатҳ	—	—	—	Ўлчанадиган катталикнинг пастки чегара
M	Намлик	—	—	—	—
N	+	—	—	—	—
O	+	—	—	—	—
P	Босим, вакуум	—	—	—	—
Q	Сифатни ифодаловчи катталик	Вақт бўйича интегралаш, жамлаш	—	+	—
R	Радиоактивлик	—	Қайд этиш	—	—
S	Тезлик, частота	—	—	Улаш, узиш қайта улаш, блокировка	—
T	Температура	—	—	+	—
U	Бир нечта турли ўлчанувчи катталиклар	—	—	—	—
W	Масса	—	—	—	—
V	Қовушоқлик	—	+	—	—
X	Тавсия этилмайдиган заҳира ҳарф	—	—	—	—
Y	+	—	—	+	—
Z	+	—	—	—	—

Эслатма: «Плюс» ишораси билан белгиланган ҳарфий белгилаш за белги бўлиб, «минус» ишораси билан белгиланганлари фойдаланилмайди.

1.4-жадвал. **Асбобларнинг функционал белгиларини акс эттирувчи қўшимча ҳарфий белгилашлар**

Белгилашлар	Номланиши
	Сезгир элемент (бирламчи ўзгартириш) Масофадан узатиш (оралиқ ўзгартириш) Бошқариш станцияси Ўзгартириш, ҳисоблаш функциялари

ади, шунингдек, чизмада принципиал вазифага эга бўлган ўсувчи мосламаларнинг белгилари ҳам берилади. Трубопровод белги чизиқларининг кенглиги 0,6 ... 1 мм бўлиши керак.

Автоматлаштиришнинг принципиал чизмасида технологик жараённи автоматик бошқариш воситаларининг ҳаммаси шартли равишда кўрсатилади. Принципиал чизмаларда автоматлаштириш воситаларининг шартли тасвирлари ГОСТ 1.404—85 талаблари асосида бажарилади (21.2, 21.3, 21.4-жадваллар).

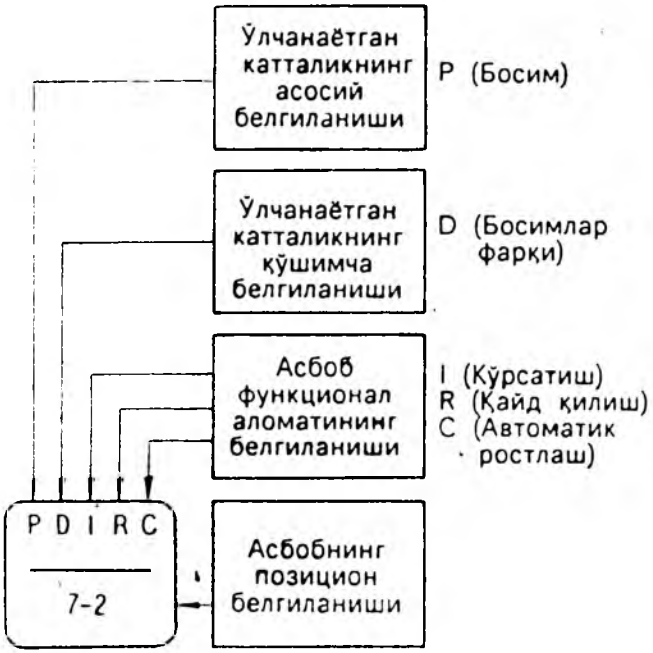
Автоматлаштириш принципиал чизмасининг пастки қисмида бошқариш шчити ва пультига монтаж қилинадиган назорат ва автоматика асбоблари кўрсатилади.

Автоматлаштириш асбоблари ва воситаларини ва шартли белгиларини белгилашнинг икки усули тавсия этилади: соддалаштирилган ва муфассал кенгайтирилган белгилаш услубида мураккаб вазифаларни, масалан, назорат, ростлаш ва сигнализацияни амалга оширувчи ҳамда айрим блок кўринишида ишланган автоматлаштириш асбоблари ва воситалари битта шартли белги билан ифодаланади. Ёрдамчи вазифаларни бажарувчи қурилмалар (фильтрлар, редукторлар, кучайтиргичлар, ток манбалалари, монтаж элементлар ва бошқалар) тасвирланмайди.

Муфассал кенгайтирилган белгилаш услубида ҳар бир асбоб ёки блок алоҳида шартли белги билан тасвирланади.

Асбобнинг шартли белгиланишини 21.3-расм ифодалайди. График тасвирнинг юқори қисмида ўлчанаётган катталикнинг ва асбобнинг функционал белгиларининг ҳарфий белгилари ифодаланади, пастки қисмида эса асбобнинг ёки автоматлаштириш воситалари мажмуасининг позицион белгилари қўйилади. Битта параметрни ўлчаш, сигналлаш ёки ростлаш учун мўлжалланган воситалар тўплами комплект дейилади. Автоматлаштириш воситалари комплектидаги барча асбоблар битта номер билан белгиланади, унинг ҳар бир таркибий қисмига эса (ўлчовчи, ростловчи асбобга ва бошқа элементларга) қўшимча рақамли индекс берилади.

Аппаратура комплектида қўшимча рақамли индексларнинг берилиши қуйидаги кетма-кетликда амалга оширилади: датчик, ўлчовчи ёки ростловчи асбоб, қайта улагич ва ҳоказо. Автоматлаштириш схемасининг (АС) позицион белгиланиши



21.3-расм. ГОСТ 21. 404- 85 бўйича асбобнинг шартли белгиланишини ифодалаш принципи.

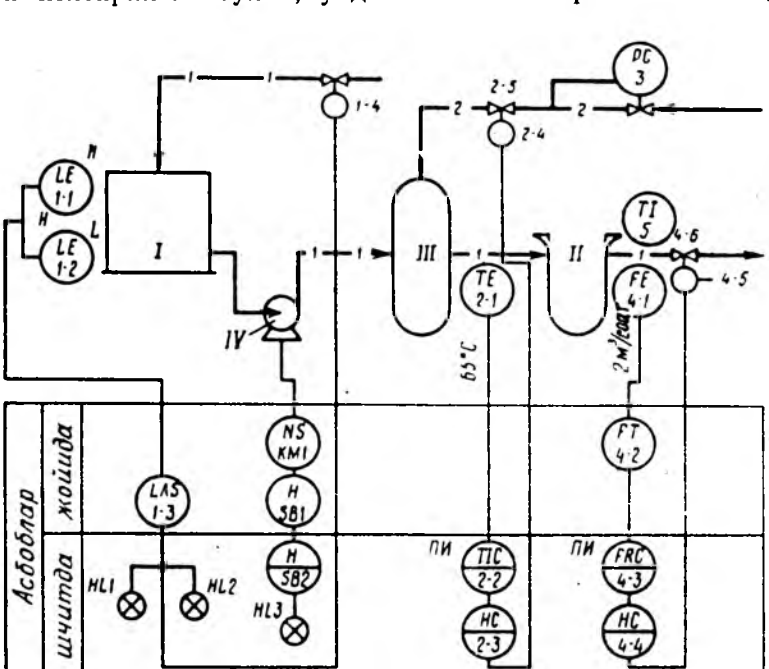
лойиҳанинг барча материалларида сақланади. Асбобнинг ёк қурилманинг (қўлда бошқарилувчи қурилмалардан ташқари белгиланишдаги биринчи рақам ўлчанаётган катталикнинг ном ҳисобланади. Қўлда бажариладиган ишлар учун мўлжалла ган қурилмаларнинг (кнопка, бошқариш калити ва бошқалар ҳарфий белгиланиши Н ҳарфидан бошланиши керак. Асбобни функционал белгиларининг ҳарфий белгиланишининг жойл ниш тартиби *I*, R, C, S, A кетма-кетлик билан белгиланга Чизмаларда иложи борича чизиқлар кам бўлиши ёки кесишиш керак. Агар принципиал чизмаларда чизиқлар кўпайиб кетс адрес усулидан фойдаланилади, бунда жойига ўрнатилган асбоб ларда, кўрсатилган горизонтал чизиқдан 40 ... 80 мм масофад боғланиш йўллари узилади. Худди шу масофада ўлчаш учу импульс олиш жойи ва ижро этувчи механизмлар ўрнатилга ердан боғлаш чизиқлари узилади. Боғлаш чизиқларинин рақамли адреслари қуйи ва юқори узунликларга мос иккит горизонталларда жойлашади. Узилиш ерларида чапдан ўнг тартиб билан ортиб борадиган қилиб номерлар ёзилади. На зорат-ўлчаш асбобларининг тўғри танлангани ҳақида олдин дан фикр юритиш мақсадида боғлаш чизиқларининг қуйи кес малари ёнида ўлчанаётган технологик параметрларнинг эн юқори миқдорлари кўрсатилади. Бундан ташқари, бу маълу

матлардан ўлчаш асбобларининг шкаласини танлаганда фойдаланиш мумкин.

Автоматлаштиришиинг принципиал чизмасини ўқишни осонлатиш мақсадида асбоблар ва ростлагичларнинг шартли ифодасида кириш сигналларини тепадан, чиқиш синалларини эса пастдан улаган маъқул. Агар чизмада бир хил характеристикали жойига ўрнатилган асбоблар кўп маротаба қайтарилса, у ҳолда «Маҳаллий асбоблар» тўртбурчагига фақат битта асбоб белгиланишини чизишга рухсат берилади (бу биринчи навбатда манометрларга тегишли) бундай асбобларнинг позиция номерлари кўрсатилади. Бу ҳолларда айрим қурилмалардан чиққан боғланиш йўлларини бирлаштириш мақсадга мувофиқдир. Шунингдек, бир неча датчикдан чиқиб, сигнал битта иккиламчи асбобга борганда (масалан, агар бир нечта қаршилик термометрлари битта кўприк билан ишлаганда) ҳам йўлларни бирлаштириб кўрсатиш мумкин.

Автоматик асбобларнинг контактлари сигнал бериш, блокировкалаш ва ҳимоя каби электр чизмаларида ишлатилса, у ҳолда боғлаш йўллари битта горизонтал чизиққа бирлаштирилади ва унга масалан, «Бошқаришнинг электр чизмаси», «Сигнал бериш чизмаси» каби ёзувлар ёзилади.

21.4- расмда мисол тариқасида ТЖ автоматлаштириш схемаси келтирилган бўлиб, унда ишловга берилаётган маҳсу-



22.4- расм. Технологик жараённи автоматлаштириш схемаси.

лотнинг температура ва сарфи АРС амалга оширилган; ма
тралдаги буғ босми АРС тўпланувчи идишдаги сатҳ позиц
АРС; насос электр юритмасини бошқариш системаси.

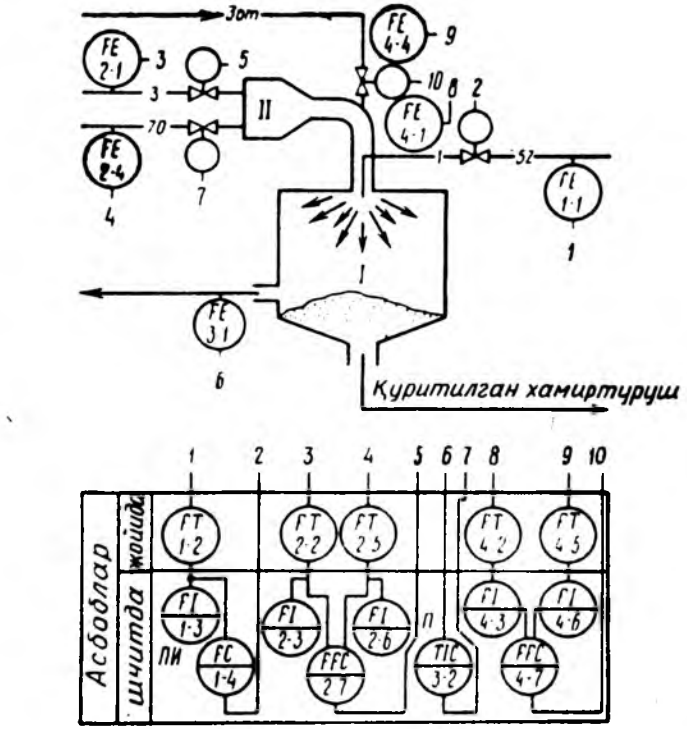
ТЖАС ини ишлаб чиқишда шчитларни ва бошқариш пул
ларини чизманинг пастки қисмида тўғри тўртбурчак кў
нишида тасвирлаш қабул қилинган. Бу тўғри тўртбурчак
худудига назорат, сигнализация ва бошқарувни ростлаш ап
ратураси тасвирланади.

ТЖАСда тасвирланувчи электр аппаратурага (электр ўлч
асбобларига, сигнал лампаларига, кнопкаларга, бошқа
калитларига, қўнғироқларга ва бошқаларга) принципи
электр схемаларда қабул қилинган рақамли ҳарфли белгила
лар киритилади. Баъзи асбобларнинг ва тўғри таъсир қилув
ростлагичлар, кўрсатувчи термометрлар, монометрлар ка
автоматлаштириш воситаларининг принципиал белгилани
лари фақат тартиб номеридан иборат (21.4-расмда бу тўғ
таъсир кўрсатувчи босим ростлагичи РС(3), температура
ўлчаш асбоби ТІ (5), HL1, HL2, HL3 сигнал лампала
КМІ магнитли ишга туширгич, SB1 ва SB2 бошқариш кно
лалари).

Шчит ва пультлардан ташқарига ўрнатиладиган ҳам
бевосита технологик қурилмалар ва коммуникациялар бил
боғлиқ бўлмаган асбоблар ва автоматлаштириш воситала
шартли равишда тўғри тўртбурчак ичида «жойида ўрнати
ган асбоблар» деб кўрсатилади. Бу тўғри тўртбурчак шчитл
ва бошқариш пультлари тўғри тўртбурчаги устида тасвирл
нади.

Технологик схемада I тўплам маҳсулотни қайта ишлаш
узатишдаги нотекисликларни (ҳар хилликларни) йўқоти
учун мўлжалланган, II тўплам эса тўпловчи бўлади. Автома
лаштириш схемаси ундаги сатҳни икки позицияли ростла
учун мўлжалланган. (Юқори) сатҳ *1—1* ва (пастки) сатҳ *1—*
датчиклари маҳсулотнинг тўплагичга узатилишини бошқ
рувчи электромагнит клапан *1—4* га таъсир қилувчи позиц
он ростловчи қурилма *1—3* га сигнал беради. Насос IV ишл
бериш учун узатиладиган маҳсулотнинг температурасини ба
қарорлаштириш вазифасини АРС таъминлайди, унга *2—1* да
чик, кўрсатувчи ва ростловчи асбоб *2—2*, ижро этувчи мех
низм *2—4* ва ростловчи органлар *2—5* киради, у иссиқлик эл
гични III иссиқлик алмаштиргичга узатилишини ўзгартира
АРСда ростловчи органнинг шчитда ўрнатилган масофадан т
риб бошқариш панели *2—3* воситасида бошқариш кўзда т
тилган.

Маҳсулот сарфини барқарорлаштириш АРСда трубопр
водда ўрнатилган датчик *4—1* дан келаётган сигнал орал
ўзгарткич *4—2* орқали кўрсатувчи, ўзиёзар ва ростловчи *4—*
асбобга келади. Қаралаётган контурда сарфланиш каттали
ростловчи клапан *4—6* нинг очиқлик даражасига боғлиқ бў
ган оқимни дросселлаш даражаси билан белгланади. Кўпин



21.5- расм. Пурковчи қуриткични автоматлаштириш схемаси.

АС да ростлагичларнинг тасвири ёнида улар амалга оширадиган ростлаш қонунининг шартли белгиси берилади. 2—2 ва 4—3 ростлагичлар томонидан ПИ- ростлаш қонуии амалга оширилади.

ТЖАСда фойдаланиладиган автоматлаштириш воситаларининг тури, маркаси ва асосий характеристикалари махсус ҳужжатда келтирилади, бу ҳужжат автоматлаштиришнииг истаган лойиҳасининг матни материалнинг такибий қисми ҳисобланади.

Автоматлаштириш воситалари сони катта бўлган мураккаб ТЖАСларни тасвирлашда АС адрес усулида бажарилади. (21.5- расм).

Ёниш камераси II да вужудга келадиган ёндириш газлари ҳаво оқими билан аралашади ва қуритиш камераси I га келади, у ерга хамиртуруш суспензияси ҳам узатилади.

Иссиқ газлар оқими суспензиянинг чангланишини (зарраланишини), пайдо бўлаётган томчиларнинг талаб қилинаётган намликдаги қуришини таъминлайди. Грануларнинг ўртача ўлчами газларнинг ва хамиртурушли суспензия сарфининг нисбатига боғлиқ бўлади. Тайёр маҳсулот қуритиш каме-

расидан чиқарилади, камерада у ажралувчи газлардан ажр
лади.

Пурковчи қуриткич АС қуйидаги асосий ростлаш конту
ларини ўз ичига олади:

1) қуриткичга (1—4 ростлагичга) келадиган хамиртуру
суспензияси сарфи; бу контур қурилманинг барқарор унуми
таъминлайди;

2) ҳаво сарфининг берилган нисбатдаги газ сарфи (2-
ростлагич); бу газнинг тўла ёнишини таъминлайди;

3) қуруқ хамиртурушларнинг қолдиқ намлиги билан ко
рекцияланган чиқувчи газларнинг (3—2 ростлагич) темпер
тураси;

4) ишлатиб бўлинган ҳаво сарфининг берилган нисбат
хамиртуруш суспензияси сарфи билан (4—7 ростлагич); қур
хамиртурушларнинг талаб қилинган гранулометрик таркиби
таъминлаш учун.

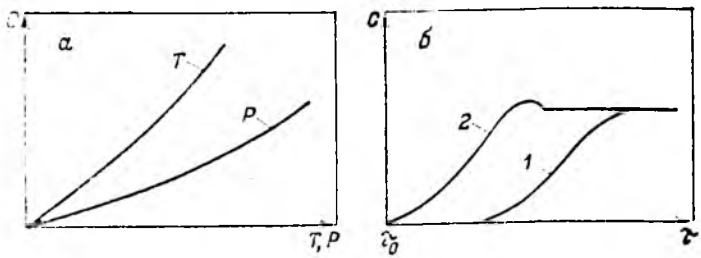
XXI.4-§. БОШҚАРИШ ПАРАМЕТРЛАРИНИ ВА АВТОМАТЛАШТИРИ ВОСИТАЛАРИНИ ТАНЛАШ

Бошқариш системаси (БС) бошқариш мақсадига, қури
манинг ишончли, авариясиз ишлашига ва портлаш ҳамда ё
ғинга қарши хавфсизлик талабларига риоя қилинганда ишла
чиқаришнинг ҳар қандай шароитида технологик регламент
берилган аниқликда қувватлаб туриш ҳисобига эришишни та
минлаши керак. Бунда у имкони борича содда ва ишлатиш
осон бўлиши керак.

БСни ишлаб чиқишда асосий вазифа бошқаришда ишт
рок этаётган параметрларни танлаш ҳисобланади, яъни рос
лаш, назорат қилиш ва таҳлил қилиш зарур бўлган ва қи
матларга кўра БТОнинг аваријадан олдинги холатини ани
лаш мумкин бўлган параметрларни танлашдан иборат. Бо
қача айтганда, технологик объектларни бошқариш страт
гияси ишлаб чиқилади. Бунда танланган параметрларнинг м
нимал сонига эга бўлган ҳолда БТО ҳақида иложи бори
тўлиқ маълумотга эга бўлиш керак. Бошқарув мақсади
муваффақиятли эришишга бошқариш стратегиясини амал
ошириш учун автоматик қурилмаларни тўғри танлаш кат
ёрдам беради.

**Ростланувчи катталикларни ва ростловчи таъсирлар
киритиш каналларини танлаш.** Бу босқичда жараённи ифод
ловчи кўпгина параметрлардан ростланадиганларини
уларни ўзгартириш билан ростловчи таъсир киритиш ма
садга мувофиқ бўлганларини танлаб олиш зарур. Одатд
уларнинг сони бошқарувда иштирок этаётган параметрла
нинг тўртдан бир қисмидан ошмайди. Қўйилган вазифа
жараённинг мақсадини таҳлил қилиш натижаларига ва уни
ишлаб чиқаришдаги бошқа жараёнлар билан боғланиши

қараб уддалаш мумкин бўлади. Таҳлил натижаларидан келиб чиқиб бошқарув мезони, унинг берилган қиймати ва параметрлари танланади, уларни ўзгартириш билан энг мақсадга мувофиғи унга таъсир кўрсатишдир. Бу иш параметрларнинг ўзаро боғлиқлиги ҳақида тасаввур берувчи жараённинг статик ва динамик характеристикалари асосида амалга оширилади.



21.6-расм. Объектнинг статик (*а*) ва динамик (*б*) характеристикалари:

1 — *P* босим ўзгарганда; *2* — *T* температура ўзгарганда; τ_0 — ғалаёнланиш они (моменти).

Статик характеристикалар бир хил параметрларнинг бошқаларига таъсир кўрсатиш даражасини баҳолашга имкон беради. 21.6-расм, *а* да бирор мақсадга қаратилган *C* маҳсулот чиқишининг аппаратдаги *T* температурага ва *P* босимга боғлиқлиги кўрсатилган. Статик характеристикаларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, *P* босимнинг ҳатто жуда катта ўзгаришлари ҳам *C* параметрга сезиларли таъсир кўрсатмайди. Шунинг учун мақсадга қаратилган маҳсулотнинг статик характеристика асосида чиқишини *T* температурани ўзгартириб, қувватлаб туриш керак. Динамик характеристикалар танловнинг тўғрилигини аниқлаштиришга имкон беради. 31.6-расм, *б* даги графикдан кўринишича, *1* температура ўзгарганда энг кичик кеч қолишлар ўринли бўлади.

Ростлаш канали шундай танланадики, бунда ростловчи таъсир (сарфнинг температуранинг, босимнинг ўзгариши) ростланувчи катталикнинг максимал ва тез ўзгариши билан бирга ўтсин, яъни объектнинг ростлаш канали бўйича кучайиш коэффициенти максимал бўлсин.

Бошқарув мезони ва унга таъсир этувчи каналлар танлангандан сўнг БТОни бўлиши мумкин бўлган ғалаёнланишлар ва уларни объектга келмасдан олдин йўқ қилиш йўллари нуқтаи назаридан таҳлил қилишга киришилади. Бунда асосий эътиборни кириш параметрларини барқарорлаштиришга қаратиш зарур, чунки уларнинг ўзгариши билан объектга кучли ғалаёнланишлар киради.

Одатда, барча ғалаёнланувчи таъсирларни объектга киргунга қадар йўқотиб бўлмайди. Ички ғалёнланишларни эса

амалда олдиндан билиш ва йўқотиш мумкин эмас. Бундан т
қари, кўпгина кириш ва чиқиш параметрлари олдинги
келгуси жараённинг технологик режими билан белгилан
Масалан, контакт аппаратга келадиган куйдирадиган газ
(H_2SO_4 ишлаб чиқариш) кислород концентрацияси куйди
(пишириш) жараёнининг технологик режимига боғлиқ; абс
ционн колоннага узатилаётган дегидрацияланган газнинг (
тетик каучук ишлаб чиқариш) таркиби дегидрациялаш ж
ёнининг кечишига боғлиқ.

Барча мумкин бўлган ғалаёнланишлар бартараф қилин
мумкин бўлмагани учун улар режим параметрларининг ў
ришига, кейин эса бошқариш мезонининг ўзгаришига ҳам с
келади. Режимли параметрларни ростлаш зарурати па
бўлади. Бунда яна объектнинг статик ва динамик характе
тикаларига мурожаат қилиш зарур бўлади.

Пировардида, кимёвий технологиянинг ТБО ни авто
лаштиришда, одатда, бошқариш мезонини, режимли ва ки
параметрларини ростловчи комбинациялашган (аралаш)
нинг яратилишига келинади.

Шуни таъкидлаб ўтамизки, параметрларнинг ўзаро
лиқлиги туфайли бир параметрни ростлаш (созлаш) у
қаратилган ростловчи таъсирлар бошқаларига ҳам таъсир
сатади. Масалан, ретификацион колоннанинг қайнаткич
температурани ростлагич томонидан узатиладиган буғ
доринг ўзгариши фақат кубдаги температуранинг ўзг
шигагина эмас, балки ундаги сатхга ҳам таъсир қилади.

Айрим параметрлар орасидаги ички боғланишларни су
тириш усуллари ҳам мавжуд ростланувчи катталиклар с
тида ўзаро боғланмаган (ёки кучсиз боғланган) параметрла
танлаш; ростлаш занжирига (ростлагичлар орасига) ком
сацияловчи ташқи боғланишларни киритиш.

Назорат қилинувчи катталикларни танлаш. Технологик
раёнларни оператив бошқариш, шунингдек, уни ишга туши
ва тўхтатиш амалга ошириладиган параметрларнинг қий
лари назорат қилиниши керак. Бундай параметрларга ҳа
режимли ва чиқиш параметрлари, шунингдек, кириш п
метрлари киради, буларнинг ўзгариши натижасида объе
ғалаёнланиш кира бошлайди. Қийматлари технологик ка
томонидан чекланадиган параметрлар албатта назорат қ
нади.

Портлаш хавфи бўлган БТОнинг технологик парамет
рини назорат қилишга алоҳида эътибор берилиши керак. У
нинг ҳар бири учун технологик жараённинг критик физик-к
вий катталиклари қийматлари тўплами, шунингдек, у
ўзгаришларининг диапазони аниқланади. Газ чиққанлик
дорини назорат қилиш учун (чегаравий йўл қўйилган
центрация бўйича) ишлаб чиқариш хоналарида, очиқ та
қурилмаларнинг ишчи зоналарида автоматик газ анализ қи
воситалари мажбурий равишда кўзда тутилиши керак.

Портлаш хавфи бўлган БТОларнинг ҳолатини ифодаловчи параметрлар фақат назорат қилинибгина қолмай, балки ростланиши ҳам керак, назорат қурилмаларига сигналлар эса бир қанча сезгир элементлардан келиши керак, масалан, суюлтирилган газлар ва тез алангаланувчи суюқликлар (ТАС) бўлган идишларга сатҳни белгиловчи учта ўлчагич ўрнатиш лозим.

Сигнал берувчи катталикларни танлаш. БТОни қайта ишланувчи моддаларнинг портлашга ва ёнғинга хавфлилиги, заҳарлилиги ва агрессивлиги (таъсирчанлиги) юз бериши мумкин бўладиган авария ва бахтсиз ҳодисаларга нисбатан таҳлил қилгандан сўнг сигнализация параметрларини танлашга киришилади.

Чегаравий қийматлари қуйида кўрсатилган оқибатларга олиб келиши мумкин бўлган параметрлар авариядан олдин (зарур бўлганда эса эҳтиётлик) сигнализация қилиниши керак: портлаш ва ёнғин чиққанда (масалан, технологик аппаратларда, ишлаб чиқариш хоналарида, очиқ ташқи қурилмаларнинг ишчи ҳудудида портлаш хавфи бўлган моддаларнинг тўпланиши); бахтсиз ҳодисалар рўй берганда (масалан, хонада заҳарли моддалар тўпланганда) авария содир бўлганда (масалан, қурилма ҳаракатланувчи қисмларининг энг четки ҳолатларида); қурилма ишдан чиққанда (масалан, аппаратларда босим, катализаторли реакторларда температура); технологик режимнинг мутлақо бузилиши (масалан, жараённи бошлаб берувчи қўшимчалар сарфи, аппаратдаги суюқлик сатҳи); шартномага мос келмайдиган ва брак маҳсулот ишлаб чиқариш (масалан, энг муҳим режимли параметрлар).

Табиийки, мақсадга қаратилган маҳсулотларнинг миқдорий ва сифат характеристикаларини ўзгартирш ҳоллари, шунингдек, айрим агрегатларни технологик регламентда кўзда тутилмаган тўхтатишлар сигнализация қилинади.

Шуни таъкидлаш керакки, жуда масъулиятли параметрларни сигнализациялаш иккита параллел ўрнатилган ўлчагичлардан амалга оширилиши керак, масалан, осон алангаланувчи суюқликлар сатҳларини иккита ўлчагичдан амалга оширилади.

Параметрларни ва ҳимоя усулларини танлаш. Оператив технологик ходимлар сигналлаш қурилмалари нохуш ҳодисалар ҳақида хабар қилганда уларни бартараф этиш бўйича тегишли чоралар кўриши керак. Агар бу чоралар самарали бўлмаса ва БТО ҳолатини ифодаловчи параметр авария қийматига яқинлашаётган бўлса, аварияга қарши ҳимоя (АҚҲ) системаси ишга тушиши керак, улар автоматик равишда берилган программага кўра моддий ва энергетик оқимларни тақсимлайди, портлаш, авария, бахтсиз ҳодиса, кўп миқдорда брак чиқариш хавфининг олдини олиш мақсадида аппаратларни улайди ва узади. Бунда БТО хавфсиз холатга ўтказилиши,

ҳатто тўхтатиб қўйилиши керак. Ишчи ҳолатга технологик шахс томонидан қайта ўтказилади.

Амалга ошириладиган ҳимоя усуллари мажмуаси ТБО нинг хусусиятларидан келиб чиқиб, авария ҳолатларини ва БТОнинг портлаш хавфи категорияларини таҳлил қилиш ишлаб чиқилади: портлаш хавфи 1 категорияли блоклари бўлган БТОлар учун вазиятни ҳисоблаш техникаси воситалари билан қўшимча моделлаш зарур. Бунда, бир томондан қўлланилаётган автоматик усуллар вужудга келган критик вазиятни тўла йўқотиши керак, иккинчи томондан — ҳимоя қурилмалари аралашувининг оқибатлари минимал бўлиши керак. Масалан, бирор модда концентрацияси хавфли қийматга етганда мазкур модда узатиладиган магистраль ёпилиши ва авария вентиляция системаси ишга туширилиши керак; босим чегаравий қийматидан ошганда сақлагич клапан ишга тушиши керак ва ҳоказо.

АҚҲ системасининг асосий вазифаларидан бири — БТО портлаш хавфи даражасини максимал камайтиришдир, шу жумладан қурилма ичида портлаш ва ёнғинларнинг олдини олишдир; қурилмани бузилишдан ҳимоя қилиш ва авариявий герметиклиги бузилганда ундан атмосферага ёнилғи модда ларнинг чиқишини максимал чеклаш, ишлаб чиқариш бинолари да, иншоотларида ва ташқи қурилмаларда бўлиши мумкин бўлган портлаш ва ёнгинларни бартараф қилиш.

Ускуналарнинг қийматлари ва АҚҲ системаларининг ишлаб кетиш вақти БТОнинг ёнғин ва портлаш хавфи категориясини ҳисобга олган ҳолда белгиланади, параметрларнинг ўзгариш тезлигини, сезгир элементнинг аниқлик синфини ва АҚҲ системасининг тезкор ишлашини ҳисобга олган ҳолда белгиланади.

Нормал режимдан четланишида ёнғин ва портлаш хавф туғдирадиган аралашмалар пайдо бўлиши мумкин бўлган БТОлар уларда портлаш хавфини келтириб чиқарадиган аралашмаларнинг пайдо бўлишини йўқотадиган ёки олдини оладиган инерт газларни узатиш системалари билан таъминланади. Портлаш хавфи I категорияга эга блоклари бўлган ишлаб чиқаришлар учун инерт газни автоматик бошқарадиган қурилмалар кўзда тутилади, II ва III категорияларида эса масофадан туриб бошқариладиган қурилмалар, энергетик потенциалларининг нисбий қийматлари 10 дан кичик бўлганда эса жойига кўра қўлда бошқаришга рухсат этилади.

АҚҲ системаси манбаи узилган ҳолда БТОни хавфсиз ҳолатга ўтказиш керак. Манба уланганда АҚҲ системасида ишлаб чиқариш узиб-улашлар бўлишига йўл қўймаслик керак. АҚҲ системасида тўсувчи (деблокировка) калитлари фақат ишга тушириш, тўхтатиш ва қайта улашни таъминлаш учун гина рухсат этилади. Бунда ҳимоя қилиш параметрларини узиб қўйиш вақтини ва сонини қайд қилувчи қурилма назарда тутилиши керак.

Автоматлаштириш воситаларини танлаш. Бошқариш вазифасини бажарувчи ҳисоблаш техникаси автоматик қурилмалари ва воситалари имкони борича объектнинг мураккаблигини ва унинг ёнғин ҳамда портлаш хавфини, агрессивлигини, атроф муҳитнинг заҳарланганини, ўлчанаётган технологик параметрнинг турини ҳамда муҳитнинг физик-кимёвий хоссаларини, датчиклардан ва ижрочи қурилмалардан узатиладиган сигналларнинг бошқариш пунктларигача узатиш узоқлигини, талаб қилинган аниқлигини ва тез таъсир кўрсатишини, ўлчов системаларининг йўл қўйиладиган хатоларини, қурилма ўрнатилган жойни, электр жиҳозларни ўрнатиш қоидалари талабларини ҳисобга олган ҳолда танланиши керак. Бунда бир хил, марказлашган ва сериялаб ишлаб чиқариладиган қурилмаларга афзаллик бериш керак. Бу таъминотни анча енгиллаштиради, сўнгра бошқариш сисетмасини ишлатишни ҳам осонлаштиради.

Портлаш ва ёнғин хавфи бўлган БТОлар учун автоматлаштириш воситаларини танлаш жуда масъулиятлидир. Хусусан, таркибида I категориядаги портлаш хавфи бўлган блокли ишлаб чиқаришлар ўз-ўзини диагностика қилувчи ва тузук ҳолатини ёруғлик индикация қилувчи резервланувчи электрон воситаларга асосланган (ЭҲМ ва микропроцессор техникани ҳам ҳисобга олганда) системалар билан жиҳозланиши керак. Бу системалар авариялы чиқиндилар чиққанда узиш операциясини бажариш кетма-кетлиги ва вақти берилган махсус программа бўйича ишлаши керак. Юқори даражадаги техника технологик шахснинг хато ҳаракатлари эҳтимолини максимал даражада камайтиришни таъминлаши керак. II ва III категорияли портлаш хавфи бўлган технологик блоклар технологик параметрларни регламент (белгиланган) қийматларга келтиришнинг ёки блокларни тўхтатишга келтиришнинг самарали тез таъсир кўрсатувчи системалари билан таъминланади. Бундай системаларни бошқариш ҳисоблаш машина (БҲМ)ларисиз ҳам қуриш мумкин.

$Q_b < 10$ бўлган блоклар учун назорат қилишнинг автоматик қурилмаларидан ва сигналлашнинг қўлда ростлаш қурилмасидан фойдаланишга рухсат этилади.

I категориядаги блоклар авариялы герметиклиги бузилганда атроф муҳитга чиқиндилар чиқишни максимал камайтириш учун кўпи билан 12 с да ишга тушадиган автоматик тез таъсир тўсиқлар ва (ёки) қайтарувчи қурилмалар кўзда тутилиши керак: II ва III категорияли блоклар учун масофадан туриб бошқариладиган ва ишга тушиш муддати кўпи билан 120 с бўлган қурилмалар; $Q_b < 10$ блоклар учун қўлда юритмали тўсиқли қурилмаларни ўрнатишга рухсат этилади, бунда уларни ишга туширишнинг минимал вақти (самарали ҳудудий жойлаштириш ҳисобига) кўпи билан 300 с бўлиши кўзда тутилади. АҚҲ системасининг ижрочи механизмлари четки ҳолатларини кўрсаткичларидан ташқари (бевосита механизмлар-

да) операторликда четки ҳолатларни сигналлаш қурилмалари керак.

АҚҲ системаси нормал технологик режимнинг беҳосдан ва қисқа муддатли бузилиш сигналларида, шунингдек уни резерв ёки авариявий манбага ўтказишда ишлаб кетмаслиги керак. Манба узилган ҳолларда система БТО нинг хавфсиз ҳолатга ўтишини таъминлаши керак.

XXI.5-§. ТЕХНОЛОГИК ОБЪЕКТЛАРНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ ДАРАЖАСИНИ АНИҚЛАШ

Автоматлаштириш даражаси технологик объектни бошқариш бўйича инсоннинг иштирокисиз, автоматик бажариладиган меҳнат улушини ифодалайди. Уни миқдорий баҳолаш K кўрсаткич ёрдамида амалга оширилади. Бу кўрсаткичдан фойдаланишда амалдагиларни автоматлаштириш ва қайта қурилаётган БТОни автоматлаштириш бўйича олиб борилаётган ишларнинг асосий йўналишларини режалаштириш ҳолатини таҳлил қилиш мумкин. K кўрсаткичнинг максимал қиймати 1 га тенг, нормадаги қиймати эса 0,75—0,9 оралиғида олинади. K кўрсаткич

$$K = \sum_{i=1}^{12} \alpha_i K_i / \sum \alpha_i \qquad (21.1)$$

тенгламага кўра ҳисобланади, бунда K — айрим бошқарув функцияларини автоматлаштириш даражасининг хусусий кўрсаткичлари, α_i — — функцияларнинг «муҳимлик» коэффициенти бўлиб, мазкур функцияларнинг бошқарувнинг умумий жараёнидаги нисбий аҳамиятини белгилайди.

Қуйида технологик объектни бошқариш функциялари ва уларнинг «муҳимлик» коэффициентлари келтирилган:

i	Бошқариш функциялари	α_i
1.	Технологик параметрларни назорат қилиш	0,9
2.	Хом ашё, ярим фабрикат ва мақсадга қаратилган маҳсулот сифати параметрларини назорат қилиш	0,9
3.	Технологик параметрларни қайд этиш	0,7
4.	Асосий қурилма ҳолатини назорат қилиш	1,0
5.	Техник воситалар мажмуаси (ТВМ) меҳнат қобилиятини назорат қилиш	1,0
6.	Техник — иқтисодий кўрсаткичлар (ТИК) ни ҳисоблаш	0,8
7.	Технологик ҳолатлар таҳлили	0,7
8.	Ишга тушириш ва тўхтатиш	0,8
9.	Технологик жараённи бошқариш	0,9
10.	Технологик жараённи оптималлаштириш	0,9
11.	Технологик жараённи олиб бориш сифатини баҳолаш	0,7

12. Қўшни ва юқори даражадаги бошқарув билан ахборот алмашиш	0,7

Агар автоматлаштириш системаси бирор бошқарув функциясини бажармаса, у ҳолда бу функциянинг автоматлаштириш даражасининг хусусий кўрсаткичи нолга тенг деб қабул қилинади.

Технологик параметрларни назорат қилишни автоматлаштириш даражаси кўрсаткичи K_1 қуйидаги тенгламадан ҳисоблаб топилади:

$$K_1 = \sum_{i=1}^{4} K_{1i} n_{1i}/n_{10}, \qquad (21.2)$$

бунда n_{1i} — i-усул бўйича назорат қилинаётган параметрлар сони, n_{10} — назорат қилинаётган параметрларнинг умумий сони; K_{1i} — технологик параметрларни назорат қилишни амалга оширишнинг аниқ усули коэффициенти, унинг қийматлари қуйида келтирилган:

i	Технологик параметрларни назорат қилишни амалга ошириш усули	K_{1i}
1.	Жойида ўрнатилган асбоблар билан назорат қилиш	0,2
2.	Параметрлар четлашганда сигнализацияли назоратнинг шчитли системаси	0,7
3.	Рақамли асбобларни марказлашган назорат ва бошқарув воситаларини қўлланиб (старт, режим, Каскад, Микродат ва ҳ. к.) назорат қилиш, параметрларининг четлашишини сигналлаш ва чақириш	0,85
4.	ЭҲМ, мини ЭҲМ ва микропроцессор техникасини қўлланиб назорат қилиш, параметрлар оғишини сигналлаш, дисплейга чақириш.	1,0

Назорат параметрлари сонини амалга ошириш усуллари бўйича ҳисоблашда қуйидаги қоидаларга амал қилиш лозим: биринчидан, айнан битта параметр амалга оширишнинг турли усулларига кира олмайди (уни энг аҳамиятли усулга киритиш зарур); иккинчидан, жойига кўра технологик қурилмалар билан комплект тарзда келтириладиган асбоблар билан назорат қилинадиган, шунингдек, фақат юргизиш, созлаш ва БТО да текшириш учун зарур асбоблар билан назорат қилинадиган параметрлар ҳисобга олинмайди.

Хомашё, яримфабрикат ва мақсадга қаратилган маҳсулот параметрларини назорат қилишни автоматлаштириш даражаси кўрсаткичи қуйидаги тенглама бўйича аниқланди:

$$K_2 = \sum_{j=1}^{4} K_{2j} \cdot n_{2j}/n_{20}, \qquad (21.3)$$

бу ерда n_{2j} — j усул бўйича назорат қилинувчи параметрлар сони; n_{20} — сифатни назорат қилиш параметрларининг умумий сони (техно-

логик регламент бўйича белгиланади); K_{2j} — қийматлари қуйида келтирилган хом ашё, ярим фабрикатлар ва мақсадга қаратилган маҳсулотлар параметрларини назорат қилишнинг аниқ усули коэффициенти:

Сифат параметрларини назорат қилиш усули j	K_{2j}
1. Лабораториявий назоратнинг кимёвий ва физик — механик усуллари	0,2
2. Яримавтоматик лаборатория назоратининг инструментал усуллари	0,5
3. Таҳлил натижаларига ишлов бериб, автоматлаштирилган қурилмада назорат қилиш	0,8
4. Потокдаги автоматик анализаторлар ёки (ва) назорат параметрларини ЭҲМ, мини ЭҲМ ва микропроцессор техникаси ёрдамида ҳисоблаш	1,0

Технологик параметрлар K_3 ни қайд этишни автоматлаштириш даражаси кўрсаткичи қуйидагича ҳисобланади:

$$K_3 = \sum_{i=1}^{4} K_{3j} \cdot n_{3j}/n_{30}, \qquad (21.4)$$

бу ерда n_{3j} — j- усул бўйича қайд этилувчи параметрлар сони; n_{30} — қайд этилувчи параметрларнинг умумий сони; K_{3j} — технологик параметрларни қайд этишни амалга оширишнинг аниқ усули коэффициенти, унинг қийматлари қуйида келтирилган;

Параметрларни қайд этиш усули j	K_{3j}
1. Қўлда қайд этиш	0,2
2. Иккиламчи асбоблар диаграммаларида	0,6
3. Марказлашган назорат ва бошқариш пультлари билан	0,85
4. ЭҲМ, мини ЭҲМ ва микропроцессор техникасини қўлланиб, параметрлар, режимли листлар, хабарлар, график ёки жадвал босиш	1,0

Қурилманинг ҳолатини («уланган», «ўчирилган», «берк», «очиқ») назорат қилишни автоматлаштириш даражаси кўрсаткичи K қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$K_4 = \sum_{i=1}^{4} K_{4j} \cdot n_{4j}/n_{40}, \qquad (21.5)$$

бу ерда n_{4j} — юритмага эга (насосли ва компрессорли агрегатлар, ҳаво билан совитиш аппаратлари ва ҳоказо) машинали қурилма бирликлари сони, шунингдек j- усул бўйича назорат қилинувчи трубопроводларда тўсиқли арматура бирликлари сони; n_{40} — асосий қурилманинг умумий бирликлари сони, K_{4j} — қурилма ҳолатини назорат қилишнинг аниқ усули коэффициенти.

Асосий қурилма ҳолатини назорат қилиш усули

j	K_{4j}
1. Жойига кўра назорат қилиш	0,2
2. Шчитли система ёрдамида назорат қилиш ва сигналлаш	0,7
3. Марказий бошқарув пультида мнемосхемада ва оператор хонасидаги шчитда назорат ва сигналлаш ёки (ва) дисплей мнемосхемасида ва марказий назорат ҳамда бошқариш, ЭҲМ ва микропроцессор техникасини қўллаб босмага чиқариш	0,85
4. Вазиятни назорат қилиш ва сигналлаш ҳамда қурилма диагностикаси *	1,0

Техник воситалар мажмуасининг (унинг таркибига сингалларни олиш, алмаштириш, сақлаш, акслантириш ва қайд этиш воситалари, системада ахборотни қўшни ва юқорида турган АБС ларга узатиш воситалари, ижрочи механизмлар ва бошқарувчи ҳисоблаш комплекслари киради) иш қобилиятини назорат қилишни автоматлаштириш даражасининг K_5 кўрсаткичи бундай аниқланади:

$$K_s = K_{sj} \qquad (21.6)$$

бу ерда K_{sj} — техник воситалар мажмуасининг (ТВМ) иш қобилиятини назорат қилишнинг аниқ усули коэффициенти:

ТВМ нинг иш қобилиятини назорат қилиш усули

j	K_{5j}
1. ТВМ қисмларининг панд бериши ва ишдан чиқиш пайтларини қўлда қайд этиш ва бузилишларни оператив ходимлар аралашуви билан бартараф қилиш	0,2
2. ТВМ нинг иш қобилияти ҳақидаги маълумотларни ахборотнинг тўғрилигини марказлашган назорат ва бошқариш воситалари билан назорат, сигналлаш, маълумотларни рақамли асбобларга чақириш	0,7
3. ТВМ нинг иш кобилияти ҳақидаги маълумотларни ЭҲМ ва микропроцессор техникаси воситалари билан алгоритмлар, тестли ва диагностик назорат программаларини қўлланиб назорат қилиш, сигналлаш, дисплейга чиқариш, босиш	0,85
4. Рад жавоблари бўлганда системани бутунлай ҳамда айрим каналларини ҳам зарур заҳирага автоматик ўтказиш	1,0

Шуни таъкидлаймизки, K_5 кўрсаткич, шунингдек K_7, K_{10}, K_{11} кўрсаткичлар ҳам амалга ошириш (бажариш) усулларига боғлиқ ҳолда оралиқ қийматлар қабул қилишлари мумкин.

* Қурилма диагностикаси деганда қурилманинг титраши, ўқ бўйича силжиши, печлар змеевикларининг ҳолати, подшипниклар температураси ва ҳоказолар ҳақидаги ахборот тушунилади.

Техник — иқтисодий кўрсаткичларни (ТИК) ҳисоблашни автоматлаштириш даражасининг $K_в$ кўрсаткичи

$$K_в = \sum_{j=1}^{2} K_{вj} n_{вj}/n_{в0} \qquad (21.7)$$

тенгламага кўра аниқланади, бу ерда $n_{вj}$ — j-усул бўйича ҳисобга олинган ТИК сони, $n_{в0}$ — ТИК нинг умумий сони; $K_{вj}$ — кўрсткичларнинг ҳар бир гуруҳи учун ТИК ни ҳисобга олиш функциясини амалга ошириш усулига боғлиқ ҳолда танланади:

ТИК ни ҳисоблаш функциясини амалга ошириш усули j	$K_{вj}$
1. Асбобларнинг қўлда кўрсатишларига мўлжалланган ТИК	0,2
2. Марказлашган назорат ва бошқариш, ЭҲМ, мини ЭҲМ ва микропроцессор техникаси воситалари ёрдамида ҳисобланган ТИК	1,0

ТИК таркибига қайта ишланган хомашё, мақсадга қаратилган маҳсулотлар, йўқотишлар, энергия сарфлари ва истеъмол қилинадиган материаллар ҳажмлари (асли ва режадаги) киради; мақсадга қаратилган маҳсулотларни танлаш (факт ва режадаги) моддий ва иссиқлик баланси; солиштирма энергия сарфлари (фактик ва режадаги); мақсадга қаратилган маҳсулотнинг таннархи (аслида ва режада).

Технологик вазиятларни таҳлил қилишни автоматлаштириш даражаси кўрсаткичи K_7 қуйидагича аниқланади:

$$K_7 = K_{7j} \qquad (21.8$$

бу ерда K_{7j} — технологик вазиятларни таҳлил қилиш функциясини амалга оширишнинг аниқ усули коэффициенти.

Технологик вазиятларни таҳлил қилиш функциясини амалга ошириш усули j	K_{7j}
1. Жойида ўрнатилган асбоблар кўрсатиши бўйича	0,2
2. Асбоблар диаграммасига кўра ва операторлар шчитидаги параметрларнинг оғишини сигналлаш бўйича	0,8
3. Марказий бошқарув пультидаги параметрларнинг оғишлари сигнали бўйича, мнемосхема ва операторлар шчити бўйича ёки (ва) ЭҲМ ҳамда микропроцессорли техникани марказлашган назорат қилиш қурилмаларини қўлланиб, дисплей мнемосхемасида ва босмада	0,9
4. Бошқариш бўйича тавсиялар бериб, вазиятларни махсус алгоритмлар бўйича таҳлил қилиш	1,0

Ишга тушириш ва тўхтатишни автоматлаштириш даражасининг K_8 кўрсаткичи бундай ҳисобланади:

$$K_8 = \sum_{j=1}^{4} K_{8j}\, n_{8j}/n_{80}, \qquad (21.9)$$

бу ерда n_{8j} — j- усул бўйича ишга туширилувчи (тўхтатилувчи) қурилма бирликлари сони; n_{80} — қурилманинг умумий бирликлари сони; K_{8j} — ишга тушириш ва тўхтатиш функциясини амалга оширишнинг аниқ усули коэффициенти, унинг қийматлари қуйида келтирилган:

Ишга тушириш ва тўхтатиш функциясини амалга ошириш усули

j	K_{8j}
1. Қўл юритмадан ва жойида ўрнатилган асбоблардан фойдаланиб	0,2
2. Масофадан туриб бошқариш ва назоратдан фойдаланиб	0,6
3. Алоҳида программавий қурилмалардан ёки алгоритмлардан фойдаланиб	0,8
4. Тўла автоматик равишда	1,0

Технологик жараённи бошқаришни автоматлаштириш даражаси кўрсаткичи K_9 қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$K_9 = \sum_{j=1}^{4} K_{9j}\, n_{9j}/n_{90}, \qquad (21.10)$$

бу ерда n_{9j} — j- усул бўйича бошқаришда иштирок этувчи ростлаш контурлари сони; n_{90} — бошқарувда иштирок этаётган ростлаш контурларининг умумий сони; K_{9j} — технологик жараённи бошқариш функциясини амалга оширишнинг аниқ усули коэффициенти, унинг қийматлари қуйида келтирилган:

Бошқариш функциясини амалга ошириш усули

j	K_{9j}
1. Шчитли вариантда жараён параметрларининг стабиллашуви	0,7
2. Сифат анализаторларини қўллаб, шчитли вариантда жараён параметрларининг стабиллашуви	0,8
3. Марказлашган назорат ва бошқарув воситаларини ва (ёки) микропроцессорли контроллерларни қўллаб жараён параметрларининг стабиллашуви	0,9
4. Суперчақирув ва бевосита рақамли бошқариш	1,0

Технологик жараённи оптималлаштиришнинг автоматлаштириш даражаси ва K_{10} кўрсаткичи қуйидаги тарзда ҳисобланади:

$$K_{10} = K_{10j}, \qquad (21.11)$$

бу ерда K_{10j} — технологик жараённи оптималлаштириш функциясини амалга оширишнинг аниқ усули коэффициенти, унинг кийматлари қуйида келтирилган.

Оптималлаштириш функциясини амалга ошириш усули

j	K_{10j}
1 Операторга маслаҳат режимида технологик жараённи оптималлаштириш	0,85
2 Автоматик оптимал бошқариш	1,0

Технологик жараённи олиб бориш сифатини баҳолашни автоматлаштириш даражаси кўрсаткичи K_{11} бундай ҳисобланади:

$$K_{11} = K_{11j} \qquad (21.12)$$

бу ерда K_{11j} — технологик жараённи олиб бориш сифатини баҳолаш функциясини амалга оширишнинг аниқ усули коэффициенти, унинг қийматлари қуйида келтирилган:

Жараённи олиб бориш сифатини баҳолаш усули

j	K_{11j}
1. Технологик жараённинг олиб борилиши сифати ноавтоматик амалга оширилади	0,2
2. Автоматик ҳисобланадиган комплекс кўрсаткичлардан фойдаланиб жараённи олиб бориш сифатини баҳолаш	0,6
3. Сифатни баҳолаш ҳисобланадиган кўрсаткичларни ЭҲМ дан фойдаланиб, тўла амалга оширилади	1,0

Технологик жараённи олиб бориш сифатини комплекс баҳолаш смена режасини бажаришни, хом ашёни йўқотишини, энергоресурсларни тежаш, асосий технологик параметрларнинг «чиқишини», санитария-техник нормаларнинг бажарилишини ҳисобга олади.

Бошқаришнинг қўшни ва юқори турувчи даражалари билан ахборот алмашинувини автоматлаштириш даражаси кўрсаткичи K_{12} қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$K_{12} = \sum_{j=1}^{5} K_{12j} \cdot n_{12j} / n_{120}, \qquad (21.13)$$

бу ерда n_{12j} — j-усул бўйича узатилаётган ахборот бирликлари сони; n_{120} — бошқаришнинг қўшни ва юқорида турувчи даражаларига узатилувчи ахборот бирлигининг умумий сони; K_{12} — бошқаришнинг қўшни ва юқори даражалари билан ахборот алмашиниши функциясини (ишини) амалга оширишнинг аниқ усули коэффициенти:

Ахборот алмашиш функциясини амалга ошириш усули

j	K_{j12}
1. Курьер ёрдамида	0,2
2. Телефон алоқаси ёрдамида	0,3
3. Телеграф ва факссимал алоқа ёрдамида	0,7
4. Терминал қурилмалар ва ЭҲМ ёрдамида	0,9
5. Автоматик машиналараро ахборот алмашиш	1,0

Қуйироқда бошқарув системаларининг икки варианти учун (II вариантда бошқарув системаси СМ туридаги ишни ЭҲМ га асосланади) автоматлаштириш даражасининг хусусий ва комплекс кўрсаткичларини ҳисоблашга мисол келтирилган. Нефтни қайта ишлаш саноатида комбинациялашган қурилма билан тузсизлантириш (электрообессоливание) ва атмосфера вакуумли трубчатка (ЭЛОУ — АВТ) ҳисоблаш учун зарур дастлабки маълумотлар 21.5-жадвалда келтирилган.

Натижада К кўрсаткичнинг қуйидаги қийматларини ҳосил қиламиз: $K_{\text{I}} = 0{,}53$; $K_{\text{II}} = 0{,}85$.

Ҳисоб-китоб натижаларининг кўрсатишича I вариантдаги ички бошқариш системаси таъминлайдган автоматаштириш даражаси 0,52 га тенг экан, бу эса норматив қийматдан анча паст (0,75—0,9). Фақат катта имкониятларга эга бўлган ҳисоблаш техникасидан фойдаланишгина берилган қийматларга эришишга имкон беради.

21.5-жадвал

Автоматлаштириш даражаси кўрсаткичларини ҳисоблаш мисоли учун дастлабки маълумотлар

Бошқариш функцияси i	Функцияни амалга ошириш усули j	I вариант				II вариант			
		n_{ij}	K_{ij}	n_{io}	K_i	n_{ij}	K_{ij}	n_{io}	K_i
1	2 4	270	0,7	270	0,7	170 100	0,7 1	270	0,71
2	2 3 4	40 20	0,5 0,8	60	0,6	15 20 25	0,5 0,8 1	60	0,81
3	2 4	90	0,6	90	0,6	50 40	0,6 1	90	0,77
4	2 3	80	0,7	80	0,7	80	0,85	80	0,85
5	1 3	+	0,2		0,2	+	0,85		0,85
6	1 2	32	0,2	32	0,2	32	1	32	1

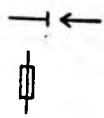
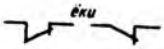
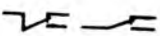
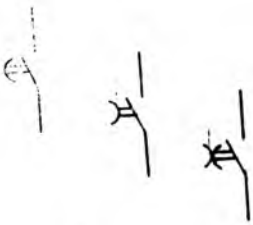
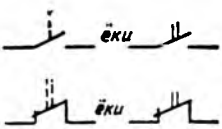
7	2 3 4	+	0,8		0,8	+ +	0,9 1		0
8	2 3	75	0,6	75	0,6	75	0,8	75	0
9	1 4	140	0,7	140	0,7	95 45	0,7 1	140	0
10	1					+	0,85		0
11	1 3	+	0,2		0,2	+	1		
12	1 2 3 4	60 60	0,2 0,3	120	0,25	60 60	0,7 0,9	120	0

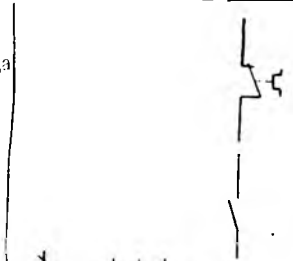
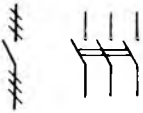
XXI.6-§. ПРИНЦИПИАЛ ЭЛЕКТРИК ВА ПНЕВМАТИК СХЕМАЛАР

Принципиал электрик схемалар (ПЭС). Бу схемалар авт матлаштириш системаси бўғинларига кирувчи элементлар та кибини белгилайди, улар орасидаги боғланишларни, асбобла ва автоматлаштириш воситаларининг электр таъминот усулл рини акс эттиради. ПЭС ни ишлаб чиқиш учун дастлабки м териал технологик жараёнларни автоматлаштириш схема (ТЖАС) ҳисобланади. ПЭС ўз навбатида бирикмаларнинг сх маларини (монтаж схемаларини) шчитлар олди чизмалари ва бошқа техник ҳужжатларни ишлаб чиқиш учун асос б лади.

ПЭСлар Давлат стандартлари талабларига мувофиқ баж рилиб, улар схемаларни бажариш қоидаларини, схема элемен ларининг график ва ҳарфий белгилашларини, электр занжирла қисмлари маркировкасини белгилаб беради (21.6, 21.7-жадва лар). ПЭС қуйидаги тартибда ишланади: АС асосида ПЭС талаблар ифодаланади ва унинг элементлари кетма-кетли ўрнатилади, ифодаланган талабларнинг ҳар бири элемента занжирлар кўринишида тасвирланади; элементар занжирла умумий схемага бирлаштирилади; аппаратура танланади айрим элементларнинг электрик параметрлари ҳисоб қилин

6- жадвал. Кимё ва озиқ-овқат саноатларини автоматлаштириш лойиҳаларидаги принципиал электр схемаларида жуда кўп учрайдиган элементларнинг шартли график белгиланишлари

Номи	Белгиланиши
Ишлилувчи сақлагич Ёрувчи сақлагич Умумий белгиланиши	
Коммутатив қурилма контакти. Умумий белгиланиши:	
а) уловчи	
б) узувчи	
в) улаб-узувчи:	
Секинлатгичли уловчи контакт;	
а) ейилганда ишлайдиган	
б) ейилганда ва қайтганда ишлайдиган	
в) ейилганда ва қайтганда ишлайдиган	
Секинлатгичли узувчи контакт:	
а) ейилганда ишлайдиган	
б) қайтганда ишлайдиган	
в) ейилганда ва қайтганда ишлайдиган	
Механик боғланишли контакт. Умумий белгиланиши:	
а) уловчи	
б) узувчи	

Номи	Белгиланиши
Релени қайд этиш усули билан тасвирлашда электр иссиқлик релеси контакти	
Учириб — ёққич (виклюючатель):	
а) бир қутбли	
б) кўп қутбли, масалан, уч қутбли	
Автоматик қайтувчи уч қутбли виключатель	
Кнопкали босилувчи виключатель:	
а) уланувчи контактли	
б) узилувчи контактли	
Электромеханик қурилмани ҳаракатга Умумий белгиланиши	
Электр иссиқлик релесининг таъсирланувчи қисми	

1.7-жадвал. **Электр схемалар элементларининг энг кўп тарқалган турларининг ҳарфий кодлари ва икки ҳарфли кодларга мисоллар**

Бир ҳарфли код	Элементлар турлари гуруҳи	Элементлар турларига мисоллар	Икки ҳарфли код
A	Қурилма (умумий белгиланиши)		
B	Ноэлектрик катталикларни электр катталикларга ёки аксинча ўзгарткичлар		
		Громкоговоритель (карнай)	*BA*
		Термопара, иссиқлик датчиги	*BK*
		Босим датчиги	*BP*
C	Конденсаторлар		
E	Турли элементлар	Ёритиш лампаси	*EL*
		Иситиш элементи	*EK*
F	Разрядниклар, сақлагичлар, ҳимоя қурилмалари	Эрувчан сақлагич	*FV*
H	Индукацион ва сигнал берувчи элементлар	Товуш сигналлари берувчи асбоб	*HA*
		Ёруғлик сигналлари берувчи асбоб	*HL*
K	Реле, контакторлар, юргизиб юборгич		
		Магнитли контактор, юргизиб юборгич	*KM*
		Вақт релеси	*KT*
M	Двигателлар		
Q	Куч занжирларида виключатель ва узгичлар		
		Автомат виключателль	*QF*
		Ажраткич	*QS*
R	Резисторлар		
S	Бошқариш, сигналлаш ва бошқа занжирлардаги коммутацион қурилмалар		
		Виключатель ёки переключатель (алмашлаб улагич)	*SA*
		Тугмали виключатель	*SB*
		Автоматик виключатель	*SF*
		Турли таъсирлардан ишлаб кетадиган виключатель:	
		сатҳдан	*SL*
		босимдан	*SP*
Y	Электромагнит юритмали механик қурилмалар	Электромагнит	*YA*

ди (қаршиликлар, реле чулғамлари, контактлар юкланишлари ва ҳ. к.); схема текширилади ва тузатилади.

ПЭСни ишлаб чиқишда қуйидаги мулоҳазаларга ва талабларга амал қилинади:

1) соддалик ва яққоллик учун схемаларда ёйилма принципидан фойдаланилади, у шундан иборатки, турли занжирларда амал қилаётган аппарат ва асбобларнинг элементлари

схеманинг ишлаши мантиқига мувофиқ уларнинг конструкт
боғланишидан ташқари жойлаштирилади;

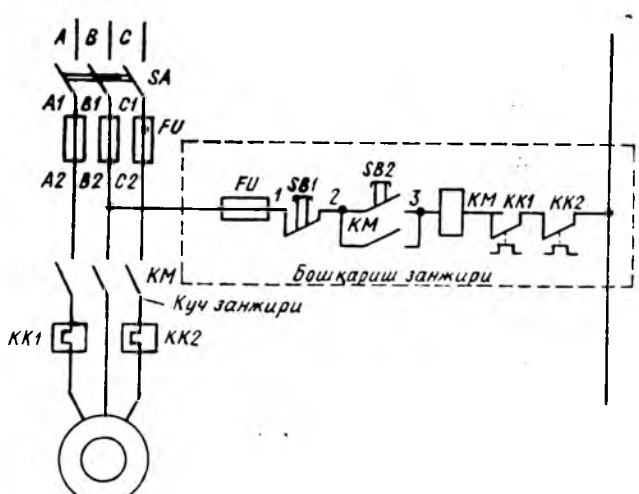
2) элементар электр занжирларини тасвирлаш кетма-к
лиги назорат, сигнализация, бошқариш ва ростлашнинг айр
бўғинларининг ейилиш тартибига мос келиши керак;

3) контактлар, шунингдек бошқа улаб узилувчи қурилм
лар нормал ҳолатда кўрсатилади, яъни занжирда ток бўлм
ганда ёки ташқи механик таъсир бўлмаганда кўрсатилади;

4) ҳар бир бошқариш занжири қаршисига ўнг томонд
қисқа тушунтирувчи ёзувлар берилади. Ҳар бир занжир ё
ви қўшни ёзувлардан, бу занжирлар бўлиниш жойларида
зиқлар билан ажратилади. (21.11-расм).

5) ПЭС да фойдаланиладиган ҳар бир аппаратга шарт
ҳарфий белги берилиб, у схемада тасвирланган унинг ҳам
элементларига тааллуқли бўлади. Схемада бир неча бир х
турдаги элементлардан фойдаланилганда ҳарфий белгига ар
ча рақамлар кўринишидаги рақам қўшилади. Масалан, с
мада учта оралиқ реле бўлганда улар К1, К2, К3 тарзида б
ғиланади.

6) ПЭС ни ўқиш қулай бўлиши учун, шунингдек улар
йича лойиҳанинг бошқа ҳужжатларини тузиш мумкин бўлга
сабабли уларда занжирлар маркировкаланади. Ўзгарувч
токнинг куч занжирлари фазаларни белгиловчи ҳарфлар
лан ва кетма-кет рақамлар билан маркаланади (А, В, С,
А1 ва ҳоказолар); бошқариш, сигнализация, ҳимоя, блокир
ка ва ўлчаш занжирлари кетма-кет сонлар билан маркалана
(21.7-расм). Аппаратлар контактлари ,реле ғалтаклари, тур
коммутацияловчи қурилмалар, сигнализация аппаратураси

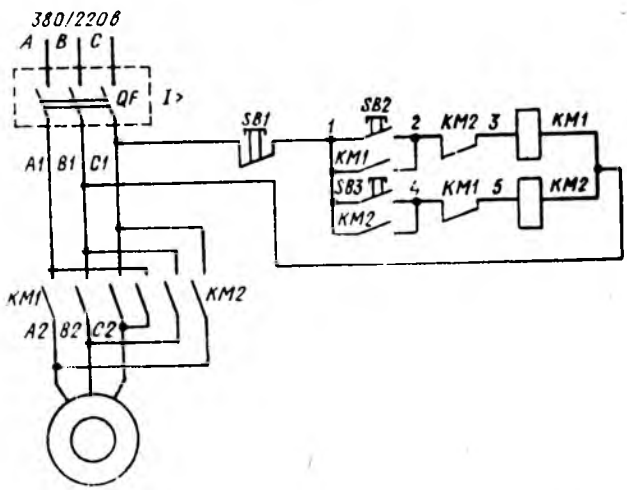


21.7-расм. Асинхрон электр двигателни бошқаришнинг принципиал электр схемаси.

ҳоказолар билан ажратилган занжир қисмлари ҳар хил маркаланади. Битта ПЭС бўғинида бирлашувчи, шунингдек, ажралувчи контакт бирикмалар орқали ўтувчи қисмлар бир хил маркаланади.

ПЭСнинг мазмуни ишлаб чиқариш жараёнининг ўзига хос хусусияти билан белгиланади, бу жараён учун автоматлаштириш системаси ишлаб чиқарилади. ПЭС га қуйидагилар албатта кнриши керак: бош (куч) занжирлари схемаси, бошқаришнинг, сигналлашнинг, электр таъминотнинг тегишли изоҳловчи ёзувлари билан бирга элемент схемалари, контакт калитлари ва программа қурилмаларининг ишлаш (улаииш) диаграммалари, ПЭСга кирувчи элементлар рўйҳати.

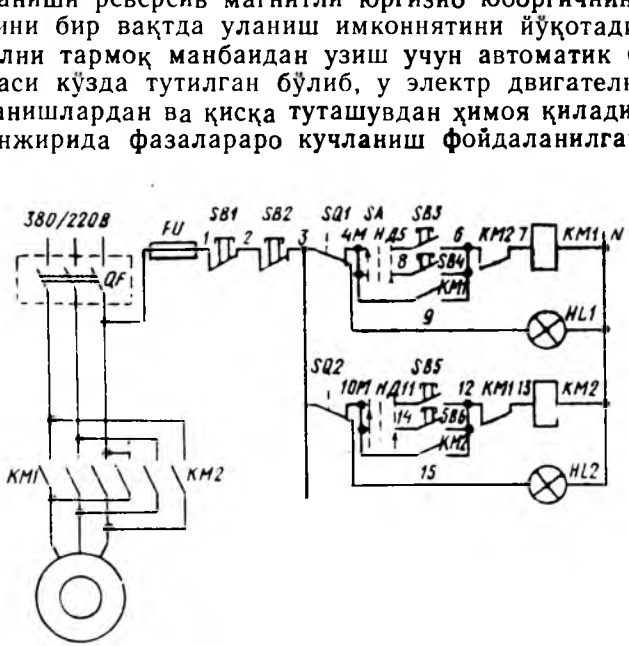
ПЭСнинг тузилишини аниқ мисоллар асосида муфассалроқ қараб чиқамиз (21.7-расм). Асинхрон электр двигатель *SB2* тугмачани босиб ишга туширилади. Бунда магнит юриткич КМ чулғамининг таъминот (манба) занжири уланади. Юргизиб юборгич ишлаганда унинг куч занжиридаги контактлари электр двигателни улайди, бошқариш занжирида эса *SB2* тугмачани блокировкалайди (тўсади). *SB1* тугмача босилиб электр двигатель узилади, бу тугмача юргизиб юборгич чулғами манба занжирини узади. Электр двигателни ортиқча юкланишлардан ҳимоя қилиш учун КК1 ва КК2 иссиқлик релеларидан фойдаланилади, уларнинг иситиш элементлари куч занжирининг иккита фазасига уланган, контактлар эса юргизиб юборгич чулғами манба занжирига уланган. Электр двигатель ва бошқариш занжирлари қисқа туташувдан *FU* сақлагичлар ёрдамида ҳимоя қилинади. *SA* рубильник манба (ва бошқариш занжирлари)ни кузатиш ҳамда таъминлаш вақтида узиб қўйиш учун мўлжалланган. Нейтрали ерга уланган уч фазали зан-



21.8-расм. Реверсив асинхрон электр двигателни бошқаришнинг принципиал электр схемаси.

жирларда бошқариш занжирлари 220В ли фаза кучлари билан таъминланади.

Реверсив асинхрон электр двигатель (21.8-расм) учта тугмача орқали бошқарилади: *SB1* («Тўхта»), *SB2* («Олға»), *SB3* («Орқага»). *SB2* тугмача босилганда КМ магнитли юргизиб юборгич уланиб, у электр двигателга кучланиш узатади. Электр двигателнинг айланиш йўналишни ўзгартириш учун *SB1* тугмачани босиш, кейин эса КМ2 магнитли юргизиб юборгични уловчи *SB3* тугмачани босиш лозим. Натижада куч занжири фазалари уланади ва электр двигатель тескари йўналишда айлана бошлайди. Узувчи КМ1 ва КМ2 блок-контактларни фойдаланиши реверсив магнитли юргизиб юборгичнинг иккала чулғамини бир вақтда уланиш имконнятини йўқотади. Электр двигателни тармоқ манбаидан узиш учун автоматик *QF* узгич қурилмаси кўзда тутилган бўлиб, у электр двигателни ортиқча юкланишлардан ва қисқа туташувдан ҳимоя қилади. Бошқариш занжирида фазалараро кучланиш фойдаланилган.



21.9-расм. Ростловчи органнинг электр юритмасини бошқариш принципиал электр схемаси.

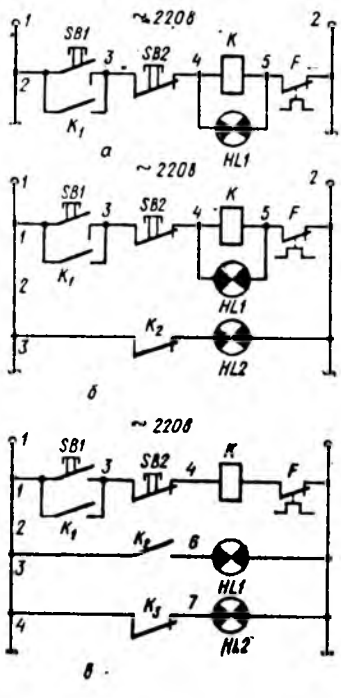
ТЖ автоматлаштиришда электр юриткичли тўсқич ва ростловчи қурилмалар (шиберлар, клапанлар, вентиллар ва бошқалар) дан фойдаланилади, улар учун ПЭС лар ишлаб чиқарилади. Ишлаб чиқариш шароитларида қўлда бошқариш ишлаб чиқариш хонасидан ҳам (маҳаллий), диспетчер пунктидан ҳам (масофадан туриб бошқариш) назарда тутилиши керак. 21.9-расмда ростловчи органнинг электр юритмасини икки жойдан бошқариш схемаси тасвирланган. Бошқариш режимини *SA* ни танлаш калитининг вазиятини маҳаллий (М) ва масофадан туриб (Д) бошқариш вариантлари белгилайди. Калит

нинг нейтрал ҳолати Н ҳарфи билан белгиланган. Бошқариш режимини танлаш бошқариш пунктидан амалга оширилади.

Электр юриткични ишга туширишда улаш маҳаллий режимда *SB3* тугмача билан, масофадан туриб бошқариш режимида *SB4* тугмача билан амалга оширилади. КМТ магнитли юргизиб юборгич уловчи контактлари билан ишга тушириш тугмачаларини тўсади ва электр двигателни улайди, узувчи контакт билан эса КМ2 юргизиб юборгич занжирини узади. Тўсқич «очиқ» ҳолатига етганда *KM1* юргизиб юборгич *SQ1* четки виключателнинг узиб-уловчи контакти билан узилиб, шу билан бир вақтда у *HL1* сигнал лампасига кучланиш беради — «очиқ». Хато буйруқни ўзгартириш ёки тўсқични оралиқ ҳолатда тўхтатиш учун *SB1* ва *SB2* тугмачалар кўзда тутилган, улардан бири ишлаб чиқариш хонасида, иккинчиси бошқариш пунктида ўрнатилган. Ростловчи органни ёпиш учун *SB5* ёки *SB6* тугмачалар босилади, улар *KM2* юргизиб юборгични ишга туширади. Ростловчи орган ёпилаётганда схема тавсифлангандек ишлайди.

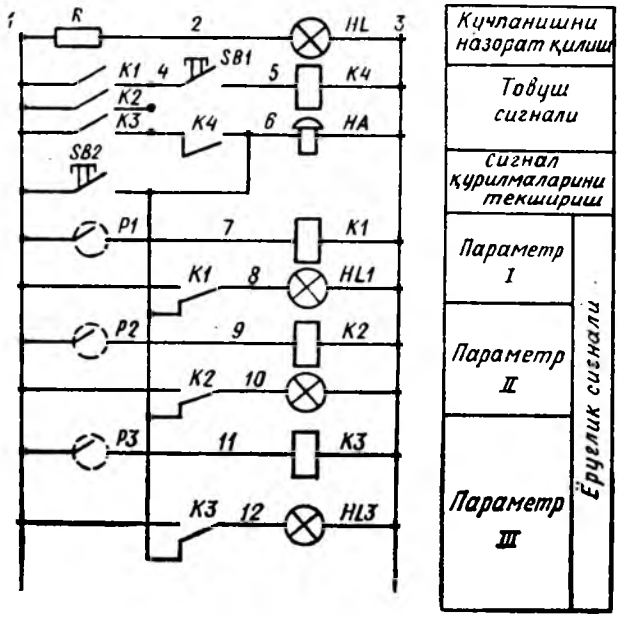
Технологик жараёнларнинг автоматлаштириш системаларини яратишда бир-биридан таркиби ва уларнинг айрим қисмларини тузиш усуллари бўйича фарқ қилувчи турли сигнализация чизмалари ўрин олмоқда. Сигнализация чизмасининг энг рационал тузилган вариантини танлашда унинг конкрет шароитда ишлаши, шунингдек, ёруғлик-сигнал аппаратураси ва сигнализация датчикларига қўйилган техникавий талабларни эътиборга олиш керак.

Баъзи сигнализация чизмаларини кўриб чиқайлик. 21.10-расмда электр двигатель ҳолатининг сигнализация чизмаси берилган. Биринчи ҳолда (21.10-расм, *а*) электр двигателнинг ишга тушиш сигнализацияси контактор (магнитли юритгич) *К* чулғамига параллел уланган битта чироқ *HL1* орқали амалга оширилади. Айрим ҳолларда чироқ *HL1* қўшимча қаршилик билан кетма-кет



21.10- расм. Электр двигатель ҳолатини сигнализациялаш схемаси:

а — битта сигнал лампаси билан; *б* — контакторнинг битта блок- контактидан фойдаланилган иккита сигнал лампаси билан; *в* — контакторнинг иккита блок- контактидан фойдаланилган иккита сигнал лампаси билан.



21.11- расм. Технологик сигнализациянинг принципиал электр схемаси.

уланади. Бундай чизмада қўшимча блок-контактлар талаб қилинмайди, бироқ чироқнинг куйиш эҳтимоли кўп бўлади.

Иккинчи ҳолда (21.10- расм, *б* контактор *К* чулғамига параллел уланган *HL1* лампадан ташқари контакторнинг узувчи блок-контакти билан уланган ва электр двигателнинг узилганини сигнализацияловчи *HL2* лампа бор. Бунда исталган лампанинг куйиши нотўғри сигнал беришга олиб келмайди.

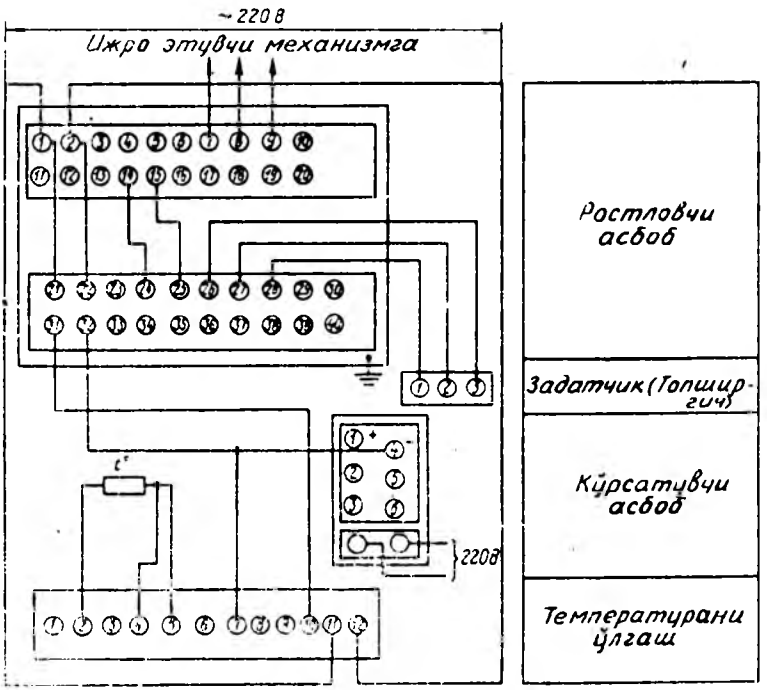
21.10-расм, *в* да келтирилган *HL1* ва *HL2* сигнализация лампаларининг улаш чизмаси контактор *К* битта уланувчи ва битта узувчи блок контактларидан иборат. Агар блок-контактлар етмаса, у ҳолда сигнализация лампаларини улаш учун контакторнинг блок-контактларини кўпайтирувчи оралиқ реленинг контактларидан фойдаланиш мумкин.

Сигнализация лампаси *HL1* ни контактор чулғамига параллел улашга қараганда уланувчи блок-контакт билан улаш афзалроқдир, чунки бунда бошқариш ва сигнализация занжирларини ажратишга имкон яратилади ҳамда контактор ишига *HL1* лампа занжиридаги бузилишларнинг таъсири бўлмайди.

ТЖларни автоматлаштиришда ТБОнинг ҳолати ҳақида хизматчи ходимларни хабардор қилиб турувчи сигналлаш қурилмаларига муҳим аҳамият берилади. Мисол тариқасида масофадан туриб ёки автоматик бошқаришда фойдаланиладиган (21.11-расмга қаранг) ёруғликли ва товушли технологик сигналлар схемасини қараб чиқамиз. Масалан, температура че-

гара қийматига етганда ишлаб кетадиган технологик контактларнинг истагани *(P1, P2* ёки *P3)* уланганда тегишли реле уланади. Реле ўзининг узиб-уловчи контактлари билан сигнал лампасини лампаларни синаб кўриш шинасидан *(1)* узади ва уни таъминот шинасига улайди. Исталган реленинг *(K1, K2* ёки *K3)* уловчи контакти товуш сигнали *HA* ни улайди. Товуш сигналини ўчириш учун хизматчи ходимлар *K4* релени уловчи *SB1* тугмачани босади, реле ўз-ўзини блокировка қилади ва товуш сигнали занжирини узади. Ёруғлик сигнали технологик параметр номинал қийматига қайтгунча сақланиб туради. *SB2* тугмача сигнал бериш қурилмаларининг созлигини текшириш учун хизмат қилади.

ТЖларни автоматлаштиришда оммавий (сериялаб) ишлаб чиқариладиган асбоблар ва автоматлаштириш воситаларидан фойдаланишга асосланган ҳам дискрет, ҳам узлуксиз ишлайдиган ростлашнинг электр системалари кенг тарқалган. Масофадан туриб назорат қилиш ёки автоматик бошқариш системаларида стандарт асбоблар қўлланилган ҳолларда уларни улашнинг умумий (типавий) схемаларидан фойдаланилади. Бунда ўлчовчи ва ростловчи қурилмалар соддалаштириб (тўғри тўртбурчаклар кўринишида) завод маркировкаси билан,



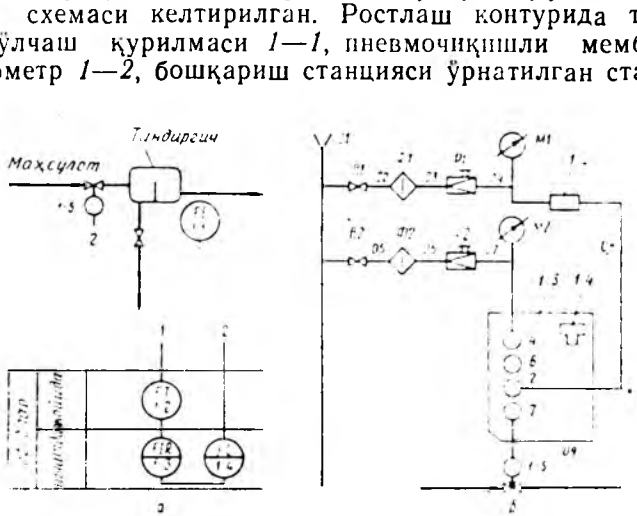
21.12- расм. Назорат ва ростлаш системаларининг принципиал электр схемаси.

кириш ва чиқиш қисмлари (клеммалари) тасвири билан бел гиланади (21.12-расм).

Принципиал пневматик схемалар. Кимё ва озиқ-овқат са ноатларининг кўпгина тармоқларида ТЖ ларни автоматлаш тириш ҳам мустақил, ҳам электр қурилмалар биргаликд фойдаланиладиган пневматик автоматлаштириш воситаларин қўлланиш билан боғлиқ. Принципиал пневматик схемала (ППС) худди ПЭСлар каби автоматлаштириш системасинин функционал (асосий) бўғинларига кирувчи элементларнин тўла тўпламини акс эттиради. Пневмоавтоматика воситалари нинг ўзига хос хусусияти бир асбобда бир неча анъанавий ва зифаларни бирга қўшиб бажаришдир. Масалан, бошқариш станцияси ичига киритилган иккиламчи ўлчов асбоби (маса лан, ПП 10.12Э) топшириқ сигналини назорат қилиш, шаклла тириш, қўлда масофадан туриб бошқариш ва бошқа вазифа ларни бажаради.

ППСга асосланган пневматик автоматлаштириш воситала ри тўғри тўртбурчак шаклида (масштабсиз) тасвирланиб уларнинг ичида ёки улар яқинида шартли белги ва завод тури га мансублиги кўрсатилади. Тўғри тўртбурчаклар ичида асбо ва қурилмаларни импульсли, командали ва таъминланувч алоқа линияларига улаш учун уланувчи штуцерларининг но мери кўрсатилиши керак. Ёрдамчи қурилмалар, яъни фильтр лар, редукторлар, ҳаво босимини назорат қилиш учун кўрса тувчи манометрлар, тўсувчи арматура кабилар ППСда пнев моманба схемаси ишлаб чиқилмаган ҳолдагина кўрсатилади

Мисол тариқасида 21.13-расмда суюқ маҳсулот сарфин ростлаш схемаси келтирилган. Ростлаш контурида торайти рувчи ўлчаш қурилмаси *1—1*, пневмочиқишли мембранал дифманометр *1—2*, бошқариш станцияси ўрнатилган старт сис



21.13-расм. Суюқ маҳсулот сарфини ростлаш схемаси:

а — автоматлаштириш схемаси; *б* — принципиал пневмати схемаси.

темасидаги иккиламчи кўрсатувчи асбоб *1—3*, старт системаси даги ростлагич ва пневматик ижрочи механизм *1—5* фойдаланилган. ППС да ёрдамчи элементларнинг тўла тўплами бўлган пневмоманбанинг иккита линияси (сарфлар датчиги ва бошқариш шчитида монтаж қилинган асбоблар) тасвирланган: тўсқич вентиль (*В*), ҳаво фильтри (*Ф*), босим редуктори (*Р*), кичик ўлчамли техник манометр (*М*). ППС да автоматлаштиришнинг асосий воситаларининг рақамли белгилари сақланади.

XXI.7-§. ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРНИНГ АВТОМАТЛАШТИРИЛГАН БОШҚАРИШ СИСТЕМАЛАРИНИ (ТЖАБС) ЛОЙИҲАЛАШ

ТЖАБСни яратиш принциплари. ТЖАБСни яратиш ва жорий қилиш мураккаб ва меҳнат талаб жараён. Бу бошқаришнинг илғор ва мураккаб услубларини жорий қилиш, ТЖАБСнинг кўп компонентлилиги, айрим таъминотларни ишлаб чиқишда ёндашишнинг системалилиги, қўйилган вазифаларнинг ва техник воситалар мажмуасининг мураккаблиги билан изоҳланади.

Вазифани шу нарса ҳам мураккаблаштирадики, бунда мазкур турдаги системаларни ишлаб чиқишда янги техникани жорий қилишнинг одатдаги схемасидан фойдаланиб бўлмайди: тажриба намунасини яратиш, унинг иш қобилиятни текшириш, лойиҳани текшириш натижаларига кўра тузатиш, охирги вариантни яратиш. Автоматлаштирилган технологик комплекс (АТК) ишга туширилмагунча бошқарув системасининг иш қобилиятини умуман текшириш мумкин эмас. Бу ТЖАБСни ишлаб чиқишда дастлабки қарорларнинг жавобгарлигини орттиради.

ТЖАБС ва БТО нинг биргаликда амал қилувчи тўплами (мажмуаси) автоматлаштирилган технологик комплекс (АТК) дейилади.

БТОда вақт ўтиши билан муҳим ўзгаришлар юз бергани сабабли катта мураккабликлар юзага келади, бу эса бошқаришнинг жорий этилган вазифаларини замонавийлаштиришни тақозо этади. ТЖАБСнинг ўзи ҳам такомиллаштирилади — келажакда ТЖАБС нормал ишлаши учун бошқариш вазифалари ортади ва ўзгаради: АТК эволюцияси олдиндан режалаштирилиши керак, бу қўшимча қийинчиликлар келтириб чиқаради.

Юқорида санаб ўтилганларнинг ҳаммаси ТЖАБСни яратишнинг умумий принципларига мажбуран риоя қилинишини талаб қилади. Уларни қараб чиқамиз.

Янги вазифалар принципи шундан иборатки, бунда ТЖАБСни жорий қилишда бошқарув ҳисоблаш комплекси (БҲК)га азалдан анъанага кириб қолган бошқариш вазифаларини ағдариш мумкин эмас: уларни ҳисоблаш техникасининг имкониятларини ҳисобга олган ҳолда такомиллаштириш керак. Бунинг учун меҳнат, моддий ва энергетик ресурсларни аниқлаш мақ-

сасида БТО ни муфассал таҳлил қилиш керак. Таҳли натижаларига мувофиқ ҳисоблаш техникаси ёрдамида ҳал қи линиши мумкин бўлган вазифалар рўйхати тузилади. Бу мас лаларнинг ҳал этилиши бошқарувнинг тўлиқлигини ўз вақтид бўлганлигини ва оптималлигини таъминлаши керак.

Системали ёндошиш принципи шундан иборатки, биринчи дан, АТҚ нинг иккала ташкил этувчиларига бир вақтда (систе мали) ёндошиш; бошқариш системасига иккинчи даражал деб, БТОнинг устқурмаси деб қараш мумкин эмас. БТОни яра тишда уни бошқариш имкониятлари ва заруратини ҳисобг олиш керак: уни ҳудудларга ажратиш, қўшимча аралаштирги лар, иситкичлар, насослар ва ҳоказолар ўрнатиш. Иккинчида ТЖАБСни яратишда алоҳида таъминотларни ишлаб чиқишг системали ва режали ёндашиш зарур.

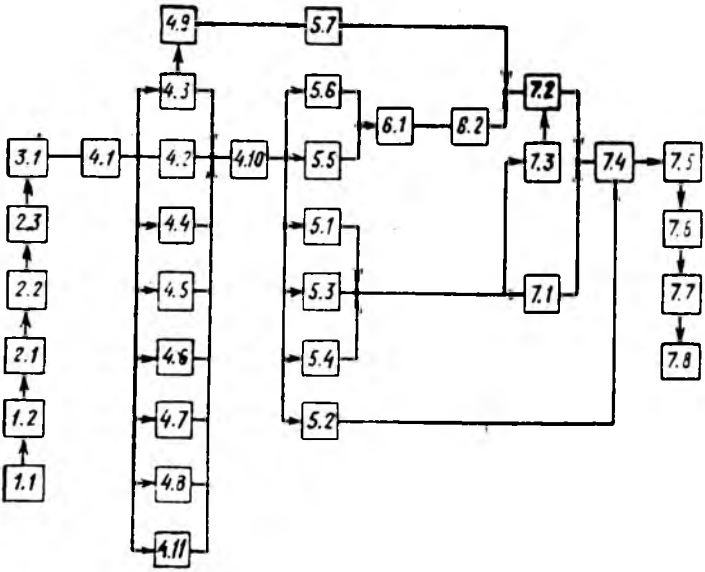
Системали узлуксиз ривожлантириш принципи шундан ибо ратки, бунда системада хотиранинг заҳрадаги ҳажмлари в объект билан алоқа қилувчи қурилмалар, заҳира қилиб кири тилган датчиклар ва мембранали ижро механизм (МИМ) лар билан ифодаланувчи унинг ривожланиш имкониятлари кири тилиши керак. Акс ҳолда ТЖАБС БТОнинг ривожи учун тўс қинлик қилиши мумкин.

Максимал онгли турлантириш принципи шундан иборатки бунда ишлаб чиқилаётган қарорлар, ўзгаришлар минимал бўл ганда фақат ишлаб чиқилаётган ТБО учунгина тўғри кели қолмай, балки бошқа объектлар учун ҳам тўғри келсин. Прин ципни амалга оширишнинг асосий принципи — типавий (уму мий) қарорларни ишлаб чиқиш ва бу қарорлардан ТЖАБСни ишлаб чиқишда кенг фойдаланишдир (бу ишлаб чиқишга ке тадиган ҳаражатларни икки марта камайтиради).

Ягона ахборот базаси принципи машинали элтувчилард (дискларда, ленталарда) система ҳал қиладиган ҳамма маса лалар учун умумий ахборот базасини яратишдан иборат. Бу билан ахборотнинг такрорланишига, турлича тушунчаларг (масалан, битта катталик бир неча маълумот массивларид турли хил қийматга эга бўлганда) чек қўйилади ва бошқа ришнинг аниқ вазифалари учун ишчи массивларининг шаклла ниши учун шароит яратилади.

Системанинг ўтказиш қобилиятларининг келишилганлиг принципи шундан иборатки, бунда система ўтказиш қобилияти тенг қийматли элементлардан ишлаб чиқилиши керак. Бир то мондан объект билан алоқа қурилмаси (ОАҚ) датчиклар ва ижрочи механизмлар сонига тенг бўлиши, иккинчи томонда бошқарувчи ҳисоблаш комплекси (БҲК) нинг ҳисоблаш қув ватларига тенг бўлиши керак; хотира ҳажмлари БТОнинг ах борот қувватига мос келиши керак ва ҳоказо.

ТЖАБСни ишлаб чиқиш босқичлари ва давр (этап)лари 21.14-расмда ишларни бажариш босқичлари (1, 2.., 7) ва этап лари (1.1, 1.2, ... , 7.8), шунингдек уларни бажариш кетма-кет лиги кўрсатилган.



21.14-расм. ТЖАБС нинг ишлаб чиқиш давр (этап) лари ва босқичлари:

1 — ТЖАБС ни яратишни асослаш (1,1 — БТО ни тадқиқ этиш, яъни маълумотларни тўплаш ва таҳлил қилиш; 1,2- системага талаблар ишлаб чиқиш ва ҳужжатлаштириш); *2* — техник топшириқ (2.1- илмий- тадқиқот ишлари; 2.2- аванлойиҳани ишлаб чиқиш; 2.3- техник топшириқ ишлаб чиқиш); *3*— дастлабки қарорларни ишлаб чиқиш (шарт эмас); *4*— техник лойиҳа ечимларини (қарорларни) ишлаб чиқиш (4.1 — умумий тизим масалалари бўйича сўнгги (охирги); 4.2 — ташкилий таъминлаш бўйича; 4.3 — техник таъминлаш бўйича; 4.4 — алгоритмларни танлаш бўйича; 4,5 — ахборотларни таъминлаш бўйича; 4.6 — Лингвинистик таъминлаш бўйича; 4.7 — дастур (программа) ни таъминлаш бўйича; 4.8 — метрологик таъминлаш бўйича; 4.9 — лойиҳа-схема қурилиш ҳужжатлари бўйича; 4.10 — ўзаро турли алоқаларни таъминлаш, ечимларни мослаштириш ва умумий тизим ҳужжатларини тўлиқ ишлаб чиқиш; 4.11 — техник восита комплекс (ТВК) ларига буюртма ҳужжатларини тузиш); *5* — ишчи ҳужжатларни ишлаб чиқиш (5.1 — ахборотларни таъминлаш бўйича; 5.2 — ташкилий таъминлаш бўйича; 5.3 — метрологик таъминлаш бўйича; 5,4 — Лингвинистик таъминлаш бўйича; 5.5 — дастурни таъминлаш бўйича; 5.8 — бир марта тайёрланадиган техник воситалар бўйича; 5.7 — қурилишга оид); *6* — ТВК компонентларини серияси тайёрлаш (6,1 — ТВК компонентларини тайёрлаш; 6.2 — компонентларни автоном созлаш ва синаш); *7* — ишга тушириш (7.1 — фойдаланувчи ходимларни ўқитиш, ишга тушириш, тайёргарлик кўриш; 7.2 — қурилиш- монтаж ишлари; 7.3 — дастур ва техник воситаларни комплектациялаш; 7.4 — ишга тушириш, созлаш ишлари; 7.5 — тажриба эксплуатация қилиш; 7.6 — қабул қилишга оид синов; 7.7 — мулоҳаза (камчилик) ларни бартараф қилиш; 7.8 — саноат эксплуатацияга қабул қилиб олиш).

ТЖАБСни яратишни тадқиқ этиш ва асослаш. Бу босқичда ТЖАБС ни яратиш мақсади, умуман системага талаблар, автоматлаштириладиган функциялар (ишлар) рўйхати шакллантирилади, шунингдек системанинг самарадорлиги манбалари аниқланади.

Бу босқичда ўхшаш объектлар учун ТЖАБСни қўлланилишининг маълум ҳоллари таҳлил қилинади ва мавжуд БТО нинг техник-иқтисодий тадқиқи амалга оширилади. Тадқиқот объектда эришилган ишлаб чиқариш ресурсларидан (меҳнат, хомашё, материаллар, ёнилғи, энергия, қурилма) фойдаланганлик даражасини аниқлаш мақсадида, шунингдек, бошқаришни автоматлаштиришнинг захиралардан фойдаланишга,

ресурслар сарфини қисқартиришга, яъни мақсадга қаратил
маҳсулотнинг таннархини пасайтиришга ва уни ишлаб чи
ришни кўпайтиришга таъсирини аниқлаш мақсадида ўтка
лади.

Бу босқичдаги ишларнинг натижаси ТЖАБСни яратишни
техник-иқтисодий асосланиши (ТИА) ва ҳисобот тарзида
БТОни тадқиқ қилиш ҳамда таҳлил қилиш натижалари ҳисо
ланади. Ишлар система буюртмачиси ва ишлаб чиқарувчи
вакиллари билан биргаликда ўтказилади. Ишчи бригадалар
ТЖАБС бўйича, технология, КИП ва автоматлаштириш, иқт
сод, системотехника бўйича мутахассислар киради.

Техник топшириқ. Ишлардан мақсад ТИАга мувоф
ТЖАБСни яратиш имкониятларини асослаш ва мақсадга м
вофиқлигини тасдиқлаш; ТЖАБС ни яратиш бўйича ишлар
режалаш; лойиҳа ишлари учун зарур материалларни тайё
лаш. Буларнинг ҳаммаси ишлаб чиқарувчининг илмий-тадқ
қот ишларини (ИТИ) ўтказиш, аванлойиҳани ишлаб чиқ
ва техник топшириқни (ТТ) ишлаб чиқиш билан таъминл
нади.

ИТИ жараёнида БТО, информацион тизмалар ва бошқ
ришнинг энг қийин вазифалари бошқарув мезони ва чекл
нишларни танлаб ҳамда технологик жараённинг математ
моделларини ва ўлчаш каналларини тузиш билан тадқиқотла
олиб борилади.

Аванлойиҳани ишлаб чиқишда ишлаб чиқарувчи берилг
ТЖАБС ни таъминотларнинг ҳар хил турлари бўйича ярати
мумкинлигини тасдиқлайди; системанинг энг муҳим вазифа
рининг ёки бўғинларининг ишончлилиги тез, таъсирчанлиги
метрологик кўрсаткичларининг дастлабки ҳисоб-китоблари
бажаради; ҲТ воситаларининг самарали юкланишини ва зар
ҳисоблаш қувватларини баҳолайди; техник воситалар комплек
(ТВК) ни асослаб, дастлабки танловни ўтказади.

Ишлар натижаси ТЖАБСни ишлаб чиқишга техник топш
риқ ҳисобланади — бу кейинги барча ишлар учун мажбурий
дастлабки ҳужжатдир.

Техник лойиҳа. Ишларнинг мақсади система бўйича ас
сий техник ечимларни (қарорларни) ишлаб чиқиш ва уни
смета қийматини аниқлашдир.

Бу босқичда дастлаб системани функционал-алгоритм
синтез қилиш бўйича ишлар олиб борилади, унга пирова
функционал структурани (тузилмани) ишлаб чиқиш; техни
билан оператив технологик ходимлар орасида вазифаларни та
симлаш; масалаларни қўйиш ва алгоритмларни ишлаб чиқи
инсон-машина системаси сифатидаги ТЖАБСнинг ишлаш
алгоритмини ишлаб чиқиш; системанинг ташкилий тузлмаси
ва унинг ТВК тузилмасини ишлаб чиқиш киради. Кей
ТЖАБС таъминотининг ҳамма турлари бўйича қарорлар о
динлаштирилади.

Ишлар натижаси техник лойиҳа ҳисобланиб, унга лойиҳ

ининг функционал қисми ҳужжатлари; кейинги босқичда системага бутунича эксплуатацион ҳужжатларни чиқариш учун зарур ва етарли лойиҳавий қарорлар (ечимлар); қурилиш лойиҳасининг «Технологик жараёнларни автоматлаштириш» бўлими таркибига кирувчи лойиҳавий-смета ҳужжатлари; янги техник воситаларни ишлаб чиқишга техник талаблари бўлган буюртмалар лойиҳаси; автоматлаштириш воситалари комплексини (мажмуасини) етказиб беришга техник топшириқ; ҲТ воситалари комплексини буюртма қилиш учун зарур ҳужжатлар тўплами; махсус математик ва информацион таъминотларнинг ҳужжатлари (бу программаларни ишлаб чиқишга доир техник топшириқ ҳам ҳисобланади) киради.

Ишчи ҳужжатлар. Ишнинг мақсади — яратилаётган системага ишчи ҳужжатлар чиқариш. Бу босқичдаги ишлар ТВКни олиш, монтаж қилиш ва созлаш учун етарли лойиҳавий-смета ҳужжатлар комплектини; машина элтувчиларга асосланган махсус программавий таъминот (ПТ) программаларини тайёрлаш ва уларни қўллаш учун етарли ПТ ҳужжатлари; системани созлаш ва ишлатиш учун зарур ва етарли бўлган ташкилий таъминот ҳужжатлари ҳамда ТЖАБСни автоматлаштириш воситалари мажмуасининг ҳужжатларини чиқариш билан тугалланади.

Техно-ишчи лойиҳа. Агар система типавий ечимлардан кенг фойдаланган ҳолда лойиҳани такроран қўллаш йўли билан яратилсада техник жиҳатдан мураккаб бўлмаган системани яратишда ТЖАБСни лойиҳалаш бир босқичда амалга оширилиши мумкин.

Автоматлаштириш воситалари мажмуасининг носерияли компонентларини тайёрлаш. Ишлардан мақсад «хусусий ишлаб чиқилган» техник программавий ва информацион таъминот компонентларини тайёрлаш.

Иш жараёнида ностандарт техник воситалар, шу жумладан оператив-диспетчерлик қурилмаси, махсус программалар шу жумладан, комплектлаб олинадиган тайёр программаларни боғлаш учун программа воситалари; информацион буюмлар кўринишидаги информацион таъминот қисмлари ишлаб чиқилади, тайёрланади ва синовдан ўтказилади.

Ишга тушириш. Ишлардан мақсад амалдаги системани саноатда қўллашга киритиш.

Ташкилий жиҳатдан системани жорий қилиш ишлари тасдиқланган режа-график бўйича бажарилади. Дастлаб системанинг зарур ходимлар штати ажратиб олиниши ва ўқитилиши, ТЖАБСни комплектлаш ўтказилиши ва БТО қурилиш ва монтаж қилиш ишларини ўтказишга тайёрланиши керак. Кейин монтаж-қурилиш ва ишга тушириш-созлаш ишлари, синов ишга тушириш, қабул қилиш синовлари, камчиликларни бартараф қилиш ва, ниҳоят, саноатда ишлатиш учун қабул қилиш ишлари амалга оширилади.

XXI.8-§. МОСЛАШУВЧИ АВТОМАТЛАШТИРИЛГАН ИШЛАБ ЧИҚАРИШ (МАИЧ)

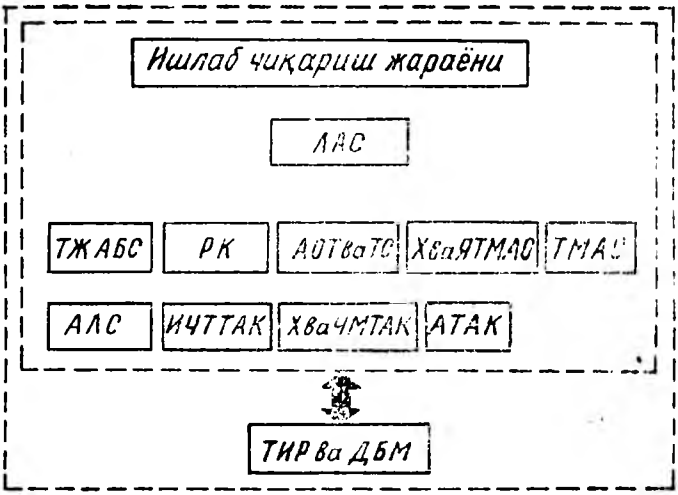
Кимё ва озиқ-овқат саноати технологик жараёнларини автоматлаштирилган бошқариш системаларини ва анъанавий автоматлаштириш системаларини ишлаб чиқиш ва жорий қилиш уларнинг самарадорлигини оширишга қаратилган бир қатор вазифаларни муваффақиятли ҳал қилишга имкон берди. Бироқ бундай системаларнинг имкониятлари чекланган. Уларни қўллашда ишлаб чиқариш характери даврий дискрет ва узлуксиз-дискрет корхоналардир. Автоматлаштиришнинг аъанавий системаларини қўллаш майда серияли ишлаб чиқаришда, чиқарилаётган буюмларнинг номенклатураси кўп бўлганда айниқса мураккаблашади. Кўпчилик жисмонан оғир ортиш-тушириш ишлари, транспорт ва шу каби кимё ва озиқ-овқат саноатларида салмоғи жуда катта бўлган бошқа операциялар амалда автоматлаштирилмаган. Шу билан бирга цехлар ва корхоналарнинг янги ёки сезиларли даражада янгиланган маҳсулотни ишлаб чиқаришга ўтказиш масаласини ҳал қилиш — борган сари долзарб бўлиб бормоқда. Саноат корхоналарини автоматлаштиришдаги бу «тор жойлар» соҳага илмий-техник янгиликларни жорий этиш суръатларини кескин пасайтиради.

Бундай ҳолатдан қутулиш ҳисоблаш техникасини ва айниқса микро- ва мини ЭҲМларни, атроф-муҳитга ва ишлаб чиқариш объектларига мосланиш элементлари бўлган автоматик манипуляторлар ва саноат роботларининг кенг жорий этилишини, кўп серияли, кўп номенклатурали, тез-тез қайта тузиладиган ишлаб чиқариш учун мўлжалланган программа билан бошқарилувчи автоматик ишлаб чиқариш системаларини ва мослашувчи (тез-тез ўзгартириладиган) ишлаб чиқариш системалари ёки мослашувчи автоматлаштирилган ишлаб чиқаришлар (МАИЧ) ни яратишни муваффақиятли ривожлантиришга имкон беради. МАИЧда комплекс автоматлаштириш ва ишлаб чиқаришнинг узлуксизлиги ва уйғунлиги, маҳсулотни ишлаб чиқаришнинг юқори суръатлари билан қўшиб олиб борилади.

МАИЧнинг асосини сонли программа билан бошқарилувчи машиналар ва аппаратлар, саноат роботлари ва манипуляторлар, микро ва мини ЭҲМ асосидаги бошқарувчи қурилмалар ташкил этади.

МАИЧ бошқаришнинг юқори даражада мослашувида қайта созланиши билан характерланади. Бу оптимал режалаштиришни ишлаб чиқаришни технологик тайёргарлик кўришни аниқ вазиятни ҳисобга олиб диспетчерлашни қурилмаларни комплекс бошқаришни киритишга имкон беради.

МАИЧ таркибига (21.15-расм) локал автоматлаштириш системалари (ЛАС), технологик жараёнларни автоматлаштирилган бошқариш системалари (ТЖАБС), роботлаштирилган



21.15- расм. МАИЧ нинг умумлашган блок- схемаси.

комплекслар (РК), автоматлаштирилган ортиш-тушириш ва транспорт системалари (АОТ ва ТС), хомашё ва ярим тайёр маҳсулотларнинг автоматлаштирилган омбори (ТМАО), автоматлаштирилган лойиҳалаш системаси (АЛС), ишлаб чиқаришни технологик тайёрлашнинг автоматлаштирилган комплекси (ИЧТТАК), хомашё ва чала маҳсулотлар билан таъминлашнинг автоматлаштирилган комплекси (Х ва ЧМТАК), асбоб билан таъминлашнинг автоматлаштирилган комплекси (АТ АК), ташкилий-иқтисодий, режалаш ва диспетчерлик бошқаруви маркази (ТИР ва ДБМ) киритилиши мумкин.

МАИЧдан фойдаланиш қурилманинг ишлаши техник-иқтисодий кўрсаткичларни анча яхшилашга, самарадорликни кескин оширишга имкон беради.

Самарадорлик манбаи даставвал МАИЧнинг ўзгарувчанлигидадир. МАИЧнинг техник имкониятларига мос янги детални тайёрлашга ўтиш учун ЭҲМга уни ишлашнинг тегишли янги программасини киритиш етарли. Бундай программа ЭҲМнинг хотирасида бор бўлса, оператор унинг шифрини кўрсатса етарли бўлади. Шундан сўнг ЭҲМ МАИЧ нинг қурилмаси орасидаги ишни энг яхши тарзда тақсимлаб беради, деталларни етказиб бериш учун МАИЧ қурилмаси элементлари орасидаги транспорт алоқаларини энг яхши тарзда белгилаб беради, барча операцияларнинг синхрон бажарилишини таъминлайди. Бунинг натижасида қурилманинг юкланиш коэффициенти 0,85—0,9 гача етказилиши мумкин, буюмларга ишлов бериш даври эса анъанавий, технологияга нисбатан 2—3 марта қисқартирилиши, маҳсулот таннархи 3—5 марта пасайиши мумкин.

МАИЧни бошқарувчи ЭҲМ қурилманинг юкланишини маҳсулот ишлаб чиқарилишини узлуксиз ҳисобга олиб бориш мумкин. Иш натижаларини бир неча кун мобайнида таққослаш ўз-ўзини ўқитиш принциплари асосида ЭҲМ янада юқори миқдорат унумдорлигига эришиш мақсадида қурилмани яна ҳам бир текис юклантиришни таъминлаб, ўз программасини такомиллаштириб бориши мумкин. Қурилмада жойлаштирилган датчиклардан олинаётган ахборот асосида ЭҲМ ишдан воз кечиши ва носозликларни оператив равишда аниқлаши, операторга қурилманинг ишончлилигини ошириш йўлларини айтиб бериши, шунингдек носоз машинани ўчириб қўйиб, унинг вазифаларини бошқа машиналарга тақсимлаб бериши мумкин.

Ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштиришнинг учинчи ривожида МАИЧ қандай ўрин эгаллайди? Буни баҳолаш учун бир неча асосий босқичларни ажратиб кўрсатиш керак.

Ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштиришнинг биринчи босқичида локал автоматлаштириш системалари кенг ҳисса қўшди. Бу ишлаб чиқариш жараёнида бевосита банд бўлган ходимлар сонини қисқартиришга (ўртача 2 марта), ишлаб чиқаришнинг сифатий кўрсаткичларини яхшилашга имкон берди.

Иккинчи босқичга ишлаб чиқариш жараёнларини бошқаришга ҳисоблаш техникасини жорий қилишни, ТЖАБС яратишни киритиш мумкин. Ҳозирги пайтда бу йўналиш яна ҳам кенг тарқалмоқда. Кимё ва озиқ-овқат саноатида ТЖАБС бошқариши учун жорий этиш мақсадида технологик жараёнлар илмий асосда ўрганилмоқда ёки такомиллаштирилмоқда. ТЖАБ технологик жараёнларнинг ишлашини оптималлаштиришни инсоннинг ишлаб чиқариш жараёнларида иштирок этиш улушини бундан буён тахминан 3 марта камайтиришни таъминлайди.

Ҳозир ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштиришнинг учинчи босқичига асос солинмоқда — МАИЧ ишлаб чиқилмоқда ва жорий қилинмоқда. Бу автоматлаштирилган комплекслар нинг қўлланилиши бутун технологик жараённи тўла автоматлаштириш учун шароит яратади, бунга жараёнларни ҳозирги ашё билан таъминлаш, тайёр маҳсулотни жойлаш бўйича ёрдамчи операциялар ҳам киради. Бундан ташқари, бир маҳсулотни ишлаб чиқаришдан иккинчисига ўтишда ишлаб чиқаришни қайта қуриш автоматлаштирилади. Дастлабки баҳолашларга кўра инсоннинг ишлаб чиқариш жараёнларидаги улуши (иштироки) тахминан 6 марта қисқаради.

Автоматлаштиришнинг келажаги тўртинчи босқич бўлиб, унда МАИЧ йиғиндилари асосида одамсиз технология бўйича ишловчи завод-автоматлар яратилади. Бунда инсоннинг бевосита ишлаб чиқаришдаги иштироки 5% гача, яъни 20 марта камаяди.

МАИЧни ишлаб чиқишда ва жорий қилишда қандай вазифалар ҳал қилиниши керак? Улар жуда кам эмас экан. Шу бил

лан бирга МАИЧни амалга оширишда бир қатор ўзига хос муаммолар пайдо бўлади.

МАИЧни яратиш ва жорий қилишнинг асосий концепциялари

Биринчи муаммо, ҳозирги вақтда жорий вазифаларнинг умуман уддасидан чиқиб келаётган машиналарнинг анча катта миқдори ишлаб туриши билан боғлиқ. Бироқ қурилмаларнинг, машиналарнинг, технологик аппаратларнинг кўпчилик қисмн МАИЧда фойдаланиш учун яроқсиз экан, чунки уларда амалдаги жараёнларни силлиқ ўзгартириш имкониятлари назарда тутилмаган экан. Бу қурилмани алмаштиришга тўғри келади. Демак, анча йўқотишлар пайдо бўлади.

МАИЧни амалга оширувчи янги қурилмани ишлаб чиқишда барча ишлаб чиқариш вазифалари ўзаро боғлаиишда ҳисобга олинадиган системали ёндашув зарур. Бу ёндашувга асосланиб, асосий вазифалар сифатида МАИЧни яратишнинг қуйидаги масалаларини ифодалаш мумкин: системотехник таҳлил ва ишлаб чиқаришни умумий тайёрлаш, унинг вазифалари тўпламини шакллантириш; қурилма, машиналар, ишлаб чиқариш имкониятлари кенг бўлган аппаратлар, жиҳозларни ва ишлаб чиқариш хоналарини жойлаштиришни режалаш; роботлаштириш, ортиш-тушириш ва транспорт системасини ишлаб чиқиш; микро ва мини ЭҲМ базасида ва тегишли программали таъминот асосида бошқариш системаларини ишлаб чиқиш; ишлаб чиқаришни технологик тайёрлаш масалаларини ҳал қилиш учун автоматлаштирилган лойиҳалаш системаларини ишлаб чиқиш; автоматик диагностика, функцияларни тиклаш ва МАИЧга хизмат қилиш системаларини ишлаб чиқиш.

Техник таҳлил системалари босқичида даставвал автоматлаштирилаётган ишлаб чиқаришнинг, айниқса, чиқарилаётган маҳсулотнинг характери, унинг компонент таркибига кўра ўзгариш динамикаси ва даражаси таҳлил қилинади. Одамларнинг жисмоний меҳнат билан бандлиги ҳақидаги, қурилмалардан фойдаланишнинг мавжуд ва исталган коэффициентлар ва ишнинг сменалилиги ҳақидаги саволларга жавоб берилиши керак. Технологик жараён амалга ошириладиган барча қисм ва бўлинмалар, хомашё, яримфабрикатлар сақланадиган хоналар, тайёр маҳсулот омборлари ўрганилиши керак.

Мунтазам текшириш натижасида МАИЧнинг яратилиши мақсадга мувофиқ эканлиги баҳоланади ва ихчам автоматлаштирилган ишлаб чиқаришларни яратишда ва жорий қилишда ҳал қилиниши керак бўладиган масалалар ифодаланади.

Қурилма, машина аппаратларни ишлаб чиқиш талаб қилинаётган характеристикалар ва параметрлар, уларнинг назарда тутиладиган ўзгаришлари диспазонлари асосида амалга оширилади. Бу ишланмаларнинг жуда муҳим хусусияти ишлаб чиқаришни самарали роботлаштириш учун шароитларни назарда тутишдир. Бу масалаларни ҳал этиш асосида ишлаб

чиқариш хоналарининг шакли ва ўлчамлари белгиланад
Одатда, МАИЧда ишлаб чиқариш хоналарининг саҳни ан
қисқартирилади, чунки, масалан, оралиқ ҳажмдор омборхон
ларнинг, ишчи ва хизматчи ходимлар учун кўп миқдорда
маиший хоналарнинг зарурати бўлмайди.

Ишлаб чиқаришни роботлаштириш — МАИЧни яратишни
асосий босқичларидан биридир. Уни ҳал қилишда қуйидаг
асосий ташкилий тадбирлар ўтказилиши керак: технологик ж
раёнларни уларнинг прогрессивлигини ва автоматлаштири
ганлик даражасини аниқлаш мақсадида аттестациядан ўтк
зиш; ҳар бир бўлимда саноат роботларининг қўлланилиши и
тисодий мақсадга мувофиқлигини техник-иқтисодий асослаш
ишлаб чиқиш; модулли конструкциядаги роботларнинг пар
метрик қаторини ишлаб чиқиш ва уларни ишлаб чиқариш
ташкил этиш.

Ишлаб чиқаришни роботлаштириш асосида автоматлашт
рилган ортиш-тушириш ва транспорт системалари ишлаб ч
қилиши керак. Автоматлаштирилган транспорт системала
мослашувчан бўлиши, машиналар, аппаратлар ва технологи
жараёнлар қурилмаларининг синхрон ишлашини таъминлаш
керак. Улар пировард натижадан келиб чиқиб технологик ж
раён қурилмасининг оптимал юкланишига ёрдам бериши к
рак. Мослашувчи автоматлаштирилган транспорт система
қурилмаларнинг катта гуруҳини ягона комплексга айлантири
у талаб қилинган вақт давомида одамларнинг иштирокис
ишлай олиши мумкин.

Ҳисоблаш техникаси воситалари МАИЧни жонлаштиришг
уни барча кўзда тутилган масалаларни муваффақиятли баж
ришга қаратилган. Ҳисоблаш техникаси воситаларини ташки
этиш иерархик кўп даражали бўлиши керак. Қуйи дараж
микро ва мини ЭҲМнинг тақсимланган тармоғи билан шаклл
нади, улар локал қурилмаларни, роботлаштирилган комплек
ларни, технологик жараён аппаратураси ва қурилмаларин
ортиш-тушириш ва транспорт системаларини бевосита бошқ
ришни таъминлайди. Тақсимланган ЭҲМларнинг ишини МАИ
нинг ҳолати ва фаолияти ҳақида тўла ахборот олиб турув
марказий ЭҲМ ташкил қилади. Бошқарувчи персонал (ходи
лар) ишлаб чиқаришни қайта ташкил этиш бўйича аниқ вазъ
фаларни ҳал қилади, марказий ЭҲМ оптимал тарзда бу м
саларни ҳал этиб, тақсимланган ҳисоблаш системалари
қурилмаларига иш программаларини беради.

Марказий ЭҲМнинг математик ва программавий таъмин
тини ишлаб чиқиш муаммоси МАИЧни яратишдаги энг м
раккаб муаммолардан биридир. МАИЧнинг ҳисоблаш ком
лексининг бой программавий таъминоти (ПТ) шароитидаги
юқори даражадаги мослашувчанликка эришиш мумкин. П
ишлаб чиқаришнинг янги вазифаларини амалга оширувчи я
ги бошқариш вазифаларига оператив ўтишга имконият ярати
керак. Шуни таъкидлаб ўтиш муҳимки, ПТни модулли при

цип бўйича шакллантирган қулай, бунга мувофиқ ҳар бир программа алоҳида мустақил кичик программа — модуль кўринишида шакллантирилади. Бундай ёндашишда ПТни жадаллаштириш ва модернизациялаш (янгилаш), модуллар тўпламидан исталган фойдаланиладиган программани шакллантириш учун қулай шароитлар яратилади.

МАИЧни яратишда жуда қизиқарли масалалардан бири уларнинг автономлигини ошириш масаласидир. Унинг моҳияти нимада?

Олдингилардан маълумки, МАИЧ ишлаб чиқариш масалаларининг бутун комплексини, то тайёр маҳсулотни омборга жойлашгача бўлган ишларни ҳал қилади. Бундан ташқари, МАИЧ ишлаб чиқариш жараёнини маҳсулотнинг янги турларини чиқаришга ўтиш мақсадида оператив равишда қайта қуради. Бироқ ишлаб чиқаришни маҳсулотнинг янги турларига ўтказишни ташкил этиш учун МАИЧ ишлаб чиқаришни технологик тайёрлашнинг бутун бир воситалар комплекси билан ташқаридан таъминланиши керак.

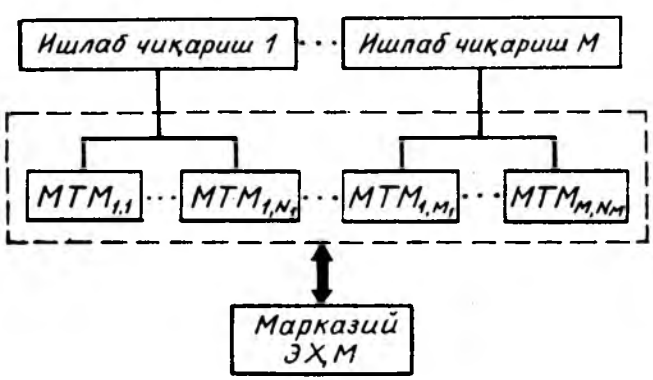
МАИЧни технологик тайёрлаш воситалари деганда янги маҳсулотни ишлаб чиқариш учун технологиялар ишлаб чиқиш, цехлар, бўлимларнинг ўзаро ва хомашё, яримфабрикатлар ва тайёр буюмлар омборлари билан боғланишининг янги йўналишларини белгилаш, технологик қурилмани, роботларни, ортиш-тушириш ва транспорт системаларини бошқариш системалари учун программалар ишлаб чиқиш, шунингдек турли ёрдамчи ишлаб чиқариш операциялари тушунилади. Бу ишларнинг кўпчилиги кўп миқдордаги одам ресурсларини жалб қилишни, кўп вақт сарфлашни талаб қилади, бу эса МАИЧнинг ихчамлик даражасини ва бинобарин унинг самарадорлигини кескин пасайтиради.

Бундан МАИЧни яратишда ишлаб чиқаришни муҳандислик ва технологик тайёргарлигининг санаб ўтилган масалаларини ҳал қилишни ҳам автоматлаштириш мақсадга мувофиқ экани келиб чиқади. Бу вазифа автоматик лойиҳалаш системаси (АЛС) билан муваффақиятли ҳал қилиниши мумкин, у МАИЧ учун ёки уларнинг баъзи тўпламлари учун назарда тутилиши мумкин. АЛС, ишлаб чиқаришни муҳандисли ва технологик тайёргарлигини лойиҳалаб, бошқа истиқболли масалани — МАИЧни ўз-ўзини такомиллаштириш ва ривожлантириш масаласини ҳам ҳал этади. Тажриба тўплана борган сари МАИЧнинг имкониятлари кенгаяди, унинг самарадорлиги кўтарилади.

МАИЧ инсонни маҳсулот ишлаб чиқариш жараёнида иштирок этишдан максимал озод қилиб, катта ҳажмдаги ишлаб чиқариш масалаларини ҳал этади. Бироқ МАИЧга созлаш, таъмирлаш-профилактик ва ремонт ишларини амалга ошириб, хизмат кўрсатиш зарур. Бу мақсадда мутахассисларни тайёрлаш масалалари кўзда тутилиши керак: роботлаштирилган қисмлар ва мажмуаларда хизмат кўрсатиш учун операторлар,

созловчилар, робототехникани жорий қилиш бўйича бўлинма лар ва саноат роботлари ва робото-технологик комплекслар бўйича ишга тушириш-созлаш ҳамда таъмирлаш ишлари учун гуруҳлар ташкил этилиши керак. МАИЧда рад қилишларни автоматик диагностика қилиш системаси, шароит бўлганда эс МАИЧнинг фаолиятини автоматик тиклаш системаси ишла чиқилганда бу хизматларнинг самарадорлиги сезиларли дара жада ортади. Бу тегишли диагностик ва резервловчи програм мавий таъминот асосида амалга оширилади. Қурилманинг иш дан чиққан бўғинлари, бошқарув системасининг ишдан чиққа элементлари ҳақидаги ахборот тегишли хизматларга операти равишда етказилади, улар носозликларни диагностика қилиш вақтни қисқартириб, вужудга келган носозликларни бартара қилишга дарҳол киришишлари мумкин.

МАИЧни яратишнинг қараб чиқилган масалаларини дар ҳол ҳал қилиб бўлмайди, албатта. Бу ҳажмдор ва кўп қирра ли муаммога барқарор комплекс тарзида ёндашмоқ керак. Кўп гина масалаларни ҳам ҳали ишлаб чиқиш керак бўлади. Лекин уларни ҳозир тушуниш ва кўрсатиш керак, чунки техник та раққиёт жадал ривожланмоқда.



21.16-расм. МАИЧ нинг модулли комплекси.

МАИЧни яратишнинг дастлабки босқичида ҳар бир ишлаб чиқариш ёки технологик жараён учун алоҳида модуллар ишлаб чиқиш мақсадга мувофиқдир, бу модуллар мослашувчи техно логик модуллар (МТМ) ёки МАИЧ модуллари дейилади (21.16-расм). Бу модуллар технологик жараёнларнинг ёки иш лаб чиқаришларнинг айрим локал қисмларидаги муаммоларни ҳал қилади. Бу модуллар бирлаштирилиб, МАИЧнинг тегишли модулли комплекси (мажмуаси) олинади. Бу модули комп лексни марказий ЭҲМ бошқаради.

XXI.9-§. АВТОМАТИК ЛОЙИҲАЛАШ СИСТЕМАЛАРИ (АЛС)

Фан-техника тараққиётининг жадаллашуви оммавий ишлаб чиқариш самарадорлигининг ошиши ва маҳсулот сифати яхшиланишининг ҳал қилувчи шартидир. Янги замонавий техника ва технологияни, ишлаб чиқаришни бошқаришнинг самарали системаларини ишлаб чиқиш кўрсатиб ўтилган вазифани ҳал этади.

Шу билан бирга амалиётнинг кўрсатишича, турли хил масалаларни ҳал этишда янги техника имкониятлари ва самарадорлигининг ўсиши билан бир вақтда уни лойиҳалаш ва тайёрлашга сарфланадиган моддий ва вақт харажатлари ортади. Ишлаб чиқишларнинг вақт бўйича чўзилиб кетиши уларнинг тез эскиришига олиб келади.

Янги буюмларни: машиналарни, аппаратларни, технологик жараёнларни, асбобларни ва автоматлаштириш воситаларини, автоматлаштириш системаларини тайёрлашда вақт энг кўп даражада қаерда йўқотилади? Лойиҳалаш жараёнларини қандай тезлаштириш керак?

Лойиҳалаш тажрибасини таҳлил қилиш асосида шу нарса аниқланганки, кўп вақт кутубхоналарда, архивларда, илмий-техник ахборот бўлимларида, умумий лойиҳа кабинетларида техник ахборотни қидиришга, ҳисоблаш ва чизма ишларини, чизма ва конструкторлик ҳужжатларини расмийлаштириш ва тузатиш ишларига сарфланади.

У ёки бу турдаги ишнинг салмоғи ўзгариши мумкин. Бироқ, умуман ноижодий ишнинг умумий ҳажми жуда катта. Баъзан илмий-техник ахборотни излашнинг ўзига умумий лойиҳалаш вақтининг учдан бири сарфланади. Табиийки, бундай ҳол техник ахборотнинг қадрсизланишига олиб келади.

Мутахассисларнинг саъй-ҳаракатлари, замонавий техника ютуқлари янги буюмларни ишлаб чиқиш суръатларини фан-техника ютуқлари суръатлари билан тенглаштиришга имкон берди. Муаммо автоматлаштирилган лойиҳалаш системаларини (АЛС) яратиш ва жорий қилиш йўли билан ҳал қилинмоқда. АЛС лойиҳавий меҳнатни жадаллаштиради, унинг ижодий мазмунини чуқурлаштиради.

АЛС деб лойиҳа ташкилотлари бўлинмалари билан ўзаро боғланган ва автоматлаштирилган ёки автоматик лойиҳалашни бажарувчи лойиҳалашни автоматлаштириш воситалари мажмуасидан иборат ташкилий-техник системага айтилади.

АЛСда лойиҳалаш натижаси — лойиҳалаш объектини яратиш учун зарур талабларни қондирувчи объектларни ва унинг таркибий қисмларини лойиҳалашнинг ҳамма ёки айрим босқичларидаги тугалланган лойиҳавий қарорлар (ечимлар) мажмуасидир.

АЛСни яратиш мақсадлари лойиҳалаш объектларининг самарадорлигини оширган ҳолда уларни яратиш ва ишлатиш харажатларини камайтириш, муддатларни қисқартириш, лойи-

ҳалашга сарфланадиган меҳнатни камайтириш ва лойиҳав
ҳужжатларнинг сифатини ошириш, ишлаб чиқарилаётган ма
сулот сифатини оширишдан иборат.

Қўйилган мақсадга математик усулларни ва ЭҲМни қў
лаш, лойиҳавий ишларни комплекс автоматлаштириш, лой
ҳалашни бошқариш сифатини ошириш, лойиҳаланаётган об
ектларнинг самарали математик моделларини қўлла
комплектловчи буюмлар ва материалларни қўллаш, кўп в
риантли лойиҳалаш ва оптималлаш усулларидан фойдалани
асосида лойиҳалаш йўли билан эришилади.

АЛС ни таъминлаш воситалари

АЛС таъминот воситалари йиғиндиси асосида амалга ош
рилади. Бундай воситаларга ташкилий, методик (услубий
математик, лингвистик, программавий, информацион ва техн
тамъинот киради.

Ташкилий таъминот — лойиҳа ташкилоти ва унинг бўли
малари таркибини, улар орасидаги боғланишни, уларнинг в
зифаларини, шунингдек лойиҳалаш натижаларини кўрсати
шаклини белгиловчи ҳужжатлар тўпламидир.

Методик (услубий) таъминот — АЛС таъминот воситал
рини танлаб олиш ва ишлатиш қоидаларини, таркибини белг
ловчи ҳужжатлар тўплами. Методик таъминот лойиҳалаш
автоматлаштириш бўйича ишларни мувофиқлаштиришни бе
гилайди.

Математик таъминот — математик усуллар, математик м
деллар ва лойиҳалаш алгоритмлари тўплами.

Лингвистик таъминот — лойиҳалаш тиллари тўплами бўли
унга атамалар ва таърифлар, табиий тилни фармаллаштири
қоидалари, АЛСда матнларни қисқартириш ва кенгайтири
услублари киради.

Программавий таъминот — амалий программалар паке
(АПП) кўринишида расмийлаштирилиши мумкин бўлган м
шина программалари тўплами.

Информацион таъминот — ЛАС учун талаб қилинаётг
маълумотлар тўплами.

Техник таъминот — ўзаро боғлиқ ва ўзаро таъсирланув
техник воситалар тўплами. АЛС техник таъминоти даставв
ЭҲМни ўз ичига олади. АЛСда ЭҲМ сифатида турли оилада
(типдаги) машиналар фойдаланилиши мумкин. ЭҲМнинг ан
тури АЛС иерархиясидаги тегишли бўлинманинг даража
билан, шунингдек, ҳал қилинаётган масалалар синфи бил
белгиланади.

ЭҲМдан АЛСда фойдаланишнинг самарадорлиги атрофда
қурилмаларнинг таркиби билан белгиланади. Четдаги (а
рофдаги) қурилмаларни минимал ЭҲМ комплекси қурилм
ларига ва махсус қурилмаларга ажратиш мумкин. Қурилм
ларнинг биринчи гуруҳига анъанавий четдаги қурилмал
киради: магнит ленталаридаги, магнит дискларидаги таш

ХҚ (хотирлаш қурилмалари); перфолента ва перфокарталардан киритиш-чиқариш қурилмалари; алфавит-рақамли босиш қурилмаси; перфолента ва перфокарталарда маълумотларни тайёрлаш қурилмалари.

Махсус қурилмаларга экранда текстли (матнли), рақамли ва график ахборотни акс этиш учун алфавит-рақамли ва график дисплейлар, чизмачилик автоматлари, дастлабки график материалларни ЭҲМга киритиш учун график ахборотни кодлаш қурилмалари киради.

АЛСнинг ишлаш режимлари

Фойдаланувчи — лойиҳачи АЛС билан қуйидаги икки режимдан бирида ўзаро таъсирланиши мумкин: пакетли ёки диалогли режимда.

Пакетли режим — лойиҳалашнинг энг содда режимидир. Бу режимда ЭҲМ барча лойиҳавий масалаларни автоматик ҳал қилади. Лойиҳачи ЭҲМга программа киритиши ва алфавитли — рақамли ёзиш қурилмаси (АРЁК)да ёки граф ясовчида лойиҳалаш натижаларини олиш керак. Бироқ пакетли режим фақат лойиҳани ишлаб чиқишнинг ҳар дақиқасида программа барча зарур ишларни назарда тутган ҳолдагина қўлланиши мумкин.

Диалогли режим — лойиҳалаш режими бўлиб, унда цикл даврий такрорланади: машинага вазифа бериш, жавоб олиш ва жавобни таҳлил қилиш. Диаглогли режимни самарали қўллаш учун ЭҲМ реакциясининг (акс таъсирининг) ўртача вақти етарлича кичик бўлиши зарур: секуднинг улушларидан бир неча секундгача. Бу режим лойиҳалашда барча ишларни олдиндан пограммага солиб бўлмаган ҳолда қўлланилади. Лойиҳалашнинг бундан кейинги йўналишини бир қийматли аниқлаш мумкин бўлмаган ҳоллар етарлича тез-тез учраб туради. Бундай ҳолларда олдиндан оралиқ натижаларни таҳлил қилиш, қўшимча маълумотларни аниқлаш, ечимларнинг мумкин бўлган вариантларини қараб чиқиш, энг яхшиларини танлаб олиш ва шундан кейингина лойиҳалашни давом эттириш зарур.

Инсоннинг ЭҲМ билан диалогли ишлашини самарали амалга ошириш лойиҳачининг индивидуал пультларини яратиш туфайли мумкин бўлди, улар лойиҳачининг автоматлаштирилган иш ўринлари (АИЎ) деб аталди. АИЎнинг техник воситалари таркибига мини ёки микро ЭҲМ, алфавитли-рақамли ва график ахборотни акс эттириш қурилмаси, алфавитли-рақамли ва график ахборотни киритиш қурилмаси киради. АИЎ марказий ҳисоблаш комплексида (МҲК) жойлашган ёки АЛС иерархиясининг кейинги сатҳида жойлашган янада йирик ЭҲМ билан алоқага эга.

Алфавитли-рақамли ва график ахборотни акс эттириш қурилмаларига алфавитли-рақамли дисплей (АРД) ва график дисплей (ГД), чизмачилик автоматлари (ЧА) киради. АРД

экранларида ҳарфлар, рақамлар, турли махсус символлардан иборат матнли ахборот акс этади. Бу ахборот лойиҳачига лойиҳалаш жараёнини таҳлил қилиш учун ва қарор қабул қилиш учун зарур бўлади.

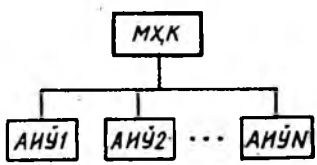
ЧА да ҳам матнли, ҳам график ахборот расмлар, чизмалар, графиклар ва ҳоказолар тарзида аксланади. ЧА да олинадиган ахборот ҳужжатлаштирилади, уни сақлаш ёки конструкторлик ҳужжатлари комплектига киритиш мумкин.

ЭҲМга алфавитли-рақамли ахборотни киритиш учун дисплейларнинг клавиатуралари «Консул-260» туридаги пультли ёзув машинкалари қўлланилади. ЭҲМга амалда истаган мураккабликдаги график ахборотни киритиш, график ахборотни кодлаш қурилмалари ёрдамида амалга оширилади.

Санаб ўтилган четдаги (атрофдаги) қурилма АЛСдаги АИЎ ларнинг кенг имкониятлари ҳақида далолат беради. Улар лойиҳачини деярли барча график ва ҳисоб-китоб ишларидан озод қилиши мумкин. АЛС ёрдамида тайёр чизмалар ва талаб қилинган матнли материлларни олиш мумкин, олинган натижаларни жуда оддий тузатиш мумкин, бунда тузатиш автоматик равишда барча чиқувчи ҳужжатларга тез ва аниқ киритилади.

АЛСда АИЎ дан фойдаланишнинг самарадорлигини оширишга вақтни бўлиш (ажратиш) режимини қўллаш йўли билан эришилади. Ҳақиқатан, АИЎнинг видеотерминалида лойиҳалаш жараёнининг оралиқ натижалари ҳақида ахборот олиб, лойиҳачи ўйлаб кўриши ва навбатдаги қарорни қабул қилиши керак. Бунда Марказий ҳисоблаш комплекси (МҲК) ҳисоблашлар билан юкланмаган бўлади ва ишламайди. Бу ундан фойдаланиш самарадорлигини пасайтиради. ЭҲМнинг юкланишини (ишини) ошириш учун унга бир неча АИЎ лар уланади, ЭҲМ АИЎларни навбати билан сўроқ қилиб чиқади ва талаб бўлганда сўраётган фойдаланувчига хизмат кўрсатади, сўнгра кейинги терминал қурилмаларни қараб чиқишга киришади. Агар талаб бўлмаса, у ҳолда ЭҲМ фонли деб аталувчи пакетли режимнинг бирор масалаларини ҳал қилиш мумкин. Бу масалалар бевосита берилган лойиҳалаш жараёнига тааллуқли бўлмаслиги мумкин, лекин уларни ҳал қилиш ЭҲМни юклаш самарадорлигини оширади.

АЛСнинг техник воситаларини жойлаштириш блок-схемаси 21.17-расмда келтирилган. Автоматлаштирилган ишчи ўринлари АИЎ1, АИЎ2, ..., АИЎN лойиҳа ташкилотининг турли бўлинмаларида жойлаштирилган. Уларнинг ҳаммаси марказий ҳисоблаш комплекси (МХК) билан бирлаштирилади ва биргаликда жамоа фойдаланадиган системани ифодалайди.



21.17- расм. АЛС нинг техник воситаларини жойлаштириш блок- схемаси.

ЛАС асосида кимёвий ва озиқ-

овқат саноатини автоматлаштириш системасини ишлаб чиқишда принципиал электрик, пневматик, функционал автоматлаштириш схемаларини, лойиҳалаш масалалари самарали ҳал қилинади. ТЖАБСини лойиҳалашда ҳам ЛАСдан фойдаланиш самаралидир.

XXI.10-§. АВТОМАТЛАШТИРИШ СИСТЕМАЛАРИНИНГ ИШОНЧЛИЛИГИ

Автоматлаштириш системаларининг ишончлилиги системанинг берилган вазифаларни эксплуатацион кўрсаткичларининг белгиланган қийматларининг вақт ўтиши билан сақланиши билан бажариш қобилияти системанинг бетўхтовлиги, таъсирланувчанлиги ва узоқ муддат ишлаши орқали белгиланади.

Бетўхтовлиги — системанинг ишлатиш жараёнида берилган вақт давомида (ишлаб чиқариш цикли, смена, ой, чораклик, йил давомида) мажбурий (режадан ташқари) тўхташларсиз иш қобилиятини сақлаш қобилиятидир. У айрим вазифалар, қисм системалар ва умуман системаларни инкор қилишга ишлаб қўйиш билан характерланади.

Таъмирлашга яроқлилик системанинг инкор қилишларнинг олдини олиш, аниқлаш ва инкорларни бартараф этишга мойиллиги билан характерланади. Бу кўрсаткич мумкин бўладиган инкорлардан (тўхташлардан) сўнг иш қобилиятини кўп марта тиклаб узоқ вақт фойдаланишга мўлжалланган системалар учун муҳимдир ва у ўрта тикланиш вақти билан характерланади.

Узоқ муддатлилик — бу системанинг иш қобилиятини охирги ҳолатгача сақлай олиш хоссасидир (техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлаш учун зарур узулишлар билан). У табиий ва маънавий эскириш омиллари билан белгиланади ва системанинг хизмат қилиш муддати билан аниқланади.

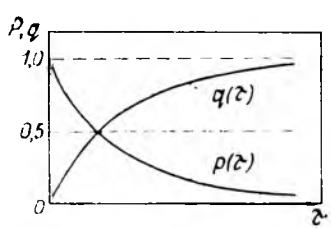
Автоматлаштириш системасини ишлаб чиқиш, лойиҳалаш, жорий қилиш ва саноат эксплуатацияси жараёнида унинг ишончлилигининг оптимал даражаси белгиланиши ва ўрганилиши керак. Паст даражанинг оқибатлари технологик режимнинг бузилиши, брак, мақсадга қаратилган маҳсулотни тўла ишлаб чиқармаслик, авариялар, портлашлар, шунингдек системани таъмирлашга ҳаражатларнинг ортиши. Айрим ҳолларда система ишончлилиги даражасининг паст бўлиши унинг самарадорлигини нолга келтириши ёки ҳатто манфий қилиб қўйиш мумкин (яъни харажатлар иқтисодий самарадан ҳам юқори бўлади). Ишончлилик кўрсаткичларининг ортиши ҳам харажатларнинг ортишига олиб келади.

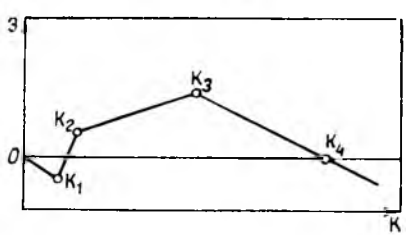
Система ишончлилигининг оптимал даражасини ўрнатиш ва таъминлаш — мураккаб ва масулиятли вазифа, чунки кимё ва озиқ-овқат технологияси объектларини бошқариш (ТОБ) ни автоматлаштириш кўп функцияли (вазифали) системага киради, унинг таркибида жуда кўп техник қурилмалар ва оператив ходим бўлади. Бунда, бир томондан, айрим вазифани (иш-

ни) бажаришда бир нечта техник қурилмалар фойдаланилиши мумкин, иккинчи томондан — айни бир қурилмани бир нечта вазифани бажарувчи ўрнида фойдаланиш мумкин. Системаларнинг кўплиги (ортиқчалиги) ҳам катта аҳамиятга эга (аппаратли, информацион, вақтий, функционал системалар), бу умуман системанинг ишончлилигини айрим қисм системалар ва қурилмалар ишончлилигидан юқорироқ тутишга имкон беради. Оператив ходимларнинг бўлиши берилган вазифаларни бажариш умумий ишончлилигини ошириши ҳам мумкин (агар ходимлар бошқарувнинг захира бўғини бўлса), ходимлар техник қурилмалар билан изчил ишлаган ҳолда ишончлиликни камайтириши ҳам мумкин.

Тўхтовсиз (узлуксиз) ишлаш кўрсаткичларини ҳисоблаш. Тўхташ — бундай ҳолдан сўнг система тўлиқ ёки қисман ўз вазифаларини бажара олмайдиган ҳолатдир. Тўхташнинг сабаблари ейилиш ва эскиришнинг табиий жараёнлари бўлиши, шунингдек, системани тайёрлашда, монтаж қилишда, таъмирлашда ишлатиш қоидалари ва нормаларини бузишда юзага келадиган камчиликлар бўлиши мумкин.

Реал қурилманинг узлуксиз ишлаш вақти берилган қийматдан юқори бўлиши керак, яъни $\tau > \tau_б$ шарт бажарилиши керак. Шуни айтиб ўтиш керакки, τ вақт бу ерда тасодифий характерга эга. Бу эҳтимоллик характеристикаларидан фойдаланиш заруриятини белгилайди: $p(\tau)$ — берилган вақт давомидаги узлуксиз ишлаш эҳтимоллиги (одатда 10^6 соат), $q(\tau)$ — $\tau_б$ вақт ичида тўхташ эҳтимоли.





21.18-расм. Берилган вақт давомида узлуксиз ишлаш $P(\tau)$ ва тўхташ эҳтимоли $q(\tau)$ функцияларининг ўзгариш характерлари.

21.19-расм. Иқтисодий самарадорликнинг АС ни жорий қилишга сарфланадиган капитал харажатларга боғлиқлиги.

Табиийки,

$$q_{(\tau)} = 1 - p_{(\tau)}$$

Бу функцияларнинг умумий кўриниши 21.18-расмда келтирилган. Эгри чизиқларнинг кўринишидан қурилманинг ишончлилиги кўрсаткичи вақт ўтиши билан 1 дан 0 гача ўзгаради.

Берилган $\tau_б$ вақт оралиғида $p(\tau)$ эҳтимоллик

$$P_{(\tau)} = e^{-\tau_б / \tau_{ўрт}} \qquad (21.14)$$

формула бўйича ҳисобланади, бу ерда $\tau_{ўрт}$ — тўхташгача ишлаб беришнинг ўртача вақти (ўртача тўхтовсиз ишлаш вақти).

$$\tau_{ўрт} = 1/(\lambda K_c) \qquad (21.15)$$

тарзида аниқланади, бу ерда $\lambda_{ўрта}$ — қурилманинг тўхтаб қолиш жадалликлари, $K_б$—қурилманинг юкланиш коэффициенти. Қурилманинг тўхташлар жадаллиги λ унинг паспортида келтирилади. У тайёрловчи заводда тўхтаган қурилмалар сонининг берилган вақт оралиғида соз ишлаётган қурилмалар сонига нисбати сифатида белгиланади.

Бошқаришнинг ҳатто элементар вазифаларини бажариш учун ишончли характеристикали бир нечта кетма-кет ўрнатилган қурилмалар талаб қилинади. Масалан, сарфлашни аналогли қайд қилиш учун Сапфир—22ЕХ датчиги, таъминот блоки БПС-24 ва қайд этувчи асбоб А-543 керак бўлади.

Функцияни бажарувчи, кетма-кет ўрнатилган қурилмалар занжири

$$(\lambda K_б)_ф = \sum_{i=1}^{n} (\lambda K_б)_i, \; i = 1, \ldots, n, \qquad (21.16)$$

формула бўйича ҳисобланади, бу ерда $(\lambda K_б)_ф$ — i-қурилманинг юкланганлик коэффициентини ҳисобга олган ҳолдаги тўхташлар жадаллиги, n — занжирдаги қурилмалар сони.

Параллел қурилмалар гуруҳи учун, яъни бир ишчи ҳолатда, бошқаси заҳира ҳолатида бўлган қурилмалар учун тўхташлар жадаллигини ушбу

$$(\lambda K_б)_ф = 0{,}5\,(\lambda A_б)_i^2 \qquad (21.17)$$

формула бўйича ҳисоблаш мумкин.

Автоматлаштириш системаларининг ишончлилигини ошириш услублари. Ишончлиликни оширишнинг асосий услублари ишлаб чиқиш босқичида кўзда тутилган захиралаш (ортиқчалик) ва ишлатиш даврида сифатли техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлаш ҳисобланади.

Функционал ва структур (тузилма) захиралаш фарқ қилинади. Функционал захиралаш системага ўхшаш ўзаро бир-бирини тўлдирувчи вазифаларни киритиш билан таъминланади, масалан, аналогли ва рақамли қайд этиш, қўлда ва масофадан туриб бошқариш, асбоблар ёрдамида ва дисплейда назорат қилиш ва ҳоказо.

Структур захиралаш бошқаришнинг энг муҳим вазифаларини бажаришда қурилмаларни параллел ўрнатишни назарда тутади. Структур захирасининг қуйидаги турлари фарқ қилинади: ишчи қурилмалар тўхтаганда захира қурилмаларни автоматик улаш («иссиқ» захиралаш) олдиндан монтаж қилинган захира қурулмани коммутацион алоқаларнинг ўзгариши ҳисобига улаш («совуқ» захиралаш); носоз қурилмани ечиб олиш ва уни захирадаги билан алмаштириш.

Техник хизмат кўрсатишни ва таъмирлашни ташкил этиш,

бир томондан, қурилмаларнинг ишончлилиги тўғрисидаги ма
лумотларни, юз бериши мумкин бўлган тўхташларни олдинд
айтиш мақсадида тўплаш ва таҳлил қилиш, иккинчи томонд
эса — оптимал даврийликни ва автоматик ва назорат ўлч
асбоблари (КИПиА) таъмирлаш ишлари ҳажмини ишлаб ч
қиш ва таъминлашни кўзда тутади.

Ишончлилик тўғрисидаги маълумотларни тўплаш (КИ
цехларидаги асбобсозлар ва таъмирлаш хизмати ходимла
зиммасига юкланиши мумкин. Бу мақсадда тўхташларни
собга олиш журналига носозлик вақти, жойи ва сабаби, у
бартараф қилиш усули ҳамда бунга кетадиган меҳнат хар
жатлари усули ёзиб қўйилади. Ҳар бир қурилма учун дафт
тутилади; унга тўхташлар ҳақидаги маълумотлардан ташқа
қурилманинг паспорт характеристикаси (чиқарилган йил
тайёрловчи завод, ишга туширилган сана) ва профилактик
риклар натижалари ва таъмирлашлар натижалари ёзилади.

Автоматлаштиришни бошқариш системаларига техник хи
мат кўрсатиш таъмирлашлар орасидаги даврда ишончлил
кўрсаткичларини керакли даражада тутиб туришнинг асос
усули ҳисобланади. У айрим қурилмалар ва боғланиш кана
ларининг метрологик характеристикаларини ҳамда иш қоб
лиятини тест сигналлари бўйича текширишни; қурилмалар
тозалашни; қурилмаларнинг айрим элементларини созлаш
алмаштиришни; электр ва трубали ўтказгич ажралувчи
рикмалари, контактлари ва мустаҳкамлагичларининг ишла
қобилияти ва ишончлилигини текширишни назарда тутади.

Техник хизмат кўрсатиш даврида ўтказиладиган таъмирла
ишлари жорий таъмирлаш дейилади, улар автоматлаштири
воситаларининг иш қобилиятини таъминлаш ёки тиклаш уч
бажарилади ҳамда системанинг айрим қисмларини алмашт
ришдан ва (ёки) тиклашдан иборат. Ишончлилик кўрсатки
ларини тўла тиклаш учун системанинг барча қисмларини кон
роль таъмирлаб, сўнг текшириш зарур.

XXI.11-§. АВТОМАТЛАШТИРИШ СИСТЕМАЛАРИНИНГ ТЕХНИК-ИҚТИСОДИЙ САМАРАДОРЛИГИ

Технологик объектларни автоматлаштириш уларнинг те
ник-иқтисодий кўрсаткичларини 3—5% га орттириб, мақсад
қаратилган маҳсулотни олишда кўп меҳнат талаб қилнишл
даражасини анча камайтиришга (30—40% га) олиб келади.

Иккинчи томондан уни амалга ошириш учун қўшимча к
питал маблағлар талаб қилинади. Масалан, кимёвий ва ун
яқин саноат тармоқларида автоматлаштиришга кетадиган хар
жатлар ТОБ қурилмалари таннархининг 35% ини ташки
этади.

Автоматик системалар (АС)ни жорий қилиш самарадо
лигининг асосий кўрсаткичи уларнинг ўзини қоплай олиш му
дати ҳисобланади:

$$T = (K + A)/Э, \qquad (21.18)$$

бу ерда T — ўзини қоплаш муддати, йил; K — АС ни жорий қилиш учун сарфланадиган капитал маблағлар (ҳаражатлар), сўм; А — жорий қилинган автоматлаштириш қурилмалари таннархидан ажратилган амортизацион тўловлар, сўм; $Э$ — шартли — йиллик иқтисодий самара, сўм/йил.

Иқтисодий самара автоматлаштириш бўйича аниқланади:

$$Э = (C_1 - C_2)/П, \qquad (21.19)$$

бу ерда C_1, C_2 — мақсадга қаратилган маҳсулот бирлигининг автоматлаштиришдан олдинги ва кейинги таннархи, сўм; П — мақсадга қаратилган маҳсулотнинг автоматлаштиришдан кейин йиллик ишлаб чиқариш.

Кимё корхоналари маҳсулоти таннархининг асосий банди (50—80%) хом ашё таннархи эканини ҳисобга олиб, асосий эътиборни мақсадга қаратилган маҳсулот бирлигига тўғри келадиган хомашё солиштирма сарфини пасайтирувчи автоматлаштириш воситаларини жорий қилишга қаратиш зарур.

Ўзини қоплаш муддатининг тескари катталиги иқтисодий самарадорлик коэффициенти E ҳисобланади:

$$E = 1/T = (C_1 - C_2) \cdot П/(K + A) \qquad (21.20)$$

Келтирилган формулалар бўйича аниқланган самарадорлик кўрсаткичининг қийматлари норматив қийматлар билан таққосланади ва натижага асосланиб, АС ни жорий қилишнинг мақсадга мувофиқлиги ҳақида хулоса чиқарилади. Кимёвий корхоналарда АСнинг ўзини қоплашининг нормадаги муддати тахминан уч йилни ташкил этади.

Иқтисодий самарадорликнинг АС ни жорий қилишга кетадиган капитал харажатларга боғлиқлиги 21.19-расмда келтирилган.

Боғланишни таҳлил қилиш шуни кўрсатдики, биринчи босқичда (K_0—K_1) иқтисодий воситалар комплексига озгина ҳаражатлар қилинганда иқтисодий самарадорлик C_1 таннархнинг ортиши ва оддий бошқариш функцияларининг (назорат, сигнализация ва ҳоказо) автоматлаштирилишининг самарадорлиги жуда кичик бўлганидан иқтисодий самарадорлик манфайдир. Капитал маблағларнинг маълум қийматидан бошлаб (K_1) бошқариш вазифалари ва масалаларини кенгайтириш АС нинг самарадорлигини кескин ўсишига олиб келади, демак янада такомиллашган техник воситалар комплексидан фойдаланиш ҳисобига иқтисодий самарани ҳам оширади. Такомиллаштиришнинг бу босқичида АС энг катта самара беради. Бу босқич узоқ давом этмайди. У капитал ҳаражатларнинг K_2 қийматигача давом этади. Капитал ҳаражатларнинг бундан кейинги ортиши (K_2—K_3) АС ни жорий қилишнинг иқтисодий самарадорлигини бунчалик кескин оширмайди; капитал ҳаражатларнинг маълум қийматидан бошлаб (K_3), бошқаришнинг функция ва вазифаларини бундан кейинги кенгайтириш жуда оз даражада

самара берадики, натижада системанинг иқтисодий самарадорлиги туша бошлайди. Бу бошқарувнинг функциялари ва вазифаларининг такрорланиши, технологик ходимларга бериладиган ахборотнинг ҳаддан ташқари кўплиги, АС нинг мураккаблиги, демак ишончсизлиги, бошқариш функцияларини автоматлаштириш билан тушунтирилади, уларни фан ва техника ривожининг эришилган даражасида техник персоналга қолдириш мақсадга мувофиқдир. K_4 қийматдан бошлаб, техник воситалар мажмуасини мураккаблаштириш кўрсатилган сабабларга кўра иқтисодий самаранинг манфий қийматига олиб келади.

Боғланишни таҳлил қилиш шуни кўрсатдики, ҳар бир БТО учун энг кўп иқтисодий самара берадиган АС танлаб олиш мумкин. Бунда капитал ҳаражатлар K_3ни ташкил этади.

XXII боб. ТИПАВИЙ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

XXII.1-§. ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРНИ АВТОМАТЛАШТИРИШНИНГ ТИПАВИЙ ОБЪЕКТЛАРИ

Кимё ва озиқ-овқат саноатлари катта миқдордаги турли хил тармоқлар билан ифодаланади. Ўз навбатида амалда ҳар бир соҳа (тармоқ) хусусий технологик жараёнлари бўлган турли хил ишлаб чиқаришларга эга. Улар аппаратура ва конструктив расмийлаштиришга қараб, фойдаланиладиган хомашё ва яримфабрикатларга ишлов бериш усулларига ҳамда фойдаланадиган энергия турларига кўра фарқ қилинади. Бироқ жараёнлар технологияси ва айниқса технологик жараёнлардаги автоматлаштириш нуқтаи назаридан умумийлик жуда кўпдир.

Кимё, озиқ-овқат ва бошқа саноатларда технологик жараёнларнинг турлича бўлишига қарамай, уларнинг ҳаммаси айрим технологик операциялардан тузилган ва уларни қуйидаги типли жараёнлар гуруҳининг бирига киритиш мумкин: 1) механик; 2) гидродинамик; 3) иссиқлик; 4) масса алмашиниш; 5) кимёвий (реакторлар); 6) микробиологик.

Механик жараёнларнинг асосий турлари аралаштириш, қўшиб юбориш, дозировкалаш, майдалаш, элаш, пресслаш, грануллаш (доналаш)дир.

Гидродинамик жараёнларга суюқлик ва газлар ҳаракати ёки маълум муҳитлардаги қаттиқ заррачалар ҳаракатининг умумий қонуниятларига асосланган жараёнлар киради: суюқлик ва газларнинг оқиши (силжиши), фильтрлаш, газлн ва суюқ бир жинсли бўлмаган аралашмаларнинг ажралиши, суюқ ва пастасимон материалларнинг аралаштирилиши.

Иссиқликни бериш ёки узатиш билан ўтадиган иссиқлик жараёнлари саноатнинг ишлаб чиқариш жараёнларида жуда кенг қўлланилади. Уларга иситиш, совитиш, кондиционерлаш буғлатиш жараёнлари киради.

Масса алмашиниш жараёнлари моддани унинг энг юқори концентрациядан кичикроқ концентрацияга ўтказиш билан ифодаланади. Масса алмашиниш жараёнларига газларнинг абсорбцияланиш ва десорбцияланиш, ректификациялаш, экстракциялаш, қуритиш, конденсатлаш киради.

Кимёвий жараёнларга оксидланиш, тикланиш, нейтраллаш, дегитратлаш, сульфитлаш, ароматлаш (ҳидлантириш), совунлаш, гидрогенлаш жараёнлари киради.

Микробиологик жараёнларга турли озуқа маҳсулотларини тайёрлаш, бижғиш, ферментация, стерилизация ва бошқа жараёнларни киритиш мумкин.

Кимё ва озиқ-овқат саноатининг технологик жараёнлари уларда содир бўладиган ҳодисаларнинг жуда мураккаблиги билан ифодаланади. Бундан ташқари, кўпчилик саноатларнинг ҳар бир технологик жараёни турли хил умумий жараёнларнинг йиғиндисидан иборат. Реал жараёнларни қатъий умумий жараёнларга ажратиш ва уларнинг гуруҳлар бўйича автоматлаштирилишини қараб чиқиш қийин. Шунинг учун умумий технологик жараёнларни уларда кирувчи локал автоматлаштириш объектлари нуқтаи назаридан қараб чиқиш мақсадга мувофиқдир. Бунда локал автомотлаштириш объектлари деганда улар учун технологик параметрларни автоматик ўлчаш, назорат қилиш, ростлаш локал системалари ишлаб чиқиладиган объектлар тушунилади. Амалда ҳар бир технологик жараёнда шундай локал автоматлаштириш объектларининг маълум йиғиндиси мавжуд бўлади.

Ҳар бир гуруҳ шароитларининг асосида умумий физик-кимёвий қонуниятлар ётади, бу эса уларни автоматлаштириш объекти сифатида қараганда хусусиятларининг деярли ўхшашлигини билдиради. Натижада ҳар бир гуруҳ объектларининг хусусиятларини чуқур ўрганиш ва шу каби объектларни автоматлаштириш хусусида тўпланган тажрибалардан фойдаланилган ҳолда автоматлаштиришнинг типавий чизмасини яратишга имкон беради. Бироқ автоматлаштириш объектларини типиклаштириш учун технологик ўхшашликнинг ўзи кифоя эмас, чунки бир гуруҳ жараёнлар кетадиган аппаратлар турли кўринишда тайёрланган бўлиши мумкин ва автоматлаштириш объекти сифатида ўзларининг хусусиятлари билан фарқ қиладилар. Демак, фақат иккита ўхшашликни, яъни технологик жараённинг ва аппарат типини биргаликда қаралгандагина автоматик ростлашнинг типавий объекти аниқланади.

Ҳар бир типавий объект учун битта ёки бир нечта автоматлаштириш турли системасининг вариантларини яратиш мумкин. Мураккаб технологик комплекснинг (ишлаб чиқариш бўлими ёки цех) автоматлаштириш принципиал чизмасини яратганда уни элементар объетларга ажратиш лозим, буларнинг деярли ҳаммасини типавий аналоги (ўхшаши) бўлади. Технологияни ёки ишлатилаётган аппаратларнинг хусусиятларини ҳисобга олиб ва шулар асосида лозим бўлган ўзгарти-

ришлар киритиб, элементар объектлар учун автоматлаштир
нинг типавий чизмасидан фойдаланиш мумкин. Лекин
саноатда энг кўп тарқалган баъзи бир типавий жараёнлар
лангина кифояланамиз.

Мазкур бобда кимё ва озиқ-овқат саноати умумий тех
логик жараёнлари таркибига кирувчи айрим локал объе
ларни автоматлаштириш схемалари қараб чиқилади. Бу с
малар аниқ жараённи автоматлаштиришда асос сифат
фойдаланиши мумкин. Температура, сарф, босим, сатҳни ро
лашнинг локал объектлари энг кўп учрайди. Бундай объе
ларни автоматлаштиришнинг умумий схемалари 21.3-банд
қараб чиқилган (21.4-расмга қаранг).

Кимё ва озиқ-овқат саноатида иссиқлик жараёнлари
энг кўп тарқалган иссиқлик алмашиниш жараёнларидир.
сиқликни бериш радиация, совуқ ва иситилган оқимла
аралаштириш, шунингдек, иссиқлик алмаштиргичларнинг (т
лообменникларнинг) девори орқали амалга оширилиши м
кин.

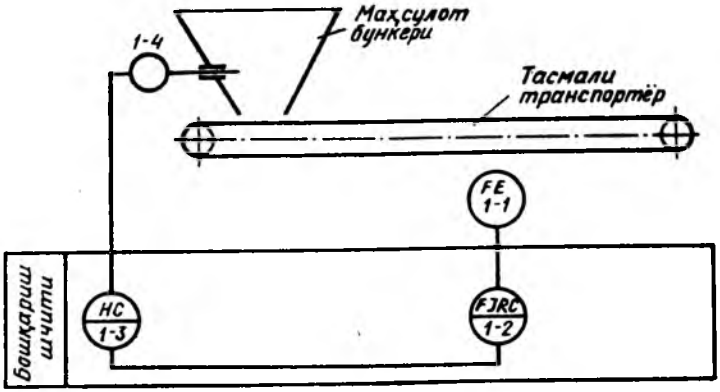
Ростлашнинг иссиқлик объектларига, одатда, сезиларли
ражадаги инерционлик ва кечикиш хосдир. Бундан ташқа
саноат шароитида ишлатиладиган температура датчикла
(манометрик термометрлар, терможуфтлар ва қаршилик тер
метрлари) сарф, босим ва сатҳ датчикларига қараганда я
да кўпроқ инерционликка эга. Айниқса, агрессив муҳитларн
температурасини назорат қилишда ҳимоя қобиқли датчик
ишлатилганда, уларнинг динамик характеристикалари ян
ёмонлашади. Шунинг учун температуранинг АРС сидаги ин
ционлиги катта, ўтиш жараёнлари эса улардан давомлил
билан фарқланади. Одатда иссиқлик алмашиш жараёнлар
ростлаш учун ПИ — ростлагичлар ишлатилади.

Иссиқлик алмаштиргич чиқишидаги иситилаётган (ёки
витилаётган) оқимнинг температурасига қараб иссиқлик таш
чининг (ёки совитувчи агентнинг) сарфини ростлаш иссиқ
оқимини ўзгартиришнинг энг кўп тарқалган усулидир.

XXII.2-§. САРФНИ РОСТЛАШ ОБЪЕКТЛАРИНИ ВА МАТЕРИАЛЛАРНИ УЗЛУКСИЗ ДОЗАЛАШНИ АВТОМАТЛАШТИРИ

Технологик схемаларда суюқликлар, газлар, буғ ва со
лувчан материаллар узатиладиган қувур ва тасмали трансп
тёрлардан кенг фойдаланилади. Қувурлар ва тасмали трансп
тёрлар технологик жараёнларни автоматлаштиришда ростла
нинг жуда кенг тарқалган объектлари ҳисобланади.

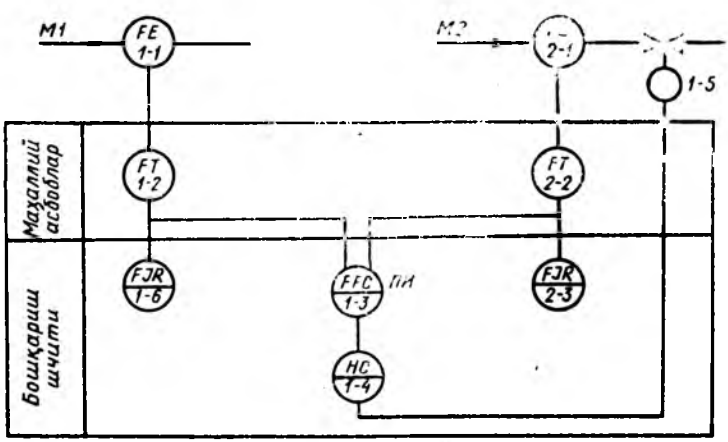
Сочилувчан маҳсулотнинг сарфланишини ростлашнинг
томатик системаси 22.1-расмда кўрсатилган. Берилган тезли
ҳаракатланувчи массани ўлчовчи датчикнинг тасмали тра
портёри ростлаш объекти ҳисобланади. Транспортёрда ҳар о
берилган миқдордаги маҳсулот бўлиши керак. «Маҳсулот б
керидаги ростловчи органининг ҳолати — масса ўлчовчи д
чикнинг вазияти» канали бўйича ростлашнинг динамик хар



22.1- расм. Сочилувчан муҳсулотнинг сарфини ростлаш автоматик системаси.

теристикаси умумий ҳолда интегралловчи бўғин орқали соф кечикиш билан тавсифланади. Бункер тасмасига тушаётган маҳсулот сарфининг ўзгариши ғалаёнланувчи таъсирдир.

Ростлаш схемасига мувофиқ тасмали транспортёрнинг *1—1* масса ўлчови датчиғи кўрсатувчи ва ўзи ёзувчи 1—2 ростлагичга сигнал узатади, масалан, изодром ростлаш қонуни билан. Ростловчи таъсир масофадан туриб бошқариш панели *1—3* орқали ижро механизми *1—4* га узатилади, у эса бункердан транспортёрга маҳсулот узатишни ростловчи органининг очилиш даражасини ўзгартиради. Ростлашнинг изодром қонуни объектнинг статик хатосиз барқарор ростланишини таъминлайди.



22.2- расм. Сарфларнинг нисбатини АРС (автоматик ростлаш системаси).

Кўпгина технологик жараёнларни амалга оширишда ма
риаллар ёки маҳсулотларни сарфлаш нисбатини ростлаш
ҳим масала ҳисобланади. Бунда ростлаш объектлари хар
теристикалари аввал қараб чиқилган сарфни ростлаш объ
ларига (21.4, 22.1-расмларга қаранг) ўхшашдир. Бироқ А
ини амалга ошириш схемаси ўзгаради.

Сарфларнинг нисбатини АРС 22.2-расмда келтирилг
Сарф датчиги *1—1* асосий *M1* маҳсулот сарфини ўлчайди
сигнални ўзгарткич *1—2* орқали ростлагич *1—3* га узата
у эса масофада туриб бошқариш панели *1—4* орқали ростл
чи орган *1—5* га таъсир кўрсатади. Оқим *M2* оқим *M1* га б
лиқ ҳолда сарфларнинг берилган, ўзгармас нисбати: $F_1/F_2=$
бўйича ростланиши керак. Шу мақсадда иккинчи оқим са
датчиги *2—1* дан келган сигнал *2—2* ўзгарткич орқали кўр
тувчи ва ўзи ёзувчи қурилмаси бўлган ростлагичга кела
Нисбат ростлагичи асосий оқим F_1 сарф сигналини олиб,
сарф ўзгаришини шундай тарзда ўзгартиришини таъминло
ростловчи таъсирни ишлаб чиқадики, бунда сарфларнинг
рилган F_1/F_2 нисбатини сақлаб қолади. F_1 ва F_2 сарфлар
акслантириш ва ёзиш учун кўрсатувчи ва ўзи ёзувчи *1—6*
2—3 асбоблар кўзда тутилган.

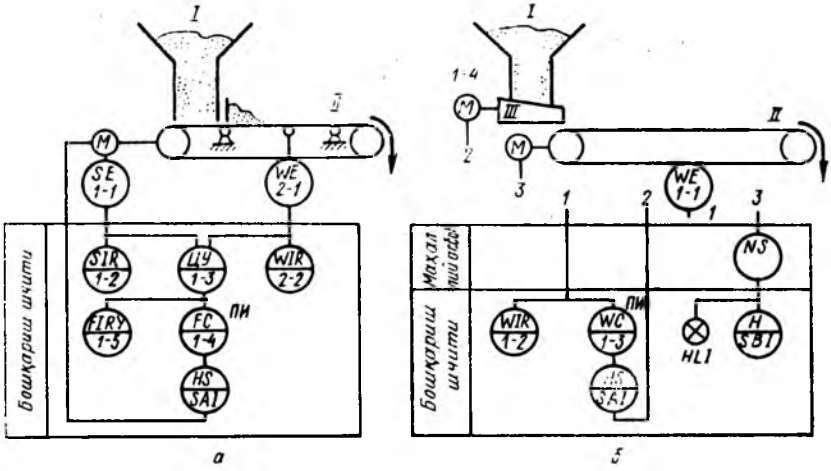
Бир қатор жараёнларда сарфларнинг нисбати бирор учи
катталик — жараёнда иштирок этувчи ўзгарувчи катталик
йича тузатилиши мумкин.

Кўпчилик ишлаб чиқаришларда (саноатда) узлуксиз
залаш қўлланилади. Узлуксиз дозалаш жараёнини шундай бо
қариш керакки, бунда аралашманинг талаб қилинаётган
бир компонентини таъминлаш лозим.

Узлуксиз дозалаш бункерли ва тасмали дозаторлар то
нидан амалга оширилади. Бункерли дозалашни сочилувчи
териаллар ва суюқликлар билан ишлашда қўлланилади, т
мали дозаторлар эса юқори аниқликда дозалашни таъминлай
Умумий ҳолда, тасмали дозаторлар таъминловчи ва юк кў
рувчи қурилма йиғиндиси — торози конвейердан иборатд
Тасмали дозаторлар конструкцияси бир агрегатли ва и
агрегатли бўлади. Бир агрегатли дозаторларда таъминловчи
юк қабул қилувчи вазифаси қўшилган, икки агрегатлида
бу вазифалар ажратилган.

Дозаторнинг унумдорлиги учта параметр билан белги
нади: W оғирлик (торози) конвейерининг юкланиши конве
лентасининг ҳаракат тезлиги v ва унинг юк қабул қилиш қ
мининг узунлиги L билан белгиланади. Тасмали дозатор ке
киб ростловчи астатик объектдан иборат. Кечикиш вақти
териалнинг торози конвейерида бўлиш вақти $\tau=L/v$ бил
аниқланади.

Дозалаш жараёнини автоматлаштиришда икки агрега
тасмали дозаторларда талаб қилинаётган F унумдорликка к
вейернинг юк қабул қилувчи қисми лентасида юкланиши
ростлаш йўли билан эришилади: $F=W/L$. Бир агрегатли до



22.3-расм. Тасмали дозаторнинг автоматлаштириш схемаси:
а — бир агрегатли; *б* — икки агрегатли.

торларда торози конвейери лентасининг ҳам юкланиши, ҳам ҳаракат тезлиги ростланади.

Узлуксиз ишлайдиган бир агрегатли тасмали дозаторнинг унумдорлиги (22.3-расм, *а*) дозалаш, тезлигига боғлиқ бўлиб, у *1—6* электр двигатель роторининг айланиш частотасига мос ҳолда ўзгаради. Схема ишлаганда электр двигатель юритмасининг айланиш частотаси *1—1* датчиги сигнални *1—3* кўпайтириш блокига узатади. Бу билан бир вақтда шу блокка конвейернинг торози қисмидаги юкланиш *2—1* датчигидан сигнал келади. Кўпайтириш блоки дозаторнинг жорий *F* унумдорлигига пропорционал сигналнн шакллантиради. Бу сигнал *ПИ* — ростлагич *1—4* дан келади. Ундан ростловчи таъсир электр двигателнинг *1—6* юритмасига узатилади, у эса дозаторнинг жорий ва берилган унумдорликларининг мос келишини таъминлаш учун *II* контейнер тасмасининг ҳаракат тезлигини ўзгартиради. Шчитда мос ҳолда электр двигатель айланиш частотаси ва конвейер юкланишини назорат қилиш учун кўрсатувчи асбоблар *1—2* ва *2—2*, шунингдек, дозаторнинг жорий унумдорлигини назорат қилувчи ўзи ёзувчи асбоб *1—5* жойлаштирилган. Режимни танлаш калити *SA1* билан бошқариш режимини автоматик режимдан қўлда бошқариш режимига кўчириш амалга оширилади.

Икки агрегатли тасмали дозаторда (22.3-расм, *б*) бункер *I*-дан юк конвейери *II* га тушадиган материал миқдори таъминлагич *III*нинг ишлаш жадаллигига боғлиқ. Конвейер юкланиши датчиги *1—1*дан келадиган сигнал ПИ — ростлагич *1—3* га келади. Ундан ростловчи таъсир таъминловчининг унумдорлиги ўзгаришини юкланишнинг жорий қиймати берилганга тенг бўлгунга қадар ўзгаришини таъминловчи *1—4* ўзгармас ток

электр двигателига узатилади. Юкланишни назорат қилиш учун шчитда кўрсатувчи ва ўзи ёзар асбоб *1—2* жойлаштирилган. Конвейер юритмаси электр двигатели кнопкали *SB1* станция орқали бошқариладиган магнитли ишга туширгич билан ишга туширилади. Электр двигателнинг ишлаши тўғрисида *HL1* лампа ёрдамида сигнал берилади (маълум бўлади).

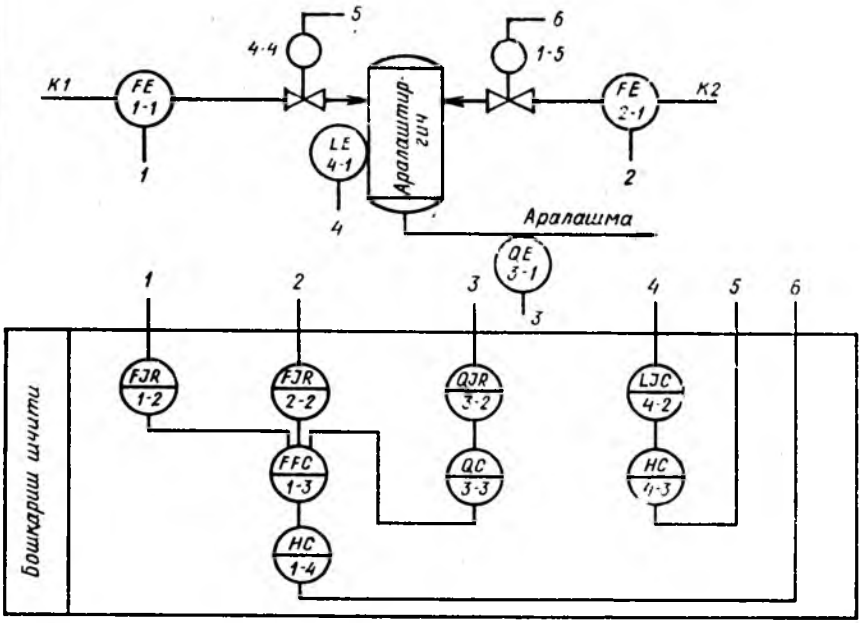
XXII.3-§. АРАЛАШТИРИШ ЖАРАЁНИ ОБЪЕКТИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

Икки ва ундан ортиқ суюқ ёки сочилувчан компонентлар оқимларини аралаштириш учун даврий ишловчи ёки узлуксиз ишловчи аралаштиргичлар (смеситель) қўлланилади. Аралаштиргичлар аралаштиришни тезлаштириш ва аралашма таркиби бир текис бўлишини таъминлаш мақсадида мешалкалар (аралаштирувчи қурилмалар) билан таъминланади.

Автоматлаштириш объекти сифатида аралаштиргич «кириш компоненти сарфи — аралашма сифатининг кўрсаткичи» канали бўйича кечикувчи ёки кечикмайдиган ростлаш статик объекти сифатида қараб чиқилиши мумкин. Кечикишнинг мавжуд бўлиши ҳамда аралаштириш жараёнининг инерционлиги аралашма компонентларининг физик (табиий) параметрларига ва аралаштиришнинг самарадорлигига боғлиқ. Аралашма сифатининг талаб қилинаётган даражадан оғишига сабаб бўлувчи ғалаёнлантирувчи таъсирлар аралашма компонентлари сарфининг ўзгариши, шунингдек, улар хоссаларининг ўзгариши билан боғлиқдир. Узатилаётган компонентлар сарфининг ўзгариши ростловчи таъсирлар ҳисобланади. Аралаштиргични автоматлаштиришнинг энг оддий схемаси ҳар бир компонентнинг берилган қийматда сарфланишини барқарорлаштиришни назарда тутади. Агар компонентлардан бирининг сарфини барқарорлаштириш имкони бўлмаса, у ҳолда бошқа компоненлар сарфи нисбат ростлагичи ёрдамида берилган таркибдаги аралашмани сақлаш мақсадида унга нисбатан берилган пропорцияда ўзгартирилиши керак.

22.4-расмдаги схемада берилган аралашмани шакллантирувчи (ташкил этувчи) *K1* ва *K2* компонентлар сарфи *1—1* ва *2—1* сарф ўлчагичлар (расходомерлар) ёрдамида ўлчанади. Шчитда иккиламчи кўрсатувчи ва ўзи ёзар *1—2* ва *2—2* асбоблар жойлаштирилган бўлиб, уларнинг ўлчаш натижалари нисбат ростлагичи *1—3* га узатилади. Масофадан туриб бошқариш панели *1—4* орқали ростлагич асосий *K1* компонентнинг сарфига боғлиқ ҳолда ёрдамчи *K2* компонент ростловчи клапаннинг *1—5* ижрочи механизмига таъсир кўрсатади.

Аралашма сифатини узлуксиз ўлчаш имкони бўлганда аралашма сифати бўйича коррекцияловчи (тузатиш киритувчи) икки контурли АРС дан фойдаланиш мумкин. Аралашманинг сифати анализатор *1—3* ёрдамида ўлчанади, шчитда асбоб *3—2* ёрдамида назорат қилинади ва тузатиш киритувчи ростлагич *3—3* га узатилади, у эса сарфларнинг берилган нисбатини рост-



22.4-расм. Аралаштириш жараёнини автоматлаштириш схемаси.

лагич *1—3* да ўзгартиради. Автоматлаштириш схемаси *K1* компонентнинг сарфланишини аралаштиргичдаги сатҳга боғлиқ ҳолда ростлашни ҳам кўзда тутади. Сатҳ ҳолатини датчик *4—1* ўлчайди ва ростлагич *4—2* ростлайди, у масофадан туриб бошқариш панели *4—3* орқали *K1* компонентнинг ростловчи клапаннинг ижро механизми *4—4* га таъсир кўрсатади.

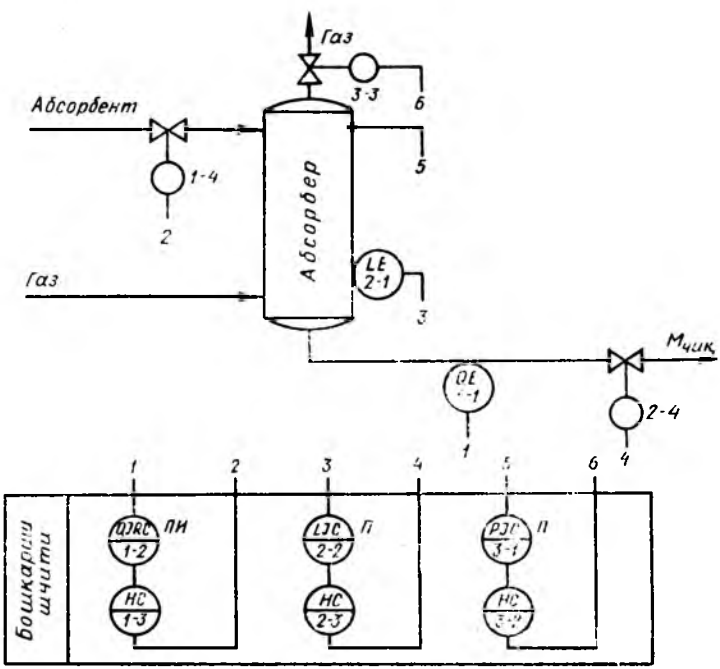
Автоматик ростлашнинг қараб чиқилган схемаси амалда ишлаши жуда қийин, чунки аралашманинг сифатини ўлчаш анча мураккаб масаладир. Шу муносабат билан аралашманинг сифатли бўлишига келаётган компонентларни қатъий ростлаш йўли билан, яъни аралашма компонентларининг сарфланишини автоном ростлашга боғлиқ бўлмаган йўл билан таъминланади.

XXII.4-§. АБСОРБЦИЯ ЖАРАЁНИ ОБЪЕКТИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

Абсорбцияда суюқ ютқич газни ютади. Абсорбция жараёни схематик тарзда 22.5-расмда кўрсатилган. Абсорберга келаётган газ кириш эриткичи — абсорбент томонидан ютилади. Тайёр маҳсулот ҳисобланган чиқиш эритмаси $M_{чиқ}$ абсорбердан ишлаб чиқаришга танлаб олинади.

Абсорберларни автоматлаштиришда чиқувчи эритма концентрациясини, сатҳ ва босимни ростлашни таъминлаш талаб қилинади.

Абсорбер автоматлаштириш объекти сифатида хусусий
силали дифференциал тенгламалар билан тавсифланади.
шу билан изоҳланадики, жараёнда суюқликнинг бутун ҳаж
иштирок этади. Абсорбция жараёнлари моделларини содд
лаштириш мақсадида улар аппроксимацияси ўтказилади, яъ
улар одатдаги динамик бўғинлар кўринишида тақрибий иф
даланади. Бу ҳолда абсорбция жараёни соф кечикувчи икки
чи тартибли нодаврий бўғин билан тавсифланади. Абсорбе
ларнинг ўлчамлари катта бўлгани учун улар «абсорбент са
фи — чиқиш эритмаси концентрацияси» канали бўйича кат
инерционлиги ва кечикиш вақтлари билан ифодаланади.



22.5- расм. Абсорберни автоматлаштириш схемаси.

Абсорберни автоматлаштириш схемаси учун (22.5-расм
абсорбердаги эритма сатҳини ва газ босимини автоматик рос
лаш юқорида қараб чиқилган схемаларга кўра амалга ош
рилади. Чиқиш эритмаси концентрациясини ростлаш учун ула
концентрация датчиги *1—1* билан ўлчанади, ундан чиққан си
нал ростлашнинг изодром қонуни билан кўрсатувчи ва ўз
ёзар асбоб *1—2* га келади. Ростловчи таъсир масофадан тури
бошқариш *1—3* панели орқали абсерберга абсорбентни уза
тишни ижрочи механизм *1—4* воситасида ўзгартиради.

XXII.5-§. ҚУРИТИШ ЖАРАЁНИ ОБЪЕКТИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

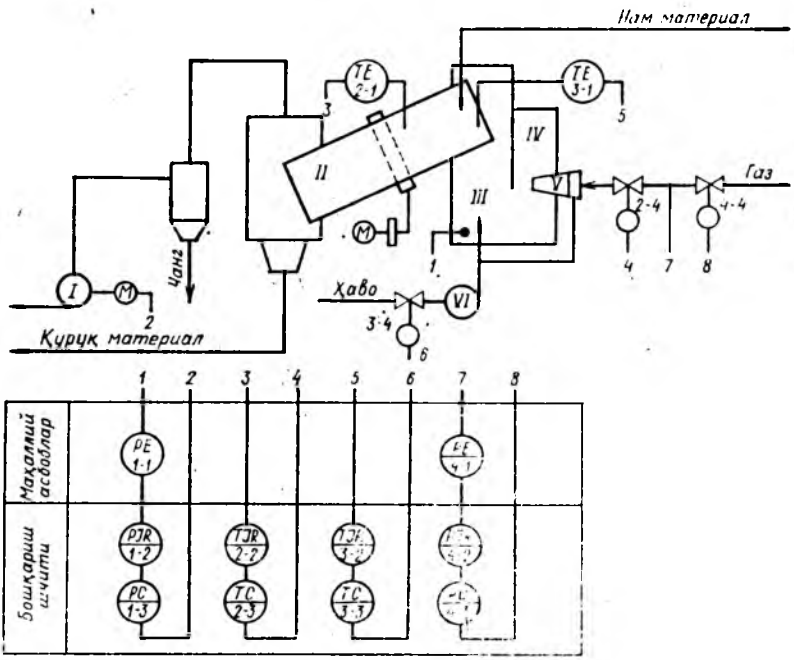
Турли хил технологик жараёнларда иссиқликни конвектив усул бўйича узатадиган қуриткичлар (пурковчи, қайновчи қатламли, барабанли, конвейерли) кенг тарқалган. Қуритишни автоматик ростлашнинг энг яхши схемалари қуритилаётган материалнинг намлик миқдорини аппаратдан чиқишда автоматик тарзда ўлчаш мумкинлигидир. Бунда ростлаш материалнинг чиқишдаги намлик миқдори бўйича амалга оширилади, бу эса берилган даражада унинг барқарорлигини таъминлайди.

Кўпчилик ҳолларда материал оқимида намликни жорий ўлчаш учун намлик ўлчагич (влагомер)лар бўлмаганлиги сабабли материалнинг чиқишдаги намлик миқдорининг қиймати ҳақидаги ахборотни олиш мумкин бўлмайди. Шунинг учун материалнинг намлик миқдорининг қуритишнинг турли параметрлари: температура ва қуритиш участкасининг нисбий намлиги билан функционал боғланишга асосланган билвосита усулини қўлланишга тўғри келади.

Қуритиш жуда узоқ вақт (1 соат атрофида) давом этадиган аппаратларда қуритилаётган материалнинг бошланғич параметрлари қуритиш агенти параметрларига қараганда анча кам таъсир кўрсатади. Шунинг учун қуритиш агенти параметрларининг барқарорлашуви материал намлигининг барқарорлашувини таъминлайди (у қуриткичда доимий вақт давомида сақлаганда) деб ҳисобланади. Қуритиш агенти (ҳаво)нинг температураси ва нисбий намлиги ўзаро боғлиқ бўлгани учун берилган қиймати унинг нисбий намлигига боғлиқ ҳолда ўзгарадиган ҳаво температураси АРС ни қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Қуритиш қурилмаларида энг самарали ростловчи таъсир иссиқлик оқиб келишининг ўзгариши ҳисобланади. У билан бирга ишлатилган ҳавони янгиси билан алмаштириш интенсивлигининг ўзгаришидан, материалнинг ҳаво айланиб ўтиши тезлиги ўзгаришидан, материалнинг қуритиш фазасида кўчиши тезлиги ўзгаришидан фойдаланиш мумкин.

Қуритиш барабанида қуритиш жараёни автоматлаштириш объекти сифатида етарлича мураккаб хусусий ҳосилали дифференциал тенгламалар билан тавсифланади. Қуритиш барабанининг моделини «иссиқ ҳаво сарфи — материалнинг чиқишдаги намлиги» канали бўйича соддалаштириш учун уни соф кечикишли иккинчи тартибли нодаврий бўғин кўринишида қабул қилиш мумкин. Бунда шуни таъкидлаб ўтиш керакки, қуритиш жараёни анча катта инерционлик билан ифодаланади. Қуритишда киришда материал намлигига ва сарфига қуритиш барабанига келаётган иссиқ ҳаво параметрининг ўзгариши ғалаёнланувчи таъсир кўрсатади. Барабанли қуриткичда қуритишнинг иссиқлик режимини ростлаш (22.6-расм) иккита АРС билан амалга оширилади.



22.6- расм. Барабанли қуритқични автоматлаштириш схемаси.

Биринчи АРС *III* аралаштириш камерасидаги иссиқли элиткич температурасини *II* барабанга келиб тушаётган ҳав сарфига таъсир кўрсатиш билан берилган даража сақлаб ту риш учун мўлжалланган. *3—1* датчик барабаннинг олдинг қисмидаги температурани назорат қилади. Датчикдан келаёт ган сигнал иккиламчи асбоб *3—2* га ва ростлагич *3—3* га кели тушади, ростлагич эса ҳавонинг вентилятор *VI* га узатиш чи зиғидан дроссель тўсиқнинг (заслонканинг ижро механизм *3—4* ни бошқаради. Бунда бир вақтда газнинг ёниши учу зарур ҳаво узатиш, шунингдек аралаштириш камерасига ке лаётган ҳаво узатиш ўзгартирилади.

Иккинчи АРС кечикиш кам бўлган ва намликнинг анч қисми буғланиб кетган, демак, аппаратдан қуритиш жараёни ҳақида фикр юритиш мумкин бўлган барабан *II* ичидаги тем пературага боғлиқ ҳолда ўчоқ *IV* га газни узатишни ўзгарти риш йўли билан қуритишнинг иссиқлик режимини қувватла туради. Датчик *2—1* дан чиққан сигнал щитга — иккиламч асбоб *2—2* га узатилади. Ростлаш жараёни қуйидаги тарзд амалга оширилади. Агар хомашё узатиш ёки унинг намлиги орт са, у ҳолда барабан ичидаги иссиқлик элиткичнинг температура си пасаяди ва *2—3* ростлагич газ узатишни орттиради (*2—4* иж ро қилувчи механизм). Бу иссиқлик элиткичнинг температу расини оширади, натижада ростлагич *3—3* барабан ичидаг

ҳаво берилган қийматни қабул қилмагунча ҳаво сарфини орттириб туради. Бу икки ростлагичнинг ишлаши бир-бири билан боғлиқ.

Схемада газнинг босимини ёқишдан аввал стабиллаштириш кўзда тутилган. АРС га босим датчиги *4—1* — чиқишли ўзгартиргичли монометр, иккиламчи асбоб *4—2* ва ростлагич *4—3*, форсунка *V* га газ узатиш чизиғидаги тўсиқ *4—4* нинг бошқарувчи механизми киради. Схемада, шунингдек тутун сўргич *1* нинг унумдорлигини ўзгартириш йўли билан ўчоқда сийраклаштириш АРСи кўзда тутилган. Унга сийраклаштириш датчиги *1—1*, иккиламчи асбоб *1—2* ва ростлагич *1—3* киради.

Барабаннинг олдинги қисми температурасини ўлчашда ростлагич қуритищнинг бориши ҳақидаги ахборотни ҳар доим ҳам олавермайди. Шунинг учун кўпчилик ҳолларда каскадли АРС дан фойдаланилади, унда барабандан чиқишда иссиқлик элитгичнинг температураси ростланади ,унинг берилган қиймати эса барабаннинг ўртасидаги температурага боғлиқ ҳолда тузатилади.

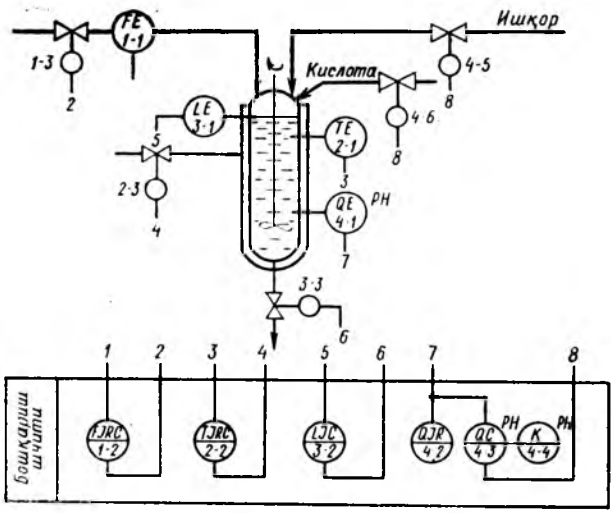
Амалда қуритиш учун пуркагич (тўзғитиш) қуриткичлари кенг қўлланилади. Маҳсулотнинг турига ва унга қўйиладиган талабларга боғлиқ ҳолда тайёр маҳсулот сифатининг асосий кўрсаткичлари намлик миқдори, фракцион таркиби, бошланғич зичлик ёки физика-кимёвий кўрсаткичлар ҳисобланади. Санаб ўтилган бу кўрсаткичларни бевосита аниқлаш учун асосий ростловчи катталик сифатида қурилмадан чиқишда материал ёки газларнинг температурасидан фойдаланиш мумкин.

Қуритиш қурилмаларининг бошқа турларини, масалан, қатлами қайнаётган қуриткичларини автоматлаштиришда ростланувчи катталик сифатида қатламдаги материалнинг температураси танланади. Ростланувчи таъсир сифатида материални қуритгичга узатишни ўзгартириш (агар қуритгичнинг унумдорлигини ўзгартириш мумкин бўлса), иссиқлик элтгич сарфини ва иссиқлик элтгичнинг кириш температурасини ўзгартириш қабул қилинган.

XXII.6-§. КИМЁВИЙ-ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

Ҳозирги вақтда кимё ва озиқ-овқат саноатининг кўпчилик тармоқларида узлуксиз ва даврий ишловчи турли хил реакторлардан фойдаланилади. Узлуксиз ишлайдиган реакторни автоматлаштириш схемаси (22.7-расм) асосий ростланувчи параметрлардан бири аппаратдаги pH муҳит ҳисобланади. pH ростлаш системасига датчик *4—1*, ўзиёзар асбоб *4—2*, ростлагич *4—3* киради. Система ростловчи таъсирларнинг икки тури билан ишлаши мумкин, улардан бири — кислота хоссасига эга оқим, иккинчиси — ишқор хоссасига эга оқим (ИМ 4—6, 4—5).

Узлуксиз жараён учун ўзига хос вазифа бўлиб берилган юкланишни таъминлаш ҳисобланади. Уни кириш оқимининг сарфланишини сарф датчиги *1—1*, ўзиёзар ростловчи асбоб *1—2*,



22.7- расм. Узлуксиз ишлайдиган реакторни автоматлаштириш схемаси.

ИМ—1—3 ёрдамида ростлаш билан ҳал қилиш мумкин. Реакторда сатҳ чиқиш оқимининг сарфини ўзгартириш билан ростланади (датчик *3—1*, ўзи ёзар ростловчи асбоб *3—2*, *ИМ 3—3*). Бошқа вариант ҳам бўлиши мумкин, бунда берилган юкланиш чиқиш оқимининг сарфланишини ростлаш билан таъминланади, сатҳни ростлаш эса аппаратга киришда оқим сарфини ўзгартириш билан таъминланади. Схемада муҳит температурасини иссиқлик агентининг сарфини ўзгартириб автоматик ростлаш кўзда тутилади (датчик *2—1*, ўзиёзар ростловчи асбоб 2—2, ИМ 2—3).

Даврий ишловчи реакторларда жараённинг турига боғлиқ ҳолда бир ҳолда бутун цикл давомида доимий pH катталик берилади, бошқа ҳолларда эса у вақтнинг функцияси (АРС да программали топшириқ *4—4* дан фойдаланилади) ёки аппаратдаги муҳитнинг бирор кўрсаткичи бўлади.

Тўртинчи бўлим

ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

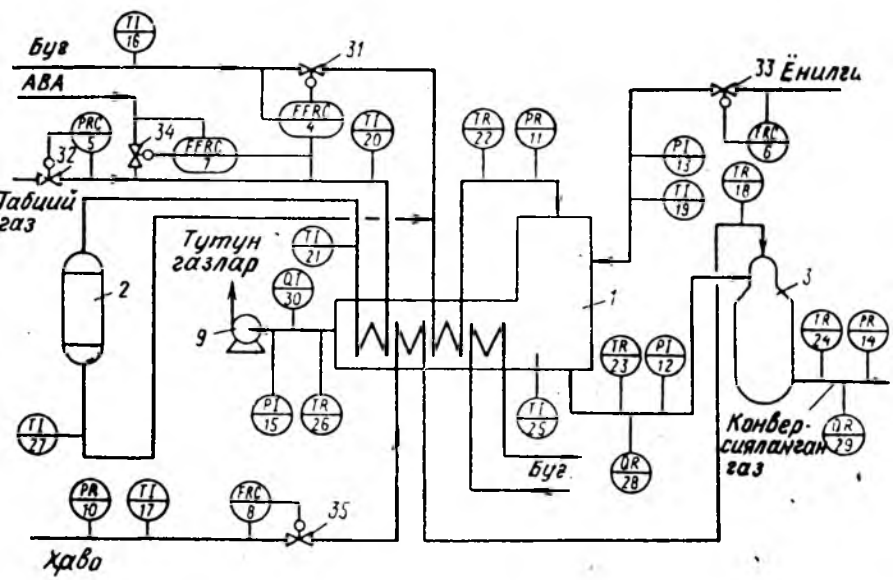
XXIII боб. КИМЁ САНОАТИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ.

XXIII.1- §. НООРГАНИК МОДДАЛАР ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

XXIII. 1.1. Метаннинг конверсия жараёнини автоматлаштириш

Завод коллекторидан келаётган табиий газ 1,2 МПа босим остида аммиакни синтез қилиш бўлимидан келаётган азото-водород аралашмаси (АВА) билан 10:1 нисбатда аралашади ва кейин трубасимон печь *1* га йўналади (23.1-расм), у ерда газлар аралашмаси тутун газлари билан≈400°С гача иситилади. Кейин у олтингугуртли органик бирикмаларни водород сульфидгача гидратловчи аппарат *2* га йўналтирилади. Кейин водород сульфиддан тозаланган табиий газ сув буғи билан буғ: газнинг 4 га тенг нисбатида аралаштирилади.

Олинган буғ — газ аралашмаси трубасимон печнинг конвектив қисмида жойлашган иситкичга йўналтирилади, у ерда аралашма температураси тутун газлари иссиқлиги ҳисобига 500—550°С гача кўтарилади.



2 3.1- расм. Метаннинг конверсия жараёнини авто матлаштириш схемаси.

Иситилган буғ-газ аралашмаси кейин трубасимон печнинг радиацион камерасига ўрнатилган реакцион трубаларга кел тушади, уларда никелли катализаторда табиий газнинг буғи билан конверсияси юз беради.

Реакция учун зарур иссиқликни трубасимон печда табиий газни ёқиб олинади. Трубасимон печда ёнилғи ёниши натижасида ҳосил бўладиган тутунли газлар атмосферага тутун сўргич *9* билан чиқариб ташланади. Реакцион трубаларда қолдиқ метаннинг тақрибан 10% ини ичига олган конвертирланган газ 800—830°С температурада шахта реактори *3* аралаштиргичига келади. Шу ерга 3 МПа босим остида трубасимон печнинг конвектив қисмида 500°С гача қиздирилган технологик ҳаво узатилади.

Шахтали реактор *3* да трубасимон печдан сўнг газда қолган метаннинг деярли тўла конверсияси амалга оширилади ва олинадиган технологик газ таркибига аммиакни синтез қилиш босқичи учун зарур азот киритилади.

Шахта реакторининг юқори қисмининг бўш фазосида трубасимон печдан келаётган конвертирланган газдаги водород ва метаннинг бир қисми ҳаводаги кислород билан бирга ёнади кетади; бунда қолган метаннинг шахта реакторидаги никель катализаторидаги сув буғи билан эндотермик реакция учун зарур иссиқлик ажралади.

Шахта реакторининг чиқишида 980—1000°С температурада қолдиқ метан миқдори ≈ 0,5% бўлган конвертирланган газ олинади.

Метан конверсиясининг кетма-кет икки босқичли конверсия жараёнини амалга оширишда, унда биринчи босқичда буғ конверсияси ўтади (трубасимон печда), иккинчи босқичда — буғ-ҳаво конверсияси (шахтали конверсиягача) ўтади, шахта реактори чиқишидаги конверсияланган газнинг таркиби трубасимон печнинг чиқишидаги конверсияланган газнинг таркиби босими ва температураси билан аниқланади.

Трубасимон печнинг чиқишида температуранинг ва унинг киришида буғ-газ нисбатининг ортишида ундан кейин газдаги метаннинг қолдиқ миқдори камаяди. Буғ-газнинг берилган нисбати нисбий ростлагич *4* ёрдамида ростловчи клапан *31* орқали буғни узатишни ўзгартириш йўли билан таъминланади. Табиий газнинг босими табиий газнинг узатилишини ростловчи клапан *32* га таъсир қилувчи босим ростлагичи *5* билан барқарорлаштирилади. Трубасимон печнинг чиқишидаги температура печга келаётган ёнилғи газни сарф ростлагичи *6* ва ростловчи клапан *33* ёрдамида ўзгартириб ростланади.

Шунингдек, АВА ни узатишни ростловчи клапан *34* га таъсир қилувчи нисбат ростлагичи *7* ёрдамида аппарат *7* га узатилаётган газ: АВА сарфланиши нисбатлари ростланиши кўзда тутилган. Шахта реактори *3* даги берилган режим унга узатилаётган ҳавони сарф ростлагичи *8* ва ростловчи клапан *35* ёрдамида ўзгартирилиб таъминланади.

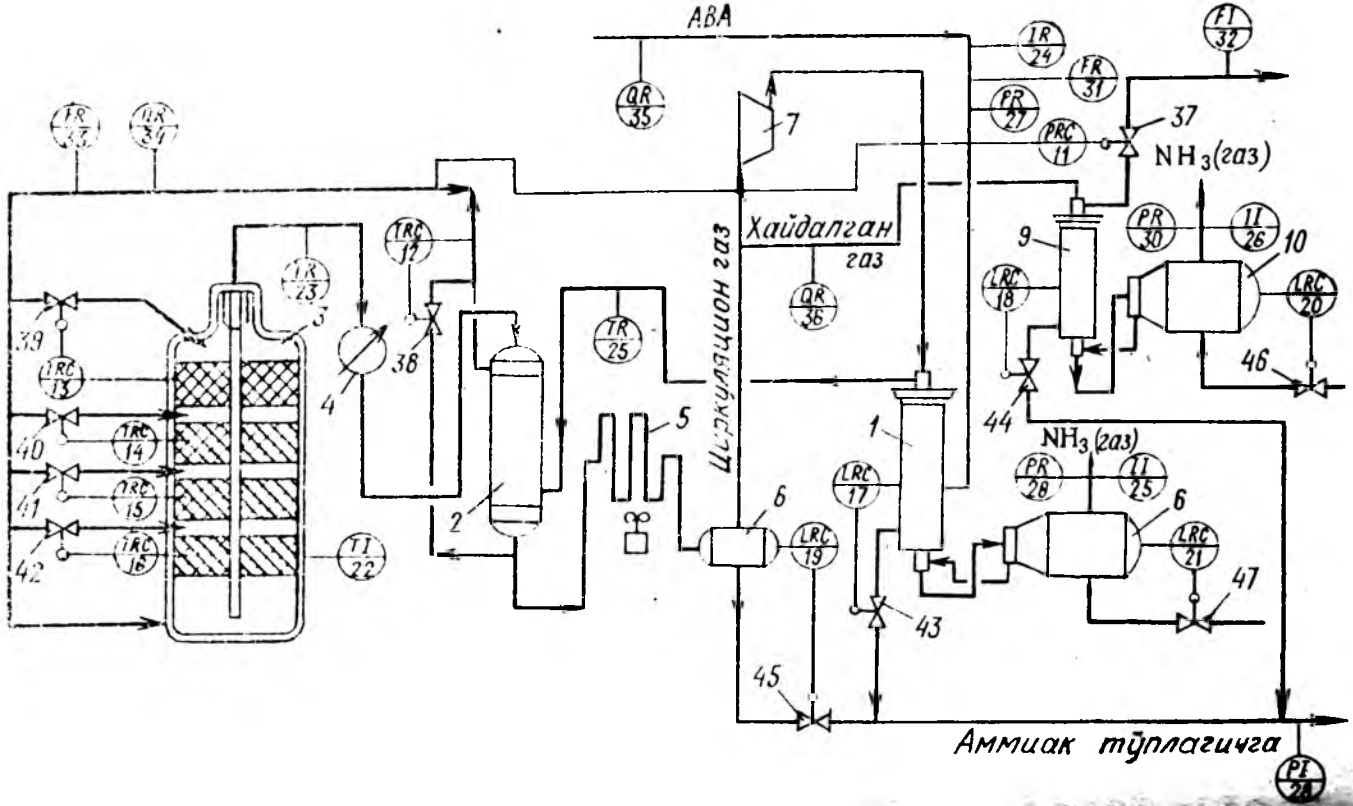
Метаннинг конверсия жараёнининг асосий назорат қилинувчи параметрлари қуйидагилардир:

ҳавонинг босими (датчик *10*), қувурсимон печга киришда, буғ-газ аралашмаси босими (датчик *11*), қувурсимон печдан чиқишда конверсияланган газ босими (датчик *12*), шахта реактори чиқишида конверсияланган газнинг (датчик *14*) ва тутун тортгич *9* олдида тутунли газлар босими (датчик *15*); буғ температураси (датчик *16*), қувурсимон печнинг киришидаги ҳавонинг (датчик *17*) ва шахта реакторининг (датчик *18*), ёнилғининг (датчик *19*), табиий газ ва АВА нинг трубасимон печга (датчик *20*) ва олтингугурт тозалагич аппарати *3* га киришидаги аралашмаси (датчик *21*) температураси, печнинг реакцион труба киришида буғ-газ аралашмаси температураси (датчик *22*), печнинг чиқишида конверсияланган газнинг (датчик *24*) температураси, печнинг радиацион комерасидан чиқишида (датчик *25*) ва тутун тортгич олдидаги (датчик *26*) тутун газлари температураси аппарат *2* нинг чиқишида газлар аралашмаси температураси (датчик *27*); конверсияланган газнинг трубасимон печдан (датчик *28*) ва шахта реакторидан (датчик *29*)) кейинги таркиби — метан миқдори; трубасимон печнинг чиқишида тутунли газлар таркиби (датчик *30*) — кислород миқдори.

XXIII. 1.2. Аммиакни синтез қилиш жараёнини автоматлаштириш

0,3% Аг ва 1% гача CH_4 бўлган азот-водород аралашмаси (АВА) тўрт босқичли марказдан қочма компрессорда 31,5 МПа босимгача сиқилади ва ҳаво совуткичида 40°С гача совутилгандан сўнг аммиак синтези агрегатининг конденсацион колонкаси *1* га йўналтирилади (23.2-расм). Суюқ аммиак қатламидан ўтиб, у намлик қолдиқларидан ва углерод диоксидидан ювилади ҳамда колонканинг сепарацион қисмида циркуляцион (айланувчи) газ билан аралашиб кетади. Газлар аралашмаси циркуляцион газни трубалар оралиғида совитиб, 35—45°С гача қизийди ва конденсацион колонкадан иссиқлик алмаштиргичи *2* га чиқади. Иссиқлик алмаштиргичнинг трубалар оралиғида газ 140—190°С гача қизийди (трубкалар найчалар бўйлаб келаётган рўпара газ билан) ва синтез колонкаси *3* га йўналади.

3,3% NH_3 бўлган газ аралашмаси синтез колонкаси олдида бир нечта оқимга ажралади. Асосий оқим синтез колонкасининг пастки қисмига боради, колонка корпуси билан катализатор қутиси орасидаги ҳалқа оралиқ бўйича кўтарилади ва унинг устига жойлашган иссиқлик алмашгичга келади. Иссиқлик алмашгичнинг трубалар оралиғида газ катализатор қутисидан чиқаётган газ билан иссиқлик алмашиниш ҳисобига 400—440°С гача қизийди ва катализатор зонасига келади, у ерда азот-водород аралашмасидан аммиак ҳосил бўлади. 14—16% амиакка эга бўлган газ аралашмаси кетма-кет тўрт қатлам катализатордан ўтиб, 480—530°С температурада марказий труба бўйича юқорига кўтарилади, иссиқлик алмашгич иситт-


АВА
QR 35
7
TR 24
FR 31
FT 32
PR 27
PRC 11
37
NH3 (газ)
Хайдалган газ
Циркуляцион газ
QR 36
TR 25
PR 30
TI 26
9
10
LRC 18
LRC 20
46
44
NH3 (газ)
PR 28
TI 25
1
LRC 17
6
6
LRC 19
LRC 21
47
43
45
Аммиак тўплагичга
PI 24
FR 33
TR 34
TRC 12
TR 23
3
4
38
2
5
39
40
41
42
TRC 13
TRC 14
TRC 15
TRC 16
TI 22

гичи найчалари бўйлаб ўтади, у ерда 335°С гача совийди ва синтез колоннасидан чиқиб кетади. Кейин газ аралашмаси совиткичи *4* трубалари бўйича ўтиб, у ерда 215°С гача совийди, кейин эса иссиқлик алмаштиргич *2* трубалари бўйича ўтиб, 60—75°С гача совиб, ҳаво билан совитиш аппаратлари *5* га келади.

Газ аралашмаси 30—40°С гача совиганда конденсацияланган аммиак сепаратор *6* да ажралади ва аммиак тўплагичида йиғилади. 10—12% аммиак бўлган газ аралашмаси сепаратордан циркуляцион компрессор *7* га йўналтирилади, у ерда 31,5 МПа гача сиқилади ва конденсацион колонна *1* ҳамда суюқ аммиак буғлатгичи *8* дан иборат иккинчи конденсацион системага узатилади. Газ конденсацион колоннанинг трубалар оралиғига юқоридан киритилади, бу ерда у трубалар бўйлаб юрувчи газ билан 20—25°С гача совитилади ва буғлаткичга келади, бу ерда у трубалар оралиғида —12°С да қайнаб турувчи аммиак билан —5—0°С гача совитилади. Совитилган циркуляцион газ билан конденсацияланган аммиак аралашмаси конденсацион колонна *1* нинг сепарацион қисмига узатилади, бу ерда суюқ аммиак газдан ажралади. Циркуляцион газ азот-водород аралашмаси билан аралаштирилади ва цикл такрорланади. Конденсацион колонна *1* дан олинган суюқ агрегат минус 5 — минус 2°С температурада 2 МПа гача дросселланади ва аммиак тўплагичига жўнатилади.

Дастлабки газ аралашмасида бўлган метан ва аргон (инерт газлар) синтез циклида тўпланади. Инерт газлар концентрациясини маълум даражада тутиб туриш учун циркуляцион газнинг бир қисми системадан доимо чиқариб турилади. Газ 29,5 МПа босим остида конденсацион колонна *9* га йўналтирилади, у ерда газ иссиқлик алмашгичнинг трубалар оралиғи бўйлаб ўтади ва буғлаткич *10* нинг трубаларига тушади, у ерда эса аммиак —34°С да қайнаб туради.—28°С гача совитилган газ конденсацион колонна *9* нинг сепарацион қисмига суюқ аммиакни ажратиш учун қайтарилади ва кейин фойдаланишга йўналтирилади. Газдаги аммиак миқдори совитилгандан сўнг 2% гача пасаяди. Конденсацион колонна *9* дан суюқ аммиак 2 МПа гача дросселланади ва аммиак тўплагичга йўналтирилади.

Аммиакни синтез қилиш жараёнининг самарадорлиги кўп жиҳатдан катализ ҳудудида оптимал температура режимини яратиш билан белгиланади, у циркуляцион газнинг таркиби, босими, ҳажмий тезлигига ва катализаторнинг хоссаларига боғлиқ. Агар температура режими, газлар миқдори ва бошқа параметрлар аммиак бўйича берилган унумдорликни таъминласа, паст босим эса аммиак синтези системасининг яхши ишлаши ҳақида далолат беради.

Аммиак синтези реакциясининг тезлиги газ аралашмаси таркибига боғлиқ мувозанат ҳолатида оптимал таркиб стехиометрик таркиб ҳисобланади. Ишчи шароитида реакциянинг мак-

симал тезлиги $H_2:N_2=2,5—2,8$ нисбатда кузатилади, бунд
нисбат берилган даражада метаннинг конверсияси босқичи
ҳаво сарфини ўзгартириш йўли билан тутиб турилади.

Реакторга киришда газда аммиак миқдорининг ортиши б
симнинг ўсишига олиб келади (чунки синтез реакцияси тезл
ги пасаяди), аммиакнинг бошланғич концентрациясининг кам
йиши эса жуда юқори даражадаги алмашишларга ва шунга м
ҳолда системада босимнинг камайишига олиб келади. Боси
ошганда реакторда температура ортади, чунки айланиш дар
жаси ва мос равишда температура ортади. Янги синтез газни
ортиқча миқдори кирганда босим ортади ва мос равишда кат
лиз худудида температура ортади. Реакторга киришда инер
газлар миқдорининг камайиши жараён тезлигининг ва конве
сия даражасининг ортишига олиб келади, бунинг натижаси
реакторда температура кўтарилади. Циклдаги доимий боси
газ сарфини ростловчи клапан *37* ёрдамида ўзгартириш йўл
билан босим ростлагич *11* орқали тутиб турилади. Янги г
таркиби ишлаб чиқаришнинг олдинги босқичларида ростл
нади.

Колонна синтезига киришдаги газ температураси совуқ га
ни байпас чизиғида чиқариш иссиқлик алмашгичи ёнидан уз
тувчи ростловчи клапан *38* га таъсир кўрсатувчи температур
ростлагич *12* ёрдамида ўзгармас қилиб турилади. Синтез коло
насидаги температура режими ҳар бир полкада температур
ростлагичлари *13—16*, совуқ газни полкаларга ростловчи кл
панлар *39—42* ёрдамида автоматик узатиш йўли билан барқ
рорлаштириб турилади.

Конденсацион колонналар *1* ва *9* дан ҳамда сепаратор *6* да
сатҳни ростлагичлар *17—19* ва ростловчи клапанлар *43—4*
ёрдамида суюқ аммиакни бериш бўғинлари ростлашнинг му
ҳим бўгинлари ҳисобланади. Шунингдек, суюқ аммиак бу
ланишларида сатҳ ростлагич *20* ва *21* лар ҳамда ростловч
клапан *46* ва *47* лар ёрдамида сатҳларнинг доимийлигини ав
томатик таъминлаш кўзда тутилган.

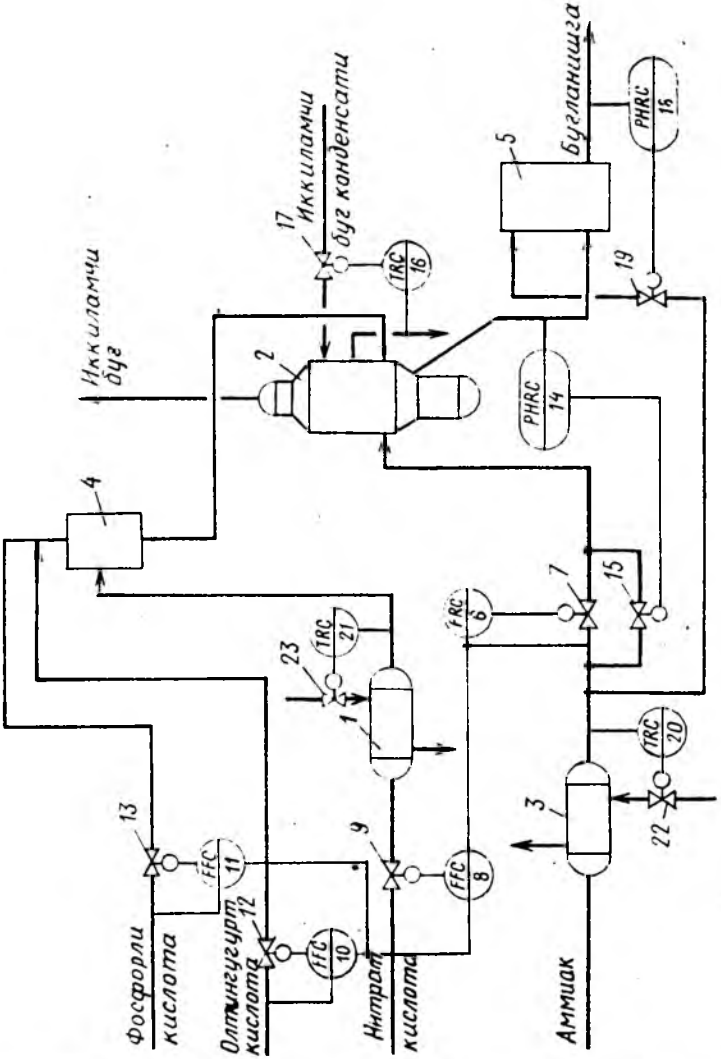
Асосий технологик параметрларни назорат қилиш вази
фасини амалга ошириш учун бир қатор назорат-ўлчов асбоб
ларини ўрнатиш кўзда тутилган. Қуйидаги параметрларни ўл
човчи асбоблар муҳим ҳисобланади:

колонна девори сиртининг (датчик *22*), колонна чиқишид
газнинг (датчик *23*), янги азот-водород аралашмасининг (дат
чик *24*), чиқарилувчи иссиқлик алмашгич киришидаги цирку
ляцион газнинг, буғлаткичлар чиқишида газсимон аммиакнин
температуралари (датчиклар *25* ва *26*);

янги азот-водород аралашмасининг (датчик *27*), суюқ в
газсимон аммиакнинг (датчиклар *28—30*) босимлари;

янги азот-водород аралашмаси (датчик *31*), тозаланган га
(датчик *32*), циркуляцион газ (датчик *33*) сарфи;

циркуляцион (датчик *34*), янги (датчик *35*) ва ҳайдалга
(датчик *36*) газларнинг таркиби.



23.3-расм. Нейтрализация жараёнини автоматлаштириш схемаси.

XXIII. 1.3. Аммиакли селитра ишлаб чиқаришни нейтраллаш жараёнини автоматлаштириш

Аммиакли селитра — азотли ўғитларнинг асосий турлари дан биридир, унда 34,2% азот бор. Грануллanган (донадор) аммиакли селитрани олиш учун хомашё бўлиб 58—60% ли нитрат кислота ва газсимон аммиак хизмат қилади.

Кондицион қўшимча сифатида 92,5% ли олтингугурт кислотадан фойдаланилади, у аммиак сульфатигача нитрат кислота билан бирга аммиак ёрдамида нейтрalланади. Тайёр гранулаларни пуркаб сепиш учун сиртактив модда — 40% ли «Нф» диспергаторнинг сувли эритмаси қўлланилади.

Аммиакли селитрани ишлаб чиқаришнинг асосий босқичлари нитрат кислотани газсимон аммиак билан нейтраллашдир: жуда қуюқ аммиакли селитра эритмасини олиш; эритмани грануллаш; аммиакли селитра грануларини совитиш; гранулаларни сиртий актив модда «Нф» диспергатор билан ишлов бериш; атмосферага чиқариб ташлашдан олдин ҳавони тозалаш ва иккиламчи буғни тозалаш; тайёр маҳсулотни жойлаш ва сақлаш.

Қуйида биринчи босқични автоматлаштириш қараб чиқилган — нитрат кислотани аммиак билан нейтраллаш — бу кейинги босқичларнинг иш режимини белгилаб беради.

Нитрат кислота олдиндан иссиқлик алмаштиргич *1* да (23.3-расм) 70—80°С температурагача нейтрalловчи аппарат *2* нинг буги билан иситилади, газсимон аммиак иссиқлик алмашгич *3* да иситилади ва кейин аппарат *2* га тушади. Иситилган нитрат кислота аралаштиргич *4* га тушади, у ерга янги олтингугурт ва фосфат кислота ҳам узатилади. Олтингугурт кислота аммоний сульфат миқдори тайёр маҳсулотда 0,3—0,7% атрофида бўладиган қилиб ҳисоблаб дозаланади. Кислоталар аралашмаси кейин ИТН (2) аппаратига тушади, у ерда атмосфера босимига яқин босимда, 115—165°С температурада нитрат кислотасини аммиак билан нейтраллаш жараёни ўтказилади.

Нитрат кислота ва аммиак шундай дозаланадики, бунда ИТН аппаратидан чиқишда аралашмада нитрат кислота миқдори реакция зонасида аммиакнинг ютилиши тўлиқ бўлишини таъминлаш учун зарурдан бироз кўпроқ бўлиши (2—5 г/л атрофида) керак. ИТН аппаратининг сепарацион худудида қайнаётган эритмадан иккиламчи буғ ажралиб чиқади ва ИТН аппаратининг ювиш худудига тозалаш учун киради, бу ҳудуд тўртта тарелка ва сачраган зарраларни тутгичдан иборат. Юқоридаги тарелкага иккиламчи буғ конденсати йўналтирилади. ИТН аппаратидан чиқишда иккиламчи буғда 2—5 г/л NH_4NO_3, 1—2 г/л HNO_3 бўлади; ювиш жараёни тўғри олиб борилганда буғларда аммиак бўлмайди.

ИТН аппаратида пайдо бўладиган 92—93% аммиак селитра эритмаси аппаратнинг ювиш қисмидаги эритмаларга бирс

қўшилади ва 89—91% ли концентрацияда донейтрализатор *5* га йўлланади, у ерга ортиқча кислотани нейтраллаш ва эритманинг ишқорий муҳитини яратиш учун аммиак берилади (ортиқча аммиак эркин NH_4 нинг 0,1 г/л гача атрофида тутилиши керак). Кейин аммиакли селитра эритмаси буғланиш бўлимига йўлланади.

Нейтраллаш босқичида жараённи автоматик ростлаш системасининг вазифаси ИТН аппаратига келаётган аммиак ва нитрат кислота оқимлари нисбатини сақлаш; ИТН аппаратидаги аммиак селитраси эритмасининг берилган pH ини сақлаб туриш; аммиак селитраси эритмасининг буғлатиш аппаратига киришида нейтраллашгандан сўнг ишқорий реакциясини таъминлашдан иборат.

Ростлаш системаси учун газсимон аммиакнинг параметрлари етакчи ҳисобланади. Ташқи тармоқда аммиак босими тебранишларининг нейтраллаш жараёнини ростлаш сифатига таъсиридан қочиш учун аммиакли селитра агрегатига киришда газсимон аммиакнинг босими автоматик ростлаб турилади. Аммиакнинг ИТН аппаратига сарфланиши сарф ростлагичи *6* ёрдамида, ростловчи клапан *7* га таъсир кўрсатиш йўли билан автоматик равишда таъминланиб турилади.

ИТН аппаратига нитрат кислотани аммиак сарфи билан берилган нисбатда бериш ростловчи клапан *9* га таъсир кўрсатиб, сарфлар нисбати ростлагич *8* ёрдамида автоматик ростланади. Олтингугурт ва фосфорли кислоталарни нитрат кислота сарфи билан берилган нисбатда узатиш сарфлар нисбати ростлагичлари *10* ва *11* ҳамда ростловчи клапанлар *12* ва *13* ёрдамида автоматик ростланади.

Нитрат кислота ва аммиак сарфлари нисбати билан кислотанинг маълум даражада ортиқча бўлиши аниқланади, уни назорат қилиш ва ростлаш учун ИТН аппаратининг чиқишида аммиакли селитра эритмаси pH узлуксиз назорат иилинади. Эритмадаги берилган ортиқча нитрат кислота pH ростлагич *14* ёрдамида автоматик ростлаб турилади, бу ростлагич аммиакни унча кўп бўлмаган миқдори умумий сарфдан бир неча фоиз йўналтириладиган аммиакни узатиш байпас линиясида (тизмасида) ўрнатилган ростловчи клапан *15* ёрдамида ИТН га аммиакни узатиш коррекцияланади. Бундай система нейтраллаш жараёнини ростлашнинг яхши сифатида бўлишини таъминлайди.

Иккиламчи буғни иложи борича максимал тозалашни таъминлаш учун ИТН аппаратининг ювиш қисмида иккиламчи буғ конденсатини юқори тарелкага узатиш автоматик ростланади. Селитра эритмаларининг уларни буғланишдан олдин суюқланмаслиги учун кўп конденсат узатиш мақсадга мувофиқ эмас, камроқ конденсат узатиш эса тарелкаларни очиб қўяди, чунки иккиламчи буғ ўта қизиган бўлади. Иккиламчи буғ конденсатини узатиш температура ростлагичи *16* ёрдамида ростловчи клапан *17* га таъсир қилиб ростланади. Буғланиш аппа-

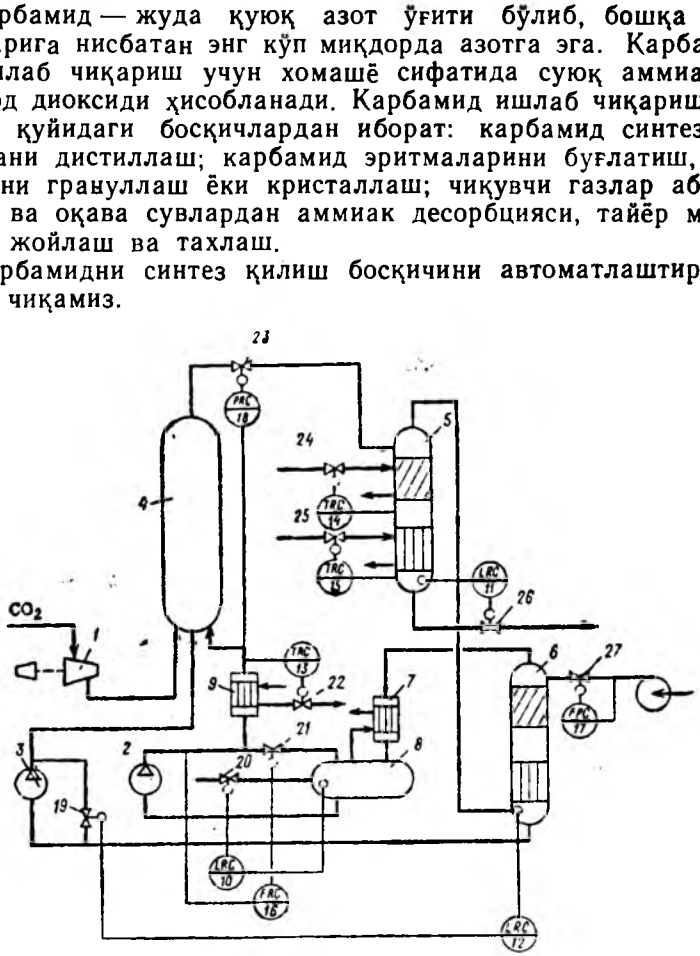
ратига аммиакли селитранинг кислота эритмаларини йўлл
мумкин бўлмагани учун ортиқча кислоталик донейтрали
тор *5* да нейтралланади. Унга аммиак узатиш ростловчи к
пан *19* га таъсир кўрсатувчи донейтрализатор чиқишида
эритма ростлагичи *18* ёрдамида ростланади.

Автоматик ростлаш системаси аммиакни ва нитрат кис
тани температура ростлагичлари *20* ва *21* ёрдамида иссиқл
элиткични иссиқлик алмашгич *1* ва *3* га узатувчи ростлов
клапанлар *22* ва *23* га таъсир қилиб иситишни ростлаш кўз
тутилган.

XXIII. 1.4. Карбамидни синтез қилиш жараёнини автоматлаштириш

Карбамид — жуда қуюқ азот ўғити бўлиб, бошқа аз
ўғитларига нисбатан энг кўп миқдорда азотга эга. Карбами
ни ишлаб чиқариш учун хомашё сифатида суюқ аммиак
углерод диоксиди ҳисобланади. Карбамид ишлаб чиқариш ж
раёни қуйидаги босқичлардан иборат: карбамид синтези
эритмани дистиллаш; карбамид эритмаларини буғлатиш, ка
бамидни грануллаш ёки кристаллаш; чиқувчи газлар абсор
цияси ва оқава сувлардан аммиак десорбцияси, тайёр маҳ
лотни жойлаш ва тахлаш.

Карбамидни синтез қилиш босқичини автоматлаштириш
қараб чиқамиз.



23.4- расм. Карбамидни синтез қилиш жараёнини автоматлаштириш схемаси.

Углерод диоксиди турбокомпрессор *1* ёрдамида, суюқ аммиак насос *2* билан ва аммоний карбонат эритмаси эса насос *3* билан 23—25 МПа босим остида реактор *4* га узатилади (23.4-расм). Карбамид 23 МПа босим остида 180—190°С температурада синтез қилинади. Реактор *4* дан чиққан эритма 1,8 МПа босимгача дросселланади ва ўртача босим ажратиш аппарати *5* га йўлланади, у ерда 155—158°С температурада аммоний карбамити деярли тўла парчаланади ва эритмадан аммиак ҳамда углерод диоксиди ҳайдалади. Карбамид эритмаси аппарат *5* дан паст босимли ажратиш аппаратига (схемада кўрсатилмаган) йўлланади.

Таркибида NH_3, CO_2, H_2O бўлган газ фазаси *5* аппаратдан абсорбер — ювгич *6* га келади, у ерда аммиак углерод диоксиддан маточли эритма билан ювилади. Ҳосил бўлган аммоний корбомати эритмаси *3* насос ёрдамида *4* реакторга узатилади. Асосан аммиак ва инерт газлардан иборат абсорбер — ювгич *6* дан газ фазаси конденсатор *7* га тушади, у ерда аммиак конденсацияланади ва аммиак идиш *8* га оқиб тушади, идиш *8* дан аммиак *2* насос билан иситкич *9* орқали реактор *4* га узатилади.

Аммиакнинг ва углерод диоксидининг карбамидга айланиш жараёнининг энг қулай шароитлари бу реакцияларнинг кечиши билан белгиланади, шунингдек реакцион массанинг табиий (физик) ҳолати билан аниқланади.

Карбамидни синтез қилиш мақсадга мувофиқ бўлган минимал температура 160—170°С ни ташкил этади. Янада паст температураларда аммоний карбаматининг карбамидга айланиш тезлиги жуда кичик. Амалда карбамидни синтез қилиш жараёни 185—195°С да ўтказилади.

Жараён босими орттирилганда аммоний карбаматининг парчаланиш температураси ортади. Шундай қилиб, юқорида кўрсатилган температураларда карбамидни синтез қилиш учун аммоний карбаматининг парчаланишига тўсқинлик қилувчи босимни тутиб туриш зарур. Амалда синтез қилиш температураси 185—195°С бўлганда босим тахминан 18—20 МПа бўлиши керак.

Карбамидни синтез қилиш жараёнининг самарадорлиги учун дастлабки реагентларнинг нисбати катта аҳамиятга эга бўлди. Аммиак ва углерод диоксидининг стехиометрик нисбатида улар айланишларининг мувозанатлик даражаси (яъни реагентларнинг реакцион зонада узоқ вақт бўлишида энг кўпи билан эришиладиган даража) 45—55% дан ошмайди.

Бу нисбатнинг ошиши билан аммиакнинг айланиш мувозанатлик даражаси ортади, бироқ ортиқча аммиакнинг ортиши маълум чегарагачагина мақсадга мувофиқдир. Ҳисоблашларнинг кўрсатишича аммиакнинг 80—100% га тенг (стехиометрикдан) ортиқча бўлиши энг тежамлидир.

Карбамид синтезининг кечишига дастлабки реагентларда сув аралашмаси сезиларли таъсир кўрсатади, унинг бўлиши

аммоний карбаматнинг карбамитга айланиш даражасини п
сайтиради.

Карбамид синтези учун қўлланиладиган техник аммиак в
(айниқса) углерод диоксидида карбамид синтезининг кечиш
га ёмон таъсир кўрсатувчи инерт аралашмалар бор (H_2, CH
CO, O_2, N_2).

Автоматик ростлаш схемасига жараённинг қуйидаги пар
метрларини барқарорлаштириш киради:

идиш *8* да суюқ аммиакнинг сатҳ баландлигини ростлаг
10 ва ростловчи клапан *20* ёрдамида; ростлагич *11* ва рос
ловчи клапан *26* ёрдамида ўртача босимни ажратиш аппарат
5 нинг кубдаги сатҳ баландлиги *3* насоснинг байпас чизиғид
ўрнатилган ростлагич *12* ва ростловчи клапан *19* ёрдамида о
сорбер — ювгич *6* даги углеаммонийли тузлар эритмасинин
сатҳи баландлиги;

иситкич *9* дан буғ конденсатини чиқариш чизиғида ўрнатил
ган ростловчи клапан *22* ва ростлагич *13* ёрдамида реактор
га узатиладиган аммиакнинг температураси, буғни узати
чизиғида ўрнатилган ростловчи клапанлар *24* ва *25* ҳамда тем
ратурани ростловчи ростлагичлар *14* ва *15* ёрдамида парчалаш
аппарати *5* даги температуралар;

насос *2* нинг байпасида ўрнатилган ростловчи клапан в
сарф ростлагичи *16* ёрдамида реактор *4* га узатилаётган сую
аммиак сарфий ростлагич *17* ва ростловчи клапан *27* ёрда
мида абсорбер ювгич *6* га узатиладиган мотка эритма сарфи

реактор *4* дан газ фазасини чиқариш чизиғида ўрнатилга
ростловчи клапан *23*, босим ростлагич *18* ёрдамида реактор
даги босим.

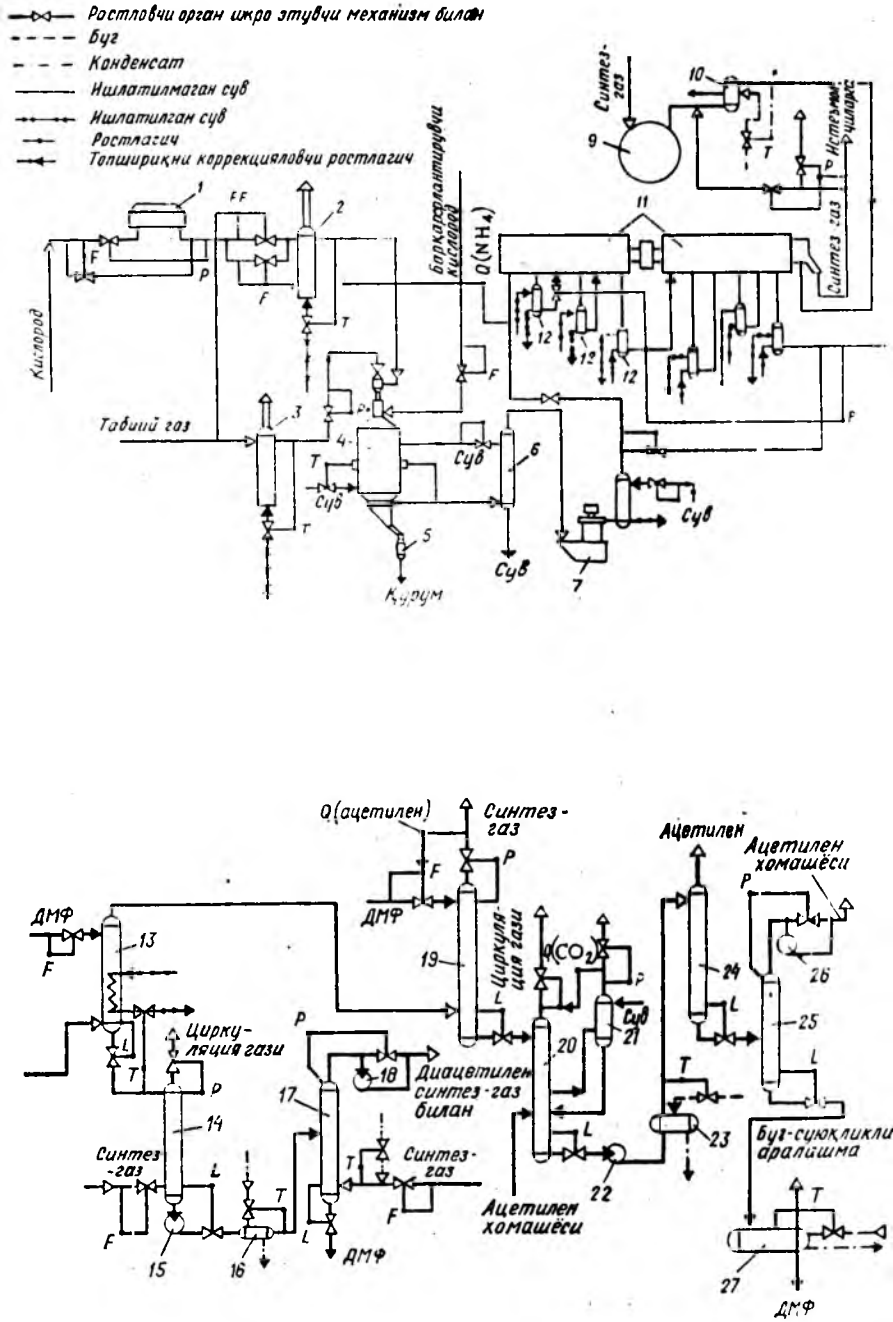
XXIII.2- §. ОРГАНИК МОДДАЛАР ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

XXIII. 2.1. Ацетилен ишлаб чиқаришни автоматлаштириш

Табиий газни пиролиз қилиб ацетилен ишлаб чиқаришнин
технологик схемаси қуйидаги бўлимлардан иборат:

Компрессия ва пиролиз бўлими. Дастлаб иситкич *3* да ис
тилган табиий газ реактор *4* га узатилади (23.5-расм). Даст
лабки хомашё — метаннинг бир қисми ёқилиши натижасид
ацетилен ҳосил қилишнинг эндотермик реакциясини ўтказиш
учун зарур 1400—1500°С температурага эришилади. Ёниш
учун зарур кислород турбокомпрессор *1* да сиқилади ва иситк
кич *2* да иситилади. Ёниш жараёнини барқарорлаштириш учу
реакторга қўшимча равишда узлуксиз бироз миқдорда кисло
род (барқарорлантирувчи кислород) киритилади. Юқори тем
ператураларда ацетилен олиш реакцияси қайтувчидир. Ацети
леннинг парчаланиши олдини олиш учун пирогаз совуқ су
ёки бензин пуркаш йўли билан «тобланади».

Пиролиз газларида ацетилен (7—8%) ва бошқа маҳсулот
лар бўлади. Реакторнинг қуйи қисмидан қурум техник углерод



23.5- расм. Ацетилен ишлаб чиқаришни автоматлаштириш схемаси.

ни (қурумни) ажраткич *5* ёрдамида чиқариб ташланади. **Пи**ролиз газлари реактордан кейинчалик совитиш ва қурумдан тозалаш учун скрубберга келиб тушади. Нозик тозаловчи электрофильтр *7* пиролиз газларини қурумдан деярли тўла тозалайди.

Пиролиз газлари компрессияси бўлими. Совиткич *8* да совитилган пиролиз газлари олти босқичли компрессор *11* га келади, у ерда 0,9 МПа босимгача сиқилади. Компрессорнинг юритмаси ҳисобланган турбинасига пиролиз газларидан ҳайдалган синтез — газ (C_0—H_2 аралашмаси) узатилади; турбинадан кейин у истеъмолчига йўлланади. Синтез-газнинг талаб қилинган таркиби газгольдер *9* да таъминланади. Синтез-газ иссиқлик алмашгич *10* да иситилади.

Концентрацияланган бўлими. Сиқилган пирогаз диметилформамид билан суғориладиган абсарбцион колонна *13* га тушади. Колоннада эриткич ҳамма диацетиленни ва бироз миқдорда ацетиленни ютади. Тўйинган абсорбент десорбция *14* колоннасига узатилади, тозалаш ва бир вақтда босимни пасайитириш ҳисобига эриган ацетилен ажралади. Ажралган газ (циркуляцион) компрессорнинг сўрувчи тизмасига йўлланилади.

Эритгичда қолган диацетилен ҳайдаш учун десорбция колоннаси *17* хизмат қилади. Ундаги жараён юқори температурада ва бир вақтда синтез — газни тозалаш йўли билан олиб борилади. Тўйинган эриткични иссиқлик алмашгич *16* да иситиш ва синтез-газни ўткир буғ билан иситиш йўли билан эришилади; вакуум-насос *18* вакуум ҳосил қилади.

Ювилган пирогаз колонна *13* нинг юқорисидан колонна *15* га келади, у ерда ацетилен диметилформамид билан, унинг гомологлари, шунингдек бироз миқдордаги синтез-газ абсорбцияси юз беради. Синтез-газнинг асосий қисми *19* колоннанинг юқори қисмидан чиқарилади. Тўйинган абсорбент *19* колоннадан *20* десорбцион колоннанинг юқори қисмига узатилади, у ерда босимнинг пасайиши натижасида диметилформамид эритмасидан ёмон эрувчи газларнинг (циркуляция газ) катта қисми ажралади. Бу газлар колонна *20* нинг юқори қисмидан чиқариб юборилади. Диметилформамид колоннанинг ўрта қисмига узатилаётган ацетилен хом ашёсига қарши колонна кубига оқиб тушади.

Ацетилен хомашёси асосан ацетиленнинг диметилформамид ютадиган юқори ацетиленли углеводородлар билан аралашмасидан иборат. Колонна *20* да олинадиган ацетилен — концентра диметилформомид қолдиқларини сув билан ювиш учун ювгич *21* га йўналади. Чиқариб юборилган (четлаштирилган) диметилформамид *20* колоннага қайтади.

Десорбер кубидан эриткич иссиқлик алмашгич *23* га узатилади, унда 104°С гача қиздирилади, сўнгра десорбцион колонна *24* нинг юқори қисмига келади. Босимнинг пасайиши ва температуранинг ортиши ҳисобига бу колоннада диметилфор

мамиддан ацетилен ажралади. Ацетилен колоннанинг юқори қисмидан қайтарилади.

Десорбер *24* дан эриткич вакуум десорбцион колонна *25* га оқиб тушади. Компрессор *26* ёрдамида колоннада вакуум ҳосил қилинади. Компрессор сўриб олаётган ацетилен хомашёси десорбер *20* га йўлланади, колонна тубидан оқиб тушаётган эриткич буғлаткич *27* га тушади, у ерда диметилформамиддан сув буғланиб кетади. Буғлаткичдан чиқарилаётган буғ-газ аралашмаси сув ва эриткич буғларидан, шунингдек юқори ацетиленли углеводородлардан ташкил топган. У ёрдамчи колоннага (схемада кўрсатилмаган) ҳайдаш учун келади.

Пиролиз жараёнини автоматлаштириш. Пиролиз жараёнининг самарадорлиги кўрсаткичи ацетилен чиқиши (ажралиши) ҳисобланади, бошқариш мақсади эса уни берилган қийматда тутиб туришдан иборат. Ацетилиннинг чиқиши (ажралиши) табиий газнинг таркиби, реактордаги температура ва табиий газнинг реакция зонасида бўлиш вақти билан аниқланади. Табиий газ таркибининг ўзгариши билан объектда ғалаёнланишлар пайдо бўлади. Бундай ғалаёнланишлар бўлганда табиий газдаги метан тўлиқ реакцияга киришиб кетиши учун реактордаги температура барқарорлаштирилмайди, балки пиролиз газларидаги метан концентрациясига қараб ўзгартирилади. Бу температура ёндирилаётган газ миқдори ва реакторга берилаётган метан ва кислороднинг нисбати билан аниқланади. Табиий газ, кислород сарфлари нисбатини қўпол ростлаш учун табиий газ ва асосий кислород оқими сарфлари нисбатини ростловчи ростлагич ўрнатилади. Аниқ ростлаш учун икки контурли система қўлланилади, унда асосийси пиролиз газидаги метан концентрациясини ростловчи ростлагич, ёрдамчиси эса — байпас чизиғида кислород сарфини ростловчи ростлагич ҳисобланади.

Реактор горелкаларида алангани барқарорлаштириш учун сарф ростлагичи ёрдамида барқарорлаштирувчи кислороднинг доимий сарфланиши таъминланиб турилади. Шу мақсадда яна табиий газ ва кислороднинг температуралари доимий қилиб турилади. Ацетилен парчаланишининг олдини олиш учун пиролиз газлари температураси реакторга тоблаш учун киритиладиган совуқ сув сарфини ўзгартириб барқарорлаштирилади.

Табиий газнинг реакция зонасида бўлиш вақти газнинг реактор орқали ўтиш тезлигига боғлиқ бўлиб, у реакторнинг босим режими орқали аниқланади. Меъёрдаги босим режимини сақлаб туриш учун табиий газ ва кислород босимини ростловчи ростлагичлар ўрнатилади. Бунда турбокомпрессор *1* нинг ҳайдаш чизиғидаги кислороднинг босими кислородни ҳайдаш материалидан сўриш магистралига дросселлаш орқали барқарорлаштирилади.

Пиролиз газларининг скруббер *6* да қурумдан берилган даражада тозаланиши скрубберга узатилаётган сув сарфи ростлагичини ўрнатиш билан эришилади.

XXIII. 2.2. Лок-бўёқ саноатини автоматлаштириш

XXIII. 2.2.1. Алкид смолаларни олиш жараёнини автоматлаштириш

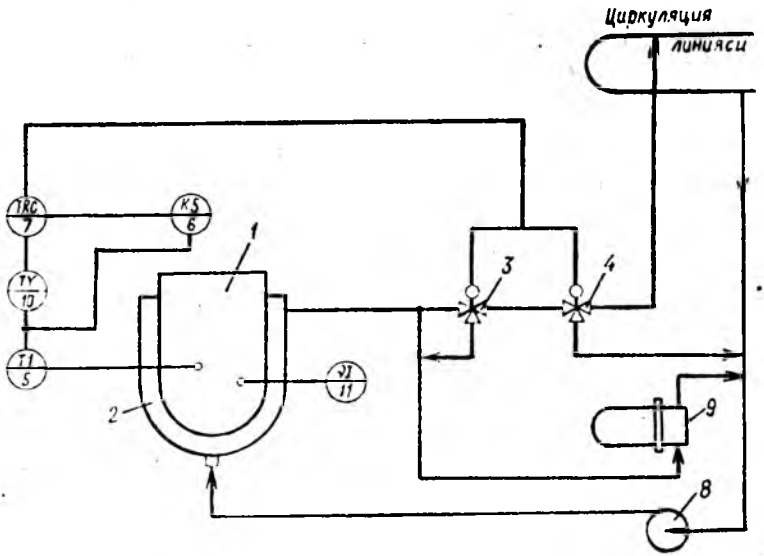
Лок-бўёқ қопламаси одатда ҳимояланадиган сиртда ҳос бўладиган полимер плёнкадан иборат бўлади. Қопламага ма лум безак ва ҳимоя хоссаларини бериш учун бундан кей плёнка ҳосил қиладиган лок-бўёқ материали таркибига сирт қоплаш (суртиш) дан олдин пигментлар (бўёвчилар) ва тў диргичлар заррачалари киритилади. Лок-бўёқ қопламала учун плёнка ҳосил қилувчилар сифатида турли хилдаги л смолалари хизмат қилиши мумкин, улар орасида энг кўп та қалган алкид смолалардир. Улар спирт билан кислотанинг ў аро таъсирлашувида мураккаб эфир ва сув ҳосил қилиб пол конденсация реакцияси натижасида олинади. Кислоталар с фатида асосан ўсимлик мойларида мавжуд бўлган табиий м кислоталаридан, спиртлар сифатида эса — глицериндан фойд ланилади.

Локли смолаларни олиш жараёни шу тарзда амалга ош рилганки, бунда асосий аппаратда турли хил локли смолала ни дастлабки хомашёнинг ва пировард маҳсулотнинг харак ристикаларининг ўзгаришини ҳисобга олиб синтез қилиш му кин бўлади. Синтез режимини қайта қуриш имконияти механи аралаштирувчи қурилмалари бўлган вертикал реакторда да рий жараёнда таъминланади. Бундай реакторларда реакцио аралашма етарли даражадаги гамогенизацияга ва берилга температура режимига эришилади.

Алкид смолаларни олишнинг технологик жараёни исити ва совитиш босқичларига эга (23.6-расм). Алкид смола си тези температура — вақтий программасининг (ТВП) турл қисмларида реакторда температурани ростлашда ўтиш жар ёнини тадқиқ қилиш шуни кўрсатдики, маълум мосламала да ТВП нинг бир қисми учун ўтиш жараёнининг оптимал кўрсаткичларини таъминловчи температура ПИ ростлагичи, уни бошқа қисмларда таъминламас экан. Реакторда температура режимини ростлаш сифатини ошириш учун ТВП нинг турли қисмларида температура ростлаш мослаштириш параметрларини ўзгартириш зарур. 23.7-расмда реакторда температура режимини — иссиқлик элитгичнинг температурасини, унинг сарфи ўзгармай

23.6-расм. Алкид смола синтези темпер тура — вақт программаси:

1 — дастлабки компонент (таркибий қисм) лар юклаш; *2* — реакцион аралашмани иситиш; *3* — переэтерификация босқичи; *4* — реакцион ар лашмани совутиш; *5* — фталев ангидридини ю лаш; *6* — реакцион аралашмани иситиш; *7* — п ликонденсация босқичи; *8* — смолаларни сов тиш.



23.7- расм. Реакторда температура режимини ростлашнинг принципиал схемаси.

қолган ҳолда, ўзгартириш йўли билан ростлашнинг принципиал схемаси келтирилган. Иситилганда реактор *1* нинг ғилофи *2* орқали ўтувчи ҳамма иссиқлик элиткич миқдори клапанлар *3* ва *4* орқали яна циркуляцион линияга қайтади. Маҳсулот маълум, олдиндан берилган температурага етганда клапан *4* га таъсир қилувчи температурани автоматик ростлагич *7* ишга тушади ва иссиқлик элиткич бу клапан орқали насос *8* билан реакторга қайтади. Агар маҳсулотни совитиш керак бўлса, ростлагич *7* клапанлар *3* ва *4* га таъсир қилади ва иссиқлик элиткичнинг бир қисми совуткич *9* орқали йўлланади. Совиткич орқали ўтадиган иссиқлик элитгич миқдори реактордаги температуранинг жорий қийматининг берилган қийматидан оғишига боғлиқ.

Тузатувчи қурилма *10*, температура-датчиги *5* дан сигнал олиб, ростлагич *7* га ростлагич мослашишларининг реакторлаги температурага олдиндан ҳисобланган боғланишларига пропорционал сигнал беради. Программали задатчик (топширгич) *6* дан сигнал олиб, ростлагич *7* тузатилган мослашишларни ҳисобга олган ҳолда уч йўли клапанлар *3* ва *4* га таъсир этиб, реакцион массанинг талаб қилинаётган температурасини таъминлаш учун реакторнинг ғилофи *2* га киришда иссиқлик элиткичнинг температурасини ўзгартиради. ТВПни автоматик ростлаш системасининг бошқа вариантлари ҳам мавжуд, масалан, каскадли схема, унда реакцион масса температурасини ростлагичига реактор ғилофда иссиқлик элтгич

температурасини ростлагичи қўшилиши мумкин бўлиб, у вазифани асосий ростлаш контуридан олади.

Алкидли смолаларни синтез қилишда поликонденсация жараёни (23.6-расмдаги 7 қисмга қаранг) датчик *11* билан ўлчанувчи реакцион масса қовушоқлигининг ўзгаришига кўра назорат қилинади, чунки поликонденсация босқичида смоланинг молекуляр массаси шу босқичда смоланинг қовушоқлигини белгиловчидир.

XXIII. 2.2.2. Пигментли лок-бўёқ эмалларини олишнинг технологик жараёнларини автоматлаштириш

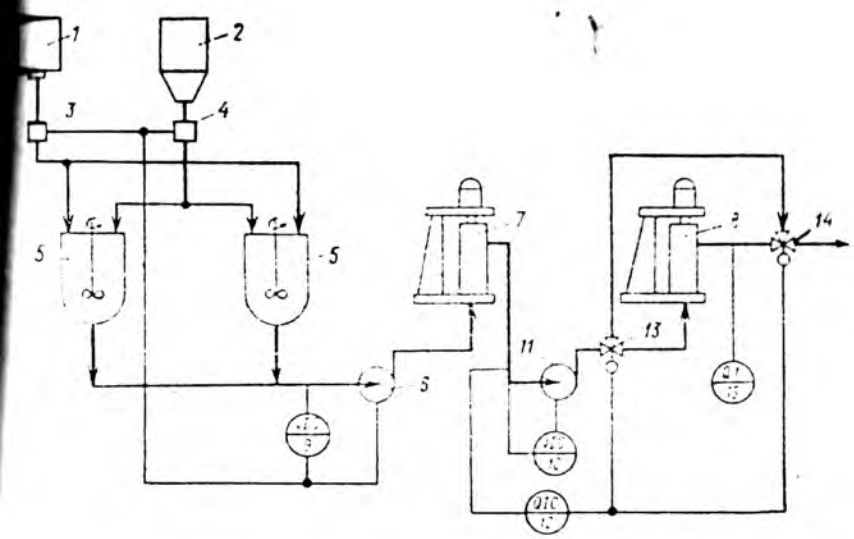
Эмаллар пленка ҳосил қилувчи майда дисперсли пигментлар суспензиясидан иборат. Одатда ноорганик пигментлар лок-бўёқ қопламасининг ҳимоя ва декоратив хоссаларини, органик пигментлар эса — зарур рангни таъминлайди. Эмалларни олишнинг асосий технологик жараёни пигментларнинг плёнка ҳосил қилувчида дисперсиялаш ҳисобланади. Эмаллар ишлаб чиқаришнинг мавжуд технологик схемаларида тегишли аппаратнинг вертикал ўқида жойлашган аралаштиргичлар билан ҳаракатга келтирувчи эркин ҳаракатланувчи майдаловчи жисмлари бўлган дисперсияловчи қурилмадан фойдаланилади. Эмаллар олишнинг технологик жараёнларида дисперсияловчи қурилма сифатида кўпинча бисерли тегирмонлардан фойдаланилади.

Эмаллар олиш жараёнини тадқиқ этиш шуни кўрсатадики суспензиянинг қовушоқлиги пигмент ва локли смолани (плёнка ҳосил қилувчи) системада пигментнинг ҳажмий концентрациясига боғлиқ, шунинг учун суспензия қовушоқлигида пигмент ва плёнка ҳосил қилувчиларнинг нисбатини назорат қилиш учун фойдаланиш мумкин.

Пигментланган лок-бўёқ қопламалари фақат ҳимоя эмас балки декоратив (безаш) хоссаларига ҳам эга бўлиши керак. Шунинг учун рангли (колористик) ва оптик характеристикалар ҳам бир пигментли, ҳам аралаш (кўп пигментли) эмалларни олиш жараёнида назорат қилишнинг бош параметрларидан бири ҳисобланади.

Пигментланган системаларнинг оптик параметрларига пигмент заррачаларнинг ўлчами муҳим таъсир кўрсатади. Шунинг учун пигментланган лок-бўёқ системаларида унинг оптик ёки рангли характеристикалари ва пигмент заррачаларнинг диаметри орасидаги ўзаро боғланишга асосланган зарралар ўлчамини назорат қилишнинг билвосита услубларидан фойдаланилади.

23.8-расмда эмаллар олиш учун пигментли суспензияларни дисперсиллаш жараёнини назорат қилиш ва ростлаш схемаси келтирилган. Сақлагич идиш *1* дан олинган суюқ хомаш (плёнка ҳосил қилувчи) ва бункер *2* дан олинган пигмент аралаштиргич — дисольвер *5* да дозаторлар *3* ва *4* билан юкланади. Пигментли паста («қоришма») дисольвер *5* дан сўнг на



23.8-расм. Пигментли лок-бўёқ суспензияларни дисперсиялаш жараёнини автоматлаштириш схемаси.

сос *6* ёрдамида иккита кетма-кет ишловчи бисерли тегирмон *7* ва *8* ларга йўлланади.

Зарраларнинг дисперслиги ва пигментли суспензияларнинг физик-кимёвий ҳамда рангга оид характеристикалари орасидаги аниқланган ўзаро боғланишлардан келиб чиқиб, асосий назорат қилинувчи параметрлар сифатида қовушоқлик ва пигментли суспензияларнинг аксланиш коэффициентлари танланган.

Автоматик ростлаш системасининг иши кўп жиҳатдан дарҳол рангли эмаль ишлаб чиқарилишига (яъни дисельверда мазкур рангли эмалга кирувчи ҳамма пигментлар кейинчалик кўп пигментли суспензияларнинг бисерли тегирмонларда дисперсияланиши билан аралашуви рўй берадими) ёки бир пигментли эмаль ишлаб чиқарилишига (яъни дивольверга битта пигмент, бисерли тегирмонларга эса бир пигментли суспензия келади) боғлиқ.

Биринчи ҳолда аралаштиргичга суспензияларни солишдан олдин пигмент қисмининг рецептурасини ЭҲМ ёрдамида ҳисоблаш ва дисольверга тушган пигментларни дозоторлар билан автоматик бошқариш керак. Плёнка ҳосил қилувчини тегишли дозатор орқали узатиш пигментларнинг ҳажмий концентрациясининг (ПҲК) берилган қийматига мувофиқ амалга оширилади.

Бир пигментли эмалларни ишлаб чиқаришда танланган ПҲК га мувофиқ плёнка ҳосил қилувчининг ҳам, пигментнинг ҳам узатилиши аниқланади, бунда аралашма рецептурасини ҳисоблашнинг зарурати бўлмайди. Пигмент ва смола ўртаси-

даги танланган нисбатни сақлаш иши пигментли пастанинг сольвер *5* дан кейинги қовушоқлик қийматига боғлиқ ҳо амалга оширилади. Шунга мувофиқ қовушоқ ростлагичи дозатор *3* ва *4* га топшириқни ўзгартиради ҳамда пигмен пастанинг биринчи бисерли тегирмон *7* га узатилишини бо қариш учун насос *6* га илгариловчи импульсни шакллантира чунки пастада дисольверлардан сўнг пигмент ҳажмий конце рациясининг ўзгариши бисерли тегирмондаги майдалану жисмлар ва пигмент заррачаларнинг фактик нисбатининг зилишига ва бинобарин, тегирмоннинг чиқишида пигмен заррачалар ўлчамларининг ўзгаришига олиб келади.

Биринчи бисерли тегирмон *7* дан иккинчиси *8* га маҳсу узатилишининг ўзгариши тегирмон *7* нинг чиқишда маҳсу қовушоқлигининг қиймати бўйича амалга оширилади, бу боғлиқ ҳолда қовушоқ ростлагичи *10* насос *11* га таъсир к сатади.

Тегирмон *7* нинг чиқишида заррачалар ўлчамларининг гариши пигментли суспензиянинг аксланиш коэффицие бўйича назорат қилинади, у пигментли суспензиянинг йўна шини (фильтрлашга ва қадоқлашга ёки иккинчи бисерли гирмон *8* га) аниқловчи уч йўлли клапанлар *13* ва *14* га а ланиш коэффициенти ростлагич *12* нинг таъсир кўрсати билан ростланади. Технологик схемага иккинчи биссерли тег моннинг уланиши биринчи тегирмоннинг чиқишида пайдо бў ётган пигмент заррачалар ўлчамларининг берилган ўлчамлар катта четлашишларини йўқотиш зарурлиги билан боғлиқ. Б да уч йўли клапанлар *13* ва *14* пигментли суспензиянинг икк чи тегирмонда пигментланган системанинг аксланиш коэф циентини датчик *15* ёрдамида қўшимча назорат қилиб, такро дисперсияланишини таъминлайди.

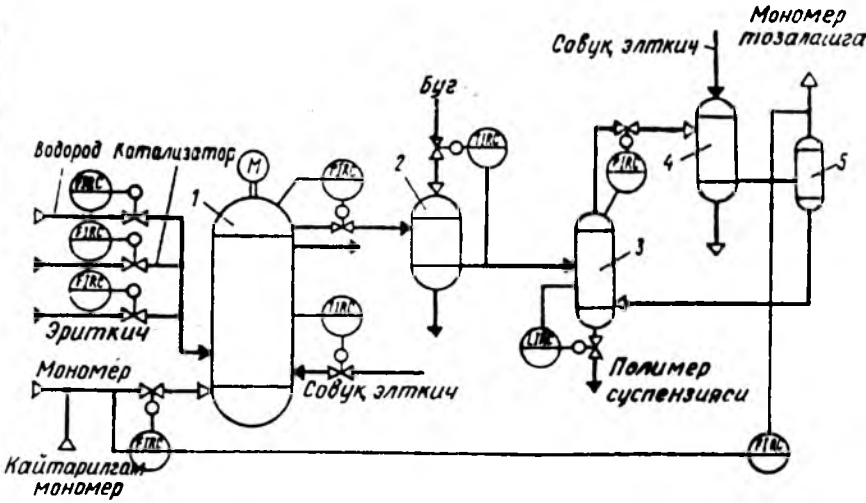
XXIII. 2.3. Пропиленни полимерлаш жараёнини автоматлаштириш

Пропилен реактор-полимеризатор *1* нинг пастки қисм тушади (23.9-расм). Шу ернинг ўзига инерт эриткич (ода бензин) ва катализатор берилади. Реакцион массанинг за даражада аралаштирилишини механик аралаштиргич ва су фаза орқали мономер барботажи таъминлайди.

Полимерлаш реакцияси натижасида полипропилен ҳо қилинади. Полипропилен маҳсулотининг асосий сифат кўр кичи олинаётган маҳсулотнинг механик ва физик хоссалар белгиловчи ўртача молекуляр масса ҳисобланади.

Реакция иссиқлигини реактор ғилофига ўтказиш учун вук элткич берилади.

Полимернинг ҳосил қилинган суспензияси таъсирни сез ган мономер билан бирга иситкич *2* орқали буғлаткич ка расн *3* га келади. Бу камерада эриган мономер суюқлиги



23.9-расм. Пропиленни полимерлаш жараёнини автоматлаштириш схемаси.

эриткичнинг бир қисми ажралади ва буғланади. Полимер суспензияси буғлатиш камерасининг пастки қисмидан олинади ва эриткичли ажратишга узатилади, буғ-газ аралашмаси эса совиткич *4* да совитилади ва сепаратор *5* га келади. Эриткич конденсати сепаратордан буғлатиш камераси *3* га қайтади, асосан мономердан иборат газ фазаси эса тозалаш учун йўлланади. Кейин мономер яна реактор *1* га қайтади.

Полимерлаш жараёнининг самарадорлиги кўрсаткичи мономернинг полимерга айланиш даражаси ҳисобланади. Уни берилган пайт ва берилган шароит учун максимал имконияти бўлган ўзгармас қийматда тутиб туриш лозим. Айланиш даражаси катализаторнинг характеристикасига, реактордаги температура ва босимга, эриткич ва мономер таркибига, эриткич, мономер сарфига ва молекуляр масса ростлагичига боғлиқ.

Катализаторнинг кимёвий таркиби ва компонентларининг нисбати, унинг реактордаги концентрацияси, сарфланиши ва тайёрлаш усули белгиловчи омиллар ҳисобланади. Полимерлаш жараёнини бошқаришда фақат катализатор сарфи мақсадга қаратилган ҳолда ўзгартирилади ёки барқарорлаштирилади. Бошқа параметрлар ўзгариши билан объектга ғалаёнланишлар киради.

Реакция зонасидаги температура муҳим параметр ҳисобланади. Температура 1°С га кўтарилганда пропиленнинг полимерланиш тезлиги 6% га ортади. Температуранинг юқори чегараси катализаторнинг иш қобилиятига кўра белгиланади. Температура ҳаддан ташқари орттирилганда полимерлаш жараёнининг тезлиги критик қийматгача ошиши мумкин ва бунда авария юз беради. Шунинг учун температурани критик

қийматга яқин қатъий аниқ қийматда сақлаш лозим, бун ростловчи таъсир реактор ғилофига узатилаётган совуқ элт сарфини ўзгартириш билан эришилади.

Мономер, эриткич ва молекуляр масса ростлагичи таркиб нинг ўзгариши билан объектда ғалаёнланишлар вужудга к либ, улар жараённинг кечишини анча ўзгартириши мумки Масалан, катализатор олтингугурт ва пропадиенанинг жу оз миқдорда ҳам қўшилишига жуда сезгир, баъзи моддал нинг мавжуд бўлиши эса реакцияни умуман тўхтатиб қўяд

Реактордаги босим суюқ фазада мономер ва водороднн эрувчанлигига таъсир қилади, яъни реакцион массадаги ула нинг концентрациясига таъсир қилади. Ундан ташқари, г фаза реакторларда босим эриткичнинг қайнаш температур сини белгилаб беради. Шунинг учун босимни реакция ма сулоти — полимер суспензияси сарфини ўргартириб барқаро лаштириш лозим.

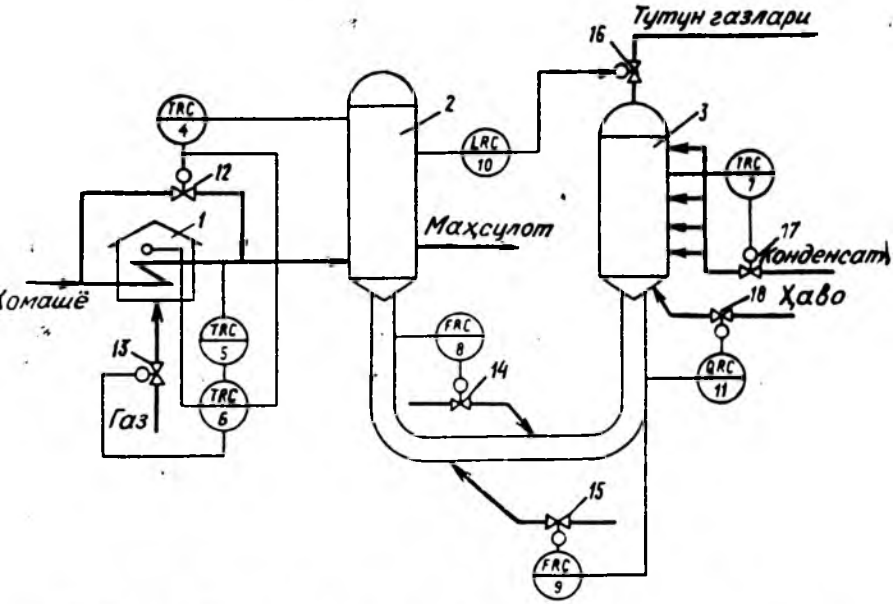
Мономер, катализатор, эриткич ва молекуляр масса ро лагичнинг сарфи мономернинг полимерга айланиш дараж сига бошқа параметрларига қараганда камроқ даражада та сир қилади. Уларни барқарорлаштириш ва шу билан бу к наллар бўйича кучли ғалаёнланишларни йўқотиш мумкин, ё ростловчи таъсирлар киритиш мақсадида ўзгартириш мумкн

Одатда эриткич, молекуляр масса ростлагичи ва катализ тор сарфи барқарорлаштирилади. Мономер сарфи шунд тарзда ўзгартириладики, бунда таъсир сезмаган мономер ми дорини мазкур шароит учун минимал мумкин бўлган тарз ўзгармас сақланади. Таъсир сезмаган мономер миқдори аниқлаш учун сепаратордан кейин сарф датчиги ўрнатилад Ростлашнинг мазкур бўғини икки контурли система ёрдами амалга оширилади, унда асосий ростлагич таъсир сезмаг мономер сарфини ростловчи ҳисобланади, ёрдамчи ростлаг эса реакторга узатилаётган мономер сарфини ростлагич ҳ собланади.

Схемада, шунингдек, иситкичга берилаётган буғ сарфи ўзгартириш билан суспензиянинг иситкич *2* дан кейинги те пературасини ростлаш кўзда тутилган. Бу мономерни сув фазадан тўлиқ ажратиш учун зарурдир. Моддий баланси қувватлаш учун буғлатиш камераси *3* даги суспензия сатҳи б ландлиги ва босим ростланади.

XXIII. 2.4. Каталитик крекинг жараёнини автоматлаштириш

Дистиллат ва қолдиқ хомашёнинг ҳар хил турларининг к талитик крекинги юқори октанли бензинлар ва юқори кон центрацияли пропан-пропилен ҳамда бутан-бутелен фракция газ олиш учун мўлжалланган жараён 420—550°С темпера рада ва 0,1—0,2 МПа босимда алюмосиликатли, цеолити бў ган ва бошқа катализаторларда кечади. Каталитик крекин



23.10-расм. Каталитик крекинг жараёнини автоматлаштириш схемаси.

ни ўрнатишнинг асосий бўғини реактор — регенераторли блок ҳисобланади. Каталитик крекинг қурилмаси реакторли — регенераторли блокини автоматик системасининг функционал (ишлаш) схемаси 23.10-расма тасвирланган. Система блокнинг учта энг муҳим агрегатлари — иситиш печи *1*, реактор *2* ва регенератор *3* нинг ишини ифодаловчи ўзгарувчи параметрларнинг автоматик барқарорлашувини кўзда тутади.

Ростлаш системаси қуйидаги ўзгарувчи жараённинг барқарорлашишини таъминловчи бир қатор ўзаро боғлиқ контурлардан иборат: иситиш печида хомашёни иситиш температураси, реакторда қайнаётган қатлам сатҳи, реактордан чиқаётган коксланган катализатор сарфи, регенератордан чиқувчи регенерацияланган катализатор сарфи, реакторда ва регенераторда қайнаётган қатламнинг температураси, регенератордан чиқаётган катализаторнинг коксланганлиги. Автоматик ростлаш нуқтаи назаридан қараб чиқиладиган реактор ва регенератор мусбат тескари алоқаси бўлган кўп боғланишли объектни ифодалайди. Бунинг сабаби шундаки, реактордан чиқишда регенаторда ҳаво ортиқча бўлганда катализатордаги кокс миқдорининг ортиши регенераторда қайнаётган қатлам температурасини орттиради ва бинобарин, реакторда қайнаётган қатлам температурасини ўстиради. Бунда хом ашёнинг парчаланиш даражаси ортади ва катализаторнинг кейинги коксланиши рўй беради. Шундай қилиб, реактор-регенератор системаси ўзгарувчанлик анъанасига эга. Ростлаш объекти-

нинг айтиб ўтилган хусусияти фақат унинг иссиқлик режи
гагина хос бўлмай, балки гидродинамик режимига ҳам хос
Қуйида реактор-регенератор блокини автоматик ростл
системасининг тавсифи келтирилган. Хомашёни иситиш т
пературасини автоматик ростлаш каскад схема бўйича ам
га оширилади, шу билан бирга печнинг ағдариш зонаси тем
ратураси оралиқ координата бўлиб хизмат қилади. Бошқар
чи таъсир сифатида печда ёнилғи газининг сарфидан фой
ланилади. Ростлашнинг бу контури ростловчи клапан *13*
таъсир қилувчи температура ростлагичи *6* ёрдамида ама
оширилган.

Печнинг чиқишида хомашёни иситиш температураси ро
лагич *5* билан барқарорлашади, ростлагичнинг чиқиш сигна
ростлагич *6* га топшириқ беради. Хомашёни иситиш темпе
турасини барқарорлаштириш учун каскадли АРС нинг қўл
нилиши мақсадга мувофиқдир, чунки асосий ғалаёнланишл
(масалан, ёнилғи газ линиясида босимнинг ўзгариши) сис
мага ростловчи орган томонидан таъсир қилади. Бошқа
жиҳати шундаки, «ёнилғи газининг сарфи — печнинг ағдар
зонаси температураси» коналининг инерционлиги —«ёнилғи
зи сарфи — хомашёни иситиш температураси» каналин
инерционлигидан анча кичик.

Реактор режимини автоматик ростлашнинг боғланган сис
маси реактордаги температура ва қайнаётган қатламнинг с
ҳини, шунингдек катализаторнинг реактордан регенерато
сарфланишини барқарорлаштиришни кўзда тутади. Реак
2 даги температурани ростлаш печдан ўтмасдан байпас
қали совуқ хомашё сарфини ўзгартирувчи ростловчи *12* к
панга таъсир қилувчи температура ростлагичи *4* ёрдамида ам
га оширилди. Сатҳ ростлагичи клапан *16* ёрдамида регенера
3 дан чиқадиган тутун газлари сарфини ўзгартирувчи сатҳ
ландлиги ростлагичи *10* орқали ростланади. Реактордан р
нераторга катализатор сарфи ростлагич *8* ёрдамида ростло
клапан *14* га таъсир қилиш йўли билан ростланади.

Қайнаётган қатлам температурасини ростлаш жараён
байпас ва бинобарин, печь орқали хомашё сарфи ўзгаради. Ш
нинг учун хомашё температурасини АРС ида ғалаёнланишл
вужудга келади. Печнинг температура режимини барқар
лаштириш ва хомашёни иситиш температурасини АРСин
сифат кўрсаткичларини яхшилаш учун системада температу
ростлагичи *6* учун температура ростлагичи *4* дан топшириш
ўзгартириш кўзда тутилган бўлиб, бунда у совуқ хомашё б
пасида ростловчи клапаннинг ҳолати ўзгарганда печга ке
ётган ёнилғи газининг сарфини ўзгартиради.

Регенератор технологик режимининг АРС қуйидагила
таъминлайди: регенераторнинг совитувчи змеевикларига к
денсат беришни ростловчи клапан *17* га таъсир қилувчи т
пература ростлагичи *7* ёрдамида регенераторда температур
барқарорлаштириш; регенераторга ҳаво берувчи ростловчи к

пан *18* га таъсир қилувчи ростлагич *11* ёрдамида регенератордан чиқаётган катализаторнинг кокслланганлигини барқарорлаштириш; ташилувчи агентни узатишни ростловчи клапан *15* га таъсир қилувчи ростлагич *9* ёрдамида регенератордан реакторга катализатор сарфини барқарорлаштириш.

XXIII. 2.5. Шина ва резинали техник буюмларни ишлаб чиқаришни автоматлаштириш

XXIII. 2.5.1. Резина қоришмаларини тайёрлаш жараёнини автоматлаштириш

Автомобиль шиналарини ишлаб чиқаришда асосий ярим фабрикат резинали аралашмалар бўлиб, улар турли хил ингредиентлардан (каучук, олтингугурт, руҳ оксиди, стеарин, техник углерод, конифоль, тошкўмир смоласи, каолин ва бошқалардан) тайёрланади. Кўпчилик ингредиентлар дастлабки ишловдан ўтади: қирқилади, қуритилади, майдаланади, эланади, эритилади, фильтрланади ва ҳоказо. Бу ишлар ташиш (завод бўйича), дозалаш, аралаштиришдаги нормал шароитни таъминлаш учун зарур.

Аралаштириш бўлимида ингредиентлар дозаланади ва маълум вақтда резина қорғичга (аралаштиргичга) узатилади. Тайёр резина қоришмаси протектор ва автокамера агрегатларига, каландрларга, аралашмалар омборига тушади.

Тайёрлаш-йиғиш операцияларига бичиш ва кордни сквирживлаш, браслетлар, қанотлар тайёрлаш, покришкалар йиғиш киради.

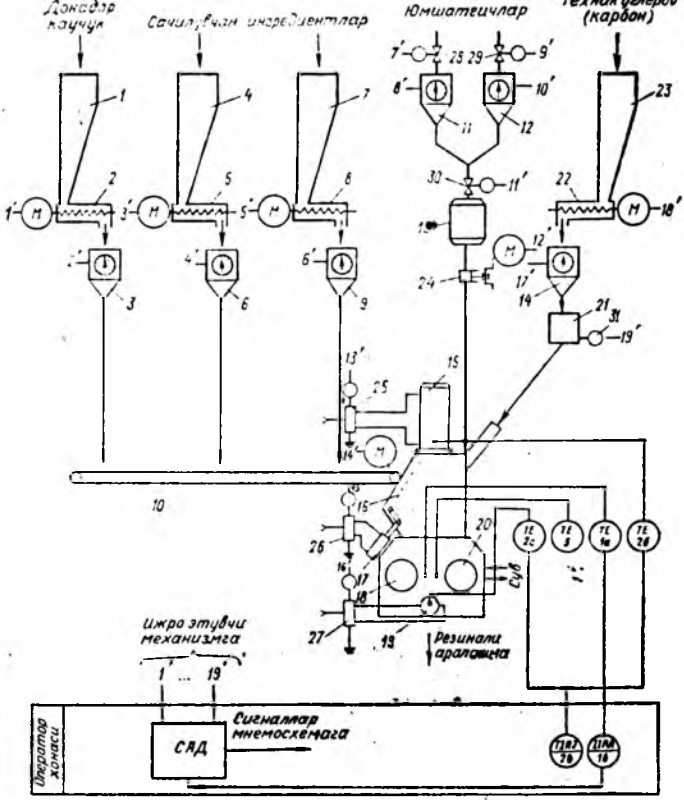
Покришкалар ва камералар тайёрлаш жараёнларида якуний операция — вулканизация ҳисобланади, бу жараён вақтида буюмларнинг шакли мустаҳкамланади ва уларга зарур хоссалар берилади. Бу операциянинг моҳияти шундан иборатки, бунда резина қоришмаси маълум вақт давомида махсус аппаратларда турли хилдаги вулканизаторларда 30—160°С гача қиздирилади.

Покришкалар вулканизациядан сўнг балансировка қилинади ва пардозланади, кейин тайёр маҳсулот — шина олиш учун камера билан комплектлашга жўнатилади.

Резинали техник буюмларни ишлаб чиқаришдаги каби шина ишлаб чиқаришда ҳам автоматлаштиришдаги қийинчиликлар технологик жараёнларнинг дискрет структурасига, моддий оқимларнинг турли-туманлигига, кўпгина параметрларни ўлчаш ва ростлаш учун ишончли автоматик қурилмаларнинг йўқлигига боғлиқ. Бироқ бунга қарамай, ҳозир кўпгина операциялар ва технологик жараёнлар юқори даражада автоматлаштирилмоқда (масалан, вулканизация жараёни).

Қуйида резина қоришмаларни тайёрлашнинг технологик жараёнини автоматлаштириш схемаси қараб чиқилган.

Қоришмалар жўваларда ва резинақорғичларда тайёрланиши мумкин. Аралаштиришнинг юқори сифатли бўлиши резина қорғичларда таъминланади (23.11-расм). Резинақоргичнинг



23.11-расм. Резина қоришмаларини тайёрлаш жараёнини автоматлаштириш схемаси:

1, 4, 7, 23 — бункерлар; *2, 5, 8, 22* — шнекли таъминлагичлар; *3, 6, 9, 11, 12, 14* — автоматик тарозилар; *10* — транспортер; *13, 21* — идишлар; *15* — юқори затворнинг вертикал цилиндри; *16* — тўсиқ (заслонка); *17* — тўсиқ билан бошқариш пневматик цилиндри; *18, 20* — роторлар; *19* — пастки затворнинг горизонтал цилиндри; *24*— поршенли насос; *25*— *37*— ҳаво тақсимловчи клапанлар; *28* — *30* — электр билан бошқарилувчи клапанлар; *31* — *21* — идишни бўшатиш учун юриткич; *32* — бошқарилувчи система.

қориш камерасида мураккаб шаклли иккита ротор (*18* ва *20*) бир-бирига қарши айланади. Камеранинг юқорисида юклаш дарчаси (ингредиентлар учун) мавжуд бўлиб, у юқориги затвор билан беркитилади. Затвор вертикал цилиндр *15* да силжувчи ва юқори затвор билан шток орқали боғланган поршень таъсирида амалга оширилади. Резина қоришмани чиқариб олиш учун камеранинг пастки қисмида иккинчи дарча кўзда тутилган бўлиб, у иш вақтида пастки затвор билан ёпилади. Бу затвор юқоридан горизонтал пневматик цилиндр *19* да маҳкамланган бўлиб, унинг ўзи затвор ишини бошқаради.

Ингредиентлар поршенли затвор билан бошқарилувчи тўсиғи (қопқоғи) *16* орқага очиладиган юклаш дарчасига келиб

тушади. Аралаштириш камераси деворлари, роторлар ва затворлар сув билан совитилади.

Юқори сифатли резина қоришмаси олиш учун аралаштириш (қориш) камерасига ҳамма ингредиентларни киритиш кетма-кетлигига ва аралаштириш тўла циклининг давомийлигига қатъий амал қилиш, шунингдек камерада ўзгармас температурани таъминлаш зарур. Жараённи вақт бўйича бошқаришни буйруқ берувчи асбоб ёки махсус автоматик система амалга оширади. Вертикал ва горизонтал цилиндрларга, шунингдек юклатиш эшигининг поршенли юритмасига ҳаво мембранали ёки электромагнитли юритмаси бўлган ҳаво тақсимловчи клапан ёрдамида узатилади. /

Резина қоришмасининг температурасини назорат қилиш учун қориш камерасининг четки деворида, шунингдек затворларда термоэлектрик ўзгарткичлар *1а*, *3*, *2а*, *2б* (ўзгарткич *3*— заҳирада) ўрнатилади. Совитувчи сув сарфи резина қоришмаси температурасини ростлашда катта кечикишлар бўлиши ва аралаштириш циклининг кам давом этиши туфайли одатда даврий равишда, қўлда (вентиллар ёрдамида) ўзгартирилади. Мўлжалланган вақт ўтгандан сўнг пастки затвор очилади ва резина қоришмаси чиқариб олинади. Агар аралаштириш жараёнида камерадаги температура критик қийматига етса, қоришманинг бузилишининг олдини олиш учун асбоб *16* қоришмани чиқариб ортишга буйруқ беради.

Затворларнинг ва юкланиш воронкаси эшигининг чегара ҳолатлари мнемосхемада лампалар ёрдамида сигнал беради.

Ингредиентларни тортиш ва резинақорғичларнинг ишини бошқаришнинг автоматик системалари кенг қўлланилмоқда. Резина аралашмасини тайёрлашнинг оқим тизмаси қуйидаги тарзда ишлайди (23.11-расмга қаранг). Каучуклар ва сочилувчи ингредиентлар *4, 7, 23* бункерларда сақланади, у ердан программавий қурилма буйруқлари бўйича винтсимон ёки виброшнекли таъминлагичлар *2, 5, 8, 22* ёрамида автоматик тарози *3, 6. 9, 14* га қўйилади. Юмшаткичлар тарози *11* ва *12* га умумий циркуляцион системадан электр бошқарувчи клапанлар *28, 29* орқали келади. Тортишнинг катта аниқликда бўлиши учун винтсимон сингдиргичлар тортишнинг охирида тарозини кичик тезликда юклашни таъминловчи икки тезликли юритма билан таъминланган.

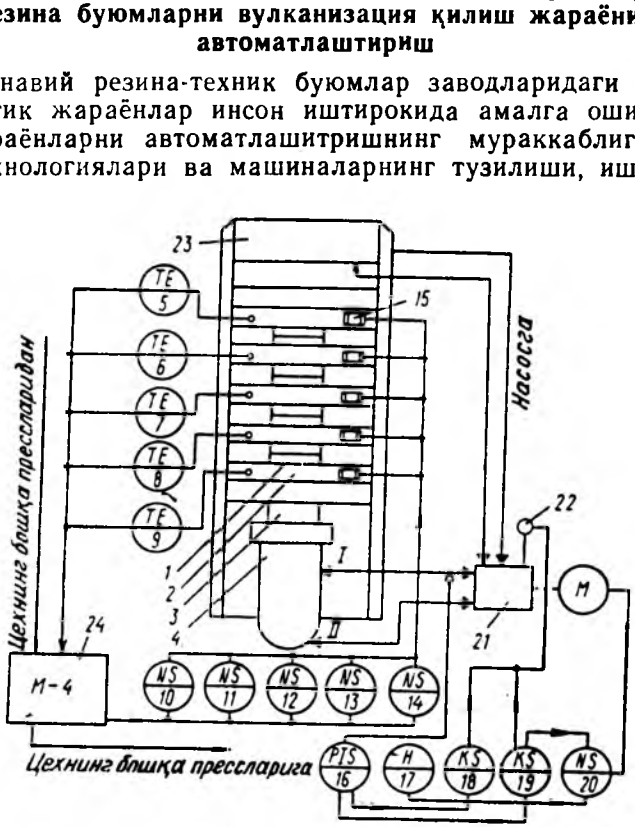
Тарозилардаги юк транспортёр *10* га (яна программавий қурилма буйруқилари асосида), ёки йиғма (юкланиш) идишлари *13, 21* га ортилади.

Автоматик дозалаш системалари аралашмалар компонентларини автоматик тортиш жараёнларини программавий бошқаришни таъминлайди; автоматик дозалашга ярамайдиган компонентларни ярим автоматик тортиш жараёнини программавий бошқаришни; ҳар бир ингредиентнинг берилган массасини автоматик назорат қилишни (0,2% гача аниқликда); аралашма компонентларини навбатдаги тортишдан олдин ҳар бир

торозидаги идишларнинг бандлигини автоматик назорат қ
лишни, эркин тушаётган материалнинг массасини компенс
ция қилган ҳолда тарози — дозаторларни автоматик бошқ
ришни; аралашманинг берилган рецептурасига мос равиш
материални автоматик танлашни, бир тезликли ва икки те
ликли сингдиргичларни бошқаришни, тортиш циклини
(ҳамма тарозилар бўйича) давомийлигини автоматик назор
қилишни, резинааралаштиргичларни автоматик бўшатиш
(резина қориш камерасидаги вақт ёки температура бўйич
таъминлайди.

XXIII. 2.5.2. Электр билан иситиладиган прессларда резина буюмларни вулканизация қилиш жараёнини автоматлаштириш

Замонавий резина-техник буюмлар заводларидаги кўпги
технологик жараёнлар инсон иштирокида амалга оширилад
Бу жараёнларни автоматлашитришнинг мураккаблиги ула
нинг технологиялари ва машиналарнинг тузилиши, ишлаб ч



23.12- расм. Электр билан иситиладиган прессларда резина буюмларни вулканизация қилиш жараёнини автоматлаштириш схемаси:

1 — вулканизация формаси; *2* — плита; *3* — плунжер; *4* — ғош гидравлик цилиндр; *5 — 9* — термоэлектрик ўзгарткичлар; *10, 14, 20*— магнитли ишга туширгичлар: *15* — электр иситигич; *16* — контактли манометр; *17* — кнопкали узгич; *18* — вақт релеси; *19*— буғруқ берувчи асбоб (КЭП — 12у, УПУ ёки бошқа); *21* — мой сосимли қурилма; *22* — электромагниг; *23* — мой идиш; *24* — автоматик қайд этиш, ростлаш ва сигнал бериш машинаси (МЦКР); *I* — мой ғош гидроцилиндрга (гидроцилиндрдан); *II* — мой кичик цилиндрга (цилиндрдан).

қаришнинг дискрет даврийлиги, бир қатор параметрларни назорат қилиш ва ростлашнинг ишончли асбоблари йўқлиги, ишлаб чиқаришнинг турли-туманлигига боғлиқ. Қуйида электр билан иситиладиган прессларда резина буюмларни вулканизация жараёнини автоматлаштириш схемаси келтирилган.

23.12-расмда плиталари электр билан иситиладиган вулканизацион прессни автоматлаштиришнинг функционал схемаси кўрсатилган. Бу ерда индивидуал мой босимли қурилма *21* дан фойдаланилган. Цикл бошида (барча формалар қайта зарядлангандан сўнг) кнопкали узгич *17* босилади, бунда мой насосининг двигатели М уланади (магнитли юргизгич *20* орқали). Мой плиталарнинг силжиш тезлигини пасайтирувчи дроссель орқали кичик гидроцилиндрга кира бошлайди, унинг ичида кичик пружина бор (дроссель, кичик гидроцилиндр ва кичик плунжер расмда кўрсатилмаган). Бу гидроцилиндр бош гидравлик цилиндр *4* нинг ичида жойлашган ва плиталарнинг бирлашишини тезлаштириш учун хизмат қилади ҳамда уларнинг пировард бирлашишида кучли зарб бўлишининг олдини олади. Плиталар тўлиқ бирлашганда босим тизмасида (мой насосидан кейин) босим кучи орта бошлайди ва мой насосининг мойни бош гидравлик цилиндрга узатилишига автоматик уланади. Бунда буюмлар пировард шаклга келиши таъминланади. Бош гидроцилиндрда босимнинг қиймати прессласш даражасига етган пайтда электроконтакт манометр *16* подпресовка *18* нинг вақт релесини улайди ва электромагнит *22* га таъсир кўрсатиб, гидроцилиндрларнинг тўкиш тизмаси (мой баки *23*) билан бирлашишини таъминлайди. Бунда вулканизация пресси столи пастга тушади, плиталар эса ажралади.

Белгиланган вақт ўтгандан сўнг реле *18* насоснинг мойни гидравлик цилиндрларга узатишга уланишини таъминлайди, ва прессплиталари яна бирлашади. Босим прессласш даражасига етганда электроконтактли манометр команда (буйруқ) берувчи асбобни улайди, у цикл охирида электромагнит *22* га таъсир кўрсатиб гидроцилиндрларни мой баки билан улайди, прессплиталари ажралади ва улар қайта зарядланади.

Плиталарнинг температураси автоматик қайд этиш, ростлаш ва сигнал бериш машиналари (МЦКР) ёрдамида электр иситкичларни улаш ва узатиш билан ростланади.

XXIV боб. ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

XXIV. 1-§. Нон ёпиш ва макарон ишлаб чиқаришни автоматлаштириш.

XXIV. 1.1. Нон ёпиш жараёнини автоматлаштириш

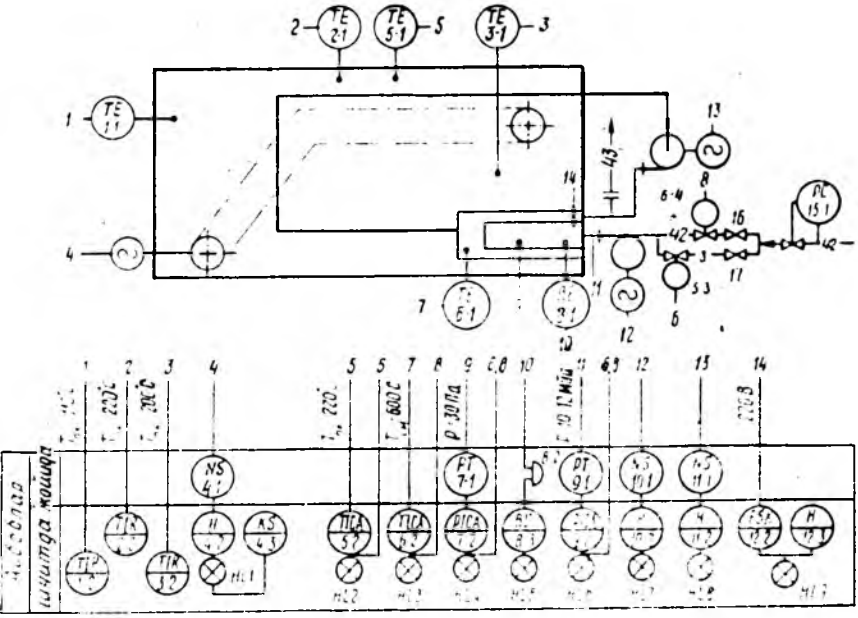
Нон ёпиш иссиқлик ва намлик таъсирида кечади ва нон тайёрлаш ишлаб чиқариш циклининг якуний босқичи ҳисобланади. Хамир ичида, шунингдек унинг сиртида физик, кол-

лоид, микробиологик ва биокимёвий жараёнларнинг муракк
мажмуаси вужудга келади, улар натижасида у тайёр маҳс
лотга айланади.

Ёпиш даврида хамирда юз берадиган жараёнлар одат
ностационар характерга эга. Автоматлаштириш объектни
ўзи — ёпиш жараёни — параметрлари тақсимланган ночизиқ
объектдан иборат бўлади. Хамирда жараёнларнинг кечи
тезлиги тегишли қатламдаги температуранинг ўзгариш тезлиг
га боғлиқ. Пиширпш камерасидаги хамир гидротермик ишло
нинг турли хил босқичларини ўтади, унга ҳўллаш, нурлани
конвекция ва иссиқлик ўтказиш билан иссиқлик алмаш
операциялари киради. Ёпиш камерасида иссиқлик ва мас
алмашиш билан белгиланадиган нонпинг асосий сифат кў
саткичлари: нонпинг ҳажми ва шакли, нон сиртининг қали
лиги, ранги ва ялтироқлиги, шунингдек ҳиди ва таъми ҳисс
ланади. Нонпинг ҳажми ва шаклига таъсир кўрсатадиг
асосий омилларга нонпинг намланиш зонасида гидротерм
ишлов бериш жараёнининг параметрлари киритилади, ёпи
камерасидаги муҳитпинг температураси ва намлиги, шуни
дек, хамирнинг структура-механик хоссалари ва ёпиш да
мийлиги.

Нон ёпиш теплотехник, транспорт — механик хоссала
комплексидан шунингдек, жараённинг асосий параметрлар
ни автоматик ростлаш воситалари билан таъминланган зам
навий печларда амалга оширилади. Нон ёпиш саноатида газ
суюқ ёнилғидан ёниш маҳсулотларини рециркуляция қил
ишловчи нон ёпиш печларидан фойдаланилади. Бундай пе
ларнпг иссиқлик инерцияси кам, энергияни кам истеъм
қилади.

РЗ-ХПА печь агрегатини (2.1-расм) автоматлаштириш сх
темаси қуйидаги вазифаларни бажаради: печнинг асосий қи
мида (1—22 намланиш зоносида), нон ёпиш камерасининг б
ринчи (*2—2*) ва иккинчи (*3—2*) зоналарида хромель-копел
термоэлектрик ўзгарткичлар *1—1*, *2—1*, *3—1* билан комплек
даги милливольтметр — *1—2*, *2—2*, *3—2* лар ёрдамида темпер
турани ўлчаш; нон ёпиш камерасида (*5—2*) муҳит темпер
турасини икки позицияли ростлаш; ёқиладиган ва рециркул
ацион газлар аралшамаси темпертурасининг ортиб кетиши
автоматик ростлаш; алангани датчик *8—1* ҳамда асбоб *3* б
лан биргаликда автоматик назорат қилиш; горелка вентил
торидаги ҳаво босимини назорат қилиш ва ростлаш; печ
(*12—2*) автоматик ўт олдириш; ўтхонада сийракланишни н
кууметр *7—2* билан назорат қилиш; газопроводдаги газ б
симини бевосита таъсир қилувчи ростлагич *5—1* билан ро
лаш; печь конвейерининг узлукли ҳаракатини магнит
юргизгич *4—1* ва вақт релеси *4—3* ёрдамида автоматик бо
қарув шчитида ўрнатилган кнопкали станция *4—2* ёрдами
ишга тушириш ва авария ҳолларида тўхтатиш, хавфсизлик
таъминлаш, *HL7* вентиляторнинг, *HL8* рециркуляцион тут



24.1-расм. РЗ-ХПА печь агрегатининг автоматлаштириш схемаси.

тортгичнинг, *HL1* конвейернинг авария режимининг ёруғлик ва товуш сигнализацияси (*8—2* ва *HL5*).

Нон ёпиш камерасининг иссиқлик режимини автоматик бошқариш системасининг ишланишда, агар нон ёпиш камерасидаги муҳитнинг температураси (термоэлектрик ўзгарткич *5—1*) берилгандан кам бўлса, клапанлар *5—3* ва *6—4* нинг ростлаш органлари очиқ бўлиб, горелкага кўпроқ газ киради, натижада «катта аланга» пайдо бўлади. Шу билан бир вақтда автоматлаштиришнинг релели схемаси ижро этувчи механизм ёрдамида ўчоққа ҳаво беришни орттиришни таъминлайди. Нон ёпиш камерасида берилган температурага эришилганда ёки у ортиб кетганда релели схема клапан *5—3* нинг беркилишини ва ўчоққа ҳаво узатилишини тўхтатади.

Бунда фақат клапан *6—4* очиқ бўлиб, ўчоққа газ сарфи камаяди, бу «кичик аланга» режимига мос келади. Вентиллар *16* ва *17* ни олдиндан созлаб қўйиш, клапанлар 5—3 ва *6—4* орқали газ ҳисобдагидек чиқишини таъминлайди. «Кичик аланга» режимида ишлаш нон ёпиш камерасидаги муҳит температурасининг аста-секин пасайишига олиб келади. Муҳит температураси берилгандан камайганда, релели схеманинг ишлаб кетиши натижасида клапан *5—3* очилади ва горелка «катта аланга» режимида ишлашга ўтади. Ростловчи милливольтметрнинг релели схема билан биргаликда қўлланилиши печь

температура режимини икки позицияли автоматик ростлаги таъминлайди. Клапанлар *5—3* **ва** *6—4* нинг очилиши би *HL2* ва *HL3* сигнал лампалари уланади.

Печнинг талаб қилинган ишончлилиги ва хавфсизлиги таъминлаш учун қуйидаги блокировка (ростлаш) ва ҳи турлари кўзда тутилган: печь каналларини тез куйиши (температураси 600°С дан кўп) ҳимоя қилиш учун ёндирил чи ва рециркуляцион газлар аралашмаси температурасин ортишини автоматик ростлаш; газ аралашмалари темпера раси 600°С дан кўпроқ кўтарилганда клапанлар *5—3* ва *6—4* ёпиш йўли билан горелкани ўчириш; аралаштириш каме сида ёниш маҳсулотлари температураси 600°С юқорига кў рилганда, ёниш камерасида сийракланиш 10 КПа дан пасайг да, аланга ўчганда ёки у горелкага ўтиб кетганда, горел вентиляторида босим бўлмаганда горелка автоматик ўчи лади.

Автоматик хавфсизлик системаси печни қуйидаги кетма-к ликда автоматик ёндиришни кўзда тутади: печни ишга туш риш олдидан 1—2 мин давомида газ ўтиш йўлларини ҳа бериб тозалаш, ёнилғи узатишни улаш; ўт олдириш электр лари *14* ёрдамида ёнилғини аланга олдириш, электродла юқори кучланишни (10—15 минг В) ўт олдириш трансформ тори *12—2* беради; ўтхонани, кичик алангга режимида 1- мин қиздириш, ёнилғи берилгандан кейин 15 с давомида ала га бўлмаганда горелкани ўчириш.

Конвейер ҳаракатини автоматлаштириш, назорат қилиш бошқариш, нон ёпиш камераси зоналари бўйича температура ўлчаш воситалари 1-бошқариш шчитида жойлашган. 2-бош риш шчитида ростлаш ва ҳавосизликни автоматлаштириш в ситалари жойлаштирилган.

XXIV. 1.2. Макаронни қуритиш жараёнини автоматлаштириш

Макарон саноатини автоматлаштиришда вужудга келадиг вазифалар нон ёпиш саноати олдида турган вазифаларга к жиҳатдан ўхшаш. Уларга ишлаб чиқаришнинг қуйидаги қис ларини автоматлаштиришни киритиш мумкин: унни қопс сақлаш, хамир қориш, зичлаш ва қолипга қўйиш; хом мак ронларни тайёрлаш, қирқиш, таҳлаш операциялари; макаро ларни қуритиш; макаронларни тайёрлашнинг охирги операц лари (тўплаш, стибиллаш, идишларга солиш, ташиш ва о борга қўйиш).

Макаронларни қуритиш жараёни энг узоқ давом этадиг ва жуда масъулиятли босқичдир. Макаронни қуритиш кўп ж ҳатдан маҳсулотнинг сифатини белгилаб берувчи иссиқлик масса алмашинуви ҳодисаларининг мураккаб мажмуаси била бирга кечади. Қуритиш жараёнида намликни йўқотган са макароннинг структура-механик хоссалари ўзгаради. Макар

эластиклик хоссасини йўқотиб, қаттиқ ва нозик жисм хоссасини эгаллайди.

АРС ишининг сифати қуритиш режимини белгилайди. Жумладан, юмшоқ режимда (паст температура ва қуритадиган ҳавонинг нисбий намлиги юқори бўлганда) узоқ вақт қуритиш макароннинг ачишига сабаб бўлади; шу билан бирга қуритишнинг жадаллаштирилиши (қаттиқ режим), айниқса охирги босқичда макароннинг ёрилиб кетишига ва майдаланиб кетишига олиб келади.

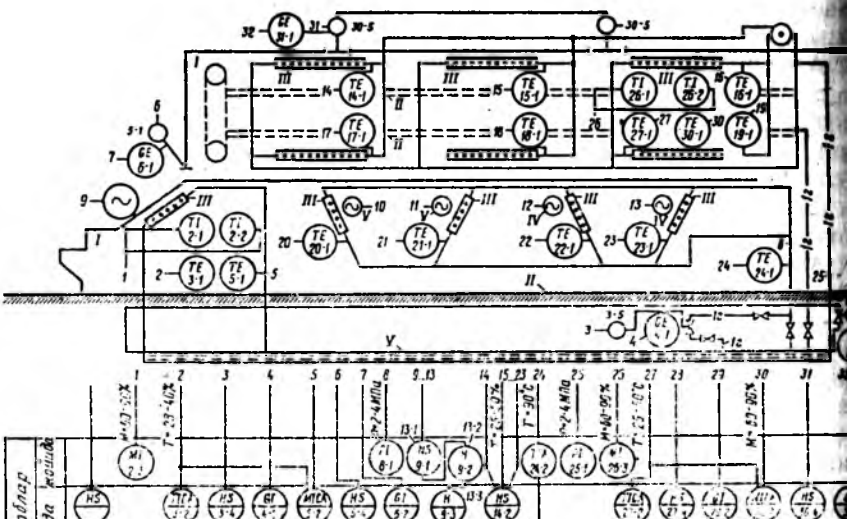
Макаронни қуритиш вақтини қисқартириш мақсадида ва шу билан бирга уларнинг чидамлилигини таъминлаш мақсадида жараён дастлабки ва пировард қуритиш жараёнларига бўлинади. Дастлабки қуритиш хом макароннинг эластиклигини сақлаган ҳолда (намлик тахминан 20% гача) намликни жадал пасайтириш билан ифодаланади. Пировард қуритиш қаттиқ материал хоссаларини эгаллаётган макарондан намликни секин-аста пасайтириш давридан иборат.

Макарон ишлаб чиқарувчи автоматик тизмалари бир қатор айрим технологик агрегатлардан, транспорт механизмларидан иборат бўлиб, юқори сифатли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришнинг барча босқичларини механизациялаш ва автоматлаштиришнинг юқори даражасини таъминлайди. Макаронлар кўпинча металл стерженларга — бостунларга осилган ҳолда қуритилади. Б6-ЛМВ автоматик тизими таркибида амалга оширилувчи дастлабки қуритиш даврини автоматлаштриш системаси 24.2-расмда келтирилган.

Дастлабки қуриткич конструктив жиҳатдан иккита қуритиш зонасини ташкил этувчи, девор билан икки қаватга бўлинган герметик ва иссиқликдан изоляцияланган тонелдан иборат. Биринчи (пастки) зонада битта транспортёр II бор, иккинчи (юқориги) зонада — иккита транспортёр бор. Қуриткичнинг пастки қисмида бўш бостунларни қайтариш учун транспортёр V жойлаштирилган. Қуритувчи ҳавони иситиш учун трубалардан ясалган калориферлар III, трубопроводлар, насослар ва ростловчи арматура фойдаланилади.

Иссиқ сув (80—90°С) биринчи зона иситиш системасига бевосита марказлаштирилган иссиқлик таъминоти тармоғидан узатилади. Иккинчи зона иситиш системасига, иссиқ сувдан ташқари, биринчи зонадан насос орқали ишлатилган иссиқ сув қисман узатилади.

Биринчи зонада вентиляциялаш жуфт-жуфт қилиб жойлаштирилган вентиляторлар IV ёрдамида амалга оширилади. Макарон қуриткичга кираверишда иккита вентилятор хонадаги ҳавони тортиб олиб, уни колориферлар орқали пуфлаб, ҳаво тўсиғи ҳосил қилади ва иссиқ ҳавони пастки зонага узатади. Тўрт жуфт вентилятор қуритувчи ҳавони колориферлар орқали пуркаш билан рециркуляцияни таъминлайди. Нам ҳавонинг бир қисми зонадан хонага чиқади. Қуритиш зоналарининг вентиляция системаси қуритувчи ҳавони қисман рецир-



24.2-расм. Б6-ЛМВ агрегатида макаронни қуритиш жараёнини автоматлашт
риш схемаси.

куляциясини таъминлайди: нам ҳаво хонадан келувчи анч
қуруқ ҳаво билан қисман аралашади ва бироз қисми хонага
чиқарилади.

Қуритишнинг берилган параметрлари — қуритувчи ҳаво
нинг температураси ва нисбий намлиги автоматик сақлаб ту
рилади. Автоматлаштириш системаси дастлабки қуриткичнин
қуйи ва юқори зоналарида ҳаво температураси ва намлигини
назорат қилади (2—3, 3—2, 5—2, 26—2, 3—2); қуриткич зо
налари бўйича иссиқ сувнинг босими ва температурасини на
зорат қилади (8—1, 24—2, 25—1); дастлабки қуритиш зонала
ри бўйича ҳавонинг температураси ва нисбий намлигини
ростлайди (3—2, 5—2, 27—2, 30—2); ростловчи органларнин
ҳолатини назорат қилади (4—2, 6—2, 28—2, 31—2); қуритки
ишининг ишчи ва авария режимларини сигнализация қилади

Қуриткичнинг АРСи иши қуритиш агенти (ҳаво)нинг пара
метрларини ўлчаш ва ростлашнинг психрометрик услублари
дан фойдаланишга асосланган, ҳавонинг температураси в
намлиги датчиклари дастлабки қуриткичнинг иккала зонасига
ўрнатилган. Температура датчиги сифатида қаршилик термо
ўзгарткичлари 3—1, 5—1, 27—1, 30—1 дан фойдаланилган
Ҳар бир жуфтнинг бири «ҳўл», иккинчиси «қуруқ» бўлади
Улар билан бир комплектда иккиламчи асбоблар сифатида
логометрлар 5—2, 30—2 хизмат қилади.

Автоматик ростлаш системаси қуритиш режимини «қуруқ

ва «ҳўл» термометрларнинг кўрсатишлари орасидаги талаб қилинган фарқни сақлаб туриш йўли билан таъминланади. Ҳаво температурасини ростлаш схемасида иссиқ сувнинг калориферда сарфланиши ростловчи параметр ҳисобланади, унинг ўзгариши қуриткичнинг юқори ва қуйи зоналарида клапанлар *3—5*, *27—5* ёрдамида амалга оширилади. Ҳаво намлигини ростлаш системасида қуритувчи ҳаво сарфи вентиляция системасида (*5—4*, *30—5*) қуруқ хонадаги аралашмада ҳисобланади.

Дастлабки қуриткичнинг калориферларининг чиқишида иссиқ сув температурасини назорат қилиш қаршилик термо ўзгарткичи *14—1÷23—1* ва логометр *14—3* ёрдамида амалга оширилади. Қуритувчи ҳавонинг температураси ва намлиги шишали техник кенгайиш термометрлари *2—1*, *2—2*, *26—1*, *26—2* ва психрометрлар *2—3*, *26—2* ёрдамида амалга оширилади.

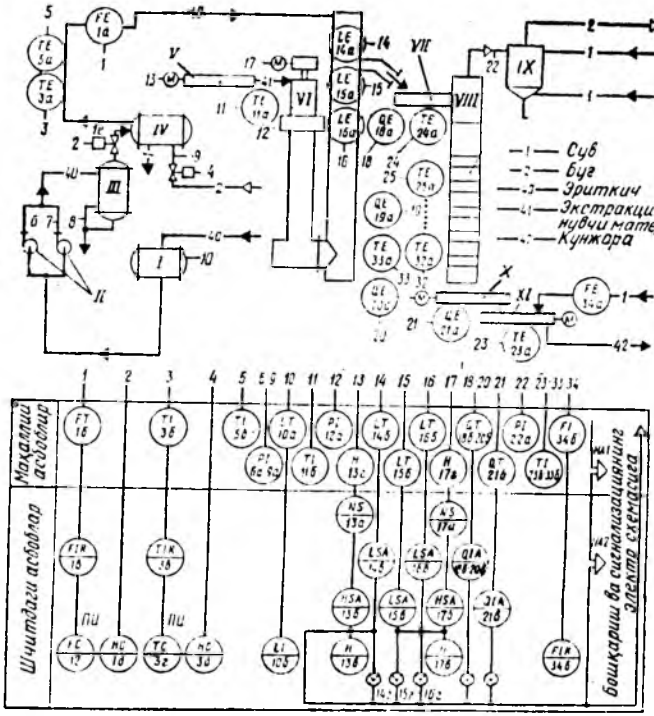
XXIV.2-§. ЕҒНИ ЭКСТРАКЦИЯЛАШ ВА КУНЖАРАДАН ЭРИТУВЧИНИ АЖРАТИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

Мой хомашёсидан ўсимлик ёғини олиш учун саноатда кетма-кет ёғсизлантириш усули билан узлуксиз экстракциялаш жуда кенг қўлланилмоқда. Бу усул эритувчининг ва экстракцияланувчи материални қарама-қарши йўналтириш принципига асосланган. Кетма-кет ёғсизлантириш усулининг қўлланилиш жараённи битта аппаратда олиб боришга, концентрацияланган мисцелла олишга, экстракциялашнинг давом этиш вақтини қисқартиришга, энергия сарфларини ва эриткич исрофини анча камайтиришга имкон беради. Узлуксиз экстракциялаш жараёни масалан, электракцияланувчи материални қарама-қарши оқимда ҳаракатланувчи эриткичга ботириш усули билан амалга оширилиши мумкин. Бундай турдаги экстректорларга НД-1250 вертикал шнекли экстракторлар киради.

Ботириш усули бўйича узлуксиз экстракциялашнинг технологик жараёнини 24.3-расм ифодалайди. Экстракцияланувчи материал транспортёр *V* воситасида экстрактор *VI* юклаш колоннасига узатилади, кейин юклаш камерасининг шнек билан экстракторнинг горизонтал шнекигача пастга узатилади. Горизонтал шнек материални экстракцион колоннага узатади, бу ерда ҳам у шнек ёрдамида эриткичнинг қарши оқими воситасида юқорига кўтарилади.

Эриткич идиши *I* дан насослар *II* ёрдамида эриткич бензосув ажраткич *III* орқали иссиқлик алмашгич *IV* га узатилади, у ерда иситилади ва экстракцион колоннанинг юқори қисмига келади.

Ёғсизлантирилган материал — кунжара (шрот) экстракцион колоннанинг юқори қисмида жойлашган чиқарувчи қурилма *VII* ёрдамида тостер *VIII* га узатилади, унда шротдан эриткич ҳайдилади. Эриткич ва сув буғлари скруббер *IX* орқали конденсаторларга келади, шрот эса чиқарувчи шнек *X* ёрдамида



24.3-расм. Экстрактор ва тостерни автоматлаштириш схемаси.

намловчи шнек *XI* ва пневмотранспортёр билан шрот элеватор
рига узатилади.

Экстракциялашнинг технологик жараёнини тахлил этиш шуни кўрсатадики, уни автоматлаштириш схемаси экстракторга берилаётган эриткичнинг сарфини ва температурасини автоматик ростлашни; экстракторнинг юкланиш колоннасида экстрактланувчи материал сатҳини ростлашни; экстракторнинг юкланиш оқимида эриткичнинг, экстракцияланувчи материалнинг, тостер чангларидан ва намловчи шнекдан чиқишдаги шротнинг, коллекторлардаги буғнинг температураларини автоматик назорат қилишни; экстракторнинг юкланиш колоннасининг юқори қисмида, скуббер газ йўлида сийракланишларни ростлашни; насослар ишлайдиган линияда, сув ажраткичда, эриткич иситкичига буғ узатиш линиясида босимларни назорат қилишни; иккиламчи эриткич бакидаги сатҳни назорат қилишни; эриткичнинг ҳаводаги ва шротдаги фоиз ҳисобидаги миқдорлари ҳақида автоматик сигнал беришни назарда тутиши керак.

Эриткич сарфини барқарорлаштиришнинг автоматик системаси ДКН турадаги диафрагма *1а* дан, 13 ДД11 туридаги дифманометр 1*б* дан, ПВ 10. 1Э туридаги иккиламчи асбоб *1в* дан,

унга бошқариш станцияси *1д* киритилган (схемада шартли равишда алоҳида кўрсатилган) ПРЗ—31 туридаги ростловчи блок *1г* дан ва 25 г 30 НЖ (В3) туридаги ростловчи мембрана клапани *1е* дан иборат бўлиб, бу клапан эриткичнинг идишга қайтиб тушиш линиясида ўрнатилган.

Система қуйидагича ишлайди. Иккиламчи асбоб *1а* га киритилган задатчик (топширгич) ёрдамида, эриткич сарфлашнинг берилган қиймати ўрнатилади. Режимлар алмашлаб улагич (переключатели) автоматик ростлаш ҳолатига ўтказилади. Сарфлашнинг берилган қийматига пропорционал пневматик сигнал ва дифмонометр *1б* ўлчаган сарфининг оний қийматига пропорционал пневматик сигнал ростлагич *1г* га келади. Бу сигналлар орасида мувозанат бузилганда ростлагич клапан *1е* ни очишга ёки ёпишга мос тегишли пневматик сигнални ишлаб чиқади.

Иккиламчи асбобга киритилган бошқариш станцияси клапанни қайта улагич ва дастаки топширгич ёрдамида масофадан туриб қўлда бошқариш имконини назарда тутади.

Эриткич температурасини автоматик барқарорлаштириш системаси термобаллон *3а* ли 13ТД73 туридаги манометрик термометр *3б* дан, ПВ 10 1Э туридаги иккиламчи асбоб *3в* дан, ПРЗ—31 туридаги ростловчи блок *3г* дан ва 25 ч 30 НЖ туридаги ростловчи мембрана клапани *3е* дан иборат.

Иккиламчи асбоб ростланувчи параметрни ёзиш ва катталигини кўрсатишни, шунингдек ростланувчи параметрнинг берилган қийматини кўрсатишни кўзда тутади. Асбоб ичига уланган бошқариш станцияси *3д* да топширгич бор, у ижрочи механизмни масофадан туриб қўлда бошқаришни таъминлайди ва масофадан туриб қўлда бошқаришдан автоматик бошқаришга ва аксинча силлиқ ўтишни таъминлайди.

Агар эриткичнинг температураси ғалаёнланиш таъсирида берилган қийматдан юқорига кўтарилса, у ҳолда трубопроводда иссиқлик алмашгичдан кейин ўрнатилган термобаллон бу ўзгаришларни қабул қилади ва манометрик термометрга ўрнатилган пневматик ўзгарткич уни пневмосигналга айлантиради, бу сигнал иккиламчи асбобга ва ростлагичга келади. Ростлагичда бу сигнал топширгичдан келадиган сигнал билан таққосланади ва мослик бўлмаганда ростлагич ростловчи клапанга таъсир кўрсатиб, уни ёпади ва иссиқлик алмашгичга узатилаётган иссиқлик узатишни иссиқлик алмаштиргичдан кейинги эритгич температураси берилган қийматга тенг бўлгунча камайтириб туради. Агар эриткич температурасининг пасайиши содир бўлса, ростлагич тескари томонга ишлайди.

Экстракторнинг юкланиш қолоннасидаги экстрактланувчи материал сатҳини барқарорлантиришнинг автоматик системаси МЭСУН—1В туридаги учта сигнализаторлар комплектидан иборат бўлиб, улар ёруғ ва товуш сигнализациялари системасига ва экстракторларни блокировкалаш, қуритиш гуруҳидаги

аппаратлар ва транспорт элементлари электр схемасига улан ган.

Юқори сатҳ огоҳлантирувчи, ўртадаги нормал, пасткиси авария сатҳидир. Система ишининг ишончлилигини ошириш учун юқори ва пастки сатҳлар микроқайта улагичли байроқ туридаги датчиклар билан такрорланиши мумкин.

Портлашдан ҳимоя қилинган тарзда ишланган ДЕ-4 тури даги сигнализатор датчиклари *14а*, *15а*, *16а* экстракторнинг юклаш колоннаси юқори қисми ўрнига ёки юкланиш оқимида ўрнатилади. Сигнализаторлар блоклари *14в*, *15в*, *16в* марказий шчитда ўрнатилади.

Сатҳни барқарорлаштириш системаси қуйидаги тарзда ишлайди. Режимни танлаш калитлар *13б*, *17б* ёрдамида автоматик блокировка қилинган режими ёки масофадан туриб қўлда бошқариш режими танланади. Калитлар масофадан туриб қўлда бошқариладиган ҳолатда турганда блокировка қилинган агрегатларни ишга тушириш ва тўхтатиш пультдан туриб, кнопка *13в*, *17 в* ли постлар ёрдамида исталган кетма кетликда амалга оширилиши мумкин. Бунда тўхтатиш кнопкалари *13г*, *17 г* жойига ўрнатилади.

Калитларнинг ҳолати автоматик блокировка қилинган бошқариш режимида бўлганда агрегатлар ва транспорт элементларини ишга тушириш материалнинг технологик оқими ҳаракатга тескари тартибидагина ва экстрактор юкланиш колоннасида материалнинг ўртача нормал сатҳи мавжуд бўлгандагина амалга оширилиши мумкин. Бирор агрегат тўхтатилганда олдинги ҳамма агрегатлар ва технологик оқим бўйича транспорт элементлари тўхтайди. Шундай қилиб, технологик қурилмани материал босиб кетиши ва ортиқча бўлишининг олди олинади.

Системанинг автоматик блокировка қилинган режимда ишлаши қуйидаги тарзда кечади. Ўртача сатҳда қурилма нормал режимда ишлайди, бу ҳақида табло *15г* сигнал беради. Материал сатҳи юқоридаги датчиккача кўтарилганда сигнал таблоси *14г* ёнади ва огоҳлантирувчи товуш сигналлари *НА1* *НА2*. уланади. Берилган вақт ўтгандан сўнг юргизиб юборгич *13а* ишлаб кетади ва транспортёр 5 ҳамда у билан блокировка қилинган ҳамма транспорт элементлари узилади.

Сатҳ пасайгандан сўнг ишга туширишдан олдинги сигнализация уланади ва кейин транспорт элементлари автоматик ишга туширилади.

Материал сатҳи пастки датчиккага пасайганда авария сигнали *16г* ва товуш сигналлари *НА1* ва *НА2* уланади, юргизиб юборгич *17а* ишга тушади ва экстрактор узилади. Шундан сўнг навбатчи ходимлар сигнални ўчириш тугмачасини босиб товуш сигналини ўчиради ва материал сатҳининг аварияга пасайиш сабабини бартараф қилади. Кейин экстракторнинг юклаш колоннаси нормал сатҳгача тўлдирилади. Материал ўртадаги датчик электродига етган пайтда кучланиш блоки

15в релеси ишга тушиб, ишга туширишдан олдинги сигнализация уланади, юргазиб юборгич *17а* чулғамига ток берилади, юритма *6* автоматик уланади ва экстрактор юкланиш бўйича меъёрдаги режимда ишлашда давом этади.

Эриткич температураси АРС ишини кузатиш ва даврий назорат қилиш қулай бўлиши учун термобаллон *5а* ли ТК-100 туридаги такрорловчи-кўрсатувчи дилатометрик термометр *5б* ўрнатилади.

Автоматик сув ажраткичдаги ва буғ узатувчи қувурдаги буғни иссиқлик алмашгичга узатишда насосларнинг узатиш тизимида босим МП4-У туридаги оддий техник манометрлар *6а—9а* билан амалга оширилади.

Иккиламчи эритгич идишида (схемада шартли равишда битта идиш кўрсатилган) сатҳни ўлчаш ПВ11 туридаги кўрсатувчи пневматик иккиламчи асбоблар *10б* комплектидаги УБ-П10 туридаги бойкали сатҳ ўлчагич *10а* ёрдамида амалга оширилади.

Экстракцияланувчи материалнинг экстракторнинг юкланиш нуқтасидаги температурасини назорат қилиш термобаллон *11а* ли ТК-100 термометр *11б* билан оширилади. ТК туридаги термометрларнинг фарқ қилувчи конструктив хусусияти шундаки, улар термобаллон билан туташтирувчи капиллярсиз бир бутун қилиб бажарилган. Экстракторнинг юкланиш колоннаси юқори қисмидаги сийракланиш газни ажратиб олиб кетувчи қувурда ўрнатилган ТМ-П1 туридаги ўлчагич *12а* ёрдамида назорат қилинади.

Ҳавода эриткич буғларининг концентрациясини назорат қилиш учун ёнувчи газлар сигнализаторлари ўрнатилади. Агар қурилма гексан фракцияли экстракцион бензинда ТУ 381 013 03—73 бўйича ишласа, у ҳолда СХТ IV4 сигнализаторидан фойдаланиш тавсия этилади. Сигнализатор ДХТ 102 У4 датчикдан ва таъминот ҳамда БСП-106У4 сигнализациядан иборат.

Қабул қилгич қурилмалар (датчик) ўзгарткичлар *18а, 19а, 20а* лар, *18б, 19б, 20б* билан бирга экстракцион цехнинг хонасида турли отметкаларда, эриткич буғлари бўлиш эҳтимоли энг кўп бўлган жойларда ўрнатилади. Таъминот ва сигнализация блоклари *18в, 19в, 20в* марказий шчитда ўрнатилади. Ҳавода эриткич буғларининг концентрацияси портловчанликнинг қуйи чегарасидан 20% юқори кўтарилса, *18г, 19г, 20г* ёруғлик сигнали *НА1, НА2* товуш сигнали берилади.

Эриткичнинг кунжарадан тўла ҳайдалашини назорат қилиш учун ва тостерни ишга тушириш вақтида кунжарaнинг эриткич билан бирга ўтиб кетишининг олдини олиш учун СТХ-IV4 ёнувчи газлар сигнализаторидан фойдаланилади. Махсус қабул қилувчи қурилма *21а* чиқариш шнеки *X* га уланади. Ўзгарткич *21б* жойида ўрнатилади, таъминловчи ва сигналловчи блок *21в* марказий шчитда ўрнатилади.

Эриткич кунжарадан қониқарсиз ҳайдалганда шнек *X* да

турли концентрациядаги эриткич буғлари ажралиб тура
Сигнализатор шундай созланадики, бунда кунжарада эритки
нинг меъёридан ортиқ пайдо бўлиши ҳақида сигнал бера
Бу ҳолда ёнувчи газлар сигнализатори ишлаб кетади ва ёру
лик *21г* ва товуш сигналлари *НА1* ҳамда *НА2* ни улайди
уларга кўра навбатчи ходимлар кунжарадан эриткичнин
қониқарсиз ҳайдалишининг сабабларини аниқлаш ва йўқотиш
чораларини кўриши керак.

Кунжарани намлашга сарфланадиган сув миқдор
РПМ—0,2э Ж туридаги пневматик ротаметрлар *34а, 34б,* в
ПВ4 1Э туридаги иккиламчи асбоб *34в* ёрдамида назора
қилинади.

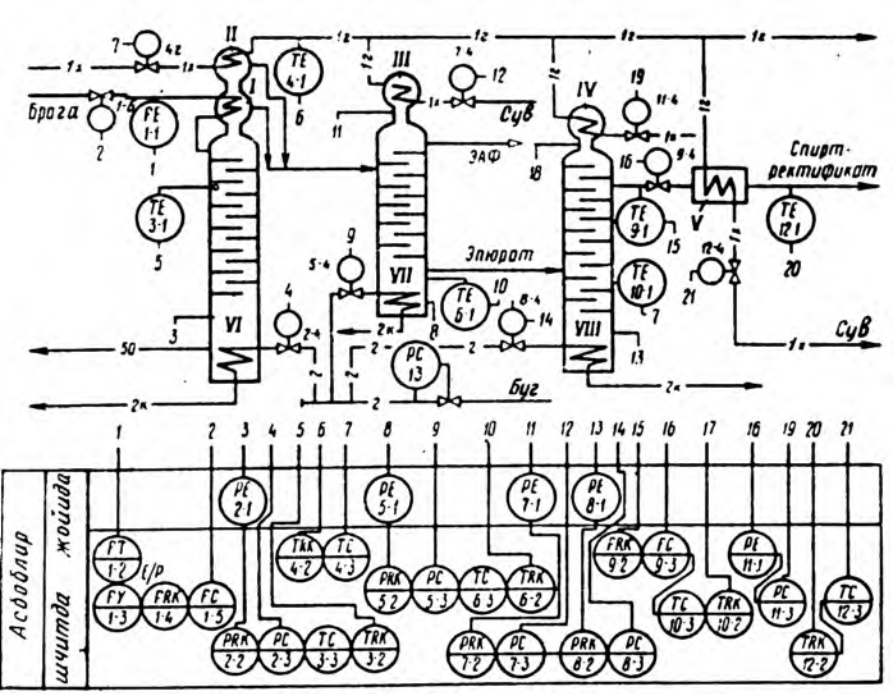
Скруббер *IX* ёнидаги газ йўлидаги сийракланиш ТПМ-
туридаги асбоб *22а* билан ўлчанади.

XXIV.3-§. СПИРТ ИШЛАБ ЧИҚАРИШНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

Ўсимлик суюқлиги (брага) дан спирт ажратиш босқичи в
уни аралашмалардан тозалаш охирги босқич ҳисобланиб, бра
горефтификацион қурилмалар (БРҚ)да амалга оширилади
БРҚ технологик схемаларининг бир неча варианти мавжу
аммо уларни автоматлаштириш пиринциплари ўхшаш, шунин
учун мисол тариқасида билвосита ишловчи уч колоннал
қурилмани қараб чиқамиз (24.4-расм).

Брага ачитиш бўлимидан иссиқлик алмашгич *1* га узати
лади, у ерда спирт ва сув буғлари билан иситилади, кейи
ачитиш колоннаси *VI* нинг юқори қисмига тушади ва ликопча
лар бўйича пастга оқиб тушади. Суюқлик оқимига қарши су
ва спирт буғлари кўтарилади, бу буғлар колонна қайнатгичиг
йўналтирилган иситувчи буғ иссиқлиги ҳисобига ҳосил бўлади
Иссиқлик масса алмашинуви натижасида буғ оқимидаги спир
концентрацияси ортади, суюқликда эса камаяди. Спирт ҳай
далган брага барда дейилади. У колоннанинг пастки қисми
дан олинади ва спирт саноатининг асосий чиқиндиси бўлиб
моллар учун бевосита озуқа сифатида ёки озуқа хамиртуруш
лар ишлаб чиқариш учун хомашё сифатида фойдаланилади
Спирт ва у билан бирга чиқувчи аралашмалар буғлари ко
лоннанинг юқори қисмидан чиқади, иссиқлик алмашгич *1* д
брага оқими билан совитилади ва дефлегматор *11* да унга со
витувчи сув берилади, пировард конденсацияланади.

Спирт хомашёни тозалаш эпюрацион колонна *VII* да амалг
оширилади, у ерга дефлегматор *II* дан спирт хомашёси кон
денсати ҳайдаш учун берилади. Колонна буғ билан иситилади
у қайнатгичга узатилади. Эпюрацион колоннадаги температур
режими спиртнинг ажралишига мўлжалланган, у бу ерда ара
лашманинг ва осон учиб кетувчи қўшимчалар (эфир, альде
гидлар, метинол ва бошқалар)нинг юқори қайновчи компонент
ҳисобланиб, улар колонна *III* нинг юқори қисмида тўпланад
ва ундан эфироальдегидли фракция (ЭАФ) кўринишида чиқади



24.4- расм. Уч колоннали қурилмани автоматлаштириш схемаси.

20—30% концентрацияли тозаланган спирт (эпюрат) эпюрацион колоннанинг пастки қисмидан чиқарилади ва пировард тозалаш ҳамда концентрацияни ошириш учун ректификацион колонна *VIII* га узатилади. Бу колоннада осон учиб кетувчи (буғланувчи) компонент — спирт, асосий юқори қайновчи компонент сув ҳисобланади, шунинг учун спирт концентрацияси колонна баландлигига қараб ортади. Бу колоннани иситиш бошқа икки колоннаники каби фақат қайнатгичга узатиладиган буғ билан амалга оширилади.

96% концентрацияли спирт-ректификат колоннанинг юқори қисмидан 10—15 ликопчадан олинади ва иссиқлик алмашгич *V* орқали ўтиб, у ерда сув билан совитилади. Спирт буғлари дефлагматор *IV* да конденсацияланган сўнг колоннага флегма сифатида қайтади. Колоннанинг пастки қисмидан сивуш мойлари олинади, ундан ҳам пастроқдан қолган спирт билан сув чиқарилади.

Брагоректификацион бўлим портлаш хавфи бўлган хона ҳисобланади, шунинг учун унда фақат портлаш ҳавфи бўлмайдиган қилиб ишланган автоматлаштириш асбоблари ва воситаларини ўрнатишга рухсат этилади. БРҚ автоматлаштириш системасидан асосан пневматик тармоқ асбобларидан, шу жумладан диаграммаси пневмоюритмали иккиламчи асбоблардан

фойдаланилган. БРҚнинг юкланиши браганинг сарфланиш билан аниқланади, уни ростлаш учун индукцион сарф ўлчагич комплекти (*1—1, 1—2*), электропневма ўзгарткич *1—3*, ростлагич *1—5* ли ПИ иккиламчи асбоб *1—4* ва ростловчи клапан *1—6* дан иборат система хизмат қилади.

БРҚ исталган колонналарнинг ишлаш режимини белгиловчи муҳим технологик параметр унинг пастки қисмидаги босим ҳисобланиб, у қайнатгичга сарфланаётган иситувчи буғ сарфига боғлиқ бўлади. Босимни ростлаш учун БРҚ ни автоматлаштириш схемасида бир хил турдаги системалардан фойдаланилган, улар босим датчиклари *2—1*, *5—1*, *8—1*, *8—* П-ростлагичли ёки *2—3* ва *5—3* ПИ-ростлагичли иккиламчи асбоблар *2—2*, *5—2*, *8—2* ва трубопроводларда буғни тегишли қайнатгичга узатишни ростловчи клапанлар *2—4*, *5—* *8—4* дан иборат ҳар бир колоннадаги жараённинг ҳолатини ифодаловчи асосий параметр аппаратдан чиқишда асосий технологик оқимдаги мақсадга йўналтирилган маҳсулот ҳисобланади. Бу параметрни автоматик ўлчаш учун серия датчиклари бўлмагани учун уни бевосита ростлаб бўлмайди. Бироқ колоннада суюқликнинг концентрацияси ва қайнаш температураси орасидаги ўзгармас босимда назорат ликопчасида бир қийматли боғланиш мавжуд бўлиб, ундан концентрацияни билвосита ростлашда фойдаланиш мумкин.

Брага колоннасида назорат ликопчасидаги температура икки контур каскадли АРС билан ростланади. Температура монометри термометр *3—1* билан ўлчанади, унинг чиқишидан олинган пневматик сигнал ПИ-ростлагич *3—3* ли иккиламчи асбоб *3—2* га узатилади. Бу ростлагичнинг сигнал топшириқ сифатида колоннанинг пастки қисмида босим ростлагичи *2—3* га келади. Системанинг ишлашида, агар бирор сабабга кўра колоннанинг юқори қисмида спирт концентрацияси ўзгарса, масалан, камайса, назорат ликопчасида температура берилгандан кичик бўлиб пасаяди, ростлагич *3—3* ростлагич *2—3* учун босимнинг берилган қийматини орттиради, у колоннанинг пастки қисмидаги босимнинг жорий қийматидан катта бўлади. Натижада қайнатгичга сарфланадиган буғ сарфи ошади ва қайнаш жараёни жадаллашади, шунингдек, колоннадаги ҳамма иссиқлик масса алмашиниш жараёнлари жадаллашади, бу вақти келиб, унинг талаб қилинган ишлаш режимининг тикланишига олиб келади.

АРС *(6—1, 6—2, 6—3)* эпюрацион колоннада технологик режимни барқарорлаштириш учун қўлланилади. Фарқ шундаки мазкур АРС да температура колоннанинг пастки қисмида ростланади, у ердан мақсадга йўналтирилган маҳсулот — эпюр олинади.

Ректификацион колоннадан олинадиган спиртнинг концентрациясини ростлаш сифатига айниқса юқори талаблар қўйилади, чунки у ишлаб чиқаришнинг пировард маҳсулот ҳисобланади. Бунинг учун икки контурли АРС хизмат қилади

спирт ректификатни назорат ликопчасидаги температураси бўйича коррекциялаб сарфини ростлайди. Ротаметр *9—1* сарфлаш датчиги ҳисобланиб, унинг пневматик чиқиш сигнали *9—3* ПИ-ростлагичли иккиламчи асбоб *9—2* га ва ундан кейин ростловчи клапан *9—4* га узатилади.

Назорат ликопчасидаги температура манометрик термометр *10—1* билан ўлчанади, ундан келаётган пневмосигнал *10—3* ПИ-ростлагичли иккиламчи асбоб *10—2* га келади. Бу ростлагичнинг чиқишидан сигнал топшириқ сифатида ростлагич *9—4* га узатилади.

БРҚ ни автоматлаштириш схемасида ҳамма колонналарнинг дефлегматорига узатилаётган совитувчи сувнинг сарфланишини ростлаш кўзда тутилган. Бунда брага колоннали дефлегматорига сарфланадиган сув кетаётган иситилган сув температурасининг барқарорлашувини таъминлайди *(4—1—4—4)*. Эпюрацион ва рефикацион колонналарда босимни колоннанинг юқори қисмида ростлашнинг бир турдаги системалари қўлланилган, улар датчиклар *7—1* ва *11—1* дан, ростлагич *7—3* ва *11—3* ПИ, иккиламчи асбоблаб *7—2* ва *11—22* дан ва тегишли колонна дефлегматорига совитувчи сувнинг узатилишини ростловчи клапанлар *7—4* ва *11—4* дан иборат.

Брага ректификациялашнинг асосий технологик параметрларини барқарорлаштириш билан БРҚ ни автоматлаштириш системаси коллектордаги буғ босимини ўзидан кейин турадиган бевосита ишловчи ростлагич *13* ёрдамида ростлашни, шунингдек, иссиқлик алмашгич V дан кейин *(12—1—12—4)* спирт ректификатининг температурасини ростлашни таъминлайди. БРҚ дан олинадиган ҳажмни ўлчаш ва ҳисобга олиш, шунингдек, ундаги соф алкоголь миқдорини ўлчаш ва ҳисобга олиш назорат снаряди деб номланган махсус қурилма ёрдамида амалга оширилади (24.4-расмда у кўрсатилмаган).

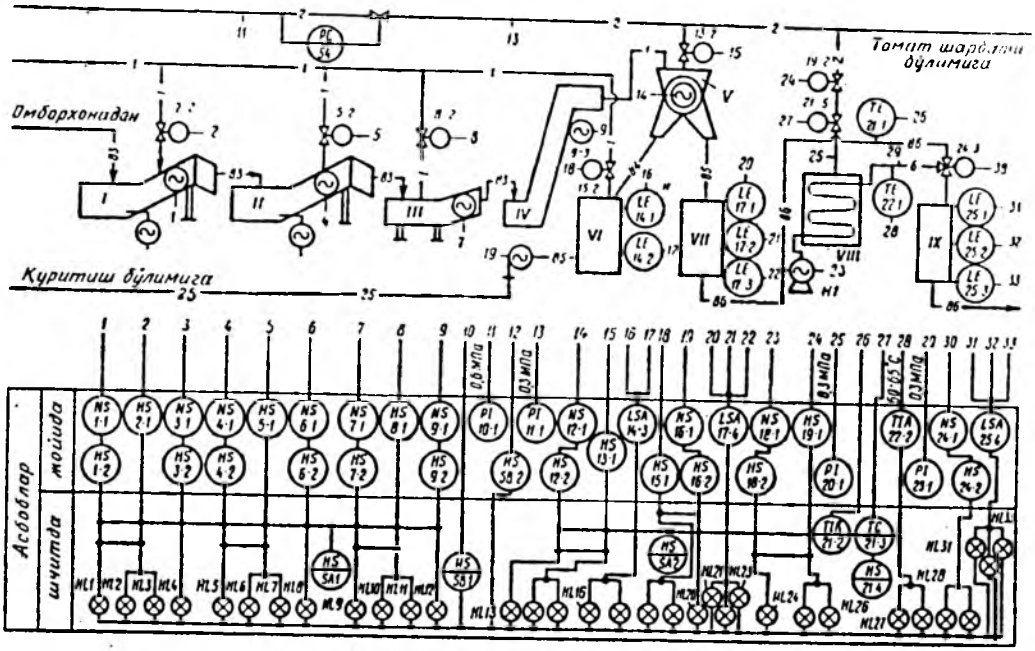
XXIV.4-§. АЛКОГОЛСИЗ ИЧИМЛИКЛАР ИШЛАБ ЧИҚАРИШНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

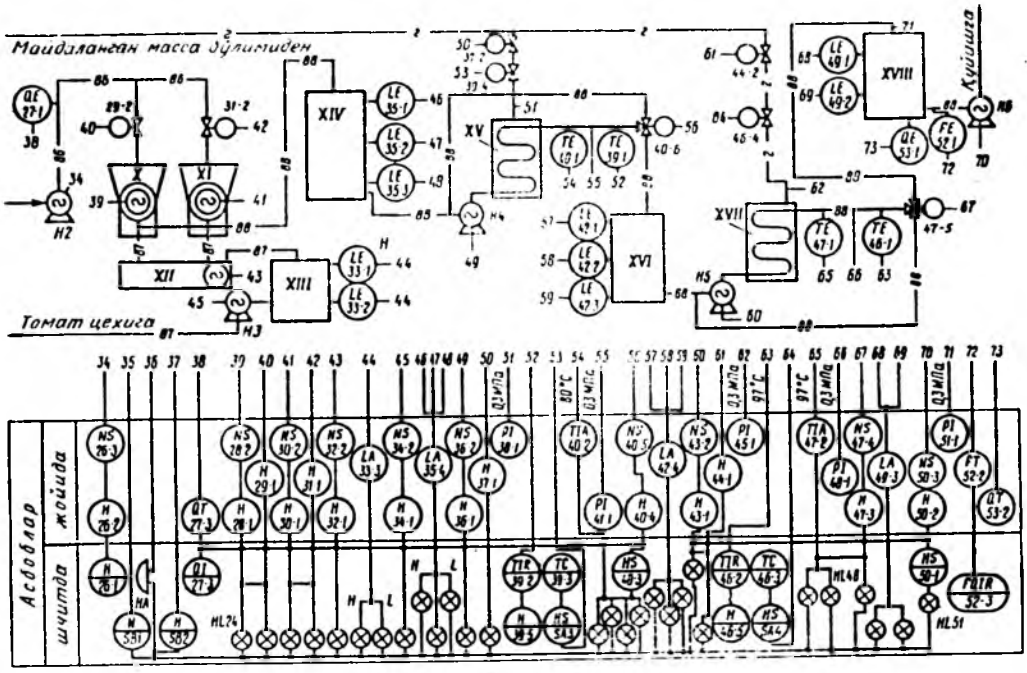
XXIV.4.1. Томат шарбатини тайёрлашни автоматлаштириш

Помидор шарбатини стерилизациялаб тайёрлаш учун (24.5-расм) яшиклардаги томат омборхонадан тушириш қурилмаси ёрдамида достлабки ювиш учун элеваторли ювиш машинаси *1* нинг қабул қилувчи қисмига узатилади.

Элеваторли ювиш машинасидан сўнг таранспортёрдаги мевалар тоза сув оқими билан ювилади. Кейин улар вентиляторли ювиш машинаси *II* нинг қабул қилувчи қисмига тушади, у ерда мевалар сув билан охирги марта ювилади.

Кейин инспекцион транспотёр *III* да помидорлар сараланади ва ёмонлари цехдан чиқариб ташланади. Кўтариш транспортёри *IV* да саралланган мевалар уруғ ажратувчиси *V* бўлган майдалагичга узатилади. Майдаллангандан ва уруғи ажратилгандан сўнг ҳосил бўлган майдаланган масса идиш *VII* га,


Омборхонадан
Куритиш бўлимига
Томат шарбатини бўлимига
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
Асбоблар шчитда
Асбоблар пойида



24.5- расм. Томат шарбатини тайёрлашни автоматлаштириш схемаси.

уруғлар эса идиш *VI* га тушади, у ерда эса насос билан қури тиш бўлимига узатилади, бу бўлимда молларнинг озуқасига қўшимча сифатида фойдаланиладиган кукун олинади. Томат массаси насос *H1* билан трубасимон иситкич *VIII* га ҳайдалади у ерда 60—65°С гача иситилади ва кейин насос *H2* билан идиш *IX* орқали экстракторлар *X* ва *XI* га узатилади. Агар майдаланган масса етарлича иситилмаган бўлса (60°С дан паст) у ҳолда у рециркуляцион клапан воситасида яна иситиш учун қайтарилади.

Экстракторлар *X* ва *XI* да помидор шарбатини ажратиш амалга оширилади. Иккала экстрактор линиянинг берилган унумдорлигига боғлиқ ҳолда ҳам галма-гал, ҳам биргаликда ишлаши мумкин. Экстракторлардан чиққан чиқиндилар шнек *XII* га, кейин чиқиндилар идиши *XIII* га тушади, шундан сўнг насос *H3* ёрдамида томат цехига томат пастаси тайёрлаш учун жўнатилади. Экстракторлардан олинаётган шарбат идиш *XIV* га тушади, у ерда қисман тиндирилади, кейин насос *H4* билан иситкич *XV* га 80—85°С гача иситиш учун узатилади. Агар шарбат керакли температурагача исимаган бўлса, у ҳолда рециркуляцион клапан ёрдамида у иккинчи марта иситишга жўнатилади. Кейин иситилган шарбат идиш *XVI* га тушади, у ерда тиндирилади, шундан сўнг шарбат насос *H5* билан иситкич *XVII* га охирги иситиш учун (97°С гача) жўнатилади. Агар шарбат иситкичдан сўнг паст температурага эга бўлса, у ҳолда рециркуляцион клапан ёрдамида иккиламчи иситишга жўнатилади.

Кўп поғонали иситиш шарбатни қайнатиб қуйишнинг олдини олиш учун зарур температурани берилган қийматда аниқ тутиб туриш эса таъм хусусиятлари жуда яхши бўлган помидор шарбатини олиш учун жуда муҳимдир, чунки температуранинг пасайиши шарбатнинг ачишига, кўтарилиши эса унинг куйишига олиб келади. Шарбат иситкичдан идиш *XVIII* га тушади, у ердан эса зарур бўлганда насос *H6* билан идишларга қуйиш тизимига узатилади.

Шарбат тайёрлашнинг бутун тизими майдаланган помидор массаси тайёрлаш бўлимидан ва помидор шарбатини тайёрлаш бўлимидан иборат. Автоматлаштириш схемаси қуйидаги асосий вазифаларни бажаради: блокировка қилинган режимда поток (оқим) тизимини бошқариш, жараённинг асосий нуқталарида сатҳ, температура ва босимни назорат қилиш ва сигналлаш; магистралда буғ босимини ростлаш; тайёрланган помидор шарбати миқдорни қайд қилиш. Автоматик бошқариш режимидан қўлда бошқаришга ўтиш учун режимни танлаш калитлари *SA1—SA4* хизмат қилади. Тизимнинг электр двигателларини иш ўрнида жойлашган бошқариш тугмачалари билан қўлда амалга оширилади.

Магистралдаги буғ босимини манометрлар *11—1, 38—1* ва *45—1* билан, майдаланган масса иситкичларида *20—1* ва

23—1 манометрлари билан, *XV* ва *XVII* шарбат иситкичларида манометрлар *41—1* ва *48—1* билан, шарбат иситкичи *XVIII* дан сўнг манометр *51—1* билан назорат қилинади. Магистралдаги буғ босими бевосита таъсир қилинувчи ростлагич *54* билан барқарорлаштирилади, у босимнинг қийматига боғлиқ ҳолда буғ оқимига таъсир кўрсатади. Идишлар *VI, XIII* да уруғлар ва чиқиндилар учун тайёрланадиган массанинг сатҳи, идишлар *VII* ва *IX* даги майдаланган масса сатҳи идишлар *XIV, XVI* ва *XVIII* да шарбат сатҳи электрон сигнализаторлари *14, 17, 25, 33, 35, 42,* ва *49* га уланган тегишли сатҳ датчиклари билан ўлчанади.

Майдаланган массанинг иситкичдаги температурасини автоматик ростлаш кўрсатувчи ва ўзи ёзувчи манометрик термометр *21—2* дан сигнал олувчи пневматик ростлагич *21—3* амалга оширади. Ростлагич сигнали мембранали ИМ *21—5* га узатади, у буғни майдаланган масса иситкичига узатиш клапанига таъсир қилади.

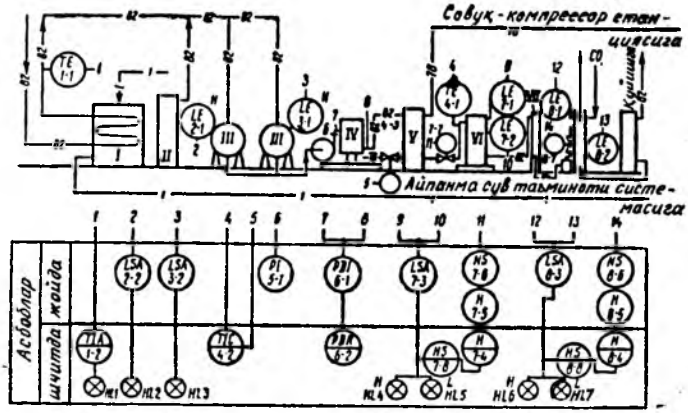
Шунга ўхшаш тарзда иситкичлар *XV* ва *XVIII (39* ва *46)* да шарбат температураси автоматик ростланади. Майдаланган масса температурасининг қийматлари ҳақидаги сигналны шчитда ўрнатилган сигнал лампалари *HL27* ва *HL28* га таъсир қилувчи кўрсатувчи, сигнал берувчан манометрик термометр *22—2* беради. Помидор шарбатининг иситкичлар XV (*40*) ва *XVIII* (*47*) дан кейинги температураси қийматлари ҳақидаги сигнал ҳам худди шундай амалга оширилади.

Тайёр помидор шарбатининг йиғинди сарфини қайд этиш учун схемада индукцион сарф датчиги *52—1* ни ўрнатиш кўзда тутилган бўлиб, ундан чиқадиган сигнал шчитда жойлаштирилган иккиламчи кўрсатувчи ва қайд этувчи асбоб *52—3* га келади. Ўша ерда ёруғлик ва товуш сигналлари кнопкаси *SB1* ҳамда товуш сигналини ўчирувчи кнопка *SB2* жойлаштирилган.

XXIV. 4. 2. Минерал сувни идишларга қуйишни автоматлаштириш

Минерал сувни идишларга қўйиш схемаси 24.6-расмда келтирилган. Минерал сув артезиан қудуқдан совиткич *1* га келади. Минерал сувнинг совиткичдан чиқишдаги температураси қаршилик термо ўзгарткич билан назорат қилинади. ундан чиқадиган сигнал шчитда жойлашган иккиламчи кўрсатувчи ва сигнал берувчи асбоб *1—2* га келади. Температура ортган ҳолларда шчитда *HL1* лампа ёнади. Совитилган минерал сув бактерия тушувчи нурлардан зарарсизлантириш учун қурилма *II* га узатилади, кейин эса идишлар *III* га келади. Йдишлардаги юқори сатҳни датчиклар *2—1* ва *3—1* назорат қилади, улардан чиққан сигналлар тегишли сатҳ сигнализаторлари *2—2, 3—2* ва *HL2* ҳамда сигнал лампалар *HL3* га узатилади.

Сувни зарарлантирувчи қурилма махсус сигнал ва бошқа-



24.6- расм. Минерал сувни идишларга қуйишни автоматлаштириш схемаси.

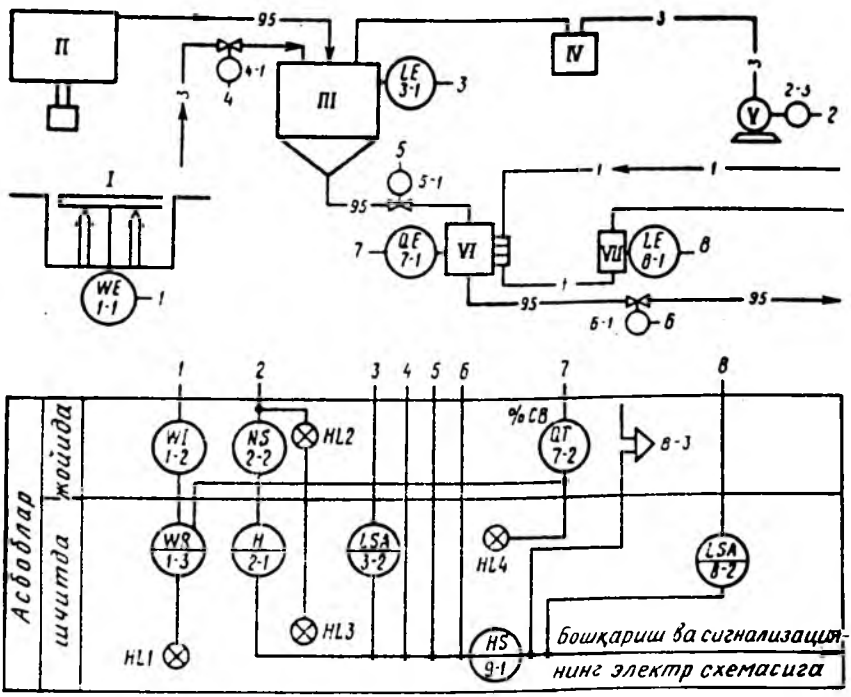
риш воситалари билан жиҳозланган бўлиб, у бактерицид лампаларни улашни ва ишлашни назорат қилишга имкон беради. Идиш *III* даги минерал сув механик тозалаш учун фильтр *IV* прессга узатилади. Фильтр прессининг ишини назорат қилиш дифманометр *6—1* даги босимнинг ўзгариши бўйича ва шчитда жойлашган асбоб *6—2* нинг кўрсатишлари бўйича амалга оширилади. Кейин минерал совиткич *V* да яна совитилади.

Сувнинг совиткичдан чиқишидаги температураси совитувчи намакобнинг сарфига таъсир қилиш йўли билан ростланади. Қаршиликли термо ўзгартқич *4—1* позицион ростлагич *4—2* билан биргаликда намакобнинг совиткич орқали оқишида электромагнит клапан *4—3* ни бошқаради.

Совитилган минерал сув орқали идиш *VI* орқали уни углерод диоксиди билан тўйинтириш учун сатуратор *VII* га тушади. Сатҳни автоматик сақлаб туриш орқали идишга сатҳ датчиклари *7—1* ва *7—2* ёрдамида амалга оширилади, бу датчиклар ахборотни электрон сатҳ сигнализатори *7—3* га узатади, у эса сувни узатиш клапанининг электр юриткичи *7—7* ни бошқаради. Сатҳларни сатураторда (контур *8* да) ростлаш худди шунга ўхшаш ташкил этилган. Минерал сув углерод диоксиди билан тўйинтирилгандан сўнг бактерицид нурлар билан иккинчи марта зарарсизлантириш учун қурилма *II* га узатилади. Бу ердан минерал сув идишларга қуйиш машинасига йўлланади.

XXIV.4.3. Дастлабки ишлов бериш заводларида узумни қабул қилишни автоматлаштириш

Узумни қабул қилиш жараёнида дастлабки қайта ишловчи заводларда узум шарбати олиш мақсадида келтирилаётган хомашёнинг массаси аниқланади ва сифати баҳоланади. Амал-



24.7-расм. Дастлабки ишлов бериш заводларида узумни қабул қилишни автоматлаштириш схемаси.

даги схемага кўра (24.7-расм) узум ортилган автомашина автоторози *1* да тортилади. Тензодатчик *1—1* нинг хомашё массаси ҳақидаги сигнали ўзгарткич *1—2* га узатилади ва ундан кейин электрлаштирилган ёзув машинкаси *1—3* га ва рақамли ёруғлик таблоси *HL1* га узатилади.

Тарозида тортилгандан сўнг намуна ажратувчи *II* (пробоотборник) ишга туширилади ва бошқариш кнопкаси *2—1* ёрдамида магнитли юргизиб юборгич *2—2* орқали вакуумнасос V нинг электр двигатели *2—3* уланади. Электр двигатель ишга туширилгани ҳақида лампалар *HL2 ва HL3* сигнал беради. У вакуум насос, оралиқ сиғим *IV* орқали намуна ажратгич *II* дан вакуум бочкача *III* га узум ширасини тўплайди. Сатҳ назорат қилувчи датчиги *3—1* берилган сатҳга эришилганда бошқаришнинг электр схемаси билан бирлаштирилган электрон сатҳ сигнализатори *3—2* ишга тушади.

Вакум-насос *V* тўхтайди, электромагнит клапан *4—1* воситасида вакуум бочкачага ҳаво кириши учун йўл очилади ва вакуум йўқолади. Электромагнит клапанлар *5—1* ва *6—1* воситасида узум ширасининг кювет *VI* орқали оқиш вентили очилади. Бу бир неча секунд давомида рефрактометр призмасини

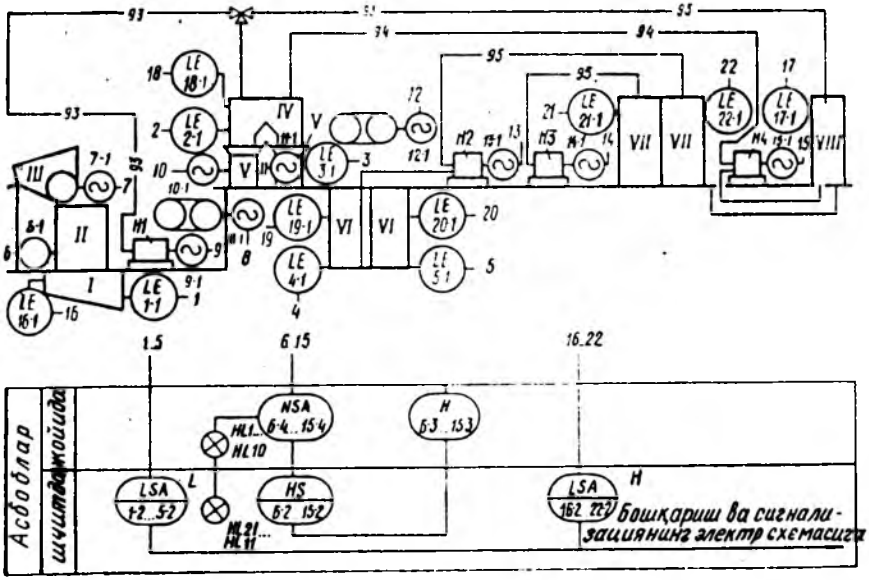
ювиш учун зарур. Шундан сўнг электромагнитли клапан *6—1* токдан узилади ва вентиль ёпилиб, шира оқишини тўхтатади. Бунинг натижасида кювет *VI* тўла бошлайди ва рефрактометр *7—1* нинг ўзгарткич қурилмаси занжири уланади. Рефрактор-нинг чиқиш сигнали электролаштирилган ёзув машинаси *1—3* га рақамли ёруғлик таблоси *HL4* га келади. Шакарлилик даражаси натижаси квитанцияда ёзилади ва бир вақтда рақамли таблода ёришиб кўринади. Ўлчаш ва ёзиш тугагандан сўнг бир неча дақиқа ўтгач шакарлиликни ўлчаш схемаси дастлабки ҳолатига келади.

Ёруғлик манбаини совитиш учун рефрактометр датчиги *7—1* да оқар сувдаи фойдаланилади. Сувнинг берилиши идиш *VII* да ўрнатилган сатҳ датчиги *8—1* воситасида назорат қилинади. Сув оқими тўхтаганда электрон сатҳ сигнализатори *8—3* таъсирида қўнғироқ *8—3* ишлаб кетади ва шу билан бир вақтда рефректометрнинг таъминлаш занжири узатилади. Оператор сигнални қабул қилиб, носозликни йўқотиш учун зарур чоралар кўради. Автоматлаштириш схемасида дастаки (ноавтоматик) ва автоматик ишлаш режими кўзда тутилган бўлиб, улар *9—1* калит воситасида амалга оширилади.

XXIV.4.4. Узумни қайта ишлашнинг майдалаш-пресслаш бўлимини автоматлаштириш

Заводга келган узум майдалаш-пресслаш бўлимига юборилади (24.8- расм). Узум қабул қилгич сиғим *III* дан майдалагич *II* га келади. Майдалаш жараёнида ундан мезга ҳосил бўлиб, у идиш *1* га оқиб тушади. Мезга бу идишдан насос *H1* воситасида қайта ишлашнинг танланган технологик схемасига боғлиқ ҳолда умумий бункер-сиғим *IV* га ва пресс *V* га, ёки тиниш идиши *VIII* га узатилади. Сусло идишлар *VI* га келади, у ердан насослар *H2* ва *H3* билан тиндиргич *VII* га юборилади. Прессланган узум мезгаси транспортёр билан фойдаланиш цехига юборилади.

Майдалаш-пресслаш бўлимини автоматлаштириш схемаси бўлим қурилмалари юритмаларини кетма-кет бошқаришни, идишларни тўлдиришни таъминлаш, ортиқча тўкилишларни назорат қилиш ва ҳимоялашни кўзда тутади. Узумни қайта ишлаш тизимини ишга тушириш майдалагич *6—1* электр двигателини бошқариш электр схемаси ёрдамида идишда мезга бўлмаганда сатҳ датчиги *1—1* ва сатҳ сигнализатори *1—2* билан амалга оширилади. Майдалагич ишга туширилгандан кейин унинг тез ишлаб кетишини таъминлаш мақсадида қабул қилгич сиғим *7—1* шнекли электр двигателни, кейин эса транспортёр *8—1* электр двигателни ишга туширади. Сиғимни мезга билан берилган сатҳгача тўлдиришда насос *H1* нинг электр юритмаси *9—1* ни улайди ва мезга технологик режимини танлаш калитининг ҳолатига боғлиқ ҳолда ёки тиндиргич идишга ёки қабул қилувчи сиғимга узатилади.



24.8- расм. Узумни қайта ишлашнинг майдалаш- пресслаш бўлимини автоматлаштириш схемаси.

Насос *Н1* ни блокировка қилиш мос ҳолда ёки электрон сатҳ сигнализаторининг сатҳ датчиги *17* билан назорат қилинувчи тиндиргич идишидаги мезганинг юқори сатҳи бўйича, шунингдек, электрон сатҳ сигнализатори *1—2* нинг сатҳ датчиги *1—1* билан назорат қилинувчи мезга тўплагич сиғимининг пастки сатҳи бўйича; ёки мезга тўплагичдаги қуйи сатҳи бўйича, шунингдек, электрон сатҳ сигнализатори *18—2* нинг сатҳ датчиги *18—1* билан назорат қилинувчи минора—оқиб тушгичлардаги юқори сатҳ бўйича, электрон сатҳ сигнализатори *19—2* нинг сатҳ датчиги *19—1* билан назорат қилинувчи чап суслотўплагичдаги юқори сатҳ бўйича ва электрон сатҳ сигнализатори *20—2* нинг сатҳ датчиги *20—1* билан назорат қилинувчи ўнг суслотўплагичнинг юқори сатҳи бўйича амалга оширилади.

Электрон сатҳ сигнализаторлари *2—2* ва *3—2* нинг сатҳ датчиклари *2—1* ва *3—1* билан назорат қилинувчи мезга оқиб тушувчи идишларнинг пастки сатҳига етганда мос равишда прессларнинг электр юриткичлари *10—1* ва *11—1* уланади. Шундан сўнг сиқиш транспортёрининг электр юриткичи *15—1* уланади.

Насослар *Н2* ва *Н3* (*13—1* ва *14—1*) нинг электр юритмаларини бошқариш электрон сатҳ сигнализаторлари *4—2* ва *5—2* нинг мос ҳолдаги сатҳ датчиклари *4—1* ва *5—1* билан назорат қилинувчи суслотўплагичлардаги суюқликнинг пастки

сатҳи бўйича, шунингдек электрон сатҳ сигнализаторлар *21—1* ва *22—2* нинг мос равишдаги сатҳ датчиклар *21—1* ва *22—1* билан назорат қилинувчи тиндиргичларда юқори сатҳ бўйича амалга оширилади. Насос *H4* нинг элект юритмаси *15—1* бошқариш электрон сатҳ сигнализатори *18—* нинг сатҳ датчиги *18—1* билан назорат қилинувчи бунке идишдаги юқори сатҳ бўйича ва тегишли электрон сатҳ сигн лизаторлари *19—2* ва *20—2* ннинг сатҳ датчиклари *19—1* в *20—1* билан назорат қилинувчи шира тўплагичлардаги юқор сатҳ бўйича амалга оширилади. Шира олишнинг технологи схемасига улаш технологик режимни танлашнинг уч йўлл жўмраги билан ва электр бошқариш схемасида режимни та лаш калити билан амалга оширилади.

XXIV.4.5. Пиво ширасини ишлаб чиқариш жараёнини автоматлаштириш

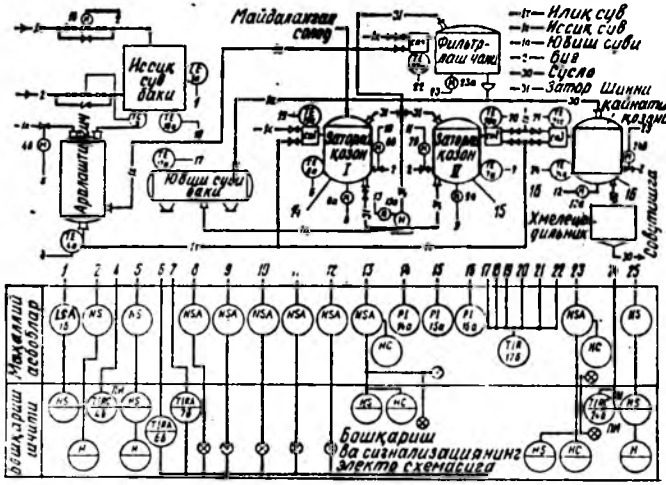
Пиво заводида сулини намлаш, ўстириш, қуритиш, тозалаш силлиқлаш ва майдалашдан сўнг пиво шираси ишлаб чиқари лади.

Пиво ширасини ишлаб чиқариш жараёни *I* ва *II* шира қозон ларида операторнинг пиширish дастурига кўра қуйидаги иш ларни бажаришни кўзда тутади (24.9-расм): оқсилли пауза — солодни сув билан аралаштириш, 50—52°С гача иситиш ва 25 мин тутиб туриш, мальтоз пауза — массани 60—62°С гач иситиш ва 30 мин тутиб туриш: декстрин пауза — масса 70—72°С гача иситиш ва 45 минут тутиб туриш.

Шира қозон *I* га аралаштиргич ПСМ *1* дан сув ва майдала ган солод келиб тушади, улар электр двигатель ҳаракат келтирадиган аралаштиргич билан яхшилаб араштирилад Аралаштиришдан сўнг автоматик бошқариш схемаси уланад у белгиланган дастур бўйича талаб қилинган паузаларни амал оширади, қозонлар *I* ва *II* га шира насоси орқали ҳайдалад Сўнгра ишлаб чиқариш жараёнида массани 76°С гача исити ва 10 мин тутиб туриш, фильтрлашда қаттиқ ва суюқ фра цияга ажратишни; хмеллаш — суюқ фракцияни хмель бил қайнатиш; деканатация заррачаларини ажратиш, сепараторд ўтказишни кўзда тутади.

Аралаштиргичда тайёрланган илиқ сув ПСМ шира қозон *I* га, ПСМ-2— шира қозони *II* га, ПСМ-3— шира пишириш к зонига тушади. Фильтрлаш идишининг аралаштиргичи ПСМ га аралаштиргичдан чиққан иссиқ сув келиб тушади.

Оператор берган қайнатиш дастури тугаганда унинг охир (декстрин) паузасидан сўнг ва бироз тутилгандан сўнг ши фильтрлаш идишига ҳайдалади, у ерда ширага (шиннига) заррачаларга ажратилади. Идишдаги шинни шира пишири қозонига тушади, қозон буғ билан иситилади, ундан хмел цедильникка ва кейин совитишга жўнатилади. Шинни қозо лари *I* ва *II* фильтрлаш чани ва шира пишириш қозони ар лаштиргичлари билан таъминланади.



24.9- расм. Пиво ширасини пиширии бўлимини автоматлаштириш схемаси.

Пиво ширасини ишлаб чиқаришни автоматлаштиришда оператор томонидан бериладиган пиширии дастурига мос равишда талаб қилинган температура режимини технологик жараённинг айрим босқичларида вақтинча тўхтаб туришларни, ҳайдашни таъминлаш керак. Шира пиширии бўлимини автоматлаштириш схемаси 24.9- расмда келтирилган. Бу схема бўйича иссиқ сув идишидаги сув сатҳи датчиги *1а* билан ўлчанади, ундан чиққан сигнал электрон сатҳ сигнализатори *1б* га келади, бу сигнализатор эса иссиқ сувнинг бакка узатилишини электр юритма *1в* ли клапан билан бошқариб туради. Бакдаги температура статик ростлаш қонуни бўйича бевосита таъсир ростлагич *3* ва манометрик датчик ёрдамида ўлчанади. Иссиқ сув аралаштиргичда тайёрланади. Температура датчиги *4а* дан келаётган сигнал кўрсатувчи ва ўзи ёзувчи изодромли ростлагич *4б* га келади. Аралаштиргичга совуқ сувни узатиш ростлагичдан келаётган сигнал асосида клапан *4в* нинг ҳолати ўзгаради.

Оператор назарда тутган пиширии дастури электр бошқариш схемаси билан амалга оширилади. У айрим паузаларда талаб қилинган температураларни ва аппаратларда тегишлича вақт тутиб туришларни, аралаштиргичларни улаш ва узишни талаб қилади. Шира қозонлари *I* ва *II* температураларнинг қийматлари тегишли температура датчиклари *6а* ва *7а* билан ўлчанади, улардан келаётган сигналлар сигнализация қурилмалари *6 б* ва *7 б* бўлган кўрсатувчи ва ўзи ёзувчи кўприкларга келади. Электр схема электр юритмалари *6в* ва *7в* бўлган клапанлар орқали буғ узатишни бошқаради. Аппаратларнинг аралаштиргичлари электр юритмалари *8а, 9а, 12а*

билан тегишли магнитли юргизиб юборгичлар ёрдамида ул пади.

Аппаратлар иситкичларининг ғилофларидаги буғ босим жойида кўрсатувчи манометрлар *14а—16а* ёрдамида назора қилинади. Ювадиган сув ва иссиқ сув бакларидаги темпера тураларни, олд аралаштиргич ПСМ1—ПСМ4 даги температу раларни мос равишда жойида ўрнатилган кўп нуқтали кўрса тувчи ўзиёзар кўприк *17б* га уланган температура датчиклар *17а—22а* назорат қилади. Фильтрлаш идишининг аралаштир гичи электр юритмаси *23а* ни оператор шчитдан улайди.

Датчик *24а* билан ўлчанадиган шира пишириш қозонидаг температурани қозоннинг буғ ғилофига буғ узатиш клапан электр юритмаси *24в* ни бошқарувчи изодром ростлаш қонун билан кўрсатувчи ва ўзи ёзувчи ростлагич *24б* ростлаб борад

XXIV.4.6. Шиша идишларни ювиш жараёнини автоматлаштириш

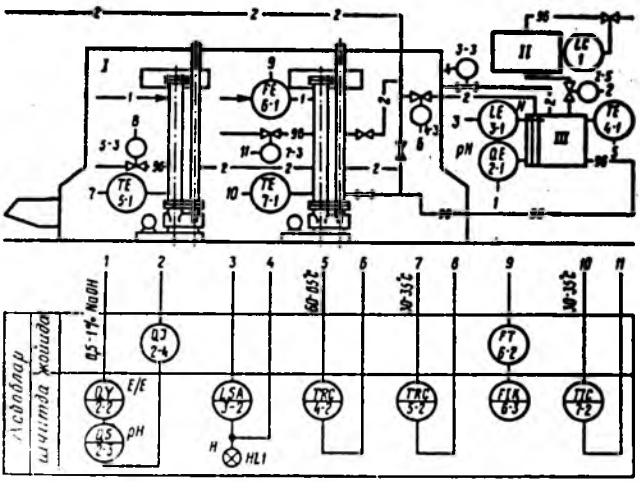
Шиша идишларни ювиш жараёни саноатда зарур босқи ҳисобланади. Ювишдан мақсад шишанинг сиртини лой, чан ва микрофлоралардан тозалашдир. Бунинг учун шиша ювувч машинада қуйидаги операциялар бажарилади: шишаларда йирик лой зарраларини йўқотиш ва 30—35°С температурал иссиқ сув билан шишаларни дастлабки ювиш; температурас 60—65°С бўлган концентрланган ишқорли эритмада (1—1,5% шишаларни ҳўллаш; 60—60°С ли ишқори эритмада шиша ларни босим остида шприцлаш ва душ остида чайиш; иссиқ сув билан (30—35°С) босим остида шприцлаш ва душ остид чайиш; шишаларни совуқ сув билан шприцлаш ва чайиш.

Шишаларни юқори сифатли қилиб ювишнинг асосий шар лари температура режимига қатъий риоя қилиш ва шиша ювиш машиналаридаги ванналарда ювувчи эритманинг оптима концентрациясини сақлаб туриш. Шиша ювиш машинасида 1% ли ишқор эритмаси концентрланган 30% ли NaOH ни су билан аралаштириш йўли билан тайёрланади. Кейин ишқо эритмаси 60—65°С гача иситилади ва тегишли ванналарг ювиш учун йўлланади. Совуқ сувни 30—35°С гача иситиш йўл билан иссиқ сув олинади. Ювилгандан сўнг ишқор эритмас тозаланади ва сарф бакига қайтарилади.

Ювиш жараёнини автоматлаштиришда шиша ювиш маш наси *1* да температура режимлари ва ишқор эритмасинин концентрацияси берилган қийматда сақланиши зарур.

Ювишни автоматлаштириш схемаси (24.10-расм) тўплаги (идиш) *II* даги концентрацияланган 30% ли NaOH нинг са ҳини пропорционал ростлаш қонуни билан бевосита таъси ростлагичи билан ростлашни кўзда тутади. 1% ли ишқор эри масининг сатҳи сарфлаш баки *III* га концентрланган ишқо эритмасини узатишни ўзгартириш билан ростланади. Датчик с фатида термокомпенсация *2—1* ли pH-метрдан фойдаланилга ундан келадиган сигнал юқори қаршиликли ўзгарткич *2—2*

келади. Кейин сигнал позицион ростлагич *2—3* га, импульсли элемент *2—4* га ва электромагнит клапан *2—5* га келади. Импульсли элемент сифатида, масалан, командали электропневматик асбобдан фойдаланиш мумкин, бу асбоб узатилаётган ишқор дозасини унинг оқизиб юборилиш муддати билан белгилайди ва сарфловчи бакка эриш жараёнининг инерционлигини (яъни ростлаш объектининг инерционлигини) қоплаш мақсадида тушган миқдорни эритиш учун зарур вақт тутиб туришни таъминлайди.



24.10-расм. Шиша идишларни ювиш жараёнини автоматлаштириш схемаси.

Сарфлаш баки *III* нинг сатҳи сарф датчиги *3—1* орқали назорат қилинади, ундан келаётган сигнал сувнинг бакка узатилиш чизиғида электромагнит клапан *3—3* нинг позицион бошқарувни амалга оширувчи электрон сатҳ сигнализатори *3—2* га келади. Сарфлаш бакидаги ишқор эритмасининг температураси қаршилик термоўзгарткичи *4—1* билан ўлчанib, ундан келаётган сигнал шчитда жойлашган кўрсатувчи ва ростловчи асбоб *4—2* га келади, у ишқор эритмасини иситиш учун буғ узатиш клапанининг электр ИМ *4—3* ни бошқаради. Шишаларни дастлабки ювиш (*5*) ва чайиш (*7*) учун иссиқ сув температураси ҳам худди шунга ўхшаш амалга оширилади.

Автоматлаштириш схемасида, шунингдек, шиша ювиш машинасига кетадиган сув сарфини назорат қилиш ҳам кўзда тутилган. Бу мақсадда сув узатиш қувурида электромагнит сарф ўлчагич *6—1* ўрнатилган бўлиб, ундан чиқадиган сигнал ўлчаш блоки *6—2* орқали иккиламчи кўрсатувчи ва ўзи ёзувчи асбоб *6—3* га келади.

XXV БОБ. ИШЛАБ ЧИҚАРИШДА ЁРДАМЧИ ЖАРАЁНЛАРНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

XXV.1-§. ЁРДАМЧИ ЖАРАЁНЛАРНИНГ УМУМИЙ ТАВСИФИ ВА АВТОМАТЛАШТИРИШНИНГ ВАЗИФАЛАРИ

Кимё ва озиқ-овқат саноати корхоналари электр энерги буғ, сув, сиқилган ҳавосиз меъёрида ишлай олмайди. Ишл чиқариш хоналарида талаб қилинган температура ва ҳа намлиги таъминланиши лозим. Ишлаб чиқариш чиқиндила атроф муҳитни ифлослантирмаслиги учун тозаланиши керак

Корхоналар электр энергияни ва буғни энергия системаси дан ёки хусусий иссиқлик электр маркази ИЭМ дан олади Баъзи саноат корхоналарида буғ олиш унумдорлиги 10 т соа гача ва босими 1,3 МПа бўлган кичик қувватли қозон агрегат лари ҳамда буғ олиш унумдорлиги 75 т соатгача ва босим 3,9 МПа гача бўлган ўртача қувватли қозон агрегатлари қўл ланилади. Қозонхонада ишлаб чиқарилаётган буғ турбогене раторда электр энергия ишлаб чиқишга, қозонхонанинг шахси эҳтиёжларига ва технологик эҳтиёжларга сарфланади.

Автоматлаштириш воситаларининг таъминоти учун, трубо проводларни босим остида дамлаш ва бошқа эҳтиёжлар учу керак бўладиган сиқилган ҳаво ҳаво-компрессор қурилмалар ёрдамида олинади.

Ишлаб чиқаришдаги ходимларнинг иш шароитини таъмин лаш, юқори сифатли маҳсулот олиш, хом ашёни ва тайёр маҳ сулотни сақлаш, қурилиш конструкцияларининг мустаҳкамли гини таъминлаш учун шароит иситиш, вентиляция, аспирация ва ҳавони тозалаш системалари ёрдамида таъминланади.

Саноат корхоналарида сув технологик жараёнларда, маҳ сулотларни ташишда иштирок этади, аппаратура ва механизм ларни совитиш учун хизмат қилади, қозонларда буғ ҳоси қилиш учун, хўжалик ва бошқа эҳтиёжларда фойдаланилади Фойдаланиладиган ва ташлаб юбориладиган сув миқдори тех нологик жараёнларнинг сифатига, унинг энергия сигимига тежамлилигига таъсир қилади, атроф муҳитни муҳофаза қилиш масалаларига тааллуқли бўлади. Сув қимматли табиий ресурс бўлиб, уни сақлаш муҳим муаммодир. Янги сув сарфини камай тириш сув таъминоти айланма манбаъларини қўлланиш йўл билан ҳал қилиниб, бунда айнан бир сув зарур ишни бир неч марта бажаради. Корхоналар сувни табиий сув ҳавзаларида (дарё, кўл, ариқдан) ёки сунъий иншоотлардан (артезиан қу дуқлардан) насос станциялар ёрдамида оладилар. Саноат айланма, ёнғинга қарши сув таъминоти насос станциялари в оқова сувларни ҳайдаш станциялари мавжуд. Сув ҳавзаларига келиб тушадиган оқова сувлар олдин махсус иншоотлард тозаланади, улардан санитария соҳасида ҳавфли бўлган ёк иккиламчи хомашё сифатида қимматли бўлган киришмала олинади. Оқава сувларни биолгик ва механик йўл билан тоза ланади.

Ёрдамчи жараёнларни автоматлаштиришга жуда катта эътибор берилади, чунки у фақат меҳнат қилиш шароитини ва техник-иқтисодий кўрсаткичларни яхшилабгина қолмасдан, балки меҳнат хавфсизлигини таъминлашга, қурилмалар ишлашида авария ҳолатларини бартараф этишга имкон беради. Ёрдамчи ишлаб чиқаришдаги бир қатор қурилмалар автоматлаштириш воситалари билан бирга комплект тарзда келтирилади. ИЭМ (ТЭЦ) каби объектларни автоматлаштириш ҳажми ва даражаси махсус далолатнома ва қоидалар билан белгиланган. Қуйида бир қатор ёрдамчи жараёнларни автоматлаштириш схемалари келтирилган.

XXV.2-§. БУҒ ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ЖАРАЁНИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

Иссиқлик электр станциясининг асосий қурилмаси — ўта қиздирилган буғни ишлаб чиқариш учун мўлжалланган буғ қозонидир. Дастлабки хомашё ёнилғи, ҳаво ва сув ҳисобланади. Ёнилғини ёқишда олинган энергия сувга узатилади, бунинг натижасида ўта қиздирилган буғ ишлаб чиқарилади. Чиқитлар — совиган тутун газлари атмосферага чиқариб ташланади.

Баъзи бир кимё ва озиқ-овқат саноатида жуда кенг тарқалган барабан туридаги буғ қозонининг схемаси 25.1-расмда келтирилган. Ёнилғи, одатда, мазут ҳаво билан аралашган ҳолда ёндириш қурилмаси орқали ўчоққа киради ва ёнади. Ҳаво вентилятор ёрдамида ҳайдалади. Ёниш маҳсулотлари — қизиган тутун газлари мўрилар орқали ўтиб, турли хил иссиқлик узатиш сиртларига иссиқликни беради ва тутун сўргич билан тутун қувурига тортилади. Сув экономайзерида иситилган, олдиндан қуйқа ҳосил қилувчи аралашма (қоришма) лардан ва унда эриган ҳаводан тозаланган сув қозон ўчоғига ўрнатилган барабанга узатилади. Сув ўчоқни ички томондан тўсувчи трубаларда буғланади. Барабанда сув сиртида тўйинган буғ тўпланади ва тўйинган буғда мавжуд бўлган сув томчиларининг буғланиши ҳамда унинг температурасини берилган қийматгача етказиш учун мўлжалланган буғ қиздиргичга келади.

Буғ қозонининг иш сифатини ифодаловчи асосий чиқиш катталиклари ўта қизиган буғнинг босими, температураси ва унинг сарфи, ёнилғи ва сув сарфи ҳисобланади. Бу кўрсаткичлар сувнинг кимёвий таркиби, ёнилғининг калориялиги, ҳавонинг босими, ўчоқда ва тутун торткич олдидаги мўрида сийракланишт (вакуум), барабандаги сувнинг баландлиги ва кўпгина бошқа омиллар каби кириш ва оралиқ катталикларга боғлиқ бўлади.

Барабан туридаги буғ қозонида ўта қизиган буғ олиш жараёни кечишининг энг яхши шароити барабандаги сув сатҳини барқарорлаштириш ва ўчоқда сийраклантириш, ёнилғи ва ҳавони меъёрлаш, барабанда сувдаги туз миқдорини барқарорлаштириш йўли билан амалга оширилади. Барабандаги сув сатҳининг номинал қийматдан пасайиш томонига қараб ўзга-

риши барабаннинг ва экран трубаларининг ўта қизиб кетишиг сабаб бўлиши мумкин, бу улар мустаҳкамлигининг бузилиш билан боғлиқ. Сув сатҳи меъёридан ортиқча бўлганда эса бу жуда ортиқча намланади, бу ўта қизиган буғ параметрин керакли қийматда ушлаб туришга имкон бермайди.

Ўчоқда сийракланишнинг етарли даражада бўлмаслиг ўчоқда ва мўриларда тутун газларининг тезлиги кичик бўлиш ва иссиқлик алмашиниш сиртларининг ифлосланиши туфайл конвектив иссиқлик алмашинувини ёмонлаштиради. Сийракла ниш юқорироқ бўлганда ёниш радиацион иссиқлик алмашув ёмонлашади ва горелка қурилмасида ёниш жараёни яхши кеч майди. Горелкаларга узатилаётган ёнилғининг етишмаслиг қозоннинг буғ ҳосил қилиш унумдорлигини пасайтиради, ёнил ғининг ортиқчалиги эса барабанда босимнинг мумкин бўлма ган даражада ортиб кетишига, эҳтиёт клапанларининг ишла кетишига ва ёнилғининг ортиқча сарфланишига олиб келади.

Ўчоққа берилаётган ҳаво миқдори ёнилғи миқдорига мо бўлиши керак. Акс ҳолда ё ҳаво етишмаслигидан ёнилғи тўл ёнмайди, ёки ҳаво ҳаддан ташқари кўплигидан ёнувчи газлар нинг температураси пасайиб кетади. Қозондаги сувнинг ту миқдори ортганда иссиқлик алмашинишини ёмонлаштирувч қуйқим ҳосил бўлиши тезлашади. Туз миқдорининг пасайиш сувнинг ортиқча исроф бўлиши билан боғлиқ.

Барабанли буғ қозонида содир бўладиган ёнилғинин ёниш, иссиқлик ва масса алмашинуви жараёнларининг ўзиг хос хусусиятларини қараб чиқиш уни автоматлаштиришга бўл ган асосий талабларини ифодалашга имкон беради: барабан даги сув сатҳи баландлигининг барқарорлиги, ўта қизитилга буғнинг берилган параметрларини сақлаб туриш, ўчоқда в мўридаги сийракланишни барқарорлаштириш, ёнилғини ёқиш учун берилган ҳаво миқдорини сақлаш.

Барабанли буғ қозони автоматик ростлаш объекти сифа тида уни автоматлаштиришни мураккаблаштирувчи бир қато хусусиятлар билан ифодаланади. Бу биринчи навбатда ўзар боғлиқ кирувчи ва оралиқ параметрларнинг жуда катта миқ дори, иккинчидан, истеъмолчиларга юбориладиган буғ сарфи бўйича ғалаёнланишларнинг мавжудлиги, ва учинчидан, чиқиш ва оралиқ катталикларни сақлаб туриш аниқлигига, автомат лаштириш воситаларига, ишининг ишончлилигига қўйиладига юқори талаблар.

Кириш ва оралиқ параметрларнинг ўзаро боғлиқлиги қозон агрегати ва буғ турбинасининг ўзаро таъсирлашиши жараё нида иссиқлик ва модда балансини сақлаб туриш зарурлиги билан аниқланади. Ёндирилаётган ёнилғи миқдори ишлаб чи қарилаётган буғ миқдорига мос келиши керак, у эса ўз навба тида буғ турбинаси истеъмол қилаётган буғ сарфига мос бў лиши керак. Тежаб ёқиш учун ёнилғи сарфи ва ҳаво сарфлари нисбатини доимий сақлаш, шунингдек, ўтхонада барқарор алан гани таъминлаш зарур.

Иссиқлик ва модда балансларининг бузилиши қозон агрегатининг номинал режимдан анча четлашишига олиб келиши мумкин, бу эса авария ҳолатларини, хатто қурилманинг бузилишларига, хизмат кўрсатувчи ходимлар соғлиғига хавф солиши ҳам мумкин. Қозон агрегати ва турбинани авария режимларидан ҳимоя қилиш учун ёки меъёридан ортиб ёки камайиб кетган параметрни йўл қўйилгаи чегарага келтириш, ёки ёниш ва буғ ҳосил қилиш жараёнини тўхтатиш керак. Бундай авариявий ва авария олди режимларига, масалан, қозон барабанида босимнинг ортиши, буғнинг ўта тўйинишида температуранинг пасайиши ва кўтарилиши киради.

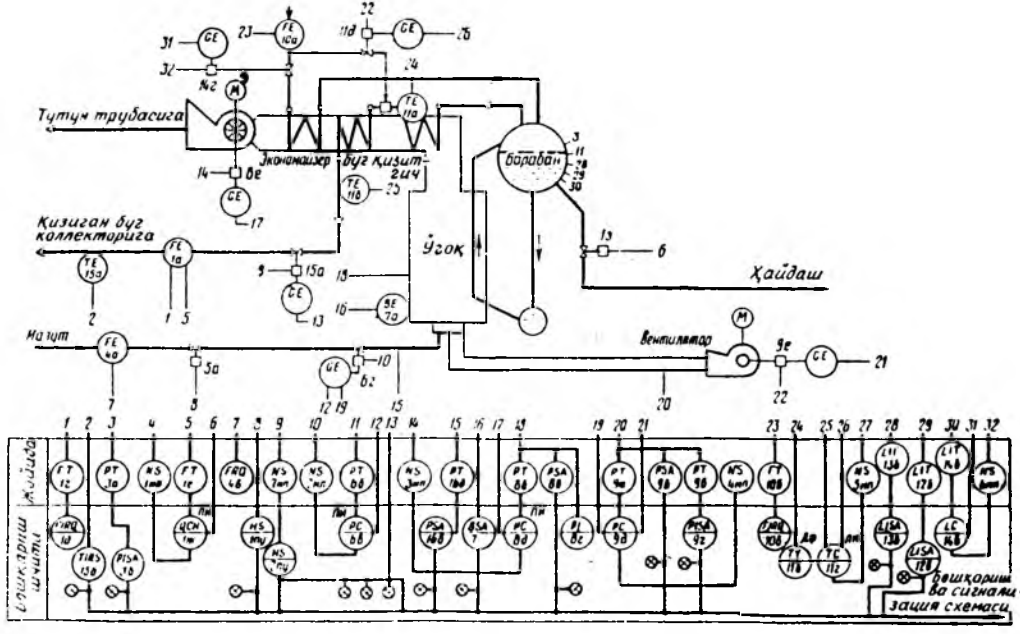
Баъзи саноат корхоналарида кенг тарқалган ДКВР ёки ДКЕ туридаги кичик қувватли барабанли қозонларнинг автоматлаштириш системасини қараб чиқамиз. Унинг ишлаш схемаси 25.1-расмда келтирилган.

Қозон барабанидаги сув сатҳи баландлигини автоматик ростлаш иши барабанга берилаётган сув сарфини ўзгартириш йўли билан амалга оширилади. Сув сатҳи баландлиги дифференциал-трансформатор ўзгарткичли ДМ дифманометр *14б* билан ўлчанади. Р 25.1.2 туридаги ростловчи асбоб *14в* сигнални қабул қилади ва трубопроводдаги сувни узатиш тўсқичининг МЭОК туридаги ижрочи механизми *14г* нинг электр двигателини бошқариш магнитли юргизиб юборгичини улайди ҳамда узади. Чиқиш сигналининг қиймати ростловчи асбобни созлаш параметрлари қийматларига ва сатҳ баландлигининг берилган қийматдан оғиш катталигига боғлиқ.

Барабандаги буғ босимини автоматик ростлаш қозон агрегатининг иссиқлик ва моддий балансларини сақлаб қўйиш мақсадида ёнилғини одатда мазутни сарфлашга таъсир қилиш йўли билан амалга оширилади. Буғ босими дифференциал-трансформатор узатмали МЭД монометр *6б* билан ўлчанади ва ростловчи асбоб Р25.1.2 нинг киришига узатилади. Ростловчи таъсир ПИ-ростлаш қонунига мувофиқ мазутни горелкаларга узатиш қувурида ўрнатилган МЭОК *6г* электр юритмали дарча (задвижка) ёрдамида киритилади.

Ўта қизиган буғнинг температурасини буғ иситкичнинг иккинчи босқичидан сўнг автоматик ростлаш биринчи босқичдан сўнг пуркалган сув сарфига таъсир кўрсатиш йўли билан амалга оширилади. Чиқиш параметрини ростлаш аниқлигига қўйиладиган юқори талаблар, чуқур ғалаёнлантирувчи таъсирларнинг мавжудлиги ва «ғалаёнланиш-чиқиш» каналларининг инерционлиги кичиклиги ўта қизиган буғ температурасининг кўп контурли АРСини яратиш зарурлигига олиб келади. Бундай системаларда, одатда, ғалаёнланиш бўйича ростлаш принципи ҳам қўлланилади.

Кўриб чиқилаётган система ростловчи Р25.3.2 асбоби *11г* ғалаёнланиш ҳақида буғ қиздиргичнинг 2-босқичидан чиқишда температура ўзгаришининг катталиги ва тезлиги ҳақидаги сигнални қабул қилади ва пуркалаётган сув сарфини ўзгартириш



25.1- расм. Буғ қозони агрегатини автоматлаштириш схемаси.

йўли билан барқарорлаштирувчи таъсир киритади. Чиқувчи катталикни сақлаб туриш аниқлигини таъминлаш учун ростловчи блок *11г* чиқувчи катталикнинг топшириқдагидан четлашишига қараб объектнинг ўша киришига ўша ростловчи орган ёрдамида — пуркалувчи сув узатувчи қувурда ўрнатилган МЭОК туридаги электр юритма *11д* ли дарча ёрдамида тузатувчи (коррекцияловчи) таъсир ишлаб чиқади. К16..32 туридаги дифференциалловчи қурилма *11в* биринчи босқичдан кейин ўта қиздирилган буғ температурасига пропорционал сигналга бу катталикнинг ўзгариш тезлигига пропорционал ташкил этувчини киритади.

Ҳавонинг сарфи вентиляторнинг унумдорлигига ёнилғининг ёниш жараёнининг энг тежамли шароитларини қўллаш мақсадида ростланади. Бу шароитларга ёнилғи ва ҳаво сарфларининг нисбати барқарорланганда эришилади.

Ёнилғи ва ҳавонинг сарфланишлари ҳақида амалиёт учун етарлича аниқликда ижрочи механизмларнинг ҳолатига қараб МЭОК *6 г* электр юритмаларнинг — ҳаво узатувчи трубопровод ёпмаси (сурмаси) ва *9е* — вентиляторнинг йўналтирувчи аппарати, Р25.32 *9 д* ростловчи блок *6 г* ва *9 е* ростловчи органларнинг датчиклари сигналларини қабул қилади ҳамда ижрочи механизм *9 е* га таъсир қилувчи дискрет чиқиш сигнали ишлаб чиқаради.

Ёнилғи ва ҳаво нисбатининг АРС ида мустақиллик захирасини орттириш учун вентилятордан сўнг ҳавонинг босими бўйича манфий тескари боғланиш киритилган. Ҳавонинг босими дифференциал — трансформаторли ДТ-2-300 дифференциал тягомер билан ўлчанади.

Ўчоқ камерасининг юқори қисмида сийракланишни автоматик ростлаш тутунсўргич йўналтирувчи аппаратини кўчириш йўли билан амалга оширилади. Сийракланиш ДТ-2-50 туридаги дифференциал ўлчагич (тягомер) билан ўлчанади. Сийракланишнинг ўзгаришига пропорционал электр сигнали Р25.1.2 туридаги ростловчи блок билан ростлашнинг ПИ-қонунига мувофиқ ижрочи механизм МЭОК *8а* га таъсир қилувчи дискрет чиқиш сигналига айланади.

Қозондаги сувнинг туз миқдори АРС бўйича ростлаш принципидан фойдаланиб амалга ошади. Сув доимий туз миқдорига эга бўлганида қозон барабанидаги қуйқа ҳосил қилувчи тузларнинг миқдори барабандан олинаётган буғ сарфидан тўғри боғланишда бўлади. Камера диафрагмаси ДК-40-50 1*са*, конденсацион идишлар СКМ *16* ва дифманометр ДМ *1е* дан иборат комплект билан ўлчанган ўта қизиган буғ сарфига пропорционал сигнал ростловчи блок Р25.1.2 *1ж* нинг киришига келади. Ростловчи таъсир барабан қувурида ўрнатилган суриғичнинг ижрочи механизми МЭОК *1 д* ёрдамида амалга ошади.

Асосий кириш, оралиқ ва чиқиш параметрларини автоматик назорат қилишда ёнилғи, сув ва ўта қиздирилган буғ сарфи

ҳисобга олинса, ёниш ва буғ ҳосил бўлиш жараёнларини ўтк зишнинг тўғрилигини баҳолашга имкон беради.

Ўта қиздирилган буғ ва сув сарфи ДК-40 *1а*, *10а* диафра маларнинг мембранали дифманометрлар ДМ *1е* ва *10б* била биргаликдаги комплектда ўлчанади. Иккиламчи дифференциа трансформаторли асбоблар КСД *1д* ва *10в* сарфларнинг жори қийматини доиравий диаграммага ёзади ва интегратор ёрд мида тораювчи қурилма орқали ўтадиган моддаларнинг йиғинд миқдори ҳисобланади.

Мазут сарфи тораювчи қурилма таркибидаги сарф ўлчагич лар комплекти сопло *4а* ва у билан ажратув (ҳимоялов) ч идишлар *4б* орқали бирлаштирилган сильфонлар ўзиёзар диф манометр ДСС-712Н *4в* билан ўлчанади. Мазутнинг йиғинд миқдори ичига ўрнатилган интегратор ёрдамида аниқланади

Барабандаги буғнинг босими ва мазутнинг горелкалар олди даги босими иккиламчи кўрсатувчи ва сигнал берувчи КПД *3б*, *16в* асбоблар билан комплектдаги дифференциал транс форматорли узатмали манометрлар МЭД *3а* ва *16б* билан ўлчанади.

ИЭМ коллектори олдидаги ўта қизиган буғнинг температу раси ТХК 0515 *15а* терможуфт билан ўлчанади ва сигналловч қурилмали иккиламчи асбоб КСП-2 *15б* нинг диаграммасид ёзилади. Автоматлаштириш схемасида кўзда тутилган сигна бериш ва блокировка системалари қозон агрегатининг, у бо лиқ қурилманинг ва ИЭМ га хизмат кўрсатувчи ходимларнин ишлаш ҳавфсизлигини автоматик системалар ва оператор қозо қурилмасининг нормал режимда ишлашини таъминлаш вази фасини уддасидан чиқа олмаган ҳолларда ёниш жараёнин тўхтатиш йўли билан таъминлайди. Блокировкалаш билан би вақтда жараённинг бузилиши ҳақида хабар берувчи ёруғли ва товуш сигналлари ҳам берилади.

Хавфсиз ишлашнинг асосий шартларидан бири — ҳавон тинимсиз бериб туришдир. Вентилятордан кейин ҳавонинг ор тиқча босими йўқлиги ҳақидаги сигнал билан тасдиқланга вентилятор двигателини тўхтатиш ҳақидаги сигнал блокировк занжирларининг ишлашига олиб келиб, у ёнилғининг узати лишини ва ўта қиздирилган буғни ажратишни тўхтатади. Ҳав босимининг тушиши тўғрисидаги сигнал — электр занжирлар контактларининг уланиши босим релеси ДН-250-11 *9б* — датчи билан амалга оширилади. Ҳимоялашнинг ишончлилигини орт тириш учун ҳавонинг босими пасайгани тўғрисидаги сигна босими датчиги ДМ-*9в* билан биргаликда ишловчи иккиламч асбоб КПД1 *9г* билан бажарилади.

Ёнилғи узатилишини электромагнитли СВМ *5а* клапа бажаради. Ўта қизиган буғни танлаш буғ трубасига потенци али унча юқори бўлмаган буғ тушишидан ҳимоя қилиш мак садида бош буғ йўлини ижрочи механизм МЭОК *15а* ёрдамид ёпиш йўли билан тўхтатилади. Ёнилғинн горелкаларга узати қувурида босим пасайганда ҳам худди шундай блоки ровка амалга оширилади. Ёнилғи босимининг тушиши ҳақидаг

сигнал босим датчиги МЭД *16б* билан биргаликда ишловчи иккиламчи асбоб КПД1 *16в* билан бажарилади.

Яна бир қатор шартлар мавжуд бўлиб, уларнинг бажарилмаслиги турли хил авария ҳолатларининг вужудга келишига олиб келади. Бу ўчоқда аланганинг сусайиши ва ўчиб қолиши, тутун тортгичнинг тўхташи ва ўчоқнинг юқори қисмида сийракланишнинг бўлмаслиги, қозон барабанида сув сатҳи баландлигининг пасайиши ёки кўтарилиши, барабанда буғ босимининг ошиши ёки ўта қизиган буғ температурасининг йўл қўйиш мумкин бўлган қийматларгача пасайиши ва бошқалар. Бундай ҳолларда блокировка системалари ўчоқдаги ёниш жараёнини вентиляторни тўхтатиш йўли билан амалга оширилади, бу эса ўз навбатида ёнилғи берилишини ва ўта қизиган буғни таилашни тўхтатади.

Аланганинг пасайиши ва ўчиши тўғрисидаги сигнал ҳимоявий запас қурилма ЗЗУ—1, *7а, б* билан бажарилади, унинг сезгир элементлари — фотодиодлар аланганинг равшанлиги ўзгаришидан таъсирланади. Ўчоқда сийракланишнинг тушиши тўғрисидаги сигналны босим ва тортиш релеси ДТН-100—11 *8е* бажаради. Қозон барабанида сув сатҳи баландлигининг пасайиши ва кўтарилиши тўғрисидаги сигналлар барабандаги сув сатҳи баландлигини ўлчовчи *ДМ-12б* ва *13б* дифманометрлар билан бир комплектда ишловчи иккиламчи асбоблар *КСД-2* ва *КСП-1 12в* ва *13в* томонидан амалга оширилади. Асбобларнинг такрорланиши назорат қилинаётган параметрнинг муҳимлиги билан оқланади. Барабандаги босим дифференциал-трансформаторли ўзгарткич МЭД *3а* ли манометр билан ўлчанади. Иккиламчи асбоб КПД-1 *3б* буғ босимини ўзгартириш тўғрисидаги узлуксиз сигналны қабул қилади ва барабандаги буғ босими йўл қўйилган чегарага етганда блокировка занжирлари контактларининг уланиши кўринишидаги дискрет электр сигнал ишлаб чиқаради. Ўта қиздирилган буғ температурасининг пасайиши тўғрисидаги сигнал ХҚ *15а* терможуфт билан бир комплектда ишловчи КСП-2 туридаги *15б* потенциометр билан амалга оширилади.

XXV.3-§. СОВУҚ БИЛАН ТАЪМИНЛАШ ЖАРАЁНИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

Қимё ва озиқ-овқат саноати корхоналарида совуқ таъминлаш машиналарининг тури, уларда қўлланиладиган совуқ агентлар, совитилаётган муҳитдан энергия олиш усуллари билан фарқ қиладиган совитиш қурилмалари ёрдамида олинади ва фойдаланилади. 25.2-расмда оралиқ совуқ элткичли ва бир босқичли компрессорли энг кўп тарқалган совитиш қурилмаларидан бирининг схемаси тасвирлаиган.

Совитиш қурилмасининг асосий жиҳозлари биргаликда совитиш машинасини ташкил этиб, у доимий миқдордаги совуқ агентнинг буғланиш ва конденсацияланиш берк доиравий жараёни ёрдамида узлуксиз совуқ олиш учун мўлжалланган.

Оралиқ иссиқлик элиткич сифатида намакоб — ош тузи ёки кальций хлор эритмаси хизмат қилади. Буғлаткичда совитилган намакоб марказдан қочма насос билан совитиш камераларига ва бошқа совуқ истеъмолчиларга ҳайдалади.

Совитиш қурилмаси ишининг самарадорлиги унинг совуқ ишлаб чиқариш унумдорлиги ва совитилаётган муҳит температурасини сақлаш аниқлиги билан белгиланади. Бу параметрлар кўпгина омилларга боғлиқ, уларга суюқ аммиакни конденсаторга узатиш қувурларининг қаршилиги, компрессорнинг қуввати, аммиак буғларини совитувчи сувнинг сарфи ва температураси, совуқ истеъмолчиларнинг иссиқлик юкланиши киради.

Совитилаётган муҳитнинг температурасини сақлаб туриш аниқлиги кўпгина ғалаёнланувчи таъсирларга боғлиқ. Улардан бирини — оралиқ совуқ элткични барқарорлаштириш-чиқиш параметрини сақлаб туриш аниқлигини оширишга ва совитиш машинасининг ишлаш шароитини яхшилашга имкон беради.

Совитиш қурилмаси ишида унинг турли элементларида ҳавфли ҳодисалар юз бериши мумкин, масалан: совуқ агентнинг камайиши, гидравлик зарблар, компрессорнинг ортиқча юкланиши. Ҳавфли иш режимларининг вужудга келиши ички ва ташқи таъсирлар сабабли ҳам юз бериши мумкин.

Совитиш қурилмаси ишининг ўзига хос хусусиятларини қараб чиқиш уни автоматлаштиришга бўлган асосий талабларни ифодалашга имкон беради; совитиш машинасининг хавфсиз ишлашини таъминлаш, совуқ ишлаб чиқариш унумдорлиги ва иссиқлик юкланиши орасидаги мосликни сақлаш оралиқ совуқ элиткич температурасини ва совитилаётган муҳитнинг температурасини барқарорлаштириш.

Совитиш қурилмаси автоматлаштириш объекти сифатида бир қатор хусусиятларга эга бўлиб, улар ростлаш усулларини ва назорат ҳамда бошқариш воситаларини танлашда ҳисобга олиниши зарур. Бу биринчи навбатда хавфсизликка юқори талаблар бўлиб, совитиш машиналари жойлаштириладиган хоналар В-1б синфидаги портлаш ҳавфи бўлган хоналарга киради. Иккинчидан, компрессор қурилмасининг совуқ ишлаб чиқариш унумдорлигини кенг доирада равон ростлаш қийинлигидадир. Иссиқлик юкланишларининг кескин суткалик ва мавсумий ўзгаришлари совуқ ишлаб чиқариш унумдорлигини компрессорни улаш ва узиш йўли билан позицион ростлашни қўллашнинг зарур эканлигига олиб келади.

Совуқ ишлаб чиқариш унумдорлигини кичик оралиқларда компрессорнинг сўрувчи қувурини дросселлаш йўли билан ростлаш мумкин. Бунда буғлаткичдаги сатҳ баландлигини буғлаткичга суюқ совуқ агетни узатиш трубопроводини дросселлаш йўли билан сақлаб туриш зарур. Хонада портлаш хавфи мавжудлиги туфайли совитиш машинасининг энг жиддий элементини-компрессорни авариядан ҳимоя қилиш юритма электродвигателини қуйидаги хавфли ҳолатлардан бири юз берганда ўчириш йўли билан амалга оширилади, масалан, компрессор

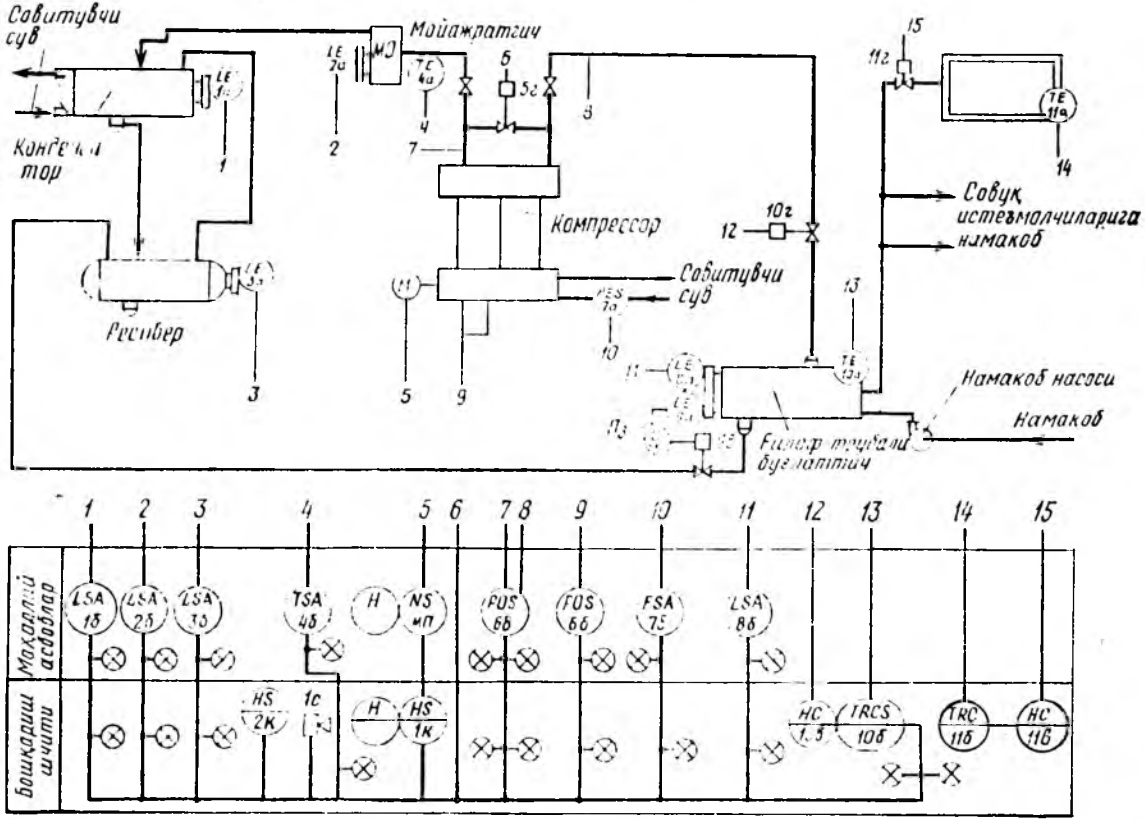
нинг сўрувчи линиясида босимнинг пасайиши, компрессорнинг ҳайдаш линиясида температуранинг ёки босимнинг кўтарилиши, компрессорни совитувчи мой ёки сувни узатишнинг бузилиши, буғлаткичда, конденсаторда, ресиверда ёки мой ажраткичда совуқ агент сатҳининг четлашишида. Компрессор уланганда электр двигателни юкланиш (нагрузка) дан ҳимоя қилишнинг энг оддий ва ишончли усулларидан бири электр двигателни номинал айланиш тезлигига тезлаштириш учун зарур вақтда ҳайдовчи қувурни сўрувчи қувур билан бирлаштиришдир.

25.2- расмда келтирилган совитиш қурилмасини автоматлаштириш схемасини қараб чиқамиз.

Ғилоф (кожух) — қувурли буғлаткичда совуқ агент сатҳи баландлигини автоматик ростлаш суюқ совуқ агент оқимига бевосита таъсир қилмайдиган икки позицияли сатҳ ростлагичи ПРУД ёрдамида таъсир қилиш йўли билан амалга оширилади. Сатҳ баландлиги ўзгарганда қалқовуч *9а* нинг силжиши пневматик икки позицияли реле *9б* га узатилади, унинг чиқиш сигнали 0 ёки 0,14 МПа га тенг сиқилган ҳаво босими суюқ совуқ агентли конденсаторга узатиш қувуридаги мембранали ижрочи механизм клапани *9в* га таъсир кўрсатади.

Оралиқ совуқ элиткич — намакобнинг температурасини автоматик ростлаш иссиқлик юкланиши билан совуқ ишлаб чиқариш унуми орасидаги мосликни сақлаш учун мўлжалланган. ТСМ-5071 туридаги қаршилик термометри *10а* температура датчиги вазифасини бажаради. КСМ-3 иккиловчи асбоби буғлаткичдаги намакоб температурасининг ўзгариши тўғрисида сигналини қабул қилади ва уни пневматик ростловчи блок ёрдамида ўзгартиради. Ростловчи блок чиқиш сигнали таъсирида сиқилган ҳаво босимининг ўзгариши таъсирида ростловчи клапан *25 ч, 30 нж, 10 г* буғлаткичдан сўриб олинаётган совуқ агент буғлари сарфига таъсир кўрсатиб, шу билан намакобдан олинадиган иссиқлик миқдорини ўзгартиради. Бироқ компрессорнинг сўрувчи магистралини дроссселлашнинг имкониятлари чекланган, шунинг учун намакоб температурасининг катта миқдорга пасайишида уч позицияли ростловчи қурилма компрессор юритмаси электр двигателини бошқариш қурилмасига сигнал юборади, бунинг натижасида компрессор ўчирилади (узилади). Намакоб температураси максимал қийматдан ошиши билан компрессор яна уланади.

Совитилаётган муҳитнинг температураси, масалан, совитиш камерасидаги ҳавонинг, кондиционер форсунка камераси тубидаги сувнинг ва ҳоказоларнинг температураси иссиқлик алмашиниши сиртларига бериладиган намокоб сарфига таъсир кўрсатиш йўли билан сақлаб турилади. ТСМ.5071 *11а* қаршиликли мис термометри температура датчиги вазифасини бажаради. Иккиламчи асбоб КСМ-3. *11б* га ўрнатилган пневматик ростловчи блок температуранинг берилган қийматидан оғишига боғлиқ ҳолда иш бажаради. Ростловчи таъсир ростловчи клапан *25ч 30 нж 11г* ёрдамида амалга оширилади.



25.2- расм. Совутиш қурилмасини автоматлаштириш схемаси.

Совитиш қурилмаларини уларнинг ишлаш ҳавфсизлигини таъминлаш учун ҳимоя қилиш кўзда тутилади. Ҳимоя воситалари сифатида портлашга қарши махсус автоматлаштириш воситаларидан ҳам, совитиш қурилмаси фаолиятининг нормал шароитлар бузилганда компрессорни ўчирувчи автоматик ҳимоя системалари ҳам қўлланилади. Совитиш қурилмалари ишлашининг нормал шароитига қурилманинг буғлаткичда ва бошқа идишларида суюқ совуқ агент сатҳи баландлигини шунингдек, назорат қилинаётган режим параметрларини берилган чегараларда сақлаш киради. Сатҳ баландлигининг йўл қўйиб бўлмайдиган қийматларга етгани тўғрисидаги сигналлар — электр занжирлари контактларининг туташуви — қалқовучли сатҳ релелари ПРУ-5 *1б, 2б, 3б, 8б* дан олинади.

Компрессорнинг ҳайдовчи патрубкасида босимнинг ошиб кетишидан ва сўрувчи патрубкада босимнинг камайиб кетишидан ҳимоя қилишни иккиланган босим релеси Д220А-13 *5в* бажаради, унга юқори босим датчиги ва паст босим датчиги киради. Совуқ агент сиқилган буғи температурасининг ортиши датчик — температура релеси ТР-ОМ509 *4б* ёрдамида аниқланади, у компрессорни ўчирувчи сигнал беради. Совитувчи цилиндрлар бўшлиғи орқали сув оқими тўхтаб қолганда ҳам (сигнални оқим релеси РП-67 *7а*, *7б* ишлаб чиқади) ва мажбурий мойлаш системаси иши бузилганда ҳам (мойлашни назорат қилувчи реле РКС-*6б* нинг сигналига мувофиқ) компрессорнинг тўхтатилиши кўзда тутилган.

Компрессорни ишга туширишда электр двигателга тушадиган юкланишни пасайтириш учун юриб кетиш вақтида сўрувчи магистрал юритмасини ҳайдовчи юритмага улаш кўзда тутилган. Ишга туширишда сўрувчи ва босимли қувурлар орасидаги тўсиқдаги соленоид вентиль СВМ-10 *5г* очилади. Электр двигатель нормал айланиш тезлигига эришгандан сўнг вақт релеси вентиль *5г* ни узади ва тўсиқ ёпилади.

Ҳимоя системаларининг ишлаб кетиши ва электр двигателнинг тўхтаб қолиши ёруғлик ва товуш сигналлари билан хабар қилинади. Ёруғлик сигналлари тўхташ сабабларини кўрсатишни таъминлайди.

XXV.4-§. СУВ ТАЪМИНОТИ ЖАРАЁНИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

25.3-расмда тасвирланган насос станцияларининг технологик схемаларига ҳайдаладиган суюқлик тўплагичлари, марказдан қочма насослар, уларни бирлаштирувчи қувурлар ва тўсиқ росиловчи ва эҳтиёт қувур арматураси киради. Очиқ сув ҳавзаларидан корхоналарни сув билан таъминлашда (25.3-расм, *а*) сув насос станциясининг биринчи кўтарилиш станцияси деб аталувчи сув босими иншоотига ўзича оқиб келади. Сув тўплагичнинг иккита кириш камераси чиқиш камераси билан тешиклар (дарчалар) билан туташган бўлиб, уларга панжаралар ўрнатилган, улар механик аралашмаларнинг йирик зарраларини, муз парчаларини тутиб қолади. Панжараларни

йигилиб қолган ифлосликлардан тозалаш учун махсус қурил малар кўзда тутилган бўлиб, улар чиқиш камераси томонида катта босим остида сув оқимларини йўналтиради. Тоза су марказдан қочма насослар билан сўриб олинади ва корхонаг сув берувчи магистрал водопроводга ҳайдалади. Насос станция сининг ишончли ишлаши насосларни резервлаш йўли билан таъ минланади: улардан одатда, тўрттаси ўрнатилади. Ҳар бир на соснинг чиқишида тескари клапанлар ўрнатилган. Насос стан цияси хонаси қишки пайт электр иситкичлар билан иситилади

Айланма сув таъминоти системасида ифлосланмаган ишла чиқариш суви совитилгандан сўнг ишлаб чиқаришга қайтари лади (25.3-расм, *б*). Тўплагичдан иссиқ сув марказдан қочма насослар билан градирняга ҳайдалади, кейин совитилган су тўплагичида йиғилади, ундан ишлаб чиқаришга ҳайдалади Ифлосланмаган ишлаб чиқариш сувини ҳайдаш учун иссиқ ва совуқ сувга учтадан насос ажратилади.

Ифлосланган ишлаб чиқариш сувлари аралаштиргичли тўплагичга оқиб тушади (25.3-расм, *в*), ундан эса марказда қочма насос ёрдамида биологик тозалаш станциясига ҳайда лади. Ифлосланган сув насосларидан иккитасининг бири асо сий сифатида, иккинчиси эса захира улаш учун мўлжалланган.

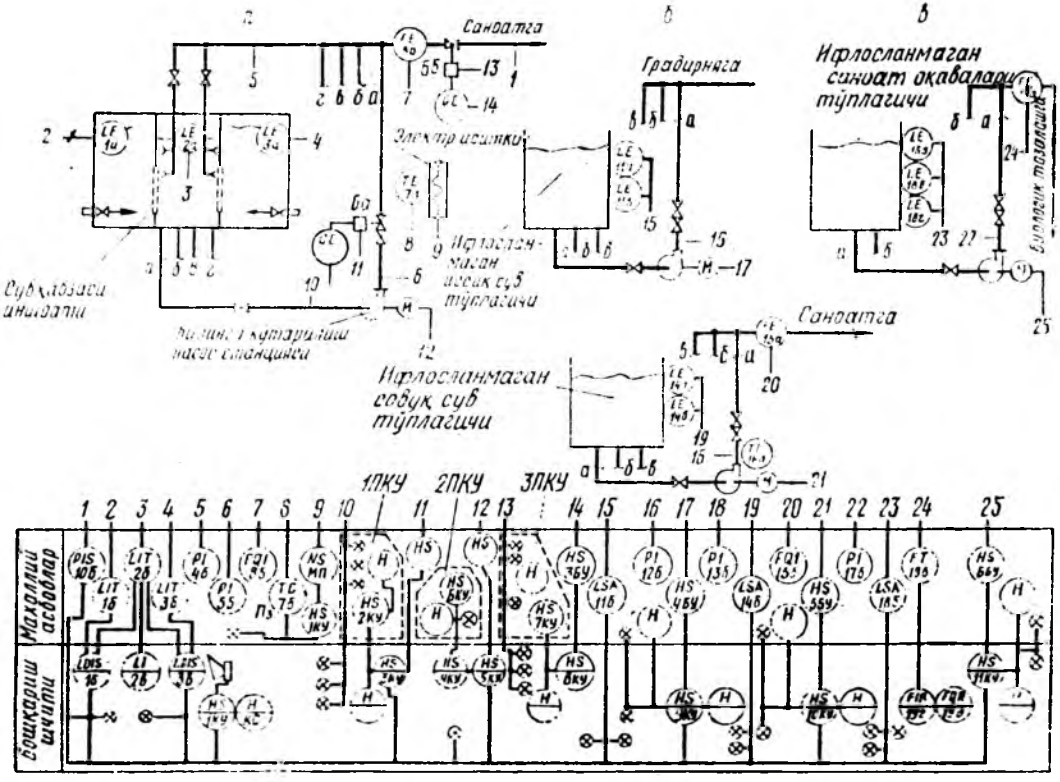
Насос станцияларининг сифати магистрал водопроводда босимни, айланма сув тўплагичларида, ифлосланган саноат оқавалари тўплагичида сатҳ баландлигини берилган чегараларда сақлаш ишончлилиги билан ифодаланади.

Магистрал водопроводдаги босим ишлаётган насосларнинг унумдорлигига ва корхона ишлатадиган сув сарфига боғлиқ. Агар сувни истеъмол қилиш насосларининг унумидан ортиб кетса, у ҳолда магистрал қувурдаги босим тушиб кетади (пасаяди). Ҳайдаладиган суюқликлар тўплагичларидаги сатҳ баландликлари уларнинг келиши ва сарфланиши билан белгиланади. Совитилган айланма сув сарфи уни технологик станцияларнинг истеъмол қилишига боғлиқ бўлади.

Сув йиғиш қурилмаси чиқиш камерасидаги сув сатҳи баландлиги панжара ўрнатилган тешикларнинг гидравлик қаршилиги туфайли кириш камераларидаги сатҳ баландлигидан анча паст бўлади. Панжараларда йирик механик аралашмаларнинг чўкиб, ўтириб қолиши чиқиш камерасида сатҳнинг пасайишига олиб келиши мумкин. Насос станциялари тўплагичларида сатҳнинг насосларнинг сўрувчи қувурларигача тушишига йўл қўйиб бўлмайди, чунки марказдан қочма насоснинг корпусига ҳаво кириши натижасида унинг унумдорлиги кескин тушиб кетади.

Насос станцияларнинг қараб чиқилган хусусиятлари уларни автоматлаштиришга бўлган асосий талабларни белгилаб беради: магистрал водопроводда зарур босимни таъминлаш, тўплагичларда сатҳ баландлигини берилган чегараларда сақлаш.

Тўплагичларда сув босимини ва сатҳ баландлигини сақлаш аниқлигига қўйилган талаблар жуда паст, бу кўрсатилган



25.3- расм. Сув таъминоти жараёнини автоматлаштириш схемаси.

параметрларни ростлашнинг позицион системаларидан фойдаланишга имкон беради. Шу билан бирга насос агрегатларининг ишончли ишлашини таъминлаш зарурлиги автоматик резервлашдан (захиралашдан) фойдаланишни талаб қилади. Биринчи кўтарилиш насос станцияларини масофадан туриб бошқаришда қувватли марказдан қочма насослар юритмалари электр двигателларини ишга тушириш томонларини камайтириш учун уларни насосларнинг босим қувурлардаги тўсиқлар (задвижкалар) ёпиқ бўлганда улаш керак.

Шунингдек, насосга суюқлик келадиган тўплагичларда сатҳ баландлиги йўл қўйиб бўлмайдиган даражада пасайиб кетганда насосларни ўчириб қўйишни назарда тутиш зарур.

25.3-расм, *а* да келтирилган биринчи кўтарилиш насос станциясини автоматлаштириш схемасини қараб чиқамиз.

25.3-расм, *а* да сув қабул қилиш қурилмасидан магистрал сув йўлига сув узатишнинг тўртта линиясидан фақат биттасида насосни ва тўсгични бошқариш кўрсатилган.

Биринчи кўтариш насос станцияси хонасида температурани автоматик ростлаш қурилмасининг иш унумли қувватлаб туриш мақсадида амалга оширилади. Хонадаги температура дилатометрик датчик-реле ТУДЭ-1 *7а* билан ўлчанади, унинг масофадан туриб бошқариладиган қурилмаси *7б* контактор МП ёрдамида электр иситиш асбобларини ёқади ва ўчиради.

Сув қабул қилиш қурилмаси камераларидаги сув сатҳи баландлиги кўрсатишларни масофадан туриб узатувчи қалқовучли асбоблар *1б, 2б, 3б* ёрдамида назорат қилинади. Кириш ва чиқиш камераларидаги сатҳ баландлигининг ўзгаришларини дифференцияловчи сигналловчи иккиламчи асбоблар *1в* ва *3в* қабул қилади ҳамда сатҳларнинг йўл қўйиб бўлмайдиган катта ўзгаришларида сигнал бериш схемасининг электр контактлари туташади, натижада хизмат кўрсатувчи ходимлар кириш ва чиқиш камералари орасидаги деразалардаги ҳимоя панжарасини тозалаш зарурлиги тўғрисида огоҳлантирилади.

Босим трубопроводларидаги босим манометр ОБМ лар билан, магистрал сув йўлидаги босим эса сигнал берувчи манометр ЭКМ *10б* ёрдамида ўлчаниб, унинг туташувчи контактлари босимнинг йўл қўйиб бўлмас даражада пасайиши тўғрисида сигнал беради.

Саноат тармоқларига узатилаётган сув сарфи сарф ўлчагич билан ўлчанади, у тораювчи қурилма камера диафрагмаси ДК ва ўзи ёзар дифманометр ДСС *8б* дан иборат. Йиғинди сув сарфи асбоб *8б* га киритилган интегратор билан аниқланади.

Автоматик блокировка системалари насос станциясининг ишончли ишлашини таъминлаш учун назарда тутилган. Насослардан бири тўхтатилганда ёки магистрал сув йўлида босим тушиб кетганда захира насос ишга туширилади. Насоснинг иш режими захира ёки ишчи эканини бошқариш калити *4КУ* белгилайди. Насосларнинг ишлаши ва сув йўлидаги босим тўғри-

сидаги сигналлар ҳамда босим релеси *10б* дан насос электр двигателларини бошқариш блоклари БУ дан келадиган сигналлар электр блокировка схемасига узатилади. Насос уланганда унинг босим остидаги қувуридаги тўсиқ ёпиқ бўлиши керак, бинобарин, унинг четки узгичи контактлари уланган бўлиши керак. Акс ҳолда насосни автоматик режимда улаб бўлмайди. Насос ишга туширилгандан сўнг маълум вақт ўтгач, реле контакти уланишда вақт ўтказиб, тўсиқни очишга буйруқ беради. Насослар ва тўсиқлар босим ва сатҳлар ўзгаришларининг чегаравий қийматлари холатини сигналлаш, насос станцияси ишини назорат қилиш ва хизмат кўрсатувчи ходимларни ишнинг номинал режимидан четлашишлар бирлиги ҳақида хабардор қилиш учун мўлжалланган. Насосларнинг ишлаши ва авария режимлари тўғрисидаги ёруғлик сигналлари марказий бошқарув постида такрорланади. Маҳаллий бошқариш постида ёруғлик сигналига қўшимча равишда товуш сигналлари ҳам назарда тутилган.

Хизмат кўрсатувчи ходимларнинг меҳнат шароитларини енгиллаштириш учун яна насосларнинг электр двигателлари ва тўсиқларнинг юритмаларини масофадан туриб ва жойдан бошқариш ҳам кўзда тутилган. Бошқариш режимини танлаш — масофадан туриб, маҳаллий (жойидан), автоматик — калитлар *3КУ, 4КУ, 9КУ* ёрдамида амлага оширилади.

25.3-расм, *б* да айланма сув таъминоти системасида ифлосланмаган ишлаб чиқариш сувларини ҳайдовчи насослар гуруҳини автоматлаштириш схемаси кўрсатилган.

Тўплагичларда сатҳни уч позицияли автоматик ростлаш насосларни улаш ва узиш йўли билан амалга оширилади. Сатҳларнинг чегаравий қийматлари ҳақидаги сигналлар сатҳ сигнализаторлари ЭРСУ-3 *1г, 4г* билан узатилади. Ишлаб чиқаришга ҳайдаладиган совитилган сувнинг температурасини назорат қилиш учун суюқликли термометр *6а* қўлланилади. Босимни, сув сарфи ва миқдорини, блокировка системасини, сигнализация ва масофадан туриб бошқариш системасини назорат қилиш системасининг техник ҳал этилиши биринчи кўтарилиш насос станциясида қўлланилганларга ўхшашдир.

25.3-расм, *в* да ифодаланган ифлосланган саноат оқава сувларини ҳайдаш насосларини автоматлаштириш схемаси асосан 25.3-расм, *б* даги схема билан мос тушади. Фарқи муҳитнинг ифлосланганлиги билан ифодаланади. Ифлосланган сувларнинг сарфини назорат қилиш системасида биологик тозалашга ажратилган идиш СРС қўлланилган. Бундан ташқари, тўплагичнинг аваријавий тўлиб кетиши ҳақида сигналлаш кўзда тутилган.

XXV.5-§. ҲАВОНИ КОНДИЦИОНИРЛАШ (ТОЗАЛАШ) ЖАРАЁНИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

Ҳавони кондиционирлаш қурилмалари саноат корхоналарида одамларнинг ва техниканинг ишлаб чиқариш хоналарида

яхши иш шароитларини яратиш, технологик жараёнларни ўтказиш, хомашё ва тайёр маҳсулотни сақлаш учун қўлланилади.

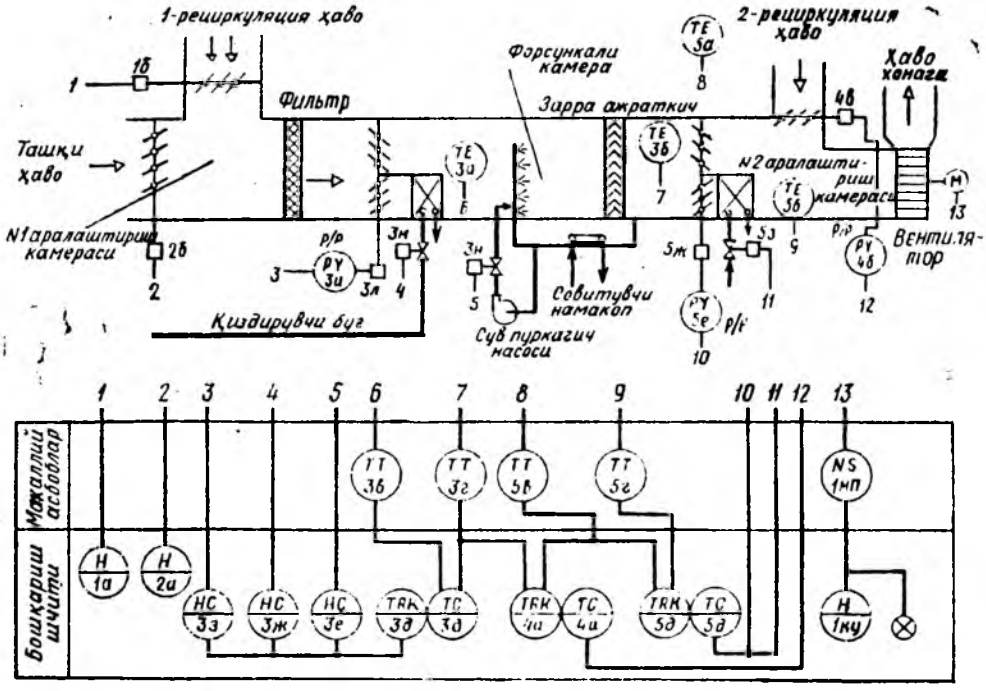
Озиқ-овқат саноати корхоналарида КН сериясидаги кондиционерлар энг кўп қўлланила бошлади, унинг схемаси 25.4-расмда тасвирланган. Ташқаридаги ҳаво кириш патрубкаси орқали аралаштириш камерасига сўрилиб, у ерда қишки пайт хонадаги циркуляцион ҳаво билан аралашади. Ташқи ва айланиб юрувчи (циркуляция қилувчи) ҳаво сарфлари орасидаги нисбат патрубкалардаги тўсиқларнинг ҳолатига боғлиқ. Кейин ҳаво фильтрда чангдан тозаланади, биринчи иситишдаги калорифер билан иситилади ва сув пуркаладиган форсункали камерага тушади. Бу ерда ҳаво қишки пайтда намланади, ёзги пайтда эса совитилади.

Форсункаларга сув форсунка камерасининг ост қисми (поддони)дан насос ёрдамида узатилади. Поддондаги температура сувнинг совиткич агрегат орқали циркуляцияси йўли билан сақлаб турилади. Ҳолати «шудрин нуқтаси» билан ифодаланувчи нам ҳаво зарра ажраткич орқали ўтиб, қиш пайтида иккинчи иситиш колорифери билан иситилади, у ерда берилган температура ва намликка эришади. Колорифер орқасида жойлашган иккинчи аралаштириш камерасидан иккинчи рециркуляция қўшимчаси билан бирга ҳаво вентилятор билан сўрилади ва хонага узатилади. Иккинчи рециркуляция ҳаво қўшимчаси, одатда, ёз пайтлари қўлланилади.

Ҳавони кондиционирлаш қурилмаси ишининг самараси чиқиш параметрлари — хонадаги ҳаво температураси ва намлигини сақлаб туриш аниқлиги билан, шунингдек, ҳавони иситишга ва намлашга ёки совитишга сарфланадиган энергия миқдори билан аниқланади. Бу кўрсаткичлар кўпгина кириш ва оралиқ катталикларга, масалан, ташқаридаги ҳавонинг температураси ва намлигига, форсунка камераси поддонидаги сувнинг температурасига, ҳаво алмашинишининг қисқалигига, зарра ажраткичдан кейинги тўйинган ҳаво температурасига ва бошқа омилларга боғлиқ.

Хонада ҳавони кондиционирлаш жараёнининг кечишига жуда яхши шароит таъминлаш учун зарра ажратгичдан кейин ҳавонинг намлик миқдорини берилган даражада сақлаш, хонага берилаётган ҳаво температурасини барқарорлаштириш зарур. Ҳавони намлик билан тўйинтириш сувни форсунка камерасида майда қилиб заррача шаклида сачратиш йўли билан таъминланади. Қишки пайтда тўйинган ҳавонинг температураси етарлича бўлмаганда унинг намлиги паст бўлиши хонада зарур нисбий ҳаво намлигига эришишга имкон бермайди, зарра ажраткичдан кейин юқори температура эса ҳавонинг ортиқча намланишига олиб келади.

Ёзги пайтда тўйинган ҳаво температурасининг берилган қийматдан оғишида хонада ҳаво температурасини 2-рециркуляция ҳисобига сақлаб туриш қийинлашади. Ҳаво температурасини иккинчи аралаштириш камерасида барқарорлаштириш



25.4- расм. Ҳавони кондиционирлаш жараёнини автоматлаштириш схемаси.

зарурлиги объект — кондицинирланадиган хона параметрларининг тақсимланиши билан шарт қилинади, бунинг натижасида хонадаги ҳаво параметрлари ростловчи таъсир кириш нуқталари яқинида йўл қўйиладиган қийматлар соҳасидан чегарасидан ташқарига чиқиш мумкин.

Ҳавони кондиционирлаш қурилмасининг ишлаш хусусиятларини кондиционирланувчи хона билан ўзаро таъсирда қараб чиқиш уни автоматлаштиришга асосий талабларни ифодалашга имкон беради: тўйинган ҳавонинг зарра ажраткичдан кейинги температурасини барқарорлаштириш, кондиционирланадиган хонада иккинчи аралаштириш камерасидаги ҳаво температурасини ҳисобга олиб ҳаво температурасини барқарорлаштириш.

Таркибига кондиционер ва хонага кирган ҳавони кондиционирлаш системаси автоматлаштириш объекти сифатида автоматик ростлаш системаларини қуриш масаласини қийинлаштирувчи бир қатор хоссаларга эга бўлади: хона ва кондиционер параметрларининг тақсимланганлиги, хонанинг катта ўлчамлари билан шартлашилган температурани ростлаш каналлари бўйича хонанинг соф кечикиши ва катта доимий вақт; кондиционериинг кўпчилик параметрларининг ўзаро боғлиқлиги, бунинг натижасида кириш катталикларидан бирининг ўзгариши дархол бир қанча оралиқ ва чиқиш параметрларининг ўзгаришини талаб қилади; ростловчи таъсирларни киритишнинг турли усулларини талаб қилувчи ташқи ҳаво параметрларини мавсумий катта ўзгаришлар: қишда ташқи ҳавони иситиш ва намлаш керак, ёзда — совитиш ва қуритиш зарур.

Ростлаш талабларининг зиддиятлари туфайли автоматик ростлаш схемасини кондиционирлаш технологик жараёнининг мавсумий ўзгаришларга мувофиқ ўзгартириш имкониятларини назарда тутиш лозим. Ёз пайтида хонада ҳавонинг нисбий намлигини сақлаш ташқаридаги ҳавони форсункали камерада совуқ сувни сачратиш йўли билан эришилади. Форсунка камераси поддонидаги сувнинг температураси совитиш қурилмаси ёрдамида сақлаб турилади. Ёз пайтлари биринчи циркуляция ва калориферлар ўчирилган бўлади. Шунинг учун ҳавони берилган температурага иситиш иккинчи аралаштириш камерасида ташқаридаги ҳавога хонадан 2-рециркуляция иссиқ ҳавосини қўшиш йўли билан амалга оширилади. Қиш пайтлари 2-рециркуляция ўчирилади, ҳаво температураси эса иссиқлик элиткичнинг калориферларга узатилишига таъсир кўрсатиш йўли билан амалга оширилади.

Хонадаги ҳавонинг нисбий намлигини қабул қилинган билвосита ростлаш усули зарар ажраткичдан сўнг «шудринг нуқтаси» ҳолатини сақлашнинг юқори аниқликда бўлишини назарда тутади. Бир қанча ғалаёнланувчи таъсирли бундай мураккаб объектда температура барқарорлашишининг истаган аниқлигини таъминлаш учун оралиқ катталикларнинг ўзгариши ҳақида қўшимча ахборотдан фойдаланиб кўп контурли АРС ни қўллаш лозим.

Хонада ҳавони кондиционирлаш жараёнини автоматлаштиришнинг 25.4-расмда келтирилган системасини қараб чиқамиз.

Зарра ажраткичдан кейин тўйинган ҳаво температурасини автоматик ростлаш хонада ҳавонинг намини сақлаб туришни таъминлаш мақсадида сувни форсункаларга узатишни ўзгартириш йўли билан амалга оширилади. Қиш пайтларида бир вақтда биринчи иситиш калориферига иссиқлик элиткични сарфлаш бўйича ва колорифер орқали ўтувчи ва айланма патрубкадан ўтувчи ҳаво сарфларининг нисбати бўйича таъсир киритилади. Зарур ростлаш сифатини таъминлаш учун биринчи иситишдаги колориферлан кейин ҳаво температурасини ўзгартириш қўшимча сигнали сифатида фойдаланиб, икки контурли АРС структураси қўлланилган. ПР3.34 *3д* ростловчи блок колориферлан кейин температуранинг ўзгариши ҳақидаги сигнални қабул қилади ва кириш ҳамда оралиқ параметрларнинг юз берадиган ўзгаришларини компенсациялашга йўналтирилган ростловчи сигнални ишлаб чиқаради. Агар чиқиш катталигини барқарорлаштириш учун бу таъсир етарли бўлмаса, ростловчи блок *3д* чиқиш параметрини берилган қийматгача етказиш учун қўшимча тузатувчи сигнал ишлаб чиқаради. Колориферлан кейинги ва зарра ажраткичдан кейинги ҳавонинг температураси ТПГ-4 туридаги пневматик газли монометрик термометрлар *3а* ва *2б* билан ўлчанади. Иккиламчи ПВЮ *1э* асбобда ўрнатилган ростловчи блок *3д* пневматик ростловчи сигнални шакллантиради, улар бошқариш панеллари ПП12.2 *3е*, *3ж*, ва *3з* орқали мембранали ижрочи механизмлар *3м* ва *3н* га келади.

Ростловчи таъсирларни МИМ туридаги мембранали ижрочи механизм *3л* ва ростловчи клапанлар *25ч 30 нж 3 м* ҳамда *25 ч 32 нж ВО 3п* ёрдамида секцион тўсиқ (заслонка) бир вақтда киритилади. Ёз пайтларида ижрочи механизм *3л* ва *3м* лар панел *3ж* ва *3з* лар ёрдамида ўчириб қўйилади.

Кондиционирланадиган хонада ҳаво температурасини автоматик ростлаш қиш пайтлари иккинчи иситиш калориферига иссиқлик элиткични ва калорифер ҳамда айланма патрубка орқали ўтадиган ҳаво сарфлари нисбатини ўзгартириш йўли билан амалга оширилади. Ёз пайтлари эса хонадан 2-рециркуляция ҳавосини аралаштириш камераси № 2 га узатилишини ўзгартириш йўли билан ростланади. Температурани бинобарин, хонадаги ҳаво намлигини ҳам сақлаб туришнинг талаб қилинган сифатини таъминлаш учун икки контурли ростлаш системаси қўлланилган бўлиб, бунда қўшимча сигнал сифатида қиш пайтлари эса зарра ажраткичдан кейин ҳаво температураси-камераси № 2 да ҳаво температурасини ўзгартиришдан, ёз пайтлари эса зарра ажраткичдан кейин ҳаво температурасини ўзгартиришдан фойдаланилади.

Ҳаво температураси пневматик ТПГ-4 туридаги монометрик

термометрлар *3б*, *5а* ва *5б* билан ўлчанади. Қиш пайтлари иккиламчи асбоб ПВ10 *1Э* да ўрнатилган ПР3.34 туридаги ростловчи блок *5д* аралаштириш камераси № 2 даги ва кондиционирланаётган хонадаги ҳаво температураси ўзгаришининг пневматик сигналларини қабул қилади, иккинчи сигналга боғлиқ ҳолда барча аралаштирувчи таъсирлар ишлаб чиқаради. Шу тарзда олинган ростловчи блок *5д* нинг чиқиш сигнали иккинчи иситиш колорифери олдида секцион тўсгични (заслонкани) ўзгартириб қўювчи мембранали ижрочи механизмга ва иссиқлик элткични колориферга узатишда *25ч 30н.ж* туридаги ростловчи клапан *5з* га узатилади.

Ёз пайтлари ростловчи блок *5д* ўчирилади, хонадаги температура эса ростлагич ёрдамида сақлаб турилади, бу сақлагич ТПГ-4 туридаги температура датчиклари *3г* ва *5в* дан, иккиламчи асбоб ПВ10, *1э* да ўрнатилган ПР3.34 туридаги ростловчи блок *4а* дан, кучайтирувчи элемент —ПР10.100 туридаги позиционер *4б* дан ва 2-рециркуляция ҳавосини аралаштириш камерасига узатувчи, қувурда секцион тўсиқни (заслонкани) ўзгартирувчи ижрочи механизм *4в* дан иборат. Тавсифланган бу ростлагич худди қишки режимдаги ростлагич каби ишлайди.

Кондиционирлаш жараёни параметрларини автоматик бошқариш ва ижрочи механизмларни масофадан туриб бошқариш автоматик системаларда қўлланилган асбоблар ёрдамида амалга оширилади: ПВ10.1Э асбоблар, ПП12.2 туридаги масофадан туриб бошқариш панеллари *3е*, *3ж* ва *3з* улар бир мавсумий иш режимидан бошқасига ўтишида ижрочи механизмларни ўчириб қўйиш учун мўлжалланган.

1-рециркуляция патрубкаларида секцион тўсиқлар (заслонкалар)нинг ўрнини алмаштирувчи мембранали ижрочи механизмларни ҳамда ташқи ҳавонинг киришини бошқариш масофадан туриб бошқариш панеллари ДПУ-2 *1а* ва *2а* ёрдамида амалга оширилади. Вентиляторнинг ишлаши ҳақида вентилятор юритмаси электр двигатели магнитли юргизиб юборгичининг блокировка контактлар ёрдамида сигнал лампа *1л* билан сигнал берилади.

XXVI БОБ. САНОАТ ТОЗАЛАШ СИСТЕМАЛАРИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

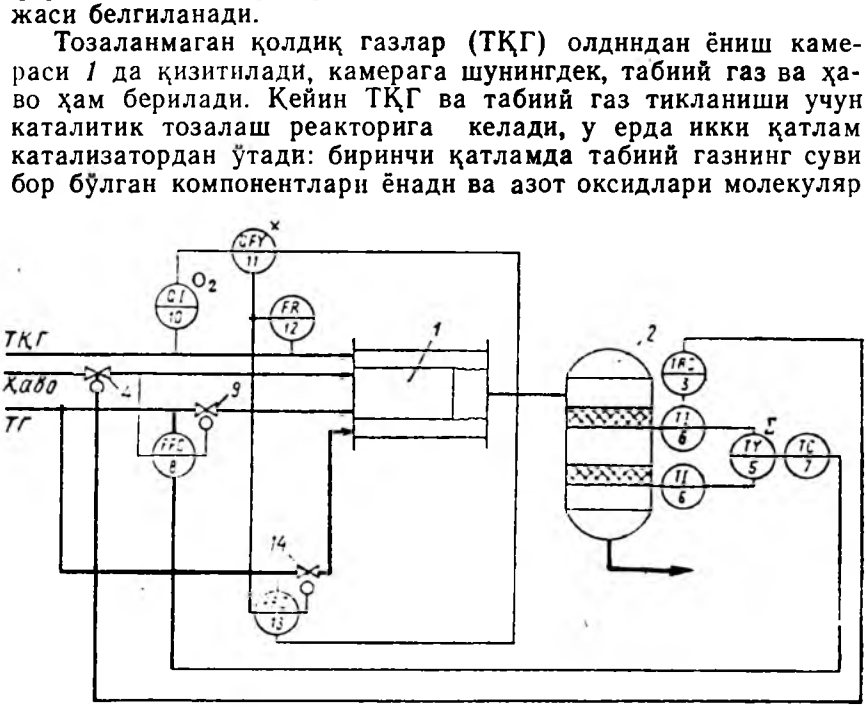
Қимё ва озиқ-овқат саноатларида хомашёни қайта ишлашнинг мавжуд технологиясида пировард фойдали маҳсулотлар билан бирга газ, суюқлик ва чанг тарзидаги саноат чиқиндилари ҳам ҳосил бўлиб, улар атроф муҳитга чиқариб ташланади. Ҳозир атроф муҳитни ҳимоя қилишга ва табиий бойликлардан унумли фойдаланишга катта аҳамият берилмоқда, чиқиндисиз технологияларни яратиш ишлари жадал олиб борилмоқда. Бироқ саноат ривожининг мавжуд даражаси чиқиндисиз

ишлаб чиқаришга тўла ўтишга ҳам имкон бермаяпти. Шунинг учун зарарли чиқиндиларни назорат қилиш ва тозалаш жуда долзарбдир.

XXVI.1-§. ЗАРАРЛИ ГАЗ ЧИҚИНДИЛАРИНИ ТОЗАЛАШ ЖАРАЁНЛАРИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

Газларни азот оксидларидан тозалаш системаси. Қимё саноатида атмосферага азот оксидлари чиқарилишининг асосий манбан нитрат кислота ишлаб чиқариш ҳисобланади. Бу саноатда чиқарилаётган газларни тозалашни амалга оширувчи технологик бўғин — нитроз газларни каталитик тозалаш бўлимидир; унинг иш самарадорлиги билан мазкур худудда атмосферанинг азот ва углерод оксидлари билан ифлосланиши даражаси белгиланади.

Тозаланмаган қолдиқ газлар (ТҚГ) олдиндан ёниш камераси *1* да қизитилади, камерага шунингдек, табиий газ ва ҳаво ҳам берилади. Кейин ТҚГ ва табиий газ тикланиши учун каталитик тозалаш реакторига келади, у ерда икки қатлам катализатордан ўтади: биринчи қатламда табиий газнинг суви бор бўлган компонентлари ёнадн ва азот оксидлари молекуляр



26.1-расм. Нитроз газларни каталитик тозалаш технологик жараёнини автоматик барқарорлаштириш схемаси.

оксидгача тикланади, иккинчи қатламда углерод оксиди диоксидгача ёндирилади.

26.1-расмда нитроз газларини каталитик тозалаш технологик режимини автоматик барқарорлаштириш схемаси кўрсатилган. Унда реактор *2* нинг катализатори юқори қатламида жойлаштирилган биринчи температура датчиги *6*, катализатор юқори қатлами температураси ростлагичи *3*, ёндиришга ҳаво узатишни ростловчи орган *4*, сумматор *5*, иккинчи температура

датчиги *6* (унинг сезгир элементи катализаторнинг қуйи қатламида ўрнатилган), температуралар фарқи ростлагичи *7*, ёндириладиган ҳаво ва табиий газ сарфлари нисбатини ростлагичи *8*, табиий газни ёндиришга узатиш линиясидаги ростловчи орган *9*, ТҚГ даги кислород концентрацияси датчиги *10*, кўпайтириш блоки *11* ТҚГ ни сарфлаш датчиги *12*, ТҚГ ва табиий газни тиклашга сарфлаш нисбати ростлагичи *13*, табиий газни тиклашга сафланишини ростловчи орган *14* бор. Система қуйидаги тарзда ишлайди.

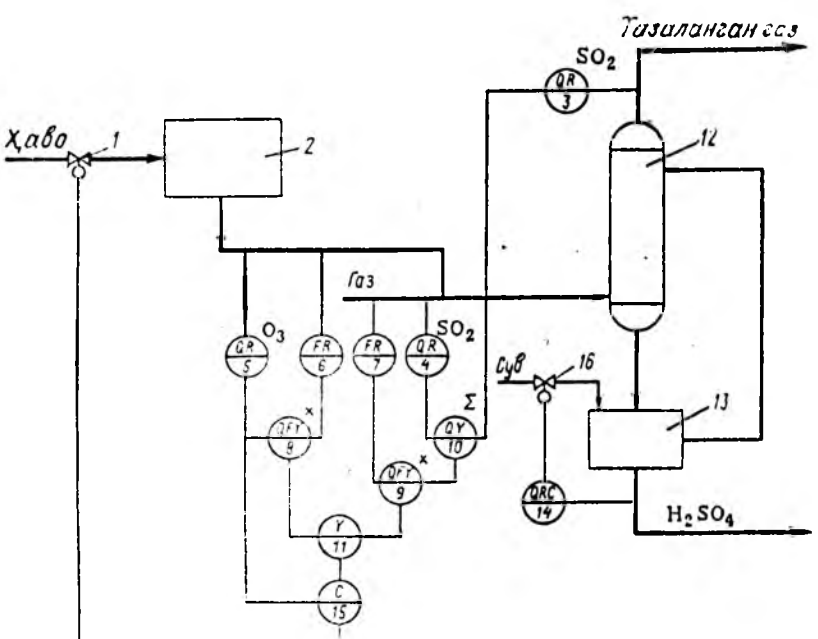
Катализаторнинг биринчи ва иккинчи қатламида кечадиган кимёвий реакциялар кучли экзотермик бўлгани туфайли кўрсатилган қатламларда температурани ўлчовчи датчиклар *6* ўрнатилган. Технология талаблари катализаторнинг биринчи қатлами учун тиклаш муҳитини сақлаб туришни кўзда тутади — бунда азот оксидлари эркин азотгача тикланади. Катализаторнинг иккинчи қатламида кечадиган реакциялар оксидловчи муҳит бўлишини талаб қилади — бу ҳолда углерод оксиди диоксид ҳосил қилиб, кислород билан таъсирлашади. Реактор *2* даги сумматор *5* билан ўлчанувчи температуралар фарқи реактор *2* да кечадиган жараённи ифодалайди. Масалан, катализатор қатламлари орасидаги температуралар фарқи реактордаги жараённинг оксидланувчи режимга ўтишини кўрсатади ва, аксинча, температуралар фарқининг нолгача камайиши кучли тикловчи муҳитнинг пайдо бўлганлигидан ва табиий газнинг ортиқча сарф бўлганидан далолат беради. Шу муносабат билан барқарорлаштириш системаси сумматор *5* да *6* датчиклардан олинган температуралар қийматлари ҳақидаги сигналларни қарама-қарши ишора билан қўшишни кўзда тутади. Сумматор *5* нинг чиқишидан чиққан сигнал ростлагич *7* нинг киришига келади, унинг берилган ва ўлчанган температуралар айирмасига пропорционал чиқиш сигнали табиий газни ёниш камераси *1* га узатишни ростловчи органи *9* ни бошқарувчи нисбат ростлагичи *8* нинг корректирловчи киришига келади. Шундай қилиб, ҳаво ва табиий газ сарфларининг нисбати ростлагич *7* да коррекцияланиб (тузатилиб) ростланади.

Реакторда зарур температурани сақлаб туриш учун катализаторнинг биринчи қатлами температурасини ўлчовчи датчикдан чиққан сигнал ростлагич *3* га келади, у ерда топшириқ қийматлари билан таққосланади. Ростлагич *3* нинг таққослаш натижасида ҳосил бўлган қийматига пропорционал чиқиш сигнали ёниш камерасига ҳаво узатиш линиясида ўрнатилган ростловчи орган *4* ни бошқаради. Табиий газни реакторга тиклаш учун узатишни ростлаш ростловчи орган *14* га таъсир қилувчи нисбат ростлагичи *13* ёрдамида ТҚГ сарфи билан бир хил нисбатда амалга оширилади. Схемада ростлагич *13* га кўпайтириш блоки *11* дан реакторга нитроз газлари оқими билан келадиган умумий ҳаво сарфи қийматига пропорционал коррекцияловчи таъсир назарда тутилган. Бу қий-

мат блок *11* да нитроз газлар *12* сарфи датчигидан олинган сигналларни нитроз газлар оқимидаги кислороднинг датчик *10* билан ўлчанадиган ҳажмий концентрацияси миқдорига кўпайтириш натижасида ҳосил бўлади. Кўрсатиб ўтилган коррекциялочи таъсирнинг киритилиши нитроз газлар оқимида кислород концентрациясининг ўзгаришини табиий газни реакторга тикланиш учун узатишни тегишлича ўзгартириш билан компенсациялашга имкон беради.

Газларни олтингугурт диоксидидан тозалаш системаси. Сульфат кислота саноатида чиқувчи газларни олтингугурт диоксидидан тозалаш учун озонли каталитик усул энг тежамлидир. Бу усул бўйича тозаланадиган газлар 40% ли сульфат кислотаси билан ювиладиган скруббер орқали ўтказилади. Олтингугурт диоксидидан тозаланган газлар атмосферага чиқарилади. Сульфат кислотаси эритмаси тўйинишига қараб унинг бир қисми системадан чиқариб юборилади. Икки валентли марганец ионлари катализатор вазифасини ўтайди. Каталиаторни фаол шаклга ўтказиш учун тозаланаётган газга озонаторларда олинадиган озонланган ҳаво қўшилади.

Скрубберда озон концентрациясининг ортиши билан эритманинг газдан олтингугурт диоксидини ютишининг йиғинди тезлиги ортади. Бунинг оқибатида скрубберга тозалаш учун

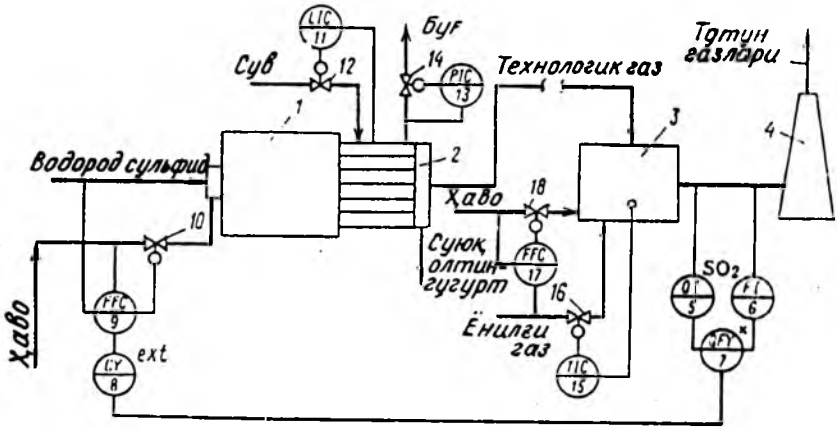


26. 2-расм. Газ тозалашнинг озон-каталитик жараёнини автоматик ростлашнинг принципиал схемаси.

келаётган берилган газ оқимида ютилган SO_2 миқдори ортади ва мос ҳолда K нинг қиймати ҳам ортади, яъни тозаланаётган газ бирлигига тўғри келадиган солиштирма ҳаражатлар (сарфлар) пасаяди. Бироқ озон концентрациясини ошириш учун озонланган ҳаво сарфини ошириш керак, бу эса электр энергия ҳаражатларининг ошишига олиб келади. 26.2-расмда газ тозалашнинг озон-каталитик жараёнини автоматик ростлашнинг принципиал схемаси келтирилган.

Ютилган SO_2 нинг миқдорини аниқлаш учун тозалаш учун келаётган газ сарфи (датчик *7*) ва скруббер *12* га киришда ҳамда ундан чиқишда SO_2 нинг концентрацияси (датчиклар *4* ва *3*) ўлчанади. Ютилган SO_2 нинг умумий миқдори кўпайтириш блоки *9* да сарф датчиги *7* дан ва алгебраик сумматор *10* дан олинадиган сигналларни ўзаро кўпайтириш йўли билан олинади. Алгебраик сумматор *10* да эса скрубберга киришда ва ундан чиқишда SO_2 нинг концентрациялари орасидаги фарқ аниқланади. Озонланган ҳавонинг сарфи датчик *6* билан ўлчанади, ундаги озон концентрацияси эса датчик *5* билан ўлчанади. Кўпайтириш блоки *8* да бу сигналлар ўзаро кўпайтирилади ва чиқишда келаётган озонланган ҳаводаги умумий озон концентрациясига пропорционал сигнал шаклланади. Бўлгич *11* нинг чиқишида ютилган SO_2 ва келаётган озон миқдорларининг нисбатига пропорционал сигнал ҳосил бўлади. Ростлагич *15* бу нисбатни озонланган ҳаводаги озон концентрацияси бўйича коррекциялаб, озонатор *2* га ҳаво узатишни ростловчи орган *1* га таъсир кўрсатиш йўли билан ростлайди. Озон концентрацияси асосий ростловчи параметр бўлгани учун ютилган SO_2 нинг ва келаётган озон миқдорларининг нисбатини ростлаб, қиммат озондан жуда унумли фойдаланган ҳолда газни SO_2 дан тозалашнинг керакли даражасини олиш мумкин. Скруббердан чиқишда сульфат кислотаси концентрациясини ростлаш ишини H_2SO_4 концентрациясини ростлагич *14* бажаради, у сувни скруббер *12* нинг циркуляцион тўплагичи *13* га узатишни ростловчи орган *16* га таъсир кўрсатади.

Газларни водород сульфиддан тозалаш системаси. Йил сайин атроф муҳитни олтингугурт бирикмаларининг жумладан, водород сульфиднинг зарарли таъсиридан ҳимоя қилиш ҳақидаги масала борган сари долзарб бўлмоқда, бу водород сульфид газ, нефть ва сленецни кимё саноати корхоналарида қайта ишлаш жараёнида ҳосил бўлади. Айниқса табиий ва технологик газни водород сульфиддан тозалаш муаммоси долзарб бўлиб қолади, бу конларни ишлаш миқёсларини кенгайтириш билан ҳам «Муборак» газ кони юқори олтингугуртли нефть олишни орттириш билан ҳам боғлиқ. Бунда газларни водород сульфиддан тозалаш билан бирга мавжуд технологик схемаларда, шунингдек, қимматли товар маҳсулотларини (олтингугурт, сульфат кислотаси ва ҳоказо) олишни ҳам кўзда тутади.



26.3-расм. Газларни водород сулфиддан тозалашнинг Клаус жараёнини экстремал ростлаш схемаси.

Водород сульфиднинг катта қисми (≈65%) реактор-генератор *1* да олтингугуртга айланади (26.3-расм); у газ оқимидан уни совитиш ва қозон-утилизатор *2* да ҳосил бўлган буғларни конденсациялаш натижасида ажратилади. Кейин технологик газ бир қатор аппаратлардан ўтиб, таъсирланмаган олтингугурт бирикмаларини ва тутиб қолинмаган олтингугурт заррачаларини қайта ишлаш учун печь *3* га тушади. Печь *3* да водород сульфиди ва олтингугурт қолдиқлари ортиқча ҳаво кислородида олтингугурт диоксидигача куйдирилади. Печдан сўнг 1,7% дан кам SO_2 бўлган тутун газлари труба *4* орқали атмосферага чиқариб ташланади. Водород сульфиднинг умумий конверсия даражаси, унинг олтингугуртгача ва SO_2 гача конверсиялари даражаси кўпгина омилларга боғлиқ, даставвал водород сульфитнинг дастлабки газдаги концентрациясига, жараёнга бериладиган ҳаво миқдорига, қурилманинг айрим аппаратлари температура режимларига боғлиқ.

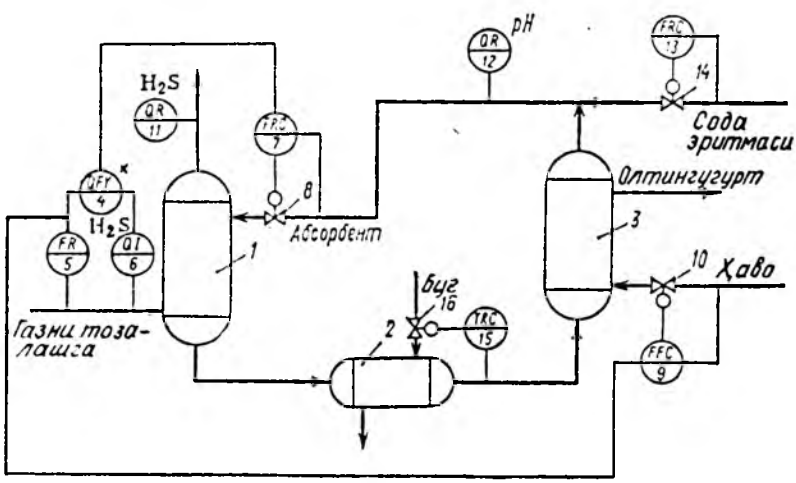
Водород сульфидни элементли олтингугуртга қайта ишлаш жараёнини бошқаришнинг асосий вазифасини тутун газларида SO_2 миқдорини минимизациялаш бўлиб (санитар нормадан ортиқ эмас), у шунингдек максимал миқдорда олтингугурт чиқишини таъминлайди. Экстремал ростлаш системасига SO_2 ни газанализатори *5*, тутун газлари сарф ўлчагичи *6*, кўпайтириш блоки *7*, оксидланган газ (95% гача H_2S); ҳаво сарфлари нисбатлари экстремал ростлагичи *9* киради. Газоанализатор *5* ва сарф ўлчагич *6* дан келган сигнал тутун газларида SO_2 нинг миқдорига пропорционал сигнални шакллантирувчи кўпайтириш блоки *7* га келади. Бу сигнал экстремал ростлагич *8* нинг киришига келади, бу ростлагич тутун газларида SO_2 нинг минимал миқдорига мос келадиган оксидланган газ: водород сарфларининг оптимал нисбатини излайди. Сарфларнинг

оптимал нисбати ҳавонинг реактор-генераторга узатишни ростлаш-клапани *10* га таъсир қилувчи нисбат ростлагич *9* ёрдамида таъминланади.

Клаус жараёнини автоматик ростлаш схемаси қуйидагиларни кўзда тутади:

қозон-утилизатор *2* даги сув сатҳи баландлигини қозон-утилизаторга сув ўзатувчи ростловчи клапан *12* га таъсир кўрсатувчи сатҳ ростлагичи *11* ёрдамида барқарорлаштириш; қозон-утилизатор *2* даги буғ босимини буғни чиқариш линиясида ўрнатилган ростловчи клапан *14* га таъсир қилувчи босим ростлагичи *13* ёрдамида барқарорлаштириш; газ температурасини ёниш печида ёнувчи газни ёниш печи *3* га узатишни ростловчи клапан *16* га таъсир қилувчи температура ростлагичи *15* ёрдамида барқарорлаштириш.

Ёниш печи *3* га сарфлар нисбатини ростлагич *17* ёрдамида ҳавони узатишни ростловчи клапан *18* га таъсир кўрсатиш йўли билан узатиладиган ёнилғи гази, ҳаво сарфлари нисбатини ростлаш.



26.4- расм. Газларни водород сульфиддан мишьяк- сода эритмаси билан тозалаш жараёнини автоматлаштириш схемаси.

Газни водород сульфиддан тозалашнинг бошқа кенг тарқалган каталитик жараёни газни мишьяк кислота тузлари ишқорий эритмаси билан ювиш ҳисобланади. Ишқор сифатида одатда сода (натрий карбонат) эритмаси қўлланилади. Жараённинг технологик схемаси ва автоматлаштириш схемаси 26.4- расмда келтирилган. Водород сульфиди бўлган газ абсорбер *1* га келади, у ерга ювиш учун яна абсорбент ҳам берилади. Абсорбция натижасида чиқувчи газлардаги H_2S нинг

миқдори 0,8—1 мг/м³ гача пасаяди. Абсорбердан чиқаётган таъсирланган эритма, иссиқлик алмашгич *2* дан ўтиб, оксидланиш аппарати *3* га тушади, у ерда ҳаводаги кислород билан ўзаро таъсирлашади ва олтингугурт ҳосил бўлиши билан қайта тикланади (регенерацияланади). Кейин қайта тикланган (регенерацияланган) эритма жараёнга берилаётган сода эритмаси билан аралашиб, абсорбер *1* га (ювишга) тушади.

Ростлашнинг асосий контурларидан бири абсорбентни абсорбер *1* га узатишни дастлабки газдаги водород сульфид миқдорига пропорционал ростлаш ҳисобланади, бу ростлаш блок *4* да газни тозалашга сарфлаш датчиги *5* дан ва дастлабки газдаги H_2S га газ анализатори *6* дан келадиган сигналларни ўзаро кўпайтириб аниқланади. Кўпайтириш блоки *4* дан чиқиш сигнали абсорбентни узатишни ростловчи клапан *8* га таъсир қилувчи абсорбент *7* сарф ростлагичининг топшириқ камерасига тушади.

Ростлагичнинг бошқа муҳим контури абсорбер *1* га келадиган дастлабки газ ва оксидлаш аппарати *3* га узатиладиган ҳаво сарфлари нисбатини ростлаш контури ҳисобланади. Бу ростлаш сарфлар нисбати ростлагичи *9* ёрдамида ҳавони узатишни ростловчи клапан *10* га таъсир қилиш йўли билан амалга оширилади. Бундан ташқари, қуйидаги параметрларни назорат қилиш кўзда тутилган: абсорбер *1* нинг чиқишида тозаланган газда H_2S нинг миқдорини газ анализатори *11* ёрдамида; абсорбентдаги pH кўрсаткичини датчик *12* ёрдамида.

Қуйидаги параметрларни барқарорлаштириш кўзда тутилган: қайта тикланган (регенерацияланган) эритма билан абсорберга узатиладиган сода эритмаси сарфини сода эритмасини узатишни ростловчи клапан *14* га таъсир қилувчи сарф ростлагичи *13* ёрдамида; иссиқлик алмашгичдан кейин тўйинган эритма температурасини температура ростлагичи *15* ёрдамида буғ узатишни ростловчи клапан *16* га таъсир қилиш йўли билан.

XXVI.2-§. ЗАРАРЛИ ОҚАВА СУВЛАРНИ ТОЗАЛАШ ЖАРАЁНЛАРИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

Саноатнинг кимё ва озиқ-овқат тармоқларининг кўпчилик ишлаб чиқариш объектлари оқава сувларининг ифлосланиши таркиби ва концентрацияси уларни сув ҳавзаларига олдиндан ишлов бермасдан (зарарсизлантирмасдан) ташлашга имкон бермайди.

Оқава сувларни тозалашнинг қуйидаги асосий услублари мавжуд: механик (сузиб ўтказиш, тиндириш, фильтрлаш); кимёвий ёки реагентли (кислота ва ишқорларни нейтраллаш, металлар ажратиш, органик бирикмаларни кимёвий оксидлаш, реагентлар қўшиш ҳисобига юпқа дисперсли заррачаларни зарарсизлантириш, коагуляциялаш); физик-кимёвий (ионли алмашув, электрокимёвий оксидланиш ва тикланиш, экстрак-

ция, куйдириб термик ишлов бериш ва бошқ); биокимёвий (органик моддаларнинг биокимёвий оксидланиш, анаэроб ачиш).

Бу услубларнинг ҳар бири алоҳида ёки маълум тўпламда барча ишлаб чиқаришларда оқава сувларни тозалашда қўлланилади. Масалан, сунъий тола корхоналарининг умумий оқаваларини тозалаш бундай схема бўйича қурилади; ҳамма оқаваларни аралаштириш, уларни нейтраллаш, тиндириш, ишқорлаш ва биокимёвий тозалаш.

Реагентли ишлов бериш ва биокимёвий тозалаш саноатнинг асосий, азот ва нефть-кимёвий тармоқлари корхоналари, синтетик каучук, пластик массалар ва бошқа ишлаб чиқаришлар чиқариб ташлаган оқава сувларни тозалашнинг бевосита ва асосий усуллари ҳисобланади.

Қуйида кимёвий, физик-кимёвий ва биокимёвий тозалаш усуллари қараб чиқилган.

Кимёвий тозалаш. Кимёвий тозалаш станцияларида оқава сувларни турли регентлар билан ишлов бериш кенг тарқалди. Ишлаб чиқаришдаги оқава сувларни реагентли тозалашдан кўпинча коллоид ва мувозанатли моддаларни коагуляциялаш, кислота ва ишқорларни нейтраллаш, оғир металлар ионларидан озод қилиш, заҳарли моддаларни (ционидлар, хром ва бошқ.) зарарлантириш учун қўлланилади. Бу услублар органик ва сирт-актив моддаларни парчалаш учун ҳам қўлланилади. Вазифаларнинг бундай хилма-хиллигига қарамай, оқава сувларни реагентли тозалаш учун қурилмалар иншоотларининг таркиби ва жиҳозларининг турлари бўйича у ёки бу жиҳатдан бир хилдир. (Уларнинг кўпчилиги мухандислик амалиётида вазифалари анча кенг бўлишига қарамай нейтраллаш станцияси номи билан маълум).

Қуйида сунъий тола ишлаб чиқариш заводи оқава сувларини тозалаш комплексини автоматлаштириш ва назорат қилиш системаси қараб чиқилган (26.5- расм).

Кислотали ва ишқорли овқатларга ишлов бериш техноло-

26.5- расм. Оқава сувларни тозалаш комплексини автоматлаштириш схемаси.

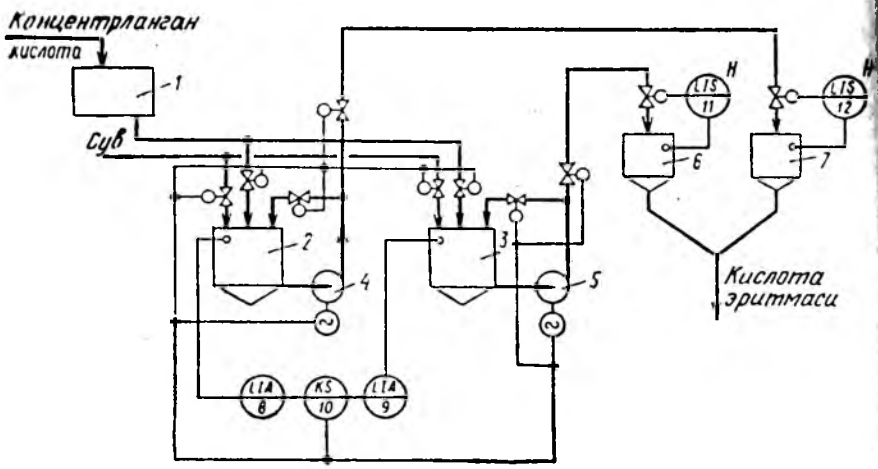
гиясида уларнинг ўзаро нейтралланиши, реагент ишлов бериб, кейин зарраларни тиндириш ва газларни пуфлаш, фильтрлаш, фильтратни якуний нейтраллаш, чўкиндини зичлаштириш ва уни механик сувсизлантириш.

Кислотали ва ишқорли оқавалар тозалаш мақсадида идишлар *1* ва *2* га алоҳида берилади, у ерда оқавалар таркиби бироз тенглашади. Аралаштиргич *3* да кислотали ва ишқорли оқавалар ўзаро нейтралланади ҳамда углерод сульфиди ва водород сульфидининг асосий қисми тиндирилади. Кейин оқавалар аралаштиргич *4* га тушади, у ерда оҳакли сув билан ишлов берилади: Аралаштиргичдан чиқишда pH=9—10 ўзгармас қийматни сақлаб туриш зарур. Бунда сувда эриган рух сульфати кам эрувчан рух гидроксидига ўтади. Ҳосил бўлган чўкма тиндиргич *5* га тушади. Бундан кейин рангсизлантирилган сув рангсизлантиргич (осветлитель) *6* да қўшимча тозаланади. Тозаланган сув юқори даражада ишқорийликка эга бўлгани учун уни канализацияга ташлашдан олдин у кислоталанади. Бунинг учун уни аралаштиргич *7* га йўлланади, унинг киришига сульфат кислота эритмаси узатилади. Аралаштиргич *7* нинг доимий қиймати сақлаб турилиши керак. Нейтралланган оқавалар аралаштиргич *7* дан сўнг канализацияга оқизилади. Тиндиргич *5* даги 98% ли намликка эга чўкма декантатор *8* да зичланади ва намлиги 96% гача пасайтирилгандан сўнг барабанли вакуум-фильтр *9* га сувсизлантириш учун узатилади. Вакуум-фильтр *9* дан чиққан сув ресивер *10* дан ўтиб, резервуар *11* га тушади ва кейинчалик контакт ёриткичларни ювишда фойдаланилади.

Идишлар *1* ва *2* даги оқава сувлар сатҳ баландлигини сатҳ датчиклари *19* ва *20* назорат қилади, деконтатор *8* даги сатҳни эса датчик *21* назорат қилади, резервуар (идиш) *11* даги сатҳни датчик 22 назорат қилади. Тиндиргич *5* га киришдаги қайта ишланадиган оқаваларнинг сарфини датчик *23* назорат қилади, канализацияга оқизиладиган оқавалар сарфини эса датчик *31* назорат қилади. Тиндиргичнинг иши лойқа датчиги *24* ёрдамида назорат қилинади. Ресивер *10* даги суюқлик сатҳи декантанни узатиш қувурида клапан *26* ни бошқарувчи ростлагич *25* томонидан ростланади. Аралаштиргич *3* ва *4* лардаги pH катталикни ростлагич *28* ва *29* лар автоматик ростлаб, улар аралаштиргич *3* ва *4* да оҳакли эритмани дозоловчи дозотор *17* ва *18* ларнинг юритмаларига таъсир кўрсатади.

Кислотани аралаштиргич *7* га узатиш ростлагич pH *30* ва ростловчи клапан *27* ёрдамида ростланади.

Замонавий тозалаш иншоотларида энг қийин, меҳнат талаб технологик операциялардан бири реагентларни тайёрлашдир. Шунинг учун реагент бўғинларни автоматлаштиришга катта аҳамият берилади. Баъзи тоза эритмаларни масалан, нитрат кислота эритмасини тайёрлаш бўғинларида, техноло-



26.6-расм. Кислота эритмасини тайёрлаш жараёнини автоматлаштириш схемаси.

гик цикл шу тарзда қурилганки, унда хизмат кўрсатувчи ходимларнинг бевосита иштирокисиз амалга ошириш мумкин.

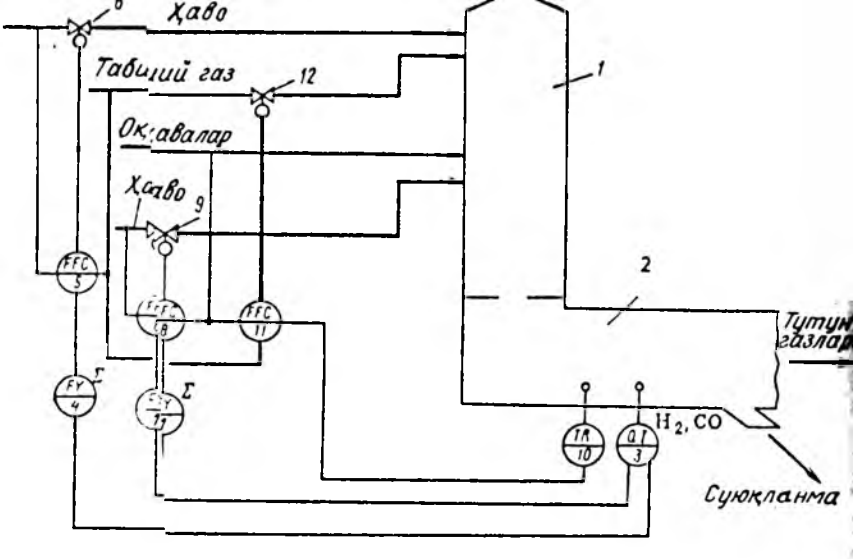
Кислота эритмасини тайёрлаш бўғинини автоматлаштиришнинг принципиал схемаси 26.6-расмда кўрсатилган. Концентрланган нитрат қислота захираси (идиш) *1* да сақланади. Эритма идишлари *2* ва *3* мос равишда насослар *4* ва *5* билан ва босим бочкалари *6* ва *7* билан навбатма-навбат ишлайди. Навбатдаги эритма баки *2* ёки *3* ағдарилганда тегишли сатҳ сигнализатори *8* ёки *9* дан келаётган импульс бўйича программавий буйруқ бериш блоки *10* ёрдамида тегишли насос (*4* ёки *5*) ўчирилади (тўхтатилади), босим қувуридаги клапан ёпилади, иккинчи насос уланади ва эритмани иккинчи босимли бочкага узатиш учун унинг клапани очилади. Иккинчи эритма бакида бу вақтга келиб кислотанинг эритмаси тайёрланган бўлади. Бир вақтда биринчи бакка сув узатиш линиясида клапан очилади. Юқори сатҳга етганда сув бериш тўхтатилади. Кейин биринчи бакка концентирланган кислотани узатиш клапани очилади. Қуйилаётган сув миқдори кислота клапанларини бошқарувчи программавий буйруқ блоки *10* нинг вақт бўйича созланишига боғлиқ. Кислота клапани ёпилгандан сўнг биринчи насос ишга туширилади ва эритма аралаштирилади. Аралаштиришнинг давомийлигини блок *10* белгилайди. Насос тўхтатилгандан сўнг биринчи бак ишга тайёр бўлади. Иккинчи эритма баки ағдарилгандан сўнг шунга ўхшаш операциялар амалга оширилади.

Термик ишлов бериш. Кенг таркибли ва юқори концентрацияли (уларга, масалан, капролактам ишлаб чиқаришдаги оқавалар киради) органик ва минерал моддаларга эга саноат оқаваларини механик, биокимёвий, кимёвий ва бошқа усул-

ларни қўлланиб тозалаш ё ижобий самара бермайди, ёки иқтисодий нуқтаи назардан мақсадга мувофиқ эмас. Бундай саноат оқаваларини зарарсизлантиришнинг истиқболли усулларидан бири термик усул бўлиб, саноат оқаваларини олов билан зарарсизлантиришнинг энг самарали ва универсал қурилмалари уюрма туридаги аппаратлар, хусусан циклонли реакторлардир. Термик зарарсизлантириш жараёни органик чиқиндиларнинг тўла ёниши ΣSO_2+SO_3 ва HCl нинг камера ҳажмида нейтраллаш ва чиқарилаётган минерал тузлар эритмасини тутиб қолиш учун мўлжалланган вертикал циклон камерада рўй беради.

Оқаваларни зарарсизлантиришнинг сифати атмосферага чиқариб ташланаётган заҳарли газлар миқдори (хусусан, тутун газларидаги углерод оксиди концентрацияси) ва энергетик ҳаражатлар билан аниқланади. Зарарсизлантириш жараёнини ростлаш циклонгел берилаётган оқаваларнинг узлуксиз ўзгараётган таркиби билан, шунингдек, зарарсизлантиришга бир вақтда таркиби бўйича учта турлича оқим: кубавий қолдиқлар (мойлар), миқдорий ва кислотали оқавалар келиши билан мураккаблашади. Йиғинди оқава таркибини ва унинг айрим ташкил этувчилари таркибини аниқлаш синовлар ўтказиш ва узоқ лаборатория таҳлиллари олиб бориш билан боғлиқ. Шунинг учун оқаваларни термик зарарсизлантириш жараёнининг самарадорлиги кўп жиҳатдан жараённи автоматик ростлаш системаси билан аниқланади, у жараён ҳақидаги тўлиқмас ахборот шароитида бу жараённи етарлича аниқликда бошқаришга имкон беради.

26.7-расмда саноат оқаваларини термик зарарсизлантиришни автоматик бошқариш системасининг тузилиш схемаси келтирилган. Ёнилғини ёқиш ва циклон *1* да оқава сувларни термик зарарсизлантиришдан ҳосил бўлган чиқувчи газлар тўплагич *2* орқали ўтади ва дум қисмида газ тутиб қолган қурилмасида олиб қолиниб ундан хроматографик газоанализатор *3* га улардаги водород ва углерод оксиди миқдорини анализ қилиш учун тушади. Водород концентрациясига пропорционал сигнал сумматор *4* га келади (унда водороднинг жорий ва берилган қийматлари орасидаги фарқ сигнали шаклланади) ва кейин ёнилғи ҳаво сарфлари нисбати ростлагич *5* нинг киришига келади. Ростлагич *5* нинг чиқиш сигнали бирламчи ҳавони циклон *1* га узатувчи ростловчи клапан *6* га узатилади. Углерод оксиди концентрациясига пропорционал сигнал газоанализатор *3* дан сумматор *7* га тушиб, унинг чиқишида углерод оксиди концентрациясининг жорий ва берилган қийматлари орасидаги фарқ сигнали шаклланади. Бу сигнал оқава сувлар: иккиламчи ҳаво сарфлари нисбати ростлагичи *8* нинг киришига келади, у иккиламчи ҳаво сарфини ростловчи клапан *9* орқали бошқаради. Тутун газларининг тўплагич *2* даги температураси температура датчиги *10* билан ўлчаниб, унинг чиқиш сигнали ёнилғини циклон *1* га узатиш



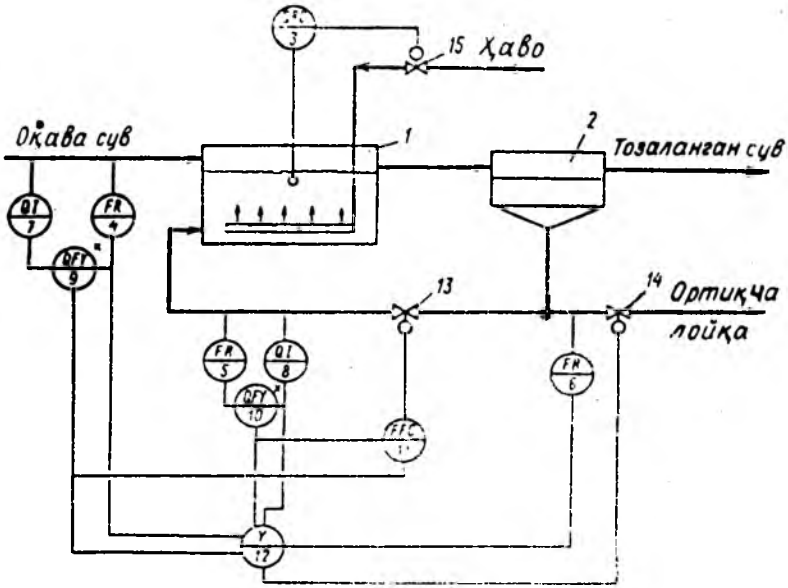
20.7-расм. Саноат оқаваларини термик зарарсизлантиришни автоматик бошқариш системасининг схемаси.

ростловчи клапани *12* га таъсир қилувчи оқава сувлар ёнилғи сарфлари нисбатини ростлагич *11* га келади.

Температура бўйича сигнал сарфлар нисбати ростлагичи *11* га температуранинг критик нуқтадан пастга тушмаслигини чеклаш (пасаймаслиги) мақсадида (бунда оқава сувларнинг ташкил этувчиларининг оксидланиш реакцияси анча секинлашади) оқава сувларнинг ўзгарувчан таркиби шароитида циклонли реакторнинг ишончли ишлашини таъминлаш учун узатилади.

Биокимёвий тозалаш. Оқава сувларни биокимёвий тозалаш қурилмалари тозалаш мажмуининг пировард бўғини ҳисобланади. Уни оқавалардаги органик моддаларни оксидлаш йўли билан аппаратларда (аэротенкаларда) ёки сув ҳавзаларида (кўл, каналларда) ўтказилади. Оқава сувлар аэротенкадан сўнг тиндиргичларга йўлланади, у ердан эса тозаланган оқавалар канализацияга оқиб ўтади, бактерияси бор лойқанинг бир қисми эса аэротенкга рециркуляция қилинади. Олинган лойқа аралашмасини яхшилаб аралаштириш ва кислород билан тўйинтириш учун аэротенкнинг пастки қисмига ҳаво берилади.

Биокимёвий тозалашни автоматлаштиришнинг асосий вазифаси оқава сувдаги ва актив лойқадаги органик моддалар ва эриган кислород миқдори, актив лойқа концентрацияси ва бошқа параметрлар ўзгариб турадиган шароитда микроорга-



26.8-расм. Аэротенк-тиндиргич блокини автоматик ростлаш системаси.

низмларнинг (оксидловчиларнинг) ҳаётий фаолиятини таъминловчи бир қатор омилларни оптимал даражада сақлаб туришдан иборат. 26.8-расмда «аэротенк-тиндиргич» блокини автоматик ростлаш системаси келтирилган бўлиб, у учта ростлаш контуридан иборат: эриган кислород концентрацияси, актив лойқага нагрузка (юкланиш) ва ортиқча лойқани чиқариш.

Эриган кислород концентрацияси ростлагичи *3* лойқа аралашмасининг бутун ҳажмида эриган кислороднинг берилган концентрациясини сақлаб туриш учун аэротенк *1* нинг ҳаво юриш йўлидаги ростловчи клапан *15* га таъсир кўрсатади. Нагрузка (юкланиш)нинг АРС актив лойқага шундай тарзда таъсир кўрсатадики, бунда аэротенкка тушаётган ифлосликларнинг миқдори ва қайтаётган лойқа миқдори орасидаги нисбат доимий қолсин. Органик бирикмалар концентрацияси датчиги *7* дан ва оқава сув датчиги *4* дан чиқаётган сигналлар кўпайтириш блоки *9* билан кўпайтирилиб, унинг чиқиш сигнали сарфлар нисбати ростлагичи *11* га узатилади. Шу ернинг ўзига актив лойқа концентрацияси датчиги *8* дан ва блок *10* да кўпайтирилган қайтган лойқа сарфи датчиги *5* дан сигнал узатилади. Сарфлар нисбати ростлагичи *11* қайтган лойқа сарфини ўзгартирувчи ростловчи клапан *13* га таъсир кўрсатади.

Ортиқча лойқани чиқаришни ростлаш АРС шундай таъсир қиладики, бунда аэротенк *1* даги умумий ва тиндиргич *2* даги умумий лойқа массаси ўзгармас қолсин. Оқава сув ва

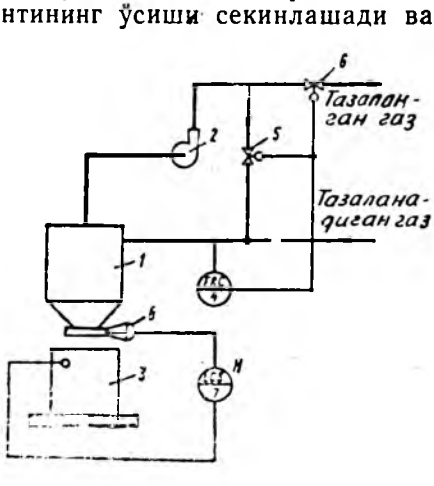
ортиқча лойқа сарфлари датчиклари *4* ва *6* дан, актив лойқ концентрацияси датчиги *8* дан ва кўпайтириш блоклари *9*. *10* дан чиққан сигналлар ҳисоблаш блоки *12* га келади, у э тозалаш системасидаги актив лойқа массасини ҳисоблайд Ҳисоблаш блоки *12* системадан чиқариладиган лойқа миқд рини ўзгартирувчи ростловчи клапан *14* га таъсир қилади.

XXVI.3-§. ГАЗЛАРНИ ҚАТТИҚ АРАЛАШМАЛАРДАН ТОЗАЛАШ ЖАРАЁНЛАРИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

Қимё корхоналаридан атмосферага чиқаётган газларнин энг кенг тарқалган ифлосланиш турларидан бири қаттиқ за ралар (қурум, кул, чанг) ҳисобланади. Чиқувчи газларни қа тиқ аралашмалардан тозалаш учун қуруқ ва ҳўл услубла қўлланилади. Қуруқ тозалаш электрофильтрлар ва матон фильтрлар ёрдамида циклон туридаги аппаратларда, ҳўл тоза лаш эса асосан Вентури скрубберларида амалга оширилад

Газларни циклонларда тозалаш. Бу аппаратлар газ оқи мидан диаметри 5 мкм дан катта зарраларни ажратиш учу қўлланилади. Циклонлар бошқа чанг тутгич аппаратлар била биргаликда газларни тозалашга, қаттиқ қотишмаларнинг хо салари ва дисперс таркибига қўйиладиган талабларга боғли ҳолда қўлланилиши мумкин.

Циклонларнинг ишлаш принципи газ оқимининг айланм илгарилама ҳаракатида ривожланадиган марказдан қочм кучдан фойдаланишга асосланган. Бу куч таъсирида қатти заррачалар циклон деворлари томон отиб юборилади ва га ларнинг бир қисми билан бункерга туширилади. Газ оқим тезлигининг ортиши билан циклонда тутиб қолиш яхшиланад Бироқ катта тезликларда циклоннинг фойдали иш коэффиц ентининг ўсиши секинлашади ва хатто пасаяди, бу эса чўки қолган қаттиқ заррача ларни олиб кетувчи уюр маларнинг пайдо бўлиш билан боғлиқ. Шунинг учу циклонга киришда газнинг тезлигини оптимал дараж да барқарорлаштириш ка та аҳамиятга эга, буни учун тозаланган газнин бир қисмини қувурда циклоннинг киришига оқи киритишни ташкил эти лозим.



26.9-расм. Газ оқимининг циклон туридаги аппаратга кириш тезлигини барқарорлашувини автоматик бошқариш схемаси.

26.9-расмда газ оқим нинг циклон туридаги а паратга кириш тезлигини барқарорлашувини амал оширувчи автоматик бош қаришнинг принципиал сх

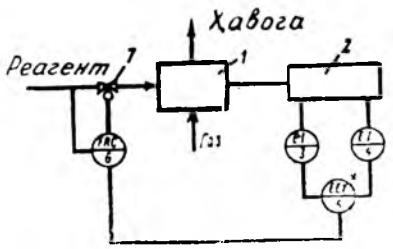
маси келтирилган. Тозаланадиган газ циклон *1* га келади; юқоридан вентилятор *2* билан тозаланган газ чиқарилади; пастдан бункер *3* га қаттиқ заррачалар чиқарилади. Тозаланган газнинг бир қисми тозаланадиган газ линиясига рециркуляцияланади (қайта юборилади).

Газнинг циклонга киришдаги тезлиги оқими (струяли) компенсацион ўлчагич билан ўлчанади ва ростлагич *4* билан берилган қийматда сақлаб турилади. Газнинг кириш оқими ҳақиқий тезлиги берилган қийматдан оғганида ростлагич *4* ростловчи клапанлар *5* ва *6* га буйруқ беради, натижада улар газ чиқиши ва рециркуляцияси қувурларининг ўтувчи кесимларини шундай тарзда ўлчайдики, бунда тозаланган газнинг бир қисмини циклоннинг киришига узатиш билан тозаланадиган газ оқимининг кириш тезлигининг барқарорлаштириш мумкин бўлсин. Тутиб қолинган чанг бункер *3* да тўпланади. Бункернинг ортиқча юкланиш (нагрузкаси) ни йўқотиш ва циклонни тўхтатмасдан ундан чангни йўқотиш учун оқимли сатҳ ўлчагич билан бункер *3* даги чанг сатҳ баландлиги ўлчанади ва бункер тўлганда ростлагич *7* ва ростловчи клапан *8* ёрдамида у автоматик ёпилади.

Газларни электрик тозалаш. У электрофильтрда ионлар ҳосил қилиш учун шароит яратишга асосланган. Газларни электрик тозалаш самарадорлигини ошириш учун кондиционирловчи реагент —25% ли аммиакнинг сувдаги эритмаси қўлланилади, у электрофильтрнинг газ йўлида пуркалади.

Идеал ҳолда кондиционирланувчи реагентни чангнинг идеал электр қаршилигини ҳисобга олган ҳолда узатиш зарур. Бироқ бундай асбоб йўқ. Шунинг учун электрофильтрда газларни тозалаш жараёнини кондиционирловчи реагентни қўллаб автоматик бошқариш учун бу реагентнинг электрофильтрнинг вольт-ампер характеристикасида боғлиқлигидан фойдаланилади (26.10- расм).

Электрофильтр *1* га тозаланадиган газ ва кондиционерловчи реагент узатилади. Электрофильтр таъминлаш манба блоки *2* ёрдамида таъминланади, унинг кучланиши ва ток кучи датчик *3* ва *4* лар ёрдамида ўлчанади. Ҳосила ток ва кучланишга боғлиқ ҳолда ростловчи клапан *7* га таъсир қилувчи кондиционирловчи реагент сарфи ростлагичи *6* га топшириқ берилади.



26.10- расм. Газларни электрик тозалаш жараёнини автоматик бошқариш схемаси.

Газларни ҳўл тозалаш. Бу газларни чангдан тозалашнинг энг машҳур усулларидан биридир. Чанги ҳўл ҳолда чўктириш оддий тузилишдаги аппаратда — Вентури скрубберида амалга оширилади, у газни тутиб қолинаётган компонентнинг истаган

қолдиқ концентрациясидан тозалашга имкон беради. Вентури трубасида газ кирадиган жойда торайган қисми (конфузор) бор ва чиқишида секин кенгайган қисми (диффузор) бор. Скрубберинг иш режимини тутиб қолинаётган қаттиқ зарраларнинг физико-кимёвий хоссаларига ва газни тозалашнинг талаб қилинган самарадорлигига боғлиқ ҳолда танланади. Масалан, Вентури трубаларининг бўйнида газнинг тезлиги 30—200 м/с оралиқда, солиштирма ювиш эса 0,1—6 л/м³ ни ташкил этади.

Вентури скрубберларининг муҳим камчилиги улар ишининг самарадорлигининг гидравлик қаршиликка боғлиқлигидир. Технологик агрегат ишининг режими билан боғлиқ бўлган газ ҳажмининг камайиши чанг тутиш самарадорлигининг пасайиши билан бирга кечади. Бу камчилик скрубберни автоматик бошқариш системаси ёрдамида бартараф этилади (26.11-расм).

Датчик *1* билан ўлчанадиган гидравлик қаршиликнинг четлашишида босим кескин ўзгарганда Вентури скрубберн *2* да босимнинг кескин ўзгариши ростлагичи *3* дан келаётган сигнал ижрочи механизм *4* га келади, у скруббер бўйини нинг кўндаланг кесимини тозалаш жараёни гидродинамик режими сабаб бўлган чеклагич диапазони чегарасида ўзгартиради. Берилган босим ўзгариши чегаравий қийматга етганда (минимал ёки максимал) ювувчи суюқлик сарфи ростлагичи *5* уланади, у ростловчи клапан *6* га таъсир кўрсатиб, суғорувчи суюқликни босимнинг берилган кескин ўзгаришига етгунгача ўзгартиради.

26.11-расм. Вентури скрубберида газларни тозалаш жараёнини автоматик бошқариш схемаси.

Ростлашнинг бундай системаси Вентури скрубберидаги босим ўзгаришини фақат бўйинининг ўтиш кесимини автоматик ростлаш билангина эмас, балки солиштирма ювишни ўзгартириш билан ҳам барқарорлаштиришга имкон беради.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. А. В. Казаков, М. В. Кулаков, Ю. К. Мелюшев. Основы автоматики и автоматизации химических производств. М.: Машиностроение, 1970.

2. Н. Р. Юсупбеков, Ш. М. Гулямов, А. С. Зиядуллаев. Автоматизация технологик процессов производства растительных масел Т.: Ўзбекистон, 1973.

3. П. А. Обновленский, А. Л. Гуревич, Д. В. Беляев, и др. Основы автоматизации химических производств. Л.: Химия, 1975.

Н. Р. Юсуфбеков, Б. Э. Муҳамедов, Ш. М. Ғуломов. Автоматика ва ишлаб чиқариш процессларининг автоматлаштирилиши. Т.: Ўқитувчи, 1982.

4. В. Ф. Яценко, В. А. Соколов, Л. Б. Сиваков и др. Основы автоматизации технологических процессов пищевых производств. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.

5. Н. Р. Юсуфбеков, С. С. Қасымов, Ш. М. Гулямов. Вычислительные системы и управление производством. Т.: Ўзбекистон, 1984.

6. А. И. Емельянов, О. В. Капник. Проектирование автоматизированных систем управления технологгическими процессами. М.: Машиностроение, 1984.

7. А. Т. Петушкии, О. А. Новицкий. Автоматизация производственных процессов отрасли хранения и переработки зерна. М.: Агропромиздат, 1985.

8. А. А. Воронов. Теория автоматического управления. М.: Высшая школа, 1986.

9. Л. А. Широков, В. И. Михайлов, Р. З. Фельдман, А. И. и др. Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в пищевой промышленности. М.: Агропромиздат, 1986.

10. О. Е. Вершинин. Применение микропроцессоров для автоматизации технологических процессов. Л.: Энергоатомиздат, 1986.

11. Х. М. Мансуров. Автоматика ва ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш. Т.: Ўқитувчи, 1987.

12. Промышленные приборы и средства автоматизации. Справочник. Под ред. В. В. Черенкова. Л.: Машиностроение, 1987.

13. Г. И. Лапшенков, Л. М. Полоцкий. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. М.: Химия, 1988.

14. Н. Г. Фарзане, С. В. Илясов, А. Ю. Азим-заде. Технологические измерения и приборы, М.: Высшая школа, 1989.

15. Е. А. Чернявский, Д. Д. Недосскин, В. В. Алексеев. Измерительно-вычислительные средства автоматизации производственных процессов. Л.: Энергоатомиздат, 1989.

16. Политехника луғати. Махсус муҳаррир Т. Р. Рашидов. Т.: Ўзбек Совет Энциклопедияси Бош редакцияси, 1989.

17. Б. Э. Муҳамедов. Метрология, технологик параметрларни ўлчаш усуллари ва асбоблари. Т.: Ўқитувчн, 1991.

18. В. В. Шувалов, Г. А. Отаджанов, В. А. Голябятников. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. М.: Химия, 1991.

19. М. М. Благовещенская, Н. О. Воронина, А. В. Казаков, и др. Автоматика и автоматизация пищевых производст. М.: Агропромиздат, 1991.

20. Б. Э. Муҳамедов. Метрология, ўлчаш асбоблари ва автоматикадан русча-ўзбекча қисқача атамалар луғати. Т.: ТПО, 1991.

21. К. С. Аҳмедов, Қ. М. Аҳмеров, Т. А. Отақўзиев. Кимё атамаларининг русча-ўзбекча қисқача луғати Т.: Фан, 1993.

22. Н. Р. Юсуфбеков, А. Маликов. Автоматик бошқариш назарияси. Т.: ТДТУ, 1993.

23. З. С. Салимов. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Т.: Узбекистон, 1994.

МУНДАРИЖА

Кириш . . . . . .

БИРИНЧИ БЎЛИМ

ТЕХНОЛОГИК ПАРАМЕТРЛАРНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШ УСУЛЛАРИ ВА ВОСИТАЛАРИ

I боб. Метрология асослари ва ўлчаш воситалари

I.1-§. Метрологиянинг асосий тушунчалари 7
I.2-§. Ўлчашлар. Ўлчаш турлари 11
I.3-§. Ўлчаш ўзгартиришлари ва ўзгарткичлари 14
I.4-§. Ўлчаш воситалари, уларнинг элементлари ва параметрлари . . 17
I.5-§. Ўлчаш хатоликлари ва аниқлик синфи 21

II боб. Температурани ўлчаш

II.1-§. Температура ва уни ўлчашдаги асосий тушунчалар 28
II.2-§. Кенгайиш термометрлари 32
II.3-§. Манометрик термометрлар 35
II.4-§. Термоэлектр термометрлар 40
II.5-§. Қаршилик термометрлари 61
II.6-§. Нурланиш пирометрлари 76
II.7-§. Температурани махсус ўлчаш термометрлари 83

III боб. Босимни ўлчаш

III.1-§. Асосий маълумотлар ва таснифи 85
III.2-§. Суюқликли босим ўлчаш асбоблари 86
III.3-§. Деформацион (пружинали) асбоблар 91
III.4-§. Электр асбоблар 96

IV боб. Модда сарфи ва миқдорини ўлчаш

IV.1-§. Асосий маълумотлар ва таснифи 102
IV.2-§. Босимлар фарқи ўзгарувчан сарф ўлчагичлар 103
IV.3-§. Босим фарқлари ўзгармас сарф ўлчагичлар 115
IV.4-§. Ўзгарувчан сатҳли сарф ўлчагичлар 119
IV.5-§. Электромагнит сарф ўлчагичлар 123
IV.6-§. Ультратовушли, иссиқлик ва ионли сарф ўлчагичлар . . . 125
IV.7-§. Суюқлик ва газлар миқдорини ўлчаш 128
IV.8-§. Сочилувчан материаллар ва донали буюмларнинг миқдорини ўлчаш 153

V боб. Суюқлик ва сочилувчан моддалар сатҳининг баландлигини ўлчаш

V.I.§. Асосий маълумотлар ва таснифи 136
V.2-§. Калқовичли сатҳ баландлиги ўлчагичлари 137
V.3-§. Гидростатик сатҳ баландлиги ўлчагичлари 140
V.4-§. Электр сатҳ баландлиги ўлчагичлари 144

V.5-§. Радионизотопли сатҳ баландлиги ўлчагичлари 147
V.6-§. Ультратовушли ва радиотўлқинли сатҳ баландлиги ўлчагичлари 149
V.7-§. Сочилувчан моддалар сатҳининг баландлигини ўлчаш 151

VI боб. Моддаларнинг таркибини ва физик хоссаларини назорат қилиш

VI.1-§. Асосий маълумотлар ва таснифи 154
VI.2-§. Газларнинг таркибини анализ қилиш 155
VI.3-§. Суюқликларнинг таркибини анализ қилиш 182
VI.4-§. Суюқликларнинг зичлигини ўлчаш 204
VI.5-§. Суюқликларнинг қовушоқлигини ўлчаш 211
VI.6-§. Моддаларнинг намлигини ўлчаш 223

VII боб. Механик параметрларни назорат қилиш

VIII.1-§. Механик параметрларни назорат қилишдаги асосий тушунчалар 234
VIII.2-§. Силжишни ўлчаш 236
VIII.3-§. Кучни ўлчаш 241
VIII.4-§. Тезликни ўлчаш 243

VIII боб. Сигнал ўзгарткичлар, масофага узатиш системалари ва иккиламчи асбоблар

VIII.1-§. Умумий маълумотлар 246
VIII.2-§. Электр ўзгарткичлар 250
VIII.3-§. Пневматик ўзгарткичлар 260
VIII.4-§. Электр-пневматик ва пневмо-электр ўзгарткичлар 263
VIII.5-§. Телеўлчагичлар системаси ҳақида тушунча 264
VIII.6-§. Иккиламчи асбоблар 265
VIII.7-§. Ўлчаш воситаларини танлаш 270

IX боб. Технологик ўлчаш воситаларида микропроцессорларнинг қўлланилиши

IX.1-§. Умумий маълумотлар 273
IX.2-§. Рақамли ҳисоблаш техникаси қурилмасига технологик параметрлар ҳақидаги ахборотни киритиш 275
IX.3-§. Микропроцессорларнинг технологик ўлчов воситаларида қўлланилиши 278
IX.4-§. Микропроцессор ва рақамли ҳисоблаш техникаси воситаларининг ўлчов системаларида қўлланилиши 288

ИККИНЧИ БЎЛИМ

ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРНИ БОШҚАРИШ СИСТЕМАЛАРИ

X боб. Автоматик ростлашнинг вазифаси

X.1-§. Асосий тушунча ва қоидалар 289
X.2-§. Четга чиқишлар бўйича ростлаш 292
X.3-§. Ғалаёнланиш бўйича ростлаш 293
X.4-§. Комбинациялашган ростлаш системалари 294
X.5-§. Тескари алоқа ҳақида тушунча 294
X.6-§. Автоматик ростлаш системасининг тузилиши 295
X.7-§. Автоматик ростлаш системаларининг таснифи 298
X.8-§. Ўтиш жараёнлари 300
X.9-§. АРС ларга қўйиладиган талаблар 300

XI боб. Автоматик ростлаш системалари ва АРС элементларининг анализи

XI.1-§. Элементларнинг математик тавсифи, аҳамияти ва ишлатилиши 301
XI.2-§. Математик тавсифни олиш методлари 303
XI.3-§. Математик моделнинг аналитик тузилиши 305
XI.4-§. Статик ва динамик моделлар 306

XI.5-§. Ростлаш системаларининг статик характеристикалари 3
XI.6-§. Бир киришли звенонинг экспериментал нисбатларини аппроксимациялаш 3
XI.7-§. Кўп ўзгарувчилари бўлган звено ва системалар статик характеристикасини аппроксимациялаш 3
XI.8-§. Статик характеристикаларни регрессион метод бўйича аниқлаш 3
XI.9-§. АРС нинг амалий элементларини тўғри чизиққа келтириш . . 3
XI.10-§. Ростланувчи объектларнинг ўтиш характеристикалари 3
XI.11-§. Автоматик ростлаш системаларининг чизиқлилиги 3
XI.12-§. Операцион ҳисобларнинг чизиқли АРС лар анализида ишлатилиши 3
XI.13-§. Фурье алмаштириш ва хусусий характеристикалар 3
XI.14-§. Логарифмик частота характеристикалари 3
XI.15-§. Элементар звенолар (модель, динамик характеристика, узатиш функциялари) 3
XI.16-§. АРС нинг тузилиш схемалари ва уларнинг ўзгариши 3

XII боб. Ростланувчи объектлар

XII.1-§. Ростланувчи объектларнинг хоссалари 3
XII.2-§. Ўз-ўзидан тўғриланиш хусусияти 3
XII.3-§. Бир ва кўп сигимли объектлар 3
XII.4-§. Юк 3
XII.5-§. Объектлардаги кечикиш 3
XII.6-§. Кўп сигимли объектни кечикишга эга бўлган биринчи тартибли звено орқали аппроссимация қилиш 3
XII.7-§. Ростланувчи объектларнинг экспериментал ўтиш характеристикалари орқали узатиш функциясини аниқлаш 3
XII.8-§. Ростланувчи объектнинг динамик характеристикаларини статистик методлар орқали аниқлаш 3
XII.9-§. Ростланувчи объектлардаги оқимларнинг гидродинамик структура модели 3

XIII боб. Ростлаш сифати

XIII.1-§. Чизиқли автоматик ростлаш системаларининг турғунлиги . . 3
XIII.2-§. Раус — Гурвиц алгебраик критерийси 3
XIII.3-§. Михайлов геометрик мезони 3
XIII.4-§. Найквист — Михайлов частота мезони 3
XIII.5-§. Ростлаш жараёнининг сифати 3
XIII.6-§. Технологик жараённинг режимини статик ва динамик оптималлаштириш 3

XIV боб. Автоматик ростлагичларнинг оптимал ростланишини хисоблаш

XIV.1-§. Ростлаш қонунлари 3
XIV.2-§. Кенгайтирилган частота характеристикалари 3
XIV.3-§. Автоматик ростлагичлар оптимал созланишларининг хисоби . 3
XIV.4-§. Ростлагичнинг оптимал созланишларини ростлаш объектининг АФХ сидан аниқлаш 3
XIV.5-§. Автоматик ростлаш системаси ўтиш жараёнларини қуришнинг частота усули 4

XV боб. Автоматлаштиришнинг техник воситалари

XV.1-§. Автоматик ростлагичларнинг таснифи 4
XV.2-§. Бевосита таъсир қилувчи ростлагичлар 4
XV.3-§. Электр ростлагичлар 4
XV.4-§. Позицион ростлагичлар 4
XV.5-§. Пропорционал ростлагичлар 4
XV.6-§. Интеграл ростлагичлар 4
XV.7-§. Пропорционал-интеграл (изодром) ростлагичлар 4
XV.8-§. Пропорционал-дифференциал ростлагичлар 4

XV.9-§. ДПУ — ИД туридаги масофадан туриб пневматик бошқариш панели 424
XV.10-§. ПФ6.2 туридаги параметр бўйича дастурли пневматик тақсимлагич 425

XVI боб Агрегат системалар ва комплекслар

XVI-1-§. Умумий системанинг боғланишида буюртмачининг вазифалари 427
XVI.2-§. Агрегатлаштириш — замонавий бошқариш системаси тузилишининг асосидир 432
XVI.3-§. Технологик жараённи бошқариш системасини жиҳозлаш учун техник воситалар комплекси 434

XVII боб. Технологик жараёнларнинг автоматлаштирилган бошқариш системалари (ТЖАБС)

XVII.1-§. ТЖАБС нинг умумий характеристикаси ва таснифи 448
XVII.2-§. ТЖАБС ларнинг асосий функциялари 452
XVII.3-§. ТЖАБС лар фаолиятининг умумлаштирилган схемаси . . . 453
XVII.4-§. ТЖАБС нинг функционал структураси 457
XVII.5-§. ТЖАБС нинг ахборот билан таъминланиши 462
XVII.6-§. ТЖАБС нинг математик таъминоти 464
XVII.7-§. ТЖАБС ларнинг ишончлилиги 467

XVIII боб. Технологик жараёнларни бошқариш автоматлаштирилган системасининг умумий вазифалари

XVIII.1-§. Ахборот масалаларининг рўйхати ва таркиби 468
XVIII.2-§. Технологик жараёнларни бошқариш масалалари рўйхати ва таркиби 477

XIX боб. ТЖАБС да ахборотга ишлов бериш

XIX.1-§. Ўлчанаётган катталикларнинг дастлабки ўзгарткичлари (датчиклари) ни сўриш частотасини аниқлаш 484
XIX.2-§. Бирламчи ахборотни тақислаш методлари 489

XX боб. Даврий технологик жараёнларни автоматик бошқариш

XX.1-§. Даврий технологик жараёнларни автоматлаштириш муаммоси 492
XX.2-§. Комбинацион бошқариш схемаларини синтез қилиш 498
XX.3-§. Комбинацион бошқарувчи қурилма схемасини ясаш 518
XX.4-§. Чекли автоматлар назарияси асослари 516
XX.5-§. Чекли автоматларни структурали синтез қилиш 520

УЧИНЧИ БЎЛИМ

АВТОМАТЛАШТИРИШ СИСТЕМАЛАРИНИ ЛОЙИҲАЛАШ

XXI боб. Технологик жараёнларни автоматлаштириш системаларини лойиҳалаш

XXI.1-§. Автоматлаштириш лойиҳасининг вазифаси ва лойиҳалаш масалалари 532
XXI.2-§. Автоматлаштириш системаларини лойиҳалаш босқичлари . . 533
XXI.3-§. Технологик жараёнларни автоматлаштириш схемалари . . . 537
XXI.4-§. Бошқариш параметрларини ва автоматлаштириш воситаларини танлаш 548
XXI.5-§. Технологик объектларни автоматлаштириш даражасини аниқлаш 554
XXI.6-§. Принципиал электрик ва пневматик схемалар 562
XXI.7-§. Технологик жараёнларнинг автоматлаштирилган бошқариш системаларини (ТЖАБС) лойиҳалаш 573
XXI.8-§. Мослашувчи автоматлаштирилган ишлаб чиқариш (МАИЧ) 578
XXI.9-§. Автоматик лойиҳалаш системалари (АЛС) 585
XXI.10-§. Автоматлаштириш системаларининг ишончлилиги 589

XXI.11-§. Автоматлаштириш системаларининг техник-иқтисодий самарадорлиги . . . . . .

XXII боб. Типавий технологик жараёнларни автоматлаштириш

XXII.1-§. Технологик жараёнларни автоматлаштиришнинг типавий объектлари . . . . . .
XXII.2-§. Сарфни ростлаш объектларини ва материалларни узлуксиз дозалашни автоматлаштириш . . . . . .
XXII.3-§. Аралаштириш жараёни объектини автоматлаштириш . . . .
XXII.4-§. Абсорбция жараёни объектини автоматлаштириш . . . . .
XXII.5-§. Қуритиш жараёни объектини автоматлаштириш . . . . . .
XXII.6-§. Кимёвий-технологик жараёнларни автоматлаштириш . . . .

ТЎРТИНЧИ БЎЛИМ

ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

XXIII боб. Кимё саноатини автоматлаштириш

XXIII.1-§. Ноорганик моддалар ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштириш . . . . . .
XXIII.2-§. Органик моддалар ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштириш . . . . . .

XXIV боб. Озиқ-овқат саноатини автоматлаштириш

XXIV.1-§. Нон ёпиш ва макарон ишлаб чиқаришни автоматлаштириш
XXIV.2-§. Ёғни экстракциялаш ва кунжарадан эритувчини ажратиш жараёнларини автоматлаштириш . . . . . .
XXIV.3-§. Спирт ишлаб чиқаришни автоматлаштириш . . . . . .
XXIV.4-§. Алкоголсиз ичимликлар ишлаб чиқаришни автоматлаштириш

XXV боб. Ишлаб чиқаришда ёрдамчи жараёнларни автоматлаштириш

XXV.1-§. Ёрдамчи жараёнларнинг умумий таъсири ва автоматлаштиришнинг вазифалари . . . . . .
XXV.2-§. Буғ ишлаб чиқариш жараёнини автоматлаштириш . . . .
XXV.3-§. Совуқ билан таъминлаш жараёнини автоматлаштириш . . .
XXV.4-§. Сув таъминоти жараёнини автоматлаштириш . . . . . .
XXV.5-§. Ҳавони кондиционирлаш (тозалаш) жараёнини автоматлаштириш . . . . . .

XXVI боб. Саноат тозалаш системаларини автоматлаштириш

XXVI.1-§. Зарарли газ чиқиндиларини тозалаш жараёнларини автоматлаштириш . . . . . .
XXVI.2-§. Зарарли оқава сувларни тозалаш жараёнларини автоматлаштириш . . . . . .
XXVII.3-§. Газларни қаттиқ аралашмалардан тозалаш жараёнларини автоматлаштириш . . . . . .
Адабиётлар рўйхати . . . . . .