

УЗ
621.398
1091

Н. Р. ЮСУФБЕКОВ, Б. Э. МУХАМЕДОВ,
Ш. И. ГУЛОМОВ

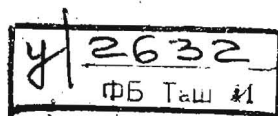
АВТОМАТИКА
ВА ИШЛАБ ЧИҚАРИШ
ПРОЦЕССЛАРИНИНГ
АВТОМАТИЛАШТИРИЛИШИ



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

АВТОМАТИКА ВА ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ПРОЦЕССЛАРИНИНГ АВТОМАТЛАШТИРИЛИШИ

Олий ўқув юртларининг инженерлик-техника
ихтисосликлари учун дарслик



ТОШКЕНТ — «ЎҚИТУВЧИ» — 1982

Рецензент: техника фанлари доктори,
профессор Бекмуродов Т. Ф.

Дарсликда халқ хўжалигини ривожлантиришда технологик процессларни автоматлаштиришнинг аҳамияти, унинг самарадорлигини ошириш масалалари ва кибернетика ҳақида асосий тушунчалар берилган. Химиявий технология процессларининг асосий технологик параметрларини автоматик равишда назорат қилиш методлари баён этилган. Озиқ-овқат ва химия sanoatlарида, типавий технологик процессларни автоматик ростилаш системалари ва улардан фойдаланиш мисоллари келтирилган. Технологик процессларни бошқаришнинг автоматлаштирилган системалари функцияси, уларнинг техникавий ва математик таъминланиши ёритилган; автоматлаштириш системаларини лойиҳалаш элементларининг назарияси, химия ва озиқ-овқат sanoatlари учун конкрет мисоллар келтирилган.

Китоб олий ўқув юртларининг инженерлик-техника ихтисослиги студентлари учун дарслик бўлиб, ундан химия, озиқ-овқат ва бошқа sanoatlарининг айрим мутахассислари, лойиҳалаш ташкилотлари ҳамда илмий текшириш институтларининг илмий ходимлари ҳам фойдаланишлари мумкин.

На узбекском языке

ЮСУПБЕКОВ НАДИРБЕК РУСТАМБЕКОВИЧ
МУХАМЕДОВ БАХТИЯР ИРГАШЕВИЧ
ГУЛЯМОВ ШУХРАТ МАННАПОВИЧ

АВТОМАТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Учебник для инженерно-технических
специальностей высших учебных заведений

Ташкент — «Ўқитувчи» — 1982

Муҳаррир Р. А. Мирзаев
Бадий муҳаррир Ф. Некчадамбоев
Техн. муҳаррир Т. Скиба
Корректорлар: Д. Умарова, З. Содиқова

ИБ № 2282

Теришга берилди 20.05 1981 й. Босишга рухсат этилди 21.07. 1982 й. Р-15614. Формат 60х90^{1/16}.
Тип. қоғози № 3, кегли 10 шпонли. Юқори босма усулида босилди. Гарнитура «литерат.». Шартли
б.л 22,0 Нашр. л. 21,97. Тиражи 4000. Зак. № 717. Баҳоси 1 с.

«Ўқитувчи» нашриёти. Тошкент, Навоий кўчаси, 30. Шартнома № 11—62—81.

Ўзбекистонда нашриётлар, полиграфия ва китоб савдоси ишлари давлат қомитета Тошкент
«Матбуот» полиграфия ишлаб чиқариш бирлашмасининг полиграфия комбинатида териблиб, 1-
босмахонада босилди. Тошкент, Ҳамза кўчаси, 21. 1982 й.

Набрано на Ташполиграфкомбинате, отпечатано в тип №1 Ташкентского полиграфического
производственного объединения «Матбуот» Государственного комитета УССР по делам изда-
тельств, полиграфии и книжной торговли. Ташкент, ул. Хамзы, 21.

© «Ўқитувчи» нашриёти, 1982

Ю $\frac{30102\ 219}{353\ (04) - 82}$ 191—82 2704010000

СЎЗ БОШИ

~~Ўзбекистон~~ ижтимоий ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш ҳақидаги қарорини ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш йўли билангина бажариш мумкин. Ҳозирги вақтда ишлаб чиқариш процессларини янада такомиллаштириш автоматлаштиришга боғлиқ. Шунинг учун автоматлаштириш асосларини шу соҳадаги мутахассисларгина эмас, балки технолог ва конструкторлар, иқтисодчилар ва бошқалар ҳам билишлари муҳим.

Олий ўқув юртларида инженерлик-техника ихтисослигининг ўқув планларига «Автоматика ва ишлаб чиқариш процессларининг автоматлаштирилиши» фани киритилган. Бундан ўзланган мақсад автоматлаштириш бўйича ихтисослашмайдиган студентларни технологик процессларни автоматик бошқариш назарияси элементлари билан таништиришдир.

Ушбу китоб Абу Райҳон Беруний номи Тошкент Политехника институтида ўқитиладиган «Автоматика ва ишлаб чиқариш процессларининг автоматлаштирилиши» курсига мўлжалланган программа асосида ёзилди.

Авторлар ушбу дарсликни ёзишда берган фойдали маслаҳатлари учун Халқлар

дўстлиги орденли Тошкент Политехника институтининг «Ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш» кафедраси аъзоларига катта миннатдорчилик билдирадилар. Бу дарслик ўзбек тилида биринчи марта нашр қилинганлиги сабабли у хато ва камчиликлардан холи бўлмаса керак. Шунинг учун авторлар китобхонлардан ўз фикр ва мулоҳазаларини қуйидаги адресга ёзиб юборишларини илтимос қиладилар: Тошкент—129, Навоий кўчаси, 30. «Ўқитувчи» нашриётининг умумтехника адабиёти редакцияси,

Авторлар

КИРИШ

Халқ хўжалигини ўнинчи беш йилликда ривожлантиришнинг асосий йўналишларини ишлаб чиқди ва келажак учун асосий йўналишларни белгилаб берди ва уларга эришиш йўлларини кўрсатди. Ўнинчи беш йилликнинг асосий вазифаси — совет халқи ҳаётидаги моддий ва маънавий манбаларни ижтимоий ишлаб чиқаришнинг динамик ҳамда пропорционал ривожланиши асосида узлуксиз бойитиш, ишлаб чиқариш унумдорлигини ошириш, фан-техника тараққиёти суръатларини ошириш, халқ хўжалигининг барча тармоқларида иш сифатини юксалтиришдан иборат.

Сўнгги уч беш йиллик давомида химия саноати умумий халқ хўжалигининг ривожланишидаги суръатлардан 1,5 марта ўзиб кетди, ҳозирги вақтда бу соҳада жуда катта капитал маблағлар сарфланмоқда. Ўн биринчи беш йилликда саноат маҳсулоти ишлаб чиқариш 26 ... 28% кўпайтирилиши назарда тутилган. Маҳсулот ишлаб чиқаришнинг умумий ҳажмидан химиявий маҳсулотнинг миқдори 30 ... 33% кўпайтирилади.

Съезди қарорларига биноан ўн биринчи беш йилликда меҳнат унумдорлиги 23 ... 25% оширилиб, маҳсулот ишлаб чиқариш меҳнат унумдорлигининг ортиши ҳисобига 90% орттирилиши керак. Озиқ-овқат маҳсулотларини 23 ... 25% ошириш мўлжалланган, шу билан бирга озиқ-овқат маҳсулотларининг сифати, биологик қийматини яхшилаш ҳамда уларнинг ассортименти кенгайтириш назарда тutilади. Мамлакатимизнинг ҳозирги озиқ-овқат саноати техникавий жиҳатдан яхши ривожланган бўлиб, моддий энергетик ва меҳнат манбаларининг мураккаб комплекси билан таъминланган. Сўнгги йилларда озиқ-овқат саноати технологиясида катта ўзгаришлар рўй бериб, ишлаб чиқариш анча кенгайди, ишлаб чиқариш бирлашмалари бунёд бўлди. Озиқ-овқат корхоналари технологик процесслар ва схемаларни оптималлаштириш мақсадида техника жиҳатидан қайта жиҳозланмоқда.

Химия ва озиқ-овқат саноатидаги техниканинг тараққиёти агрегат ва катта қувватга эга бўлган линиялар қуришни талаб этади. Яқин келажакда халқ хўжалигининг бу соҳаларида фақат оптимал ташкил қилинган технологик схема ва агрегатлар иш олиб боради. Бундай шароитда саноат корхоналари ишлаб чиқариш процесслари

ва агрегатларини бошқарининг унумдорлигини ошириш ва такомиллаштириш масалаларининг аҳамияти янада ошади. Бу масалалар саноат корхоналарининг ва технологик процессларнинг автоматлаштирилган бошқариш системаларини (СКАБС ва ТПАБС) яратиш ҳамда уларни жорий этиш йўли билан ҳал бўлмоқда. Бу СКАБС ва ТПАБС ларни ягона ташкилий-технологик турдаги интеграллашган системаларга айлантириш кўзда тутилмоқда.

Тажриба шуни кўрсатадики, автоматлаштирилган бошқариш системаларини (АБС) саноат корхоналарига жорий этиш ишлаб чиқарилаётган маҳсулот миқдорини 5 ... 7% ошириш, запас миқдорини 20 ... 25% қисқартириш, маблағлар обороти нормативларини 16... 18% камайтириш имкониёни беради. Ҳозирги пайтда АБС корхоналарида йиллик ишлаб чиқариш унумдорлигини 3 ... 4% дан 12... 14% гача оширмоқда. Министрлар Советининг фан ва техника бўйича давлат комитетининг маълумотиغا кўра, АБС ни яратишга ажратилган маблағлар ўрта ҳисобда 3.3 йилда ўзини оқлайди. Бошқача қилиб айтганда, ҳозирги даврда АБС га ажратилган маблағларнинг унумдорлиги асосий ишлаб чиқариш корхоналарига сарфланган маблағ унумдорлигига нисбатан уч марта ортқидир.

Турли классдаги юзлаб АБС лари орасида халқ хўжалигининг етакчи соҳалари бўлмиш химия ва озиқ-овқат саноатидаги корхона ҳамда технологик процессларнинг автоматлаштирилган бошқариш системалари алоҳида ўрин тутади. Озиқ-овқат корхоналарида автоматлаштирилган бошқариш системаларини яратишдан-мақсад иқтисодий масалаларни ўз ичига олган маъмурий бошқариш системасини қуриш эмас, балки корхона ишини оптимал планлаштириш ва оператив бошқариш, технологик комплекс ва қурилмаларнинг иш режимларини оптималлаштириш, шунингдек, химиявий технологик ва биологик процесслардаги фазавий ўзгарувчиларни (босим, температура, сарф ва ҳоказолар) ростлаш каби муаммолар йиғиндисини ҳал этишдир.

Химия ва озиқ-овқат саноатида жорий этилаётган автоматик контрол, ростлаш, масофадан туриб бошқариш, блокировка ва сигнализация воситаларини марказлаштириш ТПАБС ларини амалга оширишда қулай шароитлар яратиб бермоқда.

Озиқ-овқат саноатида ТПАБС ни яратиш — маълумотларни тўплаш, уларни қайта ишлаб чиқиш учун ишлатиладиган автомат қурилмаларнинг мақсадга мувофиқлигини техника-иқтисодий жиҳатдан чуқур анализ қилиш, бошқариладиган объектини ўрганиш, оптималлаштириш критерийларини аниқлаш, технологик жиҳозлар ишидаги оптимал режимни топишни талаб қилади. ТПАБС ларни синтез қилишда технологик процессларни идентификациялаш ва оптималлаштириш вазифалари муҳим аҳамиятга эга. Шунга мувофиқ, автоматлаштирилган системалар устида иш олиб боровчилар ишланган математик модель ва алгоритмларни АБС да ишлатиш мақсадида саноат технологик комплексини ўрганиш малакасига эга бўлишлари лозим.

Химия ва озиқ-овқат саноатидаги технологик процессларни автоматлаштиришда инженерлар, технологлар, асосий ишлаб чиқариш бўлинмаларининг техниклари, иқтисодчилар, математик ва бошқа мутахассислар иштирок этади. Шунинг назарда тутган ҳолда улар

технологик процесслардаги оптимал бошқариш системаларини анализ ва синтез қилиш хусусиятларидан хабардор бўлишлари муҳимдир. Мазкур китобда химия ва озиқ-овқат корхоналари ҳамда узлуксиз ва узлукли (дискрет) технологик процессларни бошқариш учун автоматлаштирилган бошқариш системасини қуриш билан боғлиқ бўлган вазифа, концепция ва методлар баён қилинади.

Кибернетиканинг асосий тушунчалари. Автоматлаштириш — технологик процессларни одамнинг бевосита иштирокисиз бошқаришда контрол-ўлчаш приборлари, ростлагичлар ва бошқа техникавий қурилмаларни қўллаш демакдир. Бизнинг приборсозлик саноатимиз автоматлаштириш воситаларининг катта номенклатурасини ишлаб чиқаради. Улар химия ва озиқ-овқат саноатидаги автоматлаштиришнинг асосий талабларига жавоб беради, лекин айрим ҳолларда технологик процессларнинг ўтишидаги хусусий шароитлар махсус, оригинал аппаратларни талаб қилади.

Одамнинг технологик процессда иштирок этиш даражасига кўра автоматлаштириш қуйидаги турларга бўлинади:

- автоматик контрол;
- автоматик ростлаш;
- автоматик бошқариш.

Автоматик контрол технологик процесснинг ҳозирги ҳолати ҳақида оператив маълумот олиш ва уни қайта ишлаш учун керакли бўлган шароит билан таъминлайди. Автоматик ростлашда технологик процесснинг берилган параметрлари автоматик ростлагичлар ёрдамида сақланади. Бунда одам автоматик ростлаш системаси (АРС) нинг тўғри ишлашини кузатиб туради холос. Технологик операцияларни берилган кетма-кетликда автоматик равишда амалга ошириш ҳамда бошқариш объектига маълум кетма-кетликда таъсир кўрсатиш а в т о м а т и к б о ш қ а р и ш деб аталади.

Ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш даврлари. Ишлаб чиқаришдаги автоматлаштиришнинг ҳозирги ҳолати уч асосий давр билан боғлиқ.

Биринчи даврда айрим технологик процесслар автоматлаштирилади. Процесслардаги айрим параметрларнинг автоматик ростланиши автоматлаштирилаётган агрегат яқинида ўрнатилган приборларнинг кўрсатишига кўра бажарилади. Машина ва аппаратлар яқинида бир неча приборларни жойлаштириш унча қийин ва ноқулай бўлмайди. Автоматлаштиришнинг бу даврида шкалалари яхши кўринадиган йирик приборлар ишлатилади. Бу приборларнинг корпусида ўлчаш прибори, ростлагич ва задатчик жойлашади.

Иккинчи давр — ишлаб чиқаришнинг айрим процессларини комплекс автоматлаштириш даври. Бунда бошқариш алоҳида шчитга ўрнатилган приборлар бўйича олиб борилади. Юқорида айтилган йирик приборлардан фойдаланиш шчитнинг катталигини бир неча метрга чўзиб юборади, шу сабабли шчитлардаги кўрсатишларни кузатиш қийинлашади. Натижада кичик ҳажмдаги иккиламчи приборлар барпо этилади.

Учинчи давр — батамом автоматлаштириш даври. Бунда агрегат ва цехлар тўла автоматлаштирилади. Бу босқичда бошқариш ягона

диспетчерлик пунктида марказлаштирилади. Доимий кузатишни талаб қилмайдиган ёрдамчи ўлчаш ва ростлаш приборлари шитдан ташқарида ўрнатилади. Улар йирик ўлчамда бўлиши мумкин.

Корхонанинг тўлиқ автоматлаштирилиши унинг автомат-заводга айланиши демакдир. Ишлаб чиқариш процессида ишлаб чиқариш боғланишидан аввал барча тайёрлов ишлари, технологик процессларни бошқариш ҳамда корхонани оператив равишда бошқариш ишларининг ҳаммаси автомат машиналар системаси орқали бажарилади. Ишчиларнинг вазифаси ишлаб чиқариш процессини контрол қилиш ва четга чиқишларни бартараф этишдан иборат бўлади.

Системалар. Бошқариш — ҳар қандай мураккаб системанинг ажралмас қисмидир. Агар система таркибида бошқариш функцияси юклатилган оператор — одам бўлса, бу система э р г а т и к дейилади.

Ҳамма системаларни кичик ва катта (мураккаб) системаларга бўлиш мумкин. Кичик система бир технологик процесс билан чекланган, унинг ички боғланиши ва аппаратининг конструктив шаклланишига боғлиқ бўлади. Катта системалар кичик системаларнинг йиғиндисидир. Бу системалар кичикларидан сон ва сифат жиҳатидан фарқ қилади. Катта системалар қуйидаги хусусиятларга эга: 1) системанинг бирлиги, маълум яхлитлик, умумий мақсад ва вазифаларнинг мавжудлиги; 2) система ҳажмининг катталиги, таркибий элементлар сонининг ва бажариладиган функцияларнинг кўплиги; 3) система ҳаракатининг мураккаблиги, факторлар орасидаги бир-бирига чатишиб кетган боғланиш мавжудлиги; 4) системага кўрсатиладиган таъсирларнинг эҳтимоллик характери; 5) системада рақобатлашувчи томонларнинг мавжудлиги.

Химия ва озиқ-овқат саноатида технологик процессларнинг кўпчилигини мураккаб системалар амалга оширади. Химия ёки озиқ-овқат маҳсулотларини ишлаб чиқариш системаси, одатда, бир-бири билан муайян боғланган бир қанча таркибий элементлардан иборат, бу элементлар ўзларининг функционал вазифаси жиҳатидан бир-биридан фарқ қилади. Бундай системанинг ҳаракати жуда мураккаб, шу сабабли кўпчилик технологик процесслар етарли даражада ўрганилмаган. Системада, кўпинча, рақобатлашувчи томонлар мавжуд бўлиб, уларнинг таъсири турлича ва хилма-хилдир. Бу ҳолат компримис масалаларининг оптималлаштириш йўли билан ҳал қилинишини талаб қилади.

Системаларни классификациялашда, мураккаблик критерийсидан ташқари, системанинг детерминантланганлигини эътиборга олиш керак. Детерминантланган системаларда уларнинг таркибий элементлари бир-бирига нисбатан муайян қонунга мувофиқ ўзаро таъсир кўрсатади. Процессни таърифловчи чиқиш катталигининг қиймати системадаги кириш параметрининг қийматига кўра аниқланади. Стохастик системаларда технологик процессни аниқловчи катталикларнинг ўзгариши тартибсиз ўтади. Стохастик системаларни таърифлашда эҳтимоллик назариясининг усуллари ишлатилади.

Ишлаб чиқариш процессларини тадқиқ қилишда системали ёндошиш мақсадга мувофиқдир. Бошқариш масалаларини ечишда маҳсу-

лот ишлаб чиқариш саноати билан боғлиқ бўлган бир қатор муаммолар йиғиндисини кўриб чиқиш керак. Технологик процесснинг анализ ва синтез масалалари, процесс ўтишидаги режим кўрсаткичлари, масаланинг иқтисодий анализи ва процессни бошқаришдаги автоматик системаларнинг синтези шу муаммолар жумласидандир. Системали анализ мураккаб ҳодиса бўлиб, процессларни татбиқ этишда асосий методлардан бўлиб қолмоқда. Системали анализнинг моҳияти ҳар бир системали масалани ечишда қўллаш мумкин бўлган принципларга асосланган. Бу принциплар қуйидагилардан иборат: 1) тадқиқот ишларининг мақсадини аниқлаш, бу мақсадга эришиш йўлидаги вазифаларни белгилаш ва масалани ечишдаги унумдорлик критерийсини топиш; 2) тадқиқотнинг ёйиқ режасини ишлаб чиқиш ва масалани ечишдаги асосий босқич ҳамда йўналишларни белгилаш; 3) ўзаро боғланган босқич ва йўналишлар комплекси бўйича пропорционал—кетма-кет ҳаракат; 4) айрим босқичларда тартибли яқинлашишни ва текширишнинг қайта даврларини ташкил қилиш; 5) тақрибий хусусий масалаларни ечишда анализнинг пасаювчи иерархия ва синтезнинг юксалувчи иерархия принципларига асосланиш.

Яқин орада системали ёндошиш методи янги ишланаётган процессларнинг илмий-текшириш ишларида, шубҳасиз, асосий методлардан бири бўлиб қолади. Илмий-текшириш ва тажриба-лойиҳалаш ишларида технологик процессларни ўрганишдаги анализ ва синтезнинг замонавий усулларидан фойдаланиш керак. Бу ишларда ишлаб чиқариш шароитларидаги процессларга максимал ўхшаш процессларни кўрсатувчи ЭХМ ларни қўллаш ўринли бўлади. Бундай усулларни кибернетика методлари билан биргаликда қўллаш замонавий химия ва озиқ-овқат технологиясидаги системали ёндошиш методининг негизи ҳисобланади.

Бошқариш объекти бўлган химиявий технологик процесс ва системаларнинг хусусиятлари. Тажриба шуни кўрсатадики, ЭХМ ларда замонавий датчиклардан фойдаланиш, ишлаб чиқилган технологик процесслар ҳамда шу процессларни амалга оширадиган аппаратлар фан ва техниканинг энг янги замонавий ютуқларига асосланган бўлса яхши натижалар беради. Локал ёндошиш методида айрим масалалар ўзаро боғланмаган ҳолда ечилади, системали ёндошиш методида эса янги амалий ва назарий аҳамиятга эга бўлган қонуниятлар аниқланади.

Химиявий технологик комплексларни ўрганишда ишлаб чиқариш билан боғлиқ бўлган системанинг иерархик структурасини кўриб чиқиш мақсадга мувофиқдир. Бунда декомпозиция операциясини бажариш ёки системани бир-бирига боғлиқ бўлган кичик системаларга бўлиш керак. Химиявий ва озиқ-овқат корхоналари уч босқичли иерархик системалари билан таърифланади. Иерархиянинг қуйи босқичи типавий технологик процессларга асосланган. Маҳсулот ёки ярим маҳсулот ишлаб чиқариши керак бўлган муайян технологик процесс ва аппаратлар йиғиндиси иерархиянинг ўртача босқичини ташкил қилади. Унинг юқори босқичи — саноат корхонаси (халқ ҳўжалигининг мустақил соҳасини ташкил қиладиган яхлит ишлаб чиқариш муассасаси).

Иерархия қўйи босқичининг вазифаси технологик процессни стабиллаштириш ва оптималлаштиришдан иборат. Бу ерда маълумотнинг структуравий бойишини кузатиш мумкин. Ўртача босқичда цехларни автоматлаштириш ишларидаги сарф қилинадиган энергетик ва моддий маблағларни қисқартириш масалалари ҳал қилинади. Бу босқичда айланивчи (циркуляцияланувчи) информация статистик бойийди. Ниҳоят, бошқаришнинг юқори босқичида техника-иқтисодий кўрсаткичларни кўтариш масалалари ечилади. Бунда маълумот семантик бойийди.

Автоматлаштирилган бошқариш системалари (АБС). Ҳозирги вақтда ишлаб чиқариш кучларининг ривожланиши корхоналарнинг катта миқёси ва маблағларнинг комплекс қўлланиши билан таърифланади. Фан ва техниканинг тез суръатларда тараққиёти замонавий ишлаб чиқариш муассасаларининг автоматик ва автоматлаштирилган бошқариш системалари билан таъминланишини талаб қилади.

АБС ни иқтисодий ва социал ривожлантиришнинг 1981—1985 йилларга ва 1990 йилгача бўлган даврга мўлжалланган асосий йўналишларида фан ва техника тараққиётини янада жадаллаштириш ҳақида алоҳида уқтириб ўтилган. Фан ва техника ютуқларидан фойдаланиш асосида принципиал янги, илғор технологияни вужудга келтирилиши, ишлаб чиқаришни комплекс механизациялаш ва автоматлаштириш учун керакли машиналарнинг янги системаларини, ихчам электрон-ҳисоблаш машиналаридан фойдаланиладиган ва ўрнатиб қўйилган автомат-бошқариш системаларининг ривожлантирилиши ҳамда ишлаб чиқаришга жорий этилиши лозим.

Ун 6 ринчи беш йилликда эксплуатацияга топширилаётган АБС ларнинг сонини кўпайтириш назарда тутилган. Ишлаб чиқилган ва амалга оширилган АБС ларнинг кўпчилиги унумли натижалар берди. Масалан, кўпгина машина ва приборсозлик корхоналарида техника-иқтисодий кўрсаткичларнинг ва, аввало, меҳнат унумининг ошиши кузатилмоқда. Бунга сабаб қуйидагилардир:

— меҳнат унумининг ошиши, маҳсулотнинг таннархи ва унинг сифатига таъсир қилувчи барча факторларни чуқур техника-иқтисодий анализ қилиш;

— ҳисоблашнинг оперативлиги ва аниқлигига асосланган социалистик мусобақанинг ривожланиши;

— корхона раҳбарлари учун справка, ҳисобот, буюртмаларга сарфланадиган вақтларни қисқартириб, ўз эътиборларини корхонадаги технология ва бошқаришни мукамаллаштириш каби муҳим вазифани бажариш ишларига жалб этиш имкониятини яратиш.

АБС даги типлаштириш муаммоси ҳозирги пайтда ечилмаган. Бунинг боиси шундаки, халқ хўжалигининг ҳар бир соҳаси, ҳар бир муайян корхона ўзининг хусусиятлари билан бир-биридан арқ қилади. Ечимларни типлаштириш иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқдир, чунки унинг натижасида кучлар максимал даражада марказлашади, бироқ объектда амалга оширишда эса бу типавий ечим жуда кам тузатишларни талаб қилади. Ҳозир амалга оширилаётган учинчи босқич — ЭҲМ га ўтиш АБС ни типлаштириш масаласини енгиллаш-

тиради. Иккинчи босқич ҳисоблаш машиналари учун бир-бирига ўхшаш корхоналардаги типлаштириш муаммоси характерлидир. Эндиликда эса барча классдаги автоматлаштирилган бошқариш системалари учун уларнинг техникавий ва программали таъминотининг катта қисмини типлаштириш мумкин. АБС нинг инфор­мацион таъминотига келсак, унинг ҳам катта қисми муваффақиятли типлаштирилмоқда.

Датчиклар системасининг кенг чегаралари миқёсида ўзгарувчи буюртувчиларнинг кўп томонлама талабларини қондирувчи технологик процессларнинг ижро этувчи қурилмаларини, объектлар билан боғловчи приборларни, АБС га қаратилган мини ЭХМ ларни, катта универсал компьютерларни автоматлаштирувчи программали-техникавий комплексларни ишлаб чиқишни йўлга қўйиш керак. АБС нинг техникавий манбаларини янгилаш ва ремонт ишларини марказлаштирилган равишда бажариш ҳамда турли кўрсаткичлар учун марказлаштирилган программалар фонд­ини яратиш масалалари алоҳида аҳамиятга эга. Тажриба шуни кўрсатадики, яратилаётган АБС ларнинг кўпчилигида система ҳақида турли нуқтаназардан унинг ҳар бир босқичидаги маълумотларни узлуксиз интеграллаш, хусусий мақсадларни ягона асосий мақсадга бўйсундиришни талаб қиладиган системали ёндошиш йўқи—бу уларнинг асосий камчилигидир. Анъанавий бошқариш методларини автоматлаштириш максимал унумдорликни таъминламайди. Ҳақиқий унумли АБС ни ишлаб чиқиш—принцип жиҳатдан янги бошқариш технологиясига ўтиш демакдир. Унда замонавий ҳисоблаш техникасидаги бир қатор имкониятларни тўла равишда қўллаш мумкин.

АБС ларни классификациялаш. АБС ни классификациялаш бу системалар қўлланилган бошқариш объектларининг хилма-хиллиги туфайли анча қийин. Аввало мазкур объектнинг бошқариш принци­пини аниқлаш лозим. Мамлакатимиз халқ хўжалигини бошқариш системасида уч принцитни—тармоқ, территориал ва территориал-тармоқ бошқариш принципларини ажратиш мумкин. Тармоқ бошқариш принци­пи оғир саноатни бошқариш асосини ҳосил қилади. Терри­ториал бошқариш принци­пи республика министрликлари, комитет ва бошқармаларни бошқаришга тааллуқлидир. Территориал-тармоқ бошқариш принци­пи енгил саноатда ва баъзи саноат соҳаларида қўлланилади.

Иерархия босқичларига кўра АБС лар қуйидагиларга бўлинади: технологик процессни бошқариш учун яратилган автоматлаштирилган системалар (ТПАБС); корхоналарни бошқаришдаги автоматлаштирилган системалар (КАБС); тармоқли АБС (ТАБС); умумдавлат АБС (УДАБС).

Автоматлаштириш объекти бўлган процесс турига кўра АБС ларни (вазифасига кўра) қуйидагича классификациялаш мумкин:

1. Технологик процессларни бошқариш (ТПАБС).
2. Ташкилий процессларни бошқариш (ТаПАБС).
3. Лойиҳалашни бошқариш (ЛАБС).
4. Планлаштириш ва синовларни бошқариш (ПСАБС).
5. Фан-техника тараққиётини бошқариш (ФТАБС).

Ишлаб чиқариш процессининг ўтишига кўра АБС ларни классификациялаш муҳим аҳамиятга эга: дискрет, узлуксиз—дискрет ва узлуксиз процесслар учун АБС ларни ажратиш мумкин.

АБС даги одам-оператор ва инфор­мацион ҳисоблаш техникаси­нинг роли. Бошқариш системасида одам контрол, ростлаш ва опе­ратив бошқаришларни ўз ичига олган бошқариш ишларини бажаради. К о н т р о л системанинг ҳолатини таърифловчи, унинг ўзгарув­чалари ҳақида ва объектга керак бўлган таъсирни бажариш учун зарур бўлган маълумотларни олишдан иборат. Р о с т л а ш система­нинг муайян ўзгарувчиларини берилган чегараларда сақлаш ёки уларни муайян программага мувофиқ ўзгартишдан иборат. О п е р а т и в б о ш қ а р и ш — системага кўрсатиладиган бошқарувчи таъсирни система вазифасига мувофиқ амалга ошириш ва унинг сақ­ланишини таъминлашдир.

Одам АБС нинг муҳим элементларидан биридир. АБС ларни иш­лаб чиқишда яқин пайтларгача энг аввал техникавий манбаларга (ЭХМ, маълумотларни узатувчи приборлар, маълумотларни қайта ишлаш ва ҳоказоларга) аҳамият берилар эди ва бошқаришда ишти­рок этувчи одамнинг катта имкониятлари назардан четда қоларди. Одам — бошқариш системасидаги энг мураккаб звенодир. Бошқа­риш системаларидаги одамнинг вазифаси техникавий системаларни ва ташкилий-иқтисодий системаларни бошқаришдан иборат. АБС ларда энг муҳими одамларнинг ўзаро алоқасидир, техникавий восита­лар эса оптимал ечимни топишдаги керак бўлган маълумотларни йи­гиш ва қайта ишлаш вазифаларини енгиллаштиради. Одам бошқариш системасида маълумотларни анализ қилади ва бир қарорга келади, буйруқ—информацияни ишлаб чиқади, система ишининг программа­сини тузади, уни кузатади ва контрол қилади, турли командаларни бажаради. Бир қатор ишларни одам кетма-кет ёки параллел бажари­ши керак бўлади. Система яхлит бўлиши учун унинг таркибига бошқа системалар ишини интегралловчи яна бир звено кириши лозим. Бун­дай звено сифатида замонавий бошқариш системаларида талаб қили­наётган интеграцияни таъминлай оладиган одам ишлайди. Одам тех­никавий воситалардан фақат логик ва арифметик операцияларни бажаришда ҳамда ишнинг берилган режимини узоқ вақт давомида сақлашда қолишади ҳолос.

АБС ни ишлаб чиқаришдаги стандартлаш. АБС ларни халқ хў­жалигига жорий этиш уларни яратишдаги индустриал методларни талаб қилади. Бу методлар икки асосий мақсадни назарда тутади: 1) яратилаётган система­лар лойиҳаларининг юқори сифатини таъмин­лаш; 2) АБС ларни яратиш ва амалга ошириш процессининг тежам­корлигини ошириш. Лойиҳалар сифати автоматлаштирилаётган обь­ектнинг ривожланиш даражаси, яратилаётган системанинг иқтисо­дий потенциали, маълумотларни қайта ишлашнинг система техни­кавий даражаси ва, ниҳоят, автоматлаштиришнинг бошқариш маса­лаларини ўз ичига олиш даражасининг интеграл ўлчовидан иборат бўлган АБС нинг фан-техникавий савияси кўрсаткичлари билан ўлчанади.

АБС ни ишлаб чиқиш ва амалга ошириш процесси кўрсаткичла-

рини уларнинг таннархи, сермеҳнатлиги, ишлаб чиқиш ва амалга ошириш муддатлари ташкил қилади. Маълумки, бу параметрларнинг ҳар бири ўзининг сон қиймати жиҳатидан минимал бўлиши керак. Юқорида айтилган мақсадларга эришиш учун ялпи чиқариладиган типавий элементлар ва лойиҳали ечимларни яратиш лозим. Стандартлашнинг келгуси босқичида бир турли автоматлаштириш объектлари учун АБС нинг типавий лойиҳаларини яратиш масаласи ҳал қилинади. Шундан сўнг АБС ларнинг типавий лойиҳаларини ҳар бир турнинг қолган объектлари билан боғлаш қолади.

Шундай қилиб, АБС ларни ишлаб чиқишдаги стандартлаш ягона ташкилий, техникавий ва технологик ечимларни муайян бир турдаги бошқариш объектлари учун автоматлаштирилган бошқариш системаларини яратишда қўллаш имкониятидан иборатдир. Лойиҳали ечимларни максимал тўғри типиклаштиришнинг асосий принципи лойиҳачилар томонидан таклиф қилинаётган ечимларнинг иложи борица кенг доирадаги буюртмалар учун фойдали бўлишига интилишлари лозимлигидир. Лекин тажриба шуни кўрсатадики, бирор масала ечимининг универсал программасини яратиш учун конкрет объектка мосланган программага нисбатан жуда кўп вақт талаб қилинади.

Типиклаштиришнинг мантиқийлиги ихтисослаштирилган программага нисбатан намунали программанинг ишидаги сулшлашиш процентининг мантиқийлигини назарда тутати. Комплекс АБС ларни яратишда ечимларнинг типиклашиши туфайли кўчларнинг мужасамланиши жуда муҳимдир. Бундан ташқари, кўпинча, юқори малакали мутахассислар томонидан топилган нәмунали ечим юқори малакага эга бўлмаган мутахассислар томонидан топилган ечимга кўра унумлироқ бўлади. Намунали ечимларни қўллаш йўли билан АБС ларни ишлаб чиқишдаги муддатларни қисқартишга системани ишлаб чиқувчилар томонидан фақат ечимларни муайян шароитга боғлаш йўли билан эришилади. Бундай ёндошишда ишлаб чиқишдаги меҳнат ҳажми бир неча ўн марта камаяти.

Приборлар ва автоматлаштириш воситаларининг давлат системаси (ДПС). Давлат приборлар системаси таркибига технологик процессни автоматик контрол қилиш ва ростлашнинг техникавий воситалари кириди. Давлат приборлар системаси ҳозирги пайтда пневматик, электр (аналог ва дискрет) ва гидравлик тармоқларга эга. Давлат приборлар системасининг приборлари юқори аниқликка эга, уларнинг хатоси 0,6 ... 1,0% дан ошмайди.

Давлат приборлар системаси (ДПС) даги пневматик тармоқнинг техникавий воситаларий блок принципи бўйича қурилган бўлиб, уларнинг таркибига пневмоқучли ўзгартгич кириди. Бу ўзгартгич бошқа датчикларнинг турли сезгир элементлари билан биргаликда кенг миқёсдаги технологик параметрларни ўлчашга имкон беради ва уларни 0,2 ... 1 кГ/см² диапазонда ўзгарувчи стандарт пневматик сигналга айлантиради.

Биринчи марта мамлакатимизда ишланган саноат пневмоавтоматика элементларининг универсал системасини (СПАЭУС) қўллаш йўли билан блок ва қурилмаларни қуриш модуль принципи давлат

приборлар системасидаги пневматик тармоқнинг сифатини оширди. СПАЭУС нинг ҳа, бир элементи фақат битта содда вазифани бажариб, ички коммуникациялардан ҳолисдир. Бу элементларни муайян тартибда боғлаш йўли билан контрол қилиш, ростлаш ҳамда бошқаришнинг мураккаб системалар комплекси ва приборларини яратиш мумкин. Ҳозирги пайтда ДПС даги пневмотармоқ 40 дан ортиқ модуль элементларига эга. Бу модуллар асосида 150 дан ортиқ (кўрсатувчи, қайд қилувчи, марказлаштирилган контрол машиналари, бошқариш, ростлаш, пневматик ҳисоблаш) прибор ва блоklar қуриш мумкин.

СПАЭУС элементлари асосида «Старт» иккиламчи прибор ва ростлагичлар системаси яратилган. У ДПС нинг пневматик тармоғидаги датчиклар ҳамда универсал пневматик сигналларга эга бўлган бошқа приборлар билан биргаликда ишлайди. Бу системага турли вазифани бажарувчи (бир ёки икки параметр қийматини ёзиб олиш ва кўрсатиш, ростланувчи параметр миқдорини узлуксиз ёзиб олиш ва кўрсатиш, ижро этувчи механизмдаги босим ҳолатини ва контрол нуқтасини кўрсатиш) иккиламчи приборлар, (позицион, пропорционал, изодром ва бошқалар) ростлагичлар, содда алгебраик операция приборлари кирази. «Старт» системасининг приборлари кичик ҳажмда бўлиб, ишлаб чиқариш саноатидаги портлаш, ёнғин чиқиш хавфи бор шароитларга мосланган.

Давлат приборлар системасининг электр ток тармоғи. Халқ хўжалигининг турли соҳаларидаги технологик процессларнинг ўзаро бирлашувчи контрол ҳамда ростлаш прибор ва қурилмалари йиғиндисидан иборат. Бу ерда ҳам приборлар қурилишининг агрегат-блок принципи қўлланилган. ДПС нинг электр тармоғи ростловчи ва функционал қурилмалар, иккиламчи приборлар, ижро этувчи механизмлар, ўзгартгичлар ва ҳоказоларнинг комплектини ташкил қилади. Системада ягона унификациялашган электр токи (0 ... 5 ва 0 ... 20 мА) сигналлари қўлланилади, шу туфайли турли марказлаштирилган контрол ва бошқариш машиналарини ДПС нинг электр тармоғи билан биргаликда қўллаш имкони ҳосил бўлади. Схема ва конструкциялар соддалашгани туфайли ҳамда контактсиз бажариш элементларидан (асосан яримўтказгич ва магнит элементларидан) фойдаланиш ҳисобига система юқори даражада ишончли ҳисобланади.

ДПС даги гидравлик тармоқнинг приборлари ҳозирги пайтда ишлаб чиқилмоқда. Гидравлик, электр-гидравлик ва пневмогидравлик ростлагич ҳамда приборлардаги суyoқлик сифатида мой ва сув ишлатилади.

Автоматлаштиришнинг иқтисодий унумдорлиги. Ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш технологик цикллари қисқартириш ҳисобига асбоб-ускуналарнинг маҳсулдорлигини кўтариш, меҳнат унумдорлигини ошириш, иш шароитларини яхшилаш, маҳсулот таннархини пасайтиришга имкон беради. Автоматлаштирилган корхонада чиқарилаётган маҳсулотнинг сифатини ошириш технологик регламентга сўзсиз риоя қилиш ҳисобига эришилади. Автоматик бошқариш системаси ҳосил қиладиган тежамкорлик — маҳсулдорликни кўтариш, маҳсулотнинг сифатини ошириш, меҳнат ва энергия сар-

фини камайтириш каби ишлардан иборат. Бу тежамкорликни даромад характеристикаси ёрдамида таърифлаб, бошқариш системасининг унумдорлигини баҳолаш мумкин. Тежамкорликни ҳисоблашда автоматлаштиришга сарфланган қўшимча маблағларни ҳисобга олиш керак. Агар автоматлаштириш натижасида мазкур корхонадаги ишлаб чиқариш сарфлари камайган бўлса, тежамкорлик миқдори тежамкорликни, қўшимча капитал сарфларни ҳамда системани ишга туширишда сарфланган маблағни ҳисобга олган тарзда баҳоланади.

Бошқариш системасини жорий этиш натижасида эришилган йиллик даромадни қуйидаги формула бўйича ҳисоблаш мумкин:

$$\mathcal{E} = \frac{G_2 - G_1}{G_1} \cdot P + CG_2 - EK,$$

бу ерда: G_1 ва G_2 — бошқариш системасини жорий этишдан аввал ва ундан кейин амалга оширилган маҳсулотнинг бир йиллик ҳажми (пул ифодасида); P — бошқариш системасини жорий этишдан аввалги даромад; C — ишлаб чиқариладиган маҳсулотнинг баҳоси бирлигидаги сарф тежамкорлик; E — химия саноати учун капитал маблағнинг иқтисодий унумдорлик норматив коэффиценти ($E = 0,2 \dots 0,3$); K — автоматлаштиришда сарфланган капитал маблағ.

Агар автоматлаштириш системасини жорий этиш натижасида маҳсулот ишлаб чиқаришдаги маблағ сарфи камаймаса, автоматлаштириш ишлаб-чиқариш рентабеллиги даражасига тескари таъсир қилиб, асосий фондлар баҳосини оширади деб ҳисоблаш керак.

Таннархи ва солиштирма капитал маблағлари бўйича бир йиллик иқтисодий фойдани аниқлаш учун бошланғич кўрсаткичлар сифатида техника-иқтисодий кўрсаткичлари бўйича ўхшаш маҳсулотни ишлаб чиқарувчи энг яхши технологик процесс ёки усулнинг кўрсаткичлари олиниши керак. Иқтисодий факторлар бўйича маҳсулот бирлигига сарфланган маблағлар минимал бўладиган тадбирларга мос кўрсаткичлар бошланғич деб ҳисобланиши лозим.

Автоматлаштиришдаги иқтисодий унумдорликнинг асосий кўрсаткичларини сарфланган харажатни қоплай олиш муддати ва иқтисодий унумдорлик коэффиценти ташкил қилади. Харажатни қоплаш муддати $T_{\text{коп}}$ қуйидаги формулалар бўйича аниқланади:

$$T_{\text{коп}} = \frac{K + A}{\mathcal{E}},$$

$$\mathcal{E} = (C_1 - C_2) \cdot B;$$

бу ерда K — автоматлаштиришга сарфланган капитал маблағ; A — янги ишга туширилган жиҳознинг баҳосидан олиб ташланган амортизация; $\mathcal{E}$ — шартли йиллик иқтисодий даромад; C_1, C_2 — автоматлаштиришдан аввалги ва кейинги маҳсулотнинг таннархи; B — автоматлаштиришдан кейинги натурал бирликда чиқарилган йиллик маҳсулот.

Капитал маблағларнинг иқтисодий даромад коэффициенти E бутун корхона кўрсаткичларига таъсир қилувчи тадбирларнинг иқтисодий даромадини аниқлаш учун қўлланилади:

$$E = \frac{(C_1 - C_2) \cdot B}{K}.$$

Автоматлаштиришни жорий этиб бўлгандан-сўнг автоматлаштиришнинг амалдаги иқтисодий даромадини чиқарилаётган маҳсулотнинг автоматлаштиришдан аввалги ва кейинги таннархини солиштириш йўли билан тадқиқ қилиш, таннархи ва унинг айрим таркибий қисмларига таъсир қилувчи факторларни критик анализ қилиш лозим. Бунда тадқиқот автоматлаштиришнинг афзаллиги ва камчиликлари ҳақида фикр юритишга имкон беради. Иқтисодий фойдани баҳолашда меҳнат хавфсизлиги, меҳнат шароитини яхшилаш бўйича тадбирлар эътибордан четда қолмаслиги керак. Бу кўрсаткичлар ҳам оқибатда автоматлаштириш келтирган иқтисодий фойдага таъсир қилади.

ХИМИЯВИЙ-ТЕХНОЛОГИК ПАРАМЕТРЛАРНИ КОНТРОЛ ҚИЛИШ

1606. МЕТРОЛОГИЯ ВА ЎЛЧОВ ТЕХНИКАСИНING АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАРИ .

I. 1-§. Метрологиянинг асосий тушунчалари

Физикавий ҳодисаларни ўрганиш ва улардан амалда фойдаланиш турли физикавий катталикларни ўлчаш, яъни маълумот олиш билан боғлиқ. Маълумот қанча тўла ва объектив бўлса, физикавий ҳодисаларнинг туб маъносини тушуниш шунчалик чуқур бўлади. Физикавий катталикнинг конкрет қиймати технологик процесснинг ривожланиши ҳақидаги маълумотнинг муҳим қисмидир. Турли сигнал ҳамда символлар орқали фойдаланган процесснинг характеристикаси ва ҳолати ҳақидаги ахборотларни маълумот, яъни информация деб биламиз. Информациялар, жасосан, ўлчаш приборлари ва қурилмалар орқали олинади.

Метрология — бу ўлчов бирликлари, ўлчаш восита ва методлари ҳақидаги таълимотдир. Метрологиянинг асосий муаммоларини ўлчашнинг умумий масалалари, физикавий катталиклар бирлиги ва уларнинг системаси ҳақидаги маълумотлар, ўлчашнинг метод ва воситалари, ўлчашнинг тўғрилигини аниқлаш методлари ва ҳоказолар ҳосил қилади. Ўлчашга доир физикавий катталиклар механикавий, электр, иссиқлик, оптик, акустик бўлиши мумкин. Бу катталикларнинг бир тури технологик процесс ривожланишининг бевосита кўрсаткичи бўлса, бошқалари шу процесс билан функционал боғлиқдир.

Физикавий объектнинг сифат жиҳатдан умумий, лекин миқдор жиҳатдан ҳар бир объект учун индивидуал бўлган хусусияти физикавий катталик (ёки катталик) деб аталади.

Шундай қилиб, ҳар бир физикавий катталик айнан шу катталикнинг сонли қийматини бирлигига кўпайтмаси бўлган индивидуал қиймати билан характерланади. Масалан, жисмнинг масса қиймати 20 кг, бу демак 20 (сонли қиймат) нинг килограмм (масса бирлиги) га кўпайтмаси.

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

Халқаро (СИ) бирликлар системасида еттита асосий катталиклар мавжуд: узунлик (L), масса (M), вақт (T), Кельвин термодинамик температураси (θ), ток кучи (I), ёруғлик кучи (j), модда миқдори (N). Системага кирган ва асосий катталиклар воситасида аниқланадиган катталик ҳосила катталиги деб аталади. Масалан:

$$F = m \cdot a, \quad (1-1)$$

бу ерда m — масса, a — F куч таъсиридаги тезланиш.

Ясси бурчак ва фазовий бурчак катталиклари асосий тўпламга ҳам, ҳосилалар тўпламига ҳам кирмай, қўшимча катталиклар дейилади. Бирга тенг бўлган сонли қиймат билан ифодаланган катталик физикавий катталик бирлиги дейилади. Бу катталик кўпайтувчи сифатида физикавий катталик қийматига киради. Система бирликлари қуйидаги турларга ажратилади: асосий, ҳосила ва қўшимча бирликлар.

Система тузишда эркин танланган асосий физикавий катталик бирлиги асосий бирлик деб аталади. Мазкур система бирликлари орасидан тенглама орқали аниқланган физикавий ҳосила катталикларининг бирлиги ҳосила бирлик дейилади. Ўлчовга эга бўлмаганлиги сабабли асосий бирликларга қўшилмаган ва асосий бирликларнинг танланишига нисбатан эркин бўлгани учун ҳосила бирликларига ҳам қўшилмаган бирликлар қўшимча ёки бурчак бирлик деб аталади. I.—1-жадвалда халқаро (СИ) бирликлар системасида катталикларнинг ўлчамлари келтирилиб, ҳосила бирликларининг қийматини аниқлашга асос бўлган нисбатлар кўрсатилган.

1—1-жадвал

Халқаро (СИ) бирликлар системаси

Тартиб номера	Катталиклар	Ўлчов бирлиги	Қисқартирилган белгилар		Ҳосила бир- ликлар ўлчови
			ўзбек алфавити бўйича	латин ёки грек алфавити бўйича	
1	2	3	4	5	6

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	К	K	—
6	Ёруғлик кучи	градуси	кд	cd	—
7	Модда миқдори	кандела	моль	mol	—

Қўшимча бирликлар

1	Ясси бурчак	радиан	рад	rad	—
2	Фазовий бурчак	стерадиан	ср	sr	—

1	2	3	4	5	6
Ҳосила бирликлар					
1.	Юза	метр квадрат	m^2	m^2	$1 (m)^2$
2.	Ҳажм	метр куб m^3	m^3	m^3	$(1 m)^3$
3.	Частота	Герц	гц	Hz	$1:(1 c)$
4.	Зичлик	килограмм тақсим метр куб	$кг/м^3$	kg/m^3	$(1 кг):(1 м)^3$
5.	Тезлик	метр тақсим секунд	м/с	м/с	$(1 м):(1 с)^2$
6.	Бурчак тезлик	радиан тақсим секунд	рад/с	рад/с	$(1 рад):(1 с)^2$
7.	Тезланиш	метр тақсим се- кунд квадрат	$м/с^2$	$м/с^2$	$(1 м):(1 с)^2$
8.	Бурчак тезла- ниш	радиан тақсим секунд квадрат	рад/с ²	рад/с ²	$(1 рад):(1 с)^2$
9.	Куч	Ньютон	Н	N	$(1 кг) \cdot (1 м):$ $:(1 с)^2$
10.	Босим	Ньютон тақсим метр квадрат	$Н/м^2$	N/m^2	$(1 м):(1 м)^2$
11.	Динамик қову- шоқлик	ньютон кўпай- тирилган се- кунд тақсим метр квадрат	$Н \cdot с/м^2$	$N \cdot с/м^2$	$(1 Н) \cdot (1 с):$ $:(1 м)^2$
12.	Кинематик қову- шоқлик	метр квадрат тақсим, секунд	$м^2/с$	$м^2/с$	$(1 м)^2:(1 с)$
13.	Иш, энергия, ис- сиқлик миқдори	жоуль	Ж	J	$(1 Н) \cdot (1 м)$
14.	Қувват	ватт	Вт	W	$(1 Ж):(1 с)$
15.	Электр миқдори	кулон	Кл	C	$(1 А) \cdot (1 с)$
16.	Электр кучла- ниш, электр по- тенциаллар айир- маси, электр юритувчи куч	Вольт	В	V	$(1 Вт):(1 А)$
17.	Электр майдони кучланганлиги	вольт тақсим метр	В/м	V/м	$(1 В):(1 м)$
18.	Электр қаршилик	Ом	Ом	Ω	$(1 В):(1 А)$
19.	Электр сифим	Фарада	Ф	F	$(1 К):(1 В)$
20.	Магнит индук- цияси оқими	Вебер	Вб	Wb	$1 (к):(1 Ом)$
21.	Индуктивлик	генри	Гн	H	$(1 Вб):(1 А)$
22.	Магнит индук- цияси	тесла	тл	T	$(1 Вб):(1 м)^2$
23.	Магнит майдони кучланганлиги	ампер тақсим метр	А/м	A/м	$(1 А):(1 м)$
24.	Магнит юри- тувчи куч	Ампер	A	A	$(1 А)$
25.	Ёруғлик оқими	Люмен	Лм	lm	$(1 кд) (1 ср)$
26.	Равшанлик	кд тақсим метр квадрат ёки нит люкс	$кд/м^2$ ёки Нт Лк	cd/m^2 ёки nt lk	$(1 кд):(1 м)^2$
27.	Ёритилиш дара- жаси				$(1 лм):(1 м)^2$

Юқоридаги системага кирмаган бирликлар системадан таш-
қ а р и б и р л и к л а р деб аталади. Масалан, босим бирликлари —

килограмм куч. тақсим сантиметр квадрат ($\text{кг} \cdot \text{к}/\text{см}^2$), миллиметр симоб устуни (мм сим. уст.), бар; узунлик бирлиги ангстрем, парсек ва ҳ. к.

Техника тараққиётининг ривожланиши, маҳсулот сифатининг ошиши, унинг мустаҳкамлиги ва чидамлиги физикавий ҳодисалар, моддалар хусусияти, технологик процесс характеристикаси ҳақидаги тўла ва ишончли маълумотлар олиш метод ҳамда воситалар йиғиндиси бўлган ўлчов техникаси билан боғлиқдир. Қўлланилаётган ўлчовларнинг сўзсиз муштараклиги, ўлчаш ва синаш усуллари-нинг бир хиллиги ва уларнинг натижаларини таққосланиши, шу билан бирга ўлчов бирликлари, ўлчаш метод ва воситаларининг юқори даражали аниқ давлат эталонларини яратиш ҳамда уларни мукамаллаштирилиши ўлчов техникасининг халқ хўжалигида унумли қўлланишининг муҳим шартидир. Совет Иттифоқида ўлчовларнинг муштараклиги СССР Министрлар Советининг стандартлар Давлат Комитети, унинг республикалар бошқармаси ва марказлари, метрологик муассасалар (метрологик илмий текшириш институтлари, ўлчов техникалари стандартини назорат қилувчи лабораториялар, асосий стандартлаштириш ва метрология идоралари) томонидан амалга оширилади.

1970 йил 1 январда қабул қилинган «Давлат стандартлаштириш системаси» (ГОСТ 1—68) комплекси СССР стандартлаштириш ишларининг ривожланишидаги муҳим босқич бўлди. Бу комплексда стандартлар ишлаш ва уларни амалга ошириш, шу қаторда уларга рўйя қилишни текшириш асосий қоидалари аниқланган.

1. 2-§. Ўлчовлар. Ўлчов бирликлари

Бирор катталикини ўлчаш — уни бирлик сифатида қабул қилинган шунга ўхшаш бошқа катталик (ўлчов) билан таққослаш демакдир. Ўлчанаётган Q катталикининг U ўлчов бирлигига бўлган муносабатини ифодаловчи q сони ўлчанаётган катталикининг сонли қиймати дейилади ва қуйидаги тенглама билан ифодаланади.

$$q = \frac{Q}{U} \text{ ёки } Q = qU. \quad (1-2)$$

(1—2) тенглама ўлчашнинг асосий тенгламасидир. Унинг ўнг қисми ўз номига эга бўлган U ўлчов бирлиги ва ўлчанаётган Q катталикда мазкур бирлик неча марта борлигини кўрсатувчи q сонини ўз ичига олган ҳамда доим ўлчамли катталик бўлган ўлчов натижаси. Катталик қийматини кўрсатувчи сон ўлчов бирлигига боғлиқ. Агар (1—2) тенгламадаги U миқдор ўрнига бошқа U_1 миқдор олинса, тенглама қуйидаги кўринишни олади:

$$Q = q_1 U_1. \quad (1-3)$$

Ўлчанаётган катталикининг q сонли қиймати U ўлчов бирлиги бўлган аниқловчи кўпайтувчининг танланишига боғлиқ. (1—2) ва (1—3) тенгламаларни солиштирганда

$$qU = q_1 U_1 \text{ ёки } q_1 = q \frac{U}{U_1}. \quad (1-4)$$

Демак, U_1 бирликда ифодаланган q ўлчов натижасидан U_1 бирликда ифодаланган q_1 натижасига ўтиш учун q ни бирликлар нисбатига кўпайтириш лозим.

Натижалар олиш усули бўйича ўлчашлар бевосита, билвосита, тўпламли ва биргаликда ўлчаш турларига ажратилади.

Ўлчанаётган катталикнинг изланаётган қийматини бевосита тажриба натижасида топилишига, яъни уни ўлчанаётган катталик бирлиги билан солиштириш ёки шу бирликларда даражаланган ўлчов приборларининг кўрсаткичидан аниқлашга бевосита ўлчаш деб аталади. Бу турга амалда қўлланилаётган ўлчашларнинг кўпчилиги киради. Ўлчанаётган катталикнинг ҳам, ўлчаш натижасининг ҳам ягона бирликда ифодаланиши бевосита ўлчаш усулининг асосий воситаларидан биридир.

Билвосита ўлчаш усулида изланаётган қиймат ўлчанаётган катталикнинг бевосита ўлчанадиган катталиклари орасидаги боғланиши асосида топилади. Бу ўлчаш усули саноат процессини контрол қилиш учун бевосита ўлчаш имконияти бўлмаган вақтда қўлланади.

Бир номли катталикларнинг бир вақтда ўлчанишига тўпламли ўлчаш деб аталади. Бунда изланаётган қиймат катталиклар бирикмасини бевосита ўлчаш пайтида ҳосил бўлган тенгламалар системасини ечиш орқали топилади. Бу турдаги ўлчаш усули лаборатория ва илмий текшириш тажрибаларида қўлланилади.

Биргаликда ўлчаш — бу ҳар хил номли катталикларнинг ўзаро нисбатини топиш мақсадида бир вақтда бажариладиган ўлчашдир.

Ўлчанаётган катталик Q нинг изланаётган қийматининг биргаликда ўлчаш усулидаги умумий кўриниши қуйидаги тенглама орқали ифодаланади:

$$Q = F(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1-5)$$

бу ерда F — функционал боғланиш; $x_1, x_2, \dots, x_n$ — бевосита ўлчаш йўли билан топилган катталикларнинг қийматлари.

Биргаликда ўлчаш усули сўнгги пайтларда кенг тарқалмоқда. Масалан, мураккаб, кўп компонентли аралашмаларни анализ қилишда шу усул қўлланилади. Ҳисоблаш техникаси воситаларининг ривожланиши билан бу ўлчаш турининг қўлланилиши яна ҳам кенгайди. Ўлчовлар ўлчаш усулининг турли методлари билан олиб борилади. Замонавий метрологияда тўрт хил асосий ўлчаш методи мавжуд.

1. Бевосита баҳолаш методи — ўлчанаётган катталик қийматини бевосита ўлчаш приборининг даража кўрсаткичи бўйича аниқлайди. Бу метод ўлчанаётган катталик қийматини приборнинг кўрсатаётган ёки ёзиб олган чиқиш қийматиغا тўғри алмаштириш билан характерланади. Ўлчанаётган катталикнинг Q изланаётган қиймати бевосита тажриба орқали топилган x қийматиغا тенг:

$$Q = x \quad (1-6)$$

2. Ўлчов билан солиштириш ёки солиштириш методи — ўлча-наётган катталик қийматини намунали ўлчов билан солиштиришдан иборат.

3. Дифференциал методда ўлчаш натижасида прибор кўрсаткичи-га таъсир қилувчи ўлчанаётган катталик қиймати билан маълум ўлчов орасидаги фарқ аниқланади.

4. Нолавий (компенсацион) метод — солиштириш приборига катта-ликлар таъсирининг эффекти нолга етказилиш ўлчови билан солиш-тиришдан иборат.

Ўлчов бирликлари мустақил, ҳосила, каррали, ўнлик ва ко-герент ўлчов бирликларига бўлинади.

Бир-бирига боғланмаган бирликларга м у с т а қ и л ў л ч о в б и р л и г и деб аталади. Метр, килограмм, секунд, Кельвин градуси, Ампер, кандела, моль мустақил бирликлар жумласидандир. Мустақил бирликлар сонини минимумга етказиш мақсадга мувофиқ ҳисобла-нади.

Бирликлари белгиланган катталиклар билан бирликлари эркин танланган катталиклар орасидаги қонуний боғланиш асосида аниқ-ланувчи бирликлар ҳ о с и л а ў л ч о в б и р л и г и деб аталади.

Мустақил ёки ҳосила бирликларнинг бутун сонига тенг ўлчов бирликларига к а р р а л и ў л ч о в б и р л и г и деб аталади.

Ў н л и к б и р л и к л а р — мустақил ёки ҳосила бирликларнинг аниқ бутун қисмига тенг бўлган ўлчов бирлиги. Каррали ва ўнлик бирликлар асосий ёки ҳосила бирликлари каррали ўнга кўпайтириш ёхуд бўлиш йўли билан ҳосил қилинади.

Сонли коэффициентлари бирга тенг бўлган тенглама орқали систе-манинг бошқа бирликлари билан боғланган ҳосила бирлик к о-г е р е н т бирлик дейилади.

I. 3-§. Ўлчов хатолари

Атроф муҳитни, физикавий предмет ва ҳодисаларни ўрганар эканмиз, уларни характерловчи физикавий миқдорларнинг ҳақи-қий қийматини аниқлашга иштилакчимиз. Аммо бу миқдорлар қийматини аниқ белгилаш ва ўлчаш мумкин эмас. Бизнинг маълумотимиз физи-кавий катталикларнинг қийматини у ёки бу даражада аниқ белгилаб бериши мумкин, холос. Ўлчовнинг аниқлиги ўлчаш техникасининг ривожланиши, ўлчаш методларининг мукамаллаштириши билан бирга ортади. Шундай қилиб, ўлчаш методлари ва ўлчаш техникасининг ривожланишига кўра ўлчанган қийматлар асимптотик равишда кат-таликларнинг ҳақиқий қийматига яқинлашаверади.

Ҳар қандай ўлчаш натижаси икки катталик: катталикнинг ҳа-қиқий қиймати ва ўлчаш хатосининг функциясидир. Агар катталик-нинг ҳақиқий қийматини Q , унинг ўлчаш хатосини эса Δx деб қабул қилсак, ўлчаш натижаси қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$X = Q + \Delta x, \quad (1-7)$$

у ҳолда

$$\Delta x = X - Q. \quad (1-8)$$

(1—8) ифодадан катталикни ўлчаш хатоси ўлчаш натижаси ва ҳақиқий қиймат айирмасига тенг эканлиги келиб чиқади. Масалан, агар модданинг ўлчанган температураси $87,5^{\circ}\text{C}$ бўлиб, ҳақиқий температураси 87°C бўлса, ўлчаш хатоси $\Delta x = 87,5 - 87 = 0,5^{\circ}\text{C}$ бўлади. Ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий қийматини аниқлаш учун (1—7) ифодага мувофиқ ўлчов натижасидан хатони олиб ташлаш керак:

$$Q = X - \Delta x, \quad (1-9)$$

яъни тақрибий қийматга тузатиш киритиш лозим. Агар тузатишни Δq деб қабул қилсак,

$$\Delta q = Q - X \quad (1-10)$$

ёки

$$\Delta q = -\Delta x. \quad (1-11)$$

Демак, тузатиш тескари ишорали хатодан иборат. Биз келтирган мисолда $\Delta q = -0,5^{\circ}\text{C}$, ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий қиймати эса

$$Q = 87,5 - 0,5 = 87^{\circ}\text{C}.$$

Ўлчаш бажарилаётганда иложи борица аниқ натижа олишга, қийматни катталикнинг ҳақиқий қийматиға имкони борица яқинлаштиришга, демак, хатони максимал камайтиришга интилинади. Шуни назарда тутиш керакки, аниқликни оз бўлса ҳам юксалтириш катта қийинчиликлар билан боғлиқ. Шунинг учун ўлчов аниқлиги конкрет муҳитга қараб қабул қилинади.

Хатоларнинг пайдо бўлиш сабабларига кўра уларни методик, инструментал ва субъектив хатоларга бўлиш мумкин. Методик хатолар ўлчаш методининг ёки прибор тузилишида асос бўлган ҳисоблаш формуласининг ноаниқлигидан келиб чиқади. Инструментал хатолар шкала хатоси, ишқаланиш, зазор мавжудлиги сабабли йўл қўйилган хатолар, қолдиқ деформация (гистерезис) хатоларига бўлинади. Шкала хатолари механизм ростланишининг, шкала даражаланишининг ҳамда приборни йиғиш пайтида шкала ёки стрелканинг ноаниқ ўрнатилиши сабабли ҳосил бўлади. Ишқаланиш хатолари таянч ва силжиш системаларида мавжуд бўлган ишқаланиш кучи сабабли пайдо бўлади. Таянч ва силжиш системасининг жойларидаги оралиқларда пружиналар ишлатилмагани сабабли оралиқ хатолар ҳосил бўлади. Қайишқоқ элементлар деформациясининг хатолари ўлчанаётган катталикнинг ҳаракати тугагандан сўнг, силжиш системасининг бошланғич ҳолатга қайтмаслигида ёки прибор даражасининг кўтарилиши ёхуд пасайиши вақтидаги қийматининг мос келмаганлигида билинади. Бу гистерезис хато дейилади. Субъектив хатолар кузатувчи (оператор) ларнинг индивидуал сифатларига боғлиқ. Бу хатолар кузатувчининг прибор даражасини баҳолашига, унинг тажрибасига ва приборга нисбатан турган жойига боғлиқ.

1. 4-§. Ўлчов приборининг тузилиши

Физикавий катталикини ўлчаш пайтида ўлчов прибори физикавий катталикининг кўрсаткичини пропорционал ўзгартиради.

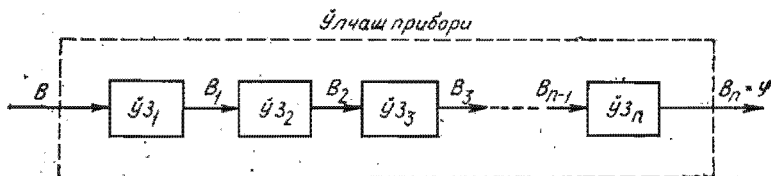
$$\varphi = f(B), \quad (1-12)$$

бу ерда φ — приборнинг бурчак ёки чизиқли ўзгариши;

B — ўлчанаётган физикавий катталик.

(1-12) боғланиш прибор шкаласининг тенгламаси ёки характеристикаси дейилади.

Ҳар қандай ўлчов прибори кўрсаткичининг ҳаракати катталикини ўзгартиради. Шунинг учун ўлчов приборини схематик равишда B ўлчанаётган катталикини кўрсаткичининг φ механикавий ўзгаришига алмаштиргич сифатида қабул қилса ҳам бўлади. Оралиқдаги алмашишларга мувофиқ приборни ҳар бири B катталикини прибор ичида муайян қийматга алмаштирувчи звеноларга бўлиш мумкин. Бу звенолар биргаликда ўлчанаётган катталикини изланаётган φ кўрсаткич ўзгаришига алмаштиради. Ўлчов приборида доим физикавий катталикининг бир туридан иккинчисига айлантирувчи бир қатор алмашишлар содир бўлади. Ҳар қандай ўлчов приборининг тузилиш схемасини унинг ҳаракат принципларидан қатъи назар бир-биридан келиб чиқадиган ва ўзаро боғланган ўлчов звенолар занжири кўринишидек тасвирлаш мумкин: $\mathcal{U}Z_1, \mathcal{U}Z_2, \mathcal{U}Z_3, \dots, \mathcal{U}Z_n$ (1-1-расм).



1-1-расм. Ўлчаш приборининг умумлаштирилган схемаси.

Биринчи $\mathcal{U}Z_1$ звенонинг кириш катталиги вазифасини ўлчанаётган B катталик бажаради. B_1, B_2 ва ҳоказо ҳарфлар билан $\mathcal{U}Z_1, \mathcal{U}Z_2$ ва ҳоказо звеноларнинг чиқиш физикавий катталиклари белгиланади. Ҳар бир звенонинг чиқиш катталиги айти пайтда келгуси звенонинг кириш катталиги бўлади. Охириги $\mathcal{U}Z_n$ звенонинг чиқиш катталиги кўрсаткич ўзгаришига тенг:

$$B_n = \varphi$$

Приборлардаги барча ўлчов звеноларини учта асосий турга бўлиш мумкин:

1. Физикавий катталикининг баъзи бир қийматларини қабул қилиб келгуси (кучайтиргич, алоқа канали, кўрсаткич ва ҳоказо) звенога топшириш учун қулайроқ бошқа бир турли физикавий катталикка алмаштирувчи ўлчов звенолари. Бундай ўлчов звенолар с е з г и р э л е м е н т л а р дейилади.

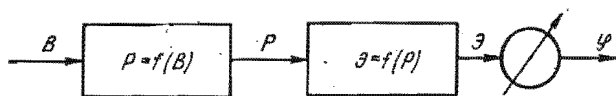
2. Бир жинсли механикавий катталикни шу жинсли механикавий катталикка айлантирувчи звенолар (тишли, ричагли узатиш). Бу звенога у з а т т и ч—к ў п а й т у в ч и звенолар деб аталади.

3. Бир электр катталикни бошқа электр катталикка алмаштирувчи звенолар учинчи тур звеноларига киради. Бу звенолар вазифасини электр ўлчов схемалари бажаради.

Ўлчов методлари жиҳатдан приборлар иккита катта группага бўлинади: а) бевосита баҳолаш методига асосланган приборлар; б) солиштириш методига асосланган приборлар.

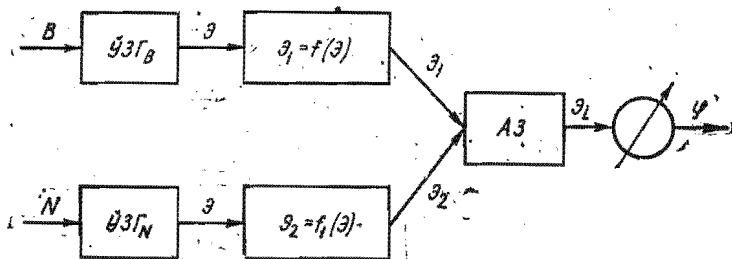
Бевосита баҳолаш методи ўлчанаётган катталикни кўрсаткич ўзгаришига бир қатор кетма-кет бажариладиган алмашишлардан сўнг ўлчов натижасига эга бўлишга имкон беради.

Ўлчов приборида (1—2- расм) B физикавий катталик P пневматик катталикка алмашинади, бу катталик келгуси звенода $\mathcal{E}$ электр катталикка айланади, бу катталик эса ўз навбатида кўрсаткичнинг ҳаракатчан системасини φ катталикка силжитади. Кўрсаткич шкаласи, одатда, ўлчанаётган B катталик бирлигида даражаланади.



1—2- расм. Бевосита баҳолаш методига асосланган ўлчов приборининг тузилиш схемаси.

Солиштириш методи иккита иложи борица бир хил бўлган алмашишлар мустақил B ва N (1—3- расм) занжири мавжудлиги билан характерланади. Бу занжирларнинг бирига ишловчи $\mathcal{U}3Г_a$, иккинчисига эса ишловчи бўлмаган (кўпинча намунали) $\mathcal{U}3Г_N$ ўзгарткичлар киритилган.



1—3- расм. Солиштирма методига асосланган ўлчов приборининг тузилиш схемаси.

Алмаштиришларнинг биридан кейин иккала занжир учун умумий бўлган $A3$ айирмали звено киритилади. Бу звено ўзгарткичлар айирмали звеноси олдидаги занжирларнинг чиқиш параметрлари айирмаси функциясини ҳосил қилади. Айирмали звенодан кейин алмашишлар занжири бевосита баҳолаш прибориникидек шаклла-

нади. Ҳозирги пайтда технологик процессни автоматик контрол қилиш ва бошқариш учун химия, нефть химияси, газ, озиқ-овқат саноатларида мувозанатли режимдаги солиштириш методи бўйича ишлайдиган приборлар кенг қўлланилади. Бу приборлар турли схемаларга эга бўлиши мумкин. Бу схемаларнинг кўриниши қўлланилаётган датчик — дастлабки узатгич билан аниқланади.

I. 5-§. Ўлчов приборларининг классификацияси

Ўлчанаётган миқдорларнинг ўлчов бирликлари билан бевосита ёки билвосита солиштириш учун мўлжалланган приборларга ў л ч о в п р и б о р л а р и дейилади. Вазифаси ва тузилиши жиҳатдан приборлар бир неча турга бўлинади. Асосан ўлчаш приборлари ўлчанаётган катталиклар турига кўра қуйидагича классификацияланади: температуранинг ўлчаш приборлари, босимнинг ўлчаш приборлари, миқдор ва сарфларнинг ўлчаш приборлари, сатҳнинг ўлчаш приборлари, модда таркибининг (зичлик, намлик, қовушоқлик, газлар таркиби ва бошқалар) ўлчаш приборлари.

Асосий приборлар классификациясига қўшимча бўлган ушбу приборлар қуйидаги группаларга бўлинади:

1. Вазифаси жиҳатдан техникавий (ишловчи), контрол қилувчи, лаборатория, намунали ва эталон приборлар.

2. Ҳисоб усули жиҳатдан ўлчашнинг бошқарадиган (компаратор), кўрсатувчи, ўзиёзар (қайд қилувчи), жамловчи (интегралловчи) ва мураккаб приборлар.

3. Ишлаш принципи бўйича — механикавий, электрик, гидравлик, пневматик, химиявий, радиоактив ва бошқа приборлар.

4. Ўрнатилиш жойига қараб маҳаллий, дистанцион приборлар.

5. Қўлланилиш характери жиҳатдан оператив, ҳисобот приборлари.

6. Ишлаш шароити жиҳатдан стационар ва кўчма приборлар.

7. Габаритлари жиҳатдан нормал, кичик габаритли ва жуда кичик приборлар.

Приборларнинг деярли ҳаммаси юқоридаги группалардан ҳар бирига тегишли бўлиши, масалан, термометр техникавий, ўзиёзар, электрли ва ҳоказо бўлиши мумкин. Амалда қўлланиладиган ўлчов приборларининг ичида энг кўп тарқалгани техникавий приборлардир. Бу приборлар анча содда ва мустақкам конструкцияга эга. Контрол қилувчи приборлар, одатда, аниқ ўлчовнинг топиш ва техникавий приборларнинг жойларида текшириш вазифасини бажаради. Лаборатория приборлари эса кўпинча лаборатория хоналарида ишлатилади. Намунали ва эталон приборлар асосан ўлчов приборларининг текшириш ишларида қўлланилади. Намунали приборларнинг кўрсаткичлари ўлчанаётган катталикларнинг ҳақиқий қийматига жуда яқин бўлади ва улар ўлчов бирликларининг тўғри қийматини градуировкалаш (даражалаш) йўли билан эталонлардан бошқа приборларга узатиш учун қўлланилади. Намунали приборлар ўзларининг аниқлиги ва текшириш усулига кўра 1- ва 2-разрядли бўлади. 1-разряд приборлари фақат иккиламчи ёки учламчи эталонлар бўйича текширилади,

2-разряд приборлари эса 1-разряд приборлари бўйича текширилади. Ўлчов бирликларини сақлаш ва уларни метрологик (техниканинг мазкур шароитдаги эришилган энг юқори аниқлиги) аниқлик билан такрорлаш учун мўлжалланган приборлар э т а л о н дейилади. Эталонлар бирламчи, иккиламчи ва учламчи (ишловчи) бўлади. Бирламчи эталонлар энг аниқ бўлиб, ўлчов бирликларининг давлат эталонлари сифатида ишлатилади. Ўлчашни бошқарадиган приборлар ишлатилганда, ўлчаш процесси катталикни ўлчов ёки намуналар билан солиштириш йўли билан ўтади ва бу процессда кузатувчининг ўзи бевосита қатнашади. Бу приборлар қаторига тошли, рычагли тарозилар, йўқ бўлиб кетадиган толали оптик пирометр ва бошқалар киради. Кўрсатувчи приборлар ўлчанаётган катталик қийматини ўзларининг санаш мосламаларида (шкала, рақамли кўрсаткич) кўрсатади. Бу приборлар энг кўп тарқалган. Ўзиёзар (қайд қилувчи) приборлар силжийдиган қоғоз — лента ёки дискда ўлчанадиган катталикнинг вақт ўтиши билан ўзгариб бораётган қийматини автоматик равишда ёзиб борувчи мослама билан таъминланади. Бу приборлар ўлчовнинг бир нуқтаси ёки бир неча нуқталарини ёзиб олиш учун чиқарилади. Жамловчи (интегралловчи) приборлар катталикнинг айрим вақт ичидаги жами қийматини аниқлайди. Интегралловчи приборлар ўлчаш процессида ўлчанувчи параметрининг оний қийматини узлуксиз жамлашдан иборат. Бу приборлар группасига газ, сув сўтчиклари, планиметрлар, секундомер ва ҳоказо приборлар киради. Мураккаб приборлар ўлчанаётган катталикни бир йўла ҳам кўрсатиб ҳам ёзиб олади. Бевосита ўлчаш пунктларида ўрнатилган приборларга м а ҳ а л л и й п р и б о р л а р деб аталади. Кўпинча, бу турдаги приборлар катта аниқликни талаб қилмаган ўлчовларда ҳамда агрегатларни ишга тушириш ёки тўхтатиш пайтидаги даврий ўлчовларда ишлатилади. Бошқарув шчитига ўлчов натижаларини етказувчи дистанцион приборлар қурилмалар ишини контрол қилишни марказлаштиришга имкон берадиган техникавий приборларнинг асосий туридир. Оператив приборларнинг кўрсатишлари бўйича саноат қурилмаларининг иши бошқарилади. Технологик ускуналарнинг нормал эксплуатациясини таъминловчи бу приборлар кўрсатувчи ва қисман ўзиёзар қилиб тайёрланади. Ускуналар ишини техникавий ҳисобга олиш учун хизмат қилувчи ҳисоблаш приборлари сифатида кўпинча ўзиёзар ва жамловчи приборлар қўлланилади. Техникавий приборларнинг кўпчилиги стационар бўлиб шчит, девор, колонкалар, кронштейн ва ҳоказо жойларда ўрнатилади. Қолган приборлар эса (намунали, эталон) кўчма қилиб ишланади ва стол, стенд ва шунга ўхшаш жойларда олиб бориладиган ўлчовларга мўлжалланган бўлади.

1. 6-§. Ўлчов приборларининг хатолари ва аниқлик классификацияси

Ўлчаш ишларини бажарувчи приборларнинг кўрсатиши ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий қийматидан фарқ қилади. Шунинг учун приборнинг кўрсатиши ҳамда приборнинг ҳақиқий кўрсатиши деган тушунчалар мавжуд.

Катталикнинг саноққа кўра топилган қиймати приборнинг кўр-

с а т и ш и дейилади. Мазкур приборнинг намунали приборлар орқали аниқланган кўрсатишига приборнинг ҳ а қ и қ и й кўрсатиши дейилади. Приборнинг кўрсатиши ва ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий қиймати орасидаги фарқ ўлчов приборининг х а т о с и дейилади. Катталикнинг ҳақиқий қийматини аниқлаш мумкин бўлмагани сабабли, ўлчов техникасида намунали приборнинг кўрсатиши шу катталикнинг ҳақиқий қиймати деб қабул қилинади.

Агар Q орқали sanoқ кўрсатишдаги қийматни ифодалаб, Q_g билан ҳақиқий қийматни белгиласак, қуйидаги формуладан a абсолют хатони топамиз:

$$a = Q - Q_g. \quad (1-13)$$

Ўлчов приборининг а б с о л ю т хатоси деб, шу приборнинг кўрсатиши билан ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий қиймати орасидаги фарққа айтилади. Бунда хатолар плюс ёки минус ишораси билан катталикнинг бирликларида ифодаланади. Абсолют хатонинг катталикни ҳақиқий қийматига бўлган нисбати н и с б и й х а т о деб аталади. Нисбий хато орқали ўлчовнинг аниқлик даражасини характерлаш жуда қулай:

$$b = \frac{a}{Q_g} \cdot 100\% = \frac{Q - Q_g}{Q_g} \cdot 100\%. \quad (1-14)$$

Одатда, Q_g ҳақиқий қиймат ва Q топилган қийматларга нисбатан «а» жуда кичик бўлади, яъни

$$a \ll Q_g \text{ ва } a \ll Q.$$

Шунинг учун қуйидаги тенгламани ёзиш мумкин:

$$b = \frac{a}{Q_g} \cdot 100\% \approx \frac{a}{Q} \cdot 100\%. \quad (1-15)$$

Шундай қилиб, нисбий хатони ҳисоблашда абсолют хатони приборнинг кўрсатишига нисбатини олиш мумкин. Нисбий хато процент ҳисобида ифодаланади.

Катталикнинг ҳақиқий қийматини аниқлаш учун приборнинг кўрсатишига т у з а т и ш киритилади. Унинг сонли қиймати тескари ишора билан олинган абсолют хатога тенг.

$$\alpha = Q_g - Q$$

ёки

$$\alpha = -(a), \quad (1-16)$$

бу ерда α —тузатиш.

Приборларнинг хатоси шкала диапазонининг процент ҳисобида ифодаланади. Бундай хатолар келтирилган хато дейилади ва энг катта абсолют хатонинг шкала диапазонида бўлган нисбатига тенг бўлади, яъни:

$$j = \frac{a_{\max}}{N} \cdot 100\%, \quad (1-17)$$

бу ерда $a_{\max}$ — приборнинг энг катта абсолют хатоси; N — приборнинг ўлчов чегараси (диапазони).

Хатонинг қиймати прибор аниқлигини, демак, ўлчаш натижасини ҳам характерлайди. Ўлчов аниқ бўлиши учун, хатоси кичик бўлган приборлардан фойдаланиш керак. Аммо хатосиз приборлар тайёрлаш мумкин эмас. Хатоси кичик бўлган приборлар мураккаб бўлиб, уларнинг баҳоси қиммат. Бу приборлар билан ишлаш пайтида катта эҳтиёткорлик талаб қилинади. Техникавий ўлчашлар учун муайян белгиланган қийматдан ошмайдиган, йўл қўйиладиган хатоси бор приборлардан фойдаланилади.

Прибор кўрсатишининг стандартлар йўл қўядиган энг катта хатосига йўл қўйиладиган хато деб аталади. Хато миқдори ўлчашлар олиб борилаётган ташқи муҳитга (атроф муҳит температураси, атмосфера босими, тебраниш ва бошқаларга) боғлиқ бўлган сабабли асосий ва қўшимча хатолар тушунчалари киритилади.

Ўлчов прибори учун техникавий шароитлар имкон берган махсус яратилган нормал иш шароитида йўл қўйилган хато асосий хато дейилади. Атроф муҳитнинг нормал ҳолати деб 20°C температура ва 101325 Н/м^2 (760 мм сим. уст.) атмосфера босими қабул қилинган. Ташқи шароит ўзгаришининг приборларга бўлган таъсиридан келиб чиққан хато қўшимча хатодир. Ўлчов приборларининг сифати уларнинг хатоларидан ташқари приборлар вариацияси, сезгирлиги ва сезгирлик чегараси билан характерланади.

Бир катталикни кўп марта такрорий ўлчашлар натижасида прибор кўрсатишлари орасидаги энг катта фарққа ўлчов приборларининг вариацияси деб аталади. Вариация ўлчанаётган катталикни маълум бир миқдоргача аста-секин ошириб ва камайтириб аниқланади. Вариация приборнинг механизми, оралиқлари, гистерезис ва бошқа қисмлардаги ишқаланиши сабабли қелиб чиқади. Вариация (э) прибор шкаласи максимал қийматининг проценти ҳисобида ифодаланиб, асосий йўл қўйилган хато қийматидан ошиб кетмаслиги лозим:

$$\varepsilon = \frac{\Delta N}{N_{\max} - N_{\min}} \cdot 100\%, \quad (1-18)$$

бу ерда ΔN — прибор кўрсатишидаги энг катта фарқ; $N_{\max}$ ва $N_{\min}$ — прибор шкаласининг юқори ва пастки қийматлари. Прибор кўрсатишининг аниқлигига унинг сезгирлиги ҳам катта таъсир қилади.

Прибор стрелкаси чизикли ёқи бурчак силжишининг шу силжишни ҳосил қилган катталикнинг ўзгаришига бўлган нисбати приборнинг сезгирлиги деб аталади:

$$s = \frac{\Delta n}{\Delta Q}, \quad (1-19)$$

бу ерда s — приборнинг сезгирлиги; Δn — стрелка силжишининг ўзгариши; ΔQ — ўлчанаётган катталикнинг ўзгариши. Сезгирлиги юқори бўлган приборлар асосан аниқ ўлчашлар учун ишлатилади.

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

Шкала ва стрелкага эга бўлган приборлар учун приборнинг сезгирлигига тескари бўлган катталиқ шкала бўлинмаси қиймати дейилади:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta n}, \quad (1-20)$$

бу ерда C — шкала бўлинмасининг қиймати.

Иккита ёнма-ён белги (штрих ёки нуқталар) орасидаги фарқ шкала бўлинмаси деб аталади. Шкала бўлинмасининг қиймати стрелкани бир бўлинмага силжитган катталиқ қийматининг ўзгаришини характерлайди.

Баъзан катталиқнинг ҳақиқий қийматини топиш учун прибор кўрсатиши тузатиш коэффициенти k га кўпайтирилади:

$$Q_g = k \cdot Q. \quad (1-21)$$

Ўлчанг прибори кўрсатишининг кечикиши унинг инерциясини, яъни катталиқ ўзгариши вақтидан прибор кўрсатишининг силжишигача ўтган вақтни характерлайди. Прибор кўрсатишининг кечикиши қанча кам бўлса, приборнинг сифати шунча юқори бўлади. Кўпчилик техникавий ўлчовларда қўлланиладиган ўлчов приборлари учун йўл қўйилган асосий хато шкала диапазони проценти ҳисобидаги келтирилган нисбий хатолар ифодасидир. Бу приборлар бир қатор рақамлар: 0,005; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; ва 6,0 билан белгиланган аниқлик классларига бўлинади. Бу рақамларнинг ҳар бири йўл қўйилган хато катталигини кўрсатади.

1,5 классли прибор хатоси шкала диапазонининг $\pm 15\%$ ни ҳосил қилади; 0,5 классли приборнинг хатоси $\pm 0,5\%$ ва ҳоказо. 0,005; 0,02; 0,05 ва 0,1 класс приборлари юқори аниқлик приборлари ҳисобланиб, лаборатория шароитларида ҳамда техникавий ўлчашларда ишлатиладиган, бошқа приборларни текшириш учун қўлланилади. Саноатда кенг тарқалган приборлар 0,2; 0,5; 1,0; 1,5 ва 2,5 аниқлик классига эга. 4,0 ва 6,0 класс приборлари юқори аниқликни талаб қилмаган ўлчашларда ишлатилади. Баъзан аниқлик класслари оралигидаги қийматга эга бўлган приборлар ҳам чиқарилади. Масалан, 0,35 аниқлик классига эга бўлган намунали пружинали манометр. Приборларнинг аниқлик классли уларнинг шкаласида кўрсатилади.

II боб. ТЕМПЕРАТУРАНИ ЎЛЧАШ

II. 1-§. Температуранинг ўлчашдаги асосий тушунчалар

Температура технологик процессларнинг муҳим параметрларидан биридир. Химиявий технологик ва бошқа процесслар улар ўтаётган шароит температурасига боғлиқ. Температуранинг ўзи нима, у нимага боғлиқ, унинг катталиги қандай аниқланади?

Модданинг иссиқлик даражасига температура деб аталади. Модда температураси унинг ички энергияси запасига боғлиқ. Бундай

энергияни ташувчи вазифасини атом ва молекулалар бажаради. Ул арнинг ўртача кинетик ва потенциал энергиялари температурага боғлиқ. Температурани ўлчаш имкони иссиқлик алмашишига, иссиқ модданинг иссиқлиги ўзидан кам бўлган моддага ўтиш қобилиятига асосланган. Ўлчанаётган температуранинг сон қийматини топиш учун температуралар шкаласини ўрнатиш, яъни саҳоқ бошини ва температура интервалининг ўлчов бирлигини танлаш лозим.

Химиявий тоза моддаларнинг осон тикланадиган (асосий репер ва таянч) қайнаш ва эриш нуқталари билан чегараланган температура интервалидаги қатор белгилар температура шкаласини ҳосил қилади. Бу температураларга t' ва t'' қийматлар берилган. Бу ҳолда ўлчаш бирлиги

$$1 \text{ градус} = \frac{t'' - t'}{n}, \quad (2-1)$$

бу ерда t' ва t'' — осон тикланадиган ўзгармас температуралар; $n = t'' - t'$ таянч нуқталар орасидаги температура интервали бўлинадиган бутун сон.

Температура шкаласининг тенгламаси:

$$t = t' + \frac{v - v'}{v'' - v'} \cdot (t'' - t'), \quad (2-2)$$

бу ерда t' ва t'' — модданинг таянч нуқталари (760 мм сим. уст. бо-симда ва оғирлик кучининг $980,665 \text{ см/с}^2$ тезланишида музнинг эриш ва сувнинг қайнаш температуралари); v' ва $v'' - t'$ ва t'' температура лардаги модданинг (суюқликнинг) ҳажми; $v - t$ температурдаги модданинг (суюқликнинг) ҳажми.

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

$$T = \frac{Q}{Q_{100} - Q_0} \cdot 100\%, \quad (2-3)$$

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

Ўлчов ва вазнлар бўйича 1960 йил ўтказилган ХI халқаро конференция қарорларида, ГОСТ 8550—61 да икки температура шкаласи: Кельвин градуси (К) ўлчов бирлиги билан ўлчанадиган термодинамик шкала, ва Цельсий градуси ($^{\circ}\text{C}$) ўлчов бирлиги билан ўлчанадиган халқаро амалий шкалаларнинг қўлланиши кўзда тутилган. Кельвин термодинамик шкаласидаги пастки нуқта — абсолют

ноль нуқтаси (К) 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 К юқорида туради. Термодинамик температура T ҳарфи билан, сон қийматлари эса K билан ифодаланади.

Амалий ўлчашларда ишлатиладиган халқаро амалий температураси термодинамик шкала кўринишида ишланган. Бу шкала миявий тоза моддаларнинг бир қатор осон тикланадиган ўзгариш қайнаш ва эриш нуқталари асосида тузилган. Уларнинг сонли қийматлари газли термометрлар орқали аниқланган. Халқаро амалий температура шкаласи ўлчов ва вазнлар бўйича ўтказилган XI умумий конференцияда қабул қилинган.

Халқаро амалий температура шкаласини тузишда қуйидаги ўзгариш нуқталар қабул қилинган (уларнинг сон қийматлари ўлчов бирлигида берилган):

Кислороднинг қайнаш нуқтаси	—182,97.
Сувнинг учлик нуқтаси	+ 0,01
Сувнинг қайнаш нуқтаси	+ 100,0.
Олтингурутнинг қайнаш нуқтаси	+ 444,6.
Кумушнинг қотиш нуқтаси	+ 961,93.
Олтиннинг қотиш нуқтаси	+ 1064,43.

Халқаро амалий шкала бўйича ўлчанадиган температура t ҳарфи билан, сонли қиймати эса $^{\circ}C$ белгиси билан ифодаланади. Абсолют термодинамик шкала бўйича ифодаланган температура билан шу температуранинг халқаро шкала бўйича ифодаси орасидаги муносабат қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$T = t + 273,15; \quad (2-4)$$

бу ерда T — абсолют термодинамик шкаладаги K температура; t — халқаро амалий шкаладаги $^{\circ}C$ температура.

Англия ва АҚШ да 1715 йилда таклиф қилинган Фаренгейт шкаласи ($^{\circ}F$) қўлланади. Бу шкала икки нуқта: музнинг эриш нуқтаси ($32^{\circ}F$) ва сувнинг қайнаш нуқтасига ($212^{\circ}F$) асосланган. Халқаро амалий шкала, абсолют термодинамик шкала ва Фаренгейт шкаласи бўйича ҳисобланган температура муносабати қуйидагича:

$$t^{\circ}C = T^{\circ}K - 273,15 = 0,556(n^{\circ}F - 32), \quad (2-5)$$

бу ерда n — Фаренгейт шкаласи бўйича градуслар сони.

Ишлаш принципи жиҳатдан температурани ўлчаш приборлари қуйидаги группаларга бўлинади.*

1. Кенгайиш термометрлари. Бу термометрлар температура ўзгаришидаги суюқлик ёки қаттиқ жисмлар ҳажми ёхуд чизиқли ўлчовларининг ўзгаришига асосланган.

* Классификация ГОСТ 13417—67 бўйича берилган.

2. Манометрик термометрлар. Бу приборлар моддалар ҳажми ўзгармас бўлганда температура ўзгаришида босимнинг ўзгаришига асосланган.

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

4. Ўтказгич ва ярим ўтказгичларнинг температураси ўзгариши сабабли электр қаршилиқнинг ўзгаришига асосланган қаршилиқ термометрлари.

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

II. 2-§. Кенгайиш термометрлари

Шишадан ясалган суюқликли термометрлар. Улар -200°C дан $+750^{\circ}\text{C}$ 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 термометрларининг ишлаш принципи термометр ичига ўрнатилган термометр суюқлигининг ҳажми ҳарорат кўтарилиши ёки пасайиши туфайли ўзгаришига асосланган. Шиша термометрларнинг суюқлиги сифатида симоб, толуол, этил спирт (этанол), керосин, петролей эфир, пентан ва бошқалар ишлатилади. Уларнинг қўлланилиш чегаралари 2—1-жадвалда келтирилган.

Суюқликли термометрлар орасида энг кўп тарқалгани симобли термометрлардир. Симобнинг химиявий тоза шакли деярли осон тайёрланиши, шишани ҳўлламаслиги, нормал босимда температураларнинг кенг интервалида ($-38,87^{\circ}\text{C}$ дан $+356,58^{\circ}\text{C}$ гача) суюқ шаклда сақланиши туфайли симобли термометрлар бир қатор афзалликлари билан ажралиб туради.

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

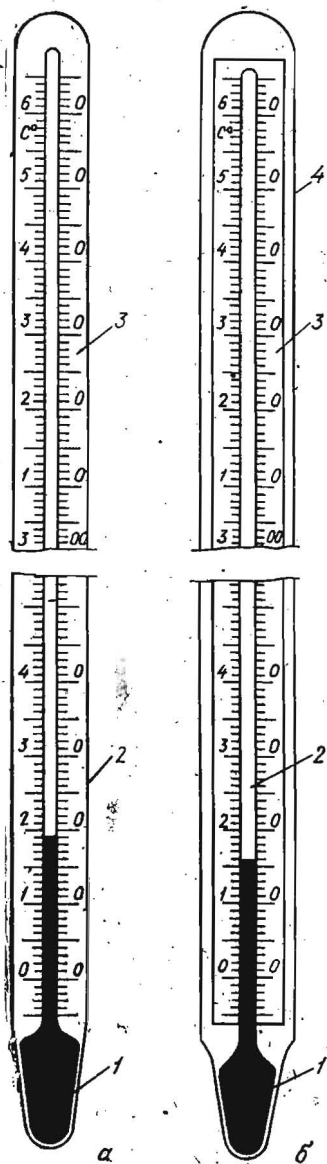
$$\beta_{t_1 t_2} = \frac{v_{t_2} - v_{t_1}}{v_0(t_2 - t_1)}, \quad 1/\text{град}, \quad (2-6)$$

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

2—1-жадвал

Термометрларга солинадиган суюқликлар

Суюқлик	Қўлланиш чегаралари, $^{\circ}\text{C}$ да	
	пастки	юқори
Симоб	— 35	750
Толуол	— 90	200
Этил спирт (этанол)	— 80	70
Керосин	— 60	300
Петролей эфир	— 120	25
Пентан	— 200	20



2—1-расм. Термометрлар:

а—таёқча шаклидаги; б—шкаласи ичига ўрнатилган.

β коэффициент қанчалик катта бўлса, ҳажмининг кенгайиши температуранинг 1°C лик ўзгаришига шунча кўпроқ мослашади. Термометрларда ҳажм кенгайишининг температура коэффициенти юқори бўлган суюқликлардан фойдаланиш мақсадга мувофиқ. Ўлчашнинг мақсади ва диапазони-га қараб термометрлар кенгайиш коэффициенти кичик бўлган турли маркали (ГОСТ 1224—71) шишалардан ишланади.

Техникада қўлланиладиган суюқликли шиша термометрлар қуйидаги хилларга бўлинади:

1. Кўрсатишларига тузатиш киритилмайдиган термометрлар (кенг миқёсда қўлланиладиган термометрлар): а) симобли термометрлар (-35 дан $+600^{\circ}\text{C}$ гача; б) органик суюқликли термометрлар (-185 дан $+300^{\circ}\text{C}$ гача).

2. Кўрсатишлар паспортга биноан тузатиш киритиладиган термометрлар: а) аниқлик даражаси баланд симобли термометрлар (-35 дан $+600^{\circ}\text{C}$ гача); б) аниқ ўлчовларга мўлжалланган симобли термометрлар (0 дан $+500^{\circ}\text{C}$ гача); в) органик суюқликли термометрлар (-80 дан $+100^{\circ}\text{C}$ гача).

Конструкцияларининг хилма-хиллигига қарамай барча суюқликли термометрлар икки асосий турнинг бирига: таёқча шаклидаги ёки шкаласи ичига ўрнатилган термометрлар турига тегишли бўлади. Таёқча шаклидаги термометр (2—1-расм, а) қалин деворли ташқи диаметри $6 \dots 8$ мм га тенг қилиб тайёрланган капилляр трубкадан иборат. Трубканинг пастки қисми суюқлик сақланадиган резервуарни ҳосил қилади. Уларнинг шкаласи бево-сита капиллярнинг сиртида даражаланади.

Шкаласи ичига ўрнатилган термометрларда (2—1-расм, б) капилляр трубкаси ингичка деворли бўлиб, симоб резервуар кенгайтирилган. Шкала даражалари сут ранг ясси шиша пластинкада жойлашган ва

капилляр билан биргаликда резервуарга ёпишган шиша қобик ичига олинган. ГОСТ 2823—59 га мувофиқ шкаласи ичига ўрнатилган ёки бурчакли (термометрнинг пастки қисми 90° , 120° ва 135° лик бурчакни ҳосил қилади) техникавий термометрлар тайёрланади. Юқори дара-

жали термометрларда капиллярдаги иш суюқлиги устидаги бўшлиқ инерт газ билан тўлдирилади. Температуранинг маълум даражада сақланишини автоматик равишда таъминлаш ва унинг маълум қийматини сигнализация қилиш учун контактли термометрлар қўлланилади. Бундай термометрлар икки ёки ундан кўпроқ контактли бўлиб, юқоридаги контакт ўрни ўзгарувчан бўлади. Температуранинг суюқликли шиша термометри билан ўлчаш аниқлигидаги йўл қўйиладиган хатолар бир қатор факторларга боғлиқ: текширилмаган шкала бўлинмалари учун киритиладиган тузатиш қийматининг ноаниқлиги; ноль нуқтасининг ўзгариши; термометрнинг ўлчанаётган муҳитга кириш чуқурлигининг ҳар хиллиги; ташқи босимнинг ўзгариши; термометр инерциясининг ва резервуар билан атроф муҳит иссиқлигининг мувозанати.

Ҳатоларга сабаб бўладиган келтирилган факторлардан энг аҳамиятлиги ноль нуқтасининг ўзгариши ҳамда термометрнинг ўлчанаётган муҳитга кириш чуқурлигининг ҳар хиллигидир. Суюқликли шиша термометрларининг камчилигига шкала бўйича ҳисоблаш ноқулайлиги, кўрсатишларни қайд қилиб, уларни масофага узатиб бўлмаслиги, иссиқлик инерциясининг катталиги (кўрсатишларнинг кечикиши) ва приборларнинг механикавий нуқтан назардан мустаҳкам эмаслиги киради.

Дилатометр ва биметалли термометрлар. Уларнинг ишлаш принципи температура ўзгаришидаги қаттиқ жисм чизиқли миқдорининг ўзгаришига асосланган. Температура ўзгаришига боғлиқ бўлган қаттиқ жисм чизиқли миқдорининг ўзгариши формула орқали қуйидагича ифодаланади:

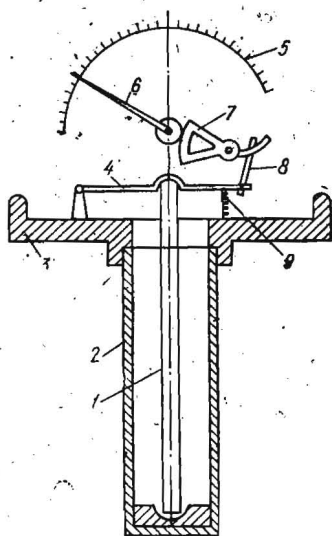
$$l_t = l_0(1 + \beta_t t), \quad (2-7)$$

бу ерда l_t — t температурадаги қаттиқ жисмнинг узунлиги;

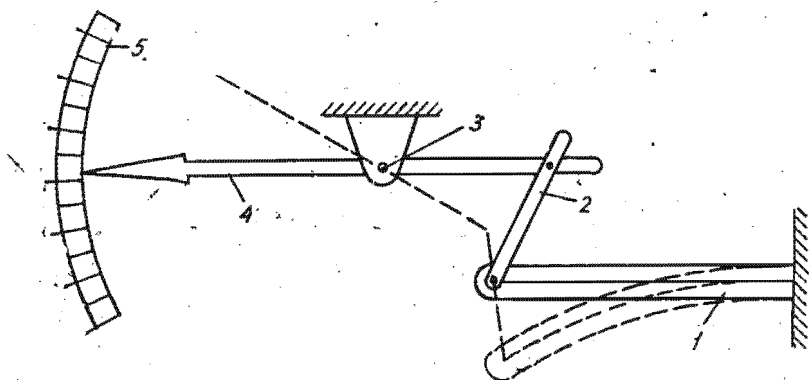
l_0 — шу жисмнинг 0°C даги узунлиги;

β_t — чизиқли кенгайишнинг ўртача коэффициентини (0°C дан $t^\circ\text{C}$ гача бўлган температуралар интервалида).

2—2-расмда дилатометрик термометрнинг тузилиш схемаси тасвирланган. Бу приборда сезгир элемент сифатида чизиқли кенгайишнинг катта температура коэффициентига эга бўлган материалдан (жез ва мис) тайёрланган трубка 2 қўлланилган. Корпус 3 га кавшарланган трубка ичида стержень 1 жойлашган. Стержень чизиқли кенгайиш коэффициенти кичик бўлган материалдан (масалан, инвар) ишланган. Ўлчанаётган муҳитнинг температураси кўтарилиши билан бирга трубка 2 уза-



2—2-расм. Дилатометрик термометрнинг тузилиш схемаси.



2—3- расм. Ясси пластиналы биметалли термометрнинг тузилиш схемаси.

яди. Бу ҳол стержень 1 нинг силжишига олиб келади. Шунда пружина 9 шайн 4 нинг бўш томонини пастга туширади, ўз навбатида у тортқи 8 ва тишли сектор 7 орқали стрелка 6 ни унинг ўқи атрофида айлантиради. Стрелка эса шкала 5 да ўлчанаётган температура қийматини кўрсатади.

Дилатометрик термометрлар суяқликлар температурасини ўлчашда ҳамда температурасини маълум даражада автоматик равишда сақлаш учун ва сигнализацияда қўлланади. Дилатометрик термометрлар 1,5 ва 2,5 аниқлик классиди чиқарилади, уларнинг юқориги ўлчаш чегараси эса 500°C гача бўлади. 150°C дан ошмаган температуралар учун трубкалар жездан, стерженлар эса инвардан ишланади, ундан юқори температуралар учун трубкалар зангламас пўлатдан, стерженлар эса кварцдан ишланади.

Афзалликлари: ишончлилиги ва сезгирлиги юқори.

Камчиликлари: прибор ўлчамларининг катталиги, температура-нинг бир нуқтада эмас, ҳажмда ўлчаниши, иссиқлик инерциясининг катталиги, кўрсаткичларни масофага узатиш мумкин эмас.

Биметалли термометрларнинг сезгир элементи икки кавшарланган пластинкадан тайёрланган пружинадан иборат. Бу пластинкалар иссиқликдан кенгайиш температура коэффициенти турлича бўлган металллардан тайёрланади. Температуранинг ўзгариши пластинкаларнинг узайишига олиб келади. 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 ўзгаришдаги оғиши шунча кўп бўлади. 2—3- расмда ясси пластинкалы биметалли термометрнинг тузилиш схемаси кўрсатилган. Температура ўзгариши билан биметалл пружина 1 пастга эгилади. Тортқи 2 стрелка 4 ни ўқ 3 атрофида айлантиради. Стрелка шкала 5 да ўлчанаётган температура қийматини кўрсатади.

Биметалл пластинка қўлланилганда ўлчовнинг устки чегараси пастки пластинка тайёрланган материалнинг қайишқоқлиги чегараси билан чегараланади. Сезгир элементлар сифатида ёйсимон ёйи винт-симон спираллар қўлланилади. Биметалли термометрлар билан температурани ўлчаш чегараси— 150°C дан $+700^{\circ}\text{C}$ гача, хатоси 1 ... 1,5%. Бу турдаги термометрлар температурани маълум даражада автоматик равишда сақлаш ва сигнализация учун қўлланилади.

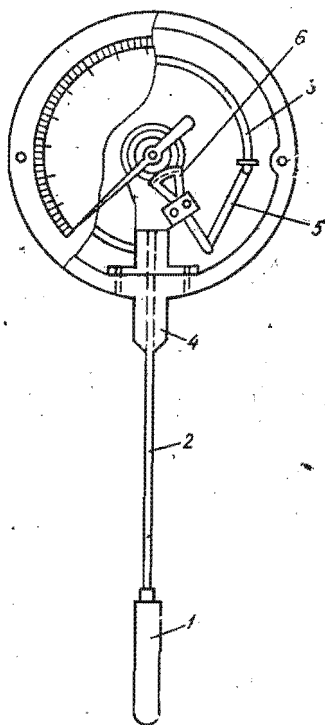
Биметалли термометрларнинг камчилиги: «чарчаш» ҳоллари (даражаланишининг ўзгариши, ҳатто металлларнинг ажралиши), иссиқлик инерциясининг катталиги, маҳаллий саноқ.

II. 3-§. Манометрик термометрлар

Манометрик термометрлар техникавий прибор бўлиб, термосистеманинг иш моддаси жиҳатидан газли, суюқликли ва конденсацион (буғ суюқликли) термометрларга бўлинади. Бу приборлар -150°C дан $+600^{\circ}\text{C}$ гача бўлган суюқ ва газсимон муҳитлар температурасини ўлчаш учун қўлланилади. Махсус тўлдиргичли термометрлар 100°C дан 1000°C гача бўлган температураларни ўлчашга мўлжалланган (ГОСТ 8624—71).

Манометрик термометрлар кўрсатувчи ва ўзиёзар қилиб ишланади. Ўзиёзар термометрлар диски ёки лентали диаграмма қоғоз билан таъминланади. Диаграмма қоғозини синхрон двигатель, баъзи модификацияларда эса соат механизми билан ишга туширади.

Манометрик термометрлар химия саноятда кенг қўлланилади ҳамда портлаш хавфи бор жойларда ишлатилиши мумкин. Бу ҳолда диаграмма қоғози соат механизми билан юритилади. Манометрик термометрларнинг схемаси 2—4-расмда кўрсатилган. Прибор термобаллон 1, капилляр трубка (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 улайди. Пружинанинг иккинчи бўш учи герметикланган ва поводок 5 ёрдамида сектор 6 билан боғланган. Бу сектор ўз навбатида трибка 7 билан тишли илашиш орқали уланган. Трибка 7 нинг ўқиға стрелка 8 ўрнатилган. Узатиш механизмидаги оралиқни тўлдириш учун спираль тола 9 ўрнатилган, унинг ички ўрамининг учи трибка ўқиға уланган.



2—4- расм. Манометрик термометр.

Приборнинг 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 (поводок, сектор ва трибка) кўрсаткичнинг прибор шкаласи силжишига нисбатан айланади. Температура термометр шкаласидаги кўрсаткичнинг ҳолати бўйича ҳисобга олинади. Термобаллон одатда зангламас пўлатдан ишланади, капилляр эса жездан ёки пўлатдан ишлайиб, унинг ташқи диаметри 2,5 мм, ички диаметри эса 0,35 мм га тенг бўлади. Приборнинг вазифасига кўра капилляр трубканинг узунлиги турлича (0,6 м дан 60 м гача) бўлади. Манометрик термометрларда бир чулғамли, кўп чулғамли (чулғамлар сони 6 дан 9 гача) ва спиралли манометрик трубкалар ишлатилади.

Газли манометрик термометрларнинг ишлаш принципи герметик беркитилган термосистемадаги инерт газнинг температурага боғлиқлигига асосланган. Газли термометрлардаги бошланғич босим температурани ўлчаш чегараларига боғлиқ бўлиб, одатда 0,98 дан 4,9 МН/м² (10 ... 50 кг/см²) ни ҳосил қилади. Бу термометрлар—150° С дан +600° С гача температураларни ўлчаш имконини беради. Газли термометрларнинг иш моддаси сифатида азот ишлатилади.

Температурадан келиб чиққан босимнинг ўзгариши қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\Delta P = P_t - P_0 = P_0 \beta (t - t_0), \quad (2-8)$$

бу ерда $P_0 - t_0$ температурадаги иш моддасининг босими; $\beta = \frac{1}{273,15}$ 1/град — газ кенгайишининг термик коэффиценти; t_0 ва $t - ^\circ\text{C}$ да берилган бошланғич ва охири температуралар.

Газ билан тўлдирилган термометр системасидаги босим:

$$P_0 = \frac{\Delta P}{\beta(t-t_0)}. \quad (2-9)$$

Термометр системасидаги бошланғич босим катта бўлгани учун, атмосфера босимининг прибор кўрсатишига бўлган таъсири жуда кам, шунинг учун уни амалда ҳисобга олмаслик мумкин.

Атроф муҳит температурасининг +20° С дан четлашиши ўлчовда хато пайдо бўлишига сабаб бўлади. Бу хатони қуйидаги тақрибий формуладан ҳисоблаб чиқиш мумкин:

$$\Delta t_m = \frac{v_m}{v_0} (t_m - t_0), \quad (2-10)$$

бунда v_m — манометрик пружинанинг ҳажми; v_0 — термобаллоннинг ҳажми; t_m — манометр атрофидаги °С да берилган температура; t_0 — прибор даражаланган вақтдаги температураси (20°С).

Капилляр трубка исишдан келиб чиққан хато:

$$\Delta t_k = \frac{v_k}{v_0} (t_k - t_0), \quad (2-11)$$

бу ерда v_k — капилляр трубканинг ҳажми; t_k — капилляр атрофидаги $^{\circ}\text{C}$ да берилган температура.

Термобаллон ҳажми термометр ҳажмининг 90% ини ташкил қилади. Термобаллон, капилляр ва трубкали пружиналарнинг нисбий ҳажмлари тўғри танланган тарзда капиллярлари 40 ... 60 м узунликдаги термометрлар температура компенсациясиз етарли даражада аниқ ишлай олади. Капилляр жуда ҳам узун бўлса, термобаллоннинг керак бўлган ҳажми ҳаддан ташқари катта бўлиб кетиб, приборнинг иссиқлик инерцияси ошиб кетади.

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 камлиги. Шунингдек, термобаллоннинг жуда катталиги, уни трубопроводларда ўрнатиш қийинлиги ва приборни тез-тез текшириб туриш заруриятидир.

Суюқликли манометрик термометрлар системаси бошланғич босим остида суюқлик билан тўлдирилади. Бунинг учун симоб, ксилол, пропилен алкоголь, метанксилол ва ҳоказолар ишлатилади. Суюқликли термометрлар учун боғловчи капиллярлар узунлиги 0,6 м дан 10 метргача бўлади. Бу термометрлар -150°C дан $+600^{\circ}\text{C}$ гача бўлган температурадарни ўлчашга имкон беради. Суюқлик учун температура таъсирида ўзгарган босимни тен глама орқали топиш мумкин:

$$\Delta P = \frac{\beta}{\mu} \Delta t, \quad (2 - 12)$$

бу ерда ΔP — $\text{H}/\text{м}^2$ да берилган босимнинг ўзгариши;

β — $1/\text{град}$ да берилган суюқликнинг ҳажмий кенгайиш коэффициенти;

μ — $\text{м}^2/\text{H}$ да берилган суюқлик ҳажмининг қисқариш коэффициенти;

Δt — температуранинг ўзгариши, $^{\circ}\text{C}$.

Демак, суюқликли термометрлар шкаласи амалда бир текис бўлиб чиқади. Термометрдаги суюқлик қайнаб кетмаслиги учун термометрдаги бошланғич босим $1,47 \dots 1,96 \text{ MN}/\text{м}^2$ ($15 \dots 20 \text{ кг}/\text{см}^2$) га етказилади. Ишчи суюқликнинг ҳажми, одатда қисқармайди, шунинг учун атмосфера босими прибор кўрсатишига таъсир қилмайди.

Манометрик конденсацион (буғ суюқликли) термометрлар -50°C дан $+300^{\circ}\text{C}$ гача температурадарни ўлчайди. Конденсат сифатида фреон (CHF_2Cl , $-25^{\circ}\text{C} \dots +80^{\circ}\text{C}$ гача); пропилен (C_3H_6 , $-50^{\circ}\text{C} \dots +60^{\circ}\text{C}$ гача); хлорид метил (CH_3Cl , $0 \dots 125^{\circ}\text{C}$ гача); ацетон ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, $+100^{\circ}\text{C} \dots 200^{\circ}\text{C}$ гача), этил бензол (C_8H_{10} , $+160^{\circ}\text{C} \dots 300^{\circ}\text{C}$ гача) ва ҳоказолар ишлатилади.

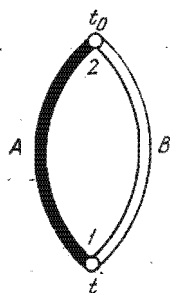
Бу термометрларнинг термобаллонлари ҳажмининг $2/3$ қисми паст температурада қайнайдиган суюқлик билан тўлдирилади. Термометрнинг берк системасида доим буғланиш ва конденсация динамик мувозанати мавжуд. Температура кўтарилиши билан бирга буғланиш кучайиб, буғнинг қайишқоқлиги ўсади, шунинг учун конденса-

ция процесси кучайди. Бунинг натижасида тўйинган буғ маълум температурада мос муайян босимга эришади. Буғ босими температура ўзгариши билан ўзгариб, капиллярни тўлдирган муҳит орқали манометрик трубкага ўтади.

Конденсацион термометрнинг афзаллиги манометрик трубка ва капилляр температураларининг ўзгариши системадаги босим миқдорига таъсир қилмаганлигидан иборат. Манометрик термометрларнинг яна бир афзаллиги уларнинг мустаҳкамлиги, портлаш хавфи йўқлиги, уларнинг кўрсатишини масофага узатиш ва ёзиб олиш мумкинлиги. Унинг камчилиги эса шкаланинг чизикли эмаслигидадир. Манометрик термометрларнинг яна асосий камчиликлари уларнинг инерционлиги, ўлчовлар фарқининг юқори даражали аниқ эмаслиги (ўлчов хатолари $\pm 1 \dots 2,5\%$ га етади) ва уларни тузатиш қийинлигидан иборат.

II. 4-§. Термоэлектрик термометрлар

Термоэлектрик эффект. Температуранинг ўлчаётгани термоэлектрик методи термоэлектрик термометрнинг (термопаранинг) термоэлектрик юритувчи кучи (термо э. ю. к.) температурасига боғлиқлигига асосланган. Бу прибор -200°C дан $+2500^{\circ}\text{C}$ гача бўлган температураларни ўлчашда техниканинг турли соҳалари ва илмий текшириш ишларида кенг қўлланилади. Термоэлектрик термометрлар ёрдамида температурани ўлчаш 1821 йил Зеебек кашф этган термоэлектрик ҳодисаларга асосланган. Бу ҳодисаларнинг температураларни ўлчашда қўлланилиши икки хил металл симдан иборат занжирда уларнинг кавшарланган жойида температуралар фарқи ҳисобига ҳосил бўладиган электр юритувчи куч эффектидан иборат. Ҳар хил A ва B ўтказгичлардан иборат занжирни кўриб чиқамиз (2—5 -расм). Термопаранинг ўлчанаётган муҳитга тегиб турган жойи, к а в ш а р л а н г а н у ч и (и с с и қ у л а н м а), ўзгармас t_0 температурали муҳитдаги жойи эса э р к и н у ч и (с о в у қ у л а н м а) дейилади. A ва B ўтказгичлар термоэлектродлар дейилади. Бундай кавшарланган



2—5- расм. Икки хил ўтказгичли термоэлектрик занжир.

ўтказгичлар эса термопара деб аталади, уларда ҳосил бўладиган электр юритувчи куч термоэлектр юритувчи куч (т. э. ю. к.) дейилади. Т. э. ю. к. 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 пайдо бўлган электр майдон таъсиридаги уларнинг қайта ўтиш тезлигига тенг бўлганда ҳаракатли мувозанат ҳолати ўрнатилади. Бу мувозанатда A ва B металллар орасида потенциаллар айирмаси пайдо бўлади. Электронлар диффузиясининг интенсивлиги ўтказгичлар бириккан жойининг температурасига ҳам боғлиқ бўлгани сабабли биринчи ва

иккинчи уланмаларда ҳосил бўлган э. ю. к. 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 диффузиядан интенсивроқ бўлади. Потенциаллар айирмаси электронлар иссиқлик диффузиясига тескари йўналишда таъсир қилади, бунинг натижасида мувозанат ҳолати ўриятилгунча ўтказгичнинг иссиқроқ учи мусбат ишорада зарядланади. Бинобарин, ҳар хил A ва B ўтказгичлардан ташкил топган энг содда термоэлектр занжирда тўртта турлича т. э. ю. к. ҳосил бўлади, яъни иккита т. э. ю. к. A ва B ўтказгичларнинг кавшарланган учида; битта т. э. ю. к. A ўтказгичнинг учида; яна битта т. э. ю. к. B ўтказгичнинг учида. Шунинг назарда тутиб 2—5-расмда тасвирланган занжирдаги т. э. ю. к. миқдорини аниқлаш мумкин. Занжирни соат стрелкасига тескари йўналишда кузатсак, қуйидаги натижа чиқади:

$$E_{AB}(t_1 t_0) = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0), \quad (2-13)$$

бу ерда $E_{AB}(t_1 t_0)$ — иккала фактор таъсиридаги жамланган т.э.ю.к.; $e_{AB}(t)$ ва $e_{BA}(t_0)$ — A ва B ўтказгичлар учидаги потенциаллар ҳамда температуралар айирмаси натижасида ҳосил бўлган т.э. ю.к.

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

$$E_{AB}(t_0) = e_{AB}(t_0) + e_{BA}(t_0) = 0, \quad (2-14)$$

$$e_{BA}(t_0) = -e_{AB}(t_0). \quad (2-15)$$

(2—15) натижани (2—13) га қўйсак, қуйидагига эга бўламиз:

$$E_{AB}(t t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0). \quad (2-16)$$

(2—16) тенгламадан кўриниб турибдики, т.э.ю.к. иккита ўзгарувчан t ва t_0 температуранинг мураккаб функциясида иборат экан.

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

$$E_{AB}(t t_0) = f(t). \quad (2-17)$$

(2—17) ифоданинг мазкур термopаpa учун даражалаш йўли билан т. э. ю. к. ва температура нисбати топиш, температуранинг ўлчаш масаласини тескари ечиш кераклигини, яъни термopаpaнинг т. э. ю. к. ни ўлчаш билан температуранинг қийматини аниқлаш мумкин эканлигини билдиради.

Ўлчаш приборини улаш учун термopаpaнинг электр занжирини узиб ташлаш лозим. Ўлчаш приборини улаш учун уланмалардан биридаги занжирни (2—6- расм, а) ёки термоэлектродларнинг бирини узиш (2—6- расм, б) керак.

Термопара занжирига учинчи C ўтказгични улаш вариантларидаги жамланган т. э. ю. к. ни кўриб чиқамиз. 2—6-расм, а даги вариант учун:

$$E_{ABC}(t, t_0, t_0) = e_{AB}(t) + e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0). \quad (2-18)$$

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

$$E_{ABC}(t_0) = e_{AB}(t_0) + e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0) = 0, \quad (2-19)$$

бу тенгламадан маълумки,

$$e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0) = -e_{AB}(t_0). \quad (2-20)$$

(2—20) тенглама натижасини (2—18) га қўйиб чиқсак, (2—16) тенглама келиб чиқади.

2—6-расм, б даги вариант учун:

$$E_{ABC}(t, t_1, t_0) = e_{AB}(t) + e_{BC}(t_1) + e_{CB}(t_1) + e_{BA}(t_0). \quad (2-21)$$

Агар $e_{BC}(t_1) = -e_{CB}(t_1)$ ва $e_{BA}(t_0) = -e_{AB}(t_0)$ ҳисобга олинса, (2—21) тенглама (2—16) тенгламага айланади.

Бундан қуйидаги муҳим хулосани чиқариш мумкин: термопара занжирига унинг учинчи учларидаги температураси бир хил бўлган ўтказгич уланганда ҳам т. э. ю. к. ўзгармайди. Демак, термопара занжирига улаш симлари, ўлчов приборлари ва қаршилиқларни улаш мумкин экан.

Учинчи ўтказгич учларининг температуралари турлича бўлса, термопара т.э.ю.к. AC (2—6-расм, а) ёки BC (2—6-расм, б) «паразит» термопара т.э.ю.к. га тенг миқдорга камаяди, бунда ўтказгич учларининг температураси t_0 ва t'_0 ёки t ва t_1 бўлади.

Ўлчов приборларини улаш учун термоэлектр хусусиятлари термопара

термоэлектродларининг хусусиятларидан кам фарқ қиладиган ўтказгичлар танланиши мақсадга мувофиқ. Термопара эркин учининг ўзгармас температурасида (одатда $t_0 = 0$) даражаланади. Ўлчаш пайтида эркин учининг температураси даражаланиш температурасига тенг бўлмаслиги мумкин (t'_0). Бу температураларнинг (t_0 ва t'_0) ўзгариши сабабли приборнинг кўрсатишига тузатиш киритилади. Фараз қилайлик, $t'_0 > t_0$, унда

$$E_{AB}(t, t'_0) < E_{AB}(t, t_0),$$

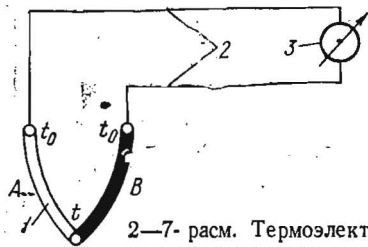
$E_{AB}(t, t_0) - E_{AB}(t, t'_0)$ айрма тузатиш бўлади. Т.э.ю.к. нинг ҳақиқий қиймати

$$E_{AB}(t, t_0) = E_{AB}(t, t'_0) \pm E_{AB}(t'_0, t_0). \quad (2-22)$$

(2 — 22) формуладаги «плюс» ишора $t'_0 > t_0$ ҳол учун, «минус» ишора эса $t'_0 < t_0$ ҳол учун.

Мазкур термopapa учун $E_{AB}(t'_0, t_0)$ тузатиш миқдорини даражаланиш жадвалидан ёки $t'_0 - t_0$ айирма кам бўлган пайтда, характеристик эгри чизикдан топиш мумкин. 2 — 7-расмда термоэлектрик термометрнинг принципиал схемаси кўрсатилган. Термометр комплектига термopapa 1, ўлаш сими 2 ва ўлчов прибори 3 киради.

Термоэлектрод материаллар ва термopapалар. Термоэлектрик термометрларни яратиш учун ишлатиладиган термоэлектрод материаллар бир қатор хусусиятларга эга бўлиши шарт, чунончи: иссиққа чидамлилиқ ва механикавий мустаҳкамлик; химиявий инертлик; термоэлектр бир хиллик; стабиллик ва термоэлектр характеристикани тиклаш; т. э. ю. к. нинг температурага бўлган (чизикли характеристикасига яқин ва бир ишорали) боғланиши; юқори сезгирлик.



2—7-расм. Термоэлектрик термометрнинг принципиал схемаси.

СССР да ГОСТ 6616—61 бўйича қуйидаги термopapаларни ишлатишга йўл қўйилган:

1. Платинародий — платина термopapa (ТПП) — нейтрал ва оксидланидиган муҳитда ишончли ишлайди, аммо тикланиш атмосферасида, айниқса, металл оксидлари термopapага яқин жойлашган ерда тез ишдан чиқади. Металл буғлари ва углерод (айниқса унинг оксиди) платинага зарарли таъсир кўрсатади. Вазифасига кўра бу термopapалар эталон, намунали ва ишчи термopapаларга бўлинади. Ишчи термopapалар эса ўз навбатида лаборатория ва техникавий термopapаларга ажратилади. Бу термopapаларда мусбат электрод сифатида платинародий, (90% Pt ва 10% Rh қотишмаси), манфий электрод сифатида эса тоза платина ишлатилади. ТПП термopapa тўғри эксплуатация қилинганда унинг даражаланиш сифати узоқ вақтгача сақланади. Лекин бу термopapанинг т. э. ю. к. бошқалариникига қараганда кичик. ТПП термopapаларининг максимал ўлчаш чегараси 1600° С.

2. Платинародий (30% — родий) — платинародий, (6% — родий) термopapa (ТПР—30/6 тип). Бу термopapаларнинг асосий хусусияти 1800° С гача температурани ўлчаш ва кичик т. э. ю. к. га эга бўлишидир.

3. Хромель — алюмель (ТХА тип) термopapa нодир бўлмаган металллардан тайёрланган термopapалар орасида энг турғуни ҳисобланади. Мусбат электрод-хромель (89% Ni; 9,8% Cr; 1% Fe; 0,2% Mn) қотишмадан, манфий электрод-алюмель эса (94% Ni; 2% Al; 2,5% Mn; 1% Si; 0,5% Fe) қотишмадан иборат. ТХА термopapa 1300 °С гача бўлган температурани ўлчаш учун қўлланилади.

4. Хромель — копель термopapa (ТХК) — турли муҳитларнинг температурасини ўлчаш учун ишлатилади. Манфий электрод — копель

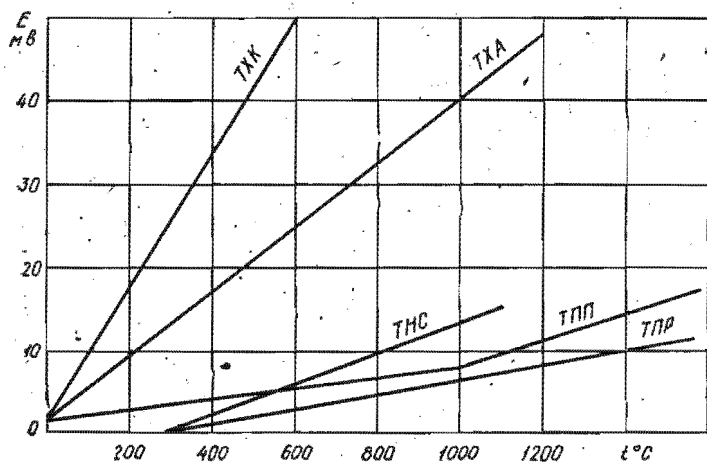
мис ва никель қотишмасидан (56% Cu; 44% Ni) иборат. ТХК термopара 800°C гача температурани ўлчаш учун ишлатилади, унинг т. э. ю. к. бошқа термopараларникига қараганда анча катта.

5. НК—СА қотишмаларидан тайёрланган (ТНС типидagi) термopара эркин учининг температурасига тузатиш киритишни талаб қилмайди, чунки 200° С гача температурани ўлчайдиган термopаранинг т. э. ю. к. амалда нолга тенг. Юқориги температура чегараси 1000° С.

Платина группасидаги ТПП ва ТПР термopаралари 0,5 ёки 1мм диаметрда тайёрланиб, чинни мунчоқ ёки трубка билан изоляцияланади. ТХА, ТХК ва ТНС термopаралар 0,7 ... 3,2 мм диаметрлик симдан тайёрланиб, сопол мунчоқ билан изоляция қилинади.

Юқорида айтилган термopаралардан ташқари манфий температураларни ўлчашда (—100° С) мис—константан ва юқори температураларни (2500° С ва 3000° С) ўлчашда вольфрам—рений термopаралари қўлланилади. Термоэлектр генератор, термоэлектр холодильник ва турли ўлчаш приборларида ярим ўтказгичли термopаралар ишлатилади. Уларнинг т. э. ю. к. металл ва металл қотишмаларидан ишланган оддий термopаралар т. э. ю. к. дан 5 ... 10 марта кўп. Бу термopараларда термоэлектрод материаллар сифатида ZnSb ва CdSb қотишмалари ишлатилади.

2—8-расмда кенг тарқалган термopараларнинг даражали характеристикалари келтирилган, 2—2-жадвалда эса улар ҳақидаги асосий маълумотлар берилган.



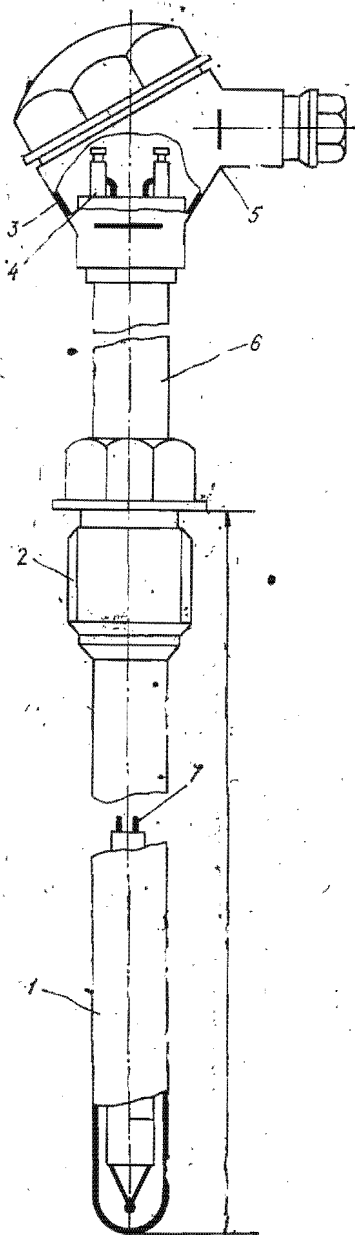
2—8- расм. Стандарт термopараларнинг даражали характеристика эгри чизиқлари.

Механикавий таъйиқ ва ўлчанаётган муҳит таъсиридан сақлаш учун термopapa электроди химоя арматураси ичига олинади. Турли муҳитлар температурасини ўлчайдиган ишчи термopapa арматураси 2—9-расмда кўрсатилган. У гильза 1, ҳаракатсиз ёки ҳаракатдаги штуцер 2, ҳаракатсиз штуцер билан трубка 6 орқали, штуцер ҳаракатда бўлганда эса гильза билан бевосита уланган каллак 3 дан иборат. Қопқоқда изоляцион материалдан ишланган розетка 4 жойлашган. Бу розетканинг термopapa ни ўлчаш прибори билан улайдиган термоэлектроди 7 ва симлар учун қисқичлари бор. Приборнинг температураси ўлчанаётган муҳитга киритиладиган қисмининг L узунлиги ҳар бир конкрет термopapa типига қараб ишланади.

Юқорида айтилгандек, термopapa билан температурани ўлчаш пайтида термopapa нинг эркин учларидаги температуранинг ўзгаришига қараб тузатиш киритилади. Саноатда автоматик равишда тузатиш киритиш учун электр кўприк схемалар қўлланилади (2—10-расм).

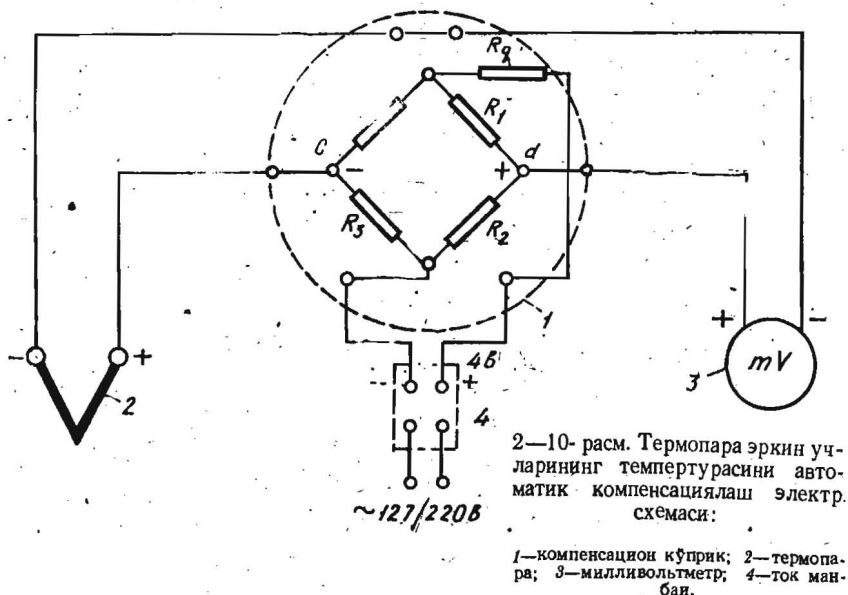
Кўприк термopapa га кетма-кет уланади. Унинг R_1, R_2, R_3 томонлари манганиндан, R_4 томони эса мисдан ишланади. R_5 қўшимча қаршилик кўприкка берилган кучланишни етарли даражада етказиб бериш учун хизмат қилади. Энергия ўзгармас ток манбаидан олинганда, R_5 нинг ўзгаришига қараб кўприкни турлича даражаланган термopapa лар билан ишлашга ростлаш мумкин. Термopapa дан компенсацион кўприккача термоэлектрод симлар ўтказилади, кўприкдан ўлчаш приборига эса мис симлар уланади.

Термopapa эркин учларининг даражаланиш температурасида кўприк мувозанат ҳолатда бўлиб, кўприкнинг Cd чуққиларидаги по-



2—9-расм. Термopapa нинг конструктив схемаси

Термопара- нинг тип	Термоэлектродлар материали- нинг номи	Даража- лаш белги- лари	Узоқ вақт иш- латилгандаги ўлчаш диапа- зони, °C	Қисқа вақт ишлатилганда- ги ўлчаш диа- пазони, °C
ТПП	Платинародий (10 % родий) — платина	ПП	0 ... 1300	1600
ТПР	Платинародий (30% родийли) — платинародий (6% родийли)	ПР30/6	300 ... 1600	1800
ТХА	Хромель—алюмель	ХА	-200 ... 1000	1300
ТХК	Хромель—копель	ХК	-200 ... 600	800
ТНС	НК—СА қотишмаси	НС	-300 ... 1000	—

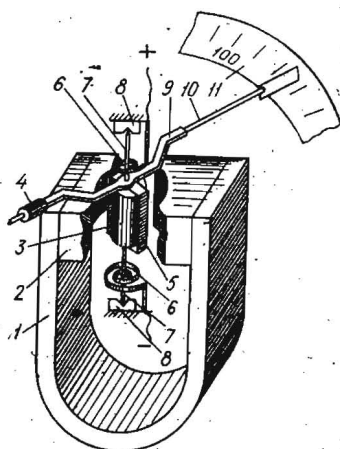


тенциаллар айирмаси эса нолга тенг бўлади. Эркин учларининг температураси ўзгариши билан бирга R_4 қаршиликнинг қиймати ҳам ўзгаради, натижада кўприк мувозанати бузилади ва унинг cd чўққиларидаги потенциаллар айирмаси ўзгаради. Бу айирманинг қиймати эркин учларидаги температуранинг ўзгариши сабабли пайдо бўлган т. э. ю. к. нинг тескари-ишорали қийматига тенг бўлади.

Термопараларнинг етарли даражада аниқлиги, бир неча термопараларни переключатель орқали битта ўлчаш приборига улаш йўли билан температуранинг контрол қилишни марказлаштириш имконияти борлиги, ўлчанаётган температуранинг автоматик равишда ёзиб олиш, ўлчаш прибори ва термопарани алоҳида-алоҳида даражалаш мумкинлигини термопараларнинг афзалликлари деб ҳисоблаш мумкин.

Электр юритувчи кучни ўлчаш приборлари. Термоэлектрик термометрлар (термопаралар) комплектидаги т. э. ю. к. ни ўлчаш учун милливольтметр ва потенциометрлар қўлланади.

Милливольтметр — бу магнитоэлектрик прибордир. Уларнинг иш принципи ўтказгичлар ва магнит майдонининг ўзаро таъсирига асосланган. Милливольтметрнинг тузилиши 2—11-расмда кўрсатилган. Доимий магнит 1 нинг қутб учлари 2 ва таянч подпятниклари 8 да айлаңадиган ўқларда жойлашган ўзак 3 орасидаги ҳаво зазорида рамка 5 мавжуд. Рамка эмаль изоляциясидаги ингичка мис симнинг лак билан бириктирилган чулғамларидан иборат. Унинг учлари ўқлар 7 га уланган. Рамкага стрелка 10, кронштейн 9 уланган.



2—11- расм. Милливольтметрнинг тузилиши.

Стрелканинг учи шкала 11 бўйлаб силжиши мумкин. Рамка термопара занжирига уланганда спираль-пружина 6 орқали келадиган ток рамкадан ўтади. Рамканинг чулғами орқали ток ўтганда ҳосил бўлган магнит майдони билан доимий магнит 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 ўрнатилган ҳар бир токнинг қиймати, яъни термопара т. э. ю. к. га стрелканинг муайян бир ҳолати тўғри келади. Ток ўтмаган пайтда қайишқоқ пружина 6 лар рамкани бошланғич ҳолатга қайтаради, стрелканинг шкала 11 бўйича кўрсатиши эса нолга тенг бўлади. Кронштейн 9 стрелкани мувозанат ҳолатида сақлаш учун посанги 4 билан таъминланган. Прибор шкаласи °С да даражаланган. Рамкадан ўтган ток билан доимий магнит майдон орасидаги ўзаро таъсир туфайли пайдо бўлган айлантирувчи момент қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$M_{\text{айл}} = C_1 \cdot B \cdot J, \quad (2 - 23)$$

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

Айланишга тескари таъсир этувчи момент

$$M_{\text{тес}} = C_2 \cdot E \cdot \Phi, \quad (2 - 24)$$

бу ерда C_2 — қайишқоқ элемент (спираль — пружина ёки чўзилган толалар) ҳажмидан аниқланадиган доимий коэффициент; E — спираль пружиналарнинг эластиклик модули ёки чўзилган толаларнинг силжиш модули; Φ — қайишқоқ элементнинг бурилиш бурчаги.

Агар $M_{\text{айл}} = M_{\text{тес}}$, яъни мувозанат ҳолат бўлса,

$$C_2 \cdot E \cdot \varphi = C_1 \cdot B \cdot J. \quad (2-25)$$

У ҳолда

$$\varphi = \frac{C_1}{C_2} \cdot \frac{B}{E} \cdot J = C \cdot \frac{B}{E} \cdot J. \quad (2-26)$$

Прибор конструкциялари параметрларига боғлиқ бўлган C , B , E катталиклар ўлчаш процессида ўзгармайди, шунинг учун

$$\varphi = K \cdot J, \quad (2-27)$$

бу ерда $K = C \cdot \frac{B}{E}$.

(2-27) ифодадан пирометрик милливольтметр шкаласи чизиқли эканлигини кўриш мумкин.

Прибор ҳаракатчан системасининг бурилиш бурчаги рамкадан ўтаётган ток кучидан ташқари яна термопара, улайдиган симлар ва милливольтметрнинг ички қаршиликларига ҳам боғлиқ:

$$\varphi = KJ = K \frac{E_T}{R_T + R_e + R_m}, \quad (2-28)$$

бу ерда E_T — т.э.ю.к.; R_T — термопара қаршилиги; R_e — улайдиган симлар қаршилиги; R_m — милливольтметрнинг ички қаршилиги.

(2-28) ифодадан прибор стрелкасининг четлашиши, т. э. ю. к. нинг ўзгармас қийматида занжирнинг турли қаршиликларига боғлиқ эканлиги кўриниб турибди. Шунинг учун приборнинг даражаланиши занжир ташқи қисмининг муайян қаршилигида ($R_{\text{таш}} = R_T + R_e$) бажарилади ва қўшимча хатоларга йўл қўймаслик учун пирометрик милливольтметрни монтаж қилиш процессида шу қаршилик аниқ сақланиши шарт. Одатда ташқи қаршиликнинг даражали миқдори 0,6; 1,6; 5; 15; 25 Ом га тенг бўлиб, приборнинг шкаласи ва паспортида кўрсатилади.

Саноатда ўлчаш чегараси, ташқи кўриниши ва габаритлари турлича бўлган, температурани ўлчашга мўлжалланган пирометрик милливольтметрлар ишлаб чиқарилади. Саноат приборлари 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 ва 2,5 аниқлик классига эга.

Ўлчаш прибори сифатида ишлатиладиган милливольтметрли термоэлектрлар комплектининг камчилиги ўлчаш приборида ток мавжудлигидир. Ток миқдорига, яъни милливольтметрнинг кўрсатишига т. э. ю. к. дан ташқари занжирнинг қаршилиги ҳам таъсир қилади:

$$\Sigma R = R_T + R_e + R_m$$

Ҳар бир қаршиликнинг ўзгариши ўлчашда содир бўладиган хатога олиб келади. Ноқулай шароитда бу хато асосий хато миқдоридан (аниқлик классидан) ошиб кетиши мумкин. Юқорида айтилганларнинг ҳаммаси аниқлик классини унчалик юқори бўлмаган (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 ва 2,5) жамловчи хатосининг бир неча ўн градусгача етишига олиб келади.

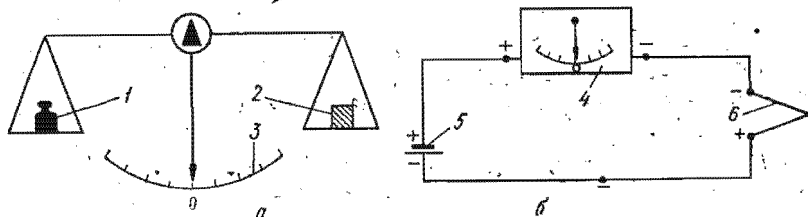
Ўлчаш аниқлиги нуқтаи назаридан эксплуатацион талабларнинг ошганлиги сабабли ҳозирги пайтда температурани термопара билан ўлчашда милливольтметрдан фойдаланилгандаги камчиликлардан холи бўлган компенсацион ёки потенциометрик метод тобора кенг қўлланилмоқда.

Шундай қилиб, потенциометрик ўлчаш усули милливольтметр ёрдамида олиб бориладиган ўлчовдан анча афзалдир: потенциометрнинг кўрсатиши ташқи занжир қаршиликларининг ўзгаришига, прибор температурасига боғлиқ эмас. Потенциометрда термопара эркин учларининг температурасига автоматик равишда тузатиш киритилади, шунинг учун ўлчаш аниқлиги юқори бўлади. Потенциометрлар милливольтметрдан ўзларининг ўткир сезғирлиги билан ҳам ажралиб туради. Потенциометрик ўлчаш методи ўлчанаётган термопара т. э. ю. к. ни потенциаллар айирмаси билан мувозанатлаштиришга (компенсациялашга) асосланган. Бу потенциаллар айирмаси калибрланган қаршиликдаги ёрдамчи ток манбаидан ҳосил бўлади. Потенциаллар айирмаси термопара т. э. ю. к. нинг тескари ишорали қийматиغا тенг. Буни жуда кўп учрайдиган мисолда тушунтириш мумкин.

Маълумки, аналитик тарозид ағирликни ўлчаш жисм ағирлигини тарози тошлари йиғиндисининг ағирлиги билан мувозанатлашдан иборат (2—12-расм). Шу билан бирга бу тарозининг стрелкаси ағирлик миқдорини кўрсатмай, балки тарози тошларининг ағирлиги жисм ағирлигига аниқ мос келганлигини кўрсатади. Шундан сўнг тошларнинг ағирлиги ҳисобланади ва олинган натижа жисмнинг ағирлигини беради.

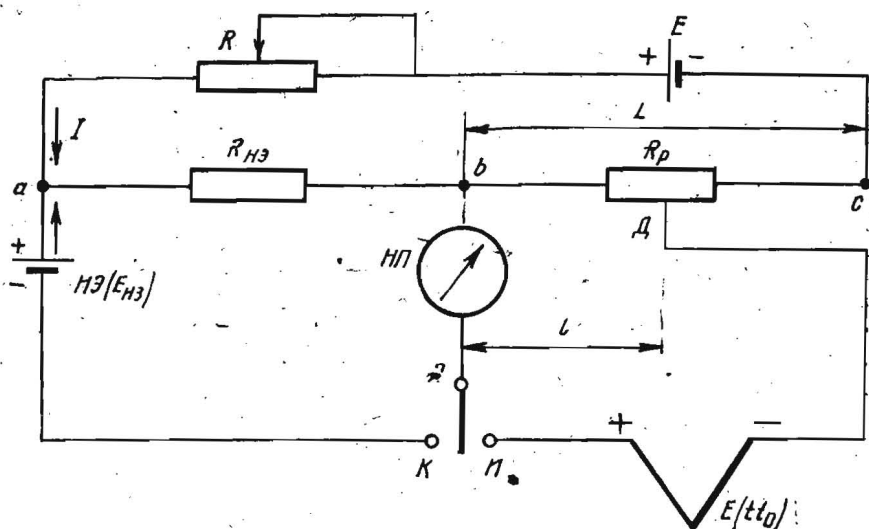
Потенциометр занжиридаги ток манба ва термопарада бир-бирига томон оқади ҳамда э. ю. к. мувозанатлашганда занжирдаги ток кучи нолга тенглашади, ана шу ноль прибор стрелкасининг ноль ҳолатини кўрсатади.

Ўлчов пайтида нолавий приборнинг стрелкаси нолни кўрсатганда ток манбаи занжиридаги кучланишнинг камайишини аниқлаш керак. У термопара т. э. ю. к. га тенг бўлади. Т. э. ю. к. ни потенциометр орқали ўлчашнинг принципиал схемаси 2—13-расмда кўрсатилган. Ток ёрдамчи E манбадан занжирга ўтади. Бу занжирнинг «в» ва «с» нуқталари ўртасида реохорд R_p ўзгарувчан қаршилиқ



2—12-расм. Тарози ишини (а) потенциометр (б) билан солиштириш:

1—тарози тоши; 2—жисм; 3—шкала; 4—милливольтметр; 5—ток манбаи; 6—термопара.



2—13- расм. Т. э. ю. к. ни ўлчайдиган потенциометринг принципаал схемаси.

уланган. Реохорд L узунликдаги калибрланган симдан иборат. « a » нуқта ва ораликдаги реохорднинг сирпанувчи контакт движоги жойлашган ҳар қандай d нуқта ўртасидаги потенциаллар айирмаси $R_{вд}$ қаршиликка тўғри пропорционал бўлади. Кетма-кет уланган термопара билан переключатель Π орқали сезгир милливольтметрга нолавий прибор $НП$ уланади, термопара занжирида ток борлиги шу индикатор орқали аниқланади. Термопара унинг токи $R_{вд}$ тармоқда ёрдамчи манба токи билан бир йўналишда юрадиган қилиб уланади. Т. э. ю. к. ни ўлчаш учун реохорд движоги нолавий прибор стрелкасини нолни кўрсатгунча суради. Айни пайтда $R_{вд}$ қаршиликдаги кучланишнинг камайиши ўлчанаётган т. э. ю. к. га тенг бўлади. Қуйидаги тенглама бу ҳолатни характерлайди:

$$E(tt_0) - JR_{вд} = 0 \quad (2-29)$$

ёки

$$E(tt_0) = JR_{вд}, \quad (2-30)$$

бу ерда $JR_{вд} - E$ манба кучланишининг $R_{вд}$ тармоқда камайиши. Занжир тармоғидаги ток кучи бутун занжирдаги ток кучига тенг, демак:

$$\frac{U_{вд}}{R_{вд}} = \frac{E}{R_{вс}}, \quad (2-31)$$

бундан

$$U_{вд} = E \frac{R_{вд}}{R_{вс}}. \quad (2-32)$$

Компенсация пайтида $U_{ВД} = E(t_0)$ назарда тутилса,

$$E(t_0) = U_{ВД} = E \frac{R_{ВД}}{R_{BC}}. \quad (2-33)$$

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

$$E(t_0) = E \frac{l}{L}. \quad (2-34)$$

Шундай қилиб, $E(t_0)$ термопаранинг т. э. ю. к. R_{BC} — реохорд қаршилиги тармоғидаги кучланишнинг камайиш миқдори билан аниқланиб, қолган қаршиликларга боғлиқ эмас. R_{BC} реохорд шкала билан таъминланиши ва шкала бўлинмалари милливольт ёки температура градусларига тенг бўлиши мумкин. Т. э. ю. к. ни ўлчаш аниқлиги реохорд занжиридаги J ток кучининг ўзгармаслигига боғлиқ. Ток компенсацион метод орқали ўрнатилади ва контрол қилинади. Бунинг учун потеңциометр схемасига нормал элементли қўшимча контур киритилади. Одатда нормал элемент ($HЭ$) вазифасини симоб-кадмийли гальваник Вестон элементни бажаради. Бу элементнинг электр юритувчи кучи 20°C да 1,0183 Вольтга тенг. $HЭ$ переключатель Π орқали қаршилик $R_{HЭ}$ учларига уланади ва унинг т. э. ю. к. ёрдамчи E ток манба т. э. ю. к. томон йўналган бўлади. Қаршилик R орқали компенсацион занжирдаги ток кучини ростлаш билан $НП$ нинг стрелкаси нолни кўрсатишига эришилади. Бундай ҳолда компенсацион занжирдаги ток кучи

$$J = \frac{E_{HЭ}}{R_{HЭ}}. \quad (2-35)$$

Термопаранинг т. э. ю. к. ни ўлчашда Π переключатель K ҳолатдан $И$ ҳолатга ўтказилади. Реохорд R_p нинг D движогини силжитиб «в» ва «с» нуқталар орасидаги потенциаллар айирмасини термопара т. э. ю. к. га тенглаштирилади. Шу пайтда термопара занжиридаги ток кучи 0 га тенг, шунинг учун

$$E(t_0) = J \cdot R_{ВД} = \frac{E_{HЭ}}{R_{HЭ}} R_{ВД}. \quad (2-36)$$

$E_{HЭ}$ ва $R_{HЭ}$ лар ўзгармас миқдорга эга бўлганликлари учун, т. э. ю. к. ни аниқлаш қаршилик тармоғининг узунлигини аниқлаш билан тенг.

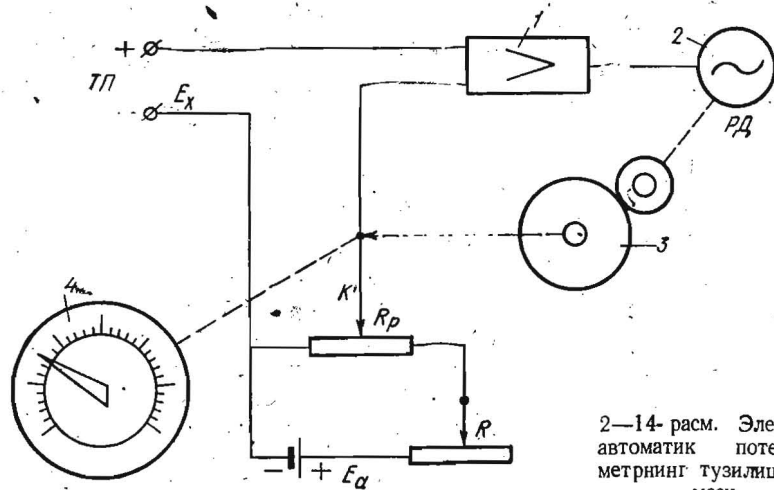
Шундай қилиб, т. э. ю. к. ни компенсацион метод бўйича ўлчаш термопара занжирида ток йўқ пайтида бажарилади. Шунинг учун термопара, улаш симлари ва $НП$ (нолавий прибор) дан ҳосил бўлган занжир қаршилиги ўлчов натижасига таъсир қилмайди ва бу ушбу методнинг афзаллиги ҳисобланади.

Э. ю. к. ни компенсацион метод бўйича ўзгарувчан ток шароитида ҳам ўлчаш мумкин. Аммо бу ҳолда ўлчаш аниқлиги бирмунча пастроқ, ўзгарувчан токда ишлайдиган приборлар эса бирмунча

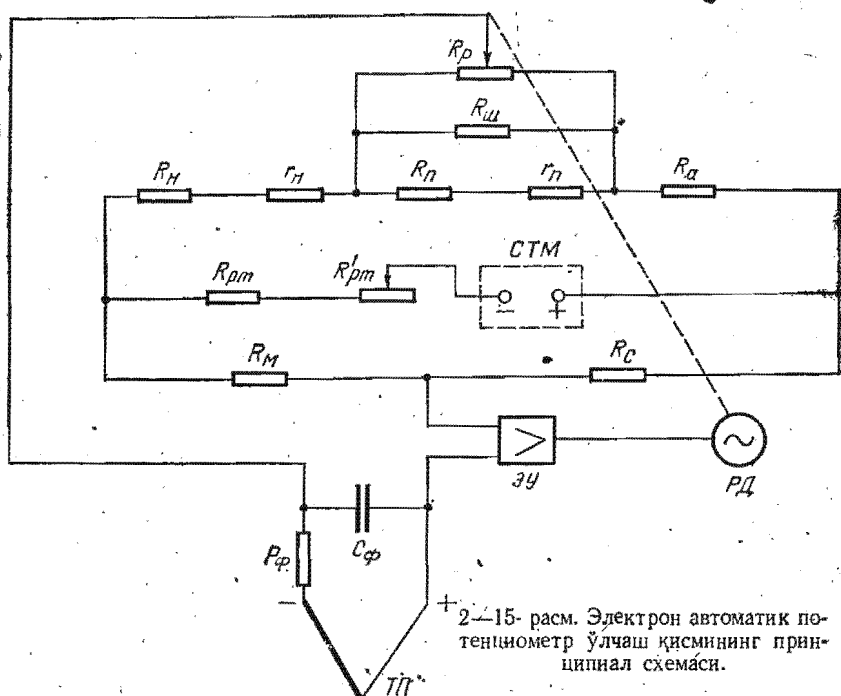
мураккаброқдир. Кўчма (контрол) потенциометрлар цех ва лаборатория шароитларида текширув ва даражалаш ишларида э. ю. к. ни компенсацион метод бўйича ўлчаш учун қўлланилади; намунали потенциаллар аниқ ўлчовларни бажаришда ишлатилади. Бу приборларнинг ўлчаш схемалари юқорида кўрилган схемага ўхшаш, фақат фарқи шундаки, ўлчов реохорди намунали қаршиликлардан ташкил топган секциялар шаклида тайёрланади. Юқорида кўрилган потенциометрларда ўлчов занжирининг нобаланс токи нолавий прибор стрелкасини ҳаракатга келтиради, автоматик потенциометрларда эса нолавий прибор йўқ. Унинг ўрнига нолавий индикатор ишлатилади.

Кўчма потенциометрлардан фарқли ўлароқ автоматик потенциометрлардаги реохорднинг движоги қўл билан эмас, махсус қурилма орқали автоматик равишда силжийди. Доимий ток кучланишига айланган температура ва бошқа параметрларни (босим, сарф, сатҳ, концентрация ва бошқалар) ўлчаш ва ростлаш учун мўлжалланган автоматик электрон потенциометрлар жуда кенг тарқалган. Автоматик потенциометрлар биронта узелининг бор ёки йўқлиги билан ажралиб турган турли модификациялари умуман олганда бир хил ишлайди. Барча автоматик потенциометрларнинг ўлчов схемаларида термopара эркин учларининг температурасига автоматик равишда тузатиш киритиш назарда тутилган. 2—14-расмда электрон автоматик потенциометрнинг тузилиш схемаси кўрсатилган.

ТП термopарада т. э. ю. к. E_x ни ўлчаш уни калибрланган R_p реохорд кучланишининг камайиши билан солиштириш орқали бажарилади. Потенциометрнинг компенсацион схемаси сирпанғич K ли реохорд R_p , ўзгармас кучланиш E_x ни ўзгарувчан кучланишга айлантириб берувчи ўзгартиргичли электрон кучайтиргич 1, реверсив электр двигатель 2 ва ток манбаи E_a дан иборат. Электр двигатель 2 редуктор 3 орқали сирпанғич K ва стрелка билан боғланган.



2—14-расм. Электрон автоматик потенциометрнинг тузилиш схемаси.



Стрелка 4 асбоб қисмларини кўрсатади. Компенсацион схеманинг иши сирпанғич (K) реохорд бўйлаб кучланишнинг пасайиши томон автоматик силжийди. Бу силжиш реверсив электр двигатель $РД$ ёрдамида бажарилади ва номувозанат кучланиш нолга тенг бўлгунча давом этади. Шундай қилиб, сирпанғич K ва унга бириктирилган стрелканинг ҳолати т. э. ю. к. нинг қийматини, демак, ўлчанган температуранинг миқдорини кўрсатади. Қаршилик R компенсацион занжирдаги иш токини ростлаш учун хизмат қилади.

2—15- расмда замонавий электрон автоматик потенциометри (КСП-4) ўлчаш қисмининг принципиал схемаси келтирилган. Потенциометр ўлчаш кўпригининг диагоналларида бирига электрон кучайтиргич ЭУ ли термопара ТП кетма-кет уланган. Термопарани улаш электромагнит майдони таъсирийни камайтириш учун мўлжалланган филтър (расмда филтърнинг $R_Ф—C_Ф$ содда схемаси кўрсатилган) орқали бажарилади. Ўлчаш кўпригининг иккинчи диагоналига стабиллашган ток манбаи ИПС уланади. Бу манба ўлчаш занжиридаги иш токининг доимийлигини таъминлайди. ИПС таъсирида токнинг стабилланиш даражаси баланд бўлгани туфайли, кўпчилик замонавий потенциометрларда нормал элементлардан фойдаланилмайди, шунга қарамай керак бўлганда уларни улаш имкони сақланган (ИПС токини текшириш зарурияти бўлганда).

Термопара ТП дан (ёки бирон бошқа датчикдан) олинган ўлчаш информацияси сигналининг ўзгариши билан кучайтиргичнинг киришига нобаланслик сигнали берилади. Бу сигнал маълум бир ўзгар-

тиргич орқали ўзгарувчан токка айланиб реверсив двигатель $PД$ айланиш ҳолатига келгунча кучаяди. Реверсив двигателнинг айланиш йўналиши нобаланслик ишорасига боғлиқ. Бу айланиш натижасида механикавий узатма (шків ёки трос) ёрдамида R_p реохорд движоги нобаланслик сигнали ўчгунча силжийди. Реверсив двигатель ҳаракатига потенциометрнинг кўрсаткичи ва ёзиб оладиган қурилманинг ўзгариши ҳам боғлиқ (схемада кўрсатилмаган).

Булардан ташқари потенциометр ўлчаш схемасига қурилманинг умуман нормал ишини таъминловчи бир қатор элементлар киради. Шунт $R_{ш}$, қаршиликлар R_n , r_n реохорд қаршилиги R_p ни ростлаш учун хизмат қилади; бунда приборнинг даражаланиш ва ўлчаш диапозони, яъни ўлчаш чегаралари назарда тутилиши лозим. Қаршилик R_n ва r_n лар ёрдамида шкала бошланиши ростланади. R_d балластли қаршилик. $R_{рт}$, $R'_{рт}$ ва R_c — резисторлар ИПС таъминлаш манбаининг иш токини чеклаш ва ростлаш учун қўлланилади. R_x резистор термopара эркин учларидаги температура ўзгаришининг таъсирини компенсация қилиш учун мўлжалланган ва термopара учлари уланган жой, яъни приборнинг кириш панелида жойлашган. R_m дан ташқари ҳамма резисторлар манганиндан, R_m резистор эса мис ёки никелдан тайёрланади.

Автоматик электрон потенциометрларнинг конструкцияси тез суръатларда ривожланмоқда. Замонавий автоматик электрон потенциометрлар конструкциясининг тузилиши блок-модуль принципига асосланган: прибор ўзаро штепселлар орқали симлар билан уланган унификациялаштирилган блок ва узеллардан иборат. Ҳар хил шаклдаги корпусларга жойлашган потенциометрларнинг турли тип ва модификациялари чиқарилади, жумладан, кўрсатувчи, ўзиёзар, битта ва кўп точкали (12 та точкагача) потенциометрлар мавжуд. Кўпчилик потенциометрларнинг тузилиши бир-бирига ўхшаш бўлиб, фақат деталлари ва ташқи кўринишлари билан ажралиб туради. Автоматик электрон потенциометрлар 0,25; 0,5 ва 1,0 аниқлик классификацияси (ГОСТ 7164—71) билан чиқарилади.

II.5-§. Қаршилик термометрлари

Температурани қаршилик термометрлари билан ўлчаш температура ўзгариши билан ўтказгичлар қаршилигининг ўзгариш хусусиятига асосланган. Демак, ўтказгич ёки ярим ўтказгичнинг омик қаршилиги унинг температураси функцияси билан иборат, яъни $R = f(t)$. Бу функциянинг кўриниши термометр қаршилиги материалнинг хоссаларига боғлиқ. Кўпчилик тоза металлларнинг электр қаршиликлари температура кўтарилиши билан ортади, металл оксидлар (ярим ўтказгичлар) нинг қаршилиги эса камаяди. Қаршилик термометрини тайёрлашда қуйидаги талабларга жавоб берувчи тоза металллар қўлланилади:

1. Металл ўлчанаётган муҳитда оксидланмаслиги ва унинг химиявий таркиби ўзгармаслиги керак.

2. Металлнинг температура қаршилик коэффициентлари етарли даражада катта ва стабиллашган бўлиши лозим.

3. Қаршилик температура ўзгариши билан тўғри ёки раван эгри чизиқли кескин четланишлар ва гистерезис ҳолатларисиз ўзгариши керак.

4. Солиштирама электр қаршилик деярли катта бўлиши керак. Маълум температуралар интервалида юқоридаги талабларга платина, мис, никель, темир, вольфрам каби металллар жавоб беради.

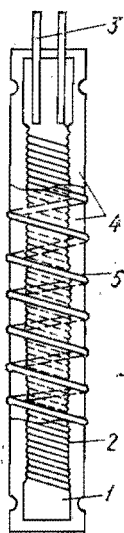
Қаршилик термометрининг иссиқлик сезгир элементи диаметри 0,05 ... 0,07 мм га тенг платина симдан (ТСП) ёки диаметри 0,1 мм га тенг тоза мис электролит симдан (ТСМ) ишланади. Саноатимиз ишлаб чиқарадиган платинали қаршилик термометрлари -200°C дан $+650^{\circ}\text{C}$ гача бўлган температураларни ўлчашга мўлжалланган. Платина сим (2—16-расм) четлари тишли слюда пластинага индукциясиз (бифлар) ўралади. Пластинага ўралган платина сим, унинг изоляцияси ва механикавий мустаҳкамлигини таъминлаш учун, икки тарафидан слюда қоплагичлар билан беркитилади. Учала слюда деталь (платина ва қоплагичлар) кумуш лента билан пакет ҳосил қилган.

Платина симнинг учларига кумуш симдан чиқармалар кавшарланган. Қаршилик элементи алюминийдан ишланган ички ҳимоя ғилофга жойланган. Қаршилик термометрининг йиғилган элементи алюминий каллакчи ташқи ҳимоя трубкага ўрнатилади.

Мисли қаршилик термометрларини саноатда -50°C дан $+180^{\circ}\text{C}$ гача температураларни ўлчаш учун чиқарилади. Стандарт мисли қаршилик термометрининг эмаль сими бир неча қават қилиб цилиндр шаклидаги пластмасса стерженга ўралади. Сим лак билан қопланган. Мис симнинг учларига диаметри 1,0 ... 1,5 мм га тенг рухланган мис чиқармалар кавшарланган. Йиғилган қаршилик термометри пўлат ҳимоя ғилофига жойлаштирилади.

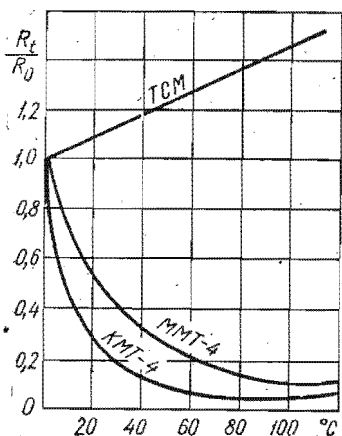
Никель, темир ва вольфрам анча юқори қаршилик температура коэффициентига эга, аммо бу металлларни химиявий тоза шаклда олиш қийин, чунки улар тез оксидланади, шу сабабли ўзаро бир-бирини ўрнини босадиган термометрларни тайёрлаш қийинлашади.

Қаршилик термометрларини (термисторлар) тайёрлаш учун ярим-ўтказгичлар (баъзи металлларнинг оксидлари) ҳам ишлатилади. Ярим-ўтказгичларнинг аҳамиятли афзаллиги уларнинг қаршилик температура коэффициентининг баландлигидир. Термоқаршиликлар тайёрлашда титан, магний, темир, марганец, кобальт, никель, мис оксидлари ёки баъзи металлларнинг (масалан, германий) кристаллари турли аралашмалар билан биргаликда қўлланилади.



2—16- расм. Платинали қаршилик термометрининг сезгир элементи:

1—четлари тишли слюда пластина; 2—платина сим; 3—кумуш чиқармалар; 4—слюда қоплагичлар; 5—кумуш лента.



2—17- расм. ММТ-4, КМТ-4 термоқаршиликларнинг ва ТСМ мисли қаршилик термометрининг даражаланиш эгри чизиқлари.

Барча техникавий қаршилик термометрлари бир-бирининг ўрнини босадиган қилиб чиқарилади. ТСП термометрининг даражаланиш шартли белгилари қуйидагича: гр.20; гр.21; гр.22.

20, 21 ва 22 даражаланишли термометрларнинг бошланғич қаршилиги (R_0) 10, 46 ва 100 Ом га тенг.

ТСМ қаршилик термометрларининг бошланғич қаршилиги $R_0 = 53$ Ом (гр.23) ва $R_0 = 100$ Ом (гр.24.)

Манометрик термометрларга нисбатан қаршилик термометрлари бир қатор афзалликларга эга, яъни ўлчаш аниқлиги юқори, кўрсатишларни масофага узатиш имкони бор, бир неча термометрларни бир ўлчов приборига улаш йўли билан температуранинг контрол қилишни марказлаштириш, кўрсатишларнинг кечикиши кам ва ҳоказо.

Қаршилик термометрларининг камчилиги — қўшимча ток манбаининг зарурлигидир.

Термометрларнинг ўлчов прибори сифатида мувозанат кўприклар ва логометрлар, яримўтказгичли термоқаршиликларнинг ўлчов прибори сифатида эса, одатда, номувозанат кўприклар хизмат қилади. Мувозанат кўприклар икки хил: лабораторияда (ноавтоматик) ва саноатда ишлатиладиган (автоматик) бўлади. Автоматик мувозанат кўприклар кўрсатувчи, ўзиёзар ва ростловчи қилиб ишланади.

2-18- расмда қаршилик термометри уланадиган доимий ток мувозанат кўпригининг принципаал схемаси келтирилган. Кўприк иккита доимий қаршиликлар (резисторлар) R_1 ва R_2 , реохорд R_p , қаршилик термометри R_t ва улайдиган симлар қаршиликлари $R_{с\text{лм}}$ (расмда R_{np}) дан иборат. Кўприкнинг бир диагонаliga E доимий ток таъминлаш манбаи, иккинчисига эса переключатель Π орқали ноль прибор $НП$ уланади. Реохорд R_p нинг движоги силжнши туфайли эришилган кўприкнинг мувозанат ҳолатида унинг диагоналидаги ток кучи нол-

Температураларни ўлчашда ММТ-1, ММТ-4, ММТ-6, КМТ-1, КМТ-4 типдаги термоқаршиликлар ишлатилади. Уларнинг қаршиликлари температура диапазонида экспоненциал қонун бўйича ўзгаради. Яримўтказгичли термоқаршиликларнинг саноатда кенг қўлланилишига уларнинг параметрларини қайта тикланиш қобилияти пастлиги, шунингдек, иш температураси интервалининг кичиклиги (-60°C дан $+180^\circ\text{C}$ гача) тўсқинлик қилади. (2—17- расмда ММТ-4 ва КМТ-4 типдаги термоқаршиликлар учун $R = f(t)$ боғланишни характерловчи эгри чизиқлар келтирилган. Шу графикнинг ўзида солиштириш учун ТСМ стандарт мисли қаршилик термометрининг характеристикаси берилган.

га тенг бўлади, яъни $J_0 = 0$. Шу моментда кўприкнинг «*e*» ва «*d*» чўққиларидаги потенциаллари тенг бўлади, J манба кўприкнинг «*a*» чўққисидан иккига, J_1 ва J_2 га бўлинади. Демак, R_1 ва R_2 қаршиликларнинг камайиши бир-бирига тенг бўлгани учун қуйидаги тенгламани ёзиш мумкин:

$$R_1 J_1 = R_2 J_2. \quad (2-37)$$

Кўприкнинг *bc* ва *cd* елкаларидаги қаршиликнинг камайиши ҳам тенг бўлгани учун

$$J_p R_p = J_t (R_t + 2R_{\text{сим}}). \quad (2-38)$$

(2-37) тенгламани (2-38) тенгламага бўлсак,

$$\frac{R_1 J_1}{R_p J_p} = \frac{R_2 J_2}{(R_t + 2R_{\text{сим}}) J_t}. \quad (2-39)$$

Агар $J_0 = 0$, $J_1 = J_p$ ва $J_2 = J_t$ бўлса,

$$R_1 (R_t + 2R_{\text{сим}}) = R_p \cdot R_2 \quad (2-40)$$

ва

$$R_t = R_p \frac{R_2}{R_1} - 2R_{\text{сим}}. \quad (2-41)$$

Агар атрофдаги температурани доимий деб ҳисобласак, $2R_{\text{сим}} = \text{const}$. У ҳолда (2-41) тенглама қуйидаги кўринишни олади:

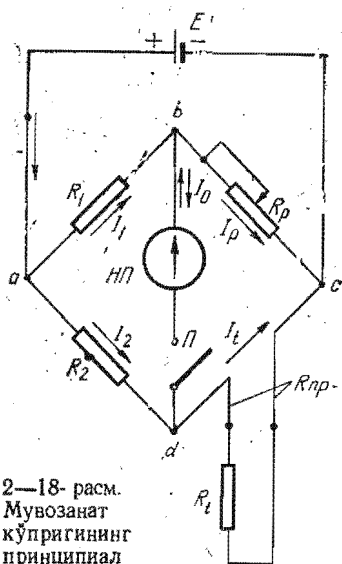
$$R_t = KR_p - K_1. \quad (2-42)$$

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 хато миқдори кўпайиб кетиш хавфи пайдо бўлганда, қаршилик термометрининг уч симли улаш схемаси қўлланади (2-19-расм). Бундай улаш усулида бир симнинг қаршилиги R_t қаршиликка, иккинчи симнинг қаршилиги эса R_p ўзгарувчан қаршиликка қўшилади. Кўприк мувозанатининг тенгламаси қуйидагича бўлади:

$$R_t + R_{\text{сим}} = (R_p + R_{\text{сим}}) \cdot \frac{R_2}{R_1}, \quad (2-43)$$

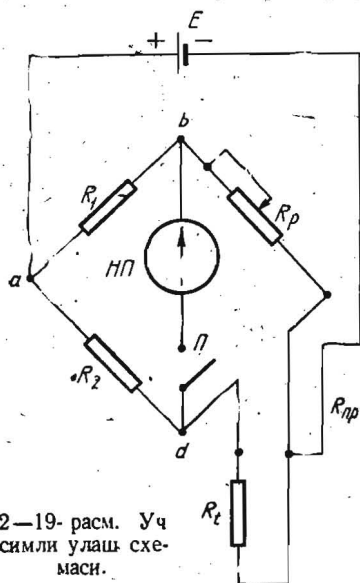
$$R_1 = R_2 \text{ бўлса, } R_t + R_{\text{сим}} = R_p + R_{\text{сим}}. \quad (2-44)$$

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



2-18-расм.
Мувозанат
кўпригининг
принципиал
электр схема-
си.

Автоматик мувозанат кўприкларда реохорднинг движоги автоматик равишда силжийди. Бундай кўприкларнинг ўлчаш схемаси доимий ёки ўзгарувчан ток манбаидан таъминланади. Ўзгарувчан ток мувозанат кўприкларида актив қаршиликлар ҳал қилувчи аҳамиятга эга, шунинг учун доимий ток кўприклари учун чиқарилган юқоридаги тенгламалар ўзгарувчан кўприклар учун ҳам сақланади. Ўзгарувчан ток мувозанат кўприклари бир қатор афзалликларга эга: ўлчаш схемаси куч трансформаторининг бир ўраמידан таъминланади,



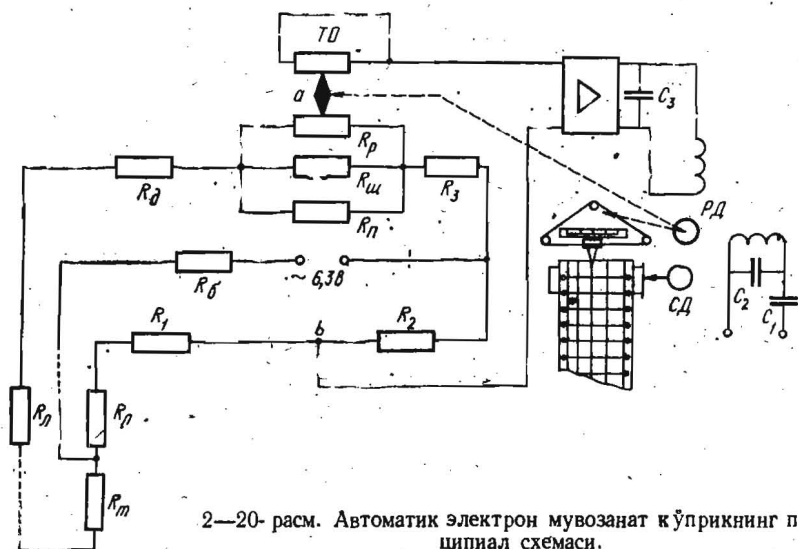
2—19- расм. Уч симли улаш схемаси.

яъни қўшимча таъминлаш манбаи талаб қилинмайди, шу билан бирга тебраниш ўзгартиргичнинг (виброўзгартиргич) ҳам зарурияти бўлмайди. Автоматик мувозанат кўприкларнинг турли модификациялари мавжуд, лекин уларнинг иш принципи бир хил. Мисол сифатида кўрсатувчи ва ўзиёзар электрон автоматик мувозанат кўприкнинг ўзгарувчан токдан таъминланувчи принципиал схемаси 2—20- расмда кўрсатилган.

Кўрсатувчи мувозанат кўприклар ҳам шу принципиал схема бўйича ишлайди, лекин уларда ёзув блоки йўқ. 2—20- расмдаги принципиал схемада қуйидаги шартли белгилар қабул қилинган: R_p — реохорд; $R_{ш}$ — реохорд шунти, у R_p қаршилигини белгиланган қийматга етказиб туриш учун хизмат қилади; R_n — ўлчаш диапазони белгилаш қаршилиги; R_d — шкала бошланғич қийматини рост-

ловчи қўшимча қаршилик; R_1, R_2, R_3 — кўприк схемасининг қаршиликлари; R_0 — токни чекловчи балласт қаршилик; R_t — қаршилик термометри; R_d — линия қаршилигини ростловчи қаршилик; РД — асинхрон конденсаторли реверсив двигатель; СД — диаграмма лентасини силжитувчи синхрон двигатель; C_1 ва C_2 — уйғониш ўрамининг магнит оқими билан бошқарувчи ўрам ўртасидаги силжиш фазасини (90°) ва уйғониш ўрамида кучланишни (127 В) керакли миқдорга етказиш учун хизмат қиладиган конденсаторлар; C_3 — реверсив двигатель бошқарувчи ўрамни шунтловчи конденсатор, шу ўрамдаги токнинг индукциясини компенсациялайди; ТО — токни олиб кетувчи.

Кўприк ўлчаш схемасидаги барча қаршиликлар стабиллашган манганин симдан тайёрланади. 2—20-расмдан кўриниб турибдики, қаршилик термометри уч симли улаш схемаси усулида уланган. Бу ҳолда термометри кўприк билан улайдиган симларнинг қаршилиги кўприкнинг R_t ва R_1 елкаларига тақсимланади. Шунинг учун атроф муҳит температурасининг тебраниши натижасида, уланган симлар қаршилигининг тебраниши сабабли ҳосил бўлган хато миқдори камаяди. Термометр қаршилиги R_t нинг тебраниши натижасида кўприк



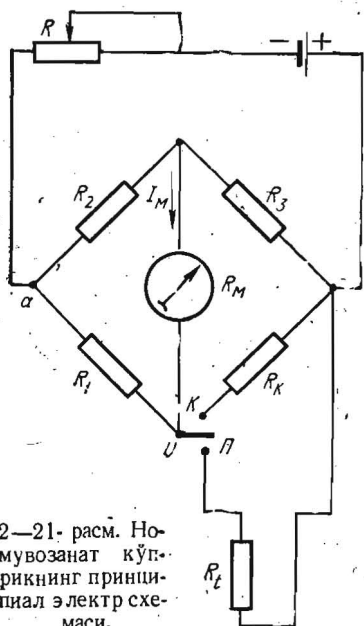
2—20- расм. Автоматик электрон мувозанат кўприкнинг принципиал схемаси.

схемасининг мувозанати йўқолади, «а» ва «в» чўққилардан кучайтиргичнинг кириш қисмига нобаланс кучланиш келади. Кучайтиргич бу кучланишни реверсив двигатель ишга тушгунча кучайтиради. Двигателнинг чиқиш вали реохорд движоги ва каретка билан кинематик боғланганлиги учун бу вал уларни нобаланс кучланиш камайиб нолга тенг бўлгунча силжитади. Кўприк схема мувозанат ҳолатга келганда, реверсив двигательнинг ротори тўхтайди, реохорд движоги эса кўрсаткичли каретка билан бирга ўлчанаётган термометр қаршилигига тенг ҳолатни эгаллайди.

Доимий ток манбаидан ишлайдиган мувозанат кўпригининг ўлчаш схемаси ҳам юқоридагига ўхшаш, фақат унинг электрон кучайтиргичи тебраниш ўзгартиргичи (виброўзгартиргич) билан таъминланган. Шунинг учун унинг кучайтириш узели потенциометрникига ўхшаш.

Температурани ўлчаш ва ёзиб олиш учун қўлланиладиган автоматик мувозанат кўприклар қуйидаги асосий группаларга бўлинади: кўрсатувчи; кўрсатувчи ва лента диаграммали ўзиёзар; кўрсатувчи ва диск диаграммали ўзиёзар. Корпус, айрим элемент ва блоклар ҳажмига кўра автоматик мувозанат кўприклар худди потенциометрлардек митти, кичик ва нормал габаритли кўприкларга бўлинади. ГОСТ 7164—71 га мувофиқ бизнинг приборсозлик саноатимиз 0,25; 0,5 ва 1,0 аниқлик классига эга бўлган автоматик мувозанат кўприкларини чиқаради.

Номувозанат кўприклар температурани бевосита ўлчаш имконини беради. Бу мазкур термометрнинг лабораторияда қўлланиладиган мувозанат кўпригидан афзаллигидир. 2—21- расмда қуйидаги элементлардан ташкил топган номувозанат кўприклардан бирининг схемаси келтирилган: R — ростлани қаршилиги; R_1 , R_2 , R_3 — кўприкнинг дои-



2—21- расм. Номувозанат кўприкнинг принципиал электр схемаси.

рия шароитида, шунингдек, бошқа приборларнинг ўлчаш схемаларида (логометр, газоанализатор ва ҳоказоларда) ишлатилади.

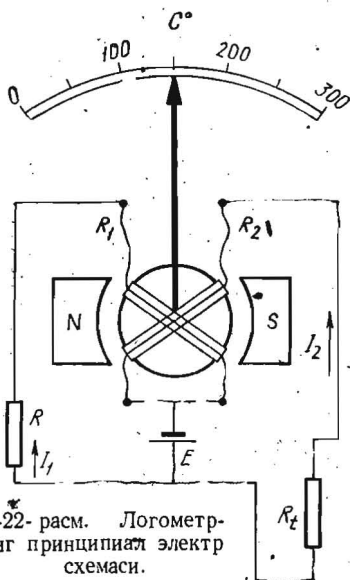
Логометр — магнитоэлектрик прибор бўлиб, унинг қўзғалувчан қисмида иккита ўзаро кесишган R_1 ва R_2 рамка бор (2—22-расм).

Улар доимий магнитнинг ўзак ва қутб учлари орасидаги зазорга жойлашган. Рамкаларнинг бурилиш бурчаги улардаги ток кучлари нисбатининг функцияси:

$$\varphi = f \left(\frac{J_1}{J_2} \right); \quad (2-45)$$

бу ерда J_1 ва J_2 — рамкалардан оқиб ўтадиган ток кучи.

Логометрнинг магнит системасига кирувчи ўзак ва қутблар орасидаги ҳаво зазорида содир бўладиган магнит индукция нотекис, яъни ўртада катта, четларида эса кичик бўлиши керак. Бундай нотекисликка магнит қутблари ва ўзакларнинг махсус шакллари қўллаш билан эришилади. Рамкаларга ток умумий таъминлаш манбаи E дан келади. R_1 ва R_2



2—22- расм. Логометрнинг принципиал электр схемаси.

рамкалар схемага шундай уланадики, улар ҳосил қилган айлантисувчи моментлар бир-бири билан тўқнашадиган бўлиб йўналсин. Рамкалар кучи айланиш моментига тенгдир:

$$M_1 = C_1 \cdot B_1 \cdot J_1, \quad (2-46)$$

$$M_2 = C_2 \cdot B_2 \cdot J_2, \quad (2-47)$$

бу ерда C_1 ва C_2 — рамкаларнинг геометрик ҳажми ва чулғамига боғлиқ бўлган доимий миқдорлар;

B_1 ва B_2 — рамкалар жойлашган тармоқдаги магнит индукциялар. Рамкалар қаршилиги тенг, яъни $R_1 = R_2$ ва $R = R_1$ бўлса, $J_1 = J_2$ ва $M_1 = M_2$ бўлиб, қўзғалувчан система ўрта ҳолатда бўлади. Агар термометр қаршилиги ўзгарса, рамкаларнинг биридаги ток кучаяди, шу сабабли моментлар мувозанати бузилади, қўзғалувчан система эса ҳаракатга келади. Токи кучайган рамка магнит индукцияси кичиқ зазорга киради, иккинчи рамка эса магнит индукцияси катта зазорга киради. Маълум бир ҳолатда рамкалар momenti мувозанатлашади, яъни:

$$C_1 \cdot B_1 \cdot J_1 = C_2 \cdot B_2 \cdot J_2. \quad (2-48)$$

Бу тенгламадан

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{C_2}{C_1} \cdot \frac{B_2}{B_1} = C \cdot \frac{B_2}{B_1}. \quad (2-49)$$

келиб чиқади. (2—49) тенгламага J_1 ва J_2 нинг таъминлаш манбаи E токи орқали ифодаланган қийматларини қўйсак, қуйидаги натижага эга бўламиз:

$$\frac{\frac{U}{R+R_1}}{\frac{U}{R_1+R_2}} = \frac{R_1+R_2}{R+R_1} = C \cdot \frac{B_2}{B_1}. \quad (2-50)$$

$B = f(\varphi)$ бўлгани учун

$$\frac{B_2}{B_1} = f(\varphi). \quad (2-51)$$

Шунинг учун

$$\frac{R_1+R_2}{R+R_1} = f(\varphi); \quad (2-52)$$

$$\varphi = f\left(\frac{R_1+R_2}{R+R_1}\right); \quad (2-53)$$

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

$$\varphi = f(R_1). \quad (2-54)$$

Шундай қилиб, логометрнинг кўрсатишлари таъминлаш кучланишига боғлиқ эмас, бу эса логометрнинг катта афзаллигидир. ГОСТ 9736—68 га мувофиқ саноат логометрларининг катта номенклатураси 1,5 аниқлик классификацияси билан чиқарилади.

II.6-§. Нурланиш пирометрлари.

Нурланиш пирометрларининг ишлаш принципи қизитилган жисмнинг иссиқлик таъсирида нурланишидан фойдаланишга асосланган. Температуранинг бошқа методлар билан ўлчашга асосланган приборларга нисбатан нурланиш пирометрлари қуйидаги афзалликларга эга:

а) температуранинг ўлчаш ноконтакт усулга асосланган, шунинг учун приборнинг ўзгартиргич элементини ўлчанаётган муҳитга кириштиришнинг ҳожати йўқ, демак, бунинг натижасида ҳосил бўладиган температура майдонидаги тебраниш ҳам бўлмайди;

б) температура ўлчашининг юқори чегараси назарий жиҳатдан чексиз;

в) аланга ва катта тезликдаги газ оқимининг баланд температура-сини ўлчаш имконияти бор.

Қизиган жисмнинг иссиқлик энергияси турли ўзунликдаги тўлқинлар шаклида нурланади. Деярли пастроқ (масалан, 500°C гача) температураларда жисм инфрақизил нурларни чиқаради, температура ошган сари жисм ранги тўқ қизилдан турли тўлқин ўзунликдаги оқ рангга ўтади. Қизиган жисмнинг температураси ошиши ва ранги ўзгариши билан бирга монохроматик (бир рангли) нурланишнинг интенсивлиги (равшанлиги) ҳам тез ошади, шу билан бирга жамланган (интеграл) нурланиш (радиация) ҳам катталашиб боради. Қизиган жисмларнинг бу икки хоссаси температуранинг ўлчашга имкон беради. Шуларга кўра пирометрлар равшанлик (оптик), рангли ва радиацион пирометрларга бўлинади.

Планк тенгламасига мувофиқ абсолют қора жисмнинг монохроматик нурланиш интенсивлиги тўлқин ўзунлиги ва температурага боғлиқ.

$$E_{\text{о\lambda}} = C_1 \lambda^{-5} \left(e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right)^{-1} \quad (2-55)$$

бу ерда $E_{\text{о\lambda}}$ — λ ўзунликдаги тўлқин учун абсолют қора жисмнинг нурланиш интенсивлиги;

C_1 ва C_2 — қийматлари қабул қилинган бирлик системасига боғлиқ нурланиш константлари;

T — жисмнинг абсолют температураси (К);

e — натурал логарифмлар асоси;

$\lambda = 0,66$ мкм бўлганда $\lambda \cdot T < 0,002$ м·град, яъни температура 3000 K дан паст бўлса, Планк тенгламаси ўрнига Вин тенгламасини ёзиш мумкин:

$$E_{\text{о\lambda}} = C_1 \lambda^{-5} e^{-\frac{C_2}{\lambda T}} \quad (2-56)$$

Вин тенгламаси Планк тенгламасининг айрим вариантидир. Планк ва Вин тенгламалари оптик пирометрлар ясалишининг назарий асо-

си. Абсолют қора жисмнинг жамланган (интеграл) нурланиши Стефан—Больцман тенгламасидан аниқланади:

$$E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4; \quad (2-57)$$

бу ерда C_0 — абсолют қора жисмнинг нурланиш константи; T — нурланувчи сиртнинг K да берилган абсолют температураси.

Монохроматик нурланиш интенсивлиги ва интеграл нурланиш жисмнинг физикавий хоссаларига боғлиқ бўлгани учун пирометрлар шкаласи абсолют қора жисм нурланиши бўйича даражаланади. Демак, ўлчанаётган (равшанлик ёки радиацион) температуранинг ҳақиқий температура билан муайян нисбатда бўлиши табиий. Ҳақиқий температуранинг қийматини оптик пирометр орқали топилган туюлма температура қийматидан ҳисоблаб топиш мумкин:

$$T = \frac{1}{\frac{1}{T_r} - \frac{\lambda}{C_2} \ln \frac{1}{\epsilon_\lambda}}, \quad (2-58)$$

бу ерда T — жисмнинг K да берилган ҳақиқий температураси;

T_r — равшанлик (туюлма) температура (оптик пирометр орқали топилган);

λ — тўлқин узунлиги (мкм);

C_2 — Вин тенгламаси константи;

ϵ_λ — берилган узунликдаги тўлқин учун жисмнинг қоралик даражаси.

Жисмнинг радиацион пирометр орқали топилган T_p туюлма температурадан ҳисобланган ҳақиқий температураси:

$$T = T_p \sqrt[4]{\frac{1}{\epsilon}} \quad (2-59)$$

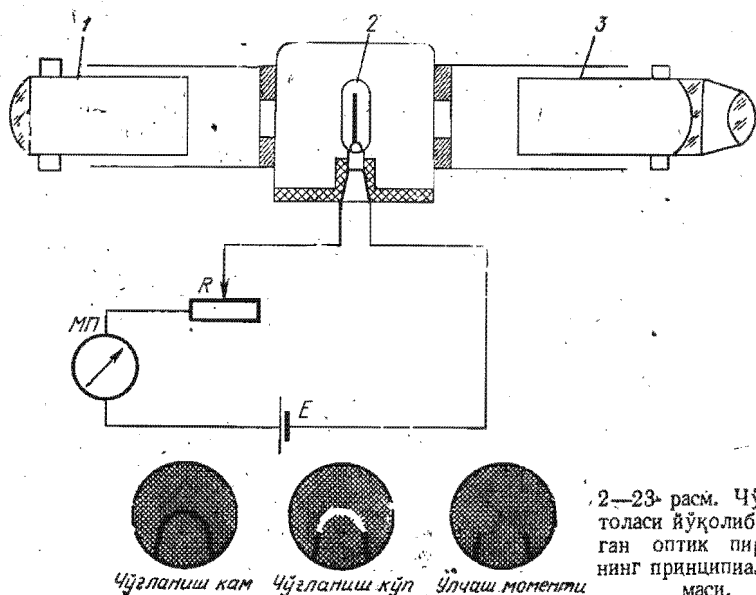
бу ерда T — физикавий жисмнинг ҳақиқий температураси;

T_p — радиацион (туюлма) температура (радиацион пирометр орқали топилган);

ϵ — тўлқинларнинг ҳамма узунлиги учун жисмнинг қоралик даражаси.

Барча реал физикавий жисмлар учун $0 < \epsilon < 1$, шу сабабли нурланиш пирометри билан ўлчанган жисмнинг температураси доим унинг ҳақиқий температурасидан кам бўлади. Кўпинча, ϵ_λ ва ϵ нинг ҳақиқий қийматларини топиш қийин бўлгани сабабли (бу қийматлар жисм сиртининг ҳолати ва температурасига боғлиқ) температурани контрол қилиш фақат туюлма (равшанлик ва радиацион) температура-лар бўйича бажарилади, яъни нурланиш тўлиқсизлигига тузатиш киритилмайди. Химия саноати шароитларида нурланиш пирометрлари ёрдамчи приборларгина бўлиб, вақт-вақти билан печлар ҳароратини ўлчашда қўлланилади. Металлургия заводларидаги иссиқлик куч қурилмаларининг буг қозонларида ва асосий агрегатларида температурани контрол қилиш учун бу пирометрлар кенг қўлланилади.

Оптик пирометрларнинг ишлаш принципи температураси ўлча-
наётган жисмнинг нурланиш равшанлигини эталон жисмларнинг
монохроматик нурланиш равшанлиги билан солиштиришга асослан-
ган. Эталон жисм сифатида, одатда, нурланиш равшанлиги ростла-
нувчи чўғланиш лампа толаси ишлатилади. Бу гурппадаги кенг тар-
қалган приборлардан бири — чўғланиш толаси йўқолиб кетадиган
монохроматик оптик пирометрдир. Бу приборнинг принципиал схе-
маси 2—23-расмда келтирилган. Қиздирилган жисмнинг нурланиш



оқими объектига 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 доимий тоқидан чўғланади. Манбанинг кучланишини реостат R орқали секин-аста ростлаш йўли билан объект ва тола равшанликлари тенглашгунча ошириб борилади. Шу пайт объект тасвири билан кесишган толаннинг қисми, расмда кўрсатилганидек, йўқолиб кетади. Равшанликлар тенглашгандан сўнг ток кучини ёки лампа кучланишини ўлчайдиган ИП прибор бўйича пирометр кўрсатишлари ҳисобланади.

Приборсозлик саноати турли конструкциялардаги йўқолувчи толалик оптик пирометрларни ишлаб чиқаради. Уларнинг темпера-
турасини ўлчаш диапазони 800°C дан $10\,000^{\circ}\text{C}$ гача. Йўл қўйила-
диган асосий хатолар чегараси $\pm 1,5\%$ дан ошмайди. Бу пирометрлар
билан температуранинг ўлчаш вақтидаги қийинчиликлардан бири —
реал жисмнинг нурланиш тўлиқсизлигига тўғри тузатиш киритишдан

иборат. Турли материаллар учун қоралик коэффициентлари тегишли жадвалларда келтирилган, лекин уларнинг конкрет шароитларда ўзгаришини доимо назарда тутиш керак. Юқорида келтирилган оптик пирометр кўча прибордир. У билан узлуксиз ўлчаш ва температурани қайд қилиш мумкин эмас.

Толаси йўқолиб кетадиган оптик пирометрдан фарқли ўлароқ, фотоэлементли (фотоэлектр пирометрлар) пирометрлар кўрсатишларини ёзиб олиш ва уларни масофага узатиш имконига эга. Бу приборлардан тез ўтадиган процесслардаги температурани ўлчашда фойдаланилади.

Фотоэлектр пирометрларнинг ишлаш принципи фотоэлементнинг унга тушаётган ёруғлик оқими интенсивлигига боғлиқ бўлган фототокни ўзгартириш қобилиятига асосланган. Фототок кучи қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$J = a \cdot T^n, \quad (2-60)$$

бу ерда a — приборнинг сезгирлигига боғлиқ бўлган прибор доимийлиги; n — приборнинг спектр характеристикасига боғлиқ бўлган прибор доимийси; T — физикавий жисмнинг температураси. Фотоэлектр пирометрнинг ўлчаш чегаралари 800°C дан 4000°C га ча. Асосий хато ўлчаш юқори чегарасининг $\pm 1\%$ ини ташкил қилади. Пирометрнинг иккиламчи прибори сифатида ўзиёзар автоматик потенциометр қўлланилади.

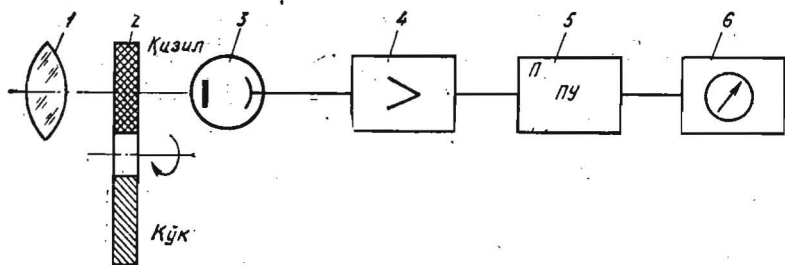
Рангли ёки спектрал пирометрлар қизитилган жисмнинг нурланиш спектридаги энергиянинг нисбий тақсимланиши бўйича температурани ўлчашга мўлжалланган. Температура чўғланган жисмнинг спектрида танланган икки соҳа, масалан, кўк соҳалардаги равшанликлар нисбатидан аниқланади. Агар чўғланган жисмнинг нурланиш 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 қуйидаги ифода билан характерланади:

$$R = \frac{\epsilon_{\lambda_1}}{\epsilon_{\lambda_2}} \cdot R_r, \quad (2-61)$$

бунда ϵ_{λ_1} ва ϵ_{λ_2} — λ_1 ва λ_2 тўлқин узунликларининг нурланиш қобилияти коэффициентлари;

R_r — қора жисм учун λ_1 ва λ_2 тўлқин узунликлари равшанлигининг нисбати.

Фотоэлементли рангли пирометрнинг принципиал схемаси 2—24-расмда кўрсатилган. Ўлчанаётган жисмдан чиққан нурланиш объектив 1 орқали ўтиб фотоэлемент 3 га тушади. Фотоэлемент олдида қизил ва кўк филтрли айланувчи диск 2 абтюратор ўрнатилган. Фотоэлемент гоҳ қизил, гоҳ кўк ранглар билан ёритилади ва шунга кўра тегишли импульслар чиқаради. Бу импульслар электрон кучайтиргич 4 билан кучланиб логарифмловчи қурилма 5 орқали доимий токка айланади. Ток эса ўз навбатида температура бирликларида



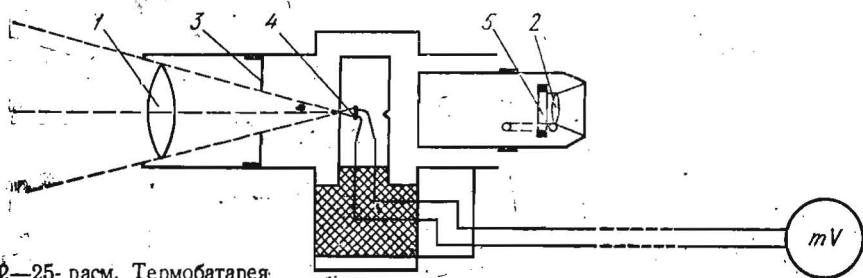
2—24- расм. Фотоэлементи рангли пирометрнинг
принципиал схемаси.

даражаланган ўлчаш прибори 6 билан қайд қилинади. Пирометрнинг ўлчаш чегараси 1400°C дан 2800°C гача. Асосий хато миқдори юқори чегаранинг $\pm 1\%$ идан ошмайди.

Радиацион пирометрлар (тўлиқ нурланиш пирометрлари) қиздирилган жисмнинг температурасини ўлчашга мўлжалланган. Пирометр оптик система (линза, ойна) билан таъминланган. Бу система жисмдан чиққан нурларни митти термобатарея, қаршилиқ термометри ва ярим ўтказгичли термоқаршилиқлардан иборат бўлган ўзгартиргичга тўплайди. Ўлчаш приборлари сифатида милливольтметр, автоматик потенциометр ва мувозанат кўприклар қўлланади.

2—25-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 термометр электр батарея 4 жойлашган. Окуляр линза олдида кўзни муҳофаза қилувчи рангли шиша 5 қўйилган. Термобатареяда тўпланган нурлар уни қиздира бошлайди ва нурланишнинг тўлиқ энергиясига пропорционал бўлган қийматли э. ю. к. пайдо бўлади. Термобатареянинг э. ю. к. милливольтметр билан ўлчанади.

100°C дан 4000°C гача температурани ўлчайдиган радиацион пирометрларнинг турли конструкциялари мавжуд бўлиб, улар ўзла-



2—25- расм. Термобатарея
ли радиацион пирометр-
нинг принципиал схемаси.

рининг оптик системаси, термопараларни улаш схемаси ва бошқа элементлари билан фарқ қилади. Ўзгартгичлари қаршилиқ термометридан иборат бўлган баъзи радиацион пирометрлар нисбатан кичик, масалан, 20°C дан 100°C гача температураларни ўлчай олади. Ўзгартгич қабул қиладиган нурлар энергиясини аниқ ҳисобга олиш жуда қийин, чунки ўзгартгич ва атроф муҳит ўртасида ўзаро иссиқлик алмашуви мавжуд. Шунинг учун прибор ҳисобга олиб бўлмайдиган хатоларга йўл қўйиши табиий.

Лекин шу камчиликларга қарамай, радиацион пирометрлар саноатда жуда кенг қўлланилади: бу приборлар стационар равишда ўрнатилиши мумкин. Пирометрларнинг кўрсатишларини масофага узатиш ёки автоматик равишда ёзиб олиш ва улар ёрдамида температурани ростлаш мумкин. 2500°C гача температурани ўлчашда пирометр кўрсатишларининг хатоси $\pm 1,5\%$ дан, 2500°C дан ортиқ температурани ўлчаганда эса $\pm 2,5\%$ дан ошмайди.

III боб. БОСИМ ВА СИЙРАҚЛАНИШНИ ЎЛЧАШ

III: 1-§. Асосий маълумотлар ва классификация

Босим химиявий технологик процессларнинг асосий параметрларидан биридир. Химиявий ишлаб чиқариш процессининг тўғрилиги кўпинча босим катталигига боғлиқ бўлади.

Текис сиртга нормал таъсир кўрсатуви раvon тақсимланган кучга б о с и м деб аталади. Босим бирлигининг миқдори танланган бирликлар системасига боғлиқ. 3—1-жадвалда кўп учрайдиган босим бирликларининг нисбати келтирилган.

3—1- ж а д в а л

Босимнинг турли ўлчов бирликлари орасидаги нисбат

Бирликлар	Па	бар	кгк/см ²	мм сим. уст.	мм сув. уст.
1 Па	1	10^{-5}	$1,02 \cdot 10^{-5}$	$7,5024 \cdot 10^{-3}$	0,102
1 бар	10^5	1	1,02	$7,5024 \cdot 10^2$	$1,02 \cdot 10^4$
1 кгк/см ²	$9,8067 \cdot 10^4$	0,98067	1	735	10^4
1 мм. сим. уст.	133	$1,33 \cdot 10^{-3}$	$1,36 \cdot 10^{-3}$	1	13,6
1 мм. сув. уст.	9,8067	$9,8067 \times 10^{-5}$	10^{-4}	$7,35 \cdot 10^{-2}$	1

Абсолют, ортиқча ва атмосфера босимлар мавжуд. $P_{\text{абс}}$ — абсолют босим — модданинг (суyoқлик, газ, буғ) ҳолати параметри бў-

либ, берк фазода $P_{\text{атм}}$ атмосфера ва $P_{\text{орт}}$ ортиқча босимлар йиғиндисидан иборат:

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{атм}} + P_{\text{орт}}. \quad (3-1)$$

Босимнинг маълум берк фазодаги атмосфера босимидан ортиши ортиқча босим дейилади. Ишлаб чиқариш тажрибасидан кўпинча ортиқча босим билан ишлашга тўғри келади:

$$P_{\text{орт}} = P_{\text{абс}} - P_{\text{атм}}. \quad (3-2)$$

Атмосфера босими — ер атмосферасидаги ҳаво устунининг босими; унинг қиймати барометрлар билан ўлчанади, шунинг учун бу босим кўпинча барометрик босим ҳам деб аталади. Агар абсолют босим атмосфера босимидан кичик бўлса, ортиқча босим манфий катталиқ бўлади, яъни сийракланиш ёки вакуум (P_v) содир бўлади.

$$P_v = P_{\text{атм}} - P_{\text{абс}}. \quad (3-3)$$

Ўлчанаётган катталиқнинг турига кўра босим ёки сийракланишни ўлчайдиган приборлар қуйидагилардан иборат:

1. Манометр — абсолют ва ортиқча босимни ўлчайдиган прибор.
2. Барометр — атмосферада ҳавонинг барометрик босимини ўлчаш учун ишлатиладиган прибор.

3. Вакуумметр — сийракланишни (вакуумни) ўлчаш учун ишлатиладиган прибор.

4. Мановакуумметр — ортиқча босим ва вакуумни ўлчайдиган прибор.

5. Напоромер (микроманометр) — кичик ҳажмдаги ортиқча босимни ўлчайдиган прибор.

6. Тягомер — кичик ҳажмдаги сийракланишларни ўлчайдиган прибор.

7. Тягонапоромер — кичик қийматли босим ва сийракланишларни ўлчаш учун ишлатиладиган прибор.

8. Дифференциал манометрлар — икки босим айирмасини (босимнинг ўзгариши) ўлчайдиган прибор.

Ишлаш принципи жиҳатдан босимни ўлчайдиган приборлар қуйидаги группаларга бўлинади:

1) ўлчанаётган босимни суyoқлик устунининг гидростатик босими билан мувозанатлашга асосланган суyoқликли приборлар;

2) юк-поршенли манометрлар — буларда ўлчанадиган босим поршенга кўрсатиладиган ташқи куч орқали мувозанатланади;

3) деформацион (пружинали) манометрлар — уларда ўлчанадиган босим турли эластик элементларнинг деформацияси ёки уларнинг кучи бўйича аниқланади;

4) электрик приборларда босим электр катталиқка айланади.

III.2-§. Суюқликли приборлар

Суюқликли приборлар ўзининг тузилиши ва эксплуатация қили-
нишининг соддалиги ҳамда ўлчашининг деярли аниқлиги билан ха-
рактерланади. Бу приборлар лаборатория ва техникавий ўлчовларда
кенг қўлланади. Прибор турли ишчи суюқликлар, кўпинча симоб,
сув ва спирт билан тўлдирилади.

Икки трубкали (U симон) манометр ва
мановакуумметрлар U ҳарфи шаклидаги
шиша трубкадан иборат. Трубка тўғри
чизилган шкалали тахтачага бириктирил-
ган (3—1-расм). Бу турдаги приборларнинг
ишлаш принципи туташ идишлар қонуни-
га асосланган. Трубкаларнинг бири ор-
тиқча босими ўлчанаётган ҳажмга улана-
ди. Агар трубканинг очиқ қисмидаги су-
юқлик устунининг гидростатик босими ик-
кинчи қисмидаги босим билан мос келса,
система мувозанат ҳолатда бўлади. Шун-
дай қилиб, қуйидаги ифодани ёзиш мум-
кин:

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{атм}} + H \cdot S \cdot g \cdot (\rho - \rho_1), \quad (3-4)$$

бу ерда $P_{\text{абс}}$ — ўлчанаётган босим, Н/м²;

$P_{\text{атм}}$ — атмосфера босими, Н/м²;

S — трубка кесимининг юзаси, м²;

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

ρ — суюқликнинг зичлиги, кг/м³;

ρ_1 — манометрнинг суюқлик устидаги муҳит зичлиги, кг/м³;

g — тезланиш кучи, м/с².

Демак,

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{атм}} + H \cdot g \cdot (\rho - \rho_1), \quad (3-5)$$

$$P_{\text{орт}} = P_{\text{абс}} - P_{\text{атм}} = Hg \cdot (\rho - \rho_1). \quad (3-6)$$

Агар манометрдаги суюқлик устида газ бўлса, у ҳолда:

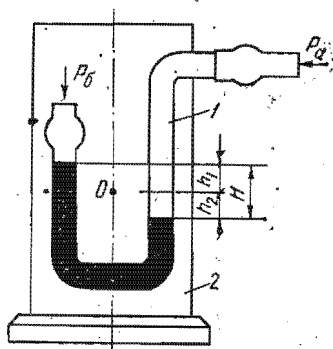
$$P_{\text{орт}} = P_{\text{абс}} - P_{\text{атм}} = H \cdot g \cdot \rho. \quad (3-7)$$

Сатҳлар фарқи трубканинг ўнг ва чап томонидаги шкала бўйи-
ча кўрсаткичлари йиғиндиси каби аниқланади:

$$H = h_1 + h_2. \quad (3-8)$$

Босимлар фарқини (ўзгаришини) ўлчашда суюқликли дифферен-
циал икки трубкали манометрнинг бир томонида (мусбат) катта бо-
сим, иккинчи томонига эса (манфий) кичик босим берилади. Мусбат
ва манфий томонлардаги суюқлик сатҳининг фарқи ўлчанаётган бо-
симлар фарқига пропорционал (ΔP):

$$\Delta P = P_1 - P_2 = H \cdot g \cdot (\rho - \rho_1). \quad (3-9)$$

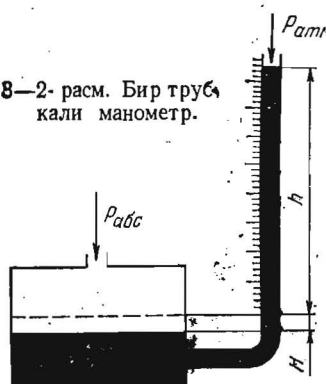


3—1-расм. Икки трубкали
манометр:

1—шиша трубка; 2—тахтача.

Икки трубкали манометрларга бир қатор хатолар хосдир. Бунга сабаб суюқлик менискининг ҳолатини ноаниқ ҳисобланиши, атроф муҳит температурасининг ўзгариши, капиллярлик ҳодисалари ва ҳоказо. Хатоларнинг кўпчилиги тузатишлар орқали эътиборга олиниши мумкин. Суюқликли икки трубкали приборларнинг камчилиги — икки марта ҳисоб олиб боришнинг зўрурлигидадир, бунинг натижасида ўлчашнинг хатоси кўпаяди.

8—2- расм. Бир трубкали манометр.



Бир трубкали (косали) приборлар. Бу приборлар икки трубкали приборларнинг бир тури бўлиб, иккинчи трубка ўрнига кенг идиш (коса) ишлатилади (3—2-расм). Ортиқча босим таъсирида косадаги суюқлик сатҳи пасайиб, трубкадаги сатҳ опади. Бу ҳол учун қуйидагини ёзиш мумкин:

$$P_{орт} = (h + H) \cdot g(\rho - \rho_1). \quad (3-10)$$

Косали манометрнинг афзаллиги шундаки, трубкадаги суюқлик менискининг ҳолати бир марта ҳисобланади. Бу приборнинг камчилиги идишдаги суюқлик сатҳининг пасайиши натижасида H га тенг хато содир бўлишидадир. Аниқ приборлар учун қуйидаги муносабат ўринали:

$$\frac{h}{H} = \frac{S}{s}, \quad (3-11)$$

бунда: S — идиш кесимининг юзаси, m^2 ; s — трубка кесимининг юзаси, m^2 .

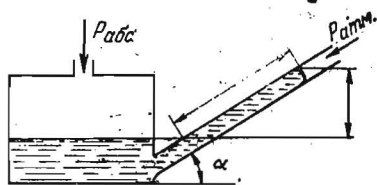
(3—10) ва (3—11) тенгламалардан қуйидаги келиб чиқади:

$$P_{орт} = h \cdot g \cdot \left(1 + \frac{s}{S}\right) \cdot (\rho - \rho_1). \quad (3-12)$$

Агар $\frac{s}{S}$ нисбат $\frac{1}{400}$ дан ортиқ бўлмаса, H катталики эътиборга олмаб бўлади:

$$P_{орт} = hg \cdot (\rho - \rho_1). \quad (3-13)$$

Суюқликли манометрлар билан ўлчанадиган босимнинг юқори чегараси приборнинг катта-кичиклигига боғлиқ. Тажрибада приборлар $0,196 \text{ мН/м}^2$ (2 кгк/см^2) дан ошмайдиган босимни ўлчаш учун ишлатилади.



3—3- расм. Оғма трубкали микроманометр.

Микроманометрлар. Жуда кичик босимларни ўлчаш учун оғма трубкали микроманометрлар ишлатилади (3—3-расм). Трубканинг ҳолати оғма бўлгани сабабли ўлчанаётган босимни мувозанатлайдиган суюқлик устунининг узунлиги:

$$h = l_g \sin \alpha, \quad (3-14)$$

бунда l —суюқлик менискининг шкала бўйича силжиши, м.

Бундай приборлар 157 ... 980 Н/м² (160 ... 100 мм сув. уст.) чегарадаги босимларни ўлчашга мўлжалланган. Бу приборларнинг хатоси $\pm 1,0\%$ дан ошмайди. Оғма трубкали бурчак ўзгарувчи приборлар кенг тарқалган, трубка бурчагининг ўзгариши прибордан фойдаланиш имкониятларини кенгайтиради. Юқорида келтирилган суюқликли приборлар лаборатория ва ишлаб чиқариш тажрибасида кенг қўлланилади. Бу приборларнинг камчиликлари — кўрсатишларни масофага узатиб бўлмаслиги, ўлчаш чегараларининг кичиклиги, кўрсатишларнинг яққол эмаслиги ва приборларнинг механик мустақкам эмаслигидан иборат.

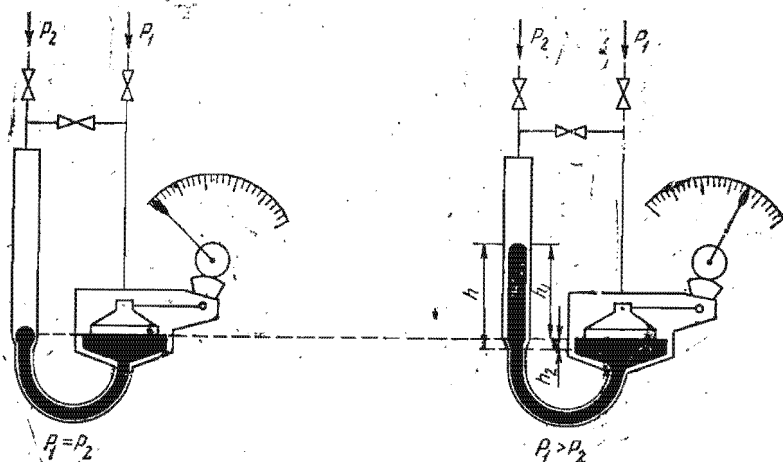
Қалқовичли дифманометрлар. Қалқовичли дифманометрларнинг ишлаш принципи косали манометрларникига ўхшаш, аммо уларда босимни ўлчашда косадаги суюқлик сатҳининг ўзгариши натижасида қалқовичнинг силжишидан фойдаланилади. Узатиш қурилмаси ёрдамида қалқовичининг силжиши стрелкага узатилади. Бу приборлар кўпинча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

3—4-расмда қалқовичли дифманометр схемаси кўрсатилган. Катта босим бериладиган идиш мусбат, кичик босим бериладиган идиш манфий дейилади. Мусбат идишга $P_1 > P_2$ босим берилганда ундаги 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:

$$h = h_1 + h_2. \quad (3-15)$$

Системанинг мувозанат шarti қуйидаги формула орқали ифодаланади:

$$P_1 - P_2 = \Delta P = hg(\rho - \rho_1). \quad (3-16)$$



3—4- расм. Қалқовичли дифманометр схемаси.

бунда ΔP — босимларнинг ўзгариши, Н/м²;

ρ — дифманометр ичидаги суюқликнинг зичлиги, кг/м³.

Цилиндр шаклидаги идишлар учун бу шарт қуйидаги тенглама орқали ифодаланади:

$$S_1 h_1 = S_2 h_2. \quad (3-17)$$

бунда S_1 — манфий идиш кесимининг юзаси, м²;

S_2 — мусбат идиш кесимининг юзаси, м²;

ёки

$$h_1 \frac{\pi d^2}{4} = h_2 \frac{\pi D^2}{4}, \quad (3-18)$$

бу ерда d ва D — манфий ва мусбат идишларнинг диаметри, м.
(3-18) тенгламадан

$$h_1 = h_2 \frac{D^2}{d^2}. \quad (3-19)$$

(3-19) тенгламани (3-15) га қўйсак, қуйидагига эга бўламиз:

$$h = h_2 \left(1 + \frac{D^2}{d^2} \right). \quad (3-20)$$

(3-20) ни (3-16) га қўямиз:

$$P_1 - P_2 = \Delta P = h_2 g \left(1 + \frac{D^2}{d^2} \right) (\rho - \rho_1). \quad (3-21)$$

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

$$P_1 - P_2 = \Delta P = K \cdot K_1 h_2. \quad (3-22)$$

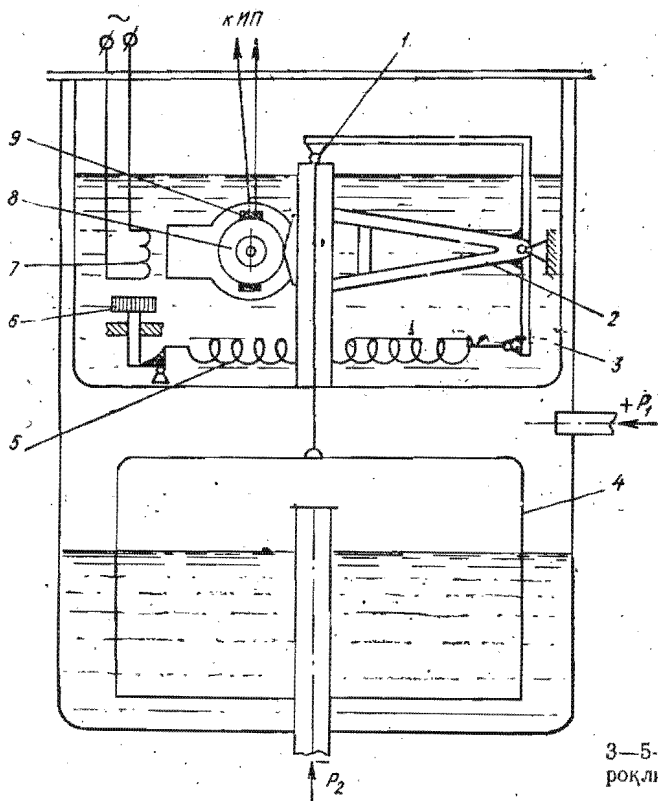
Шундай қилиб, дифманометр идишларидаги босимлар айирмаси қалқовичнинг силжиши билан таърифланади. Агар мусбат идишнинг ҳажми ўзгармас бўлиб, манфий идишнинг диаметри ва узунлиги ўзгартирилса, босимлар фарқини ўлчаш чегараларини ўзгартириш мумкин. (3-15) ва (3-19) тенгламаларни биргаликда ечамиз:

$$d = D \sqrt{\frac{h^2}{h - h_2}}. \quad (3-23)$$

(3-23) тенгламадан D , h ва h_2 ларнинг берилган қийматларидаги ингичка идишнинг керакли диаметри аниқланади.

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

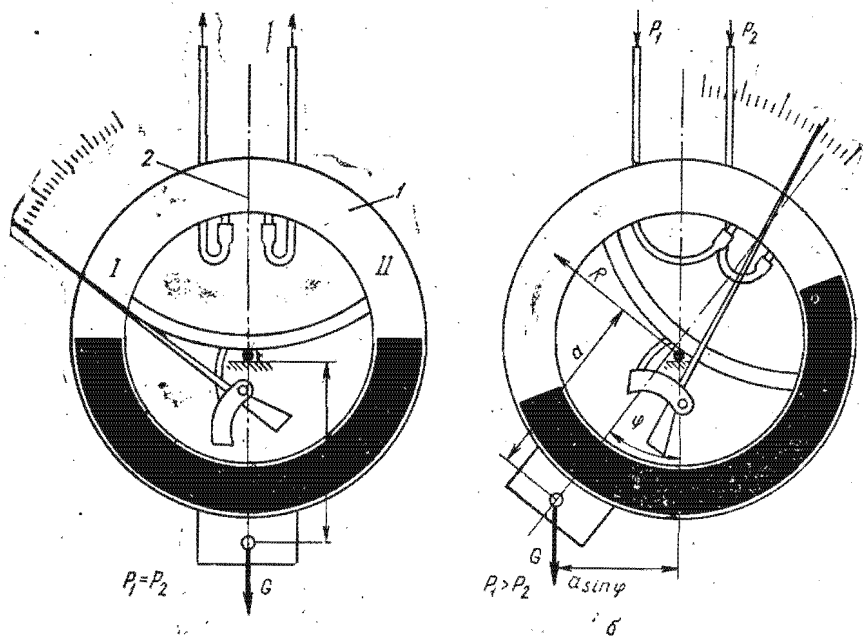
Приборсозлик саноати қалқовичли дифманометрларнинг турли мақсадларга мўлжалланган катта номенклатурасини ишлаб чиқаради. Симоб билан тўлдирилган дифманометрлар учун босим ўзгаришини ўлчаш чегараси 6,3 дан 25 МПа гача, ортиқча босимни ўлчаш чегараси эса 4 дан 40 МПа гача. Мой билан тўлдирилган дифманометрлар учун босим ўзгаришини ўлчаш чегараси 40 Па дан 4 кПа гача,



3—5- расм. Қўнғироқли дифманометр схемаси.

статик ортиқча босимни ўлчаш чегараси эса 0,25 МПа гача. Техникавий дифманометрлар 1 ва 1,5 аниқлик класси билан чиқарилади.

Қўнғироқли приборлар. Қўнғироқли приборлар кичик босим ва сийраклинишни ўлчашда тягометр ва напорометрлар ҳамда дифференциал манометрлар сифатида қўлланилади. Ферродинамик датчик билан таъминланган қўнғироқли прибор схемаси 3—5-расмда келтирилган. Приборнинг сезгир элементи қўнғироқ 4 нинг очиқ тарафи билан қисман мойга чўктирилган. Приборга иккита трубка уланган: катта босим қўнғироқ устида, кичик босим эса унинг ичига берилади. Қўнғироқ қўзғалмас бачок 3 да жойлашган бурчакли рычаг 1 га илинади. Қўнғироқ ҳосил қилган зўриқиш пружина 5 орқали мувозанатланади. Қўнғироқ силжиши билан босимнинг ўзгариши натижасида рычаг 1 ва ферродинамик датчик 7 нинг рамка ўқи 9 да жойлашган махсус шестерёнка 8 билан қаттиқ боғланган сектори 2 бурилади. Шундай қилиб, датчик рамкасининг бурилиш бурчаги, бинобарин, унинг э. ю. к. қўнғироққа таъсир кўрсатувчи босимлар фарқига пропорционал. Пружина 5 нинг таранглиги винт 6 орқали ростланади.



3—6- расм. Ҳалқали прибор схемаси.

Ҳозирги пайтда босимнинг сийракланишини ва босим ўзгаришларини ўлчаш учун қўнғироқли приборларнинг катта номенклатураси чиқарилади. Кўрсатишларни масофага узатиш электр (дифференциал трансформаторли ва ферродинамик) ҳамда пневматик системалар орқали бажарилади. Босимни ўлчашнинг чегараси 98,1 дан 392,4 Н/м² гача, аниқлик классиси эса 1,5. Приборнинг иккиламчи прибор шқаласи бўйича йўл қўйиладиган асосий хатоси $\pm 2\%$.

Ҳалқали приборлар. Ҳалқали приборлар кичик босим, сийракланиш ва босимлар фарқини ўлчаш учун мўлжалланган. Бу приборларнинг ишлаши «ҳалқали тарози» принципига асосланган. Приборнинг принципаал схемаси 3—6-расмда келтирилган. Бу приборларнинг асосий қисми ковакли металл ҳалқа 1 дан иборат. Унинг призма учи ҳаракатсиз таянчга ўрнатилган ва ярмигача суюқлик (сув, мой ёки симоб) билан тўлдирилган. Ҳалқанинг пастига 6 оғирликдаги юк бириктирилган. Тўсиқ 2 ва ҳалқадаги суюқлик бўш жойини I ва II бўшлиқларга бўлади. Босим ёки сийракланишни ўлчаганда ҳалқа бўшлиқларидан бирига эластик трубка уланади, иккинчи бўшлиқ атмосферага чиқади. Босимлар фарқини ўлчаш керак бўлса, ҳалқа бўшлиқларининг иккаласига ҳам трубкалар уланади. Агар I ва II бўшлиқларидаги босим бир хил ($P_1 = P_2$) бўлса, тўсиққа икки томондан кўрсатиладиган куч ҳам тенг бўлади. Унда ҳалқа мувозанат ҳолатда бўлади (3—6-расм, а). Агар, масалан, I бўшлиқдаги босим, II бўшлиқдаги босимдан каттароқ ($P_1 > P_2$) бўлса, босимлар фарқи ($P_1 - P_2$) нинг тўсиқ юзаси S га кўрсатадиган таъсири натижасида айлантирувчи момент ҳосил бўлади:

$$M_{\text{аял}} = (P_1 - P_2) \cdot S \cdot R, \quad (3-24)$$

бу ерда S — тўсиқ юзаси; R — ҳалқанинг ўртача радиуси.

Шу айлантирувчи момент туфайли ҳалқа таянч нуқтаси атрофида соат стрелкаси йўналишида айланади. Ҳалқанинг бурилиши тескари таъсирли момент ҳосил қилади:

$$M_{\text{тес}} = G \cdot a \cdot \sin \varphi, \quad (3-25)$$

бу ерда G — юкнинг оғирлик кучи; a — юкнинг оғирлик маркази ва таянч нуқтаси орасидаги масофа; φ — ҳалқанинг бурилиш бурчаги.

Ҳалқа мувозанат ҳолатида тўхтаганда иккала момент ҳам мувозанатлашади ($M_{\text{аял}} = M_{\text{тес}}$):

$$(P_1 - P_2) \cdot S \cdot R = G \cdot a \cdot \sin \varphi. \quad (3-26)$$

Бундан ҳалқанинг бурилиш бурчаги ва босимлар фарқи ўртасидаги нисбат келиб чиқади:

$$\sin \varphi = \frac{S \cdot R}{G \cdot a} \cdot (P_1 - P_2). \quad (3-27)$$

Оғирлик кучи ва ҳалқанинг геометрик ҳажми ўзгармас бўлгани учун (3-27) тенгламани қуйидаги шаклда ёзиш мумкин:

$$P_1 - P_2 = K \cdot \sin \varphi. \quad (3-28)$$

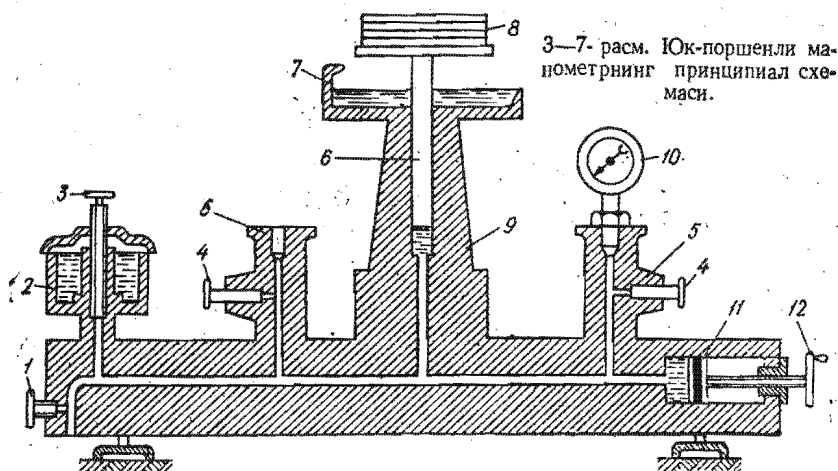
Ўлчанаётган босим (ёки босимлар фарқи) ҳалқанинг бурилиш бурчаги синусига пропорционал. Шунинг учун прибор шкаласи ра-
вон эмас. Равон шкалага эга бўлиш учун, ҳалқага қия текисланган
лекало бириктилади. Лекало бўйича приборларнинг стрелкаси ёки
қаламига уланган ролик силжийди. Приборлар кўрсатувчи, ўзиёзар
ва кўрсатишларни масофага узатувчи қилиб тайёрланади. Ўлчашнинг
энг юқори чегараси ҳалқа ҳажми ва суюқлик зичлигига боғлиқ. Ўл-
чаш чегаралари G юкнинг оғирлигига қараб ўзгариши мумкин. Ҳал-
қали дифманометрлар 250 Па дан 1,6 кПа гача бўлган босимлар
фарқи ва муҳитдаги 25 кПа дан 0,1 мПа гача бўлган босимларни
ўлчашга мўлжалланади. Приборларнинг аниқлик классси 1 ва 1,5.

Ҳалқали приборларнинг қалқовичли ва қўнғироқли приборлар-
дан афзаллиги — узатиш механизмидаги зичлантирувчи қурилмалар-
нинг йўқлиги ва приборнинг сезгир элементи суюқлик зичлигига боғ-
лиқ эмаслигидадир. Ҳалқали приборларнинг камчилиги — босимни
келтирувчи трубкаларнинг мавжудлигидадир. Бу трубкалар ўлчаш
пайтида қўшимча хатолар пайдо бўлишига сабаб бўлади.

III.3-§. Юк-поршенли приборлар

Бу приборларнинг кўпчилиги лаборатория шароитида турли мано-
метрларни текшириш ва даражалаш учун мўлжалланган. 3—7-расм-
да юк-поршенли манометрнинг принципиал схемаси тасвирланган.

Юк колонкаси 9 нинг марказида силлиқланган цилиндрик канал



3—7- расм. Юк-поршенли манометрнинг принципиал схемаси.

бўлиб, бу каналнинг ичида юк тарелка 8 ли силжувчи поршень 6 жойлашган. Колонканинг канали поршень 11 га эга бўлган пресс билан уланган. Бундан ташқари у текшириляётган манометр 10 билан боғловчи штуцерлар 5 га уланган. Колонка ва штуцер каналлари нинасимон вентиль 4 лар билан таъминланган. Вентиль 1 ёрдамида ишчи суюқлик тўкилади.

Ишни бошлашдан аввал вентиль 3 очилиб, сифим 2 дан приборнинг гидравлик системаси ишчи суюқлик билан тўлдирилади. Системани тўлдириш билан бир вақтда маховик 12 ни соат стрелкасининг йўналишига қарши бураб, поршень 11 айлантирилади. Поршень 11 охиригача айлантирилгани ҳолда сифим 2 да ишчи суюқлик қисман қолиши керак. Ишчи суюқлик сифатида ўртача қовушоқликка эга бўлган минерал мой ишлатилади. Прибор тўлганидан сўнг вентиль 3 беркитилади. Кейин маховик 12 мой босими натижасида кўтарилган юк тарелкаси кўрсаткичи 7 тўғрисида келгунча буралади. Поршенли манометрнинг тузилишига кўра унинг ишлаш принципи гидравлик системадаги ўлчанаётган босимнинг юклар кучини мувозанатлашига асосланган. Ўлчанаётган босимнинг катталиги ҳақида мувозанатловчи юклар катталигига кўра фикр юритиш мумкин. Поршень ва цилиндр диаметрлари бир-бирига мосланган ва уларнинг сиртлари ўртасидаги зазор бир неча микрондан ошмайди. Ишқаланиш кучларини эътиборга олмаган ҳолда, қуйидаги мувозанат шартини ёзиш мумкин:

$$G \cdot g = P_{\text{орт}} \cdot S_{\text{эф}}; \quad (3-29)$$

бу ерда G — юк тарелкаси билан поршеннинг. оғирлик кучи, кГ; g — эркин тушиш тезланиши, м/с²; $P_{\text{орт}}$ — цилиндр каналидаги ортқча босим, Па; $S_{\text{эф}}$ — поршеннинг эффектив юзаси, м².

Канал ва поршень сиртлари ўртасида кичик бўлса ҳам зазор борлиги натижасида мой поршень устига ўтиб уни аста-секин пастга

туширади. Ишқаланиш таъсирини камайтириш учун поршень қўл билан ёки махсус қурилма ёрдамида айлантирилади.

Поршенли манометрлар энг аниқ ишлайдиган приборлар қаторига кириб, улар аниқлик даражасига кўра икки разрядга ажратилади: 1 — разрядли поршенли приборларининг хатоси 0,01 ... 0,02% ни ташкил қилади ва фақат поршенли манометрларни текшириш учун ишлатилади. 2 — разрядли поршенли манометрлар 0,05% аниқликка эга ва намунали пружинали манометрларни текшириш учун қўлланилади.

III.4-§. Пружинали приборлар

Пружинали манометр, вакуумметр, тягометр, напорометр, дифференциал манометр ва барометр приборларнинг босимини, сийракланишини ва босим ўзгаришини ўлчаш учун кенг қўлланилади. Улар техникавий ўлчовларга мўлжалланган катта приборлар группасидан иборат.

Пружинали приборларнинг ишлаш принципи турли эластик элементларнинг деформацияси миқдорини ўлчашга асосланган. Сезгир элементнинг деформацияси таъсирида узатиш механизмлари ёрдамида прибор шкаласи бурчакли ёки чизикли ўзгаради. Приборда қўлланилган сезгир элементнинг турига кўра трубкасимон, мембранали ва сильфонли манометрлар мавжуд. Пружинали приборлар намунали ва ишловчи, яъни турли ишлаб чиқариш процессларидаги босим ва сийракланишни ўлчаш учун ишлатилади.

Трубкасимон пружинали приборлар. Сезгир элемент сифатида трубкасимон манометрик пружина ишлатилган деформацион приборлар лаборатория ва ишлаб чиқариш практикасида кенг тарқалган. Айниқса бир ўрамли трубкасимон пружинали прибор — манометр, вакуумметр, мановакуумметр ва дифманометрлар жуда кўп қўлланилади. Трубкасимон пружинали приборларнинг ишлаш принципи ўлчанаётган босимни бир ўрамли ёки кўп ўрамли трубкасимон пружинанинг эластик деформация кучи билан мувозанатлашга асосланган.

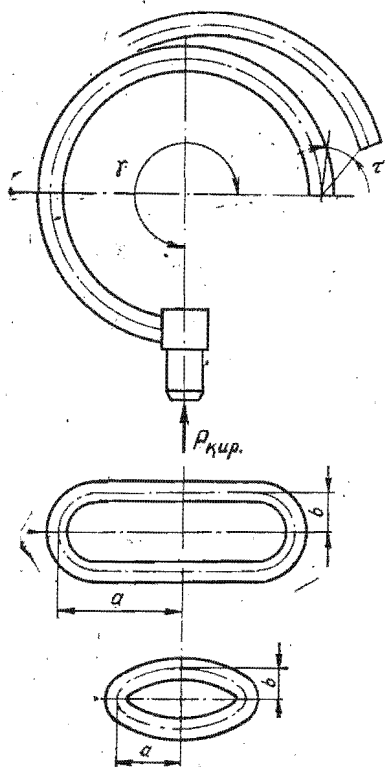
Айлана ёйи бўйича букилган эллиптик ёки ясси овал кесимли трубкасимон бир ўрамли пружина трубка ичидаги ортиқча босим ёки сийракланишнинг ўзгариши натижасида ўзининг букилишини ўзгартиради (3—8-расм). Пружина бурилишидаги бурчак ўзгариши Δj ни қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\Delta j = \frac{\Delta b}{b + \Delta b} \cdot j, \quad (3-30)$$

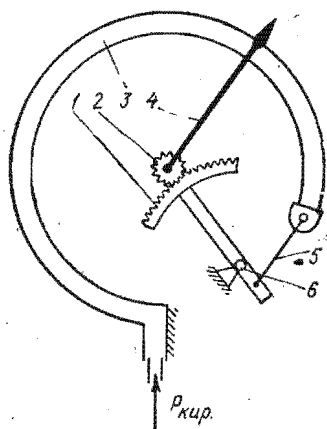
бунда b — пружина эллипсининг кичик ярим ўқи, м. Трубка учининг силжиш йўналишини кўрсатувчи τ бурчак қуйидагича таърифланади:

$$\tau = \arctg \frac{1 - \cos j}{j - \sin j}. \quad (3-31)$$

Трубка ичидаги ортиқча босим оширилганда эллиптик ёки ясси овал кесим доиравий кесимга яқинлашади, яъни эллипс ёки овал



8—8-расм. Нодоиравий кесимли трубкасимон пружинанинг ишлаш схемаси.



3—9-расм. Пружинали манометрнинг кинематик схемаси.

нинг кичик ўқи катталашиб, катта ўқи кичиклашади ва трубка тескари йўналишда буралади (тўғриланади). Трубкада сийракланиш ҳосил бўлганда у буралади. Трубка характеристикалари ва эркин учининг силжиш катталиги бир қатор омилларга боғлиқ, улардан энг муҳимлари: трубка ўқларининг нисбати, деворларнинг қалинлиги, материалнинг эластиклик модули ва трубка ёйининг эгилиш радиусидир.

3—9-расмда бир ўрамли пружинали умумий ишлаб чиқариш манометрларининг кинематик схемаси келтирилган. Босим ўзгариши натижасида пружина 3 учининг силжиши тяга 5 орқали ўқ 6 да айланаётган сектор 1 га узатилади. Секторнинг бурчакли силжиши тишли илашма ёрдамида трибка 2 нинг айланишига олиб келади. Трибканинг ўқиға кўрсатувчи стрелка 4 бириктирилган.

Юқори босимли (98 мН/м^2 дан ошиқ) манометрларда доиравий кесимли пўлат трубкалар ишлатилади. Трубканинг бўш учида силжиш унча катта бўлмагани сабабли, кўпинча, кўп ўрамли трубкасимон пружиналар ишлатилади. Кўп ўрамли (геликондал) трубкасимон пружинали манометрларнинг ишловчи органи олти—тўққиз ўрамли ясси трубкадан ҳосил қилинган цилиндрик спираль шаклига эга. Геликондал трубкасимон пружинали манометрлар ўзиёзар ва кўрсатишларни масофага узатувчи бўлади. Бу манометрларнинг тузилиши 3—10-расмда кўрсатилган. Штуцер 2 га кўрсатилган (ўлчанаётган) босим капилляр трубка 1 орқали геликондал пружина 5 га таъсир қилади. Пружинанинг бир учи прибор корпусига бириктирилган бурчакли линейкага, иккинчиси эса ўқ 6 билан

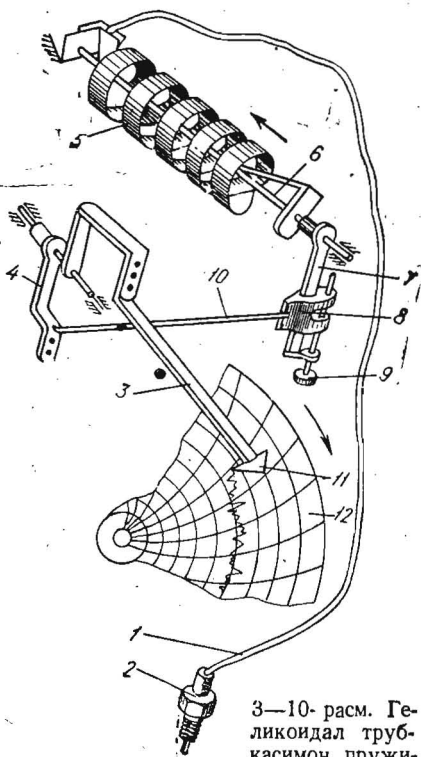
уланган. Босим кўтарилиши билан пружинанинг эркин учи сурилади ва ўқ 6 ни айлантиради. Ўқнинг айланиши ричаг 7 ва тяга 10 орқали ричаг 4 га узатилади ҳамда стрелка 3 ни силжитади. Шундай қилиб, босимнинг ўзгариши учига перо 7 бириктирилган стрелка 3 ни пропорционал бурчакка буради. Перо кўрсатишларни диаграммали қоғоз 12 га ёзади. Қоғоз соат механизми ва электр юритувчи куч орқали ҳаракатга келтирилади. Ричаг 7 винт 9 ли жилгич 8 билан таъминланган. Винт 9 ни буриш орқали стрелка 3 ни у ёки бу томонга суриш мумкин.

Трубкасимон пружинали манометрлар кўрсатишларни ҳисоблаш, ёзиш, сигнализация қилиш ва кўрсатишларни масофага узатиш учун мўлжалланган.

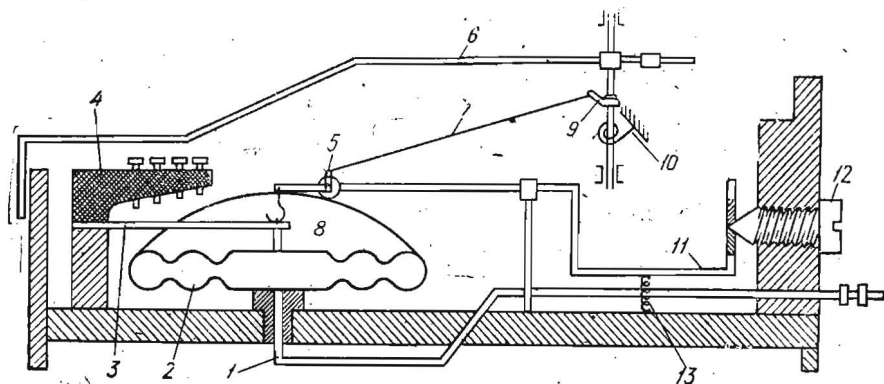
Ҳозирги пайтда ДПС (Давлат Приборлар Системаси) пневматик ва электрик датчикларнинг унификациялашган системасига киритилган пружинали приборларнинг катта номенклатураси чиқарилади. Бу приборлар стандартли, пневматик, электрик сигналлардан ишлайдиган иккиламчи приборлар ва махсус қурилмалар комплектида қўлланилади. Бизнинг саноатимиз 0,1 дан 1000 МПа (1 ... 10000 кг/см²) гача бўлган босимларни ўлчайдиган приборлар ишлаб чиқаради. Техникавий манометр, вакуумметр ва мановакуумметрлар 1; 1,6; 2,5 ва 4 аниқлик классига эга. Намунали приборларнинг аниқлик классси 0,16; 0,25; ва 0,4.

Мембранали приборлар. Сўнгги йилларда мембранали приборлар тобора кенг қўлланилмоқда. Бу приборларда сезгир элемент сифатида эластик материаллардан тайёрланган юмшоқ, шунингдек, гофрирланган пластинкасимон мембраналар ёки гофрирланган мембрана қутичалар ишлатилади. Мембранали приборлар, унча катта бўлмаган ортиқча босимлар ва сийракланишларни ўлчаш учун (манометрлар, напоромерлар ва тягомерлар) ҳамда босимлар фарқини ўлчаш учун (дифманометрлар) қўлланади.

3—11-расмда тягонапоромер тузилишининг схемаси тасвирланган. Эластик элемент сифатида мембрана қути 2 ишлатилган. Бу қути иккита кавшарланган гофрирланган мембраналардан иборат бўлиб, ўлчанаётган муҳит билан трубка 1 орқали боғланган. Босимнинг ўзгариши мембрана қутичанинг эгилишини ўзгартиради. Шунда



3—10- расм. Геликоидал трубкасимон пружинали манометр схемаси.



3—11- расм. Мембранали тягонапомернинг тузилиши.

мембрананинг устки қисмига кавшарланган штифт 8 тирсакли ричаг 5 ни буради, ричаг эса ўз навбатида тяга 7 ва поводок 9 орқали стрелка 6 ни буради. Стрелкани бошланғич ҳолатга келтириш учун қайтарувчи пружина 10 мавжуд.

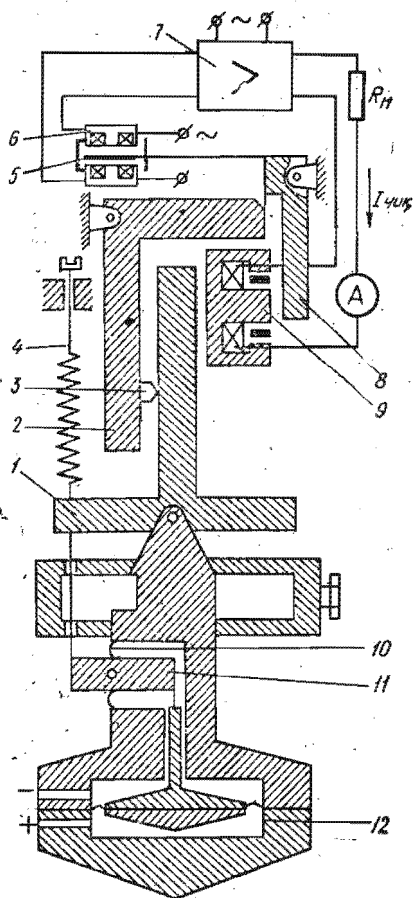
Мембрананинг силжиши ўлчанаётган босимга пропорционал бўлмагани сабабли, прибор конструкциясида рагон шкалага эга бўлиш учун махсус қурилма кўзда тутилган. Бу қурилма ясси пружина 3 ва ростловчи винтлари бўлган кронштейн 4 дан иборат. Стрелка винт 12 орқали ноль белгисида ўрнатилади. Винтни соат стрелкаси йўналишида бураш натижасида унинг конус қисми ҳалқа ичига киради ва ричаг 11 ни кўтаради, шунда стрелка шкала бўйича ўнг томонга силжийди. Агар винт соат стрелкаси йўналишига қарши буралса, ричаг 11, пружина 13 таъсирида пастга ҳаракатланади ва стрелка чап томон силжийди. Бундай мембранали приборлар турли модификацияларда ишланади ҳамда ± 250 Па дан ± 25 кПа гача бўлган ўлчаш чегараларига мўлжалланган. Уларнинг аниқлик класси 1,5 ва 2,5.

ДПС электрик ва пневматик тармоқлари таркибига кирган юмшоқ мембранали дифманометрлар (ДМ) кенг тарқалган. ДПС тармоқларига кирган приборларнинг ўлчов қисмлари ҳам юқоридагидек, 3—12-расмда газ босими ўзгаришларини масофага узатувчи электрик сигналларга узлуksиз айлантиришга мўлжалланган мембранали электрик дифманометрнинг принципиал схемаси келтирилган. Приборнинг ишлаш принципи электрик сигналли компенсацияга асосланган. Ўлчанаётган босимлар фарқи мембранали ўлчаш блоки 12 нинг мусбат ва манфий камераларига келтирилади. Мембрана ёрдамида босимлар фарқи унга пропорционал кучга айлантирилади. Мембранада ҳосил бўлган куч ричаг 11 ёрдамида ўзгартгичнинг ричагли узатиш механизмига узатилади. Ўзгартгич Т симон ричаг 1, Г-симон ричаг 2 ва ричаг 8 дан иборат бўлиб, тескари боғланиш кучи билан мувозанатланади. Тескари боғланиш кучи магнитоэлектрик механизм 9 да (тескари боғланиш қурилмаси) босимлар фарқи ўзгариши билан

ҳосил бўлади. Бунда ричаг 8, номослик 6, индикатор 5 нинг байроқчасини силжитади. Индикаторда пайдо бўлган номослик электр сигнали кучайтиргич 7 орқали кучайди ва магнитоэлектрик куч қурилмаси 9 га келади. Шу билан бирга бу сигнал масофага узатиш линиясига келади ва ўлча-наётган параметр миқдорини билдиради. Шундай қилиб, приборнинг чиқиш сигнали ўлчанаётган босимлар фарқига тўғри пропорционал. Приборнинг ноль белгисига созланиши пружина 4 орқали бажарилади. Бу турдаги приборлар босимларнинг 100 Па дан 6,3 кПа гача чегараларида ўлчаш учун мосланган; приборларнинг аниқлик классси 1.

Мембранали приборларнинг камчилиги — сезгир элемент ҳаракатчан марказининг сустр юриши, мембрана қаттиқлигининг ҳисобдан четланиши ва уни ростлаш мураккаблигидадир. Сезгир элементларнинг бу камчилиги электрик ва пневматик куч компенсацияси схемаси бўйича қурилган приборларда бартараф этилади.

Сильфонли приборлар. Ҳозирги пайтда сезгир элемент сифатида деворлари гофриланган металл цилиндрдан иборат сильфонли приборлар кенг қўлланилмоқда. Сильфонлар жез, зангламас пўлат (Х18Н9Т) ва бошқалардан тайёрланади. Сильфонларни баъзи турлари винт пружинали қилиб тайёрланади, бунинг натижасида гистерезис ва нозизиқлик таъсири камайиб, приборнинг қўлланилиш диапазони кенгаяди. Сильфонлар бир қатламли ва кўп-қатламли бўлади. 3 — 13-расмда бир қатламли сильфонларнинг пружинасиз (а) ва винт пружинали (б) кесими кўрсатилган. Сильфонлар турли диаметр, узунлик ва турли гофрирлар сони билан чиқарилади. Одатда, сильфонларнинг диаметри 12 ... 100 мм, узунлиги 13 ... 100 мм, гофрирлар сони 4 ... 24 атрофида бўлади. Сильфонларнинг иш юриши 2,8 ... 21 мм. Уларнинг иш юриш миқдорининг нисбатан катталиги сильфонларни ўзиёзар приборларда қўллашга имкн беради. Сильфонга кўрсатилган ички ёки ташқи босим узунлигининг (сиқилиши ёки узайиши) ўзгаришига олиб келади. Иш диапазони чега-

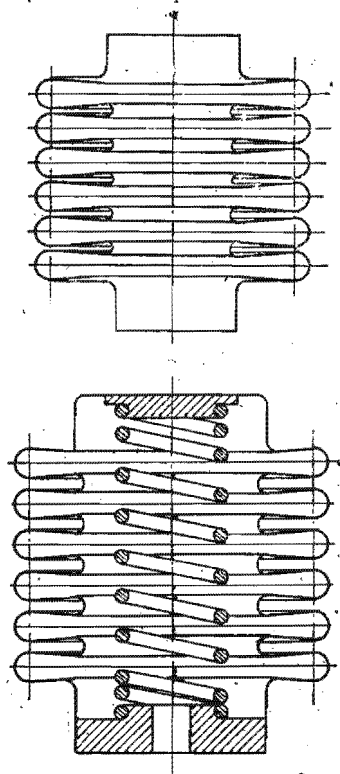


3—12- расм. Юмшоқ мембранали дифманометрнинг принципиал схемаси.

раларидаги сифонлар, характеристикаси чизиqli характеристикага ўхшаш. Демак, сифон қаттиқлиги деб аталувчи кўрсатилган кучни, унинг натижасида пайдо бўлган деформацияга нисбати доимий бўлади.

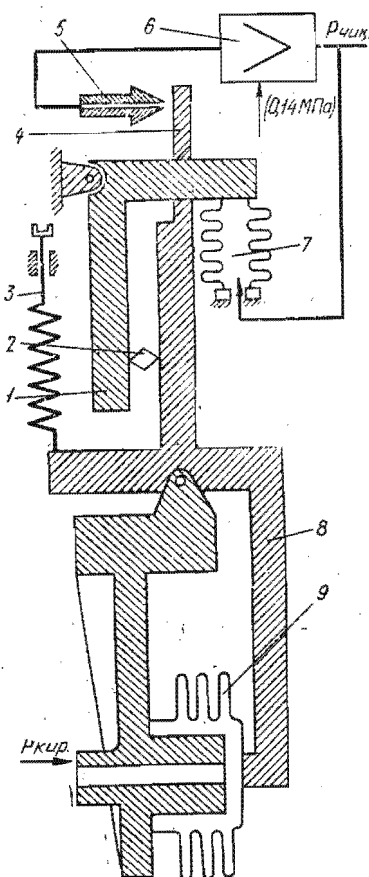
Сифонлар напоромер ва тягомерларда кичик босимларни 40 000 Па (4000 кгк/м^2) ўлчаш учун, вакуумметр босимни (0,1 мПа гача), абсолют босимни (2,5 мПа гача), ортиқча босимни (60 мПа гача), босимлар фарқини (0,25 мПа гача) ўлчаш учун қўлланилади. Бу приборларнинг кўпчилиги ДПС пневматик ва электрик унификацияланган датчиклар системасига киради.

3—14-расмда сифонли пневматик тягонапоромернинг (ТНС—П типли) принципал схемаси кўрсатилган. Бу прибор ДПС пневматик тармоғига киради. Унинг вазифаси босим ёки сифраклянишни ма-

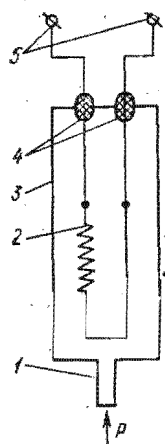


3—13-расм. Бир қатламли сифонли сезгир элементлар.

софага узатувчи пропорционал пневматик сигналига узлуксиз айлантиришдир. Приборнинг ишлаш принципи пневматик куч



3—14-расм. Сифонли пневматик тягонапоромернинг принципал схемаси.



3—15- расм.
Манганили маанометр схемаси.

компенсациясига асосланган. Компенсация махсус пневматик қурилма ёрдамида бажарилади. Ўлчанаётган босим ёки сийракланиш сиффон—сезгир элемент 9 ёрдамида тўғри пропорционал кучга айланади. Бу куч автоматик равишда тескари боғланиш кучи орқали мувозанатланади. Мувозанатлаш рычаг 8, заслонка (тўсиқ) 4 ва Г-симон рычаг 1 дан ташкил топган рычаг механизми орқали бажарилади. Тескари боғланиш кучи компенсацион элемент — тескари боғланиш сиффони 7 даги сиқилган ҳаво босими орқали ҳосил бўлади. Ўлчанаётган босим ўзгариши билан рычаг 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 сиффонига келган босимни бошқаради. Ўлчанаётган параметрнинг ўлчови бўлган босим бир йўла масофага узатиш линиясига ҳам юборилади. Приборни созлаш учун ролик 2 хизмат қилади, у рычаг 1 ва 8 лар бўйлаб ҳаракат қилади. Пружина 3 приборни ноль белгисига созлайди.

Пневматик сигнални 300 м масофага узатиш мумкин. Бундай сиффонли приборлар турли хилда ва модификацияда чиқарилади ҳамда турли чегарали ўлчовларга мўлжалланади. Уларнинг аниқлик классн 1 ва 1,5.

Сиффонларнинг асосий камчиликлари гистерезис мавжудлиги ва характеристиканинг бирмунча нозизиқлигидир. Гистерезис таъсирини камайтириш ва қаттиқликни ошириш мақсадида, кўпинча, сиффон ичига винтли цилиндр пружина ўрнатилади.

III.5- §. Электр приборлар

Бу группа приборларнинг ишлаш принципи босимни у билан функционал боғлиқ бўлган қандайдир электр катталиқка бевосита ёки билвосита айлантиришга асосланган. Бу приборлар, асосан, ўлчаш қийин бўлган жойлар ёки лабораторияларда тадқиқот мақсадларида қўлланилади.

Қаршилик манометрлари. Қаршилик манометрларининг ишлаш принципи сезгир элемент электр 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:

$$\Delta R = K \cdot R \cdot P, \quad (3-32)$$

бу ерда K — манганин қаршилигининг ўзгариш коэффициенти, $1/\text{Па}$; 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 $K = 2,34 \cdot 10^{-6}$ дан $K = 2,51 \cdot 10^{-6}$ см²/кгг гача.

3—15-расмда манганин симли ўзгартгичга эга бўлган манометрнинг схемаси келтирилган. Манометрнинг корпуси 3 да иккита герметик металл стерженлар 4 да манганин қаршилик 2 ўрнатилган. Металлдан ишланган стерженлар чиқарувчи ўтказгич бўлиб, ўзгартгич корпусидан изоляцияланган. Штуцер 1 ўзгартгични объектга улаш учун хизмат қилади. Стерженларнинг устки қисмида қисқичлар 5 мавжуд, уларнинг вазифаси ўзгартгични ўлчаш приборига улашдан иборат. Ўзгартгичдаги манганинли ғалтак қаршилигини ўлчаш учун одатда кўприклар, аниқ ўлчовлар учун эса потенциометрлар қўлланилади. Манганин қаршиликли манометрларнинг йўл қўядиган асосий хатоси $\pm 1\%$ дан ошмайди.

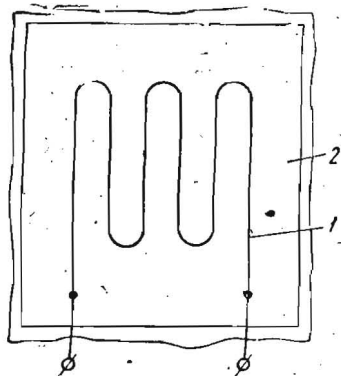
Яримўтказгичли датчикларнинг пьезокоэффициенти манганиндан минг марта ортиқ, лекин датчиклар қаршилигининг босимга бўлган боғланиши нозичиқлидир. Бундан ташқари, катта миқдордаги гистерезис мавжуд бўлиб, температура ҳам ўз таъсирини кўрсатади. Яримўтказгичли қаршилик датчиклари механик жиҳатдан пишиқ эмас, улар 10 мПа дан ортиқ босимларни ўлчашга яроқсиз.

Электр қаршилик методи бўйича босимни ўлчашда сезгир элемент сифатида тензодатчиклар қўлланади. Тензометрнинг ишлаш принципи куч ёки унга пропорционал бўлган деформацияни деформацияланган жисмга ёпиштирилган сим қаршилигининг ўзгаришига айлантиришдан иборат.

3—16-расмда тензометрик ўзгартгич схемаси кўрсатилган. Тензодатчикнинг диаметри 0,02 ... 0,05 мм бўлган манганин сим 1 дан иборат. Бу сим бир-бирига ёпишган юпқа қоғоз 2 орасига сиртмоқ шаклида жойлашган. Симнинг учларига чиқиш клеммалари уланган. Тензометрнинг сезгир элементи эластик элемент юзасига ёпиштирилган. Эластик элемент босим таъсирида деформацияланганда, тензодатчик сими чўзилиб, унинг кесими камаёди ва қаршилиги ўзгаради. Тензодатчик электр кўприк схемасига қаршиликни ўлчаш учун уланади. Кўприкнинг шкаласи босим бирликларида даражаланади.

Тензометрларнинг афзалликлари: электр қаршиликнинг босимга бўлган боғланиши чизиқли, инерционлик даражаси кичик, приборларни ўлчаш қийин бўлган ерларга жойлаштириш мумкин, хато $\pm 2\%$ дан ошмайди.

Унинг камчиликлари: сезгирлик миқдори жуда кичик, температура ўзгаришига боғлиқлик. Қаршилик манометрлари босимни ўлчашда саноат технологик қурилмаларида кам қўлланади.



3—16- расм. Тензометрик ўзгартгич схемаси.

Сигимли манометрлар. Бу приборларнинг ишлаш принципи ясси конденсатор қопламалари ўртасидаги масофани ўзгартириш натижасида унинг сигимини ўзгаришига асосланган. Сигимли манометрнинг принципиал схемаси 3—17-расмда келтирилган. Ўлчанаётган босим приборга ниппель 1 орқали келади ва мембрана 2 орқали қабул қилинади. Мембрана 2 ва электрод 3 конденсатор қопламаларини ҳосил қилади. Конденсатор эса ўлчаш схемасига клемма 4 лар орқали уланади. Конденсатор сигими қопламалар ўртасидаги масофага боғлиқ:

$$C = \frac{S \cdot \epsilon}{l}, \quad (3-33)$$

бунда S — қопламалар юзаси; ϵ — қопламалар орасидаги муҳитнинг диэлектрик синдирувчанлиги; l — қопламалар ўртасидаги масофа.

Босим таъсирида мембрана эгилиб электрод 3 га яқинлашади. Мембрананинг эгилиши натижасида l ўлчанаётган босимга нисбатан пропорционал ўзгаради. Қопламалар юзаси ва диэлектрик синдирувчанлик ўлчаш процессида ўзгармайди. Шунинг учун (3—33) ифодани қуйидагича ёзиш мумкин:

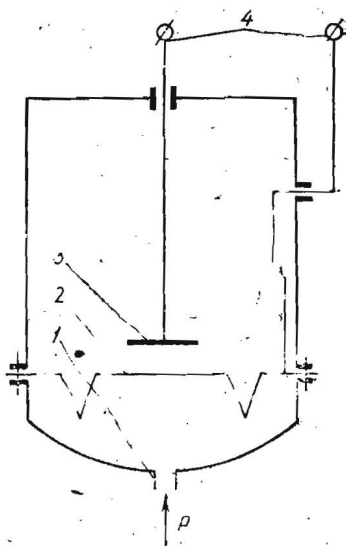
$$C = \frac{K}{l}, \quad (3-34)$$

бундан

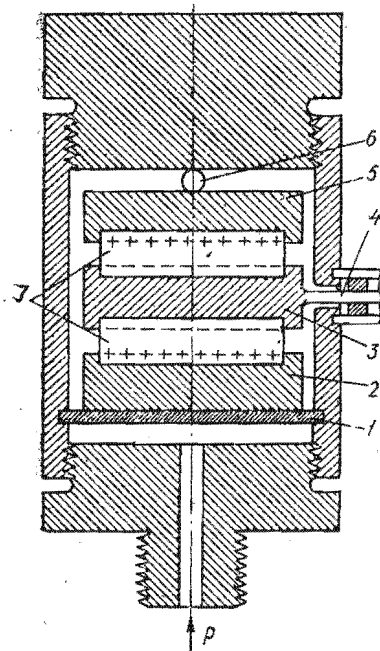
$$K = S \cdot \epsilon.$$

Шундай қилиб, конденсатор сигими ўлчанаётган босимга пропорционалдир. Сигимли манометрларнинг кўрсатишига атроф-муҳитнинг температураси таъсир қилади. Чунки температура ўзгариши натижасида қопламалар ўртасидаги масофа ўзгаради. Сигимли манометрларнинг яна бир камчилиги паразитик сигимлар таъсиридир. Айниқса улайдиган симлар ва қурилма металл қисмларининг сигимлари турлича таъсир қилиб, деталларнинг ўзаро жойлашишига боғлиқ. Ўлчовлар хатоси прибор шкаласининг $\pm 1,5 \dots 2\%$ идан ошмайди. Сигим ўлчовлари сифатида юқори сезгир резонанс приборлар хизмат қилади.

Пьезоэлектрик манометрлар. Бу приборларнинг ишлаш принципи баъзи кристалл моддаларнинг механик куч таъсирида электр заряд ҳосил қилиш қобилиятига асосланган. Бу ҳодиса п ь е з о э ф ф е к т деб аталади. Пьезоэффект кварц, турмалин, сегнет тузи, барий титанат ва бошқа моддалар кристалларида кузатилади. Бу типдаги приборларда кўпинча кварц ишлатилади. Кварцнинг пьезо электр-



3—17- расм. Сигимли манометр схемаси.

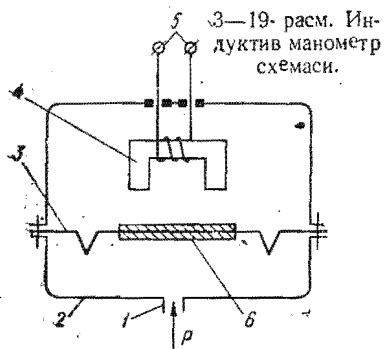


3—18-рasm. Пьезокварцли манометр.

лампарлар ва катодли ёки шлейфли осциллограф, доимий токли вольтметрлар, шунингдек, электростатик вольтметрлар қўлланади.

100 мПа (1000 кгк/см²) ва ундан юқори босимларни ўлчашга имкон берувчи пьезокварцли манометрлар тез ўзгарувчи босимларни ўлчашда кенг қўлланади. Пьезоэффектнинг афзаллиги унинг инерционсизлигидир. Бу приборларнинг босимлари тез ўзгарадиган процессларни (кавитация, портлаш) ўрганишда жуда қулай. Пьезоэлектр манометрларда ўлчаш хатоси $\pm 1,5 \dots 2\%$.

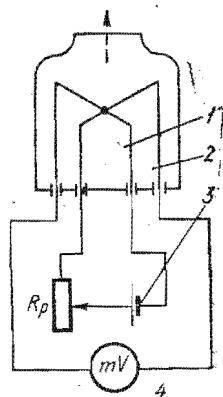
Индуктив манометрлар. Бу приборларнинг ишлаш принципи ғал-



так индуктивлигининг ташқи босим таъсирида ўзгаришига асосланган. Индуктив манометрларнинг принципал схемаси 3—19-рasmда тасвирланган. Прибор мембранали сезгир элемент 3, унга бириктирилган темир ўзак 6 ва темир ўзакли индукцион ғалтак 4 дан иборат. Ўлчанаётган босим трубка 1 орқали бўшлиқ 2 га келиб мембрана 3 ни букади, натижада ўзак 6 ғалтак ўзаги 4 га яқинлашади. Шундай қилиб, ғалтакнинг индуктивлиги ўлчанаётган босимга

пропорционал ўзгаради. Датчик ўлчаш схемасига клеммалар 5 орқали уланади.

Иссиқлик ўтказувчи манометрлар. Кичик абсолют босимда (ёки вакуумда) молекулаларнинг эркин юриш узунлигини системанинг геометрик ўлчовлари орқали аниқлаш мумкин, бунда газнинг иссиқлик ўтказиш қобилияти унинг босимига боғлиқ бўлади. Иссиқлик ўтказувчи манометрларда ана шу ҳодиса асос қилиб олинган. Бу боғданиш иссиқлик ўтказувчи манометрларда газларнинг 10^{-3} .. 100 Па гача бўлган босимларни ўлчашда қўлланилади. Приборнинг датчиги босим ўлчанаётган идишга жойлашган температура қизитгич ва ўлчагичдан иборат. Температуранинг ўлчайдиган прибор сифатида термопара ёки қаршилик термометри ишлатилади.

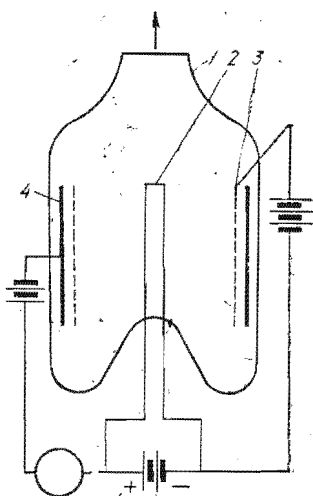


3—20- расм. Термопарали
манометрининг принци-
ал схемаси.

Термопарали манометрларда ўтказгичнинг температураси ўлчанади. Температура т. э. ю. к. ўлчанаётган босимнинг функцияси бўлган термопара орқали ўлчанади. Термопарали манометрнинг принципл схемаси 3—20-расмда кўрсатилган. Манометр қизитувчи элемент 1 ва унинг температурасини ўлчайдиган термопара 2 дан иборат. Элемент ток манбаи 3 дан қизийди. Термопаранинг т. э. ю. к. милливольтметр (потенциометр) 4 орқали ўлчанади. Элемент 1 ... 200° С гача қизиши мумкин.

Иссиқлик ўтказувчи манометрлар вакуум системага эга бўлган лаборатория (масс-спектрометр, электрон микроскоп ва бошқалар) приборларида қўлланади.

Ионизацион манометр. Ионизацион манометр (вакуумметр) ларнинг ишлаш принципи газ молекулаларининг қиздирилган катод чиқарадиган электрон оқими орқали ионизацияланишига асосланган. 3—21-расмда қиздирилган катодли ионизацион вакуумметрнинг схемаси тасвирланган. Вакуумметрнинг сезгир элементи сифатида уч электродли манометрик лампа ишлатилади. Лампанинг 1 баллон илчанаётган муҳит билан уланган. Баллонда вольфрам тола (катод) 2, сетка 3 ва анодколлектор 4 жойлашган. Катоддан чиққан электронлар мусбат зарядланган анодга яқинлашади. Газ босимига кўра электронлар ўз йўлида у ёки бу миқдордаги молекулаларни ионизациялайди. Ионлар коллектор орқали йиғилиб анод токли ва газ босимига пропорционал I_k токини ҳосил қилади:



3—21- расм. Ионизацион ва-
куумметр схемаси.

$$J_k = K \cdot J_a \cdot P;$$

(3—35)

бу ерда J_a — анод токи; P — газ босими; K — ўзгартгич геометрик ўлчовларига ва газ таркибига боғлиқ бўлган пропорционаллик коэффициенти.

Қиздирилган катодли ионизацион вакуумметр орқали $133,3 \cdot 10^{-3}$ дан $133,3 \cdot 10^{-8}$ Н/м² (10^{-3} . . . 10^{-8} мм сим. уст) гача вакуумларни ўлчаш мумкин. Ионизацион манометрлар техникавий приборлар сифатида ишлаб чиқариш шароитларида қўлланилмайди, лекин лаборатория приборларида кенг қўлланилади.

IV боб. МОДДА САРФИНИ ВА МИҚДОРИНИ ЎЛЧАШ

IV.1-§. Асосий маълумотлар ва классификация

Модданинг сарфи ва миқдори технологик процесснинг муҳим параметрларидир. Химия саноатида модданинг сарфи ва миқдорини фақат ишлаб чиқариш натижаларини текширишда эмас, балки технологик процессни контрол қилиш ва уни бошқаришда ҳам ўлчашга тўғри келади. Сарфни ўлчаш учун ишлатиладиган приборлар *сарф ўлчагичлар* деб аталади. Модданинг берилган канал кесими орқали вақт бирлиги ичида ўтган миқдори *модда сарфи* дейилади. Ўлчанаётган модданинг турига кўра бу приборлар сув, газ, мазут, буғ ва ҳоказоларни ўлчагичларга бўлинади.

Сарфни ўлчайдиган приборлар оний сарфни ўлчайди ва технологик режимлар (айниқса узлуксиз процессларда) ишининг стабиллигини контрол қилишга, технологик процесснинг ўтишини ҳар бир онда автоматик равишда рўстлашга ва режимни берилган йўналишда созлашга имкон беради. Приборлар сўтчиклар (интеграторлар) билан таъминланиши мумкин, унда бу приборлар сўтчикли сарф ўлчагичлар дейилади. Бундай приборлар модданинг сарфи ва миқдорини ўлчашга имкон беради. Модданинг массавий сарфи кг/соат (кг/с ва ҳоказо), ҳажмий сарфи эса м³/соат (м³/с ва ҳоказо) ларда ўлчанади.

Химия ва озиқ-овқат саноатларида кенг тарқалган сарф ўлчагичлар ўзининг ишлаш принципи жиҳатидан қуйидаги группаларга бўлинади:

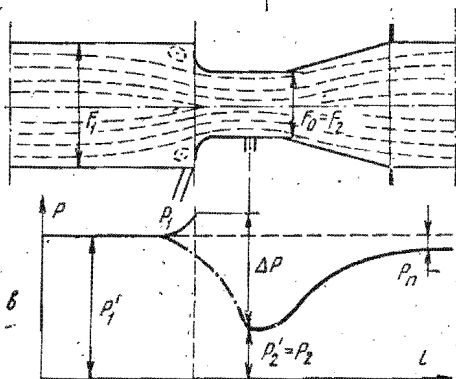
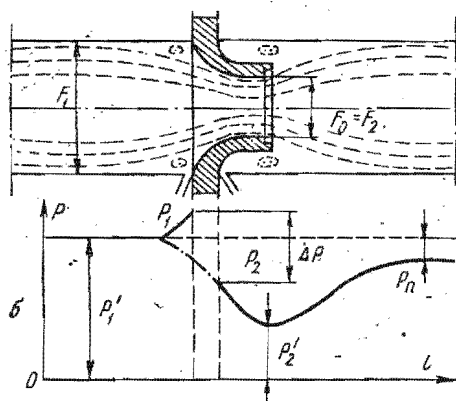
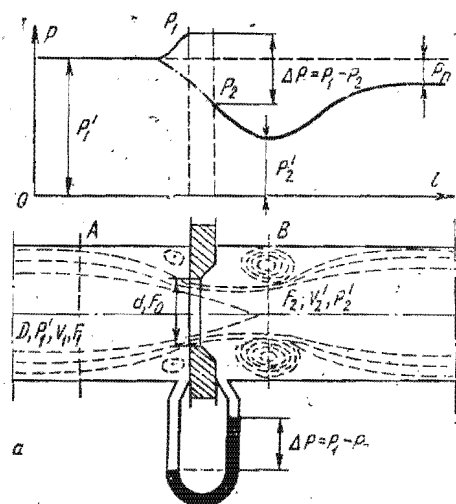
- 1) босим фарқлари ўзгарувчан сарф ўлчагичлар;
 - 2) босим фарқлари ўзгармас сарф ўлчагичлар;
 - 3) ўзгарувчан сатҳли сарф ўлчагичлар;
 - 4) тезлик босими сарф ўлчагичлари;
 - 5) индукцион сарф ўлчагичлар;
 - 6) ионизацион, ультратовуш ва калориметрик сарф ўлчагичлар.
- Лекин тузилиши мураккаб бўлгани учун бу приборлар химия саноатида кенг тарқалмаган.

Модда миқдорини ўлчайдиган приборлар сўтчиклар деб аталади. Сўтчиклар ўзларидан ўтган модда миқдорини исталган вақт (сутка, ой ва ҳоказо) мобайнида ўлчайди. Модданинг миқдори сўтчик кўрсаткичлари фарқи билан аниқланади. Модданинг миқ-

дори ҳажм (m^3) ёки масса (кг) бирликларида ифодаланади. Счётчиклар тўғри ўлчаш приборлари бўлиб, уларнинг шкаласи бўйича кўрсаткичлар қўшимча ҳисобни талаб қилмайди. Масса ва ҳажмни ўлчаш учун мўлжалланган счётчиклар ўзининг ишлаш принциpigа кўра қуйидаги асосий группаларга ажратилади: 1) тезлик счётчиклари; 2) ҳажм счётчиклари; 3) вазн счётчиклари.

IV.2-§. Босим фарқлари ўзгарувчан сарф ўлчагичлар

Трубопроводлардаги су-
юқлик, газ ва буғ сарфини
босим фарқи бўйича ўлчаш
усули кенг тарқалган ва ях-
ши ўрганилган. Сарфини бо-
сим камайиши ўзгарувчан
сарф ўлчагичлар орқали ўл-
чаш усули модда потенциал
энергиясининг (статик бо-
сими) трубопроводдаги то-
райган қисмидан ўтишидаги
ўзгаришига асосланган. Даст-
лабки ўзгарткич вазифасини
бажарувчи торайтириш қу-
рилмаси трубопроводда ўрна-
тилиб, маҳаллий торайишни
ҳосил қилади. Модда кесим-
нинг торайган жойидан ўта-
ётганида унинг тезлиги оша-
ди. Тезликнинг ва, биноба-
рин, кинетик энергиянинг
ортиши оқимнинг торайган
кесимдан ўтишида потенциал
энергиянинг камайишига олиб



4—1-рasm. Оқим характери ва тру-
бопроводда диафрагма (а), сопло
(б) ҳамда Вентури соплоси (в) ўр-
натилгандаги статик босимнинг тақ-
симланиши.

желлади. Демак, торайган кесимдаги статик босим ундан аввалги кесимдаги босимдан кам бўлади. Шундай қилиб, модда торайтириш қурилмасидан ўтишида босимлар фарқи $\Delta P = P_1 - P_2$ мавжуд бўлади (4—1-расм). Бу босимлар фарқи оқим тезлиги ва суюқлик сарфига боғлиқ. Демак, торайтириш қурилмаси ҳосил қилган босимлар фарқи трубопроводдан ўтган модда сарфининг ўлчови бўлиши мумкин. Сарфнинг сонли 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 трубаши ишлатилади.

4—1-расм, а да кўрсатилган диафрагма думалоқ тешикли юпқа дискдан иборат. Тешикнинг маркази трубопровод ўқида ётиши керак. Оқимнинг торайиши диафрагма олдида бошланади ва ундан ўтгач, маълум масофадан сўнг, ўзининг минимал кесимига эришади. Ундан кейин оқим тобора кенгайиб трубопроводнинг тўлиқ кесимига эришади. 4—1-расм, а да эгри чизик орқали трубопровод деворлари бўйича тақсимланган босимнинг ўзгариши тасвирланган; штрих-пунктир чизик билан трубопровод ўқи бўйича тақсимланган босимни тасвирловчи эгри чизик 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 ҳаракати 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 дискиннинг олди ва орқасидаги диафрагма текислиги ҳамда трубопроводнинг ички юзаси ўртасида ҳосил бўлган, бурчакларга ўрнатилган алоҳида тешиклар ёрдамида таъланади. Сопло (4—1-расм, б) концентрик тешикли насадка шаклида ишланган. Унинг кириш қисми раван торайиб чиқиш қисми эса цилиндрдан иборат. Соплонинг профили шаррачанинг тўлиқ сиқилишини таъминлайди ва соплодаги цилиндр тешигининг юзаси оқимнинг минимал кесимига тенг деб ҳисобланиши мумкин ($F = F_2$). Сопло орқасида ҳосил бўладиган уюрмали ҳаракат диафрагмадагига кўра кам энергия йўқотишларга олиб келади. Трубопровод деворлари ва ўқи (пунктир чизик) бўйича тақсимланган босим ўзгаришининг эгри чизиги диафрагмадаги босим ўзгаришининг эгри чизигига ўхшаш, фақат соплодаги қолдиқли P_n 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 диафрагманикидек таъланади.

4—1-расм, в да Вентури соплоси тасвирланган. Вентури соплоси

қисқа цилиндрик қисмга ўтувчи цилиндрик кириш қисм ва кенгаювчи-конус диффузор қисмдан иборат. Торайтириш қурилмасининг бундай шаклида, чиқиш диффузори мавжудлиги туфайли, босим сарфи диафрагма ва соплодаги босим сарфига нисбатан анча кам. P_1 ва P_2 босимлар Вентури соплосининг ички бўшлиғи билан айлана бўйича жойлашган тешиклар орқали боғланган ҳалқа камералар ёрдамида танланади.

Торайтириш қурилмалари вужудга келтирган босимлар фарқи орқали модда сарфини ўлчаш принципи ва уларнинг асосий тенгламалари торайтириш қурилмаларининг барча турлари учун бир хил. Фақат бу тенгламалардаги тажриба орқали аниқланидиган баъзи коэффициентлар бир-бирларидан фарқ қилади. Трубопроводда иккита кесимни танлаймиз: $A—A$ кесимда торайтириш қурилмасининг таъсири йўқ. $B—B$ кесимда (4—1-рasm, а) оқим шарраси энг кўп сиқилади. Бу кесимлардаги статик босимлар доимийдир. Сиқилмаган суюқлик сарфи ва босимлар фарқи ўртасидаги нисбат ҳамда бу оқим учун энергиянинг сақланиш қонунини фойдаловчи Бернулли тенгламаси оқимнинг узлуксизлиги тенгламасидан аниқланиши мумкин. Агар ишқаланиш кучининг таъсири бўлмаса, горизонтал трубопровод учун бу тенглама қуйидаги шаклга эга бўлади:

$$\frac{P'_1}{\rho_1} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{P'_2}{\rho_2} + \frac{v_2^2}{2}; \quad (4-1)$$

$$\rho_1 \cdot v_1 \cdot F_1 = \rho_2 \cdot v_2 \cdot F_2 \quad (4-2)$$

бу тенгламада тегишли кесимлар учун:

P'_1 ва P'_2 — абсолют 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 кўндаланг кесим юзи, м².

Суюқлик зичлиги торайтириш қурилмасидан ўтганда ўзгармагани сабабли, яъни $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ бўлгани учун

$$P'_1 - P'_2 = \frac{\rho}{2} (v_2'^2 - v_1'^2); \quad (4-3)$$

$$v_1 \cdot F_1 = v_2' \cdot F_2. \quad (4-4)$$

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:

$$v_2' = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} (P'_1 - P'_2)}. \quad (4-5)$$

Ҳажмий сарф тезликнинг оқим кесимидаги юзасига кўпайтмасига тенг, яъни:

$$Q'_x = \frac{F_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} (P'_1 - P'_2)}. \quad (4-6)$$

Лекин (4—6) тенгламани чиқаришда ҳақиқий суюқликнинг қовушоқлиги, унинг трубопровод ва торайтириш қурилмасига ишқаланиши таъсирида оқим кесимидаги тезликнинг тақсимланиш нотекислиги эътиборга олинмаган. Бундан ташқари, бу тенглама босимлар фарқи $A-A$ ва $B-B$ кесимларда (4—1-расм, а) ўлчанмай, бевосита торайтириш қурилмаси ёнида ўлчанишини ҳамда энг тор жойдаги кесимнинг F_2 юзаси 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:

$$Q'_x = \alpha F_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P}; \quad (4-7)$$

бу ерда Q'_x — ҳажмий сарф, $\text{м}^3/\text{с}$; ΔP — торайтириш қурилмасининг ёнларида ўлчанган босимлар фарқи, Па; F_0 — торайтириш қурилмаси тешигининг юзаси, м^2 .

Масса сарфи ҳажмий сарф ва суюқлик зичлиги кўпайтмасига тенг:

$$Q'_m = \alpha F_0 \sqrt{2 \rho \Delta P}. \quad (4-8)$$

Тажрибаларнинг кўрсатишича, сарф коэффициенти модда турига боғлиқ бўлмай, асосан торайтириш қурилмасининг тури ва ҳажмига ҳамда Рейнольдс сонига, яъни оқимнинг физикавий хоссаларига боғлиқ:

$$\alpha = f(Re, F_0, D); \quad (4-9)$$

бу ерда D — трубопровод диаметри.

Сиқилувчи муҳит (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, яъни иссиқлик алмашувисиз ўтади. Унда қуйидаги тенглама ўринали бўлади:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \left(\frac{P_2'}{P_1'} \right)^{1/H}; \quad (4-10)$$

бу ерда H — адиабата кўрсаткичи.

(4—1), (4—2) ва (4—10) тенгламаларни биргаликда ечсак, газ ёки буғ сарфини ҳисоблаш формулалари қуйидаги шаклга келади:

$$Q'_x = \alpha \cdot \varepsilon \cdot F_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P}; \quad (4-11)$$

$$Q'_m = \alpha \cdot \varepsilon \cdot F_0 \sqrt{2 \rho \Delta P}; \quad (4-12)$$

бу ерда ε — кенгайиш коэффициентиға киритилган тузатиш.

Демак, газ ва буғ сарфини ҳисоблаш формулалари суyoқлик сарфини ҳисоблаш формуласидан ϵ коэффициентининг мавжудлиги билан фарқ қилади. Агар $\epsilon = 1$ бўлса, бу формулаларни сиқилмайдиган суyoқликлар учун ҳам қўллаш мумкин. Ҳисоблашни қулайлаштириш учун торайтириш қурилмаси тешигининг юзаси ўрнига унинг d диаметри олинади. Бундан ташқари, тажрибада соатли сарфдан фойдаланиш қулай. Шуни назарда тутиб бир қатор эзгартиришлардан сўнг қуйидаги соатли хажмий ва массавий сарф формуласига эга бўламиз:

$$Q_x = 3,9986 \cdot 10^{-3} \alpha \epsilon d^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}; \quad (4-13)$$

$$Q_m = 3,9986 \cdot 10^{-3} \alpha \epsilon d^2 \sqrt{\rho \cdot \Delta P}. \quad (4-14)$$

Қўпинча сарфни трубопровод диаметри D орқали ифодалаш лoзим бўлади. Унда «торайтириш қурилмаси модули» тушунчаси киритилади:

$$m = \left(\frac{d}{D} \right)^2. \quad (4-15)$$

(4-13) ва (4-14) формулаларга m ни киритсак,

$$\begin{aligned} Q_x &= 3,9986 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha \cdot \epsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} \approx \\ &\approx 4 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha \cdot \epsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}, \text{ м}^3/\text{соат}; \end{aligned} \quad (4-16)$$

$$Q_m \approx 4 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha \cdot \epsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\rho \cdot \Delta P}, \text{ кг/соат}. \quad (4-17)$$

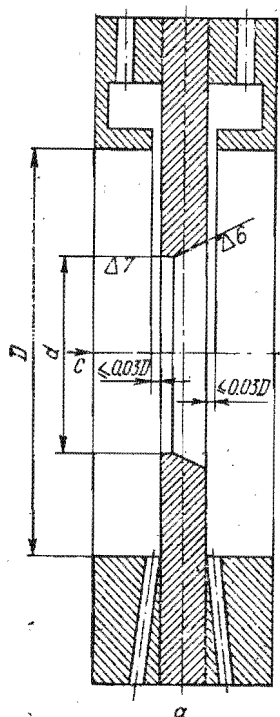
(4-16) ва (4-17) формулалар асосий ҳисоблаш формулаларидир. Бу тенгламаларни қўллаб торайтириш қурилмаларининг ҳисоби бажарилади ва босимлар фарқини ўлчашга мўлжалланган дифференциал манометрнинг параметрлари танланади.

Сарфни ўлчашга мўлжалланган торайтириш қурилмаларини ҳисоблаш методика ва тартиби СССР Министрлар Советининг Давлат Стандартлар Комитети томонидан тасдиқланган махсус норматив ҳужжатда «Суyoқлик, газ ва буғлар сарфини стандарт дифманометр ҳамда сопллар орқали ўлчашнинг 28—64 қоидалари» да аниқланган. Торайтириш қурилмаларини ҳар томонлама ўрганиш диафрагма, сопл ва Вентури соплларини нормалаштиришга, натижада эса бу приборларни дифманометрлар комплектида қия, вертикал, думалоқ трубопроводлардаги суyoқлик, газ ва буғларнинг сарфи ҳамда миқдорини ўлчаш учун ишлатишга имкон туғилди.

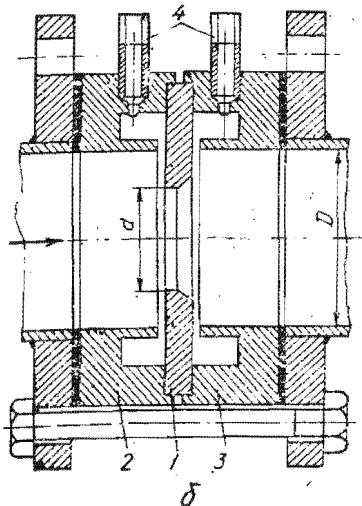
4—2-расмда стандарт диафрагма тасвирланган. Бу диафрагма махсус даражаланишсиз ҳисобланади ва диаметри 50 мм ҳамда ундан катта трубопроводлар учун $0,05 \leq m \leq 0,7$ шартга риоя қилиб ишлатилади. Диафрагманинг оқим кирадиган томони концентрик тешикли юпқа дискдан иборат. Унинг чети ўткир бўлиб, 30 ... 45° ли конуссимон қилиб чархланади. Диафрагма трубопровод деворларига нисбатан концентрик шаклда ўрнатилади. Диафрагмаги тайёрлашда унинг

материали ўлчанаётган муҳит хусусиятларига кўра танланади. Танланган материал диафрагманинг шаклини ва ўткирлигини сақлайдиган бўлиши керак. Одатда бу материаллар сифатида турли марказдаги зангламайдиган пўлатлар танланади. Трубопроводнинг диаметри катта бўлганда, диафрагма конуссимон кенгайишсиз ишланиши мумкин. Стандарт диафрагмалар камерали (4—2-расм, ўқдан юқори) ва камерасиз (4—2-расм, ўқдан паст) бўлиши мумкин.

ДК типдаги ҳалқа камерали диафрагмалар $D_{ш} = 50 \dots 500$ мм шартли диаметрли ва $P_{ш} = 100$ кгк/см² (10 МПа) гача шартли босимли трубопроводларда (ГОСТ 355—67) ишлатилади. Ҳалқа камерали



4—2-расм. а) стандарт диафрагма;

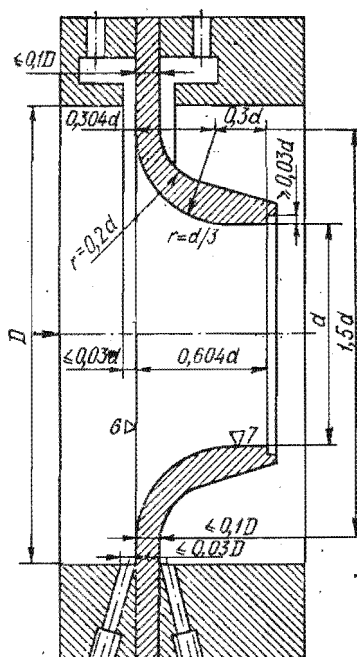


б) монтаж чизмаси.

диафрагмалар босимлар фарқини танлаш учун қулай ва аниқ ишлайди, лекин тайёрланиши мураккаб ҳамда металл кўп сарфланади. Одатда, бундай диафрагмалар приборсозлик заводларида буюртмаларга мувофиқ тайёрланади. Камерасиз диафрагмалар $D_{ш} = 400 \dots 1600$ мм шартли диаметрли ва $P_{ш} = 25$ кгк/см² (2,5 МПа) гача шартли босимга мувофиқ. ГОСТ 14322—69 бўйича тайёрланади. Диафрагма трубопровод фланецлари орасига ўрнатилади (4—2-расм, б). Стандарт диафрагма (1) ҳалқали камералар 2 ва 3 ёрдамида бириктирилади. Камералар трубопровод кесими билан зазорлар ҳисобига боғланган ҳалқа қистирмалар билан таъминланган. Камералар махсус пармаланишлар йўли билан трубкалар 4 билан уланган.

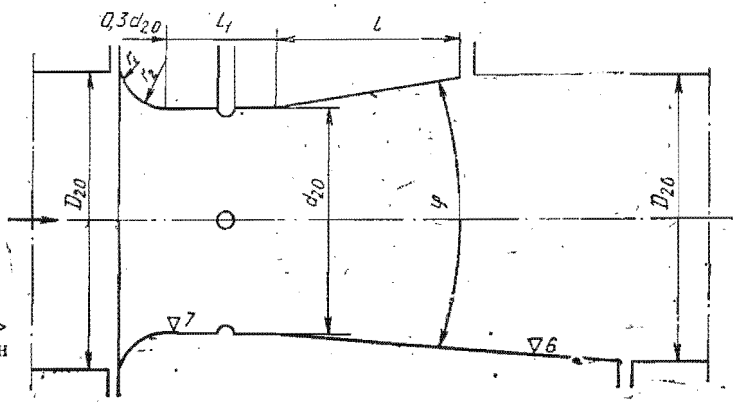
4—3-расмда кўрсатилган стандарт соплалар қиздирилган газ, буғ ҳамда агрессив суюқликлар сарфини ўлчаш учун ишлатилади. Бу приборлар махсус даражаланишсиз, диаметри 50 мм ва ундан катта трубопроводларда $0,05 \leq m \leq 0,65$ шarti билан ишлати-

лади. Оқимнинг кириши томонидаги тешик равон думалоқланган, унинг чиқиши томонида цилиндрик насадкага айланадиган қисми бор. Цилиндрик қисмининг чиқиш қирраси ўткир ва тўғри тўртбурчак шаклида бўлиши керак. Чиқиш қиррасини механикавий шикастланишдан сақлаш мақсадида сопло учи чархланади. Соплонинг ички цилиндрик қисми силлиқланган. Босимлар фарқи худди диафрагмадагидек ҳалқали камералар (4—3-рasm, ўқдан баланд) ёки алоҳида пармаланишлар (4—3-рasm, ўқдан паст) ёрдамида ўлчанади. Диафрагмаларга қараганда соплолар коррозияга чидамли, ифлосланмайдиган, ўлчаш аниқлиги юқори бўлади. Мавжуд Вентури трубалари орасида чиқиш қисми стандарт соплоники каби тайёрланган трубалар нормаллаштирилган. Шунинг учун бундай торайтириш қурилмалари Вентури стандарт соплоси номини олган. Бу қурилма узун ёки қисқа диффузорли қилиб тайёрланиши мумкин. Узун диффузорли Вентури соплосининг энг катта диаметри трубопровод диаметрига тенг бўлиши мумкин (4—4-рasm, пастки қисм), қисқа диффузорли соплонинг диаметри эса трубопроводникидан кичик (4—4-рasm, устки қисм). Узун соплолар кам ишлатилади, чунки уларнинг нархи қиммат ва босим йўқотилиши қисқа соплоларникига нисбатан бир оз кам. Босимлар фарқи алоҳида тешиклар орқали приборга узатилади. Бу тешикларнинг сони айлана бўйича 4 ... 6 та дан кам бўлмаслиги керак.



4—3- рasm. Стандарт сопло.

Узун диффузорли Вентури соплосининг энг катта диаметри трубопровод диаметрига тенг бўлиши мумкин (4—4-рasm, пастки қисм), қисқа диффузорли соплонинг диаметри эса трубопроводникидан кичик (4—4-рasm, устки қисм). Узун соплолар кам ишлатилади, чунки уларнинг нархи қиммат ва босим йўқотилиши қисқа соплоларникига нисбатан бир оз кам. Босимлар фарқи алоҳида тешиклар орқали приборга узатилади. Бу тешикларнинг сони айлана бўйича 4 ... 6 та дан кам бўлмаслиги керак.



4—4- рasm. $m > 0,444$ шарт учун Вентури стандарт соплоси.

Вентури соплоси диаметри 50 мм ва ундан катта трубопроводлардаги турли муҳитлар сарфини ўлчаш учун даражаланишсиз ишлатилади, шу билан бирга $0,05 \leq m \leq 0,6$ шарт бажарилиши керак. Босимнинг йўқотилиши муҳим аҳамиятга эга бўлган ҳолларда Вентури соплоси ишлатилади. Босимнинг йўқотилишини камайтириш учун айрим ҳолларда Вентури трубаси ишлатилади. Бу трубалар фақат заводда тайёрланади. Ифлосланган газ ва суюқликлар сарфини ўлчаш учун махсус сегмент диафрагмалар ҳамда ўтиш тешиги эксцентрик жойлашган диафрагмалар ишлатилади. Бундай диафрагмаларни тайёрлаш учун сарф коэффициентини албатта ҳисобга олиш керак. Улар трубопроводларга ўрнатилгандан кейин иш шароитида индивидуал калибрланиши керак. ГОСТ 18140—72 га мувофиқ мамлакатимизда чиқариладиган дифманометрлар қуйидаги рақамларга тўғри келади: босимлар фарқи чегараларига мўлжалланади: 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500 кгк/м², шунингдек, 0,4; 0,63; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3 кгк/см². Дифманометрнинг юқори ўлчаш чегараси берилган максимал сарфга мос бўлиши керак.

IV. 3-§. Босим фарқлари ўзгармас сарф ўлчагичлар

Босим камайиши ўзгармас сарф ўлчагичлар — ротаметрлар лаборатория шароитларида ва саноатда кенг ишлатилиб, тоза ва оз миқдорда ифлосланган бир жинсли суюқлик ва газларнинг раван ўзгарувчи ҳажмли сарфини ўлчашга мўлжалланган (ГОСТ 13045—67). Булар газоанализатор ва бошқа приборларда сарф индикатори сифатида ҳам ишлатилади.

Приборнинг ишлаш принципи ўлчанаётган муҳит оқимининг пастдан юқорига ўтишида коник трубка ичига жойлашган қалқовичнинг вертикал силжишига асосланган. Қалқовичнинг ҳолати ўзгариши билан қалқович ва коник трубканинг ички деворлари орасидаги ўтиш кесими ўзгаради, натижада ўтиш кесимидаги оқимнинг тезлиги ҳам ўзгаради. Босимлар фарқи қалқович кўндаланг кесими юзининг бирлигидаги массага тенглашгунча қалқович 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 шкаллари тенг бўлишмالي бўлиб, унча катта бўлмаган сарфларни ўлчашга имкон беради; босимнинг йўқотилиши кичик ва у сарф катталигига боғлиқ эмас, ротаметрларнинг ўлчаш диапозони катта:

$$\left(\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} = \frac{10}{1} \right).$$

Приборнинг ўлчаш қисми (4—5-расм) вертикал жойлашган коник трубка 1 ва қалқович 2 дан иборат.

Коник трубкадаги ҳалқанинг кесим юзи баландликка пропорционал ўзгаради. Пастдан юқорига ўтадиган суюқлик ёки газ оқими қалқовичга кўрсатилган кучлар мувозанатлашгунча уни юқорига кўтаради. Кучлар мувозанатлашганда қалқович маълум баландликда

тўхтайди, бу эса сарф миқдорини кўрсатади. Қалқовичнинг иш ҳолатидаги, яъни ўлчанаётган муҳитга батамом чўккан пайтидаги оғирлиги

$$G_k = V_k (j_k - j), \quad (4-18)$$

бу ерда G_k — қалқовичнинг оғирлиги, кг; V_k — қалқович ҳажми, м³; j_k — қалқович тайёрланган материалнинг солиштира оғирлиги, кг/м³; j — ўлчанаётган муҳитнинг солиштира оғирлиги, кг/м³.

Бу ҳолда қалқовичнинг оғирлик кучи пастга қаратилган. Қалқовичнинг оғирлиги юқорига йўналган куч билан мувозанатлашади:

$$S = (P_1 - P_2) \cdot f_0; \quad (4-19)$$

бу ерда P_1 ва P_2 — муҳитнинг қалқовичдан олдинги ва кейинги босими, Па; f_0 — диаметри энг катта жойдаги қалқович кесимининг юзи, м².

Муҳитнинг ўзгармас оқимиға мос бўлган қалқовичнинг мувозанат ҳолатидаги оғирлик ва итарувчи кучи ўртасидаги тенглик қуйидагича:

$$V_k (j_k - j) = (P_1 - P_2) f_0. \quad (4-20)$$

Бу ҳолда ишқаланиш кучи эътиборга олинмайди; (4-20) тенглама асосида қалқовичдаги босимлар фарқи:

$$P_1 - P_2 = \Delta P = \frac{V_k (j_k - j)}{f_0}, \quad (4-21)$$

ΔP — босимлар фарқи, Па.

(4-21) тенглама босимлар фарқи қалқовичнинг ҳажми, кесим юзига, қалқович ва муҳитнинг солиштира оғирликларига, яъни ўлчаш процессида ўзгармайдиган катталикларга боғлиқлигини кўрсатади. Демак, сарф ўлчанаётгандаги босимлар фарқи ўзгармас. Ўлчанаётган муҳитнинг ротаметр деворлари ва қалқович орасидаги ўтиш тезлиги

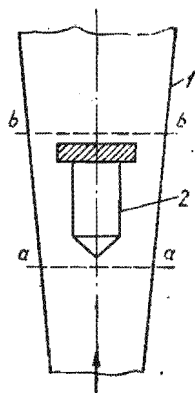
$$v = \sqrt{\frac{2g(P_1 - P_2)}{j}}, \quad (4-22)$$

бу ерда v — ўтиш тезлиги, м/с; (4-22) тенгламадан

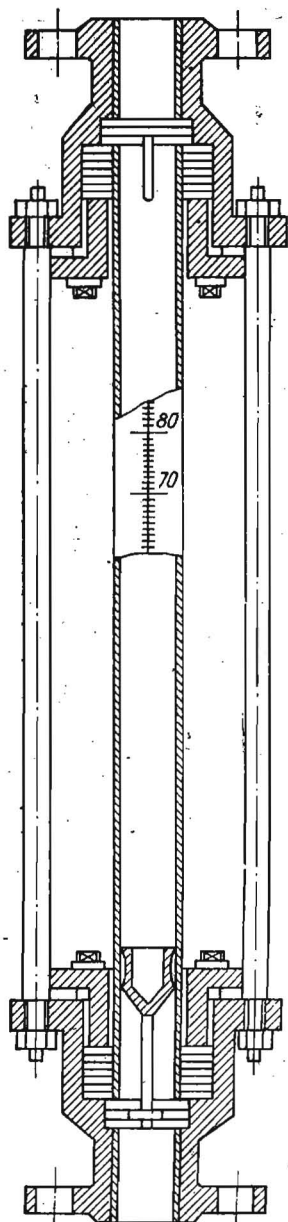
$$P_1 - P_2 = \Delta P = \frac{v^2 j}{2g}. \quad (4-23)$$

(4-22) ва (4-23) тенгламаларни тенглаштирак, оралиқ оқим тезлигига эга бўламиз:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot V_k (j_k - j)}{j f_0}}. \quad (4-24)$$



4—5- расм. Қалқовичли ротаметр схемаси.



4—6- расм. Шиша трубади ротаметр.

Оқимнинг ҳалқа оралиғидаги тезлиги ва унинг юзаси маълум бўлгач ўлчанаётган муҳитнинг ҳажмий сарфини аниқлаш мумкин:

$$Q_x = \alpha F \cdot \sqrt{\frac{2gV_K(j_K - j)}{j\beta_0}}, \quad (4-25)$$

бу ерда: Q_x — ўлчанаётган муҳитнинг ҳажмий сарфи, м³/соат. α — сарф коэффициент, бу экспериментал катталиқ бўлиб, суюқликнинг қалқовичга ишқаланиш таъсирини, муҳит уюмраси ҳосил бўлгандаги босим сарфини назарда тутати. Илдиз остидаги катталиқлар доимий бўлгани учун уларни K коэффициент билан алмаштириш мумкин.

Унда

$$Q_x = \alpha \cdot F \cdot K. \quad (4-26)$$

Бу боғланиш чизиқли бўлгани сабабли ротаметрнинг шкаласи тенг бўлинмали бўлади. Ротаметрларнинг α сарф коэффициенти аналитик усулда аниқлаш қийин бўлган бир қатор катталиқларга боғлиқ. Шунинг учун ҳар бир ротаметр экспериментал равишда даражаланади. Сарф тенгламага кирган барча катталиқлар даражаланиш шартларига мувофиқ бўлгандагина шкаланинг бу тарзда даражаланиши аниқ бўлади. Қалқовичнинг устки қисми қия кесиклар тарзида ишланади, шу сабабли қалқович вертикал ўқ атрофида айланади (4—5-расм). Қалқович трубка ичида унинг деворларига тегмай айланади, бунда унинг сезгирлиги ошади.

Лаборатория ва саноатда шиша (сарфни жойида ўлчайдиган) ва металл корпусли (кўрсатишларни масофага узатадиган) ротаметрлар чиқарилади. Металл корпусли ротаметрлар шкаласиз ўлчов приборидир.

4—6-расмда шиша трубкали ротаметрнинг тузилиш схемаси кўрсатилган. Бу прибор корпус 5 га устунлар 4 ёрдамида ўрнатилган конусли трубка 2 дан иборат. Трубка ичида пастдан юқорига оқадиган суюқлик ёки газ оқими таъсирида верти-

кал ҳаракат қилувчи қалқович бор. Приборнинг шкаласи 3 бевосита трубка устида (чизиш йўли билан) даражаланади. Ҳисоблашлар қалқовичнинг устки горизонтал текислиги бўйича олиб борилади.

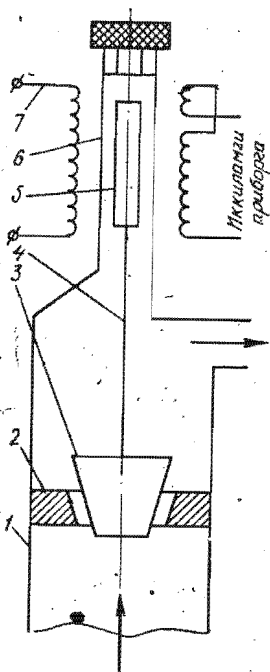
Шиша коник трубкали ротаметрлар сув бўйича 3000 л/соат ва ҳаво бўйича 40 м³/соат ўлчов чегарасига; 0,6 МПа (6 кгк/см²) гача иш босимида мўлжалланган.

4—7-расмда кўрсатишларни масофага электр дифференциал—трансформатор орқали узатиладиган ротаметр схемаси келтирилган. Ротаметрнинг ўлчаш қисми диафрагма 2 ли цилиндрик металл корпус 1 дан иборат (Х18Н9Т маркали пўлат).

Диафрагма 2 тешигида шток 4 га қаттиқ ўрнатилган конуссимон қалқович 3 ҳаракат қилади. Штокнинг устки қисмида дифференциал трансформаторли ўзгарткичнинг ўзаги 5 ўрнатилган. Ўзақ трубка 6 ичида жойлашган, трубка ташқарисида эса ўзгарткичнинг ғалтаги 7 мавжуд.

Шкаласиз ротаметрлар кўрсатувчи ёки қайд қилувчи иккиламчи дифференциал—трансформаторли прибор таркибиде ишлатилади. Ротаметрлар ортиқча ишчи босим таъсиридаги муҳит сарфини ўлчаш учун 1,6 ва 6,4 МПа (16 ва 64 кгк/см²) ўлчаш чегараси билан чиқарилади. Бу приборлар каттароқ ортиқча босимларга ҳам мўлжаллаб чиқарилади (ГОСТ 13045—67). Бундан ташқари, доимий 0 ... 5 мА токли чиқиш сигнали билан ишлайдиган ротаметрлар ҳам мавжуд (ГОСТ 13045—67). Уларнинг сув бўйича ўлчаш чегараси 16000 л/соат. Таркибига иккиламчи прибор кирган ротаметрларнинг аниқлик классси 2,5.

Портлаш ва ёнғин хавфи бор жойларда кўрсатишларни масофага пневматик узатадиган ротаметрлар ишлатилади. Бундай ротаметрнинг принципаал схемаси 4—8-расмда кўрсатилган. Бу ротаметрнинг ўлчаш қисми коник қалқович 1, диафрагма 2 ва Х18Н9Т маркали пўлатдан ишланган цилиндрик металл трубка 3 дан иборат. Қалқовичи коник трубка 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 трубка 6 ичида силжийди. Трубка эса магнитмас материалдан тайёрланади. Ташқаридан трубка ричаг 8 га ўрнатилган магнит 7 билан ўралган. Цилиндрик магнитлар 5 билан ташқи магнит 7 магнитли муфтани ҳосил қилади. Қалқовичнинг магнит муфта ва ричаг 8 ёрдамида ҳаракатланиши ўлчанаётган сарф миқдорини шкала 10 да жойлашган кўрсатувчи стрелка 9 га

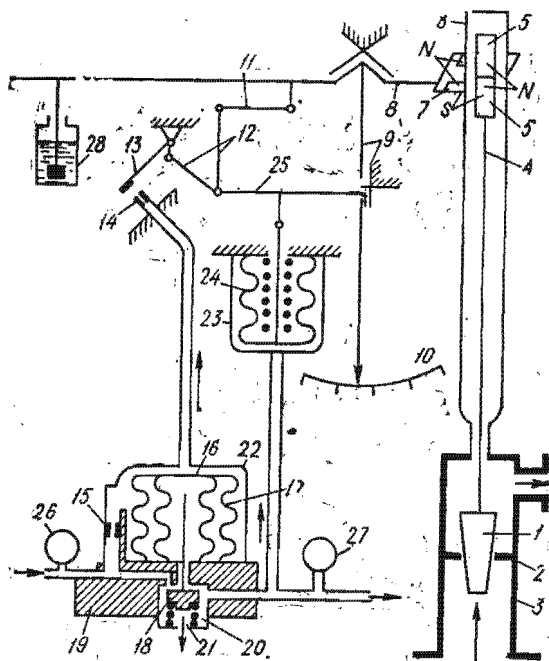


4—7-расм. Кўрсатишларни масофага электр дифференциал—трансформатор ёрдамида узатиладиган ротаметр схемаси.

узатади. Масофага пневматик узатиш механизми компенсация схемаси асосида ишлайдиган ўзгарткичдан иборат («Масофада туриб ўлчаш системаси» бобини кўринг). Ўлчаш системасидаги тебранишларни камайтириш учун *демпферловчи* қурилма 28 ишлатилади. Пневмо узатишли ротамерларнинг серияли ишланадиган моделлари 6,4 МПа (64 кгк/см²) ишчи босимга мўлжалланган. Бу приборлар орқали (сув бўйича) 0,44·10⁻⁴ дан 0,44·10⁻² м³/с гача сарфлар ўлчанади. Комплект (ўзгарткич ва иккиламчи прибор) нинг асосий хатоси ўлчашнинг юқориги чегарасидаги 2,5 ... 3% дан ошмайди. Иккиламчи прибор, 250 м масофада ўрнатилади. Шу приборларга ўхшаш (ПИСУ) пневматик индикаторли сарф ўлчагичлари ҳам мавжуд, улар агрессив, ёнувчи ва заҳарли суюқликлар сарфини ўлчашда ишлатилади.

IV.4-§. Ўзгарувчан сатҳли сарф ўлчагичлар

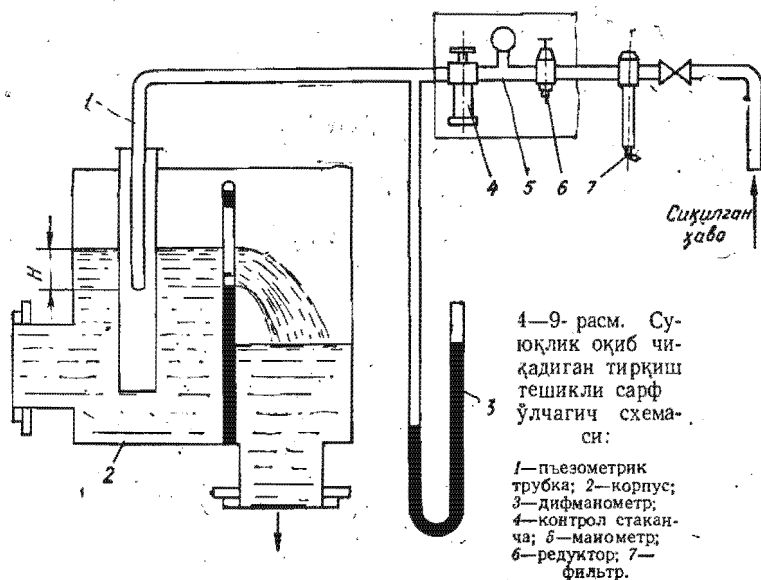
Ўзгарувчан сатҳли сарф ўлчагичларнинг ишлаш принципи суюқликнинг идиш тубидаги ёки унинг ён деворларидаги тешикдан эркин оқиб чиқишидаги сатҳни ўлчашга асосланган. Бу приборлар химия саноатида жуда агрессив суюқликлар сарфини ўлчашда, шунингдек, газ билан аралашган пульсланувчи оқим ва суюқликлар сарфини ўлчашда ишлатилади. Ўзгарувчан сатҳли сарф ўлчагичлар барча ҳолларда суюқлик сарфини атмосфера босимида ўлчайди, шунинг учун бу приборларнинг ишлатилиши чекланган.

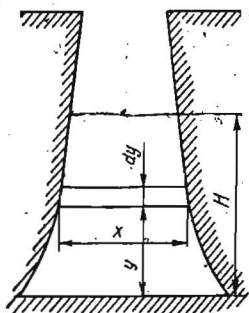


4—8- расм. Кўрсатишларни масофага пневматик узатадиган ротамер схемаси.

Ўзгарувчан сатҳли сарф ўлчагичлар таркибига қабул қилувчи снгим (идиш) ва суоқлик сатҳини ўлчайдиган прибор киради. Сатҳ ўлчагичлар сифатида исталган прибор ишлатилиши мумкин. Қабул қилувчи снгим сифатида эса думалоқ (диафрагма) ёки тирқиш тешикли цилиндрик ёхуд тўртбурчак идиш хизмат қилади. Бундай идишлардаги суоқлик сарфи унинг сатҳ баландлиги бўйича аниқланади. Диафрагма идиш тагида ёки унинг ён деворларида жойлашиши мумкин, лекин суоқлик сатҳи у оқиб чиқадиган тешикдан юқорида бўлиши лозим. Тирқишнинг тешиклари идишнинг фақат ён деворида жойлашиши мумкин, бу ҳолда идишдаги суоқлик сатҳи тешикнинг устки четидан баланд бўлмаслиги керак.

4—9-расмда кўрсатилган сарф ўлчагич икки штуцерлик тўртбурчак корпус 2 дан иборат. Штуцерлардан бири корпуснинг ёнида жойлашган ва суоқликни киритиш учун, иккинчиси эса пастда жойлашиб, суоқликнинг оқиб чиқиши учун хизмат қилади. Корпус ички томонидан тўсиқ билан бўлинган, бу тўсиққа профилланган тешикли шчит герметик равишда маҳкамланган. Сарф ўлчагич корпусининг материали ўлчанадиган суоқликка қараб танланади (булар Х18Н9Т маркали пўлат, қўрғошин билан қопланган пўлат, фаолит ва бошқалар бўлиши мумкин). Суоқлик сатҳи пьезометрик усулда ўлчанади (V бобга қаранг). Идишдаги суоқлик оқиб чиқадиган тирқиш олдида муҳофазаловчи филофлик пьезометрик трубка 1 чўктирилади. Ҳайдалган ҳаво миқдори контрол стаканча 4 ёрдамида текширилади. Ҳаво босими редуктор 6 орқали ўзгармас қилиб сақланиб турилади. Филътр 7 ҳавони тўзалайди. Сиқилган ҳавони ростловчи ва дозаловчи аппаратура махсус панелга ўрнатилади. Пьезометрик трубкадаги босим тирқиш олдидаги суоқлик устунининг зичлиги ва баландлиги билан, демак, суоқликнинг массавий сарфи билан бир хилда боғлиқ.





4—10- расм. Оқова шакли-
даги оқиб чиқиш тешиги.

Пъезометрик трубкадаги гидродинамик босимнинг миқдори иккиламчи прибор диф-
манометр 3 билан ўлчанади.

4—9-расмда келтирилган сарф ўлчагич-
нинг хусусиятларидан бири иккиламчи при-
бор шкаласининг бўлинмалари тенглигида-
дир.

Ихтиёрий шаклдаги тешик учун Q ва H
нисбатни аниқлаймиз (4—10-расм).

x кенглик ва dy баландликдаги ds эле-
ментар юза учун сарфнинг дифференциал
шаклда олинган асосий (4—7) тенгламасини
қўллаш мумкин:

$$dQ = \alpha d \cdot S \cdot \sqrt{2g \cdot (H - y)} = \alpha \cdot x \sqrt{2g(H - y)} \cdot dy. \quad (4-27)$$

(4—27) тенгламани интеграллаб, сарф катталигига эга бўламиз:

$$Q = \sqrt{2g} \int_0^H \alpha x \cdot \sqrt{H - y} dy. \quad (4-28)$$

(4—28) тенгламани ечиш учун x ва y боғланишни билиш керак.

Прибор шкаласи тенг бўлинмали бўлиши учун Q ва H ўртаси-
даги нисбат чизиқли бўлиши керак, яъни

$$Q = K \cdot H, \quad (4-29)$$

бу ерда K — пропорционаллик коэффициенти, y қуйидаги шартдан
аниқланади:

$$K = \frac{Q_{\max}}{H_{\max}}.$$

Q нинг (4—29) даги қийматини (4—28) га қўйсак,

$$\int_0^H \alpha x \cdot \sqrt{H - y} dy = \frac{K}{\sqrt{2g}} \cdot H \quad (4-30)$$

ҳосил бўлади.

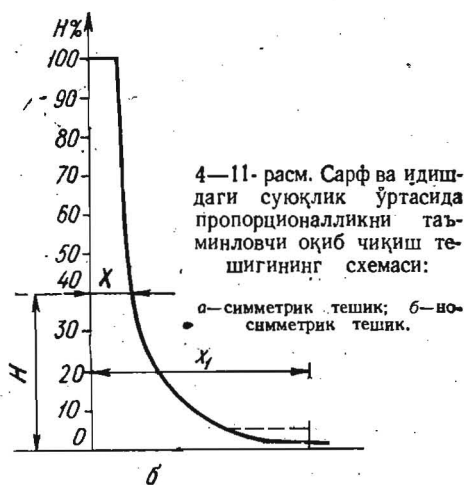
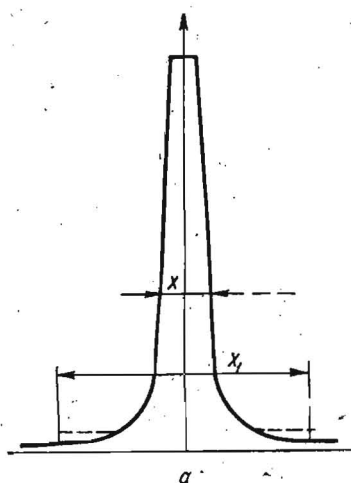
Бу тенгламадан изланаётган нисбатни аниқлаймиз.

$$x = f(y).$$

y ўсиши билан x камайиб бориши керак, шунинг учун (4—30) тенг-
лама учун x ва y ўртасидаги гиперболик боғланиш ўринли:

$$x = \frac{C}{\sqrt{y}}, \quad (4-31)$$

бу ерда C — маълум доимий катталиқ.



4—11- расм. Сарф ва идишдаги суюқлик ўртасида пропорционаллиқни таъминловчи оқиб чиқиш тешигининг схемаси:

а — симметрич тешик; б — н-симметрич тешик.

Агар α сарф коэффициенти ўзгармас бўлса, (4—30) тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\frac{K}{\alpha C \sqrt{2g}} H = \int_0^H \sqrt{\frac{H-y}{y}} \cdot dy = \left| \sqrt{y(H-y)} + H \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{H}{H-y}} \right|_0^H = \frac{\pi}{2} H.$$

Шундай қилиб, (4—31) гиперболик боғланиш (4—30) тенгламани қаноатлантиради ва тенг бўлинмали шкалани таъминлайди.

Доймий катталиқ C нинг қиймати қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$C = \frac{2K}{\alpha \pi \sqrt{2g}} = \frac{\sqrt{2} Q_{\max}}{\alpha \pi \sqrt{g} H_{\max}}.$$

(4—31) тенглама бўйича тайёрланган оқиб чиқиш тешигининг шакли 4—11-расмда тасвирланган. (4—31) тенгламадан $y \rightarrow 0$ бўлганда тешик кенглиги $x \rightarrow \infty$ бўлиши келиб чиқади. Демак, баландликнинг 0 дан $H_{\max}$ бўйича тенг бўлинмали шкалага эга бўлиши мумкин бўлмайди. Шунинг учун тешикнинг бошланғич қисми x_1 кенгликдаги тўғри тўртбурчак шаклида тайёрланади (4—11-расм). Тешикнинг бу нотекис шкалалари қисми унча катта бўлмаган катталиқ, яъни $Q_{\max}$ нинг 5... 10% ни ҳосил қилади.

Тирқишли сарф ўлчагичнинг сарф коэффициентини тирқишнинг геометрик шаклига, аниқса кириш қисмидаги қирранинг ўткирлигига боғлиқ. Тақрибий ҳисобда сарф коэффициентини α нинг қийматини 0,6 га тенг деб қабул қилинади. Сарф коэффициентининг аниқ қиймати приборнинг индивидуал даражаланишида аниқланади.

Тирқишли сарф ўлчагичларда босим мембранали дифманометр орқали ўлчанади. Сарф ўлчагич билан дифманометр ўртасидаги пневматик найнинг узунлиги 35 м дан, дифманометр ва иккиламчи приборларни уловчи найнинг узунлиги эса 500 метрдан ошмаслиги керак. Ўлчаш диапазони 10 ... 50 м³/соат бўлган қурилманинг асосий хато-си ± 3,5%. Приборлар ДПС системасига киради.

IV.5-§. Тезлик босими сарф ўлчагичлари

Тезлик босими бўйича сарфни ўлчаш динамик босимнинг ўлчанаётган муҳит оқими тезлигига боғлиқлигига асосланган. Бернулли тенгламасига мувофиқ тўлиқ ва статик босимлар айирмаси

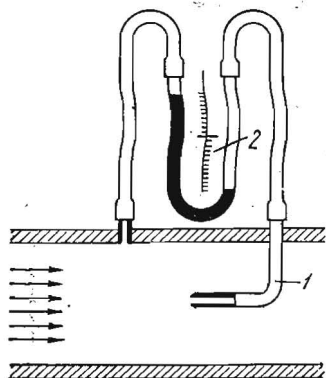
$$P_T - P_c = \frac{v^2 \rho}{2}; \quad (4-32)$$

бундан

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_T - P_c)} = \sqrt{\frac{2}{\rho} P_v}. \quad (4-33)$$

бу ерда v — ўлчанаётган муҳит ҳаракатининг тезлиги, м/с; P_T — тўлиқ босим, Па; P_c — статик босим, Па; P_v — динамик босим, Па; ρ — ўлчанаётган муҳит зичлиги, кг/м³.

Шундай қилиб динамик босимни, бинобарин, суюқлик ёки газ ҳаракатининг тезлигини аниқлаш учун тўлиқ ва статик босимлар айирмасини ўлчаш лозим. Тўлиқ ва статик босимлар айирмасини трубопроводга очиқ найча 1 ва дифманометрлар 2 ни 4—12-расмда кўрсатилгандек ўрнатиш йўли билан ўлчаш мумкин. Дифманометр билан ўлчанган динамик босим



4—12- расм. Динамик босим-
ни ўлчаш схемаси.

$$P_v = P_T - P_c = h \cdot g \cdot (\rho_1 - \rho). \quad (4-34)$$

бу ерда h — дифманометрдаги суюқлик сатҳининг фарқи, м; g — оғирлик кучининг тезланиши, м/с²; ρ — дифманометрдаги ишчи суюқликнинг зичлиги, кг/м³. Динамик босимнинг (4 — 34) тенгламадаги қийматини (4 — 33) формулага қўйсақ

$$v = \sqrt{\frac{2g}{\rho} h \cdot (\rho_1 - \rho)}. \quad (4-35)$$

Қўрилган якка босимли найча орқали ўлчаш усули француз олими Пито томонидан таклиф этилган. Ҳозирги пайтда гидродинамик босимни ўлчаш учун қўшалок босимли найчалар ишлатилади. Бу найчаларда тўлиқ ва статик босимларни ўлчайдиган трубкalar конструктив бирлашган. Иккита найчанинг бирлашиши ҳам тўлиқ, ҳам статик босимларни бир нуқтада танлашга олиб келади, шу сабабли

ўлчашда бирмунча хатога йўл қўйилиши мумкин. Шунинг учун (4—35) формулага тузатиш коэффициенти киритилади. Унда оқим тезлиги

$$v = \xi \sqrt{\frac{2g}{\rho} h \cdot (\rho_1 - \rho)}. \quad (4-36)$$

ξ коэффициент турли найчалар учун тажриба йўли билан аниқланади. Яхши тайёрланган найчалар учун $Re \geq 700$ да ξ коэффициент бирга яқин бўлади, агар $Re < 700$ бўлса ξ камайиб боради.

Ишлатилаётган тезлик найчалари конструкцияси орасида нормалашган яримсферавий ёки коник (ўткир) учли қўшалок найчалар кенг тарқалган (4—13-расм). Бу найчалар учун $\xi = 1$.

Нормал қўшалок найча марказий a тешиги бўлган ўлчаш цилиндри 1 дан иборат. a тешик тўлиқ босимни қабул қилади. Ўлчаш цилиндрида иккита ёки тўртта b тешиклар мавжуд, бу тешикларда статик босим ўлчанади. Ўлчаш цилиндрининг бир учи овал кесимли тутқич 2 га ўрнатилган. Тутқич ўз навбатида икки штуцер 4 га эга. Бу штуцерлар дифманометр билан уланади. Ўлчаш цилиндрининг марказий тешиги мусбат штуцер билан ўлчаш цилиндри ва тутқичда жойлашган металл найча ичидаги канал орқали боғланган. Тезлик найчаси трубопроводда пармаланган тешикка шундай ўрнатиладики, ўлчаш цилиндри ўлчанаётган модда оқимининг ўқиға мос келсин. Сарфни тезлик найчалари билан ўлчашда оқимнинг ўртача тезлиги аниқланиши керак. Аммо оқим ўқидаги тезлик максимал бўлиб, трубопровод деворларига яқинлашганда камаёди. Оқимнинг максимал ва ўртача тезлиги ўртасидаги нисбат қуйидаги тенглама орқали ифодаланади:

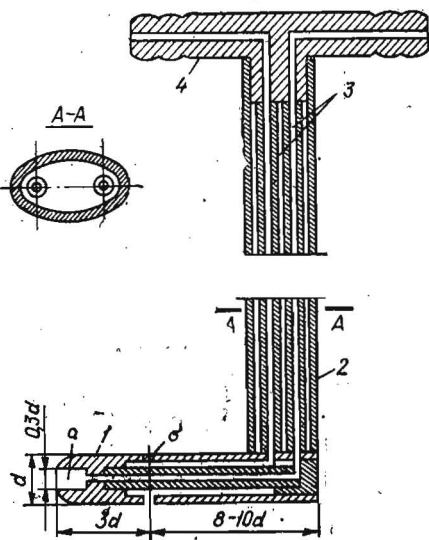
$$\frac{v_{\text{ўрт}}}{v_{\text{мах}}} = f(Re), \quad (4-37)$$

бу ерда $v_{\text{ўрт}}$ — оқимнинг ўртача тезлиги;

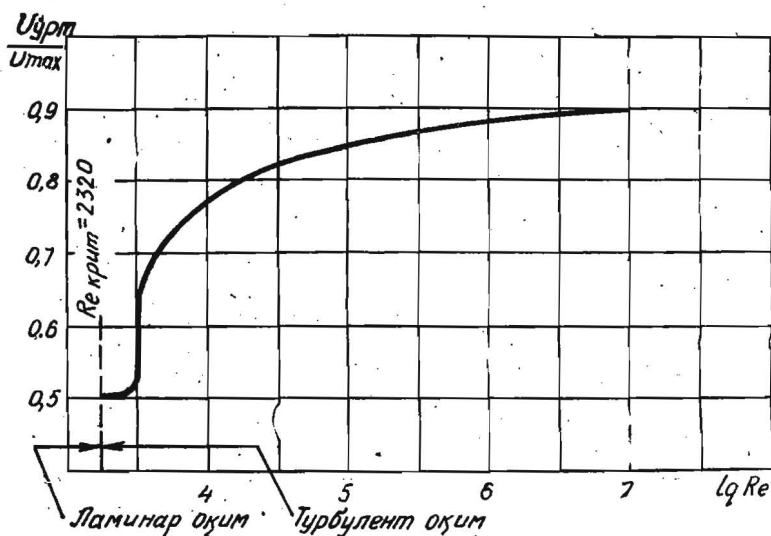
$v_{\text{мах}}$ — оқимнинг трубопровод ўқи бўйича максимал тезлиги;

Re — трубопровод диаметрига онд Рейнольдс сони.

4—14-расмда $\frac{v_{\text{ўрт}}}{v_{\text{мах}}}$ нисбатни ифодаловчи экспериментал эгри



4—13-расм. Гидродинамик босимни қўшалок босимли найча билан ўлчаш.



4—14-расм. Рейнольдс сонидан $\frac{v_{урт}}{v_{max}}$ нисбати.

чизиқ келтирилган. Ўртача тезликни бу усулда аниқлаш учун тезлик найчаси трубопровод ўқи бўйлаб ўрнатилади. v_{max} ўлчанади, кейин Re ҳисобланади, шундан сўнг график бўйича $v_{урт}$ ўртача тезликнинг қиймати топилади. Трубопроводда найча киришдан 40...50 Д масофада жойлашиши керак. Оқимнинг ўртача тезлиги ва трубопроводнинг кўндаланг кесими маълум бўлса, секундли сарф қуйидагича аниқланади:

$$Q = S \cdot v_{урт}, \quad (4-38)$$

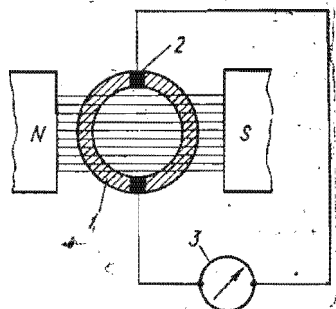
бу ерда S — трубопровод кесими, m^2 ; Q — ўлчанаётган муҳит сарфи, m^3/c . Ўртача тезлик босимини ўлчаш мураккаблиги, тезлик найчаси тешиklarининг ифлосланиши, сезгир дифманометрларни ишлатиш зарурлиги ўлчашнинг юқоридаги усулини чеклайди. Тезлик босими сарф ўлчагичлари, асосан, лаборатория шароитларида, экспериментал ишлардаги катта диаметрли трубопроводларда суюқлик ва газларнинг катта тезликдаги оқим сарфини ўлчашда ишлатилади.

Ўлчанаётган муҳит тоза бўлиб, унинг таркибида қаттиқ зарралар бўлмаслиги лозим. Тезлик найчалари ишлатилганда деярли босим йўқотилиши кузатилмайди. Бу эса ушбу методнинг афзаллигидир.

IV.6-§. Индукцион сарф ўлчагичлар

Индукцион (электромагнит) сарф ўлчагичларнинг ишлаш принципи ташқи магнит майдон таъсирида электр токини ўтказувчи суюқлик оқимида ҳосил бўлган э. ю. к. ни ўлчашга асосланган. Индукцион сарф ўлчагичнинг схемаси 4—15-расмда кўрсатилган.

Магнитнинг N ва S қутблари орасида магнит майдони куч чизиқлари йўналишига перпендикуляр равишда суюқлик оқадиган трубопровод 1 ўтади. Магнит майдонидан ўтадиган трубопроводнинг қисми номагнит материал (фторопласт, эбонит ва бошқалар) дан тайёрланади. Трубопровод деворларида бир-бирига диаметрлар қарама-қарши йўналган ўлчаш электродлари 2 ўрнатилган. Магнит майдони таъсирида суюқликдаги ионлар ҳаракатга келади ва ўз зарядларини ўлчаш электродларига бериб, уларда E э. ю. к. ҳосил қилади. E э. ю. к. суюқлик оқими тезлигига пропорционал. Э. ю. к. нинг миқдори, магнит майдони доимий бўлганда, электр магнит индукциясининг асосий тенгламаси орқали аниқланади.



4—15- расм. Индукцион сарф ўлчагич схемаси.

$$E = B \cdot D \cdot v_{\text{срт}}, \quad (4-39)$$

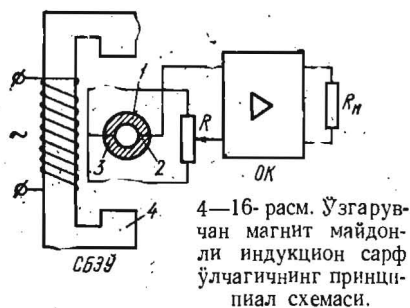
бу ерда B — магнит қутблари оралиғида ҳосил бўлган электр магнит индукция, Тл; D — трубопроводнинг ички диаметри (электродлар орасидаги масофа), м; $v_{\text{срт}}$ — оқимнинг ўртача тезлиги, м/с. Тезликни Q ҳажмий сарф орқали ифодаласак,

$$E = \frac{4B}{\pi D} \cdot Q. \quad (4-40)$$

Бу формуладан бир жинсли магнит майдонида э. ю. к. нинг миқдорий ҳажми сарфга тўғри пропорционал эканлиги келиб чиқади. Ҳозирги пайтда индукцион сарф ўлчагичлар электр ўтказиш қобилияти $10^{-3} \dots 10^{-6}$ см/м дан кам бўлмаган суюқликларда ишлатилади. Доимий магнит майдонга эга бўлган индукцион сарф ўлчагичларнинг асосий камчилиги — э. ю. к. электродларида қутбланиш ва гальваник э. ю. к. нинг пайдо бўлишидир. Бу камчиликлар ҳаракатдаги суюқликда магнит майдон томонидан индукцияланган э. ю. к. ни тўғри ўлчашга йўл қўймайди ёки қийинлаштиради. Шунинг учун доимий магнит майдонига эга бўлган сарф ўлчагичлар суюқ металллар, суюқликнинг пульсланувчи оқими сарфини ўлчашда ва қутбланиш ўз таъсирини кўрсатишга улгурмайдиган қисқа вақтли ўлчовларда ишлатилади. Ҳозирги пайтда индукцион сарф ўлчагичларнинг кўпчилигида ўзгарувчан магнит майдонидан фойдаланилади. Агар магнит майдон t вақтда f частота билан ўзгарса, э. ю. к. қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$E = \frac{4QB_{\text{max}}}{\pi D} \sin 2\pi f t, \quad (4-41)$$

бу ерда $B_{\text{max}} = \frac{B}{\sin 2\pi f t}$ — индукциянинг амплитуда қиймати.



Ўзгарувчан магнит майдонида электр химиявий процесслар доимий майдонга қараганда камроқ таъсир кўрсатади. Ўзгарувчан магнит майдонли индукцион сарф ўлчагичнинг принципиал схемаси 4—16-расмда кўрсатилган. Чизмада қуйидаги белгилар қабул қилинган: СБЭЎ — ўзгарувчан магнит майдонли сарфнинг бирламчи электромагнит ўзгарткичи. Магнит майдон электромагнит 4 ёрдамида ҳосил бўлади; ОК—оралиқдаги ўлчаш кучайтиргичи 0 ... 5 мА доимий ток чиқиш сигналига эга бўлган ўзгарткич; R_n — ташқи юк қаршилиги, масалан, иккиламчи прибор, интегратор ва ҳоказо. R —қаршилик.

Труба 1 нинг номагнит қисми ичида электромагнит 4 ёрдамида тенг бўлинмали магнит майдон ҳосил бўлади. Суюқликда магнит майдони таъсирида ҳосил бўлган э. ю. к. 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 приборига келади. Унификациялашган электр чиқиш сигнаlining (0 ... 5 мА) мавжудлиги иккиламчи контрол приборларни қўллашга имкон беради.

Индукцион сарф ўлчагичлар бир қатор афзалликларга эга. Бу приборлар инерцион эмас, бу ҳол тез ўзгарувчан сарфларни ўлчашда ва уларни автоматик ростлаш системаларида ишлатишда жуда аҳамиятли. Ўлчаш натижаларига суюқликдаги заррачалар ва газ пуфакчалари таъсир қилмайди. Сарф ўлчагичнинг кўрсатишлари ўлчанаётган суюқлик хусусиятларига (қовушоқлик, зичлик) ва оқим харақтерига (ламинар, турбулент) боғлиқ эмас.

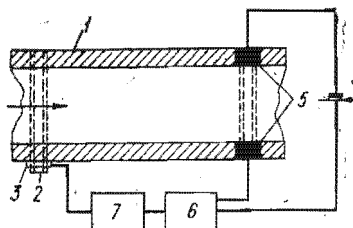
Материаллар мувофиқ танланиб, коррозияга қарши қопламалар ишлатилса, индукцион сарф ўлчагичлар агрессив суюқликлар ва абразив хусусиятли суюқлик ҳамда пасталар сарфини ўлчашда ишлатилиши мумкин. Пайдо бўлган э. ю. к. сарфга чизиқли боғлиқ бўлгани сабабли, иккиламчи прибор шкаласи ҳам чизиқлидир.

Индукцион сарф ўлчагичлар 1 ... 2500 м³/соат ва ундан катта диапазонда, диаметри 3 ... 1000 мм ва ундан катта трубопроводларда, суюқликнинг чизиқли тезлиги 0,6 ... 10 м/с гача бўлганда, сарф ўлчовларини таъминлай олади. Приборларнинг аниқлик классси 0,6; 1; 1,5.

IV.7-§. Ионизацион, ультратовушли ва калориметрик сарф ўлчагичлар

Газлар сарфини ўлчаш учун ўлчашнинг ионизацион усулидан фойдаланиш мумкин. Бу усул трубопроводдан ўтаётган газларнинг радиоактив нурланиш манбалари ёрдамида даврий ионланишига асосланган. Газнинг ионлашган қисми маълум вақт ўтгач (бу вақт газ тезли-

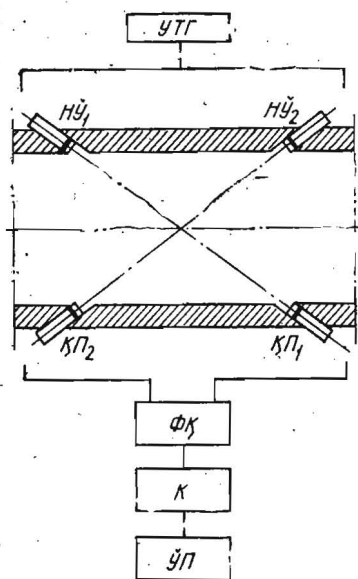
гига боғлиқ) нурланиш приёмнигига боради ва бу ерда ток импульси ҳосил бўлади. Шундан сўнг импульс кучланади ва бир қатор ўзгартишлардан сўнг сарф бирлигига келтирилади. Шу билан бирга ҳаракатдаги оқимга вақт-вақти билан изотопли радиоактив нишонлар киритилади. Бу нишонлардан чиқадиган импульслар қабул қилувчи қурилма орқали тутилади ва қатор ўзгартувчи элементлар ёрдамида ўлчаш приборига узатилади.



4—17- расм. Сарфни ионлашган молекулалар орқали ўлчайдиган прибор схемаси.

4—17-расмда ионлашган молекулалар ҳосил қилиш йўли билан сарфни ўлчайдиган прибор схемаси келтирилган. Приборнинг ишлаш принципи қуйидагича: радиоактив манба 2 нурлари трубопровод 1 ёнида жойлашиб, модулятор 3 ёрдамида трубопроводдан ўтаётган газга таъсир қилади. Бунинг натижасида трубопровод ичида муҳитнинг ионлашган қисми вужудга келади (улар ион нишонлар 4 деб аталади) ва газ оқими билан бирга ҳаракат қилади. Нишон ионлашган молекулалар қобиғидан иборат. Нурланиш пайтида модулятор ҳисоб қурилмаси 7 га вақтни ҳисоблаш учун импульс юборади. Ионлашган нишонлар оқим бўйлаб нурланиш манбаидан маълум масофада жойлашган приёмник 5 орқали тутилади. Приёмник трубопровод деворларига ўрнатилган ва улардан изоляция қилинган икки пластинкадан иборат. Пластинкаларга кучайтиргич 6 нинг биринчи каскади юқори омили қаршилиқ билан кетма-кет уланган таъминлаш манбаининг потенциаллар фарқи узатилади. Ионлашган молекулалар қобиғи коллектор ёнидан ўтиши пайтида ҳисоб қурилмаси 7 га кучайтиргичдан импульс келади. Бу импульс модулятор ҳисоб қилган импульсга нисбатан газ оқими тезлигига пропорционал вақтга кечикади. Прибор шкаласи бевосита газ сарфи бирлигида даражаланади. Приборнинг энг катта хатоси ўлчаш чегарасининг $\pm 1,5 \dots 2\%$ ини ҳосил қилади. Аммо ионизацион сарф ўлчагичларни аппаратура конструкциясининг мураккаблиги сабабли химия саноатида кенг тарқалмаган.

Ифлосланган, тез кристалланидиган ва агрессив суюқликлар, шунингдек, тез ўзгарувчан ва пульсланувчи оқимлар, айниқса, электр ўтказмайдиган суюқликлар сарфини ўлчашда индукцион сарф ўлчагичларни ишлатиб бўлмаган ҳолларда ультратовушли қурилмалардан фойдаланилади. Товуш тўлқинининг ҳаракатдаги муҳида тарқалишида товушнинг манбадан приёмникка етиб бориш тезлиги фақат товушнинг тезлиги билан эмас, балки ҳаракат қилувчи муҳитнинг тезлиги билан ҳам аниқланади. Ультратовушли сарфни ўлчаш принципи шунга асосланган. Агар товуш тўлқини оқим йўналишида ҳаракат қилса, уларнинг тезлиги қўшилади, товуш оқимга қарши йўналса, тезликлар айирмаси топилади. Ультратовушнинг оқим бўйича ва унга қарши йўналишдаги тезлигининг фарқи оқим тезлигига, бинобарин, оқаётган суюқлик сарфига пропорционал. Ультратовушли сарф ўлчагичларнинг ишлаш принципи қуйидагиларга асосланган:



4—18-расм. Ультратовушли сарф ўлчагичнинг тузилиш схемаси.

фазавий силжишларни ўзгартгичлар канали асимметрияси йўли билан бартараф этади; K — электрон кучлатгич ва $УП$ — ўлчаш прибори. Ўлчаш прибори сарф бирлигида даражаланади. Пьезоэлементлар сифатида кўпинча барий титанатдан ишланган пластинкалар ишлатилади. Пьезоэлементлар кварц, титанат—цирконий сопол ҳамда магнитострикцион бўлиши мумкин.

Ультратовуш импульслари трубопровод ўқиға 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

$$\tau = \frac{D}{C_a}, \quad (4-42)$$

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 $V \cos \theta$ каби ифодаланади. Импульснинг нурланувчи манбалар орасидаги оқим йўналишида тарқалиши:

$$\tau_1 = \frac{D}{C_a + V \cdot \cos \theta}; \quad (4-43)$$

оқимга қарши йўналишда тарқалиши:

$$\tau_2 = \frac{D}{C_a - v \cdot \cos \theta}. \quad (4-44)$$

1) ультратовушнинг оқим бўйлаб ва унга қарши йўналишдаги вақт тафовутини ўлчаш; 2) ультратовуш тебранишларнинг оқим бўйлаб ва унга қарши йўналишдаги тебранишлар фазаларининг силжишини ўлчаш; 3) автотебранишлар схемаси вужудга келтирган ва шу билан бирга оқим бўйлаб ҳамда унга қарши йўналишда ҳосил қилинган ультратовуш тебранишлар частотасининг айирмасини ўлчаш.

Ультратовушли сарф ўлчагичлардан бирининг тузилиш схемаси 4 — 18-расмда кўрсатилган. Бу прибор икки каналли фазавий схема бўйича ишлайди.

Ультратовушли сарф ўлчагичлари қуйидаги асосий қисмлардан иборат: УТГ — ультратовуш генератор таъминлаш манбаи; $НУ_1$ ва $НУ_2$ нурланувчи ўзгартгичлар; $ҚП_1$ ва $ҚП_2$ — қабул қилувчи пьезоўзгартгичлар; $ФК$ — фаза ўзгартурувчи қурилма

Иккала каналдаги частоталар фарқи

$$\Delta f = f_1 - f_2 = \frac{v \cos \theta}{\lambda}, \quad (4-45)$$

Δf — частоталар фарқи, Гц; θ — суюқликда тўлқинларнинг тарқалиш бурчаги.

Шундай қилиб, суюқлик ҳаракатининг тезлигини кўрсатувчи частоталар фарқи фақат шу тезликка боғлиқ. Ультратовушли сарф ўлчагичларни ишлатиш сарфни контактсиз ўлчашни таъминлайди ва бошқа усулларни қўллаб бўлмаган ҳолларда фойдаланилади. Мураккаблиги туфайли бу приборлар кенг тарқалмаган, лекин тез орада кўп соҳаларда, жумладан химия ва озиқ-овқат саноатида улардан кенг фойдаланиш кўзда тутилмоқда. Кўрилган схема бўйича қурилган ультратовушли сарф ўлчагичлар ёрдамида 7000 л/соат гача суюқлик сарфини ўлчаш мумкин. Приборнинг асосий хатоси ўлчаш чегарасининг $\pm 2\%$ ини ташкил қилади.

Пульсланувчи оқим берк трубопроводлардан юбориладиган жуда қовушоқ материаллар сарфини ўлчаш учун иссиқлик қурилмалар ишлатилади. Иссиқлик (калориметрик) сарф ўлчагичларнинг ишлаш принципи суюқлик ёки газ оқимини ёрдамчи энергия манбаи ёрдамида иситишига асосланган. Бу энергия манбаи оқим тезлиги ва қизитувчи қурилмадаги иссиқлик сарфига боғлиқ бўлган температуралар фарқини вужудга келтиради. Агар оқимнинг атроф муҳитга берган иссиқлигини эътиборга олмасак, қизитувчи прибор сарфлаган ва оқимга узатилган иссиқлик ўртасидаги иссиқлик баланси тенгламаси қуйидагича бўлади:

$$g_1 = K \cdot Q_m \cdot C_p \Delta t, \quad (4-46)$$

бу ерда g_1 — қизитгичнинг суюқлик ёки газга берган иссиқлик миқдори, Вт; K — труба кесими бўйича температуранинг нотекис тарқалишига тузатиш коэффициенти; Q_m — муҳитнинг массавий сарфи, кг/с; C_p — муҳитнинг доимий босимдаги солиштира иссиқлик сифими, Ж/(кг · К); Δt — оқим температурасининг қизитишдан аввалги ва кейинги ўртача қийматининг фарқи, К.

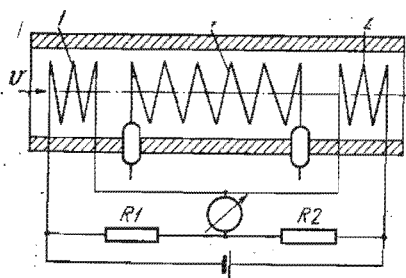
Калориметрик сарф ўлчагичларда оқимга иссиқлик, одатда электр қизитгич орқали берилади. Бу ҳолда

$$g_1 = 0,24 J^2 R. \quad (4-47)$$

(4-46) ва (4-47) ифодалар асосида массавий сарфни топамиз:

$$Q_m = \frac{0,24 \cdot J^2 \cdot R}{K C_p \Delta t}. \quad (4-48)$$

Калориметрик сарф ўлчагичлар икки группага бўлинади. Улардан биринчисида сарф қизитгич истеъмол қилган қувват миқдоридан аниқланади. Бу қувват доимий температуралар фарқи Δt ни таъминлайди. Иккинчи группадаги калориметрик сарф ўлчагичлар сарф қизитгичга берилган ўзгармас қувватдаги Δt температуралар фарқидан аниқланади. Температуралар фарқи, одатда, термопаралар ёки



4—19- расм. Калориметрик сарф ўлча-
гич схемаси.

қаршилик термометрлари орқали ўлчанади. Қаршилик термометрларини бир меъёрли оқим кесимини қоплайдиган тўр шаклида тайёрлаб, кесим бўйича ўртача температура ни ўлчаш мумкин. Ўлчанаётган муҳит одатда, $1 \dots 3^\circ \text{C}$ га иситилади, шунинг учун сарф ўлчанган пайтдаги истеъмол қилинган қувват катта бўлмайди.

Кўпинча модда сарфини ўлчашда иккинчи группа сарф ўлчагичлари ишлатилади. 4—19-расмда иккинчи группа 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 тирсақларига уланади.

Калориметрик сарф ўлчагичларнинг афзалликлари — юқори аниқлик классига эга (хатоси $\pm 0,5 \dots 1\%$); ўлчаш диапазони катта ($10 : 1$); пульсланувчи ва кичик сарфларни ўлчаш имкони бор. Бу приборларнинг камчилиги — берилган температуралар фарқини ва оқимни иситиш учун электр қувватининг доимийлигини автоматик равишда сақлаш мураккаб.

Калориметрик сарф ўлчагичлар асосан газлар сарфини ўлчаш учун ишлатилади.

Суюқлик, газсимон ва сочиловчан моддалар сарфи, массаси ва ҳажмини ўлчайдиган яна бир қатор қурилмалар мавжуд. Масалан, ядромагнит резонансли, уюрмавий ва бошқалар. Лекин бу приборларнинг ҳозирги пайтда фақат тажрибали намуналари тайёрланиб, улар химия саноатида ўзларининг мураккаблиги, метрологик хусусиятлари ва бошқа сабабларга кўра ишлатилмайди.

IV.8- §. Тезлик ва ҳажм сўтчиклари

Суюқлик ва газсимон моддалар миқдорини ўлчашга мўлжалланган сўтчиклар ўзларининг ишлаш принципига кўра тезлик, ҳажм ва вазн сўтчикларига бўлинади. Кўпроқ тезлик ва ҳажм сўтчиклари ишлатилади. Газ миқдорини ўлчаш учун ҳажмий усулдан фойдаланилади.

Тезлик сўтчиклари модда миқдорини оқим тезлиги бўйича, ҳажм сўтчиклари эса ҳажм бўйича ўлчайди. Иккала сўтчик ҳам модданинг прибор ишлаб турган вақтда ундан ўтган умумий миқдорини кўрсатади. Маълум вақт оралиғидаги модда миқдорини аниқлаш учун олинган даврнинг бошланиши ва охиридаги сўтчик кўрсатишини белгилаш керак. Сўтчик кўрсатишларининг фарқи шу давр ичида

прибордан ўтган модда миқдорига тенг бўлади. Суюқлик миқдорини ўлчайдиган тезлик счётчиклари ҳаракатдаги оқимнинг ўртача тезлигини ўлчаш принципига асосланган. Суюқлик миқдори оқим ҳаракати тезлиги билан қуйидаги нисбат орқали боғланган:

$$Q_0 = v_{\text{орт}} \cdot S, \quad (4-49)$$

бу ерда Q_0 — ҳажмий сарф, $\text{м}^3/\text{с}$; $v_{\text{орт}}$ — оқимнинг ўртача тезлиги, $\text{м}/\text{с}$; S — оқимнинг кўндаланг кесим юзи, м^2 .

Оқим йўлига ўрнатилган парракларнинг айланиш сонига қараб прибордан ўтган суюқлик миқдорини аниқлаш мумкин. Парраклар айланишининг тезлиги оқим тезлигига пропорционалдир:

$$n = K \cdot v_{\text{орт}}; \quad (4-50)$$

бунда n — парракларнинг айланиш сони, $1/\text{с}$; K — приборнинг геометрик ҳажмига боғлиқ бўлган прибор доимийси, м^{-1} ; Агар (4—49) тенгламани назарда тусак:

$$n = K \frac{Q_0}{S}. \quad (4-51)$$

Парракларнинг τ вақт ичидаги айланишлар сони прибордан шу вақт ичида ўтган модда сарфига пропорционал:

$$N = n \tau = \frac{K}{S} Q \tau. \quad (4-52)$$

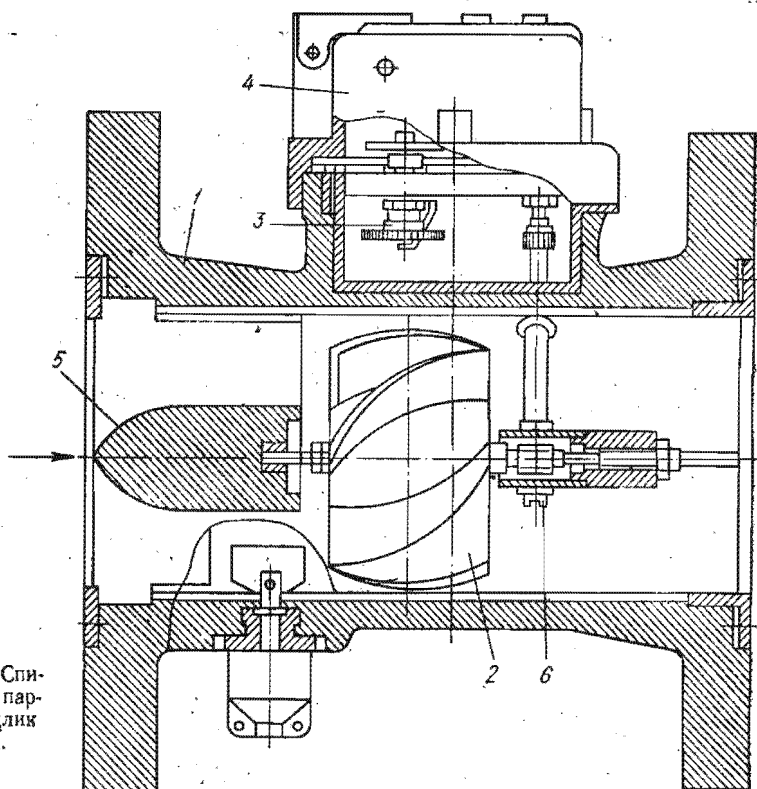
Парракларнинг шаклига кўра тезлик счётчиклари икки гурппага бўлинади: қанотли ва спиралсимон.

Спиралсимон парраклар ўлчанаётган оқимга нисбатан параллел, қанотли парраклар эса оқим ўқиға перпендикуляр жойлашади. Спиралсимон парракларга эга бўлган тезлик счётчиклари кўп миқдордаги сув сарфини ўлчашда ишлатилади. 4—20-расмда спиралсимон (горизонтал) парракли (сув ўлчагич) счётчик кўрсатилган. Суюқлик оқими приборнинг корпуси 1 га келиб, шарра тўғрилагич 5 орқали кўп киришли винт шаклида ишланган паррак куракчалари 2 га йўналади. Парраклнинг айланиши червякли жуфт 6 ва узатиш механизми 3 орқали счётчик 4 га узатилади.

Бу счётчиклар 50 ... 200 м^3 шартли ўтишга мўлжалланиб, сарфни 70 ... 1700 $\text{м}^3/\text{соат}$ ва $\pm 2 \dots 3\%$ хато билан ўлчайди. Бунда босим 0,98 $\text{мН}/\text{м}^2$ (10 $\text{кгк}/\text{см}^2$) ни ташкил қилади.

Суюқликни парракка келтириш усулига кўра қанотли счётчиклар бир шаррали ва кўп шаррали бўлади.

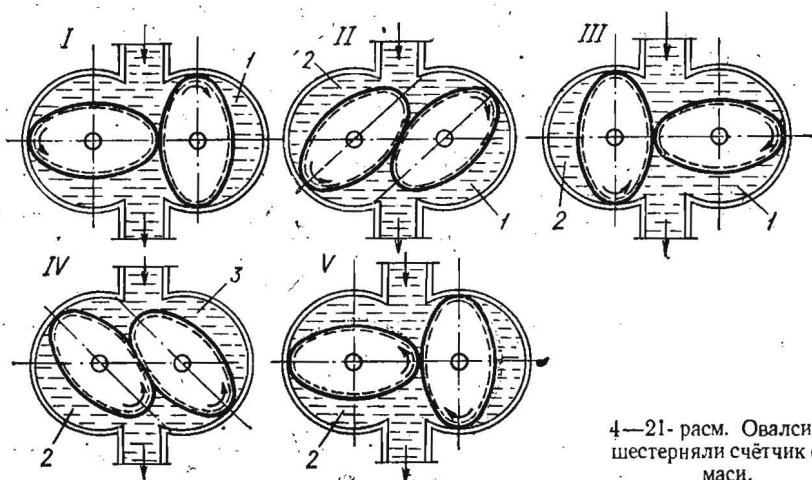
Ҳажмий счётчикларнинг ишлаш принципи модданинг муайян ҳажмини ўлчаш камерасидан босимлар фарқи таъсирида чиқарилишига асосланган. Ҳажм счётчиклари асосан тоза, механикавий аралашмаларсиз бўлган суюқлик ва газлар миқдорини ўлчашга мўлжалланган. Ҳажм счётчикларининг асосий афзаллиги хатонинг кичиклиги ва ўлчаш диапазонининг катталигидир.



4—20- расм. Спиралсимон поршнли суюқлик счѣтчиғи.

Тузилишига кўра ҳажм счѣтчиклари овалсимон саккиз шаклидаги шестерняли цилиндрлик дискли ва халқа поршенли счѣтчикларга бўлинади.

Овалсимон шестерняли ва цилиндрлик поршенли счѣтчиклар кенг тарқалган ҳамда химия саноатида кенг ишлатилади. 4—21-расмда овалсимон суюқлик счѣтчиғининг принципиал схемаси келтирилган. Счѣтчикдан ўтган суюқлик оқими ўз энергиясидан бир қисмини овалсимон шестерняларни айлантиришда йўқотади. Шестернялар оқимнинг киришига кўра бир-бирини кетма-кет ҳаракатга келтиради. Овалсимон шестернялар айланганда шестерня овали ва ўлчаш камераси девори билан чекланган суюқликнинг муайян ҳажми чиқариб юборилади. Шестернянинг бир марта тўлиқ айланишида счѣтчик ўлчов камерасининг ҳажми йиғиндисига тенг бўлган тўртта маълум ҳажмдаги суюқлик оқиб ўтади. Счѣтчикдан ўтган суюқлик миқдори шестерняларнинг айланишлар сонига кўра аниқланади. I ҳолатда (4—21-расм) суюқлик ўнг шестерняни соат стрелкаси йўналишида айлантиради, ўнг шестерня эса ўз навбатида чап шестерняни соат стрелкаси йўналишига қарши айлантиради. Бу ҳолатда ўнг шестерня суюқликнинг I қисмини чиқариб ташлайди. II ҳолатда чап шестерня суюқликнинг янги 2-қисмини чиқаради, ўнг шестерня эса аввал чиқарилган I ҳажми счѣтчикнинг чиқишига узатади. Иш пайтида айлан-



4—21- расм. Овалсимон шестерняли счѣтчик схемаси.

тирувчи момент иккала шестерняга ҳам таъсир қилади. III ҳолатда чап шестерня етакловчи бўлиб, суюқликнинг 2-ҳажмини чиқаради. IV ҳолатда ўнг шестерня 3-ҳажмини чиқаришни тамомлайди, чап шестерня эса 2-ҳажмини счѣтчикка киритади. V ҳолатда 3-сиғим батамом чиқарилади, иккала шестерня ҳам ярим айланишни бажариб ўнг шестерня яна етакловчи бўлиб қолади. Шестернялар айланишининг иккинчи ярми юқоридагидек ўтади. Суюқликнинг ҳажми шестернялар айланишига мос.

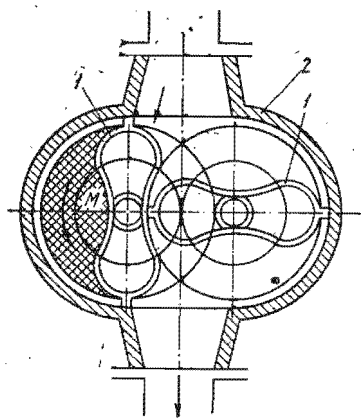
Овалсимон шестерняли суюқлик счѣтчиклари $0,8 \dots 36 \text{ м}^3/\text{соат}$ диапазондаги ўлчовларни таъминлайди (ШЖО типдаги). Шартли ўтиш диаметрлари $15 \dots 80 \text{ мм}$, приборнинг хатоси $\pm 0,5\%$, ишчи босими $1,57 \text{ МН/м}^2 (\approx 16 \text{ кгк/см}^2)$. Счѣтчик ўрнатилишидаги босимнинг йўқотилиши тахминан $0,02 \text{ МН/м}^2 (0,2 \text{ кгк/см}^2)$.

Ротацион счѣтчиклар (4—22-расм) кўп миқдордаги газ ҳажмини ўлчашга мўлжалланган. Бу приборларда ўлчов саккиз кўринишдаги иккита ротор 1 ёрдамида бажарилади. Бу роторлар ғилоф 2 ичида айланади. Счѣтчикка газ тўрли филтрнинг кириш тармоғи орқали келади. Роторлар счѣтчик кириши ва чиқишидаги босимлар фарқи ҳисобига айланади. Роторлардан бири прибордан ўтган газ ҳажмини кўрсатувчи ҳисоблаш механизми билан боғланган. Счѣтчикнинг ўлчаш ҳажми ғилоф девори ва ротор орасидаги масофа орқали аниқланади.

Ротацион счѣтчиклар $40 \dots 4000 \text{ м}^3/\text{соат}$ сарфни ўлчашга мўлжаллаб чиқарилади. Ишчи босимлари: $0,1; 0,6; 1,6$ ва $6,4 \text{ МПа}$. Шартли ўтиш диаметрлари $50 \dots 1200 \text{ мм}$. Приборларнинг аниқлик классси 1 ва 1,5. Счѣтчик ўрнатилишидаги босим сарфи $35 \dots 40 \text{ мм сув. уст. дан}$ ошмайди.

IV.9-§. Автомат тарозилар

Химия ва озиқ-овқат саноатида йирик ҳажмли материаллардан бошлаб дисперс моддаларнинг (сочилувчи қаттиқ материаллар) миқдорини (массасини) ўлчашга тўғри келади. Моддаларнинг массаси



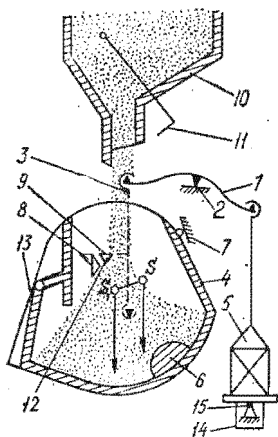
4—22- расм. Ротацион счѣтчик-
лар.

тарозилар ёрдамида ўлчанади. Тарозилар вазифасига кўра асосий беш гурупага бўлинади: 1) умумий ишларга мўлжалланган тарозилар; 2) технологик тарозилар; 3) лаборатория тарозилари; 4) метрологик тарозилар; 5) махсус ўлчовларга мўлжалланган тарозилар.

Саноат шароитларида асосан умумий ишларга мўлжалланган ва технологик тарозилар ишлатилади. Ишлаш принципи жиҳатдан технологик тарозилар даврий ва узлуксиз бўлади. Даврий тарозилар автоматик даврий дозаторларда кенг тарқалган, узлуксиз тортиш тарозилари эса узлуксиз автоматик вазн дозаторларида кенг ишлатилади.

Кучни электр ва пневматик сигналларга айлантирувчи (тензометрик,

пневматик) вази қурилмалари масофада туриб контрол қилиш имконини беради ва автоматик узлуксиз ҳамда даврий дозалаш системаларида ишлатилади.



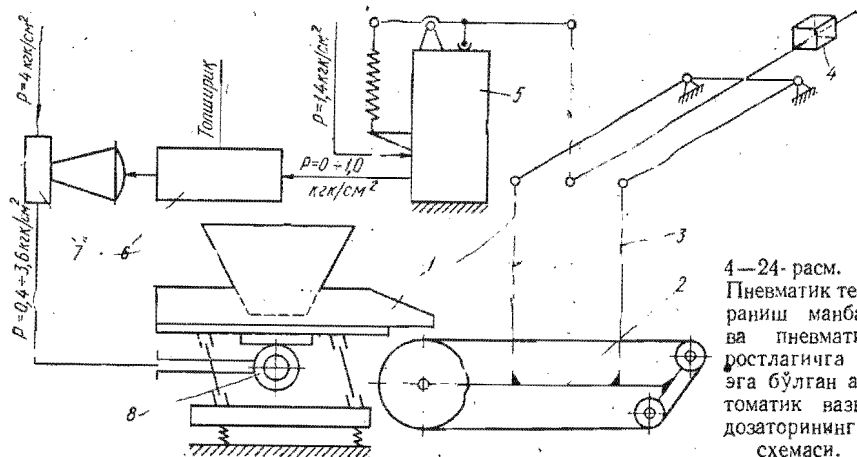
4—23- расм. Ағдарма ковш-
ли автоматик тарозининг
принципал схемаси.

кўтарилишда эса у призма 8 дан чиқиб кетади. Тўсиқдан озод бўлган ковш соат стрелкаси йўналишига қарши айланади, ковшдаги материалнинг оғирлиги ва босими таъсирида эшикча 13 очилиб, ковшдаги материал тўкилади. Тош ушлагичнинг пастки қисмида скоба 14 ўрнатилган, скоба ҳаракатсиз таянч 15 таъсирида ковш ҳаракатини чеклайди. Ковшнинг бўшаши пайтида тошлар пастга тушиб, ковш кўтарилади. Ковш батамом бўшаганида, оғирлик маркази осма нуқта-сига нисбатан ўнгга ўтиши туфайли, ковш соат стрелкаси йўнали-ши бўйича айланади ва бошланғич ҳолатига келади. Ковшнинг айланиши билан бирга тўсиқ 11 очилади ва ковш яна тўлдирилади. Бундай тарозиларнинг асосий хатоси $\pm 0,5 \dots 1\%$. Уларнинг ҳажми турлича бўлади.

Узлуксиз ҳаракатли автоматик вазн дозаторлари айрим оқим-ларни ёки технологик аппаратларга келадиган сочилувчи материал-лар орасидаги нисбатни стабиллаштиришга мўлжалланган. Мамла-катимиз саноатида автоматик вазн дозаторларининг турли конструк-цияли ва вазифали катта номенклатураси чиқарилади. Кўпінча айрим оқимларни стабиллаш вазифаси юкланган узлуксиз ҳаракатли лен-тали автоматик вазн дозаторлари ишлатилади. Бу приборларнинг маҳсулдорлиги бир соатда бир килограммдан бир неча минг килограмм-гача. Иш процессида дозаторлар ҳаракатдаги материал вазини уз-луксиз тортади ва тортиш натижасига кўра оқим интенсивлигини ростлайди. Материални узатиш усулига кўра лентали дозаторлар икки асосий гурпуага бўлинади:

1) ростловчи органининг механикавий (кинематик) алоқасига эга бўлган дозаторлар, бу дозаторларда ростлагич вазифасини вазн сезгир элементи бажаради (бевосита таъсир қилувчи ростлагичли дозаторлар);

2) ёрдамчи энергия манбаи билан электрик ёки пневматик боғ-ланган дозаторлар, бунла тортиладиган модданинг тарозига узатилиши берилган иш унумига мувофиқ автоматик равишда ўзгартирилади (билвосита таъсир қилувчи ростлагичли дозаторлар).



4—24- расм.
Пневматик теб-
раниш манбаи
ва пневматик
ростлагичга
эга бўлган ав-
томатик вазн
дозаторининг
схемаси.

Химия саноатида бошқа приборларга нисбатан кўпроқ пневматик тебранишли таъминлаш манбаи ва пневматик ростлагичга эга бўлган автоматик лентали вазн дозаторлари ишлатилади (4—24-расм). Бундай вазн дозаторлари электромагнит вибраторларни қўллаш мумкин бўлмаган жойларда ишлатилади. Дозаторнинг иши дозаланаётган материалнинг ҳақиқий массаси билан берилган массасини солиштиришга асосланган. Транспортёрга кўрсатилган вазн юкига пропорционал равишда сиқилган ҳаво босими ўзгаради. Материал бункердан пневматик тебранишни таъминловчи тарнов 1 га келади, тарнов юкни транспортёр 2 га бир меъёрга узатиб туради. Транспортёр осмалар 3 орқали вазн ўлчайдиган механизм билан боғланган. Транспортёр лентаси транспортёрга қурилган синхрон электр двигателъ ёрдамида ишга туширилади.

Вазн ўлчайдиган механизм юк 4 билан мувозанатланган ричагли система ва ўзгартгич 5 дан иборат. Ўзгартгич 5 ричагли система силжишларини транспортёрдаги материал вазнининг ўзгаришига пропорционал бўлган пневматик сигналга айлантиради. Ўзгартгич ҳосил қилган пневматик сигнал сильфонли манометр ва ростлагич 6 га келади. Берилган вазифа ўзгартгич 5 нинг ўзгарувчиси қиймати билан мосмаслиги натижасида ростлагич буйруқ сигналинини ишлаб чиқаради. Бу сигнал ростловчи клапан 7 мембранасига келади ва вибродвигателга келадиган ҳаво босимини ўзгарттиради. Тебраниш двигателларининг поршенли ва шарсимон турлари ишлатилади. Тебраниш двигатели 8 билан маҳкам боғланган тарнов 1 нинг тебраниши шарчанинг вибродвигателъ атрофида ҳаво босими таъсирида айланиши натижасида вужудга келади.

Тебранишлар частотаси $0,15 \text{ мН/м}^2$ ($1,5 \text{ кгк/см}^2$) гача бўлган ҳаво босимида $100 \dots 150 \text{ Гц}$ ни; $0,98 \text{ мН/м}^2$ (10 кгк/см^2) ҳаво босимида эса $600 \dots 800 \text{ Гц}$ ни ташкил қилади. Шундай қилиб, манбанинг маҳсулдорлиги босим ўзгаришига қараб катта диапазонда ўзгариши мумкин. Автоматик вазн дозаторларининг хатоси $\pm 0,5\%$.

V БОБ. САТҲНИ ЎЛЧАШ

V.1-§. Асосий маълумотлар ва классификация

Суюқлик ва сочиловчан моддалар сатҳини ўлчаш саноат технологик процессларини автоматлаштиришда муҳим аҳамиятга эга. Сатҳни ўлчаш модданинг сифимдаги миқдорини аниқлаш ва технологик процессдаги ишлаб чиқариш аппаратида сатҳ ҳолатини контрол қилишдан иборат.

Ишлаш характери жиҳатдан сатҳ ўлчагичлар узлуксиз ва узлукли (релели) бўлади.

Релели сатҳ ўлчагичлар модда муайян сатҳга эришганда ишлай бошлайди, бу приборлар сигнализация мақсадида ишлатилади ва сатҳ сигнализаторлари дейилади.

Сатҳ ўлчагичлар ишлаш принципи ва ўзининг тузилиши жиҳатдан бир-бирларидан фарқ қилади. Сатҳ ўлчагичларнинг хилма-хиллиги сифим чегараларининг кўплиги, эксплуатация шароитларининг ҳар хиллиги ва ўлчанаётган моддаларнинг турлича физика химиявий

хусусиятлари билан характерланади. Масалан, суюқлик сатҳини ўлчашга мўлжалланган кўпчилик приборлар сочилувчан моддалар сатҳини ўлчаш учун яроқсиз, усти очиқ сигимларда ишлатиладиган приборлар эса юқори босимда ишлайдиган сигимлар учун яроқсиздир.

Сатҳни контрол қилиш прибори тузилиши бўйича шкалали ва шкаласизларга бўлинади. Бу приборлар, одатда, иккиламчи приборлар билан бирга ишлайди ёки сатҳнинг чегараси ҳақида мустақил сигнал беради.

Ишлаш принципига кўра сатҳни ўлчайдиган приборлар қуйидаги группаларга бўлинади: кўрсатиш ойнаси; қалқовичли; гидростатик; электрик; радиоизотопли; ультратовушли; вазнли ва бошқалар.

Химия ва озиқ-овқат саноатида бу сатҳ ўлчагичлар бир қатор талабларни қаноатлантирмайди. Бунга сабаб кўпчилик ишлаб чиқариш аппаратураларининг юқори босим ва температураларда ишлаши ҳамда контрол қилинаётган моддаларнинг хусусий хоссаларидир (агрессивлик, зарарлилик, ўта қовушоқлик ва ҳоказо).

Технологик процессларни автоматлаштиришда турли талабларига мувофиқ суюқлик сатҳини ўлчашнинг турли усуллари ишлатилади. Агар кўрсатишларни масофага узатиш керак бўлмаса, суюқлик сатҳи талаб қилинган аниқлик билан кўрсатиш ойналари ёки кўрсатувчи дифманометр — сатҳ ўлчагичлар ёрдамида ўлчаниши мумкин. Кўрсатиш ойнаси орқали сатҳни ўлчаш туташ идишлар принципига асосланган. Кўрсатиш ойнасининг материали ва арматура тузилиши сатҳни контрол қилиш керак бўлган суюқликнинг босим ва температурасига боғлиқ. Ясси кўрсатиш ойналари $2,94 \text{ мН/м}^2$ (30 кгк/см^2) босим ва 300°C температурага мўлжалланган.

В. 2-§. Қалқовичли сатҳ ўлчагичлар

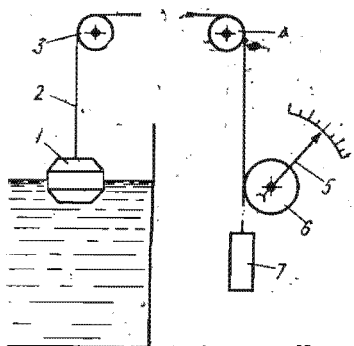
Бу приборлар суюқлик сатҳини ўлчашда кенг тарқалган. Приборнинг сезгир элементи — қалқовичнинг массаси суюқлик массасидан кам (одатда металл идиш). Шу сабабли қалқович суюқлик юзасида сузиб юради. Қалқовичли сатҳ ўлчагичларнинг ишлаш принципи суюқлик сатҳи ўзгариши натижасида қалқовичнинг силжишига асосланган. Қалқовичли сатҳ 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. Қалқовичли сарф ўлчагичларда доимий ва даврий чўкадиган (буйкали) қалқовичлар ишлатилади.

Доимий чўкадиган қалқовичли сатҳ ўлчагичларда қалқовичнинг вертикал силжиши сатҳ ўзгаришига боғлиқ, яъни:

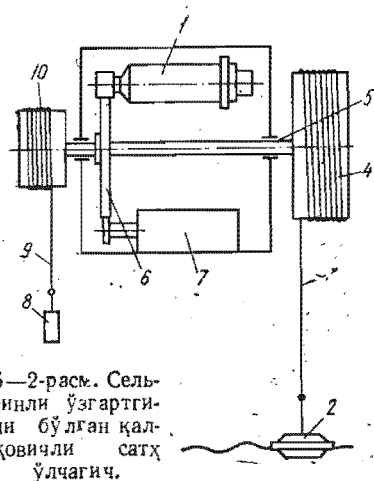
$$x = f(H), \quad (5-1)$$

бу ерда x — қалқовичнинг силжиши, м; H — ўлчанаётган суюқлик сатҳи, м.

5—1-расмда доимий чўкадиган қалқовичли сатҳ ўлчагичнинг оддий схемаси кўрсатилган. Саноатда қўлланиладиган кўпчилик сатҳ ўлчагичлар шу схема асосида ишлайди.



5—1-расм. Қалқовичли сатҳ ўлчагич схемаси.



5—2-расм. Сельсингли ўзгартгичи бўлган қалқовичли сатҳ ўлчагич.

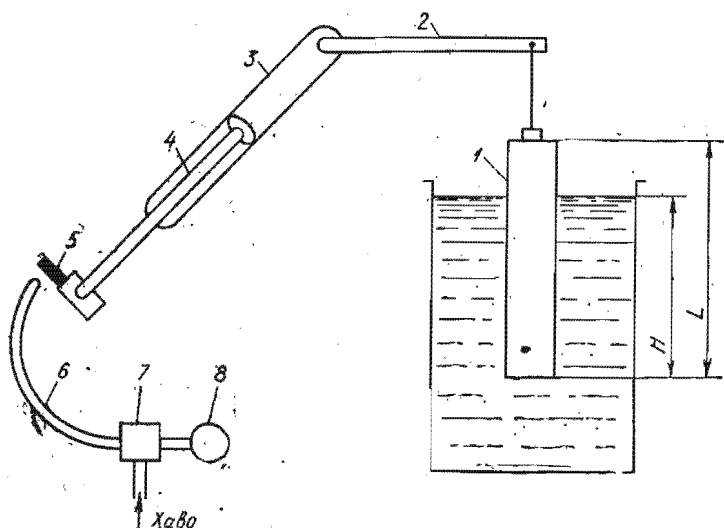
Суюқлик сатҳининг ўзгариши унинг юзасида сузиб юривчи қалқович 1 ёрдамида аниқланади. Қалқовичнинг силжиши роликлар 3 ва 4 дан ўтган трос 2 ёрдамида ўлчагич шкив 6 га узатилади. Шкив ўқиға резервуардаги суюқлик сатҳини шкалада кўрсатувчи стрелка 5 ўрнатилган. Қалқович билан трос юк 7 орқали мувозанатланади. Шундай қилиб, оддий қурилма ёрдамида етарли даражада аниқлик билан сатҳни ўлчаши мумкин.

Қалқовичли сатҳ ўлчагичнинг камчиликлари: приборнинг тескари жойлашган шкаласи, баланд резервуарлар ёнида ҳисоблаш қийинлиги, тросни тортиб турган кучнинг ўзгариши сабабли содир бўладиган хатолар.

5—2-расмда яна бир сатҳ ўлчагич схемаси кўрсатилган. Бу приборда юқоридаги қалқовичли сатҳ ўлчагичнинг камчиликлари бартараф этилган. Қалқович 2 ўлчаш барабани 4 га ўраладиган трос 3 га осилган. Барабан 4 нинг ўқи 5 га тишли ғилдирак 6 ўрнатилган. Бу ғилдирак сельсин 1 ва счётчик 7 шестернялари билан туташади. Троснинг таранглигига барабан 10 га трос 9 орқали осилган посанги 8 ёрдамида эришилади; барабан 10 ўлчаш барабани билан бирга умумий ўққа ўрнатилган.

Иккиламчи прибор ҳисоб механизми билан кинематик равишда боғланган сельсиндан иборат. Сельсин ротори айланганда ҳисоблаш механизмининг барабанлари бурилади ва счётчик дарчаларида сатҳ ҳолатини кўрсатувчи рақамлар пайдо бўлади. Иккиламчи приборда сатҳ четки чегаралари ҳолатининг сигнализацияси учун иккита контакт мавжуд. Контактлар прибор шкаласининг исталган нуқталарига ростланиши мумкин. Сатҳни ўлчаш диапазони 10 м гача. Сатҳнинг ўзгаришига қараб қалқовичнинг ўзгаришини камайтириш керак бўлганда, чизиқли эластик характеристикага эга бўлган даврий чўкадиган цилиндрик қалқовичдан фойдаланилади. Даврий чўкадиган қалқовичли сатҳ ўлчагичнинг ишлаш принципи қалқович (буйка) массасининг суюқликка чўкиш чуқурлигига қараб ўзгаришига асосланган.

5—3-расмда даврий чўкадиган қалқовичли сатҳ ўлчагичнинг (буйкали сатҳ ўлчагич) схемаси кўрсатилган. Бу прибор кўрсатишларни пневматик равишда масофага узатади. Қалқович 1 торсионли



5—3- расм. Даврий чўқадиган қалқовичли ва кўрсатишларни масофага пневматик узатадиган сатҳ ўлчагич схемаси.

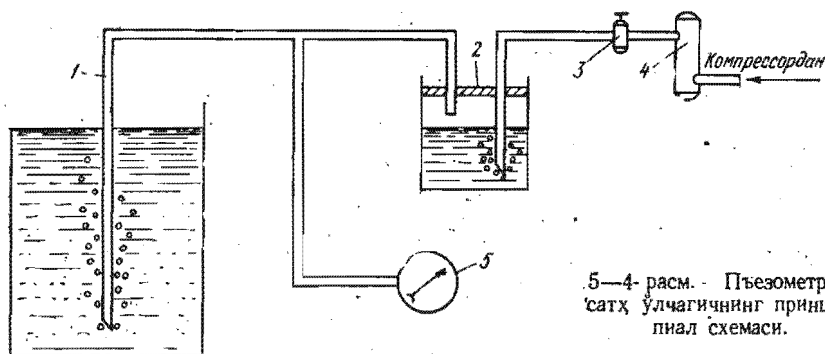
трубка 3 учига ўрнатилган рычаг 2 га осилган. Қалқович ўз оғирлиги билан торсионли трубка ва унинг ичидаги пўлат стержен 4 ни буради, бурилиш бурчаги сатҳ ўзгаришидаги қалқовичнинг ўзгарадиган оғирлик кучига пропорционал. Қалқович шундай оғирликка эгаки, у суюқликка батамом чўкканда, қалқиб чиқмайди. Стержень 4 нинг бўш учида пневмоқурилма 7 нинг заслонкаси 5 маҳкамланган. Торсионли трубка найча стержени бурилганда тўсиқ сопло 6 га нисбатан шу бурилиш бурчагига тенг очилади. Пневмоқурилма 7 тўсиқнинг бурчакли силжишини иккиламчи прибор 8 орқали ўлчанадиган босимнинг пропорционал ўзгаришига айлантиради. Босим ўлчайдиган приборнинг шкаласи 8 сатҳ бирлигида даражаланган.

Агрессив суюқликлар сатҳини ўлчашда қалқович коррозияга чидамли материалдак тайёрланади.

Масофага узатишнинг механикавий пневматик ва электрик системаларига эга бўлган сигнализатор ва ростлагичли буйкали сатҳ ўлчагичларнинг катта номенклатураси ишлаб чиқарилади. ДПС да 20 ... 16 м чегарадаги суюқликлар сатҳини ўлчашга мўлжалланган 16 хил буйкали сатҳ ўлчагичлар назарда тутилган. Бу приборларда энг катта ишчи босим 10 МПа. Приборларнинг аниқлик классси 1 ва 1,5.

V.3- §. Гидростатик сатҳ ўлчагичлар

Гидростатик сатҳ ўлчагичлар очиқ резервуар ҳамда босим остидаги ишларда турли суюқликлар (жумладан агрессив, тез кристалланувчи ва қовушоқ моддалар) сатҳини ўлчашда ишлатилади. Бу при-



борларда суюқлик сатҳини ўлчаш суюқлик устуни ҳосил қиладиган босимни ўлчаш билан амалга оширилади, яъни

$$P = H \cdot \rho \cdot g; \quad (5-2)$$

бу ерда P — суюқлик устуни ҳосил қилган босим, Па; H — суюқлик сатҳи, м; ρ — суюқлик зичлиги, кг/м^3 ; g — оғирлик кучининг тезланиши, м/с^2 .

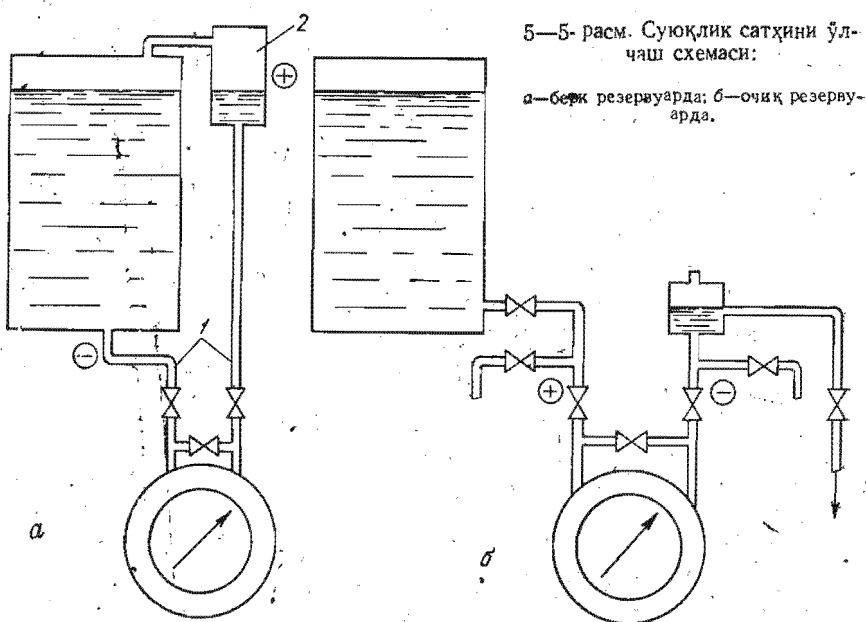
(5—2) тенглама босимни ўлчаш асосида сатҳ датчикларини қуриш мумкинлигини кўрсатади. Газ ёки ҳавони узлуксиз ҳайдайдиган пьезометрик ва суюқлик устунини бевосита ўлчайдиган гидростатик сатҳ ўлчагичлар мавжуд. Пьезометрик сатҳ ўлчагичнинг принципаал схемаси 5—4-расмда келтирилган. Бу прибор резервуарга тушириладиган трубка 1 ва бу трубкага уланган ҳамда трубка ичидаги газ (ҳаво) босимини ўлчайдиган манометр 5 дан иборат. Қисилган ҳаво компрессордан фильтр 4 ва редуктор 3 орқали берилади. Редуктор 3 ҳавони трубка орқали беришни ростлайди. Ҳаво берилишини контрол қилиш учун визуал контрол прибор ёки ротаметр 2 хизмат қилади. Трубкадаги ҳаво босими резервуарни тўлдираётган суюқлик сатҳига пропорционал.

Суюқлик сатҳини ўлчаш пайтида маълум шароитларда статик электр токи пайдо бўлиши мумкин. Шунинг учун тез алангаланувчи ва портлаш хавфи бор суюқликларни контрол қилишда сиқилган газ сифатида карбонат ангидрид, азот, тугунали газлар ёки махсус пьезометрик сатҳ ўлчагичлар ишлатилади. Бундай приборлар суюқликнинг доимий зичлигида $\pm 1,5\%$ аниқлик билан ўлчайди.

Идишдаги суюқлик устунининг босимини ўлчайдиган ҳар қандай системанинг дифманометри гидростатик сатҳ ўлчагичнинг бошқа туридир. Дифманометр орқали очиқ ва ёпиқ резервуарлардаги суюқликлар сатҳини, яъни босим остидаги ёки сийракланиш шароитидаги суюқликлар сатҳини ўлчаш мумкин. Бундай приборларнинг ишлаш принципи икки суюқлик устунининг босимлар фарқини ўлчашга, яъни резервуардаги суюқлик сатҳига боғлиқ бўлган ўзгарувчан суюқ-

лик устуни босимини ва солиштириш ўлчови вазифасини бажарувчи доимий устун бўйича босимни ўлчашга асосланган. Босимлар фарқи резервуар тубидан пастга ўрнатилган дифманометр орқали ўлчанади. 5—5-расмда очиқ ва берк резервуардаги суюқлик сатҳини ўлчаш схемаси кўрсатилган.

Дифманометрнинг мусбат ва манфий камералари резервуар билан импульс найлар 1 орқали боғланган. Сатҳни дифманометр орқали

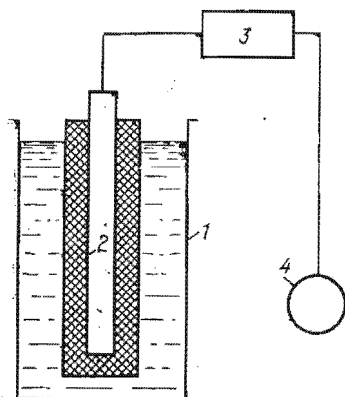


ўлчашда албатта тенглаштирувчи идиш 2 ўрнатилади. Бу идиш резервуардаги суюқлик билан маълум сатҳгача тўлдирилади. Тенглаштирувчи идишнинг вазифаси дифманометр тирсакларидан бирида суюқликнинг доимий устунини таъминлашдан иборат. Дифманометрнинг иккинчи тирсагидаги суюқлик устунининг баландлиги резервуардаги сатҳ ўзгаришига қараб ўлчанади. Резервуардаги ҳар бир сатҳ қийма-тига босимларнинг муайян пасайиши мос келади. Бу ҳол босим пасайишининг катталигига қараб сатҳ ҳолати ҳақида фикр юритишга имкон беради.

Агрессив суюқликлар сатҳини ўлчашда дифманометр агрессив муҳит таъсиридан ҳимояланади. Бундай сатҳ ўлчагичлар етарли даражада аниқ ишлайди, лекин суюқлик зичлигининг ўзгаришини ўлчовга кўрсатган таъсирини эътиборга олиш лозим ва приборни даражалашда бунни назарда тутиш керак. Сатҳни контрол қилиш учун кўрсатишларни масофага пневматик ёки электрик узатишга эга бўлган труба-ли, қалқовичли, мембранали ва бошқа турдаги дифманометрлар ишлатилади.

V. 4-§. Электрик сатҳ ўлчагичлар

Электрик сатҳ ўлчагичларда суюқлик сатҳининг ҳолати қандайдир электр сигналига ўзгартирилади. Электрик сатҳ ўлчагичлар орасида энг кўп тарқалгани сифимли ва омик приборлардир. Сифимли сатҳ ўлчагичларда контрол қилинадиган муҳитнинг диэлектрик хусусиятларидан, омик приборларда эса муҳитнинг электр ўтказиш қобилиятидан фойдаланилади. Сифимли сатҳ ўлчагичлар, одатда, цилиндрик ўзгартгич ва иккиламчи прибордан иборат бўлади.



5—6-расм. Сифимли сатҳ ўлчагич ёрдамида сатҳни ўлчаш схемаси.

Электрод идиш деворлари билан биргаликда цилиндрик конденсаторни ҳосил қилади, унинг сифими суюқлик сатҳи тебраниши билан ўзгаради. Сифимнинг катталиги электрон блок 3 орқали ўлчанади ва ўлчаш прибори 4 га узатилади. Бу прибор сатҳ ўзининг маълум қийматига эришганда сигнализация схемасида релели элементдан ёки сатҳни ўлчаш схемаларида кўрсатувчи приборни ташкил қилади.

Электрик сифим, одатда, резонанс ва кўприк схемалари ёрдамида ўлчанади. Резонанс усулида ўлчанаётган сифим индуктивлик контурига параллел уланади ва резонанс контурини ҳосил қилади. Резонанс контури ўзгартгичнинг маълум бошланғич сифимидаги таъминлоъчи частота резонансига ростланади. Ўзгартгичнинг сифими контрол қилинаётган муҳит керакли сатҳга эришган ёки эришмаганлигини кўрсатади. Ўзгартгичнинг сифими ўзгариши натижасида унинг частотаси ўзгаради ва резонанс бузилади. Бу усул кўпчилик сифимли сатҳ сигнализаторларида ишлатилади.

Кўприк усулида контрол қилинаётган сифим кўприкнинг бир елкасига уланади. Сатҳ ўзгариши билан сифим ўзгаради ва кўприкда баланс вужудга келади. Нобаланслик сигнали кучайтиргич орқали сатҳ бирлигида даражаланган кўрсатувчи электр приборига узатилади. Кўприк усули кўпчилик сифимли сатҳ ўлчагичларда ишлати-

лади. Резервуардаги сатҳни ўлчаш чегаралари 0 ... 5 м; электрон блокдан сатҳнинг дистанцион кўрсаткичигача бўлган энг катта масофа 1000 м; резервуардаги максимал босим $2,94 \text{ мН/м}^2$ (90 кгк/см^2); йўл қўйиладиган хато $\pm 2,5\%$.

Омик сатҳ ўлчагичлар, асосан, сигнализация ва электр ўтказувчи суюқликларни (кислота, ишқор) маълум сатҳда ушлаб туриш учун ишлатилади. Омик сигнализаторларнинг ишлаш принципи таъминлаш манбаи электр занжирининг контрол қилинаётган муҳит орқали туташishiга асосланган. Бу муҳит муайян омик қаршиликка эга бўлган электр занжирдан иборат. Тажриба омик сатҳ сигнализаторлари $2 \cdot 10^{-3} \text{ см}$ ва ундан юқори ўтказувчанликка эга бўлган муҳитларда ишлатилиши мумкинлигини кўрсатди. 5—7-расмда омик сатҳ сигнализаторининг схемаси кўрсатилган.

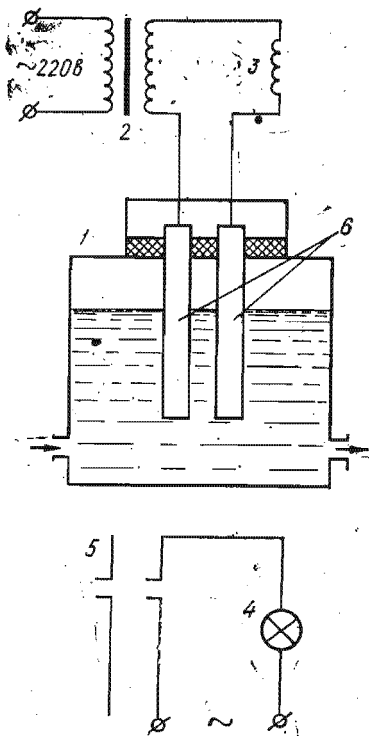
Сигнализатор ўзгартгич 1 ва таъминлаш блокдан иборат. Прибор бир-биридан изоляция қилинган икки электрод 6 ни ўз ичига олади. Таъминлаш блокида пасайтирувчи трансформатор 2 билан электромагнит реле 3 киради. Агар суюқлик сатҳи электродлардан паст бўлса, электродлар ўртасидаги электр занжир уланмайди. Суюқлик сатҳи кўтарилганда электродлар уланиб занжир орқали ток ўта бошлайди. Трансформаторнинг иккиламчи чулғамида кучланиш индуктивланади. Электромагнит реле 3 ғалтагидан ток ўтади ва контактлар 5 сигнал лампаси занжири 4 ни улайди. Электродлар сифатида металл стержень ёки трубкалар ва кўмир электрод ишлатилади.

Прибор 24 В гача доимий кучланиш ёки 36 В гача ўзгарувчан кучланиш билан таъминланади. Кучланишнинг катталиги контрол қилинаётган муҳитнинг ўтказувчанлигига, унинг тури (доимий ёки ўзгарувчан) эса муҳитнинг хусусиятларига боғлиқ.

Приборлар ишчи муҳитнинг 200° С гача бўлган температурасида $\pm 10 \text{ мм}$ хато билан ишлайди.

Барча электродли приборларнинг камчилиги уларни қовушқоқ, кристалланувчи, қаттиқ чўкмалар ҳосил қилувчи муҳитларда ишлатиб бўлмаслигидан иборат.

Сигимли ва омик электр сатҳ ўлчагичлар ҳамда сигнализаторларнинг турли эксплуатация шароитларига мўлжалланган катта номенклатураси ишлаб чиқарилади. Уларнинг кўпчилиги химия ва озиқ-овқат саноатида кенг ишлатилади.



5—7-расм. Омик сатҳ сигнализаторининг схемаси.

V. 5-§. Радиоизотопли сатҳ ўлчагичлар

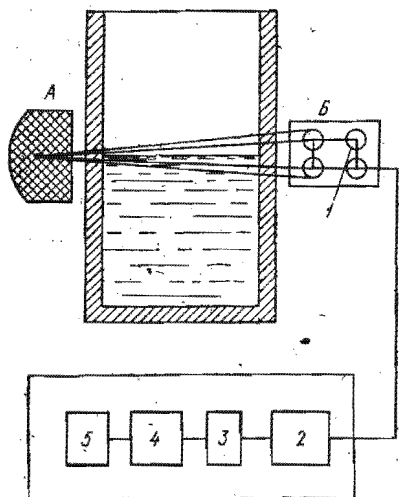
Берк сизимдаги суюқликни ва сочилувчан материаллар сатҳини сингувчи ў нурланишлар ёрдамида контрол қилиш мумкин. Сатҳни ўлчаш ў нурларининг модда қатлаמידан ўтишида уларнинг ютилишига асосланган.

Радиоизотопли сатҳ ўлчагичлар бошқа приборларга нисбатан универсалдир. Бу приборлар сатҳ ўлчашни контрол қилишни дискрет ва узлуксиз равишда амалга оширади; улар очик ва берк резервуардаги суюқлик ҳамда сочилувчан моддалар сатҳини ўлчаш учун ишлатилиши мумкин, бу приборлар контактсиз бўлгани сабабли контрол қилинаётган муҳитларнинг агрессивлигига нисбатан сезгир эмас. Приборлар кўрсатишининг аниқлиги ва стабиллиги муҳит ҳолатининг (температура, намлик, электр ўтказувчанлик, зичлик ва бошқа физикавий хоссалар) ўзгаришига боғлиқ эмас.

Радиоизотопли сатҳ ўлчагичларнинг ишлаш принципи ютиш қобилияти турлича бўлган иккита муҳитдан ўтаётган нурларнинг қайд қилиниши ва муҳитларнинг чегараси ўзгариши билан нурланиш интенсивлигининг ўзгаришига асосланган. Кўпинча ионловчи нурланишнинг ҳаво ва ўлчанаётган суюқлик ёки ҳаво ва сочилувчан (ўлаккли, кукунсимон) моддалар орқали ютилишидаги фарқдан фойдаланилади. Барча радиоизотопли сатҳ ўлчагичларнинг асосий қисмлари нурланиш манбаи ва нурларни қабул қилувчи приборлардан иборат. Нурланиш манбаи сифатида кўпинча ўзидан ў нурлар чиқарадиган Co^{60} , Cs^{137} , Se^{76} ва бошқа моддалар ишлатилади. Қабул қилувчи прибор сифатида Гейгер—Мюллер счётчиги, сцинтиляцион счётчиклар ёки яримўтказгичли детекторлар ишлатилади. Детектор

чиқишида пайдо бўлган импульслар электрон аппаратура орқали кучаяди ва сатҳ ўзгаришига мувофиқ электр сигналга айланади. Бу сигнал контрол қилиш ва автоматик ростлаш мақсадларида қўлланилади. 5—8-расмда сатҳ радиоизотопли индикаторининг тузилиш схемаси келтирилган.

Прибор радиоактив нурланиш манбаи А ва счётчиклар блоки Б дан иборат. Бу блок ичига счётчиклар ўрнатилган ғилофдан иборат. Агар муҳитлар чегараси сатҳнинг берилган қийматидан паст ёки баланд бўлса, счётчиклар 1 ў квантлар миқдорини қайд қилади. Радиоактив нурланиш импульслари мультивибратор 2 ёрдамида қайд қилинади ва ҳисоблаш тезлигини ўлчагич 3 га узатилади.



5—8- расм. Сатҳ радиоизотопли индикаторнинг тузилиш схемаси.

Бу ерда ҳосил бўлган кучланиш электрон кучайтиргич 4 орқали кучаяди. Кучланиш сигналли қурилма 5 орқали бошқарилади.

Радиоизотопли сатҳ индикаторлари нурланиш манбаи билан детектор орасидаги масофа 6 м ни ташкил қилганда ± 20 мм аниқлик билан ишлайди. Суюқлик ва сочилувчан моддалар сатҳини узлуксиз ўлчайдиган радиоизотопли сатҳ ўлчагичлар кузатувчи системадан иборат. Бунда нурланиш манбаи ва приёмниги сатҳнинг ўзгариши билан автоматик равишда силжийди. Бу схема бўйича ишлайдиган приборлар 0 ... 2 м дан 0 ... 10 м гача диапазондаги сатҳни ўлчашга мўлжалланган. Приборларнинг хатоси $\pm 0,5 \dots 1\%$ дан ошмайди.

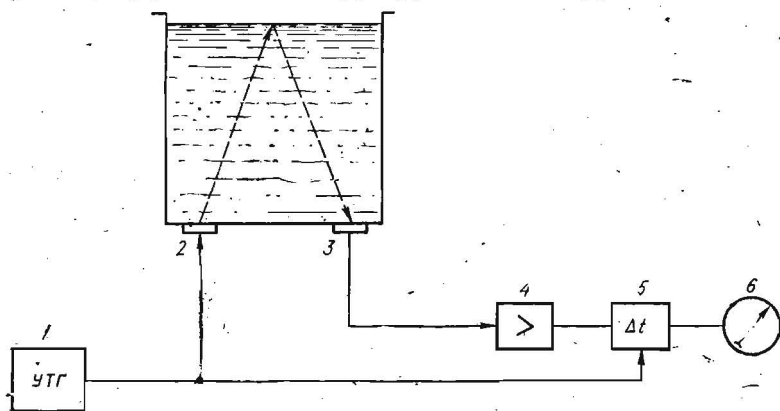
Радиоактив сатҳ ўлчагичларнинг камчилиги — механик айланувчи қисмларининг жуда кўплигидир, бу эса приборнинг ишончли ишлашини пасайтиради. Барча радиоактив приборларнинг умумий камчилиги радиоактив нурларнинг тирик организмга зарарли таъсиридир.

Радиоактив приборлар асосан бошқа турдаги приборларни ишлатиш мумкин бўлмаган ҳоллардагина қўлланилади.

V. 6-§. Ультратовушли сатҳ ўлчагичлар

Ҳозирги пайтда саноатда ультратовушли сатҳ ўлчагичлар кенг тарқалмоқда. Бу приборлар бошқа приборларга нисбатан контактсизлик, юқори аниқлик, кичик инерционлик, катта диапазонда ва агрессив суюқликларда ишлатилиши мумкин бўлган бир қатор афзалликларга эга. Аммо ўлчаш схемаларининг мураккаблиги, шунингдек, етарли даражада ишончли бўлмагани сабабли, бу приборлар бошқа қурилмалардан фойдаланиш мумкин бўлмагандагина ишлатилади.

Ультратовушли сатҳ ўлчагичларнинг 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—9-расмда ультратовушли сатҳ ўлчагичнинг структура схемаси кўрсатилган.



5—9-расм. Ультратовушли сатҳ ўлчагичнинг тузилиш схемаси.

Импульс ультратовушли тебранишлар генератори 1 дан нурлатгич 2 орқали сатҳ ўлчанаётган сифимга узатилади. Ультратовуш тўлқинлар ўлчанаётган муҳитда тарқалади ва суюқлик — ҳаво чегарасидан қайтади. Қайтган тўлқинлар муҳитдан тескари йўналишда ўтади, нурлатгич 2 га ўхшаш ультратовушли тебранишлар приёмниги 3 га келади, у ердан ультратовушли импульс кучайтиргич 4, вақт оралигини ҳисоблайдиган қурилма 5 ва ўлчаш прибори 6 га келади.

Шундай қилиб, суюқликнинг сатҳи ўлчаш импульсининг юборилиши ва қайтиши орасидаги вақт бўйича аниқланади. Нурлатгич сифатида барий титанат, пьезокварц, магнитострикцион элементлар ишлатилади. Кўпинча ультратовушли тебранишларни юборадиган ва қабул қиладиган прибор сифатида бир қурилмадан фойдаланилади. Бу прибор ўлчаш процессининг бошида нурлатгич вазифасини бажариб, пульс юборилганидан сўнг приёмник сифатида ишлайди.

Ультратовушли сатҳ ўлчагичлари 45 мм дан бир неча ўн метргача ўлчаш диапозонига эга. Ўлчанаётган муҳит температураси —50 дан +200° С гача етиши мумкин. Йўл қўйиладиган асосий хато ±2,5%.

V. 7-§. Сочилувчан моддаларнинг сарф ўлчагичлари

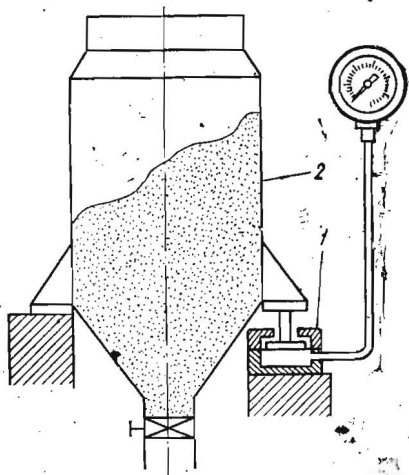
Бункер ва бошқа қурилмалардаги сочилувчан моддаларнинг сатҳини ўлчаш суюқликлар сатҳини ўлчашдан аяча фарқ қиладди, чунки материалнинг объектда жойлашиш характери унинг сатҳи ҳақида горизонтал сирт каби фикр юритишга имкон бермайди. Химия ва озик-овқат саноатининг кўпгина технологик процессларида сочилувчан материаллар сатҳини узлуксиз ўлчаш керак бўлади. Бунинг учун қалқовичли, электрик, радиоактив ва вазнли сатҳ ўлчагичлар ишлатилади.

Доимий чўкадиган қалқовичли сатҳ ўлчагичнинг ишлаш принципи қалқовичнинг сочилувчан материал ичига тушиб кетмай, унинг сиртида қалқиб туришига асосланган. Сочилувчан жисмлар сатҳ ўлчагичларининг схемаси 5—1-расмда кўрсатилганга ўхшаш.

Сочилувчан материалларнинг вазнли сатҳ ўлчагичлари бункерни осиб қўйиш конструктив қийинчиликларини ҳосил қилмайдиган ва материалнинг бункерга солиниши ҳамда ундан тўкилиши бир меъёردа бажариладиган ҳолларда ишлатилади. Ўзгартгич сифатида турли вазнли қурилмалар қўлланилади. Масалан, агар бункер пружинали таянчда турган бўлса, чегарали сатҳ ўзгартгичи сифатида четки виключателлар ишлатилиши мумкин. Бункер юкланганда, пружинали таянч сиқилади ва бункер вертикал бўйича силжийди. Бункерда ўрнатилган штанга виключателлар билан ўзаро таъсирлашиб, бункер тўлганда ва бўшаганда викключателларнинг ишлаб кетишини таъминлайди.

Вазнли сатҳ ўлчагичларда ўзгартгич сифатида мессдозалар ишлатилади. Бунда бункер таянчига кўрсатилган босим ўлчанади. Бу босим бункерни материал билан тўлдириш функциясидан иборат. Бу қурилманинг чизмаси 5—10-расмда кўрсатилган. Приборнинг

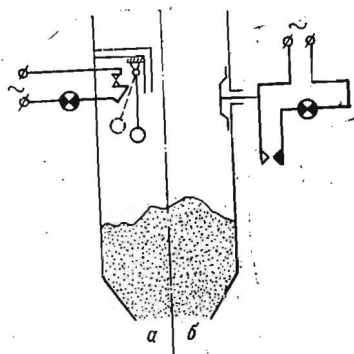
комплекти сатҳ ёки вазн бирлигида даражаланган ва манометр билан трубкалар орқали уланган гидравлик мессдоза 1 дан иборат. Бункер 2 оёқларининг бирини таянчи бўлган мессдоза поршенли металл корпусдан иборат. Поршень эластик мембрана билан герметикланган. Мессдоза, улайдиган трубка ва манометрнинг пружинаси суюқлик билан тўлдирилган. Мессдоза-манометр системасидаги босим материал билан тўлдирилган бункер оғирлик кучининг мессдоза поршени юзасига бўлинган қийматига тенг.



Бундай сатҳ ўлчагичлар учун манометр стрелкасининг шкаладаги бошланғич (ноль) ҳолати бункернинг бўш ҳолатига мос келади. Шундай қилиб, шкала бункерни тўлдирадиган материал вазнини кўрсатади.

5—10-расм. Вазнли сатҳ ўлчагичлар (мессдозали).

5—11-расмда сочилувчан материаллар сатҳи сигнализаторларининг принципиал схемаси кўрсатилган. Бу приборлар контрол қилинаётган модда босимини ўзгартирувчи ўзгартгичларнинг қўлланилишига асосланган.



Бункернинг деворида турли баландликда мембрана ўрнатилади ёки учига пластинка ёхуд шар ўрнатилган маятник осилади. Сочилувчан материалнинг босими таъсирида мембрана эгилади ва контактларга уланган пружинани силжитади. Пружиналар тегишли электр сигнаolini таъминлайди. Сатҳнинг пасайиши билан пружина мембрана ва контактларни бошланғич ҳолатга қайтаради. Бункердаги сатҳ кўтарилганда маятникнинг четга чиқиши натижасида контактлар уланади.

5—11-расм. Сочилувчан жисмларнинг контакtsiz сатҳ сигнализаторлари схемаси:

а—маятникли; б—мембранали.

Ҳозирги пайтда химия саноатида ишлатиладиган сочилувчан жисмлар сатҳ сигнализаторлари ва ўлчагичларининг номенклатураси чекланган.

VI боб. МОДДАНИНГ ФИЗИКАВИЙ ХОССАЛАРИ ВА ТАРКИБИНИ КОНТРОЛ ҚИЛИШ

VI.1-§. Суюқлик зичлигини ўлчаш

Химиявий технологик процессларнинг ўтишида қайта ишланаётган моддаларнинг физикавий хусусиятлари ва химиявий таркиб-

лари ўзгаради. Бу параметрларни контрол қилиш процесс режими ҳақида бевосита фикр юритишга имкон беради, чунки бу параметрлар олинган маҳсулот сифатини таърифлайди. Шунинг учун аналитик контрол химиявий процессларни бошқарувчи исталган системанинг зарурий элементиدير.

Зичлик — модданинг сифат ва бир жинслилигини ифодалайди. Зичликни автоматик ўлчаш приборлари химия саноатининг бир қатор процессларини комплекс автоматлаштиришдаги муҳим элемент ҳисобланади. Масалан, буғлатувчи қурилмалар, абсорбер, дистилляция ва ректификацион аппаратураларни контрол қилиш ҳамда бошқариш зичликнинг узлуксиз ўлчанишини талаб қилади. Баъзи ишлаб чиқаришда суюқликларнинг зичлиги эриган модда концентрациясини аниқлаш мақсадида ўлчанади.

Модда массасининг ҳажмга бўлган нисбатига *зичлик* деб аталади, яъни

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (6-1)$$

бу ерда ρ — зичлик, кг/м^3 ; m — модда массаси, кг ; V — модданинг ҳажми, м^3 .

Суюқлик зичлиги температурага боғлиқ ва нормал (20°C) температурада қуйидаги формула бўйича ҳисобланади.

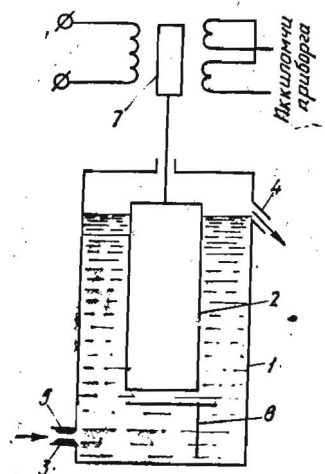
$$\rho_{20} = \rho_t [1 - \beta(20 - t)], \quad (6-2)$$

бунда ρ_t — ишчи температурадаги суюқлик зичлиги, кг/м^3 ; β — суюқликнинг ҳажмий иссиқлик кенгайишининг ўртача коэффиценти, $1/^\circ\text{C}$; t — суюқлик температураси, $^\circ\text{C}$.

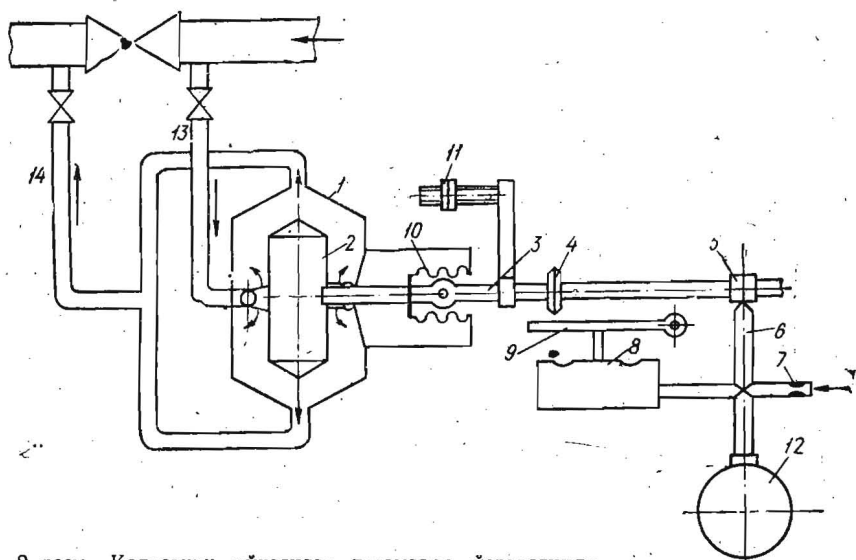
Қалқовичли, вазнли, гидростатик ва радиоактив зичлик ўлчайдиган приборлар кенг тарқалган.

Қалқовичли зичлик ўлчайдиган приборлар Архимед қонунига асосланган. Бу приборлар сузиб юрувчи ва батамом чўкадиган қалқовичли бўлади. Биринчи тур приборларда (доимий вазн аэрометри) зичликни ўлчашнинг сифати муайян шаклдаги ва доимий вазндаги қалқовичнинг чўкиш чуқурлигига боғлиқ. Иккинчи тур (доимий ҳажм аэрометри) приборларда қалқовичнинг чўкиш чуқурлиги ўзгармайди, фақат унинг итарувчи кучи ўлчанади, бу куч суюқлик зичлигига пропорционал.

6—1-расмда сузиб юрувчи қалқовичли зичлик ўлчайдиган приборнинг принципиал схемаси кўрсатилган. Прибор қалқович 2 сузиб юрувчи ўлчаш идиши 1 дан иборат. Суюқлик приборга тарнов 3 орқали келиб, тарнов 4 орқали чиқиб кета



6—1- расм. Сузиб юрувчи қалқовичли зичлик ўлчагич схемаси.

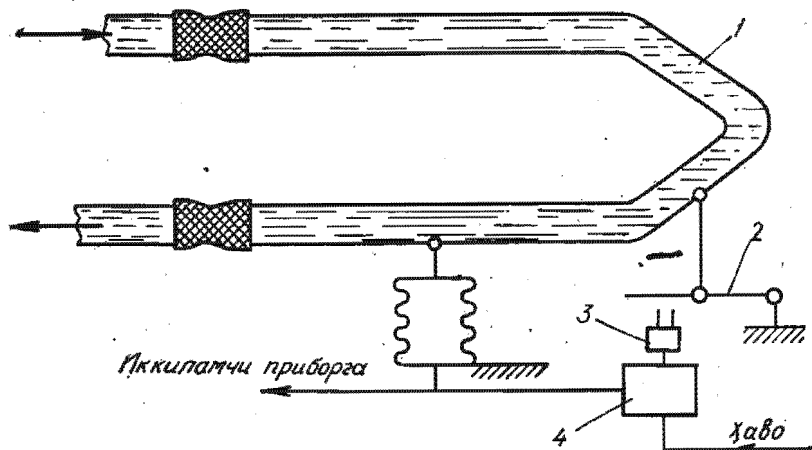


6—2-расм. Қалқовичи чўкадиган пневматик ўзгартгичли зичлик ўлчагич схемаси.

ди. Оқимнинг тезлиги доимий кесим дроссели 5 ёрдамида аниқланади. Пластиналар 6 қалқовични уюмалардан сақлайди.

Суюқлик зичлигининг ўзгариши қалқович ва у билан боғлиқ бўлган ўзак 7 нинг силжишига олиб келади. Ўзак дифференциал-трансформатор ўзгартгич ғалтагида силжийди. Иккиламчи (кўрсатувчи ёки қайд қилувчи) прибор зичлик бирлигида даражаланади. Температуранинг компенсацияси иккиламчи приборнинг ўлчаш схемасига уланган қаршилик термометри ёрдамида амалга оширилади. Зичлик ўлчагичлар коррозияга чидамли материаллардан тайёрланиб, агрессив суюқликлар зичлигини ўлчашда ҳам ишлатилиши мумкин.

6—2-расмда қалқовичи батамом чўкадиган зичлик ўлчагичнинг принципаал схемаси кўрсатилган. Бу приборда пневматик ўзгартгич 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 трубопроводга узатилади. Суюқликнинг бундай йўналиши оқим тезлигининг қалқович 2 га кўрсатадиган таъсирини йўқотади. Қалқович шарикоподшипникда турган ва зичловчи силфон 10 дан ўтадиган коромисло учига ўрнатилган. Коромисло посанги 11 орқали мувозанатлашади. Посанги шундай ростланганки, қалқович энг кичик зичликка эга бўлган (ўлчаш приборининг пастки чегараси) суюқликда пастга силжий бошлайди. Зичлик кўпайиши билан қалқович кўпаявчи, итарувчи куч таъсирида кўтарилади ва системадаги мувозанат бузилади. Пневматик ўзгартгич ёрдамида мувозанат қайтадан тикланади. Бунинг учун приборга фильтр, редуктор ва дросель 7 орасидан ҳаво узлуксиз келиб туради ва сопло 6 билан коромисло 3 учига ўрнатилган тўсиқ 5 орасидаги зазордан чиқиб кетади. Қал-



6—3- расм. Пневматик ўзгартгичли вазнли зичлик ўлчагичнинг принципиал схемаси.

қович кўтарилганда, тўсиқ пастга тушади, соплонинг чиқиши ва мембранали қути 8 даги босим ошади, мембранани итарувчи ричаг 9 ва ролик 4 орқали коромислонинг ўнг учи юқорига кўтарилади ва тўсиқ соплодан четга сурилади. Мембранага кўрсатилган ҳаво босими қалқовични итарувчи кучга пропорционал бўлиб, суюқлик зичлигининг ўлчови ҳисобланади. Ўлчовнинг пастки чегараси ростлагич посангиси 11 ни силжитиш йўли билан ростланади, ўлчовнинг устки чегараси ва диапазони қалқович ҳамда мембрана габаритларига ёки уларнинг коромисло ўқиға нисбатан бурилиш масофасига боғлиқ. Прибордан ўтган ҳаво сарфи доимий кесим дроссели 7 ёрдамида аниқланади.

Химия ва озиқ-овқат саноатининг кўпчилиқ соҳаларида кенг тарқалган зичлик ўлчагичлар бир-бирларидан қалқовичнинг шакли, кўрсатишларни масофага узатиш усулига кўра фарқ қилади. Қалқовичли приборлар $1000 \dots 1400 \text{ кг/м}^3$ диапазондаги суюқлик зичлигини $\pm 2\%$ аниқлик билан ўлчайди.

Зичликни вазнли ўлчайдиган приборларнинг ишлаш принципи контрол қилинаётган суюқликнинг маълум бир доимий ҳажмини узлуксиз тортишга асосланган. Тоза суюқликлар зичлигини ўлчашдан ташқари вазнли зичлик ўлчагичлар суспензия ва таркибида қаттиқ қўшилмалар бўлган суюқликлар зичлигини ўлчашда ишлатилади. 6—3-расмда пневматик ўзгартгичли вазнли зичлик ўлчагичнинг принципиал схемаси келтирилган. Суюқлик резина тарнов ва металл сифтмоқсимон трубка 1 дан ўтади. Сиртмоқсимон трубка пневмоўзгартгичнинг тўсиғи 2 билан боғлиқ. Суюқлик вичлиги ошганда, сиртмоқсимон трубканинг вазни кўпаяди ва у пастга ҳаракатланади, сопло 3 билан тўсиқ 2 орасидаги зазор кичраяди, ўзгартгичдаги босим кўтарилади. Унификацияланган пневматик

сигнал кучайтиргич 4 орқали сиффон 5 га узатилади (тескари боғланиш). Сиффондаги босим суюқлик зичлигининг ўзгаришига пропорционал ўзгаради ва шкаласи зичлик бирлигида даражаланган иккиламчи прибор билан ўлчанади. Прибор суюқликнинг зичлигини сиртмоқсимон трубка тўлдириладиган моментдаги амалий температурада ўлчайди.

Вазнли зичлик ўлчагичларнинг афзаллиги трубка кесимининг доимийлиги ва трубкадан суюқликнинг катта тезликда ўтиши ҳисобланади. Бу эса суюқлик таркибидаги қаттиқ жисмларнинг трубка тубига (деворларига) чўкишига йўл қўймайди. Саноатда $500 \dots 2500 \text{ кг/м}^3$ ўлчаш чегараларига мўлжалланган вазнли зичлик ўлчагичлар чиқарилади. Ўлчашдаги асосий хато $\pm 2\%$.

Гидростатик зичлик ўлчагичлар химия саноатида кенг тарқалган, чунки бу приборларнинг тузилиши нисбатан содда ва анализ қилинаётган суюқликка ўрнатиладиган датчикларда ҳаракатчан қисмлар йўқ. Гидростатик зичлик ўлчагичларнинг ишлаш принципи қуйидагича. Суюқлик сиртига нисбатан H чуқурликдаги P босим қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$P = \rho \cdot g \cdot H, \quad (6-3)$$

бу ерда ρ — суюқлик зичлиги, кг/м^3 ; g — оғирлик кучининг тезланиши, м/с^2 .

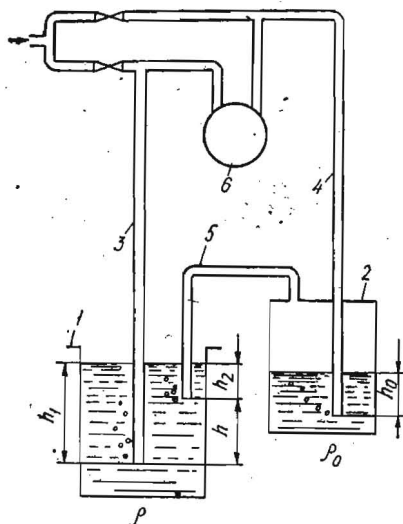
Суюқлик устунининг H баландлиги ўзгармас бўлса, P босим суюқлик зичлигининг ўлчови бўлади. Гидростатик зичлик ўлчагичларда суюқлик устунининг босими, одатда, суюқлик орасидан инерт газни (ҳаво) узлуксиз пуфлаб ўлчанади. Бу газнинг (ҳавонинг) босими суюқлик устуни босимига пропорционал (пъезометрик зичлик ўлчагичлар). Суюқлик устунининг босимини бу усулда ўлчаш кўрсатишларни масофага узатиш имконини беради. Пуфланадиган инерт газ суюқликнинг хусусиятларига кўра танланади. Пуфланадиган газнинг сарфи катта бўлмай доимий бўлиши шарт, чунки сарфнинг тебраниши ўлчовда қўшимча хатоларга йўл қўйиши мумкин.

Одатда, суюқликнинг турли баландликка эга бўлган иккита устунидаги босимлар фарқи ўлчанади (дифференциал метод). Бу эса ўлчанаётган зичликнинг аниқлигига таъсир кўрсатадиган сатҳ тебранишини йўқотади, (6—3) формуладан

$$P_1 - P_2 = (H_1 - H_2) \cdot \rho \cdot g \quad \text{ёки} \quad \Delta P = \Delta H \cdot \rho \cdot g; \quad (6-4)$$

бу ерда P_1 ва P_2 — суюқлик устунларининг босими, Па; H_1 ва H_2 — устунларнинг баландлиги, м).

Инерт газ узлуксиз пуфланадиган пъезометрик дифференциал икки суюқликли зичлик ўлчагичда (6—4-расм) текшириладиган суюқлик идиш 1 дан узлуксиз оқиб ўтади, бу идишда сатҳ доимий сақланади. Доимий сатҳли идиш 2 маълум зичликли эталон (солиштирма) суюқлик билан тўлдирилган. Инерт газ трубка 3 орқали текшириладиган суюқлик қатламидан ўтади ва прибордан чиқиб кетади. Худди шу инерт газ трубка 4 орқали эталон суюқлик қатламидан ўтади, кейин қўшимча трубка 5 орқали текшириладиган суюқликнинг маълум қатламидан ўтиб прибордан чиқади.



6—4- расм. Газ узлуксиз ҳайдаладиган пьезометрик дифференциал зичлик ўлчагич схемаси.

Пьезометрик трубаларнинг чуқуриги ва эталон суюқликнинг зичлиги маълум бўлганда, дифференциал манометр 6 нинг кўрсатишлари текшириладиган суюқлик зичлигининг ўлчови бўлади.

(6—4) формулага мувофиқ дифманометрнинг кўрсатишлари қуйидагича бўлади:

$$\Delta P = h_1 \rho - (h_2 \rho + h_0 \rho_0) \cdot g = (h \rho - h_0 \rho_0) \cdot g. \quad (6-5)$$

Эталон суюқликнинг зичлиги текшириладиган суюқликнинг зичлигига яқин қилиб танланади. У ҳолда $h_0 = h$ бўлса, босимлар фарқи $\Delta P = 0$; унда текшириладиган суюқликнинг зичлиги минимал бўлади. Агар текшириладиган суюқликнинг зичлиги максимал бўлса, босимлар фарқи максимал қийматга эга бўлади.

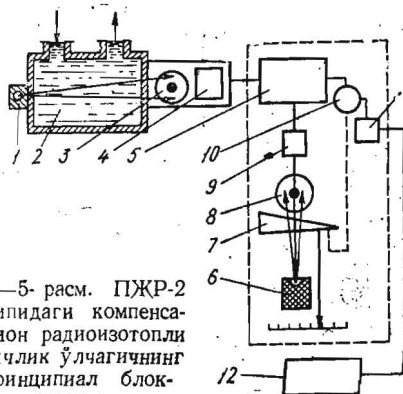
Приборда эталон суюқликли идиш 2 текшириладиган суюқликли идиш 1 га жойлашган. Эталон ва текшириладиган суюқликнинг температура коэффициентлари бир хил бўлиб, уларнинг температураси тенг бўлса, температурали компенсация автоматик равишда таъминланади.

Гидростатик зичлик ўлчагичлар саноатда $900 \dots 1800 \text{ кг/м}^3$ ўлчаш диапозонига мўлжаллаб чиқарилади. Бу приборларнинг асосий хатоси $\pm 4\%$.

Радиоактив зичлик ўлчагичларнинг ишлаш принципи радиоактив манба γ нурларининг суюқликдан ўтишида ютилишига асосланган.

Бу қурилмаларда ўлчаш прибори ўлчанаётган муҳит билан контакtsiz боғланган. Бу эса приборларнинг афзаллиги ҳисобланади, чунки радиоактив зичлик ўлчагичлар агрессив ва катта босим остидаги суюқликлар зичлигини ўлчашда ишлатилиши мумкин.

6—5-расмда ПЖР-2 типидagi суюқлик зичлигини ўлчайдиган радиоизотопли приборнинг блок-схемаси келтирилган. Суюқлик ўтайдиган трубопровод 2 да радиоактив нурланиш манбаи 1 ва нурланиш приёмниги 3 ўрнатилган.



6—5- расм. ПЖР-2 типидagi компенсацион радиоизотопли зичлик ўлчагичнинг принципиал блок-схемаси.

Нурлатгич сифатида радиоактив изотоплар (Co^{60} , Cs^{137}) ишлатилади.

Гамма нурлар трубопровод деворлари ва контрол қилинаётган суюқлик қатламидан ўтиб нурланиш приёмнигига келади. Ўлчанаётган зичликнинг функцияси бўлган приёмникнинг электр сигнали блок 4 да шаклланади ва электрон ўзгартгич 5 киришига узатилади. Манба 6 дан чиққан нурлар компенсацион пона 7 дан ўтиб приёмник 8 га келади ва блок 9 да ишланган электр сигнали ҳамда юқорида айтилган электрон ўзгартгич 5 га келади. Манба 6 приёмник 8 ва блок 9, манба 1 приёмник 3 ва блок 4 га ўхшаш. Сигналлар фарқи электрон ўзгартгич орқали кучлантирилади ва реверсион двигатель 10 га узатилади. Реверсион двигатель компенсацион пона 7 ва иккиламчи прибор 12 нинг дифференциал-трансформаторли датчигидаги плунжер 11 билан боғлиқ.

Сигналнинг катталиги ва ишорасига қараб реверсион двигатель понани сигналлар фарқи нолга тенглашгунча силжитади. Кўрсатувчи прибор билан боғланган пона силжишининг қиймати суюқлик зичлигининг ўзгаришига пропорционал.

ПЖР типдаги зичлик ўлчагичларнинг ўлчаш диапозони 600... 2000 кг/м^3 , приборларнинг хатоси эса $\pm 2\%$.

VI. 2-§. Суюқликнинг қовушоқлигини ўлчаш

Кўпчилик маҳсулотлар учун қовушоқлик маҳсулот таркиби ва сифатини аниқловчи катталик ҳисобланади (сунъий тола, синтетик смолалар, каучук эритмалари, бўёқлар, ёғлаш мойлари ва бошқалар). Шунинг учун, кўпинча, қовушоқликни узлуксиз автоматик равишда ўлчаш муҳим аҳамиятга эга бўлади.

Суюқлик ва газларнинг сирпаниш ёки силжишга қаршилик кўрсатиш хусусиятига қовушоқлик деб аталади.

Берилган оқимда суюқлик икки қатламининг силжишида тангенс-сил куч вужудга келади. Бу куч Ньютон қонунига мувофиқ қуйидагича аниқланади:

$$F = \mu S \frac{dv}{dn}, \quad (6-6)$$

бу ерда F — силжиш кучи, Н; μ — динамик қовушоқлик ёки қовушоқлик коэффициент, Па·с; S — ички ишқаланиш юзаси, м^2 ; $\frac{dv}{dn}$ — ҳаракатдаги қатлам қалинлиги бўйича тезлик градиенти (силжиш тезлиги), 1/с; v — қатлам оқимининг тезлиги, м/с; n — ҳаракатдаги қатлам қалинлиги, м. (6—6) тенгламадан динамик қовушоқликни аниқлаймиз:

$$\mu = \frac{F}{S \frac{dv}{dn}}. \quad (6-7)$$

СИ системасида динамик қовушоқликнинг бирлиги қилиб суюқлик оқимининг шундай қовушоқлиги қабул қилинганки, бу оқимда

1 Н/м² силжиш босими таъсирида чизиqli тезлигининг градиенти силжиш текислигига перпендикуляр бўлган 1 м масофа 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 қовушоқлик ишлатилади, яъни

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (6-8)$$

Кинематик қовушоқлик СИ системасида м²/с ўлчовига эга.

Тажрибада, шунингдек, пуаз (П) ва сантипуаз қовушоқлик birlikлари ишлатилади. Бу бирикмалар СИ системасидаги қовушоқликнинг бирлиги билан қуйидагича боғланган:

$$1 \text{ П} = 0,1 \text{ Па} \cdot \text{с},$$

$$1 \text{ сП} = 1 \text{ мПа} \cdot \text{с}.$$

Қовушоқликни ўлчаш пайтида температуранинг таъсирини эътиборга олиб, тегишли тузатишлар киритиш лозим.

Ҳозирги пайтда суюқлик қовушоқлигини ўлчайдиган бир қатор приборлар мавжуд. Бу приборлар ишлаш принципи жиҳатдан капилляр, шарикли, ротацион ва тебранишли приборларга (вискозиметрларга) бўлинади.

Капилляр вискозиметрлар лаборатория шароитида ўлчаш аниқлигининг юқорилиги, ўлчашнинг катта диапазони ва нисбатан соддалиги туфайли кенг тарқалган. Сўнгги йилларда технологик процесснинг ўтишидаги қовушоқликни автоматик равишда контрол қилиш ва ростлашга мўлжалланган капилляр вискозиметрлар яратилди. Бу приборлар нисбатан тоза ва бир жинсли суюқликлар қовушоқлигини контрол қилишда ишлатилади.

Капилляр вискозиметрларнинг ишлаш принципи Пуазейл капилляр трубкасида суюқликнинг оқиб чиқиш қонунига асосланган. Бу қонун қуйидагича ифодаланади:

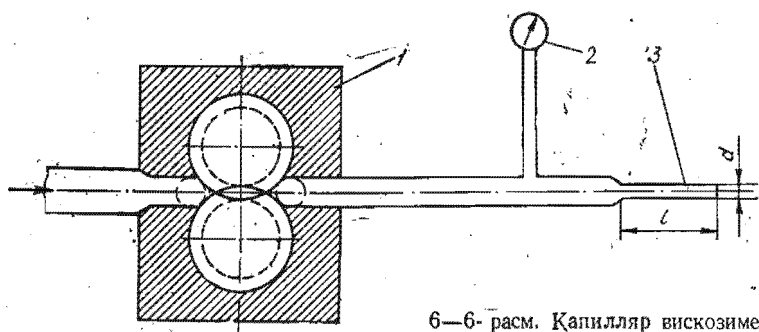
$$Q = \frac{\pi d^4}{128 \mu l} \Delta P, \quad (6-9)$$

бу ерда Q — трубкадан оқиб чиқадиган суюқликнинг ҳажмий сарфи, м³/с; d — трубка диаметри, м; μ — суюқликнинг динамик қовушоқлиги, Па·с; l — трубка узунлиги, м; ΔP — трубка учларидаги босимлар фарқи, Па.

Агар Q , d ва l катталикларнинг қиймати доимий бўлса, қовушоқликни аниқловчи формула қуйидаги кўринишга келади:

$$\mu = K \Delta P. \quad (6-10)$$

Шундай қилиб, суюқлик қовушоқлигини ўлчаш суюқлик ўтадиган капилляр трубка учларидаги босимлар фарқини ўлчашдан иборат. Бунда суюқликнинг думалоқ кесимли цилиндрик трубкалар ёки ихтиёрий шаклдаги тирқишлардан оқиб чиқиши оғирлик кучи босими ёки ташқи босим таъсирида содир бўлиши мумкин.



6—6- расм. Капилляр вискозиметр схемаси.

6—6-расмда капилляр вискозиметр схемаси келтирилган. Шестерняли насос 1 анализ қилинаётган суюқликнинг мутлақо доимий миқдорини капилляр трубка 3 га узатади. Капилляр трубканинг кириш ва чиқишдаги босимлар фарқи сезгир дифманометр 2 орқали ўлчанади. Дифманометрнинг шкаласи қовушоқлик бирлигида даражалананади. Капилляр трубканинг d диаметри ва l узунлиги ўлчаш чегаралари ва ўлчанаётган суюқлик турига қараб танланади. Доимий температурани таъминлаш учун вискозиметр трубкаси, одатда, температурани автоматик равишда ростловчи термостатда ўрнатилади. Капилляр вискозиметрларнинг ўлчаш чегаралари 0,001 ... 10 Па·с. Лаборатория приборларида ўлчаш хатоси $\pm 0,3\%$, автоматик приборларда ўлчаш хатоси эса $\pm 3 \dots 5\%$.

Шарикли (тушувчи жисмли) вискозиметрлар химия ва озиқ-овқат саноатида рангсиз ва рангли суюқликларнинг қовушоқлигини ўлчашда кенг ишлатилади.

Қовушоқликни тушувчи жисм методи билан ўлчаш Стокс қонунига асосланган. Бу қонунга мувофиқ тушувчи жисмнинг суюқликдаги тезлиги шу суюқлик қовушоқлиги билан боғланган. Бу боғланиш қуйидагича:

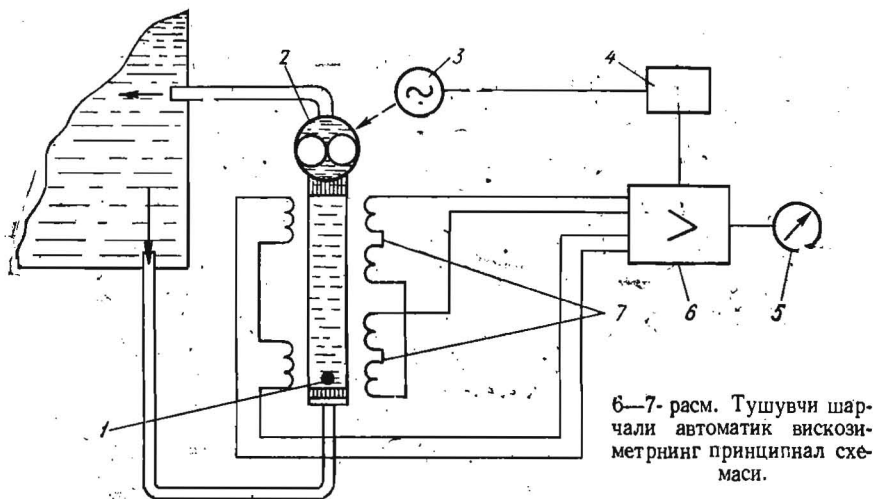
$$\mu = K \frac{(\rho_1 - \rho_2) g \cdot r^2}{v}, \quad (6-11)$$

бу ерда ρ_1 ва ρ_2 —шарча материалнинг ва суюқликнинг зичликлари, кг/м³; g —оғирлик кучининг тезланиши, м/с², r —шарчанинг радиуси, м; v —шарчанинг бир метрда тушиш тезлиги, м/с; K —қабул қилинган ўлчовга боғлиқ бўлган сонли доимий коэффициент.

Стокс қонуни бир жинсли суюқликнинг мутлақо сферик шарчага нисбатан ламинар ҳаракатида ишлатилиши мумкин. (6—11) формуладан маълумки, текшириლაётган суюқликнинг қовушоқлигини ўлчаш суюқликдаги шарчанинг тушиш тезлигини ёки шарчанинг белгиланган тармоқдан ўтиш вақтини ўлчашдан иборат. Қовушоқликнинг шарча тушиш вақтига боғлиқлиги қуйидагича:

$$\mu = K \cdot \tau, \quad (6-12)$$

бу ерда K —прибор доимийси, Па; τ —шарчанинг белгиланган тармоқдан ўтиш вақти, с.



Қовушоқликни шарчанинг тушиш вақти бўйича аниқлайдиган автомат қурилманинг принципал схемаси 6—7-расмда кўрсатилган. Суюқлик оқими шарча 1 ни бошланғич ҳолатга шестерняли насос 2 орқали кўтаради. Бу шестерняли насос электродвигатель 3 га эга. Шарчани кўтариш билан бирга насос суюқликдан намуна олиб уни синайди. Шарча юқориги чекловчи тўрға етгач, насос тўхтайди, шарик ҳаракатсиз муҳитда пастга тушади. Индукцион ғалтаклар 7 орқали шарчанинг белгиланган йўлдан ўтиш вақти ҳисобланади. Шарчанинг индукцион ғалтаклардан ўтишида нобаланслик сигналлари ҳосил бўлади ва бу сигнал электрон кучайтиргич 6 орқали кучайтирилади. Шестернялар насоснинг автоматик равишда уланиши ва вақтнинг ҳисобланиши реле блоки 4 ва ўлчаш прибори 5 ёрдамида бажарилади.

Приборнинг ўлчаш чегаралари индукцион ғалтаклар орасидаги масофа ва шарча диаметрининг ўзгариши билан танланади.

Бундай приборларда 0,5 ... 2,5 Па·с диапазондаги қовушоқликни ўлчаш мумкин. Приборларнинг ўлчаш аниқлиги $\pm 2\%$.

Суюқликлар қовушоқлигини ўлчашда ҳамда уларнинг реологик хусусиятларини ўрганишда ротацион вискозиметрлардан фойдаланиш қулай. Бу приборлар текшириладиган суюқлик ҳосил қилувчи қаршилик моментлари ва айлантирувчи моментларни ўлчашга асосланган.

Қовушоқ суюқликда жисм айланганида қовушоқлик қаршилиги тесқари таъсир этувчи момент ҳосил қилади. Агар жисм доимий тезлик билан айланса, бу момент суюқлик ҳосил қиладиган айлантирувчи моментга тенг ва динамик қовушоқликка пропорционал бўлади:

$$M = K \cdot \mu \cdot \omega, \quad (6-13)$$

бу ерда M — айлантирувчи момент, Н·м; K — прибор 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-бирларидан фарқ қилади. Бошқа приборларга нисбатан коаксиал цилиндрли, айланувчи жисм ва анализ қилинаётган суяқликка чўктириладиган айланувчи параллел диски приборлар кўпроқ ишлатилади. 6—8-расмда ротацион вискозиметр турларининг принципиал схемалари кўрсатилган.

Коаксиал цилиндрли вискозиметр (6—8-расм, а) — ташқи цилиндри анализ қилинаётган суяқлик билан тўлдирилган икки цилиндрдан иборат. Ташқи цилиндр 2 доимий тезлик билан айланганда двигателъ 1 таъсирида суяқлик стационар айланиш ҳолатига келади ва айлантирувчи моментини ички цилиндр 3 га узатади. Бу цилиндри тинч ҳолатда сақлаш учун цилиндрга катталиги тенг, лекин тескари ишорали куч momenti таъсир қилиши керак. Бу куч расмда кўрсатилганидек калибрланган юк 4 томонидан ҳосил бўлади. Ламинар ҳаракатда куч momenti билан кўриладиган суяқликнинг қовушқоқлиги қуйидагича боғланган:

$$M = 4\pi l \mu \omega \frac{R^2 \cdot r^2}{R^2 - r^2}, \quad (6-14)$$

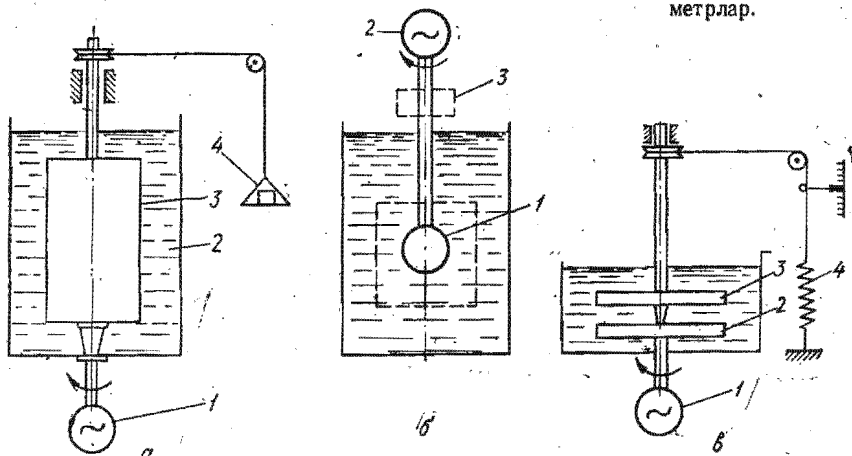
бу ерда; M — куч momenti, Н·м; l — ички цилиндр узунлиги, м; ω — ташқи цилиндр айланишининг бурчак тезлиги, 1/с, R ва r — ташқи ва ички цилиндрлар радиуси, м.

Вискозиметрларнинг ташқи ёки ички цилиндри ҳаракатсиз бўлади.

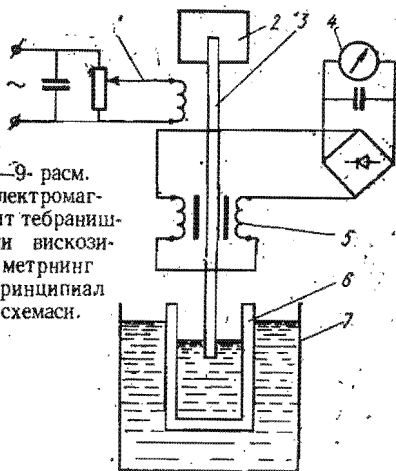
Текшириладиган суяқликка чўктириладиган айланувчи жисм (6—8-расм, б) шарсимон ёки цилиндрик ротор 1 каби ишланади. Бу ротор двигателъ 2 орқали ўзгармас айланишлар частотаси билан айлантирилади. Суяқликнинг ротор айланишига кўрсатган қаршилиги махсус қурилма 3 ёрдамида ўлчанади.

Айланувчи диски вискозиметр (6—8-расм, в) текшириладиган суяқликка чўктирилган икки параллел дисклар 2 ва 3 дан иборат.

6—8-расм. Ротацион вискозиметрлар.



6—9- расм.
Электромагнит тебранишли вискозиметрнинг принципиал схемаси.



Диск 2 двигателъ 1 таъсирида равон айланади. Текширилатган суюқликнинг қовушоқлик хусусияти туфайли диск 3 га айлантирувчи момент узатилади. Бу айлантирувчи момент суюқлик қовушоқлигига пропорционал бўлиб, ҳисобловчи прибор билан боғланган цилиндрик пружина 4 орқали мувозанатланади.

1 Ротацион вискозиметрларнинг доимий коэффициентлари аналитик равишда ёки эталон суюқликлар бўйича экспериментал йўл билан аниқланади. Ротацион вискозиметрларнинг ўлчаш диапозони 0,01 ... 1000 Па·с.

Сўнгги йилларда катта ўлчаш диапозонли, юқори сезгирлик

ва аниқликка эга бўлган, шунингдек, ҳар хил шаронтларда турли муҳитларни анализ қилувчи умумий афзалликларга эга бўлган тебранишли вискозиметрлар кенг тарқалмоқда.

Тебранишли вискозиметрларнинг ишлаш принципи контрол қилинаётган муҳитга чўктирилган сезгир элемент тебранишининг сўниш даражаси шу муҳит қовушоқлигига боғлиқлигига асосланган. Конструктив жиҳатдан тебранишли приборлар электромагнит ва ультратовушли бўлади.

6—9-расмда кўрсатилган электромагнит тебранишли вискозиметрнинг ишлаш принципи қуйидагича. Ишловчи идиш 6 даги контрол қилинаётган суюқликка сезгир элемент — пўлат пластинка 3 нинг бир учи туширилади. Унинг устки қисми махсус қисқичли прибор 2 га маҳкамланган. Идиш 6 термостатловчи қурилма 7 га ўрнатилади. Электромагнит 1 ёрдамида пўлат пластинка 3 резонанс тебранишли ҳаракатга келтирилади. Текширилатган суюқликнинг қовушоқлигини ўлчашда пўлат пластинка тебранишларининг амплитудаси ўзгаради. Бу ўзгариш электромагнит датчиклар 5 орқали қабул қилинади. Датчиклар томонидан индукцияланган кучланиш тўғриланиб ўлчаш прибори 4 га узатилади, прибор қовушоқлик бирлигида даражаланган. Бу приборлар қовушоқликни $\pm 3 \dots 5\%$ хато билан ўлчайди.

Ультратовушли вискозиметрлар энг универсал ҳисобланади. Бу приборлар катта ўлчаш диапозони, юқори аниқлик, инерциясизлик, ҳаракатдаги қисмларининг йўқлиги ва ҳоказолар каби афзалликларга эга. Лекин бу приборлар мураккаб электрон қурилмалардан иборат бўлганлиги сабабли ишлатилиши чекланган.

Ультратовушли вискозиметрлар ультратовушларнинг муҳит қовушоқлигига қараб ютилишига асосланган. 16—10-расмда ультратовуш тебранишларининг сўниш тезлигини ўлчайдиган ультратовушли вискозиметрнинг блок-схемаси кўрсатилган.

Магнитострикцион материалдан ишланган пластина 1 гильза 3 га маҳкамланган. Пластинанинг пастки қисми қовушоқлиги ўлчанаётган суюқликка туширилган. Гильзада импульслар генератори 4 дан таъминланадиган уйғотувчи ғалтак бор. Ғалтакка узунлиги 20 мкс га яқин импульс юборилади, натижада пластинада бўйлама тебранишлар пайдо бўлади, сўнг уйғотувчи ғалтакнинг таъсири тўхтатилади ва пластинада сўнувчи тебранишлар рўй беради. Тебранишлар частотаси пластина геометрияси орқали, сўниш амплитудаси эса суюқлик қовушоқлиги орқали аниқланади. Импульсни юбориш билан бир вақтда кучайтириш ва детекторлаш операцияси бажарилади, натижада триггер генераторни беркитади. Пластинанинг тебраниши пайтида тескари магнитострикцион эффект туфайли ғалтакда пластинанинг тебраниш частотасига тенг бўлган э. ю. к. ҳосил бўлади. Бу э. ю. к. импульслар генераторини пластина тебранишларининг сўниши тугагунча берки-тиб 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.

Қовушоқлик бирлигида даражаланган ўлчаш прибори импульслар интервалининг ўртача қийматини ўлчайди. Приборнинг хатоси $\pm 1\%$.

Ультратовушли вискозиметрлар технологик оқимлардаги турли суюқликларни узлуксиз контрол қилиш учун ишлатилади. Бу вискозиметрларнинг ўлчаш диапазони $0,0001 \dots 100 \text{ Па} \cdot \text{с}$.

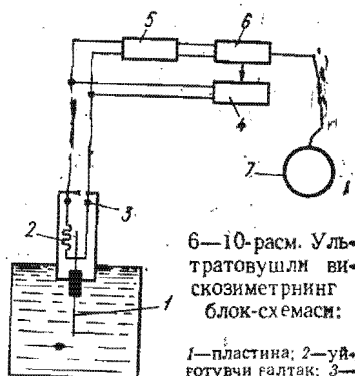
VI. 3-§. Газ ва қаттиқ жисмларнинг намлигини ўлчаш

Газ, қаттиқ жисм ва сочилувчан моддаларнинг намлигини ўлчаш химия ва озиқ-овқат саноатида катта аҳамиятга эга. Намлик кўпчилик қаттиқ металлмас материал ҳамда газларнинг зарурий компонентларидан биридир. Кўпинча намлик материалларнинг тоза массасидаги (намликни эътиборга олмаганда) сифат ва технологик хусусиятлари кўрсаткичи бўлади.

Абсолют ва нисбий намликлар мавжуд. Абсолют намликнинг ўлчов бирлиги $\text{кг}/\text{м}^3$, $\text{г}/\text{м}^3$.

Намликни ўлчайдиган (намлик ўлчагичлар деб аталадиган) приборлар икки синфга бўлинади: газ намлигини, ҳамда сочилувчан қаттиқ жисмлар намлигини ўлчагичлар.

Газлар намлигини ўлчагичлар ўз навбатида психрометрик, кон-



6—10-расм. Ультратовушли вискозиметрнинг блок-схемаси:

1—пластина; 2—уйғотувчи ғалтак; 3—гильза; 4—импульслар генератори; 5—кучайтиригич; 6—чикшида триггери бор детектор; 7—ўлчаш прибори.

денсацион (шудринг нуқтаси бўйича), сорбцион электрометрик, кулонометрик ва ҳоказо приборларга бўлинади. Химия саноатида газлар намлигини автоматик равишда аниқлаш учун кўпинча, психрометрик ва шудринг нуқтаси методлари қўлланилади.

Қаттиқ ва сочилувчан материаллар намлигини ўлчагичлар вазни, сифимли, нейтрон, радиоактив, адсорбцион, сорбцион, гигрометрик юқори частотали ва баъзи махсус приборларга бўлинади. Қаттиқ ва сочилувчан моддаларнинг намлигини аниқлаш учун тўғридан-тўғри намликнинг массасини ёки тарозидида тортилган моддадаги қуруқ модда массасини аниқлашга имкон берадиган *бевосита* методлар ва намлик билан функционал боғланган катталикларни ўлчаш орқали намлигини аниқлайдиган *билвосита* методлар қўлланилади.

Билвосита методлар билан қаттиқ ва сочилувчан материаллар намлигини аниқлашда кондуктометрик, ўта юқори частотали (ў. ю. ч.) методлар ва диэлектрик сингдирувчанлик (сифимли) методи кўпроқ ишлатилади.

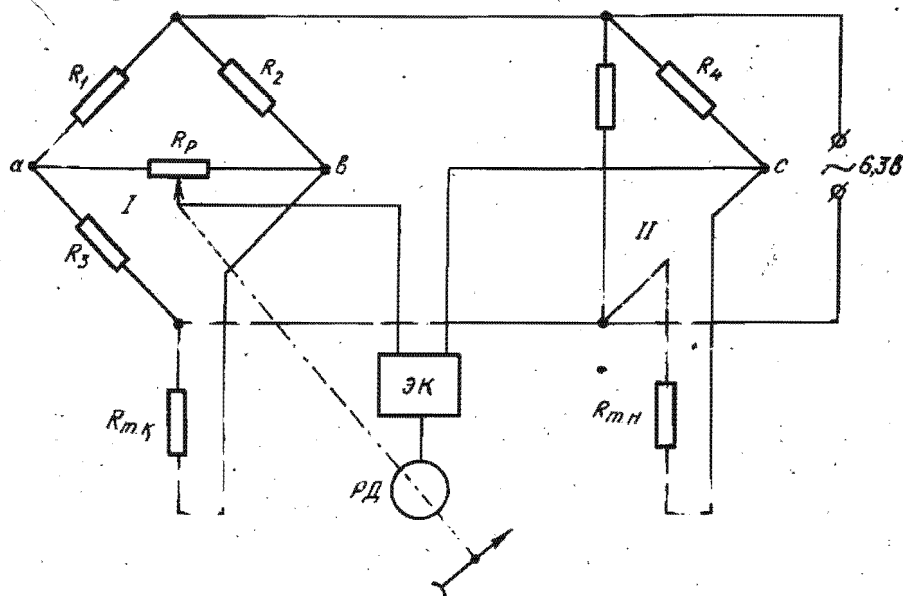
Газлар намлигини аниқлаш методлари орасида кўп тарқалгани *психрометрик* методдир. Психрометрик приборлар билан намликни ўлчаш принципи сув бугининг эластиклиги ҳамда қуруқ ва нам термометрларнинг кўрсатишлари ўртасидаги боғланишга асосланган. Психрометрик эффектни ўлчаш учун психрометр иккита бир хил термометрга эга бўлиши керак. Бу термометрлардан бирининг (ҳўл термометрнинг) иссиқлик қабул қилувчи қисми идишдан сувни сўриб олувчи гигроскопик жисмга туташиб туради ва доим 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 бўлган нисбий намлик қуйидаги нисбат орқали ифодаланади:

$$\varphi = \frac{P_n - A(t_k - t_n)}{P_k}, \quad (6-15)$$

бу ерда P_n — нам термометрнинг t_n температурасида текшириляётган муҳитнинг тўйинтурувчи буғлар эластиклиги, Па; P_k — қуруқ термометрнинг t_k температурасида текшириляётган муҳитнинг тўйинтирувчи буғлар эластиклиги, Па; A — психрометрик коэффициент, у психрометрнинг тузилиши, нам термометрнинг пуфлаш тезлиги ва газ босимига боғлиқ, $1/^\circ\text{C}$. A коэффициент маълум конструкцияли психометрлар учун тузилган психометрик жадваллардан аниқланади. Бу коэффициентга нам термометрнинг пуфлаш тезлиги катта таъсир кўрсатади. Газ оқимининг тезлиги ошиши билан A коэффициент камаяди ва 2,5 ... 3 м/с дан ошиқ тезликда доимий бўлиб қолади. Саноат психометрларида газ оқимининг тезлигини доимий қиладиган қурилмалар мавжуд. Бу тезлик 3...4 м/с дан кам эмас.

Электрик психометрларда температурани аниқлаш учун термопаралар, яримўтказгичли термоқаршиликлар ва стандарт металл қаршиликлар термометрлари ишлатилади.



6—11-расм. Электрик психрометр схемаси.

6—11-расмда қаршилиқ термометрларига эга бўлган электрик психрометрнинг принцинал схемаси кўрсатилган. Приборнинг ўлчаш қисми I ва II кўприклардан иборат. Иккала кўприк ҳам электрон кучайтиргичнинг иккита умумий R_1 ва R_3 елкаларига эга. $R_{т.к.}$ қуруқ қаршилиқ термометри I кўприкнинг елкасига, $R_{тн}$ нам қаршилиқ термометри II кўприк елкасига уланган. I кўприк $R_1, R_2, R_3, R_{т.к.}$ қаршилиқлардан иборат. II кўприкни эса $R_1, R_3, R_4, R_{тн}$ қаршилиқлар ҳосил қилади.

I кўприк диагоналининг «a» ва «b» чўққиларидаги потенциаллар фарқи қуруқ қаршилиқ термометрининг температурасига, «a» ва «c» чўққилардаги потенциаллар фарқи эса нам қаршилиқ термометрининг температурасига пропорционал. Қўшалоқ кўприк диагоналининг «b» ва «c» нуқталари орасидаги кучланишнинг пасайиши қуруқ ва нам қаршилиқ термометрларининг температуралари фарқига пропорционал. Ўлчаш системасининг мувозанати РД реверсив двигатель орқали ҳаракатга келадиган R_p рехорд движоғини автоматик равишда силжитиш йўли билан ўрнатилади. Шу билан бирга двигатель прибор стрелкасини ҳам силжитади. Приборнинг шкаласи нисбий намлик процентларида даражаланган.

Психрометрик методнинг афзалликлари — мусбат температурада ўлчашнинг етарли даражада аниқлиги ва кичик қийматли инерционлиқни ҳосил қилишдан иборат; унинг камчиликлари эса ўлчаш натижаларининг газлар ҳаракати тезлиги ва атмосфера босими тебранишларига боғлиқлиги, температуранинг пасайиши билан сезгирликнинг камайиши ва хатонинг кўпайишидан иборат.

Турли ўлчаш диапазонида мосланган электрик психрометрларнинг катта номенклатураси чиқарилади. Бу приборларнинг асосий хатоси $\pm 4 \dots 8\%$.

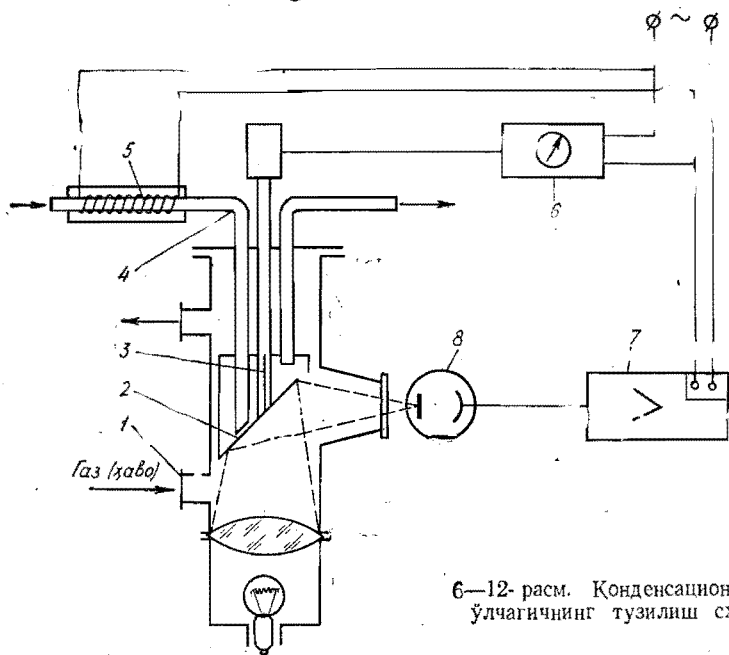
Шудринг нуқтаси методи, ёки газлар намлигини конденсацион метод бўйича ўлчаш қуйидаги боғланишга асосланган:

$$\varphi = \frac{P_{\tau}}{P_t}, \quad (6-16)$$

бу ерда P_{τ} — шудринг нуқтасининг τ температурадаги буғ эластиклиги, Па; P_t — тўйинган буғнинг t температурадаги эластиклиги, Па.

Шундай қилиб, шудринг нуқтасини ва текшириладиган газнинг t температурасини билсак, унинг нисбий намлигини аниқлаш мумкин. Шудринг нуқтаси методи катта қулайликка эга, чунки у намликни газнинг исталган босими шароитида ўлчашга имкон беради (10 ... 15 МПа ва ундан катта). Бу метод бўйича намликни ўлчаш температурани ўлчашдан иборат. Газлар намлигини шудринг нуқтаси методи бўйича ўлчаш приборининг тузилиш схемаси 6—12-расмда келтирилган.

Текшириладиган газ ёки ҳаво канал 1 орқали труба 4 дан келадиган совуқ ҳаво билан совитиладиган кўзгу 2 гача келади. Сезгир элемент кўзгуча сиртига кичик инерцияли термopapa 3 ўрнатилган, бу термopapa милливольтметр 6 га уланган. Кўзгучада шудринг пайдо бўлиш моменти фотореле схемаси бўйича уланган фотоэлемент 8 ёрдамида



6—12-расм. Конденсацион намлик ўлчагичнинг тузилиш схемаси.

қайд қилинади ва шу моментда контактлар 7 туташиб милливольтметр 6 уланади ҳамда кўзгуча температурасини ўлчайди. Шу билан бир вақтда ҳаво иситгич 5 нинг электр қизитувчи элементи уланади, бу элемент кўзгуча қизиб равшанлашгунча уланган ҳолда туради. Кўзгуча сиртидаги шудринг батамом бугланганда, иситгич узилади ва кўзгуча исийди. Шундай қилиб, ўлчаш процесси такрорланиб туради.

Намликни шудринг нуқтаси методи бўйича ўлчайдиган приборларнинг бир қатор конструкциялари мавжуд. Улар бир-бирларидан сезгир элементни совитиш, конденсация моментини қайд қилиш, шудринг пайдо бўлиш температурасини ўлчаш методлари билан фарқ қилади. Лекин деярли барча намлик ўлчагичлар мураккаб тузилишга эга бўлиб, ишлатишда катта малака ва эътиборни талаб қилади. Шунинг учун бу приборлар бошқа методларни қўллаб бўлмаган ҳоллардагина ишлатилади.

Кондуктометрик намлик ўлчагичлар қаттиқ ва сочилувчан материаллар намлигини ўлчашда кенг ишлатилади. *Кондуктометрик* метод модда намлиги ва унинг электр қаршилиги ўртасидаги боғланишга асосланган. Бу боғланиш қуйидагича ифодаланади:

$$R_x = \frac{A}{W_k}, \quad (6-17)$$

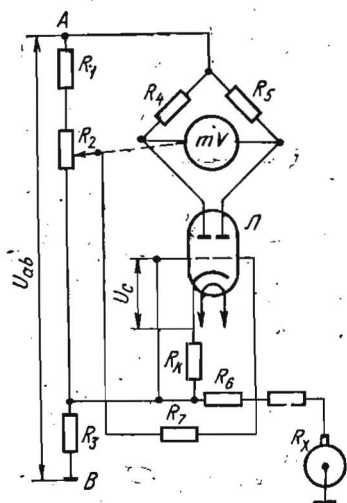
бу ерда R_x — материал қаршилиги, Ом; A ва K — материал табиати ва ўлчаш шароитларига боғлиқ бўлган мусбат доимий катталиклар; W — материалнинг намлиги, %.

Қаршиликнинг намликка бўлган даражали нисбати капилляр-говак материаллар намлигини кондуктометрик усул бўйича аниқлаш методининг юқори сезгирлиги кўрсатади. Лекин қаршиликнинг бошқа факторларга (температура, материал таркиби, зичлик, химиявий 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 ўзгартгичлари ясси пластиналар, цилиндрик трубкalar, роликлар ва ҳоказо кўринишда ишланган икки электроддан иборат. Кондуктометрик намлик ўлчагичларнинг кўрсатишлари фақат тортилмаларнинг прессланишидагина тикланади, шунинг учун сочилувчан материалларга мўлжалланган ўзгартгичларнинг кўпчилиги электродлар орасидаги тортилмаларни прессловчи қурилмалар билан таъминланган.

Ўлчаш схемалари орасида энг унумлиси кўприкли схемалардир. Кўприкли ўлчаш схемалари юқори сезгирликка эга бўлиб, ўртача ва юқори (5 ... 25%) намликларни ўлчашда ишлатилади.

(6—13-расмда кўприкли ўлчаш схемасига эга бўлган автоматик намлик ўлчагичнинг принципиал схемаси кўрсатилган. Текшириладиган материал ролик ва вал орасидан ўтказилади (ролик валдан изоляцияланган). Занжирнинг асосий элементи кўприқдир, кўприкнинг R_4 ва R_5 елкалари доимий қаршиликлар, бошқа икки елкаси эса L қўш триоднинг ички қаршиликларидир (схемада икки қўшимча R_1



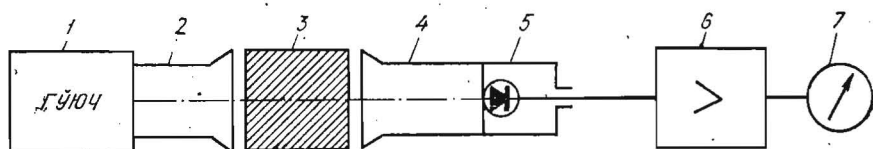
6—13- расм. Кўприкли ўлчаш схемасига эга бўлган автоматик намлик ўлчагич.

роқ мувозанат ҳолатига келади. Намликнинг ўзгариши, бинобарин, материал қаршилиги R_x нинг ўзгариши билан R_6 қаршилиқда ток ҳосил бўлади, кўприк мувозанати бузилади, натижада R_2 движдоғи тегишли қийматга силжийди. Ҳар бир намлик қийматига реохорд движдоғи R_2 нинг муайян ҳолати мос келади.

Юқорида айтилганидек, ўзгартгич қаршилиги материал намлигидан ташқари бошқа факторларга ҳам боғлиқ. Шунинг учун қаршилиқ 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).

Ўта юқори частотали (Ў. Ю. Ч.) метод ультрақисқа, сантиметрли радиотўлқинлар соҳасида (3000 ... 10000 МГц) материалларнинг электр хусусиятлари улардаги намликка боғлиқ эканлигига асосланган. Ў. Ю. Ч. намлик ўлчагичнинг соддалаштирилган тузилиш схемаси 6—14-расмда тасвирланган.

Текшириладиган материал 3 Ў. Ю. Ч. ли генератор 1 дан таъминланувчи узатувчи антенна 2 ва қабул қилувчи антенна 4 орасига жойланади. Қабул қилувчи антеннада Ў. Ю. Ч. ли нурланишнинг



6—14- расм. Ўта юқори частотали намлик ўлчагичнинг тузилиш схемаси.

заифлашган сигналини қабул қилувчи детектор 5 жойлашган. Кучайтиргич 6 орқали кучайтирилган бу сигнал ўлчаш прибори 7 га келади.

Ў. Ю. Ч. ли метод контактсиз ва инерциясиз бўлиб, мавжуд электролитларга ва бошқа электрик методларга кўра материалдаги намликнинг нотекис тарқалишига унчалик сезгир эмас.

Ў. Ю. Ч. ли намлик ўлчагичларнинг асосий камчилиги прибор шаклланишининг мураккаблигидир. Бундан ташқари, бу приборлар контрол қилинаётган материалнинг доимий зичлик даражасини ёки зичлиги ҳақида маълумотни талаб қилади.

Қаттиқ ва сочиловчан материаллар намлигини ўлчашга мўлжалланган *сиғимли* намлик ўлчагичлар фан ва техниканинг барча соҳаларида, жумладан химия саноатида кенг тарқалган.

Капилляр-ровак материалларнинг кўпчилиги диэлектрик сингдирувчанликка эга, $\epsilon' = 1 \dots 6$ (сувда $\epsilon_c = 81$). Қаттиқ материалларда намликнинг мавжудлиги унинг диэлектрик сингдирувчанлигига катта таъсир қилади. Диэлектрик сингдирувчанликни аниқлаш, одатда, конденсатор сиғимини ўлчашдан иборат. Сиғимли намлик ўлчагичларнинг ўзгартгичлари икки ясси пластина ёки икки концентрик цилиндр шаклида ишланади, уларнинг орасидаги бўшлиқ текширилатган материал билан тўлдирилган. Кўпчилик материаллар учун сиғимнинг абсолют катталиги бир неча пикофарадани ташкил қилади. Бундай кичик сиғимни етарли даражада аниқ ўлчаш, одатда, юқори частотали резонанс ўлчаш схемалари орқали бажарилади.

Сиғимли намлик ўлчагичларнинг кенг тарқалганига қарамай, бу приборлар ёрдамида намликни ўлчаш фақат сув молекулаларининг эркин ҳолатида бажарилади, чунки сув боғланган ҳолатда 2,2 ... 15 (қуруқ моддаларнинг сингдирувчанлиги каби) диэлектрик сингдирувчанликка эга. Бундан ташқари, сиғимли метод билан аниқланган приборнинг кўрсатишларига модданинг физик-химиявий хоссалари ҳам таъсир кўрсатади. Бу факторлар сиғимли метод билан намликни ўлчаш имконини чеклайди.

VI.4-§. Эритмалар концентрациясини ўлчаш

Эритмалар таркиби ва концентрациясини контрол қилишда кондуктометрик, потенциометрик ва оптик анализ методлари кенг тарқалган. Бу методлар интеграл усуллар қаторига киради ва мураккаб аралашмалардаги компонентларни бевосита танлаб ўлчашни таъминламайди, яъни фақат бинар эритмалар таркибини анализ қилишга имкон беради.

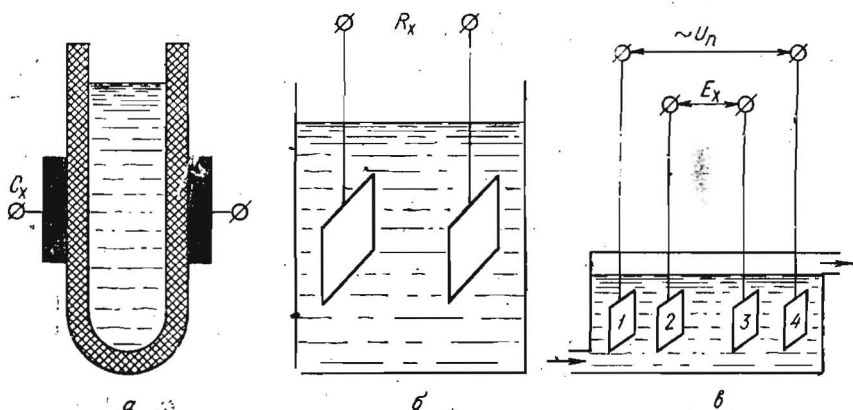
Кондуктометрик метод электролитларни ўлчаш учун ишлатилади ва эритмаларнинг электр физикавий характеристикаларининг (биринчи навбатда электр ўтказувчанлигининг) концентрацияга боғлиқлигига асосланган. Кўпчилик электролитлар учун электр ўтказувчанликнинг концентрацион эгри чизиклари кўтариловчи ва пасаяовчи участкаларга эга бўлгани сабабли (максимум нуқтасида бўлинувчи) ўлчаш натижаларининг бир хиллигини таъминлаш учун

бу ўлчашлар тегишли характеристика экстремумининг бир томонида жойлашган концентрациялар чегарасида олиб борилади.

Қутбланиш ва электролиз ҳодисаларини йўқотиш мақсадида ўлчовлар саноат частотали ва юқори частотали ўзгарувчан электр қувватида бажарилади. Юқори частотали ҳолларда фақат электролитлар характеристикасини эмас, балки электр токини ўтказмайдиган суюқликлар характеристикасини ҳам аниқлаш мумкин, чунки юқори частотали кондуктометрларнинг ўлчаш ўзгартгичлари электродсиз ячейкалар шаклида, асосан, конденсатор типиди ишланади. Концентрация тўлиқ ўтказувчанлик, диэлектрик сингдирувчанлик ёки йўқотишлар бурчаги тангенс функцияси орқали аниқланади.

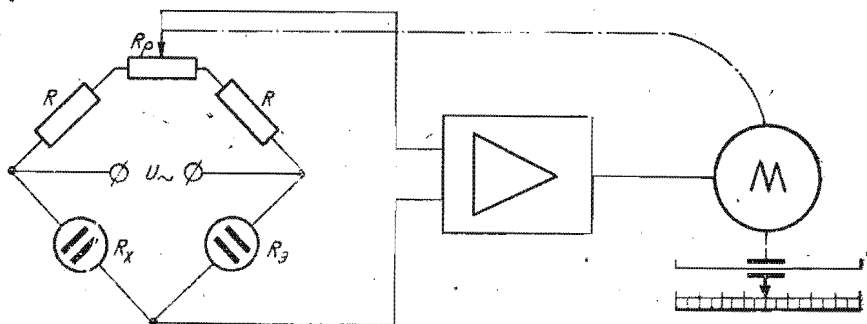
Паст частотали кондуктометрларда турли электродларга эга бўлган оқиб турадиган ёки чўкадиган ўлчаш ячейкалари ишлатилади. Токнинг эритмадан ўтишидаги ўзгартгич қаршилигининг ўзгариши электродларнинг ишловчи сиртлари орасига ўрнатилган электролит сифимининг электр ўтказувчанлиги орқали аниқланади (6—15-расм). Ўлчовнинг талаб қилинган сезгирлиги электродларнинг конструктив тайёрланишига қўйилган талабларга риоя қилинганда таъминланади.

Юқори ўтказувчанликка эга бўлган электролитларда тўрт электродли ячейкалар ишлатилади (6—15-расм, в). Улардаги электродлар 1 ва 4 токли бўлиб, қисман қутбланиш шароитларида ишлай олади, электродлар 2 ва 3 эса ўлчаш электродларидир, улардан олинган сигнал тармоқ 2—3 узунлигидаги электролит кучланишининг пасайишига пропорционал. Автоматик компенсатор амалга оширувчи компенсацион ўлчаш схемаси мавжуд бўлганда, потенциал электродлар занжирида ток деярли бўлмайди, унинг энг катта оний қиймати эса



6—15- расм. Кондуктометрларнинг ўлчаш ячейкалари:

а—юқори частотали кондуктометрнинг конденсат ячейкаси; б—икки электродли ячейка; в—тўрт электродли ўтиш камерасига эга бўлган ячейка (1,4 токли электродлар; 2,3 ўлчаш потенциал электродлари).



6—16- расм. Паст частотали кондуктометр.

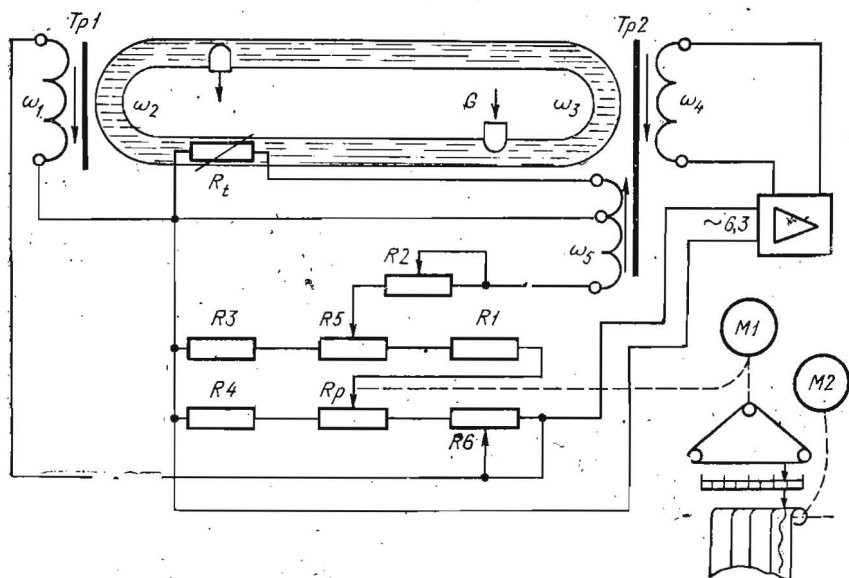
эритма концентрациясининг ўзгаришидаги нобаланслик қиймати орқали аниқланади.

Электролитлар электр ўтказувчанлигининг температурага боғлиқлиги текшириლაётган эритмаларни термостатлаш ёки температура хатоларини йўқотувчи махсус методларни ишлатиш эҳтиёжини туғдиради.

6—16-расмда паст частотали кондуктометрнинг принципаал схемаси кўрсатилган. Бу приборнинг R_x ўзгартгичи мувозанатли кўприк елкасига уланган. Шу елгага туташган кўприк елкасига R_3 қаршилиқ уланган, бу қаршилиқ вазифасини эталон эритмага ўхшаш ячейка бажариши мумкин. Агар эталон эритма ва ўлчаш ячейкаларидаги температуралар бир хил бўлса, температура хатосининг компенсацияси автоматик равишда таъминланади. Ўлчаш схемасининг ишлаши қаршилиқларни автоматик кўприклар ёрдамида ўлчашнинг умумий ҳолларидан фарқ қилмайди. Бу усул компенсациянинг юқори аниқлигини таъминлайди, лекин суяқликли компенсаторнинг ишлатилиши кондуктометр тузилишини мураккаблаштиради. Бундан ташқари, стабил кўрсатишларга эга бўлиш учун, ўлчаш схемасини вақт-вақти билан ростлаб туриш керак, чунки эталон суяқлик хоссалари вақт ўтиши билан ўзгариши мумкин.

Кондуктометрларда температура компенсациясини автоматик равишда бажариш учун қаршилиқ термометрлари (мис, никель ва бошқалар) ишлатилади.

Истеъмол қилинувчи кучланиш частотасига кўра контактсиз кондуктометрия паст частотали (1000 Гц гача) ва юқори частотали (бир неча юз мегогерцгача) приборларга бўлинади. Агрессив ва захарли суяқлиқлар таркибини ўлчашда электродсиз кондуктометрлар ишлатилади (6—17-расм). Бу приборларнинг ўзгартгичи икки трансформаторли диэлектрик материалдан ишланган суяқликли ўрамдан иборат. Трансформаторлардан бири $Tr1$ таъминловчи, иккинчиси эса $Tr2$ ўлчаш трансформаторидир. Суяқликли ўрам $Tr1$ трансформаторининг иккиламчи чулғами вазифасини ва $Tr2$ трансформаторининг



6—17- расм. Паст частотали электродсиз кондуктометр.

ω_3 бирламчи чулғами вазифасини бажаради. Суюқликли ўрамда ток эритмадаги қаршилик ва таъминланган кучланиш орқали аниқланади. Ўлчашнинг компенсацион схемаси ω_3 суюқликли ўрам ва ω_6 чулғам ҳосил қилган ҳамда бир-бирига қаратилган $Tr2$ трансформатордаги магнит юритувчи кучларнинг тенглиги билан балансланади. Схема баланси R_p реохорд қаршилигини ўзгартириш йўли билан бажарилади. Кўприкли схеманинг R_2 , R_4 , R_5 ва R_6 резисторлари приборни турли ўлчаш чегараларига созлайди. R_t термистор температура хатосини компенсация қилишга мўлжалланган.

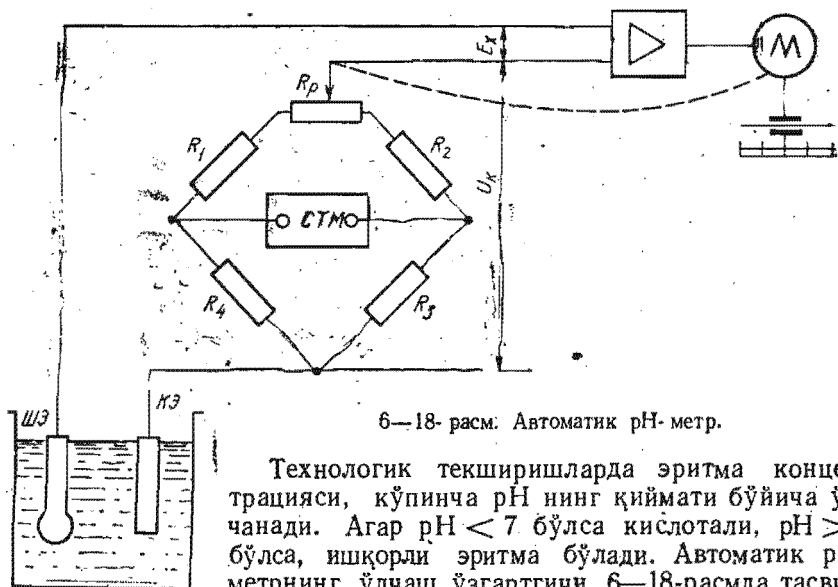
Потенциометрик метод муайян индикатор электродлар ҳосил қилган э. ю. к. ни ўлчаш йўли билан ионлар концентрациясини аниқлашга асосланган. Бунда концентрацияни бевосита потенциаллар фарқини ўлчаш, ёки бивосита ўлчовлар, масалан, потенциометрик титрлаш ва бошқа йўллар билан аниқлаш мумкин.

Потенциометрияда қуйидаги потенциаллар қўлланилади:

1) металл электродларни суюқликлар эритмасига чўктирилганда ҳосил бўлган электрод потенциаллар (эритмалардаги кислота ёки ишқор миқдорини таърифловчи рН — водород ионлари концентрациясини ўлчаш, кислота ва асосларни титрлаш);

2) мембранали потенциал; эритмадаги юпқа мембраналарда ўрнатилади (рН ни шиша электродлар орқали ўлчаш);

3) оксидланиш-қайтарилиш (редоксипотенциал) потенциали инерт электрод, масалан, оксидланиш-қайтарилиш модда эритмасига жойлашган платина электродга ўрнатилади. Бу потенциалнинг қиймати оксидланган ёки қайтарилган модда эритмасида концентрацияни бир хил аниқлайди.



6—18- расм. Автоматик рН- метр.

Технологик текширишларда эритма концен- трацияси, кўпинча рН нинг қиймати бўйича ўл- чанади. Агар $pH < 7$ бўлса кислотали, $pH > 7$ бўлса, ишқорли эритма бўлади. Автоматик рН- метрнинг ўлчаш ўзгартгичи 6—18-расмда тасвир- ланган. Бу прибор генераторлар турига кириб, икки электрод инди- каторли ШЭ (шиша электрод) ва солиштира КЭ (каломель ёки хлор- кумуш) электроддан иборат. Потенциаллар фарқи электродлардан олинади, бу потенциаллар фарқи рН нинг ҳар бир бирлигида 58 мВ га ўзгаради.

Шиша электроднинг қаршилиги катта (10^9 Ом) бўлгани сабабли ўлчаш схемасининг кириш қаршилиги 10^{-12} Ом дан кам бўлмаслиги ва қутбланишнинг олдини олиш учун, ток $10^{11} \dots 10^{-11}$ А дан ошмас- лиги керак. Шунинг учун э. ю. к. юқори Ом ли киришга эга бўлган электрон потенциометрли компенсацион метод билан ўлчанади. Жум- ладан, КСПВ — типидagi потенциометрлар, ёки доимий ток бўйича унификацияланган чиқишли махсус юқори Ом ли (ПВУ) ўзгартгич- лар ишлатилади. Электродлардаги ўлчанаётган потенциаллар фарқи температурага боғлиқ бўлгани сабабли, ўлчанаётган эритма темпера- турасини стабиллаш ёки тузатиш киритадиган қўшимча прибордан фойдаланиш керак.

Эритмаларни анализ қилишнинг оптик методи синдириш кўрсати- ши қайтариш коэффиценти, оптик зичлик ва бошқа параметрларнинг оптик хоссалари текширилаётган компонент концентрациясига боғ- лиқлигига асосланган. Суюқликдаги эритилган ёки тортилган зарра- чалар концентрациясини оптик (фотоэлектрик) метод орқали аниқ- лаш тўртга бўлинади:

- 1) фотокалориметрия — эритмадан ўтаётган ёруғликнинг юти- лишини ўлчашга асосланган;
- 2) нефелометрия — ёруғликнинг суюқликдаги тортилган зарра- чалар томонидан ютилиши ёки тарқалишини ўлчашга асосланган;
- 3) рефрактометрия — бинар аралашмадаги синдириш кўрсатиши- нинг компонентлар нисбатига боғлиқлигига асосланган.

4) поляриметрия — қутбланган нурланишнинг қутбланиш параметрларини ўзгартирувчи оптик актив мухитлар ўртасидаги ўзаро таъсирга асосланган.

Текшириладиган эритмада моддалар концентрацияси ва табиатини полярографик метод билан аниқлаш қутбланган (полярографик) ток потенциал эгри чизиқларини, яъни қутбланувчи ва қутбланмайдиган симоб электродларини электролизлаш процессида олинadиган вольт — ампер характеристикасини ўрганишга асосланган.

Суюқлик таркибини ўлчаш учун юқорида кўрилган метод ва приборларни ишлатиш ўлчанаётган параметрнинг қиймати ва текшириладиган суюқлик компоненти ўртасидаги боғланишни бир хил аниқлайдиган тегишли концентрацион характеристикани дастлаб аниқлашни талаб қилади.

VI.5- §. Газ анализаторлари

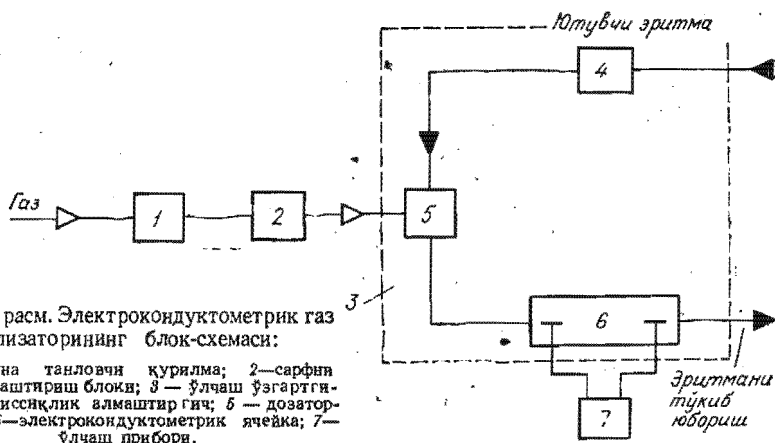
Газ анализаторлари текшириладиган газ аралашмасидаги компонент ёки компонентлар йиғиндиси концентрацияси ҳақида маълумот берадиган қурилмалардир. Газ анализатори газ таркибини ўлчайдиган датчик ва датчик чиқиш сигналинини ўлчайдиган (иккиламчи) прибордан иборат. Газ анализаторлари саноатнинг барча соҳаларида ва илмий тадқиқот ишларида кенг ишлатилади. Газ аралашмалари таркибини аниқлаш учун турли хилдаги газ анализаторлари ҳамда масса-спектрометрия, хроматография ва шунга ўхшаш методларга асосланган приборлар ишлатилади. Мавжуд газ анализаторларида анализнинг химиявий, физик-химиявий ва физикавий методларидан фойдаланилади.

Химиявий метод газ компонентининг муайян бирор реактив томонидан ютилишига асосланган. Компонентнинг аралашмадаги миқдори газнинг дастлабки ва ютилишдан кейинги ҳажмлари фарқи бўйича аниқланади. Химиявий методлар одатда лаборатория шаронтида ишлатилиб, ўлчашнинг юқори аниқлиги ва тезлигини таъминламайди.

Физик-химиявий методлар электр кондуктометрик газ анализаторларида анализ қилинаётган компонентни ютувчи эритмаларни кулонометрик титрлашда, шунингдек, гальваник, термохимиявий ва фотокалориметрик газ анализаторларида ишлатилади. Ўлчашнинг физикавий методи асосида термокондуктометрик, магнит ва оптик газ анализаторлари қурилган. Газ анализаторларига қўйиладиган талабларга кўра (анализ қилинадиган газ аралашмаларининг хилма-хиллиги, ўлчашнинг сезгирлиги, аниқлиги ва кўрсатишларнинг қайта тикланиши) уларнинг жуда катта номенклатураси чиқарилади.

Газларни анализ қилувчи приборлар комплектига датчик ва чиқиш сигналинини ўлчагичдан ташқари приборнинг нормал ишини таъминловчи бир қанча ёрдамчи узеллар киради. Асосий ёрдамчи узеллар газ аралашмаси намунасини танловчи, тозаловчи, ташувчи ва анализга тайёрловчи қурилмалардир.

Одатда, прибор шкалалари газ аралашмасидаги анализ қилинаётган компонент концентрациясининг ҳажмий процентида, шунингдек,



6—19- расм. Электрокондуктометрик газ анализаторининг блок-схемаси:

1—намуна танловчи қурилма; 2—сарфни стабиллаштириш блоки; 3—ўлчаш ўзгартгичи; 4—иссиқлик алмаштиргич; 5—дозатор-насос; 6—электрокондуктометрик ячeyка; 7—ўлчаш прибори.

аниқланаётган компонентнинг газ аралашмасидаги ҳажмий ёки мас-савий улушида даражаланади. Приборларнинг аниқлик класси 1 ... 10.

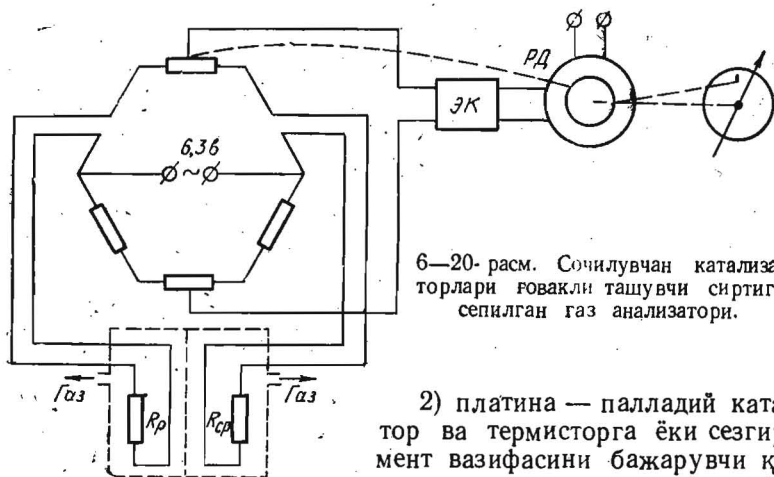
Электрокондуктометрик газ анализаторларининг ишлаш принци-пини электролит эритмасининг солиштирма электр ўтказувчанли-гини эритмада ютиладиган газ аралашмасидаги ўлчанаётган компонент концентрациясига боғлиқлигига асосланган. Кокс газидаги аммиак-ни аниқлайдиган электрокондуктометрик газ анализаторида (6—19-расм) бошлангич газ аралашмаси намуна танловчи қурилма 1 дан сарфни стабиллаштириш блоки 2 га келади. Газнинг муайян темпера-турадаги ютилиши кучсиз хлорид кислота эритмасида (ютувчи эрит-мада) дозатор — насос 5 орқали содир бўлади. Бу дозатор—насос, газ ва кислотанинг муайян нисбатини таъминлайди. Ҳосил бўлган эритма оқиб ўтадиган электрокондуктометрик ячeyка 6 га узатилади, бу ерда унинг электр ўтказувчанлиги аниқланади.

Иккиламчи прибор 7 нинг шкаласи аммиакнинг кокс газидаги про-цент миқдорида даражаланган. Электрокондуктометрик газ анализа-торлари карбонат ангидрид, углерод оксиди, аммиак, сульфат ангид-рид, хлор ва бошқа моддаларнинг кичик концентрацияларини аниқ-лаш учун қўлланилади.

Термохимиявий газ анализаторларининг ишлаш принципи газ аралашмасида компонент иштирокидаги химиявий реакциянинг фой-дали иссиқлик эффектини ўлчашга асосланган. Катализатор иштиро-кида ўтадиган оксидланиш реакцияси қўлланиладиган термоката-литик метод кенг тарқалган. Компонент концентрациясига тўғри пропорционал бўлган реакция иссиқлик эффектининг катталиги термохимиявий ўзгартгич сезгир элементининг температурасини аниқ-лайди.

Катализаторлар ва сезгир элементлар турига кўра саноат газ анализаторлари уч гурппага бўлинади:

1) бир вақтда катализатор ва термосезгир элемент вазифа-сини бажарадиган, қиздирилган платина тола шаклидаги ўлчаш ўз-гартгичли приборлар;



6—20- расм. Сочилувчан катализаторлари ғовакли ташувчи сиртига сепилган газ анализатори.

2) платина — палладий катализатор ва термисторга ёки сезгир элемент вазифасини бажарувчи қаршилик термометрига эга бўлган ўзгартгичли приборлар;

3) сочилувчан катализаторлари (кўпинча алюминий оксиди) ғовакли ташувчи сиртига сепилган приборлар; уларда сезгир элемент сифатида қаршилик термометрлари ёки термобатарея хизмат қилади.

6—20- расмда учинчи гурппага оид автоматик газ анализаторининг схемаси кўрсатилган. Иссиқлик эффекти икки қаршилик термометри орқали ўлчанади. Улардан бири R_p ишловчи термометр катализатор қатламига, R_{cp} иккинчи солиштирма термометр эса инерт-масса қатламига жойлашган. Қаршилик термометрлари мувозанат кўпригининг икки туташган елкаларига уланган. Текширилаётган газ кетма-кет инерт масса қатлами, солиштирма термометр ва ишловчи термометрли катализатордан ўтади.

Газ аралашмасида анализ қилинаётган компонент пайдо бўлиши билан катализаторда экзотермик реакция содир бўлади. Температура кўтарилганда ишловчи термометрнинг қаршилиги ошади ва кўприкда nobаланслик пайдо бўлади. Кўприк диагоналида аниқланаётган компонент миқдорига пропорционал ток пайдо бўлади.

Термохимиявий газ анализаторлари ишлаб чиқариш корхоналарида ҳавонинг ёнувчи газ ва буғлар таркибини аниқлашда, шунингдек, газ аралашмаларидаги кислород, углевод оксиди, метан, диэтилэфир ва бошқа моддалар миқдорини аниқлаш учун ишлатилади.

Кўрсатишларнинг асосий хатоси $\pm 5\%$. Термохимиявий газ анализаторларида хатолар қуйидаги сабабларга кўра ҳосил бўлади: а) атроф муҳит температурасининг тебраниши; б) ўлчаш кўпригининг таъминлаш манбаидаги кучланишининг тебраниши; в) газ аралашмасининг ишловчи ячейка орасидан ўтиш тезлиги; г) иш процессида, хусусан химиявий актив аралашмалар томонидан заҳарланиши сабабли катализатор активлигининг пасайиши.

Термокондуктометрик газ анализаторларининг ишлаш принципи газ аралашмасининг иссиқлик ўтказиш қобилияти текширилаётган компонент концентрациясига боғлиқлигига асосланган. Агар бинар

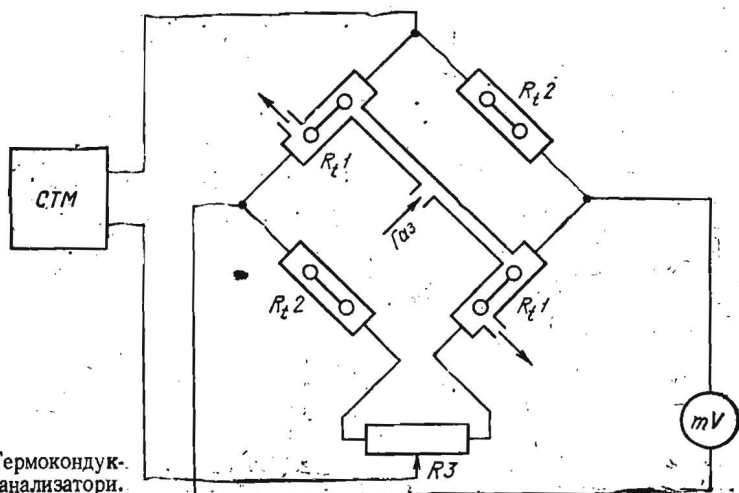
аралашмадаги компонентларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги ҳар хил бўлса, бу методни қўллаш қулай. Кўп компонентли газ аралашмасини анализ қилишда юқоридаги методни қўллаш мумкин, лекин аниқланмайдиган компонентларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги бири-биридан унча фарқ қилмай, аниқланаётган компонентнинг иссиқлик ўтказувчанлиги улардан анча фарқ қилиши керак.

Иссиқлик ўтказувчанлик температурага боғлиқ бўлгани сабабли ишловчи оқимларни термостатлаш ёки термокондуктометрик приборлар системасида тузатувчи қўшимча қурилмалардан фойдаланиш керак.

Термокондуктометрик газ анализаторларининг ўлчаш элементлари ўзи қизийдиган қаршилиқ 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 ўртасидаги ўзаро иссиқлик алмашувининг интенсивлиги ҳам ўзгаради. Толанинг электр қаршилиги текшириладиган компонент концентрациясини билдиради.

Бу турдаги саноат газ анализаторларида ўлчашнинг дифференциал методи қўлланилади, бунда текшириладиган ва намуна газ аралашмаларининг иссиқлик ўтказувчанлиги ишловчи ва солиштирма камералар ёрдамида солиштирилади. Ишловчи камера оқиб ўтайдиган қилиб ишланади, солиштирма камера эса таркибига концентрацияси ўлчашнинг пастки, ўрта ва юқори чегарасига мос келадиган ўлчанаётган компонент кирган газ аралашмаси билан тўлдирилади.

Ўлчаш схемалари бевосита ҳисоблаш ёки автоматик мувозанатлаш принципига кўра қурилади. 6—21-расмда кўрсатилган термокондуктометрик газ анализатори концентрацияни мувозанатлашган кўприк ёрдамида ўлчайди. Доимий сарфга эга бўлган текшириладиган газ аралашмаси R_1 ишловчи камераларга келади. Кўприкнинг



6—21- расм. Термокондуктометрик газ анализатори.

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 соҳалари орасига жойлашади, унинг ичида эса R_3 , R_4 икки секцияли платина чулғамлар ўрнатилади, бу чулғамларнинг қаршилиғи номувозанат кўприкнинг икки елкасини ҳосил қилади. Агар бошланғич аралашмада кислород бўлмаса, кўндаланг каналда ҳаракат бўлмайди. Аралашмада кислород бўлса, унинг молекулалари магнит майдонида йўналиб, каналга тортилади. R_1 чулғамлар ўлчаш схемаси манбаининг токи таъсирида 100 ... 200°C 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 конвенцион оқими иссиқликни асосан R_3 чулғамдан олади, шунинг учун секциялар температураси ҳар хил бўлиб қолади.

R_3 ва R_4 қаршилиқларнинг текширилаётган газ концентрациясига пропорционал ўзгариши натижасида, кўприкнинг ўлчаш диагоналида нобаланслик сигнали пайдо бўлади. Бу сигнал шкаласи кислороднинг процент миқдорида даражаланган автоматик потенциометр орқали ўлчанади. Ўлчаш кўприги стабиллашган таъминлаш манбандан (СТМ) таъминланади. Қаршилиқ R_5 кўприк манбаининг ток кучини ўрнатиш учун хизмат қилади; R_1 ва R_2 — доимий магнитнинг қаршилиқлар.

Термомагнит газ анализаторлари кислороднинг турли ўлчаш чегараларига мувофиқ ишланади. Ўлчашнинг асосий хатоси прибор шкаласи чегарасининг $\pm 2,5 \dots 5$ процентидан ошмайди.

Ўлчашнинг термомагнит методида хатолар, асосан қуйидаги сабабларга кўра содир бўлади:

а) атроф-муҳит температурасининг ўзгариши натижасида газ аралашмасининг магнитланиши ўзгаради;

б) сезгир элемент иссиқлигининг ўзгариши (ўлчаш кўприги-манба кучланишининг тебраниши);

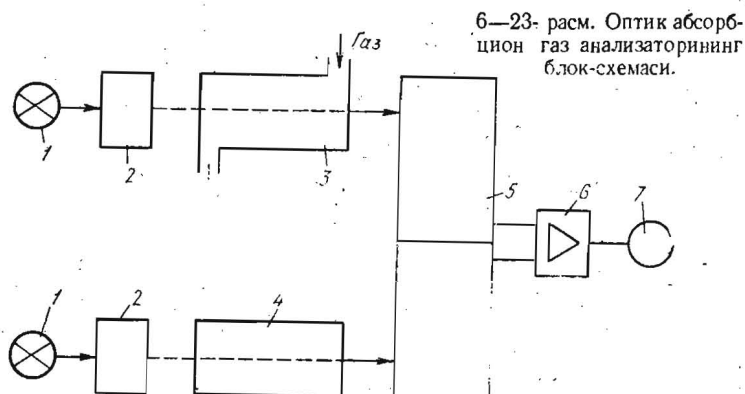
в) текширилаётган газ аралашмаси ёки атмосфера босимининг ўзгариши;

г) магнитларнинг эскириши натижасида магнит майдони кучланишининг ўзгариши.

Оптик газ анализаторларида оптик зичлик, синдириш коэффициенти ва бошқа оптик хоссаларнинг текширилаётган компонент концентрациясига боғлиқлигидан фойдаланилади. Электромагнит нурланиш интенсивлигини пасайиши ёки нурланиш оқимининг текширилаётган газ спектрининг ультрабинафша, инфрақизил ёки кўринадиган қисмларидаги ютилишини ўлчашга асосланган абсорбцион оптик метод кўпроқ тарқалган.

Оптик абсорбцион газ анализаторларининг кўпчилиги икки нурли дифференциал схема бўйича қурилган (6—23-расм). Манба 1 дан

олинадиган нурланиш оқими йўлида ёруғлик филтрлари 2 орасидан текшириладиган газ аралашмаси ўтадиган ишловчи камера 3 ва аниқланаётган компонент қўшилмаган газ аралашмаси билан тўлдирилган солиштирма камералар 4 ўрнатилади. Приёмник 5 ишловчи ва солиштирма камералардаги нурланиш интенсивлиги фарқини қабул қилади, аниқланаётган компонент миқдорига пропорционал бўлган нобаланслик сигнали эса кучайтиргич 6 да кучайиб ўлчаш прибори 7 да қайд қилинади.



6—23- расм. Оптик абсорбцион газ анализаторининг блок-схемаси.

Одатда оптик газ анализаторлари компенсацион схема бўйича ишланиб, ўлчаш схемаси оптик, газ ёки электр методлари орқали мувозанатланади. Оптик компенсация методида тескари боғланиш сигнали тўсиқ ёки оптик пона силжишига айлантирилади. Бу эса солиштирма каналда нурланиш интенсивлигини тегишли ўзгартиради. Иккинчи ҳолда солиштирма каналда нурланиш оқими йўлида компенсацияловчи аралашма қатламининг қалинлиги ўзгаради. Ва, ниҳоят, электр компенсациялаш методида занжирда электр билан таъминлаш кучланиши ўзгартирилади.

Ультрабинафша нурланишли газ анализаторлари органик ва анорганик моддалар, шунингдек, хлор, симоб буғлари, фосген, азот (II) оксиди ва ҳоказолар миқдорини аниқлашга мўлжалланган. Бу приборларда нур қабул қилгич сифатида турли фотоқаршиликлар, вакуум фотоэлементлар ва фотоқўпайтиргичлар ишлатилади.

Инфрақизил нурланишли газ анализаторларида қолдиқ энергия текшириладиган компонент билан тўлдирилган нур приёмникларида ютилади. Узлукли нурланишдан фойдаланилганда нур қабул қилгичда энергиянинг ютилиши сабабли температуранинг ўзгариши, шу билан бирга босимнинг тебраниши вужудга келади. Бу тебранишларни тегишли ўлчаш прибори билан олинган нур қабул қилгич микрофонининг мембранаси қабул қилади.

Бундай нур қабул қилгичда газ босимининг пульсланиши а к у с т и к э ф ф е к т номини олган. Бундай газ анализаторлари эса оптик акустик приборлар дейилади. Бу приборларнинг афзаллиги уларнинг универсаллигидир, чунки кўпчилик моддалар-

нинг инфрақизил ютилиш спектри бир-биридан фарқ қилади. Оптик акустик газ анализаторлари мураккаб таркибли аралашмаларда (метан, изобутилен ва ҳоказо) углерод оксиди, карбонат ангидрид миқдорини аниқлашда кенг ишлатилади.

Оптик газ анализаторлари ўлчашнинг турли чегараларига мувофиқ тайёрланади. Приборларнинг асосий хатоси $\pm 2,5 \dots 5\%$.

Фотокалориметрик газ анализаторлари нурланиш оқимининг текшириладиган модда томонидан спектрнинг кўринадиган қисмида ютилишга асосланган. Концентрацияни ўлчаш икки хил усулда бажарилади: турли интенсивликда бўялган ва аниқланаётган газ билан реакцияга киришадиган суюқлик реагенти мавжудлигида суюқ фазада; газ аралашмасининг рангига қараб, оқимни бевосита ютувчи, ўлчанаётган компонент миқдорини белгилайдиган газ фазасида. Ёруғлик оқими кучсизланишининг миқдори фотоэлектрик нурланиш приёмниклари ёрдамида ўлчанади.

Газ фазасида фотоэлектрик аниқлаш методи бўялган газлар, масалан, хлор, азот (II) оксиди ва шу газлар концентрациясини аниқлашда қўлланилади. Суюқ фазали газ анализаторлари анча сезгир бўлиб, юқори танловчанликка эга; бунинг учун реакциянинг суюқ компоненти ва суюқлик газ нисбати тегишлича танланади. Бу усул хлор, азот (II) оксиди, ацетилен ва бошқа газларнинг микроконцентрациясини аниқлаш учун қўлланилади.

Хроматография ҳозирги пайтда газсимон ва суюқ моддалар таркибини ўрганишда химия ва озиқ-овқат саноатида муҳим методлардан биридир. Хроматография методининг тез ривожланиш сабаби бу методдаги аналитик имкониятларнинг кенглиги, ажратиш қобилияти ва сезгирлигининг юқорилиги, прибор шаклланишининг нисбий соддалигидир. Хроматографик анализаторлар кўп компонентли газ аралашмалари ва суюқликларнинг катта группасини анализ қилиш учун мўлжалланган унификациялашган приборлардир.

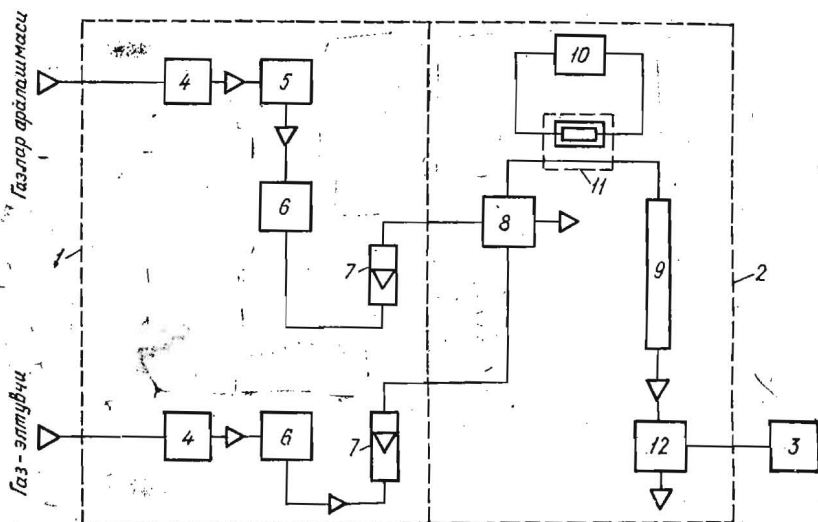
Хроматографик метод кўп компонентли газсимон ва суюқ моддаларнинг (аралашмалар) динамик шароитларда сорбцион (ютилиш) процесс ёрдамида алоҳида таркибий қисмларга ажралишига асосланган. Бу шароитлар газ, буғ ва суюқликларнинг тегишли сорбент (ютувчи) қатламга эга бўлган махсус колонкадан ўтишида таъминланади. Газ хроматографларидаги концентрация спектрининг ёйилиши маълум вақт давомида амалга ошади.

Ажралиш методи бўйича ишлайдиган хроматографларнинг ишлаш принципи газ аралашмасининг сорбент қатлами бўйича ҳаракат тезлигининг фарқига асосланган.

Саноат приборларида кўпроқ газ-суюқликли хроматография қўлланилади. Бунда бошланғич газ аралашмасининг компонентларга ажралиши уларни адсорбцияловчи суюқликда эритиш йўли билан амалга оширилади, адсорбцияловчи суюқлик қаттиқ ташувчи сиртига юпқа парда каби тақсимланади.

Газ хроматографнинг блок-схемаси (6—24-расм) тайёрлов блоки 1, ўлчаш блоки 2 ва қайд қилувчи прибор 3 каби асосий элементларни ўз ичига олади.

Тайёрлов блокада бошланғич газ аралашмаси филтрланиб тозга-



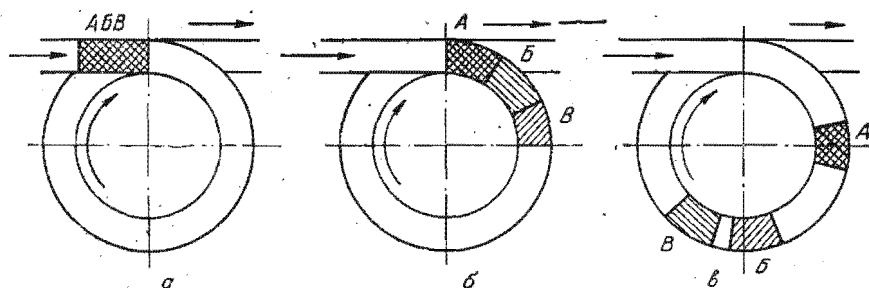
6—24-расм. Газ хроматографининг блок-схемаси:

1—тайёрлов блоки; 2—ўлчаш блоки; 3—қайд қилувчи прибор; 4—босим редуктори; 5—фильтр; 6—игнасимон вентиллар; 7—ротаметрлар; 8—дозаловчи қурилма; 9—ажратиш колонкаси; 10—температура ростлагичи; 11—электр қизитгич; 12—детектор.

ланади, газ босими талаб қилинган даражага туширилади, газ аралашмасы ва ташувчи газнинг (водород, азот, гелий ёки қуруқ ҳаво) доимий сарфи таъминланади.

Муайян намуналарнинг дозаланиши намуна танловчи 8 ва дозаловчи қурилма орқали ўлчаш блокида бажарилади. Ажратиш колонкаси 2 га узатиладиган газнинг доимий температураси икки позицияли автомат ростлагич 10 ёрдамида таъминланади. Бу автомат ростлагич электр қизитгич 11 нинг иш режимини тегишли ўзгартириб туради. Ажратиш колонкасидан чиққан газ аралашмасы таркибининг ўзгариши детектор 12 орқали электрик ёки пневматик сигналга ўзгартирилади. Детектор чиқиш сигналининг энергиясига кўра детектор сифатида автоматик компенсаторлар (хусусан, электрон потенциалметрлар) ёки бошқа ўзиёзар ўлчаш приборлари ишлатилади.

Компонентларнинг хроматографик ажрალიш принципи 6—25-расмда кўрсатилган. Бу принципга мувофиқ А, Б ва В компонентлардан ташкил топган газ аралашмасы (6—25-расм, а) ташувчи газ ёрдамида ҳалқа хроматографик колонкада жойлашган сорбент қатламидан ўтади. Компонентларнинг сорбцияланиши турлича бўлгани сабабли, уларнинг колонкадаги ҳаракатининг тезлиги ҳам турлича бўлади (6—25-расм, б). Маълумки, вақт ўтиши билан ҳаракат тезлигининг фарқи компонентларнинг батамом ажрალიшига олиб келади (6—25-расм, в), сорбцияланиш қобилияти энг кичик бўлган компонент биринчи ажралади. Шундай қилиб, хроматографик колонкадан ташувчи газ ёки бинар аралашма (ташувчи газ — компонент) чиқади, уни детектор қайд қилади ва компонент миқдорига пропорционал

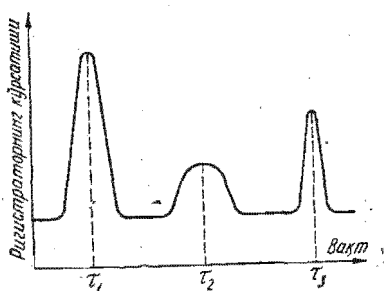


6—25- расм. Компонентларнинг хроматографик ажралиш схемаси.

сигнал ишлаб чиқаради. Ташувчи — газнинг сарфи ва температураси доимий бўлса, компонентларнинг чиқиш вақти хроматографик анализда газ аралашмаси таркибининг сифат кўрсаткичи бўлади, унинг сонли миқдори эса хроматограмма чўққисининг нисбий юзаси орқали аниқланади.

6—26-расмда келтирилган хроматограмма дифференциал детекторлар учун характерлидир. Бу детекторлар сифатида термokonдуктометрик, термохимиявий, ионизацион—алангали ва бошқа қурилмалар ишлатилади.

Автомат хроматографнинг автоматик ростлаш системасининг датчиги сифатида ишлатилиши учун хроматограммани автоматик равишда расшифровка қилиш керак. Ҳозирги пайтда текшириляётган компонент миқдорига пропорционал бўлган сигнални навбатдаги ўлчаш циклигача ёдда сақлаб турувчи махсус қурилмали хроматографлар ишлаб чиқарилмоқда. Шу туфайли хроматограф узлуксиз автоматик ростлаш системаларида ишлатилиши мумкин.



6—26- расм. Дифференциал хроматограмма.

VII.606. МАСОФАДАН ТУРИБ ЎЛЧАШ СИСТЕМАСИ

VII.1-§. Ўзгартгичлар тури ва сигналларни узатиш системаси

Физикавий бир жинс бўлмаган чиқиш сигналларига эга бўлган ҳар хил бирламчи ўзгартгичларнинг (термопара т. э. ю. к., термометр электр қаршилиги, манометр мембранасининг эгилиши ва ҳоказо) мавжудлиги контрол-ўлчов ва ростловчи қурилмаларнинг катта номенклатурасини талаб қилади, бу эса уларнинг эксплуатацияси ва ремонтини қийинлаштиради. Бундан ташқари, марказлашган контрол ва бошқарув машиналарини ишлатишда турли физикавий катталики-

ларни ягона бир катталиikka ўзгартирувчи турли ўзгартгичлар керак бўлади. Шунинг учун алоҳида система ва приборларни Давлат приборлар системасига (ДПС) бирлаштириш ишлари олиб борилмоқда.

ДПС — минимал модуллар миқдори асосида қурилган ва Давлат приборлар системасига қирадиган қурилмаларнинг унификациялашган блоклар, приборлар ва узеллар йиғиндисини ташкил қилади. ДПС структураси электрик, пневматик ва гидравлик тармоқлардан иборат, бу тармоқлар тегишли ўзгартгичлар билан ўзаро боғланган.

Блок принципини қўллаш приборнинг универсаллик даражасини оширади, яъни бу приборлар орқали кўпчилик параметрларнинг соини ўлчаш мумкин бўлади. ДПС ўлчанаётган параметрларни (температура, босим ва бошқалар) масофага узатиш учун қулай бўлган ягона маълумот шаклига ўзгартиришни назарда тутати. Кириш ва чиқиш параметрларини унификациялаштириш орқали приборларнинг ўзаро алмашувчанлигига эришилади, бунда бирламчи ўзгартгич ва ДПС тармоғига кирган прибор ёки қурилманинг биргаликда ишлашига, шунингдек, махсус ўзгартгичдан фойдаланилганда бир тармоқдаги ўзгартгичнинг иккинчи тармоқ прибори билан биргаликда ишлашига имкон туғилади. Теплоэнергетик параметрлар учун ДПС электр токли (аналог), электр частотали (дискрет) ва пневматик чиқиш сигналларига эга бўлган приборларни бирлаштирувчи уч тармоқдан иборат. Қуйидаги унификациялашган чиқиш сигналлари ўрнатилган аналог электр тармоғи учун (ГОСТ 9895—69) доимий ток катталиги 0 ... 5, 0 ... 20 ва 0 ... 100 мА, доимий ток кучланиши эса 0 ... 10 В ва ўзгарувчан ток кучланиши 0 ... 1, 0 ... 2 В. Дискрет тармоқ учун (ГОСТ 10938—64) частота 1500 ... 2500 Гц, пневматик тармоқ учун (ГОСТ 9468—60) қисилган ҳаво босими 20 ... 100 КПа (0,2 ... 1,0 кгк/см²).

Электр аналог тармоғи ўзгартгичлари силжиш компенсацияси ва куч компенсацияси схемалари бўйича ишланади. Ноэлектрик сигналларни электрик сигналга ўзгартирувчи ва кўрсатишларни масофага узатувчи силжиш компенсацияси схемаси бўйича ишланган ўзгартгичлар орасида дифференциал-трансформаторли, ферродинамик ва сельсин ўзгартгичлар кенг тарқалган.

Дифференциал-трансформаторли ўзгартгичлардаги бирламчи прибор ўзагининг силжиши иккиламчи прибор ўзагининг силжиши билан мувозанатланади. Дифференциал-трансформаторли ўзгартгичлар сарф, босим, сатҳ ва бошқа параметрларни ўлчашда ишлатилади, бунда бу параметрларнинг қиймати бирламчи прибор ғалтагининг ўзаги силжишига ўзгартирилади.

Дифференциал-трансформаторли прибор схемаси (7—1-расм) икки-та бир хил ғалтақдан иборат. Улардан бири бирламчи прибор 1, иккинчиси эса иккиламчи прибор 2 га жойлашган. Ғалтақларнинг бирламчи чулғамлари кетма-кет улашиб электрон кучайтиргич куч трансформаторининг чулғамидаги ўзгарувчан ток кучланишидан таъминланади. Иккиламчи чулғамлар бир-бирига йўналган ҳолда улашиб, чиқишлари электрон кучайтиргичга қаратилган. Ғалтақлар

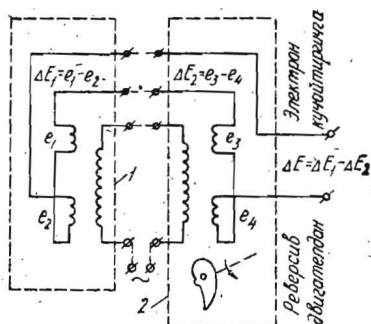
ичида темир ўзаклар (магнит ўтказгичлар) мавжуд. Агар иккала ғалтак ўзаклари ўртacha ҳолатда бўлса, ғалтакдаги e_1 ва e_2 э. ю. к. лар тенг бўлади, яъни $\Delta E_1 = e_1 - e_2 = 0$ ва $\Delta E_2 = e_3 - e_4 = 0$, демак, $\Delta E = \Delta E_1 - \Delta E_2$ кучайтиргич киришидаги фарқ ҳам нолга тенг бўлади.

Ўзаклар ҳолати ўзгарганда ғалтакларда катталиги ва фазаси бирламчи прибор 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 прибор ғалтаги ўзагини бирламчи прибор ғалтаги ўзаги билан координациялашган ҳолатга силжитади, натижада иккала ғалтакдаги э. ю. к. лар тенглашади, бинсбарин мувозанат ҳолати тикланади. Иккиламчи чулғамларнинг э. ю. к. яна нолга тенг бўлади ва реверсив двигатель тўхтайди. Реверсив двигатель иккиламчи приборнинг стрелкаси ва перо билан боғланган.

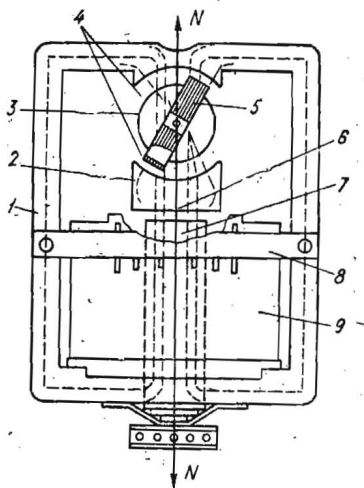
Бирламчи приборнинг ўзаги 5 мм га силжиганда индукцияланган э. ю. к. нинг боғланиши чизикли бўлиб қолади. Дифференциал-трансформаторли системаларнинг иккиламчи приборлари автомат потенциометрлар асосида қурилган.

Кўрсатишларни 250 метрга узатадиган дифференциал-трансформаторли системаларнинг хатоси $\pm 0,5\%$, 1 км га узатадиган приборларнинг хатоси эса $\pm 2,5\%$.

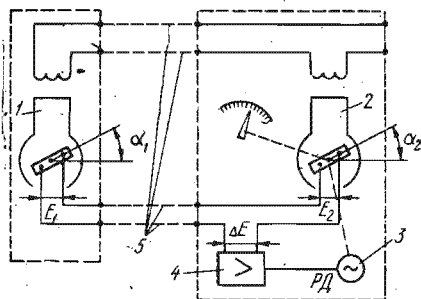
Ферродинамик ўзгартгичларда бурчакли силжишлар ўзгарувчан ток э. ю. к. нинг пропорционал қийматига ўзгартирилади. Ферродинамик ўзгартгичли схемалар босим, сарф, сатҳ ва бошқа катталикларни ўлчашда ишлатилади. Бунда бу катталикларнинг қиймати ферродинамик ўзгартгич рамкасининг бурилиш бурчагига ўзгартирилиши мумкин. Ўзгартгич (7—2-рasm) унинг магнит системасини ҳосил қилувчи магнит ўтказгич 1, бошмоқ 2, ўзак 3 ва ҳаракатчан плунжер 7 ҳамда плунжер 7 нинг силжиши вақтида ўзгарадиган иккита ҳалқали 4 ва ростлагичли 6 ҳаво оралиқлардан иборат. Ғалтак 9 да сааноат частотали ўзгарувчан токдан таъ-



7—1- рasm. Дифференциал-трансформаторли ўзгартгич схемаси.



7—2- рasm. Ферродинамик ўзгартгич схемаси.



7—3- расм. Масофага узатиш ферродинамик системасининг принципиал схемаси.

Рамка NN чизиқдан четга чиққанда ундаги э. ю. к. рамканинг бурилиш бурчагига пропорционал индукцияланади. Бу э. ю. к. фазаси рамканинг у ёки бу томонга бурилишида 180° га ўзгаради. Рамканинг ишловчи бурилиш бурчаги 40° (нейтрал чизиққа нисбатан $\pm 20^\circ$).

Магнит оқимининг катталиги бошмоқ 2 ва ҳаракатчан плунжер 7 орасидаги масофага боғлиқ бўлгани сабабли рамка ва силжиш чулғами э. ю. к. ни ҳаво зазорини ростлаш йўли билан ўзгартириш мумкин.

Масофага узатиш ферродинамик системасининг ишлаш принципи ПФ датчикларни ишлатишга асосланган. Бу метод бирламчи прибор датчигидан олинган э. ю. к. ни иккиламчи прибор ферродинамик ўзгартгичи э. ю. к. билан компенсациялашдан иборат. Ферродинамик система (7—3-расм) ўлчаш приборининг узатувчи ўзгартгичи (датчик) 1, алоқа линияси 5 ва иккиламчи прибор элементлари бўлган ўзгартгич 2, электрон кучайтиргич 4 ва реверсив электр двигатель 3 дан иборат. Ферродинамик ўзгартгич 1 ва 2 ларнинг рамкалари кетма-кет уланган, улардаги э. ю. к. лар бир-бирларига қаратилган, шунинг учун электрон кучайтиргич 4 киришига иккала датчик э. ю. к. ларининг фарқи $\Delta E = E_1 - E_2$ узатилади.

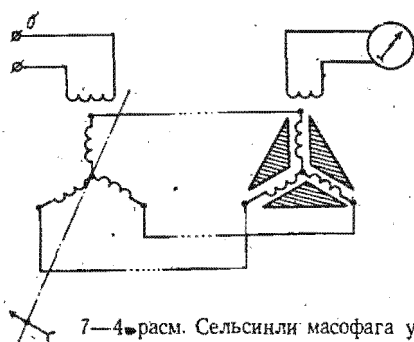
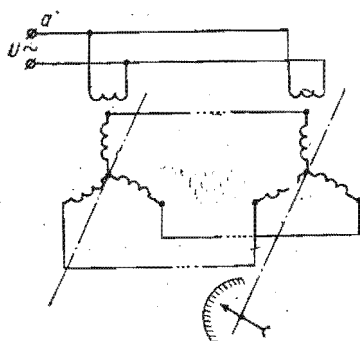
Агар $\Delta E = 0$ бўлса, система мувозанат ҳолатида бўлади. Агар ўзгартгич 1 рамкасининг ҳолати ўлчанаётган параметр таъсирида α_1 бурчакка бурилса, э. ю. к. ҳам ўзгариб, E_1 га тенг бўлиб қолади. Системанинг мувозанати бузилади, кучайтиргич 4 киришга ΔE , э. ю. к. узатилади, бу катталик кучайиб электр двигатель 3 га узатилади. Электр двигатель иккиламчи прибор рамкасини α_1 ва α_2 бурчаклар тенглашгунча силжитади (E_1 ва E_2 э. ю. к. лар ҳам тенглашади).

Ферродинамик ўзгартгичлардаги индукциялашган э. ю. к. нинг рамка бурилиш бурчагига боғланиши чизиқли бўлгани сабабли улар дифференциал-трансформаторли ўзгартгичларга нисбатан катта ўлчаш чегараларига эга. Масофага узатиладиган ферродинамик ўзгартгичлар ўзларининг ишончлилиги, эксплуатация қилишнинг содда ва қулайлиги, универсаллиги, юқори метрологик характеристикаларига кўра кенг ишлатилади.

Юқорида таърифланган кўрсатишларни масофага узатиш система-

минланувчи уйғотиш чулғами жойлашган. Бу ғалтак ҳосил қилган магнит оқим уйғотиш чулғамига ўралган силжиш чулғами ва ўзгартгич 5 айлانувчи рамканинг э. ю. к. ни индукциялайди. Рамка, силжиш ва уйғотиш чулғамларининг учлари — клеммали панель 8 га чиқарилган.

Рамка жойлашган ҳаво зазорида радиал магнит оқим бор. Рамка текислиги NN нейтрал ҳолат линияси билан мос келганда магнит оқими рамкани кесиб ўтмайди ва ундаги э. ю. к. нолга тенг бўлади.



7—4-расм. Сельсинли масофага узатиш системасининг принципиал схемаси:

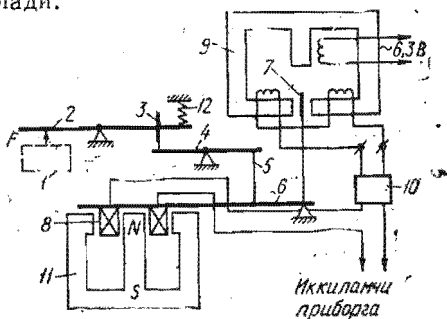
а—индикаторли режим; б—трансформаторли режим.

лари бирламчи ўзгартгичлар ҳосил қилган чизиқли ёки бурчакли силжишлар унча катта бўлмаган ҳолларда ишлатилади. Лекин баъзи ҳолларда ўзгартгич чиқиш ўқининг бир неча ўрамида бирламчи прибор ўзгартгичи 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.

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, роторлар чулғамида қийматлари турлича бўлган э. ю. к. лар индукцияланади, алоқа сими бўйича мувозанатловчи тоқлар оқади ва синхронлаш моменти вужудга келади, натижада қабул қилувчи сельсин ротори бурилади. Сельсинларнинг бундай уланиши (7—4-расм, а) индикаторли режим дейилади.

Трансформаторли режимда қабул қилувчи сельсиннинг ротори тормозланган бўлади ва вольтметрнинг кўрсатишлари узатувчи сельсин бурилишига пропорционал ўзгаради. Вольтметр қабул қилувчи сельсиннинг статорли чулғамига уланган.

Куч компенсацияси принципага асосланган унификациялашган ўзгартгичлар жуда кенг тарқалган. 7—5-расмда куч компенсациясига эга бўлган электр аналог тармоғининг ўзгартгичи кўрсатилган. Ўлчанаётган пара-



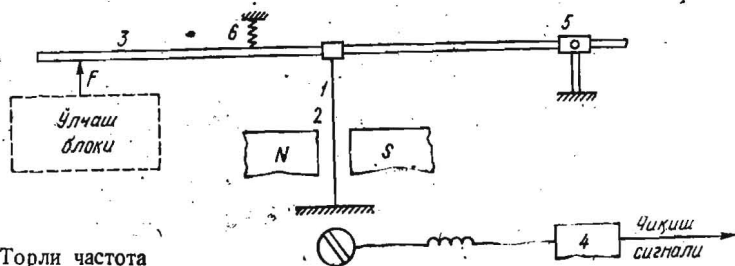
7—5-расм. Куч компенсациясига эга электр аналог тармоқ ўзгартгичи.

метр ўлчаш блоки 1 нинг сезгир элементига (масалан, манометр мембранасига) таъсир кўрсатади ва F пропорцион кучланишга 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 магнитоэлектрик куч механизмининг ғалтаги 8 ўрнатилган. Ядро 9 иккиламчи чулғамларининг бир-бирига қараб уланиши натижасида ҳосил бўлган занжирдаги мувозанат ўртача ҳолатдан четга чиқади, сансат 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 орқали ҳосил қилинган магнит майдон билан доимий магнит 11 ўртасидаги ўзаро таъсир натижасида ричаг 6 да кучайиш пайдо бўлади, бу кучайиш ўлчанаётган кириш (масалан, босим ўзгариши натижасида) кучайишни мувозанатлайди. Приборнинг ноль нуқтаси пружина 12 орқали соланади. Приборни ўзгартгичнинг берилган ўлчаш диапазониغا сошлаш ролик 3 ва лентали тортқи 5 ни силжитиш йўли билан бажарилади.

Бу прибор ёрдамида кўрсатишларни 10 км масофага узатиш мумкин.

Куч-частотали ўзгартгичларнинг ишлаш принципи механикавий кучланишни торли элементнинг кўндаланг тебранишлар частотасига ўзгартирилишига асосланган (7—6-расм). Ўлчанаётган физикавий катталиклар ўлчаш приборининг сезгир элементига таъсир қилиб, физикавий катталикларга пропорционал бўлган F кучайишга айланади. Бу кучайиш эластик стержень (ричаг) 3 ва у билан боғланган торли элемент 1 томонидан қабул қилинади. Ўлчанаётган физикавий катталик F кучайиш ўзгариши билан эластик стержень ва магнит майдони 2-да жойлашган торли элементда кичик (микронларда ўлчанадиган) деформация ҳосил қилади, бунда торнинг кўндаланг тебранишлар частотаси ўзгаради. Бу ўзгаришлар қабул қилувчи 4 ва кучайтирувчи прибор орқали ўзгарувчан ток частотасига ўзгартирилади. Бу частота ўлчанаётган F кучайиш ўлчовидир.

Чиқиш сигналининг ўлчаш чегаралари 1500 ... 2500 Гц ни ташкил қилади. Датчикнинг берилган диапазонга созланиши асос 5 да



7—6- расм. Торли частота ўзгартгичи.

лони беркитганда сифонга таъсир қиладиган P_1 босим кўпаяди, сифонлар сиқилади, ликобчасимон клапан 10 соплло 9 тешигини очиб, соплло тешиги 11 ни беркитади; P_2 босим ошади ва соплло 11 батамом беркилганда, P_2 босим ўзининг максимал қийматига эришади. Тўсиқ сопллодан четлашганида тескари ҳодиса юз беради, яъни соплло 9 тешиги беркилиб, соплло 11 тешиги очилади. Ҳавонинг атмосферага чиқишидаги қаршилиқ камаяди, шунинг учун P_2 босим пасаяди ва у соплло 11 нинг тўлиқ очилишида нолга тенглашади.

Ҳаво босимининг ва ўлчанаётган параметрнинг ўзгариши қуйидагича бўлади. P_2 босим ошганда сифон 17 сиқилади ва шток 14 орқали тўсиқни соплло 3 дан четга суради ҳамда сопллонинг батамом беркилишига йўл қўймайди. Пневматик системалардаги иккиламчи прибор сифатида ҳар қандай босим ўлчагичлар, шунингдек, АУС, «Старт» ва бошқа системалардаги иккиламчи приборлар ишлатилиши мумкин.

Куч компенсациясига эга пневматик ўзгартгичнинг принципиал схемаси 7—8-расмда кўрсатилган. Ўлчанаётган параметр ўлчаш блокининг сезгир элементига таъсир кўрсатади ва F пропорционал кучайишга айланади. F кучайиш таъсирида рычаг 1 орқали тўсиқ 2 соплло 3 га нисбатан силжийди. Соплло ва тўсиқ орасидаги зазорнинг ўзгариши доимий кесим дрессели 7 орқали келадиган ҳаво босимини ўзгаришига олиб келади. Шу билан бирга, кучайтириш пневморелесининг «а» камерасидаги босим таъсирида мембраналар 8 ва 9 нинг эгилиши натижасида киритиш 10 ва чиқариш 11 шарик клапанларнинг ҳолати ўзгаради. Натижада «б» ва «в» камераларда босим ўзгаради. Тўсиқ 2 сифон 4 таъсирида сопллога нисбатан шундай ҳолатни эгаллайдики, сифондаги кучайиш ўлчаш блокининг F кучайишига тенглашади, «б» ва «в» камералардаги босим шунга қараб ўзгаради. Ўзгартгич берилган ўлчаш диапозонига сифонни рычаг 5 бўйлаб силжитиш орқали соланади. Ўзгартгичнинг чиқиш сигналида 20 кПа (0,2 кГк/см²) бошлангич босим ноль корректорнинг пружинаси 6 ёрдамида ўрнатилади.

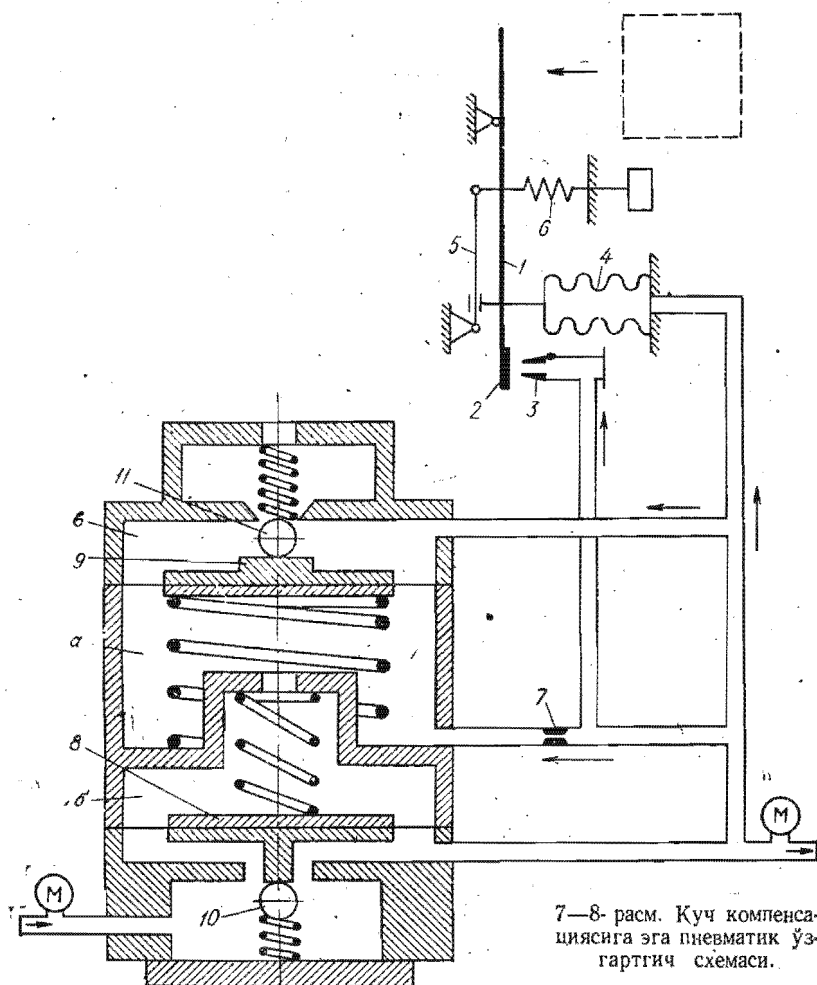
Ўзгартгич чанг, намлик ва ёғдан тозаланган ҳаво билан таъминланади. Ҳавонинг номинал ортиқча босими 140 ± 14 кПа. Чиқиш сигналини 300 метр масофага узатиш мумкин.

Куч компенсацияси пневматик ўзгартгичлари химия саноатида, айниқса, контрол ва автоматика системаларининг ишончлилиги талаб қилинган, шу билан бирга, тез ишлашга эҳтиёж бўлмаган жойларда кенг ишлатилади.

VII. 2-§. Телеўлчагичлар системаси ҳақиқа тушунча

Ўлчашларни узоқ масофаларга узатишда, алоқа линиялари параметрларнинг ўзгариши узатиш аниқлигига таъсир қилиши мумкин бўлганда телеўлчагичлар системалари ишлатилади. Бу системаларда ўлчаш натижалари алоқа линиясига узатишдан аввал кодланади ва қабул қилиш пунктида дешифровка қилинади. Маълумотларни узатиш учун сон-импульсли, вақт-импульсли ва частотали системалар қўлланади.

Сон-импульсли системанинг ишлаш принципи ўлчанаётган катта-



7—8- расм. Куч компенса-
циясига эга пневматик ўз-
гартгич схемаси.

ликнинг ҳар бир қийматига алоқа линияси бўйлаб юбориладиган ток импульсларнинг муайян сони тўғри келишига асосланган. Қодлашни, масалан, ўлчаш системаси билан боғлиқ бўлган валикнинг ҳар бир айланишида бир импульсни қабул қилиш билан амалга ошириш мумкин.

Вақт-импульсли системанинг узатиш қурилмаси ўлчанган катталиқни ўзгарувчан давомлиликда импульсларга ўзгантиради. Бундай модуляция кенгликли модуляция дейилади. Агар система ўлчанган катталиқни импульс йўли даврининг муайян, яъни ўлчанган қийматига пропорционал қисмини ажратувчи ноль ва ҳисобловчи икки импульслар ёрдамида узатса, бундай модуляция фазовий модуляция дейилади. Ўлчанган катталиқни қодлаш 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 олинishi 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 кучланиши ўлчашга имкон беради.

АВТОМАТИК РОСТЛАШ СИСТЕМАЛАРИ (АРС)

VIII боб. АВТОМАТИК РОСТЛАШНИНГ ВАЗИФАСИ

VIII.1-§. Асосий тушунча ва қончалар

Техникавий процессларда одамнинг иштирок этишига кўра автоматлаштиришни қуйидагиларга ажратиш мумкин: автоматик контрол, автоматик ростлаш ва автоматик бошқариш.

Автоматик контрол — технологик процесс ҳақида оператив маълумотларни автоматик равишда қабул қилиш ва уни қайта ишлаш учун керакли бўлган шароитларни таъминлайди.

Автоматик ростлаш — технологик процесснинг тегишли параметрларини автоматик ростловчи приборлар ёрдамида талаб қилинган сатҳда сақланишини назарда тутати. Бу ҳолда одам фақат автоматик ростлаш системасининг (АРС) тўғри ишлашини контрол қилади.

Автоматик бошқариш — технологик операцияларни белгиланган муттасиллигининг автоматик равишда бажарилишини ва бошқарув объектига нисбатан бўладиган таъсирларнинг муайян муттасиллигини ишлаб чиқишдан иборат.

Автоматлаштириш — технологик процессларни одам иштирокисиз бошқарадиган техникавий воситаларни жорий этиш демакдир. Автоматлаштириш — ишлаб чиқариш процессидаги одам иштирок этмаган саноатнинг янги босқичи бўлиб, бунда технологик ва ишлаб чиқариш процессларини бошқариш функциясини автоматик қурилмалар бажаради. Автоматлаштиришни жорий этиш ишлаб чиқаришнинг асосий техника-иқтисодий кўрсаткичларининг яшиланишига, яъни ишлаб чиқарилаётган маҳсулот миқдори ва сифатининг ошиши ҳамда таннархининг камайишига олиб келади.

Замонавий ишлаб чиқариш процессларининг кўпчилиги тўлиқ автоматлаштирилганлиги билан характерланади. Автоматлаштириш барча ускуналарнинг авариясиз ишлашини таъминлайди, бахтсиз ҳодисаларнинг ва атроф-муҳитнинг заҳарланишини олдини олади. Шунингдек, химия ва озиқ-овқат саноатларида портлаш ҳамда ёнғин чиқиш хавфи кўплиги ҳам процессларни максимал даражада автоматлаштиришни талаб қилади.

Ишлаб чиқариш процессларининг автоматлаштирилиши ҳозирги вақтда уч даврга бўлинади.

Биринчи давр — айрим технологик процессларни автоматлаштириш билан характерланади. Процесснинг айрим параметрлари автоматлаштирилган агрегат яқинида ўрнатилган йирик габаритли

приборларнинг кўрсатишига мувофиқ автоматик равишда ростланади. Бунда приборларни машина ва аппаратлар яқинига жойлаштириш деярли қийинчиликлар туғдирмайди. Автоматлаштиришнинг бу даврида шкаласи яхши кўринадиган йирик габаритли приборлар ишлатилади. Бунда бир корпусга ўлчаш прибори, ростлагич ва задатчик жойлаштирилади.

Иккинчи давр — айрим процессларнинг комплекс автоматлаштирилишидир. Бунда ростлаш алоҳида шчитга ўрнатилган приборлар бўйича олиб борилади. Йирик габаритли приборлардан фойдаланиш бу шчитни бир неча метрга чўзилиб кетишига олиб келади ва шчитни контрол қилиш қийинлашади. Автоматлаштиришнинг бу даврида шчитдаги приборларнинг ҳажмини кичиклаштириш зарурати пайдо бўлади. Бу масалани ҳал қилиш учун кичик габаритли иккиламчи приборлар 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 приборларни ишлатиш эҳтиёжи пайдо бўлади. Доимий контролни талаб қилмайдиган ўлчаш ва ростлаш приборлари (йирик габаритли) шчитдан ташқарига ўрнатилади.

Сигнализация, муҳофаза ва контрол қилиш, саноат процессларини бошқариш ҳамда ростлашни бундан кейинги автоматлаштирилиши чиқарилаётган маҳсулот сифатини яхшилаш, технологик процессларни оптимал тартибда олиб бориш, технологик ускуналар ишини интенсивлаш вазифаларидан келиб чиқади.

Ҳар бир технологик процесс (*технологик процесс параметрлари* деб аталувчи) ўзгарувчан физикавий ва химиявий катталиклар (босим, сарф, температура, намлик, концентрация ва ҳоказо) билан характерланади. Технологик аппаратура процесснинг тўғри оқиб ўтишини таъминлаш учун муайян процессни характерловчи параметрларни берилган қийматда сақлаш 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 прибор *автомат ростлагич* дейилади. Ростланувчи катталикнинг айна пайтда ўлчанган қиймати *ростланувчи катталикнинг ҳозирги қиймати* дейилади. Ростланувчи катталикнинг технологик регламент бўйича айна вақтда доимий сақланиши шарт бўлган қиймати *ростланувчи катталикнинг берилган қиймати* дейилади. Технологик регламент *ростланувчи катталикнинг ҳозирги ва берилган қийматларини* вақтнинг ҳар бир онда 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 процесс *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 процесснинг мақсадга мувофиқ равишда оқиб ўтишига тескари таъсир кўрсатувчи ҳамда системалардаги моддий ва энергетик балансни бузувчи ўзгарувчилар *ғалаёнланишлар* деб аталади. Ғалаёнланишлар таъсирида хато пайдо бўладиган технологик процесс 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 процесснинг оқиб ўтишини аниқловчи ўзгарувчилар киради. Кириш ўзгарувчилари ростланадиган ва ростланмайдиган бўлиши мумкин.

Чиқиш параметрларига чиқарилган маҳсулот сифатини (химиявий таркиб, зичлик ва бошқалар) характерловчи кўрсаткичлар, шунингдек, ҳиссблаш йўли билан аниқланадиган техника-иқтисодий (ускуналарининг ишлаб чиқариш унумдорлиги, маҳсулотнинг таннарихи) кўрсаткичлар киради.

Системанинг ишлаши вақтида ростланувчи катталиқнинг 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) соний характеристикасидир.

Шундай қилиб, саноатнинг энг муҳим талабларидан бири—технологик процесснинг турғунлашган режимини сақлашдан иборат. Моддий ва энергетик балансга риоя қиладиган машина ёки аппарат *ростланувчи объект* дейилади.

Технологик процессларни автоматик бошқаришнинг вазифаси — ростлагич ёрдамида ростланувчи объектдаги керак бўлган технологик шаронти автоматик равишда сақлаш, агар бу шароит бузилса, уни қайта тиклашдан иборатдир. Автоматик ростлаш вақтида (ростланувчи объектга ростлагичнинг таъсири туфайли) ростланувчи катталиқнинг 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 уларнинг функционал вазифасига кўра классификация қилиш мақсадга мувофиқ. Автоматик система элементларининг таркибига кирувчи функционал боғланиш-ни 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.

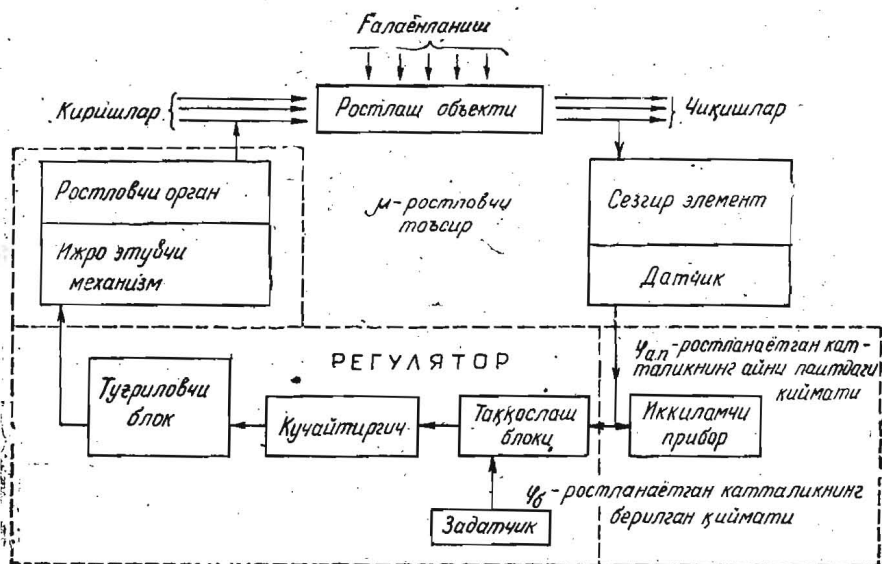
Ростланувчи объект ва автоматик ростлагич бирлиги автоматик ростлаш системасини (АРС) ташкил қилиб, ростлаш *контури* номли

берк занжирни ҳосил қилади. Бу занжир АФСнинг тузилиш схема-
сига эмас, балки функционал схемасига тегишли.

VIII.2-§. Четга чиқишлар бўйича ростлаш

Четга чиқишлар бўйича ростлаш принциpidан 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 система-
сида 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 прин-
ципнинг моҳияти шундаки, ростлаш процессида ростлагич ростла-
нувчи объектга ростланувчи катталиқнинг ҳозирги ва берилган қий-
матлари орасида тенгсизлик ҳосил бўлгандагина ўз таъсирини кўр-
сатади. 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 бўли-
шидан қатъи назар, автоматик ростлагичнинг бу хатони қайта ишлаши



8—1-расм. Автомат ростлагич системасининг бир контурли берк функционал схе-
маси.

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 ростланувчи 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 процесслар характерлидир. Четга чиқишлар бўйича ишлайдиган АРС ларни шундай лойиҳалаш керакки, бу тебранишлар сўнувчи хусусиятга эга бўлиб, хатонинг миқдори нолга (ёки минимумга) етсин.

VIII.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 запаси ва турли аралаштиргичлардан фойдаланиб таъминлашнинг тарқиби сақланади, ёки хом ашё хоссаларининг ўзгаришига йўл қўйиб, процессга берилган вазифани ўзгартириш йўли билан чиқиш параметрларининг доимийлиги сақланади.

Ғалаёнланиш бўйича ростлаш системасида ростлаш сифати процесс параметрларининг аввалдан берилган маълумотларни аниқлигига боғлиқ. Бу системалар асосий ғалаёнланишлари маълум ва ўлчовли бўлган объектлар учун қулай. Юк бўйича ростлашда вақт-

нинг ҳар бир ониди узатиш ва истеъмол қилиш ўртасидаги тенгликни таъминлаш жуда қийин.

АРС билан ғалаёнланиш компенсациясининг хусусияти — улар очик ростлаш системаларидан иборат эканлигидир. Бу системаларда ростланувчи параметр билан автомат ростлагич ўртасида алоқа йўқ. Бундай очик 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, бунинг амалга ошириш жуда катта қийинчиликлар билан боғлиқ.

VIII.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 принцинга 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.

VIII. 5-§. Тескари алоқа ҳақида тушунча

Системанинг иш процессида 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 ўзгартирилши (*топширувчи таъсир*) қўл билан автоматик равишда бажарилади. Топширувчи таъсир системанинг муайян нуқталарида, ғалаёнловчи таъсирлар эса системанинг исталган нуқтасида бўлиши мумкин. Топширувчи ва ғалаёнловчи таъсирлар процессдаги ростланувчи катталиқнинг биринчи ўрнатилган ҳолатидан иккинчисига ўтишида оралиқ процесслар ҳам бўлиши мумкин. Оралиқ процессда ч.тга чиқишлар (тенгсизликлар) кузатилади; бу давр ичида технологик талабларга мувофиқ ростланувчи катталиқ йўл қўйилган қийматидан ошиб кетмаслигини таъминловчи ростланувчи катталиқнинг ўзгариш характерини назарда тутиш муҳим. Ростланувчи катталиқнинг йўл қўйилган қийматидан ошиб кетиши, одатда, ростлаш процессини оралиқ даврда стабиллашга мўлжалланган тескари алоқа қурилмаларни ёрдамида бартараф қилинади.

Тескари алоқа — система кейинги звеносининг чиқиш сигнали 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 чиқишидаги 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 айрилса 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 ишн 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 процесснинг 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.

VIII. 6-§. Автоматик ростлаш системасининг тузилиши

8—1-расмда тасвирланган бир контурли АРС нинг функционал схемасини кўриб чиқамиз.

Четга чиқишлар принципи бўйича ишлайдиган АРС да ростланув-

чи катталикнинг ҳозирги ва берилган қийматлари айирмаси ўлча-
нади ва тенгсизлик ишорасига кўра автомат ростлагич объектга нис-
батан 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 (билво-
сита 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 қий-
мати ҳақидаги маълумот автомат ростлагичнинг киришига келади.
Айни вақтда шу маълумот кўрсатувчи, жамловчи (интегралловчи),
қайд қилувчи, сигнал берувчи ёки комбинациялашган иккиламчи
ўлчаш приборининг киришига ҳам келади. Ростлагич тўғри техноло-
гик режимни сақлаб туради. Системада автомат ростлагич бўлса икки-
ламчи приборнинг бўлиши шарт эмас. Лекин автоматлаштиришда
одамнинг вазифаси ўлчаш приборлари, ростлагичлар ва ижро этувчи
механизмларнинг ишини контрол қилишдан иборат бўлгани учун,
АРС да кўпинча иккиламчи ўлчаш приборидан фойдаланиш назарда
тутилади. Юқорида айтилганидек, баъзан, ростлагичлар ва ўлчаш при-
борлари бир корпусда ишланади, бундай ростлагичлар прибор типиди
бўлади.

Автомат ростлагич таркибига солиштириш блоки кирази. Бу
датчик ва задатчик сигналларини алгебранк жамлаш (интеграллаш)
операциясини бажарадиган қурилмадир. Солиштириш блоки ўзининг
чиқишида ҳозирги ва берилган қийматлар айирмасига тенг қийматли
сигнални, яъни тенгсизлик қийматини ишлаб чиқаради. Шунинг
учун солиштириш блокига келадиган сигналларнинг физикавий
хоссалари бир хил бўлиши керак.

Задатчик — ўзининг чиқишида ростланувчи катталикнинг бе-
рилган қийматига пропорционал сигнал ишлаб чиқаришга мўлжаллан-
ган 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 рост-
ловчи органнинг тегишли сигналига ўзгартирувчи қурилма *ижро
этувчи механизм* дейилади.

Қўрилган оир контурди АРС учун ростлаш системаси контури-
нинг ёпиқ ҳолати характерлидир. Бу системанинг яна бир хусусияти
унинг детекторлаш қобилиятига эгаллиги ҳисобланади. Шунинг учун
ростлаш контуридаги таъсир фақат бир йўналишда бўлади.

Функционал белгиларига кўра автоматик ростлаш системасидаги элементларни қуйидаги группаларга бўлиш мумкин: 1) сезгир элементлар; 2) датчиклар; 3) солиштириш элементлари; 4) топшириқ бергич ёки бошқарувчи элементлар (задатчик); 5) ўзгартирувчи элементлар (бирор физикавий хоссаларга эга бўлган сигналларни иккинчи хил физикавий 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 физикавий катталиқ 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, механикавий 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 ўзгартиришларни бажаради. Миқдор ўзгартиришлар кучайтириш, стабиллаш ва бошқа коэффициентларни назарда тутди. Сифат ўзгартиришларда бир физикавий катталиқ иккинчисига 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 *нестабиллик* деб аталади.

Баъзи элементларнинг кириш ва чиқиш катталиклари ўртасида кўп қийматли боғланиш мавжуд. Бунга қуруқ ишқаланиш, гистерезис ва бошқалар сабаб бўлиши мумкин. Бунда катталиқнинг ҳар бир кириш қийматига унинг бир неча чиқиш қийматлари мос келади. Сезгирлик чегарасининг мавжудлиги шу ҳодиса билан боғлиқ.

Кириш катталигининг элемент чиқишидаги сигнални сезиларли даражада ўзгартириш қобилиятига эга бўлган қиймати *сезгирлик чегараси* дейилади. Автоматика элементлари мустаҳкамлик билан ҳам характерланади. Элементларнинг sanoat эксплуатациясида ўз параметрларини йўл қўйилган чегараларда сақлаш қобилиятига *мустаҳкамлик* деб аталади. Мустаҳкамлик элементни лойиҳалаш вақтида ҳисобланади ва уни ишлаб чиқарилгандан сўнг эксплуатация процессида синалади.

VIII. 7-§. Автоматик ростлаш системаларининг классификацияси

Бериладиган топшириқнинг ўзгаришига кўра автоматик ростлаш системалари қуйидаги группаларга классификацияланади.

1. Стабилловчи автоматик ростлаш системалари. Бунда ростланувчи катталиқнинг қиймати доимий бўлади. Бу системаларда автомат ростлагичнинг вазифаси ростланувчи катталиқнинг муайян, мутлақо доимий қийматида сақлаш ва технологик процессни стабиллашдир. Бу ҳолда технологик регламент талабларига кўра ростланувчи катталиқнинг қиймати доимий бўлади. Ҳозирги пайтда стабилловчи АРС лар жуда кенг тарқалган.

2. Программали автоматик ростлаш системасида олдиндан маълум бўлган қонунига кўра ўзгарадиган қийматли ростланувчи катталиқ мавжуд бўлади. Бу системасида ростланувчи катталиқнинг берилган қиймати ростлагич задатчиги орқали маълум қонун бўйича ишлаб чиқарилади.

3. Ростланувчи катталиқнинг берилган қиймати ихтиёрий равишда ўзгараётган катталиқнинг нисбатидан аниқланса, бу система кузатувчи автоматик ростлаш системаси дейилади. Бу системанинг ростловчанлик вазифаси ростланувчи катталиқнинг ҳозирги қиймати иккинчи, мустақил катталиқ қийматини аниқ такрорлашидан (ёки уни кузатишдан) иборат.

4. Ростланувчи катталиқнинг қиймати ростлагич томонидан берилса ёки оптимал сатҳда сақланса, бу система оптимал ростлаш системаси дейилади. Бу системанинг яна бир тури **экстремал АРС** дир. Баъзан технологик процесс ўтишининг оптимал шароитларини тажриба ўтказмасдан, аввалдан аниқлаш қийин бўлади. Шунда экстремал система танланган оптималлик критерийларига мувофиқ равишда шароитларни топиш ва уларни сақлаш вазифасини амалга оширади.

5. Характеристикалари ўзгарган технологик процесснинг 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 катталиқ система занжири бўйича узлуксиз ўзгаради ва ростланувчи объектга нисбатан ростловчи миқдорнинг узлуксиз таъсирини ҳосил қилади. Узлукли ростлаш системасида ростланувчи катталиқнинг узлуксиз ўзгариши бошқарувчи ва ижро этувчи звеноларга вақт-вақти билан таъсир қилади.

Узлукли системага импульсли ва позицион (реле) системалар кирди. 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 позициялар 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 процесснинг 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 тургунлашмаган 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.

VIII. 8-§. Ўтиш процесслари

Агар системага таъсир этувчи ғалаёнланишлар бўлмаса ва ростланувчи катталиқнинг ҳозирги ҳамда берилган қийматлари тенг бўлса, ростлаш системаси мувозанат ҳолатда бўлади. Ғалаёнловчи таъсирлар эса системани мувозанат ҳолатдан чиқаради. Ёпиқ, четга чиқишлар принциплар 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 катталиқнинг вақт мобайнида ўзгариши ўтиш процесси бўлиб, унинг графиги ростлаш процессининг эгри чизиги дейилади. Ўтиш процессининг шакли ростлаш сифатининг асосий кўрсаткичларидан биридир. Ростланувчи катталиқнинг четга чиқишларсиз камайиб тебранишларсиз, раван ўтадиган эгри чизиги даврий бўлмаган турғун процессга ҳос бўлиб, одатда бундай ҳолларда ростлаш процесси секин ўтади. Ростланувчи катталиқнинг қиймати берилган қийматидан анча четга чиқса бу ҳол ўтиш процессининг 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 чизиги сўнувчи тебранишли процесга тегишли бўлади. Ўтиш процессининг бундай шакли қулайдир. Бу ҳолда ростлаш вақти кам ва ростланувчи катталикнинг четга чиқиш амплитудаси кичик бўлади. Агар система харакати янада тезлаштирилса, ўтиш процесси сўнмас тебранишли процесс 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 иборатлигини эътиборга олинса, ёйилувчи тебранишлар ҳосил бўлишига йўл қўйиш мумкин эмаслиги маълум бўлади. Бунда четга чиқиш амплитудаси вақт ўтиши билан ошиб боради.

VIII. 9-§. APC ларга қўйиладиган талаблар

Галаёнланишлар таъсирида мувозанатини йўқотадиган, бу таъсирлар бартараф қилингандан сўнг эса ўз мувозанат ҳолатига қайтадиган системалар *турғун системалар* дейилади. Бунинг акси эса турғунлашмаган система бўлади.

Автоматик ростлаш системаларининг вазифаларига кўра системалар турғун бўлиши керак. Бу талаб стабиллаш программали ва жузатиш системаларига бир хилда тегишлидир. Жуда кам учрайдиган ҳоллардагина, агар система ростланувчи катталикнинг берилган қийматига нисбатан четга чиқиш амплитудаси кичик бўлган сўнмас тебранишлар берса, қондадан четга чиқишга йўл қўйилади.

Галаёнловчи таъсирлар натижасидаги APC нинг характери ростлашнинг сифатини аниқлайди. Ростлашнинг сифати ва вақти, ростлашнинг динамик ва статик хатоси, шунингдек, ўтиш процессининг сўниш даражаси кўрсаткичларидан фойдаланилади.

Статик хато — ростланувчи катталик ва унинг берилган қиймати орасидаги фарқ бўлиб, ўтиш процесси тугагандан кейинги қолган хатодир.

Динамик хато — ўтиш процессидаги ростланувчи катталикнинг берилган қийматидан максимал четга чиқиш.

Сўниш даражаси — тебраниш процессларининг интенсивлигини ифодалайди ва ўтиш процессидаги учинчи ярим давр амплитудасининг биринчи ярим давр амплитудасига бўлган нисбатига тенг.

Ўтиш процесси қанчалик тез тугаб, динамик ва статик хатолар қанча кичик бўлса, ўтиш процессининг сифати шунча юқори бўлади. Бундан APC ларга қўйиладиган иккинчи ва асосий талаблар келиб чиқади, яъни система ўтиш процессларининг керакли сифатини таъминлаши шарт. Шунинг ҳам айтиш керакки, бу талаблар ҳар бир конкрет ҳолда технологик процесс ва ишлаб чиқаришнинг талаблари хусусиятларига мос ҳолда шаклланади. Шунингдек, система ўтиш процессининг сифати ва шакли, асосан, ростланувчи объект ва автомат ростлагичнинг хоссаларига боғлиқ.

IX боб. АВТОМАТИК РОСТЛАШ СИСТЕМАЛАРИ ВА АРС ЭЛЕМЕНТЛАРИНИНГ АНАЛИЗИ

IX. 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-химиявий процесслари, аппаратларининг шаклланиши ва яна бир қанча факторлар 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 классификация қилиш мақсадга мувофиқдир. Намунали ростлаш объектларининг хоссаларини билиш, конкрет саноат объектларини анализ қилиш вазифасини осонлаштиради. Бу вазифа текшириладиган 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 ўрганиладиган объект ўрнига модель деб аталувчи моддий объект олинади. Ўрганиладиган объектга ўхшаш моделнинг процесслари бошқа физикавий ҳодисага мос, лекин бир хил тенгламалар билан тавсифланади. Математик моделлар ҳисоблаш машиналари ёки тўғри аналогия қурилмаси орқали амалга оширилади. Ҳисоблаш машиналарида ўрганиладиган ҳодиса ёки процесснинг 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 машинасида фарқли равишда алоҳида элементларга бўлинмайди. Улар бошланғич нисбатларни қурилмада ўтаётган ҳодиса хусусиятларига кўра тиклайди. Бунда доимо модель ва ҳақиқий процесс параметрлари ўртасидаги бир маъноли мослашувни (танланган аналогия системасига кўра) кўрсатиш мумкин.

Ўрганиладиган объектнинг кириши ва бошқарувчи параметрлари ўртасидаги нисбатни 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 процесснинг 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; талаёнловчи ва бошқарувчи таъсирлар белгиланади, кириш ва чиқиш ўзгарувчилари ўртасидаги боғланиш аниқланади, дастлабки тажрибалар ўтказилади. Олинган маълумотлар асосида процесснинг структурали схемаси тузилади.

Математик тавсифни тузиш. Ечилаётган масалага мувофиқ танланган физикавий 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 (РХМ), аналог (АХМ) ёки комбинациялашган (АРХС) машинада амалга оширилишига кўра алгоритмни ишлаб чиқиш методи танланади. Конкрет ҳисоблаш машинасининг турини танлаш ечилаётган тенглама тури ва ҳисоблаш ҳажмига боғлиқ.

Модель ва ҳақиқий процесснинг мослигини аниқлаш босқичида процессни характерловчи катталиклар солиштирилади. Аниқлик етарли даражада бўлмаса, математик моделга тузатиш киритиш керак.

Моделлаш босқичида процесснинг математик модели тадқиқ қилинади, олинган маълумотлар анализ қилинади ва натижада конкрет амалий натижалар ишлаб чиқилади.

IX. 2-§. 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 процессни бошқариш учун керак бўлган кириш ва чиқиш параметрлари ўртасидаги нисбатни аниқлаш имконини беради.

Математик модели аналитик метод бўйича қуриш ростланувчи объектларга хос қонуниятларни билишга асосланган. Бу метод мавжуд бўлган химиявий технологик процессларни яхшилаш, янги процессларни лойиҳалаш ва оптимал бошқаришда қўлланилади. Аналитик методларнинг афзаллиги шундаки, улар чизиқли ва чизиқли

бўлмаган объектларни моделлаш тимконини берадилар. Бу метод ёрдамида тайёрланган моделлар бир типли объектлар процессини тавсифлайди ҳамда модель параметрлари билан объектнинг конструктив ўлчамлари ва иш режимлари ўртасида алоқа ўрнатади. Бу методнинг камчилиги шундаки, тенгламанинг охириги 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 боғланиш аниқланади ва объектнинг тузилиш схемаси қурилади.

II. Чиқиш ва кириш параметрларининг нисбати экспериментал равишда аниқланади.

III. Тажриба орқали топилган нисбатлар аппроксимация қилинади ва звенолар ҳамда бутун системанинг математик тавсифи аниқланади.

IV. Моделловчи алгоритм тузилади ва моделнинг мослиги баҳоланади. Экспериментал метод, асосан, амалдаги технологик процессларнинг автоматик ростилаш системасини тузиш, ростлагичларнинг оптимал ростланиш параметрларини аниқлаш ва процессни 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 қуриш методи қуйидагиларга бўлинади:

- 1) «қора яшик» методи;
- 2) технологик процесснинг физик-химиявий ва иқтисодий қонунларига асосланган метод;
- 3) аралаш метод;

Тадқиқотчилар кам ўрганилган технологик процессларнинг математик тавсифини тузиш муаммосини ҳал қилиб, объектнинг кириш ва чиқишлари ўртасидаги боғланишнинг физикавий моҳияти номаълум бўлган «қора яшик» типидagi моделни яратдилар. Масалани ечишда корреляцион ва регрессион анализнинг статистик методидан фойдаланилади. «Қора яшик» типидagi модель тузиш методлари такомиллашган ва етарли даражада содда. Тайёрланган моделлар, конкрет объектга ўхшашлигига қарамай, тажриба вақтида юз берган миқдорларнинг ўзгариш чегараларидан ташқари тармоқларга натижаларни экстрополяция қилишга йўл қўймайди.

Физик химиявий ҳодисаларни анализ қилишга асосланган модел-

ларни тузишда ўрганилаётган объектнинг кириш ва чиқишларини (модда ва энергия баланси, гидродинамика тенгламалари, иссиқлик ва масса алмашинуви, химиявий кинетика) боғлашга ёрдам берувчи физика қонунларидан фойдаланилади. Бундай модель объектнинг вақт ўтиши билан ўзгарган хусусиятини тавсифлашдан 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 хос камчиликлардан холисдир. 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 процессдаги амалга ошириш шартлари, ташқи боғланишлар, атроф-муҳит характеристикаларидан келиб чиқадиغان чекланишларни акс эттиради.

IX.3. §. Математик моделнинг аналитик тузилиши

Технологик процесслар кириш 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. *Процесс ва унинг аппаратурасини ўрганиш* тенгламалар таркибига кирадиган баъзи доимий миқдорларни, яъни иссиқлик ва масса узатиш, аппаратнинг эркин кесими ва бошқаларни аниқлашга имкон беради. Процесснинг физик-химиявий хусусиятларини ўрганар эканмиз, математик тавсиф тенгламасини чиқаришда қандай процессларни назарда тутиш лозимлиги тахминан белгиланиши керак.

2. *Структура схемасини тузиш*. Тадқиқ қилинаётган объект бир неча шартли звеноларга бўлинади. Химиявий-технологик объекларда шу звенолар сифатида аппарат тузилишидаги такрорий элементлари бўлган ёки бошқа участкалардан ўзининг лимитловчи процессининг 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 тутати. Йўл қўйишлар — талаб қилинган аниқлик билан физик-химиявий ҳодисаларни 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 баланснинг 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 химиявий 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 критерий 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 модели амалга ошириш ва моделловчи алгоритмни тузиш.* Математик тавсифнинг олинган тенгламалари йиғиндисига 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 процессга ўхшашлигини аниқлаш учун процесснинг оқиб ўтишидаги ўлчовлар натижасини шунга ўхшаш шароитдаги моделнинг кўрсатишлар натижаси билан солиштириш керак.

IX. 4-§. Статик ва динамик моделлар

Автоматик ростилаш системаларининг статик ва динамик хоссалари системадаги таркибий элементларнинг шу характеристикалари орқали аниқланади.

Элемент ёки системанинг статик характеристикаси деб ўрнатилган режим процессидаги чиқиш ва кириш параметрларининг нис-

батига 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 пасив 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 катталиклнинг 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 эксплуатацияси шароитларида кириш ва чиқиш катталикларининг ўзгариши ҳақида жуда кўп маълумотлар тўпланади. Статистик материал тегишли алгоритмлар бўйича ишланади. Бу сермеҳнат масала бўлиб марказлаштирилган контролнинг информацион системаси ёки ЭХМ 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

погонали 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 миқдориға боғлиқ бўлса, у *параметрлари мужассамланган* объект бўлади. Бундай объектларнинг эркинлик даражаси миқдори системанинг мустақил ўзгарувчилари миқдориға тенг. Бу системаларнинг динамик хусусиятлари тавсифи тўлиқ ҳосиллаи тенгламалар орқали берилади.

Параметрлари тақсимланган системалар эркинлик даражасининг чексиз миқдориға эга. Бу системада параметрлар катта узунликда ёки вақт мобайнида тақсимланади. Уларнинг динамик характеристикаси хусусий ҳосиллаи дифференциал тенгламалар билан тавсифланиб, бу тенгламаларни анализ қилиш кўпинча қийинлашади. Ҳисоблашлар учун баъзан бу система параметрлари мужассамланган система каби кўрилиб, соддалаштирилади. Бундай йўл қўйишлар жуда қўпол натижалар берадиган ҳолатларда, яъни параметрлари тақсимланган системалар бирин-кетин уланганда, параметрлари мужассамланган бир нечта системаларда ва кечикиш билан алмаштирилади. Масалаға бундай ёндошиш системанинг динамик хусусиятларини оддий дифференциал тенгламалар орқали аниқлаш имконини беради, тенгламалар эса чиқиш координатасининг тегишли ўзгариш қонуни бўйича ечилади. Системанинг мувозанат ҳолатидаги чиқиш ва кириш катталикларининг туташган қийматларини аниқлаб, системанинг динамик хусусиятларига кўра унинг статик хусусиятларини аниқлаш мумкин.

IX.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.

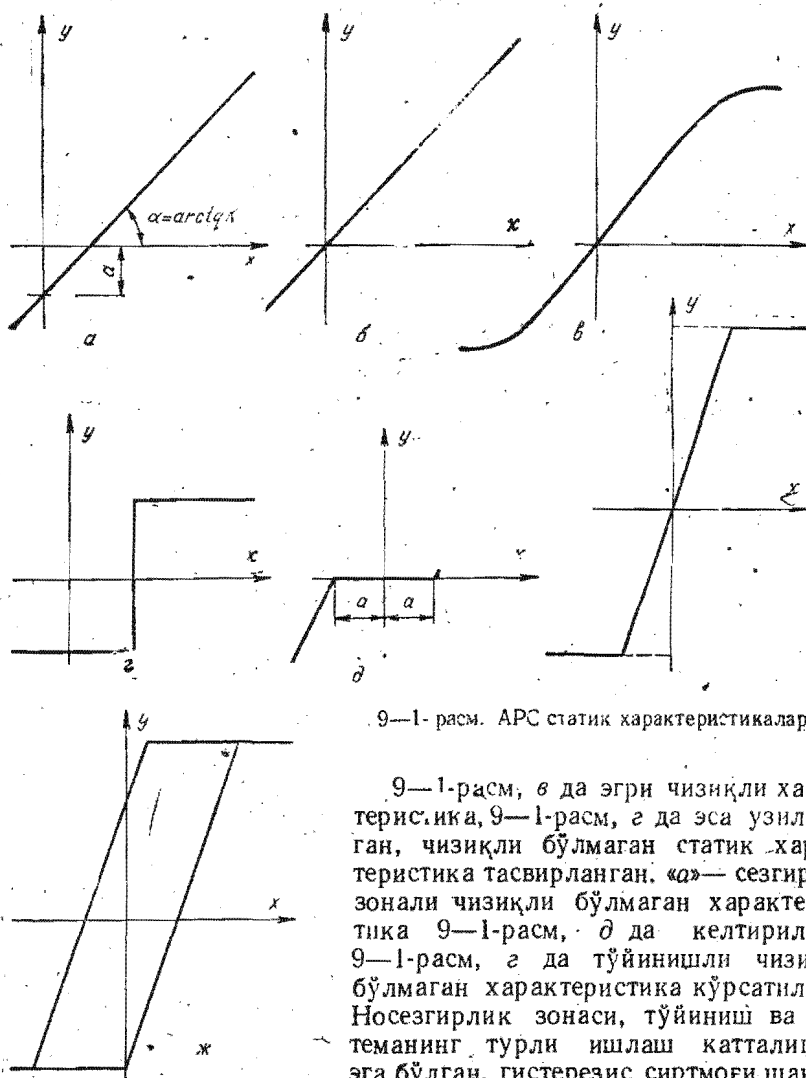
9—1-расмда АРС статик характеристикаларининг турлари тасвирланган. 9—1-расм, *а*, *б* даги статик характеристикалар чизиқли, қолганлари эса чизиқли бўлмаган статик характеристикалардир.

Чизиқли статик характеристика (9—1-расм, *а*) аналитик равишда қуйидаги ифода билан тавсифланади:

$$y = a + kx,$$

бунда a — доимий катталик, $k = \operatorname{tg} \alpha$ статик характеристиканинг абсциссалар ўқи томон оғиш бурчагини ифодаловчи доимий катталик.

9—1-расм, *б* га мувофиқ характеристика тенгламаси $y = kx$ шаклида ёзилиши мумкин, бу ерда k — узатиш коэффиценти, у системанинг кучайиш коэффиценти ёки статик характеристиканинг тиклигини ифодалайди.



9—1-расм. APC статик характеристикалари.

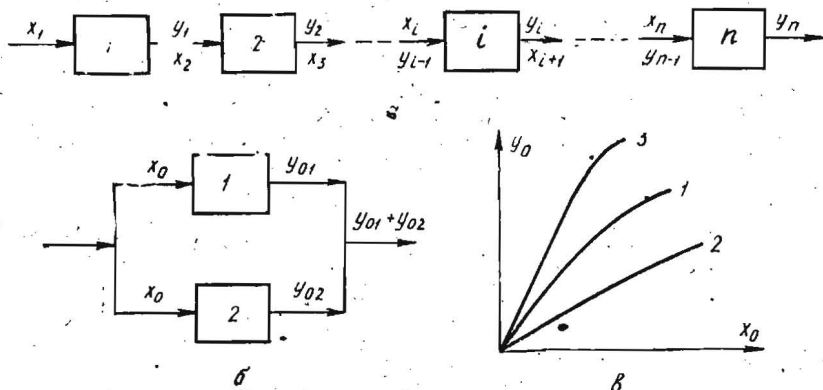
9—1-расм, в да эгри чизиқли характеристика, 9—1-расм, г да эса узилдиган, чизиқли бўлмаган статик характеристика тасвирланган. «а»— сезгирлик зонали чизиқли бўлмаган характеристика 9—1-расм, д да келтирилган. 9—1-расм, е да тўйинишли чизиқли бўлмаган характеристика кўрсатилган. Носезгирлик зонаси, тўйиниш ва системанинг турли ишлаш катталигига эга бўлган, гистерезис сиртмоғи шаклидаги чизиқли бўлмаган характеристика 9—1-расм, ж да келтирилган.

Звеноларнинг кетма-кет уланишида (9—2-расм, а) олдинги звенонинг чиқиш катталиги кейинги звено учун кириш катталиги бўлади. Бу ҳол қуйидаги муносабатлар системасида акс этади:

$$x_2 = y_1; x_3 = y_2; \dots; x_l = y_{l-1}; \dots; x_n = y_{n-1}.$$

Ҳар бир звено алоҳида-алоҳида ўзининг мос статик характеристикаларига эга:

$$y_1 = f_1(x_1); y_2 = f_2(x_2); \dots; y_l = f_l(x_l); \dots; y_n = f_n(x_n);$$



9—2- расм. Звеноларнинг кетма-кет (а) ва параллел (б) уланиши; параллел уланган звеноларнинг статик характеристикаси (в).

Демак, кетма-кет улганган звеноларнинг статик характеристикаси шу звеноларнинг статик характеристикаларидан аниқланади:

$$y_n = f_n(x_n) = f_n(y_{n-1}) = f_n[f_{n-1}(x_{n-1})] = f_n[f_{n-1}(y_{n-1})] = \\ = f_n\{f_{n-1}[f_{n-2}(x_{n-2})]\} = f_n\{f_{n-1}[f_{n-2}(y_{n-2})]\} \dots$$

Агар системага кирган звеноларнинг барча характеристикалари чизиқли бўлса, системанинг умумий характеристикаси ҳам чизиқли бўлади. Биргина звенонинг характеристикаси чизиқли бўлмаса ҳам бутун система характеристикаси чизиқли бўлмаган бўлиб қолади.

Звеноларнинг параллел уланишида (9—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.

IX. 6- §. Бир киришли звеконинг экспериментал нисбатларини аппроксимациялаш

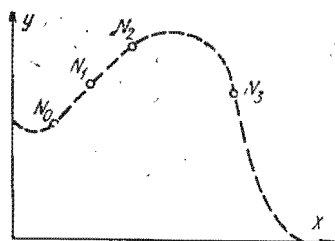
Тажриба натижаларини қайта ишлашдан мақсад изланаётган аналитик боғланишни топишдир. Бундай масалаларни ечишда интерполяция ёки яқинлашиш методлари қулайдир.

Интерполяция. Интерполяциянинг вазифаси қуйидагидан иборат. $[a, b]$ кесмада интерполяция узелларининг $x_0, x_1, \dots, x_n$ нуқталари ва шу нуқталардаги $f(x_i)$ функциянинг қийматлари берилган. Масалан,

$$f(x_0) = y_0; f(x_1) = y_1; \dots, f(x_n) = y_n.$$

Интерполяция узелларида $f(x_i)$ қийматга тенг $F(x)$ аналитик функцияни топиш керак, яъни

$$F(x_0) = y_0; F(x_1) = y_1; \dots, F(x_n) = y_n.$$



9—3- расм. $y=F(x)$ функция эгри чизиги.

Геометрик нуқтаи назардан берилган нуқталардан ўтадиган $y = F(x)$ эгри чизиқни топиш керак (9—3- расм.) Бундай умумий қўйилгай масала чексиз ечимларга эга бўлиши ёки умуман ечими бўлмаслиги мумкин. Лекин ихтиёрий $F(x)$ функция ўрнига даражаси n дан катта бўлмаган (n — интерполяция узеллари сони) ва қуйидаги шартларга мувофиқ $P(x)$ полиноми изланса, масала бир маънога эга бўлади:

$$f(x_0) = y_0; f(x_1) = y_1; \dots; f(x_n) = y_n;$$

$$P_n(x_0) = y_0; P_n(x_1) = y_1; \dots; P_n(x_n) = y_n;$$

$P(x)$ полиномнинг одатдаги даражаси $(n-1)$ га тенг олинади.

Полином коэффициенти $P(x)$ ва y нинг қийматлари тенглаштириш натижасида олинган тенгламалар системасидан аниқланади:

$$\left. \begin{aligned} y_1 - \sum_{m=0}^{n-1} Q_m x_1^m &= 0, \\ y_2 - \sum_{m=0}^{n-1} Q_m x_2^m &= 0, \\ &\dots \dots \dots \\ y_n - \sum_{m=0}^{n-1} Q_m x_n^m &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (9-1)$$

Аммо статик характеристикаларни интерполяция қилишда интерполацион полиномнинг даражаси қўпинча, ҳаддан ташқари катталашиб кетади, шунинг учун кейинги ҳисоблардаги унинг ишлатилиши қийинлашади. Интерполяция узеллари сонини, бинобарин, интерполацион 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. Қўпинча, 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 (9—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 $l = 0, 1, 2, \dots, k$

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 ҳам деб аталади ва амалий ҳисоблашда кенг тарқалган.

IX. 7-§. Кўп ўзгарувчилари бўлган звено ва системалар статик характеристикасини аппроксимациялаш

Кўп ўзгарувчилари бўлган функцияни аппроксимациялаш мураккаб масалани ҳосил қилади. Шунинг учун ўзгарувчилари мустақил бўлган $y(x_1, x_2, \dots, x_n)$ функцияни қуйидагича фараз қилиш мумкин бўлган ҳолни кўриб чиқамиз:

$$y(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n f_i(x_i) \quad (9-2)$$

ёки

$$y(x_1, x_2, \dots, x_n) = k \prod_{i=1}^n f_i(x_i). \quad (9-3)$$

$f_i(x_i)$ 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, бу эса x_2, x_3 ва ҳоказоларга боғлиқ. Демак, ҳар бир x_1 даги $y(x_1)$ нинг ўртача қиймати ва тарқоқлиги ҳақида фикр юритиш мумкин. $\bar{y}(x_1)$; $\bar{y}(x_2)$ ва ҳоказоларнинг графиклари йиғиндисига эга бўлгандан сўнг, уларни ўртача қийматга нисбатан тарқоқлиги энг кичик бўлган боғланишга яқинлаштирилади. $\bar{y}(x_1) = f_1(x_1)$ деб фараз қиламиз. Кейинги қадам ўзгарувчи x_1 таъсирини бартараф қилишдан иборат. Бунинг учун (9-2) формуладан

$$y_1(x_2, x_3, \dots, x_n) = y(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) - f_1(x_1)$$

ни топамиз, (9-3) формуладан фойдаланиб эса

$$y_2(x_2, x_3, \dots, x_n) = \frac{y(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)}{k f_1(x_1)}$$

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:

$$y_2(x_3, \dots, x_n) = y_1(x_2, x_3, \dots, x_n) - f_2(x_2),$$

$$y_2(x_3, \dots, x_n) = \frac{y_1(x_2, \dots, x_n)}{f_2(x_2)}.$$

Тенгламадаги k катталиқ сифатида экспериментал олинган барча катталиқларнинг $\bar{y}$ ўртача қийматини ишлатиш қулай. Яқинлаштириш аниқлигини x_n ўзгарувчи қиймати чиқариб ташлангандан кейинги қолдиқли функциянинг бирга тенглигидан баҳолаш мумкин.

IX. 8-§. Статик характеристикаларни регрессион метод бўйича аниқлаш

Битта параметр бўйича регрессия. Битта параметр бўйича регрессия тенгламасини қуйидаги шаклда келтириш мумкин:

$$\bar{y} = f(x_1, a_0, a_1, a_2, \dots),$$

бунда $\bar{y}$ — дифференциалланаётган функция. $a_0, a_1, a_2, \dots$ регрессион тенглама коэффициентларини шундай танлаш керакки,

$$\Phi = \sum_{i=1}^N [y_i - f(x_i, a_0, a_1, a_2)]^2 = \min \text{ бўлсин.}$$

Бунда N ўрганилаётган параметрларнинг қийматлари йиғиндисидан танланган ҳажм;

y_i, x_i — тасодифий процесснинг чиқиш ва кириш параметрлари қиймати.

Дифференциалланувчи $\Phi(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)$ функция минимумининг зарурий шарт қуйидаги тенгламаларни ечишдан иборат:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial a_0} = 0; \frac{\partial \Phi}{\partial a_1} = 0; \frac{\partial \Phi}{\partial a_2} = 0$$

ёки

$$\sum_{i=1}^N 2[y_i - f(x_i, a_0, a_1, a_2, \dots)] \cdot \frac{\partial f(x_i)}{\partial a_0} = 0;$$

$$\sum_{i=1}^N 2[y_i - f(x_i, a_0, a_1, a_2, \dots)] \cdot \frac{\partial f(x_i)}{\partial a_1} = 0;$$

яъни

$$\sum_{i=1}^N y_i \frac{\partial f(x_i)}{\partial a_0} - \sum_{i=1}^N f(x_i, a_0, a_1, \dots) \cdot \frac{\partial f(x_i)}{\partial a_0} = 0;$$

$$\sum_{i=1}^N y_i \frac{\partial f(x_i)}{\partial a_1} - \sum_{i=1}^N f(x_i, a_1, a_2, \dots) \cdot \frac{\partial f(x_i)}{\partial a_1} = 0.$$

Номалум $a_0, a_1, a_2, \dots$ 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 $a_0, a_1, a_2, \dots$ лардаги $\Phi \geq 0$ катталиқ унинг камида битта минимумга эга бўлишини билдиради. Шунинг учун нормал тенгламалар системаси битта ечимга эга бўлса, бу ечим Φ катталиқ 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 тинланиш хатоси бўйича текшириш ва тенглама адекватлигини аниқлаш керак. Бундай тадқиқ *регрессион анализ* дейилади.

Регрессия коэффициентларини баҳолаш Стьюдент критерийси бўйича ўтказилиб, адекватлик эса Фишер критерийси бўйича текширилади.

Кўплик регрессия методи. Кўплик регрессияни таърифлаганда регрессион функция қуйидаги шаклга эга деб фараз қиламиз:

$$\hat{y} = a_0 x_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n;$$

бунда $x_0 = 1$ — сохта ўзгарувчи;

$a_0, a_1, \dots, a_n$ — регрессия коэффициентлари.

Матрица шаклидаги регрессион тенгламанинг коэффициентларини излаймиз:

$$X = \begin{vmatrix} x_0 & x_1 & \dots & x_n \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{0N} & \dots & & x_{nN} \end{vmatrix} - \text{матрицани мустақил ўзгарувчилар матрицаси деб атаймиз;}$$

$$Y = \begin{vmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{vmatrix} - \text{устун матрицани эса кузатиш вектори деб атаймиз;}$$

бу ерда N — танлаш ҳажми.

Коэффициентлар устун—матрицасини

$$A = \begin{vmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_k \end{vmatrix}$$

ва X матричасига нисбатан силжитилган X^T матричасини киритамиз:

$$X^T = \begin{vmatrix} x_{01} & x_{02} & x_{03} & \dots & x_{0N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{k1} & x_{k2} & x_{k3} & \dots & x_{kN} \end{vmatrix}.$$

Унда нормал тенгламалар системаси матрица шаклида қуйидагича ёзилади:

$$X^T X A = X^T Y$$

ёки қўпайтма ва қавсларни очиб, қуйидагига эга бўламиз:

$$a_0 \sum x_{0i}^2 + a_1 \sum x_{0i} x_{1i} + \dots + a_n \sum x_{0i} x_{ni} = - \sum x_{0i} y_i;$$

$$a_0 \sum x_{1i} x_{0i} + a_1 \sum x_{1i}^2 + \dots + a_n \sum x_{1i} x_{ni} = \sum x_{1i} y_i;$$

$$a_0 \sum x_{ni} x_{0i} + a_1 \sum x_{ni} x_{1i} + \dots + a_n \sum x_{ni}^2 = \sum x_{ni} y_i.$$

B — коэффициентларнинг устун — матричаси қуйидагича аниқланади:

$$B = (X^T X)^{-1} X^T y$$

бунда $(X^T X)^{-1}$ матрица $(X^T X)$ матрицага тескари. Тескари матрицанинг бор бўлиши учун $(X^T X)$ матрица бузилмаган бўлиши шарт. Шунинг учун бу методдан фойдаланишда $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ 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 корреляцияланган катталиклар, уларнинг ўзаро боғланиши эса *корреляцион алоқа* дейилади. Бу алоқа анализнинг статистик методлари асосида ўрнатилади. Бу алоқа ўзгарувчиларнинг 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:

$$\xi = \frac{(N - l) S_{\text{қолд}}^2}{(N - 1) S_y^2};$$

бу ерда N — танлаш ҳажми;

l — танланган алоқалар сони;

$S_{\text{қолд}}^2$ — қолдиқли дисперсия;

S_y^2 — ўртача қийматга нисбатан дисперсия.

Корреляцион нисбатларнинг қийматлари 0 дан 1 гача бўлади. Алоқа чизиқли бўлса, унинг кучи корреляция коэффиценти бўйича аниқланади:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(N-1) S_x \cdot S_y};$$

бу ерда S_x, S_y — ўртача квадратик четга чиқишлар.

IX. 9-§. APC 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 йўқолганига қарамай, чизиқли моделлар содда ва мукамал методлар бўйича анализ қилишга имкон беради. Чизиқли бўлмаган математик моделларни чизиқли моделга тақрибий алмаштириш операцияси тўғри чизиққа келтириш дейилади. Агар раван ўзгараётган эгри чизиқ шаклидаги графикавий статик характеристика мавжуд бўлса, графикавий 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. Графикавий тўғри чизиққа келтириш процесси 9—4-расмда кўрсатилган.

Графикавий тўғри чизиққа келтиришдан ташқари чизиқли бўлмаган боғланишларни тўғри чизиққа келтириш методи, яъни функцияни Тейлор қаторига кириш сигналининг кичик орттирмалари бўйича ёйиш методи мавжуд. Автоматик ростлаш системаси учун ростланувчи катталikka нисбатан чизиқли бўлмаган дифференциал тенглама ўринлидир. Унинг умумий кўриниши қуйидагича:

$$F\left(x, \frac{dx}{dt}, \frac{d^2x}{dt^2}, \dots, \frac{d^m x}{dt^m}, y, \frac{dy}{dt}, \frac{d^2y}{dt^2}, \dots, \frac{d^n y}{dt^n}\right) = 0, \quad (9-4)$$

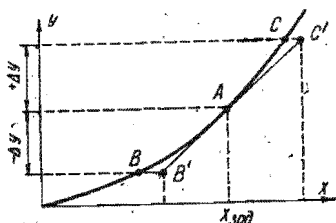
бунда x — кириш катталиги, y — чиқиш катталиги.

APC статик характеристикасини топиш учун (9—4) тенгламадаги барча ҳосилаларнинг x ва y вақтидаги қийматларини нолга тенглаштириш керак:

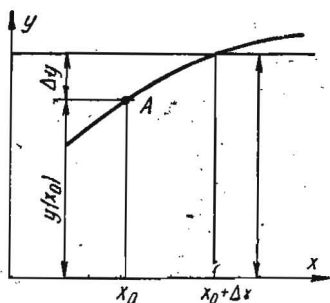
$$f(x, y) = 0. \quad (9-5)$$

(9—4) тенгламани « y » га нисбатан ечсак, (9—5) статик характеристиканинг чизиқли бўлмаган тенгламасини оламир:

$$y = f(x). \quad (9-6)$$



9—4-расм. Ночизиқ статик характеристикани графикавий тўғри чизиққа келтириш.



9—5- расм. $y=f(x)$ чизиқли бўлмаган узлуксиз боғланишни Δx кириш сигналининг Тейлор қаторига орттирмалари бўйича тўғри чизиққа келтириш методи.

Бу чизиқли бўлмаган боғланиш (9—5) доимий x қийматлари (9—5- расм) тармоғига тегишли бўлган x нуқта атрофидаги Тейлор қаторига ёйилиши мумкин. Бу тармоқдаги бошланғич боғланиш (9—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.

(9—6) функцияни x_0 нуқта атрофида Тейлор қаторига ёямиз:

$$y = f(x) = y(x_0) + \frac{y'(x_0)}{1!} \Delta x + \frac{y''(x_0)}{2!} \Delta x^2 + \dots$$

Δx нинг қиймати кичик бўлганда эса:

$$y = f(x) \approx y(x_0) + K \Delta x; K = \text{const.} \quad (9-7)$$

Энди координаталар системасининг бошланишини A нуқтага кўчирсак (9—6- расм), (9—7) боғланиш янада соддалашади:

$$\Delta y = K \Delta x;$$

бу ерда K — кучайтириш коэффициентини. 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 (9—4) тенгламанинг ўлчамсиз кўриниши қуйидагича бўлади:

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_{n-1} \frac{dy}{dt} + a_n y = b_0 \frac{d^m x}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \dots + b_{m-1} \frac{dx}{dt} + b_m x; \quad (9-8)$$

бунда m ва n — ихтиёрий мусбат бутун сонлар (одатда $m \leq n$); $a_0, a_1, \dots, a_n; b_0, b_1, \dots, b_m$ — система параметрларига боғлиқ бўлган доимий коэффициентлар.

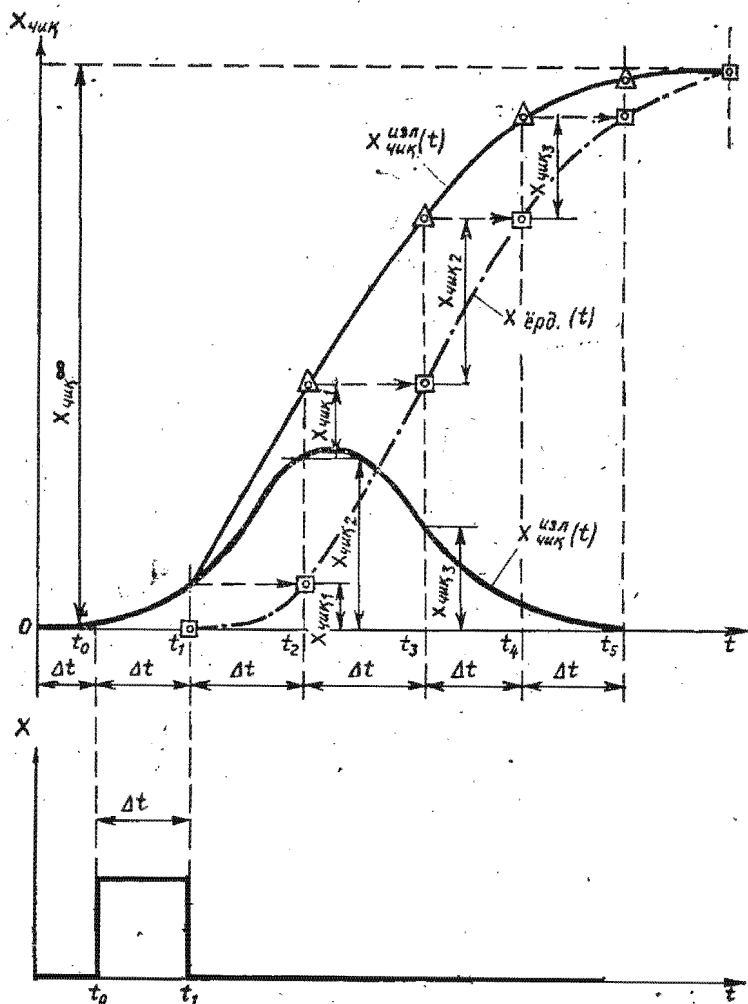
IX. 10- §. Ростланувчи объектларнинг ўтиш характеристикалари

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. Ростла-

нувчи катталикларнинг намунали ғалаёнловчи таъсири туфайли вақт мобайнида ўзгариши *ўтиш характеристикаси* дейилади.

Тарқалиш эгри чизиги куйидагича топилади. Объектда турғунлашган ҳолатга эришилади. Ростловчи органи кескин силжитиб, объектнинг киришига бирламчи сакрашсимон ғалаёнланиш киритилади. Вақт ва ғалаёнланиш катталиги белгиланиб, вақт ўтиши билан ростланувчи катталиклнинг рўй берган ўзгаришининг характеристикаси қайд қилинади. Параметрнинг қайд қилиниши янги мувозанат ҳолати ўрнатилгунча давом этади. Ғалаёнловчи таъсирнинг қийматли, одатда, кириш катталигининг максимал ўзгариш диапазонида нисбатан тахминан 10%. Агар ростловчи орган энг кичик қийматга силжитилса, объектдаги халақитлар бизни қизиқтирган нажижани деярли ўзгартириб юборади. Ғалаёнланишнинг қиймати 10% дан кўп бўлса, ростловчи объект чизикли бўлмаганлиги туфайли хатолар пайдо бўлиши мумкин. Тегишли шартларга риоя қилинса, тарқалиш эгри чизиги 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 катталиклнинг максимал четга чиқиши кириш импульсининг катталигига ва давомига боғлиқ. Импульсли ўтиш характеристикасини экспериментал равишда аниқлаш методи тарқалиш эгри чизикларини топиш методига ўхшаш. Бу методларнинг фарқи шундаки, объектга вақт мобайнида бир оз тафовут билан йўналишлар қарама-қарши ва қийматлари тенг иккита ғалаёнланиш бирин-кетин киритилади. Шундай қилиб, экспериментал равишда аниқланган импульсли характеристика бўйича, бир оз тартибни ўзгартириш йўли билан объектнинг тарқалиш эгри чизигини топиш мумкин.

9 — 6-расмда ростланувчи объектнинг импульсли ўтиш характеристикаси орқали унинг тарқалиш эгри чизигининг тузилиши тасвирланган. $x_{\text{чик}}^{\text{нэл}}(t)$ импульсли характеристика вақтнинг t_0 дан t_1 гача бўлган бошланғич даврида изланаётган $x_{\text{чик}}^{\text{нэл}}(t)$ тарқалиш эгри чизиги билан бир хил. Вақтнинг t_1 моментида ёрдамчи $x_{\text{ерд}}(t)$ эгри чизик бошланади, бу чизик вақтнинг t_1 дан t_2 гача даврида t_0 дан t_1 гача давридаги изланаётган эгри чизик тармоғига мос келади. $x_{\text{чик}}^{\text{нэл}}(t)$ изланаётган тарқалиш эгри чизигининг t_2 моментидаги ординатасининг $x_{\text{чик}}^{\text{нэл}}(t)$ ва $x_{\text{ерд}}(t)$ эгри чизикларининг t_2 моментидаги ординаталари йиғиндисидан аниқланади. $x_{\text{чик}}^{\text{нэл}}(t)$ нинг топилган ординатаси $x_{\text{ерд}}(t)$ эгри чизикни t_2 — t_3 вақт ораллиғидаги қийматини тузишга ёрдам беради. Изланаётган эгри чизикнинг t_3 моментига мувофиқ нуқтасини топиш учун $x_{\text{чик}}^{\text{нэл}}(t)$ ва $x_{\text{ерд}}(t)$ эгри чизикларнинг t_3 моментдаги ординаталари қўшилади. Кейин $x_{\text{чик}}^{\text{нэл}}(t)$ нинг топилган янги тармоғи бўйича $x_{\text{ерд}}(t)$ эгри чизик вақтнинг t_3 дан t_4 гача



9—6- расм. Объектнинг импульсли ўтиш характеристикаси орқали унинг тарқалиш эгри чизигини қуриш.

даврида давом эттиради ва ҳоказо. Баён қилинган методга асосланган ҳолда изланаётган тарқалиш эгри чизиги аниқланади.

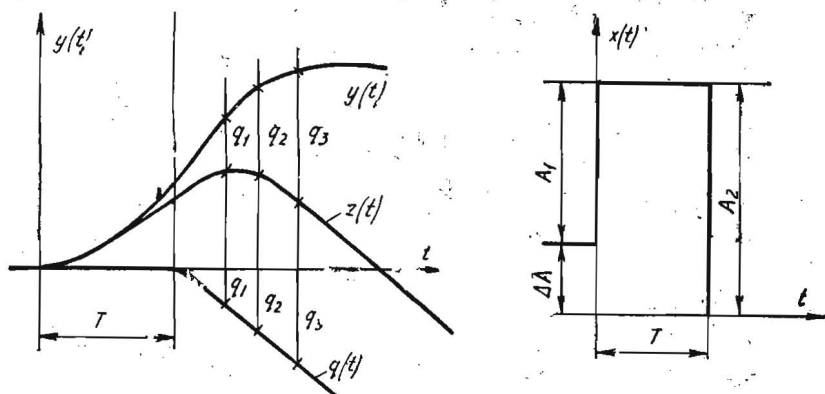
Чизиқли системалар учун суперпозиция принципи ўринлидир. Бу принципнинг моҳияти кириш сигналлари йиғиндисига чизиқли системанинг бўлган реакцияси унинг ҳар бир кириши таъсирига бўлган алоҳида реакциялари йиғиндисига тенглигида.

Шундай қилиб, объект хусусиятлари поғонали функция шаклидаги таъсирлардан фойдаланишга йўл қўймаса, тўртбурчакли импульс типдаги аperiодик синаш таъсирни танлаш мақсадга мувофиқ

бўлади. Бу таъсир юқорида айтилганидек, $+A$ ва $-A$ амплитудали поғонали иккита таъсир йиғиндисидан иборат. Бунда олинган экспериментал эгри чизик эса, суперпозиция принципага асосланган ҳолда, келтирилган поғонали таъсирларга жавобан объектнинг реакциялари йиғиндиси каби кўрилади. Лекин бундай таъсир кўрсатилганда, объектнинг (масалан, ностационар технологик процесс ўтаётган аппарат) киришида баъзан бузилган тарқалиш эгри чизиги олинади, бу ҳол суперпозиция принципага амал қилинмаганлигидан дарак беради.

Келтирилган ишда энтобактерин ишлаб чиқаришда микробиологик синтезнинг даврий процесси 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 $-A_2 = A_1 + \Delta A$ (ΔA — кириш координатасининг энг кичик қиймати) амплитудали тўғри тўртбурчак импульс типигаги аperiодик ғалаёнланиш ишлатилади (9—7-расм). Импульснинг давомийлиги ўтиш функцияси ўзгаришга улгурадиган вақт оралиқларининг энг кичик қийматидан ошиб кетмаслиги керак. Яна бир критерий шундан иборатки, синаш импульсининг давомийлиги 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 $z(t)$ вақтли боғланиш орқали аппаратдаги суоқликлар температурасининг ўзгаришини характерловчи $y(t)$ ўтиш функция шаклини тиклаш керак. Бунинг учун асос бўлиб тажриба ўтказиш учун танланган вақт даврида иссиқликни чиқариш тезлигининг доимий эканлиги хизмат қилади. Вақтнинг $(0 \dots T)$ оралиғида $y(t) = z(t)$ ва $z(t)$ эгри чизикдан совитиш тўхтатилгандаги температурасининг ўсишини ифодаловчи $g(t)$ функ-



9—7- расм. Объектнинг ўтиш функциясини қуриш.

ция олиб ташланади. У ҳолда вақтнинг исталган nT давридаги функцияни аниқлаш учун ($n = 1, 2, \dots, k$) ($n-1$) $T \leq t \leq n \cdot T$ даги $y(t) = z(t) + g(t-T)$ боғланиши бошланғич $g(t-T) \equiv 0$ функция билан бирга қўллаш лозим (бунда $n = 1$, яъни $0 \leq t \leq T$).

Микроорганизмлар физиологик ривожланиши динамикасининг хусусиятлари синов таъсирини киритиш усули ва унинг турини танлашга ўз таъсирини кўрсатади, шунингдек, тажриба ўтказаетганда процессга 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 ёғри чиқиқларни ўтиш функциясига айлантириш методига асос бўлади.

Ростланувчи объектнинг частотали характеристикаси деб, объект кириш катталигининг ўзгариши унинг турғунлашган ҳолатдаги гармоник тебраниш частотасига боғлиқлигига айтилади. Чиқиқли турғунлашган объект киришига доимий частотанинг гармоник тебранишлари таъсир қилиб турса, ўтиш процессининг 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, $1/c$.

Ўтиш процесси 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 кечиқиш бурчаги.

A_2/A_1 — нисбат билан φ фаза бўйича кечиқиш бурчаги ω тебраниш бурчак частотаси ўзгариши билан ўзгариб боради. Кириш катталигининг тебраниш частотаси қанча кўп бўлса, ростланувчи катталиқнинг тебраниш амплитудаси шунча кичик бўлади. Амплитудалар нисбати ва фаза бўйича кечиқиш 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, фақат унга қўшимча равишда тебранишлар генератори уланади.

Бу генератор киришнинг синув таъсирларга синусоидал характер беради. Бу метод орқали ростланувчи объектларнинг динамик хусусиятлари ишончлироқ аниқланади.

IX. 11-§. Автоматик ростлаш системаларининг чиқиқлилиги

Агар автоматик ростлаш системаси (9—8) чиқиқли дифференциал тенглама орқали тавсифланса, система **чиқиқли** дейилади. Бу тенглама системанинг турғунлашмаган режимдаги вақт мобайнида ўзгаришини тавсифлайди. Система ҳаракатининг турғунлашган процесси учун (9—8) тенгламадаги ҳосилаларнинг нолга айланиши характерлидир, чунки чиқиш параметри « y » ўзгармайди. Бу ҳолда (9—8) дифференциал тенглама алгебраик тенгламага айланади:

$$y = \frac{b_0}{a_0} x.$$

Стационар режимдаги системанинг чиқиш ва кириш координаталарини боғловчи бу тенглама чиқиқли системанинг статик характеристикасидир.

Чиқиқли системада оқиб ўтаётган ростлаш процессининг қандай ўтаётганлигини аниқлаш учун киришнинг ғалаёнланиш таъсири ва бошланғич шартлари маълум бўлган (9—8) дифференциал тенгламани ечиш керак. Доимий коэффициентли чиқиқли дифференциал тенгламанинг ечими $y_{\text{эрк}}(t)$ эркин ва $y_{\text{маж}}(t)$ мажбурий ечимни ташкил этувчилар йиғиндисидан иборат:

$$y(t) = y_{\text{эрк}}(t) + y_{\text{маж}}(t).$$

Чиқиқли 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. Чиқиқли 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 каталикнинг вақт бўйича ўзгариши қизиқтиради, шунинг учун системанинг кириш ва чиқиш координаталари иштирок этган битта дифференциал тенглама (9—8) нинг ўзи kifoya.

Амалда типавий ташқи таъсирлар, яъни бир маротабалик оний сакраш, оний импульс ёки синусоидал кириш таъсири тарқалган. Одатда оний сакраш ёки импульсларни алоҳида олинади. Бу усулда олинган ечимни, керак бўлганда, сакраш ёки импульснинг амалдаги қийматига кўпайтириш мумкин.

Алоҳида сакрашнинг қийматини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$x_{\text{кир}}(t) = 1(t)$$

ёки

$$\begin{cases} 1(t) = 0, & \text{агар } t = -0 \text{ ва } t < 0 \\ 1(t) = 1, & \text{агар } t = +0 \text{ ва } t > 0 \end{cases}$$

$t = 0$ моментга t нинг мусбат ва манфий томонларидан яқинлашиш мумкин бўлгани учун, $t = 0$ моментни $t = +0$ ва $t = -0$ моментларга бўлиш мумкин.

Алоҳида импульс ҳолати учун қуйидаги ифода ўринлидир:

$$x_{\text{кпр}}(t) = I'(t), \quad (9-9)$$

бунда

$$I'(t) = \lim_{h \rightarrow 0} x_{\text{кпр}}(t, h);$$

h — импульснинг давомийлиги. Импульснинг амплитудаси импульснинг давомийлиги h га тескари катталиқдир. Агар $t < 0$ ва $t > h$ бўлса, $x_{\text{кпр}}(t, h)$ функция нолга тенг, агар $t \geq 0$ ва $t \leq h$ бўлса, $x_{\text{кпр}}(t, h)$ функция $\frac{1}{h}$ га тенг бўлади:

$$\left. \begin{aligned} x_{\text{кпр}}(t, h) &= 0, \text{ агар } h < t < 0 \\ x_{\text{кпр}}(t, h) &= \frac{1}{h}, \text{ агар } 0 \leq t \leq h \end{aligned} \right\}.$$

$x_{\text{кпр}}(t, h)$ функциянинг моҳияти шундаки, унинг юзаси h нинг ис-
талган қийматида (ҳатто $h \rightarrow 0$) бирга тенгдир. Шундай қилиб
(9—9) ифодага ўтсак, $x_{\text{кпр}}$ нинг давомийлиги нолга тенг бўлган
ҳолда унинг чексиз катта қийматига эга бўламиз, импульснинг
катталиги (ёки юзаси) эса бирга тенг.

$I(t)$ алоҳида сакраш $I'(t)$ алоҳида импульснинг интеграли экан-
лигини кўрамиз:

$$\int_0^{\infty} I'(t) dt = \lim_{h \rightarrow 0} \int_0^{\infty} x_{\text{кпр}}(t, h) dt = \lim_{h \rightarrow 0} \int_0^h \frac{1}{h} dt = 1.$$

(9—8) дифференциал тенглама учун $t = 0$ бўлганда, бошланғич
шартлар қуйидагича бўлади:

$$\frac{d^n y}{dt^n} = \left(\frac{d^n y}{dt^n} \right)_{t=0}; \quad \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} = \left(\frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} \right)_{t=0}; \quad \dots; \quad y = (y)_{t=0}.$$

Бу шартлар системанинг $t = 0$ моментидagi ҳолатини аниқлайди.
Кўрилатган системадаги процесснинг тадқиқи аynи шу моментдан
бошланади.

Оний таъсирлар (сакраш ёки импульс) кўрсатиладиган система-
ларда $t = 0$ моментни $t = -0$ (сакрашнинг бошланиши) ва $t = +0$
(сакрашнинг тугаши) моментларга бўлиш физикавий аҳамиятга эга.
Бу икки момент системанинг икки турига, бир-бирига жуда яқин,
аммо координаталар, тезлик ва бошқа ўзгарувчи қийматлари билан
фарқ қиладиган ҳолатларига мос келади.

IX. 12-§. Операцион ҳисобларнинг чизиқли АРС лар анализиди 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 процессининг 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 ўзгарувчи функцияни (шу жумладан вақт функцияси) комплекс ўзгарувчи 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:

$$F(p) = L[f(t)] = \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} dt,$$

бу ерда p — комплекс ўзгарувчи;

L — Лаплас тўғри алмаштириши операциясининг симболи. Алмашинаётган $f(t)$ функция *оригинал* дейилади ва у чекланади:

$$f(t) = 0, \quad \text{бунда } t < 0.$$

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 симболи. Дифференциал ёки интеграл тенгламаларни операцион ҳисоб ёрдамида ечишдан мақсад алгоритми моддий ўзгарувчи функцияни комплекс ўзгарувчи функцияга алмаштириш, комплекс ўзгарувчи соҳада ечимларни излаш, ва ниҳоят, тескари, яъни топилган

ечимни комплекс ўзгарувчи соҳадан моддий ўзгарувчи 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:

$$L[f_1(t) \pm f_2(t) \pm \dots \pm f_n(t)] = F_1(p) \pm F_2(p) \pm \dots \pm F_n(p);$$

бунда

$$F_1(p) = L[f_1(t)]; F_2(p) = L[f_2(t)]; \dots; F_n(p) = L[f_n(t)].$$

2. Чизиқлилиқ хоссасига кўра доимий катталиқка кўпайтирилган оригиналга мос тасвир шу катталиқка 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 оператор 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 катталиқка силжишига тасвирнинг $e^{-p\tau}$ га кўпайтириш операцияси мос келади:

$$L[f(t - \tau)] = F(p)e^{-p\tau};$$

бунда

$$\tau = \text{const.}, \quad f(t - \tau) = 0, \quad t < \tau.$$

6. Оригиналнинг якуний ва бошланиши ҳақидаги теоремалар оригинал қабул қиладиган ноль ва чексизлиқдаги қийматлари тасвирнинг чексизлиқ ва нолдаги қийматларидан ҳамда P оператор кўпайтмасидан аниқлашнинг билдиради:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{p \rightarrow \infty} PF(p); \quad \lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{p \rightarrow 0} PF(p).$$

7. Ўхшашлиқ 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:

$$L[e^{\pm \alpha t} \cdot f(t)] = F(P \pm \alpha).$$

Йиғилиш деб, икки функция устида бажарилган интеграл операцияга айтилади. Бу икки функциянинг йиғилиши шу икки функция тасвирларининг кўпайтмасига мос келади. Агар

$$F_1(p) = L[f_1(t)] \quad \text{ва} \quad F_2(p) = L[f_2(t)]$$

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:

$$P = \frac{d}{dt},$$

$$(a_n P^n + a_{n-1} P^{n-1} + \dots + a_0) \cdot y(t) = (b_m P^m + b_{m-1} P^{m-1} + \dots + b_0) \cdot x(p).$$

Одатда, бизни y чиқиш катталигининг ўзгариши x кириш сигнаliga боғлиқлик нисбати қизиқтиради:

$$\frac{y(t)}{x(t)} = \frac{b_m P^m + b_{m-1} P^{m-1} + \dots + b_0}{a_n P^n + a_{n-1} P^{n-1} + \dots + a_0} = W(p). \quad (9-10)$$

Бошланғич шартлар нолга тенг бўлганда чиқиш катталигининг тасвири кириш катталиги тасвирининг нисбатидан иборат бўлган (9—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 уч айдиган функцияларнинг тасвир ва оригиналлари ҳисобланган жадвалдан фойдаланиш қулай:

9—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	$\frac{1}{p^2}$	$\frac{1}{(n-1)!} t^{n-1}$	$\frac{1}{p^n}$

$f(t)$ нинг оригинали	$F(p)$ нинг тасвири	$f(t)$ нинг оригинали	$F(p)$ нинг тасвири
t^n	$\frac{n!}{p^{n+1}}$	$\frac{1}{\omega} \operatorname{sh} \omega t$	$\frac{1}{p^2 - \omega^2}$
$e^{-\alpha t}$	$\frac{1}{p + \alpha}$	$\operatorname{ch} \omega t$	$\frac{p}{p^2 - \omega^2}$
$te^{-\alpha t}$	$\frac{1}{(p + \alpha)^2}$	$e^{-\alpha t} \sin \omega t$	$\frac{\omega}{(p + \alpha)^2 + \omega^2}$
$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{p^2 + \omega^2}$	$e^{-\alpha t} \cos \omega t$	$\frac{p + \alpha}{(p + \alpha)^2 + \omega^2}$

Келтирилган жадвалдан тескари тартибда, яъни маълум $F(p)$ тасвири бўйича тегишли $f(t)$ оригинални топиш учун фойдаланиш ҳам мумкин.

IX. 13-§. Фурье алмаштириши ва хусусий характеристикалар

Узатиш функцияси тушунчаси Лаплас алмаштиришидан келиб чиқишини юқорида кўрдик. Бундан ташқари, звено ва системаларнинг частота характеристикалари тушунчаси келиб чиқадиган *Фурье алмаштириши* 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 вариантыдир. Унда P оператор ўрнига бошқа $(j\omega)$ оператор ишлатилган. Агар узатиш функциясининг (9—10) ифодасида P нинг ўрнига $j\omega$ ни қўйиб чиқсак, $W(j\omega)$ функцияни ҳосил қиламиз:

$$W(j\omega) = \frac{y(j\omega)}{x(j\omega)} = \frac{b_m(j\omega)^m + b_{m-1}(j\omega)^{m-1} + \dots + b_0}{a_n(j\omega)^n + a_{n-1}(j\omega)^{n-1} + \dots + a_0}. \quad (9-11)$$

Бу функция системанинг амплитуда-фаза характеристикаси (АФХ) дейилади.

Системанинг киришига муайян амплитудали синусоидал таъсир кўрсатилса, унинг турғунлашган режимдаги чиқишида ростланувчи катталиқнинг шу частотали синусоидал ўзгаришини кузатиш мумкин, лекин чиқиш сигнаlining амплитуда ва фазаси кириш координатасининг шу кўрсаткичларидан фарқ қилади. Агар кириш сигнаlining 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 физикавий моҳияти ҳам айнан шундан иборат.

АФХ — моддий Re ва мавҳум J_m қисмларнинг геометрик йиғиндисидан иборат:

$$W(j\omega) = Re[W(j\omega)] + jJ_m[W(j\omega)]. \quad (9-12)$$

Амплитуда-фаза характеристикасининг годографи топиш учун (9—12) ифодага ω нинг 0 дан ∞ гача бўлган қийматларини қўйиб, ҳосил бўлган векторлар учини раво 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:

$$W(j\omega) = A(\omega) e^{+j\varphi(\omega)}, \quad (9-13)$$

бунда

$$A(\omega) = |W(j\omega)| = \sqrt{Re^2(\omega) + Jm^2(\omega)} \text{ — модуль,}$$

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{Jm(\omega)}{Re(\omega)} \text{ — фаза.}$$

Шундай қилиб, АФХ нинг модули системанинг амплитуда частота характеристикаси бўлиб, АФХ нинг фазаси эса системанинг фаза-частота характеристикасидир. Частота характеристикасига асосланган саноат АРС ларининг анализи ва синтези методлари юқори аниқликни таъминлайди.

IX. 14-§. Логарифмик частота характеристикалар

Системанинг частота характеристика ифодаси (9—13) ни логарифмлаймиз:

$$\ln W(j\omega) = \ln A(\omega) + j\varphi(\omega)$$

ёки

$$\lg W(j\omega) = \frac{\lg A(\omega) + j\varphi(\omega)}{2,3}. \quad (9-14)$$

(9—14) ифода — ҳақиқий қисми частота функцияси модулининг логарифмига, мавҳум қисми эса 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 логарифмининг ўзгаришини аниқлайди. Логарифмик масштаб-

да 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 (9—14) ифодада логарифмнинг асосий маъносини назарда тутамиз. Логарифмик характеристика ва ўлчов бирликлари акустика назариясидан олинган.

ЛАЧХ ни қураётганда ординаталар ўқиға модуль логарифми, абсцисса ўқиға эса частота логарифмини қўямиз. ЛАЧХ ни қураганда $\ln A(\omega)$ ўрниға қуйидаги функция кўрилади:

$$L(\omega) = 20 \lg |W(j\omega)| = 20 \lg A(\omega) = f(\lg \omega). \quad (9-15)$$

(9—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 ўзгаришиға 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 октаваға 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 декадаға 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 ЛАЧХ 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 октаваға децибел ёки декадаға децибел бирлигида ифодаланадиган, турли оғишларға эға бўлган тўғри чизиқдан иборат. (9—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.

IX. 15-§. Элементар звенолар (модель, динамик характеристика, узатиш функциялари)

Бошқариш вазифалари нуқтаи назаридан автоматик системалар ва уларнинг таркибий звенолари ўзларининг статик ва динамик характеристикаларига кўра классификацияланади. Бундай классификация 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:

$$y(t) = Kx(t).$$

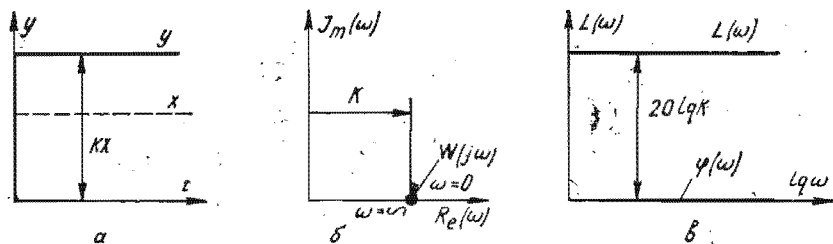
Звенонинг узатиш функцияси:

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = K.$$

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 раван ўтказди. АФХнинг годографи (9—8-расм) комплекс текисликдаги ҳақиқий ўқда бошланғич координаталардан K масофага кечиккан нуқта билан ифодаланади. Звенонинг $A(\omega)$ амплитуда-частота характеристикаси — частоталар ўқидан $A(\omega) = K$ миқдорга кечиккан тўғри чизиқдир.



9—8- расм. Кучайтириш зеносининг характеристикаси:

а) югуриш эгри чизиги; б) амплитуда-фаза характеристика; в) логарифмик частота характеристика

$\varphi(W)=0$ фаза-частота характеристика фаза силжишларнинг (олдинга кетиш ёки кечикиш) йўқлигини билдиради. Амалда, частотанинг чексизликка интилган ҳар бир қийматида исталган реал кучайтирувчи зенонинг кучайтириш коэффиценти нолгача камайиб кетади.

Зенонинг логарифмик амплитуда-частота характеристикаси қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$L(\omega) = 20 \lg |W(j\omega)| = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg K.$$

Ушбу зенонинг фазаси минимал қийматга эга ёки нолга тенг; бу звено минимал фазалидир. Кучланиш коэффиценти K чизикли звено учун доимий, чизикли бўлмаган звено учун эса ўзгарувчандир.

Биринчи тартибли нодаврий звено. Баъзан нодаврий звено инерцион звено дейилади. Нодаврий зенонлар учун чиқиш ва кириш катталикларини боғловчи тенглама биринчи тартибли дифференциал тенгламадан иборат:

$$T \frac{dy}{dt} + y = Kx, \quad (9-16)$$

бу ерда T — зенонинг вақт доимийси; K — зенонинг кучланиш коэффиценти.

Бошланғич шартларнинг ноль қийматида (9—16) тенгламани ечсак қуйидаги ифода ҳосил бўлади:

$$y = Kx \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right); \quad (9-17)$$

t — ўтаётган вақт.

Агар ноль қийматли бошланғич шартларда (9—16) тенгламага Лаплас алмаштириши қўлланилса, оператор шаклида ёзилган қуйидаги тенглама ҳосил бўлади:

$$(Tp + 1) \cdot y(p) = Kx(p).$$

Бу оператор тенглама асосида биринчи тартибли нодаврий зенонинг узатиш функциясини ёзишимиз мумкин:

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{K}{Tp + 1}. \quad (9-18)$$

Лаплас тескари алмаштириши ёрдамида (9—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 якка галаёнловчи таъсир.

Кўрилатган звенонинг амплитуда-фаза характеристикаси (9—18) ифодадаги P операторни $j\omega$ қийматга алмаштириш йўли билан аниқланади:

$$W(j\omega) = \frac{K}{1+j\omega T}. \quad (9-19)$$

(9—18) ифодадан аниқланган ҳақиқий ва мавҳум қисмларнинг қийматлари қуйидаги кўринишга эга:

$$Re(\omega) = \frac{K}{1+\omega^2 T^2};$$

$$Im(\omega) = \frac{K\omega T}{1+\omega^2 T^2}.$$

Инерцион звенонинг амплитуда-частота характеристикаси:

$$A(\omega) = \sqrt{Re^2(\omega) + Im^2(\omega)} = \frac{K}{1+\omega^2 T^2}.$$

Шу звенонинг фаза-частота характеристикаси:

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{Im(\omega)}{Re(\omega)} = -\arctg \omega T.$$

Частота нолга интилганда, яъни

$$A(\omega) \rightarrow K; \varphi(\omega) \rightarrow 0; Im(\omega) \rightarrow 0; Re(\omega) \rightarrow 0.$$

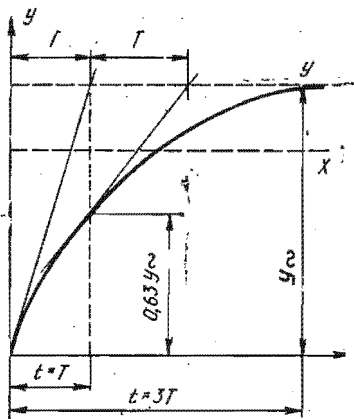
Частота чексизликка интилганда эса:

$$A(\omega) \rightarrow 0; \varphi(\omega) \rightarrow -\frac{\pi}{2}; Im(\omega) \rightarrow 0; Re(\omega) \rightarrow 0.$$

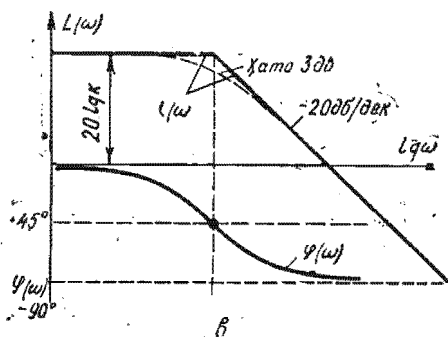
Звенонинг комплекс текисликда тасвирланган амплитуда-фаза характеристикасининг (9—9-расм) диаметри звенонинг K кучланиш коэффициентига тенг ярим айланадан иборат. Инерцион звенонинг тарқалиш эгри чизиги экспонентадан иборат. Унинг хусусияти шундаки, T вақт доимийсини уринманинг чиқиш катталиги Y_∞ турғунлашган қийматининг чизигига проекцион ва уринманинг Y_∞ чизиги кесишган нуқтаси оралиғидаги кесма каби топиш мумкин. Биринчи тартибли нодаврий звенолар тарқалиш эгри чизигининг ис-талган нуқтасига ўтказилган уринмалар чиқиш катталигининг турғунлашган қиймати чизигидан бир хил T кесмаларни кесиб ўтади. $t = T$ вақтдаги чиқиш координатаси 63 % га ўзгаради:

$$t = T \text{ бўлганда } Y = 0,63 Y_\infty.$$

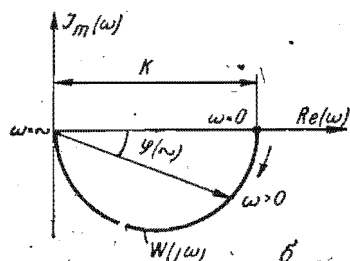
Агар $t \rightarrow \infty$ бўлса, чиқиш параметрининг қиймати кириш параметрининг қийматига интилади ($y \rightarrow x$), яъни чиқиш катталиги:



а



б



в

9—9- расм. Биринчи тартибли нодаврий звено характеристикалари:

а) югуриш эгри чизиги; б) амплитуда-фаза характеристика; в) логарифмик частота характеристикалар.

кириш сигнали таъсирида, чексиз вақт мобайнида кириш катталиги билан тенглашишга интилади. Амалда, ўтиш процессининг вақти $t \approx 3T$ деб қабул қилинади, чунки уч доимийликка тенг вақт давомида тарқалиш эгри чизиги чиқиш катталигининг янги, турғунлашган Y_{∞} тўғри чизигига қўшилиб кетади. $T = \infty$ даги турғунлашган режим учун (9—17) ифодадан $y = Kx$ эканлиги келиб чиқади. Бу демак, ўтиш процесси тугагач, биринчи тартибли нодаврий звено кучайтирувчи звено каби ишлайди.

Кўрилаяётган звенонинг ЛАЧХ сини қураимиз. Бунинг учун амплитуданинг децибелдаги логарифмик функциясини аниқлаймиз:

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg \left| \frac{K}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}} \right| = 20 \lg K - 20 \lg(1 + \omega^2 T^2)^{1/2}. \quad (9.20)$$

Иккинчи чегарали ҳолларни кўриб ўтамиз:

а) $\omega < \frac{1}{T}$ ва $(\omega T)^2 \ll 1$ даги кичик частоталарда

$$L(\omega) = 20 \lg K - 20 \lg 1 \approx 20 \lg K; \quad (9.21)$$

б) $\omega > \frac{1}{T}$ ва $(\omega T)^2 \gg 1$ даги катта частоталарда

$$L(\omega) \approx 20 \lg K - 20 \lg \omega T. \quad (9.22)$$

Демак, кичик частоталар соҳасида $L(\omega)$ функция абсцисса ўқи-га параллел ва ундан $20 \lg K$ масофага кечиккан тўғри чизиқ (асим-

птота) орқали аппроксимация қилинади. Иккинчи, частоталари юқори соҳада (9—22) характеристика ω частотага боғлиқ. Частотанинг бир декададаги орттирмасини $\omega_2 = 10\omega_1$ деб фараз қиламиз. У ҳолда дицибел бирлигида ўлчанадиган амплитуда қуйидаги катталиққа ўзгаради.

$$\Delta L = L(10\omega_1) - L(\omega_1) = [20 \lg K - 20 \lg 10\omega_1 T] - [20 \lg K - 20 \lg \omega_1 T] = -20 \lg 10\omega_1 T + 20 \lg \omega_1 T = -20 \lg 10 = -20 \text{ дБ/дек.}$$

Демак, (9—22) ифода бир декадага 20 децибел тўғри келадиган тесқари оришга эга бўлган тўғри чизиқдан иборат (частотанинг 1 декадага оришида, амплитуда 20 дБ га камаяди). (9—21) ва (9—22) тўғри чизиқлар логарифмик характеристиканинг асимптоталари дейилади. Икки асимптотанинг туташуш нуқтасини (9—21) ва (9—22) тенгламалар шартидан аниқлаш мумкин:

$$20 \lg K - 20 \lg 1 = 20 \lg K - 20 \lg \omega_T T;$$

демак,

$$\omega_T = \frac{1}{T};$$

ω_T — туташуш частотаси дейилади.

Ушбу ҳолда бу частотанинг қиймати звенонинг вақт доимийсидан аниқланади. Логарифмик фаза-частота характеристикасининг кўриниши:

$$\varphi(\omega_T) = -\arctg \omega T,$$

туташ частота учун:

$$\varphi(\omega) = -\arctg(\omega_T/\omega_T) = -\arctg 1 = -45^\circ.$$

Кўрилатган 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:

$$\frac{dy}{dt} = Kx; \quad (9-23)$$

бу ерда K — звенонинг кучайиш коэффициенти ва унинг вақт доимийси нисбатига тенг звенонинг тарқалиш тезлиги.

(9—23) ифодани интеграллаб ўтиш процесси тенгламасини ҳосил қиламиз:

$$y = K \int_0^t x dt. \quad (9-24)$$

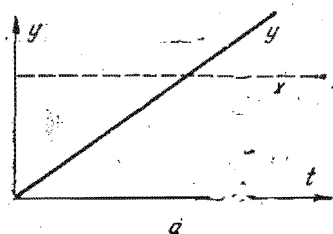
(9—24) ифодадан чиқиш катталиги кириш катталигининг интегралига пропорционал эканлиги келиб чиқади. (9—23) ифодага Лаплас алмаштиришини қўлласак, интегралловчи звенонинг тенгламасини оператор шаклида ҳосил қиламиз (нолавий бошланғич шартларда):

$$y(p) = \left(\frac{K}{p}\right) x(p).$$

Кўрилатган элементар звенонинг узатиш функцияси:

$$W(p) \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{K}{p}. \quad (9.25)$$

(9.25) ифодадаги P операторни $j\omega$ билан алмаштирсак, звенонинг амплитуда-фаза характеристикаси келиб чиқади:

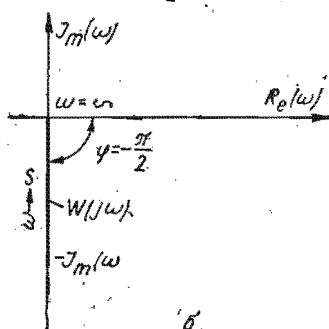


$$W(j\omega) = \frac{y(j\omega)}{x(j\omega)} = \frac{K}{j\omega} = \frac{K}{\omega} e^{-j\frac{\pi}{2}}. \quad (9-26)$$

(9-26) ифодадан амплитуда-частота ва фаза-частота характеристикаларининг тенгламалари топилади:

$$A(\omega) = \frac{K}{\omega}; \quad (9-27)$$

$$\varphi(\omega) = -\frac{\pi}{2}. \quad (9-28)$$

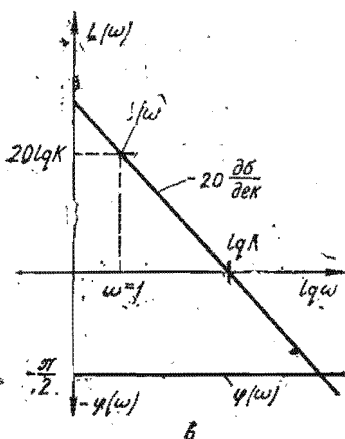


(9-27) ва (9-28) тенгламалардан қуйидагича хулоса келиб чиқади: частота чексизликка интилганда $AЧХ \rightarrow 0$ бўлиб, $A(\omega) \rightarrow \infty$ интегралловчи звено ҳосил қилган фазалар силжиши доимий бўлади ва φ ω га боғлиқ эмас.

Комплекс текисликда интегралловчи звенонинг амплитуда-фаза характеристикаси комплекс текисликнинг манфий ярим ўқида мос келадиган вектор орқали ифодаланади ва чексизликдан ($\omega = 0$ бўлса) нолгача ($\omega = \infty$) ўзгаради. (9-27) тенглама асосида звенонинг ЛАЧХ сининг ифодасини ёзиш мумкин:

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg K - 20 \lg \omega. \quad (9-29)$$

Агар (9-22) ва (9-29) ифодаларни солиштирсак, уларнинг ўхшашлигини кўрамиз. Демак, ЛАЧХнинг асимптотаси 20 дБ/с га тенг манфий оғишли абсциссалар ўқидаги $\omega = K$ частотага мос бўлган нуқтасидан ўтайдиган тўғри чизиқдан иборат. Логарифмик фаза-частота характеристикаси (9-28) ифодадаги частотага боғлиқ эмас. Интеграллов-



9-10- расм. Интегралловчи звено характеристикалари:

а) югуриш эгри чизиги; б) амплитуда-фаза характеристика; в) логарифмик частота характеристикалар.

чи звено минимал фазалидир. Унинг характеристикалари 9—10-расм-да келтирилган.

Дифференциалловчи звено. Чиқиш катталиги кириш параметрининг ўзгариш тезлигига пропорционал бўлган звено *дифференциалловчи звено* дейилади. Бу идеал дифференциалловчи звенонинг хусусиятлари

$$y = K \frac{dx}{dt} \quad (9-30)$$

тенглама орқали тавсифланади.

Нолавий бошланғич шартларда (9—30) ифодага Лаплас алмаштиришини қўлласак, бу тенгламанинг оператор шаклини ҳосил қиламиз:

$$y(p) = K p x(p). \quad (9-31)$$

Звенонинг узатиш функцияси қуйидагича аниқланади:

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = K p:$$

амплитуда-фаза характеристика эса

$$W(j\omega) = K(j\omega) = K\omega e^{j\frac{\pi}{2}}.$$

Маълумки, амплитуда-частота характеристика

$$A(\omega) = K\omega \quad (9-32)$$

ω частотага пропорционал равишда ўзгаради; фаза-частота характеристика эса

$$\varphi(\omega) = + \frac{\pi}{2} \quad (9-33)$$

кириш сигнали частотасининг ўзгаришига боғлиқ эмас. (9—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,

$$y(t) = \frac{K}{T} e^{-\frac{t}{T}}.$$

Бу звено кириш катталигининг сакрашсимон ўзгаришида чиқиш сигналининг бир онда чексизликкача ўсиб, шу заҳоти нолга тушиб кетиши билан таърифланади. Ҳақиқатда эса звеноларда бундай ҳолатни амалга ошириб бўлмайди.

Дифференциалловчи звенонинг ЛАЧХ сини қурамыз.

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg K \omega. \quad (9-34)$$

(9—34) ифодадан логарифмик амплитуда-частота характеристика $+20$ дБ/с га тенг мусбат оғишли ва абсциссалар ўқини $\omega_T = K$ нуқтада кесиб ўтувчи тўғри чизиқдан иборат эканлиги келиб чиқади. Агар $K=1$ бўлса, тўғри чизиқ координаталар бошидан ўтади ($\lg \omega_T = 0$).

(9—23) ифодадан маълумки, ФЧХ абсциссалар ўқига параллел ва ундан $\frac{\pi}{2}$ масофага орқада қолган тўғри чизиқдан иборат.

Реал дифференциалловчи звенолар динамикасининг умумий тенгламаси қуйидагича:

$$T \frac{dy}{dt} + y = K \frac{dx}{dt}. \quad (9—35)$$

Бошланғич шартлар нолга тенг бўлганда бу тенгламининг оператор шаклидаги кўриниши қуйидагича бўлади:

$$(Tp + 1) \cdot y(p) = KPx(p).$$

Бундан реал дифференциалловчи звеноларнинг узатиш функцияси келиб чиқади:

$$W(p) = \frac{K \cdot p}{1 + Tp};$$

амплитуда-фаза характеристикаси эса:

$$W(j\omega) = \frac{j \cdot \omega \cdot K}{1 + j\omega T} = \frac{K \cdot \omega}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}} e^{j\left(\frac{\pi}{2} - \arctg \omega T\right)}$$

Охирги тенгламалардан, реал дифференциалловчи звено бир-бирига кетма-кет уланган идеал дифференциалловчи ва нодаврий звенолардан иборат деган хулоса чиқариш мумкин.

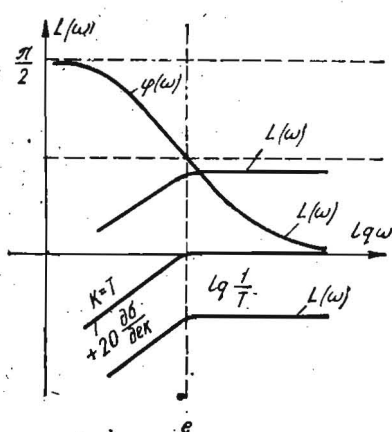
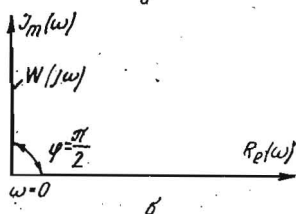
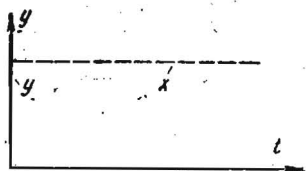
(9—35) динамика тенгламасининг ечими қуйидагича:

$$y(t) = \frac{K}{T} x e^{-\frac{t}{T}}$$

Реал дифференциалловчи звенонинг киришига сакрашсимон ғалаёнловчи таъсир кўрсатилса, чиқиш катталиги вақтнинг дастлабки даврида $\frac{K}{T}$ қийматга эга бўлади, кейин $t \rightarrow \infty$ да нолга айланади. Реал дифференциалловчи звенонинг $A(\omega)$ амплитуда-частота ва $\varphi(\omega)$ фаза-частота характеристикаларининг тенгламалари қуйидагича:

$$A(\omega) = \frac{K\omega}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}};$$

$$\varphi(\omega) = \frac{\pi}{2} - \arctg \omega T.$$



9—11-расм. Идеал (а, б, в) ва реал (г, д, е) дифференциалловчи звенонинг характеристикалари:

а) идеал дифференциалловчи звенонинг югуриш эгри чизиги; б) идеал дифференциалловчи звенонинг АФХ си; в) идеал дифференциалловчи звенонинг логарифмик частота характеристикалари; г) реал дифференциалловчи звенонинг югуриш эгри чизиги; д) реал дифференциалловчи звенонинг АФХ си; е) реал дифференциалловчи звенонинг логарифмик частота характеристикалари.

ЛАЧХ ни қуриш учун қуйидаги ифода ишлатилади:

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg \omega K - 20 \lg \sqrt{1 + \omega^2 T^2}.$$

Изланаётган характеристика иккинчи асимптотадан иборат; улардан бири 20 дБ/с оғишга эга, иккинчиси эса абсциссаларга параллел. $\omega_T = \frac{1}{T}$ частотада асимптоталар туташади.

9—11-расмда реал ва идеал дифференциалловчи звеноларнинг характеристикалари тасвирланган. Иккала звено ҳам минимал фазали системалар синфига киради.

Табранма звено. Табранма звеноларнинг чиқиш ва кириш катталиклари ўртасидаги боғланиш иккинчи тартибли дифференциал тенгламалар орқали аниқланади:

$$T_1^2 \frac{d^2 y}{dt^2} \pm T_2 \frac{dy}{dt} + y = kx; \quad (9-36)$$

Бунда T_1 — тебранма звенонинг вақт доимийси.

T_2 — ўтиш процессининг сўниш вақт доимийси.

T_1 ва T_2 вақт доимийлари сўниш нисбий коэффициентлари орқали ўзaro боғланган:

$$T_2 = 2\xi T_1.$$

Бошланғич шартлар нолга тенг бўлганда, (9—36) ифодадан Лаплас алмаштириши орқали топишган оператор тенглама ўринлидир:

$$(T_1^2 p^2 \pm T_2 p + 1) \cdot y(p) = K x(p). \quad (9-37)$$

Шунга мувофиқ звенонинг узатиш функцияси:

$$W(p) = \frac{K}{T_1^2 p^2 + T_2 p + 1}. \quad (9-38)$$

Энди тебранма звенонинг амплитуда-фаза характеристикасини ифодалаш мумкин:

$$W(j\omega) = \frac{K}{(j\omega)^2 T_1^2 \pm (j\omega) T_2 + 1} = \frac{K}{\sqrt{(1 - \omega^2 T_1^2)^2 + \omega^2 T_2^2}} e^{-j \arctg \frac{\omega T_2}{1 - \omega^2 T_1^2}}$$

Амплитуда-частота ва фаза-частота характеристикаларга ўтсак, қуйидаги муносабатларга эга бўламиз:

$$A(\omega) = \frac{K}{\sqrt{(1 - \omega^2 T_1^2)^2 + \omega^2 T_2^2}}; \quad (9-39)$$

$$\varphi(\omega) = -\arctg \frac{\omega T_2}{1 - \omega^2 T_1^2}. \quad (9-40)$$

Тебранма звенолар турғунлашган ёки турғунлашмаган бўлади. Звенонинг турғун ёки нотурғунлигини (9—36) дифференциал тенгламанинг чап томонидаги иккинчи қўшилувчининг ишораси таърифлайди. Агар ишора мусбат бўлса, тебранма звено турғун, манфий бўлса, нотурғун бўлади.

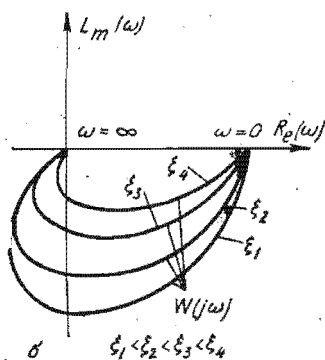
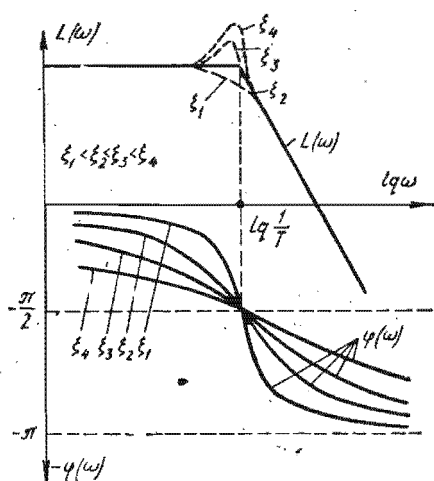
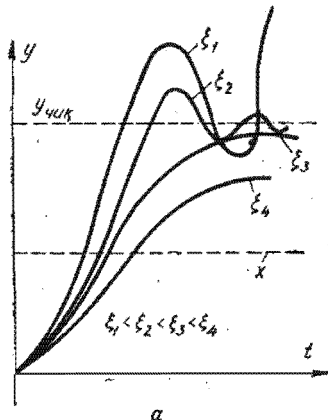
Ўтиш характеристикаси (9—38) узатиш функциясидан аниқланиши мумкин, бунда Лаплас тескари алмаштиришини қўллаш лoвим:

$$h(t) = L^{-1} \left[\frac{K}{p^2 T_1^2 + 2\xi p T_1 + 1} \cdot \frac{1}{p} \right] = K \cdot [1 - e^{-\frac{t}{T}} (\cos \omega_1 t + \frac{\xi}{p} t \cdot \sin \omega_1 t)];$$

бунда

$$\omega_1 = \frac{\sqrt{1 - \xi^2}}{T} = \omega_0 \sqrt{1 - \xi^2}.$$

Тебранма звенонинг ўтиш процесси эгри чизигининг характери сўниш нисбий коэффициентлари ξ нинг қийматига боғлиқ. Агар $\xi > 1$ бўлса, ўтиш процесси нодаврий процесс хусусиятларига эга, агар ξ нолдан 1 гача ўзгарса, ўтиш процессининг характери тебранма сўнувчи бўлади. Сўниш коэффициентлари $\xi = 0$ бўлса, звенонинг чиқи-



9—12- расм. Тебранма звенонинг характеристикалари:

а) югуриш ёғри чизиги; б) амплитуда-фаза характеристика; в) логарифмик частота характеристикалар.

шидаги 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 квадрантдан ўтади (9—12- расм).

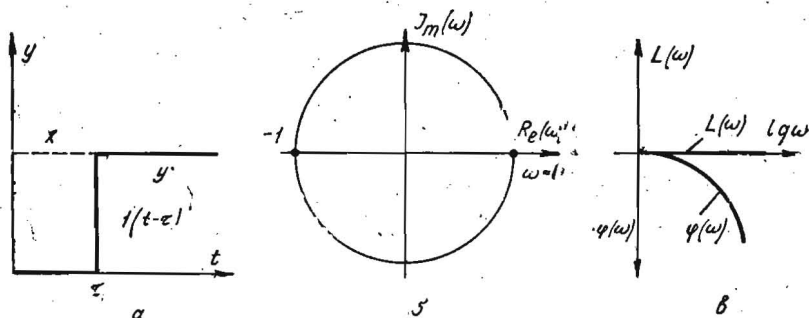
Логарифмик характеристикаларни тузишда (9—39) ва (9—40) ифодалардан фойдаланамиз:

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg K - 20 \lg \sqrt{(1 - \omega^2 T_2^2)^2 + (\omega T_2)^2};$$

$$\varphi(\omega) = -\arctg \frac{\omega T_2}{1 - \omega^2 T_1^2}.$$

Кичик частоталар учун ω частотага эга бўлган катталикларнинг қиймати 1 га нисбатан кичик ва тақрибий бўлади, $\omega \ll 1$ да $L(\omega) \approx 20 \lg K$ деб қабул қилиш мумкин. Частоталар катта бўлганда эса аксинча, 1 ва $(\omega T_2)^2$ га эга бўлган катталикларни эътиборга олмас ҳам бўлади, у ҳолда:

$$L(\omega) \approx 20 \lg K - 20 \lg \omega^2 T_2^2 = 20 \lg K - 40 \lg \omega T_2,$$



9—13- расм. Соф кечикиш звеносининг характеристикалари:

а) югуриш эгри чизиги; б) АФХ; в) логарифмик частота характеристикалар.

Демак, $\omega_T = \frac{1}{T_2}$ туташин частотадан бошлаб бир декада қийматга эга бўлган асимптота оғиши 40 дБ ни ҳосил қилади.

9—13- расмда минимал фазали тебранма звенонинг характеристикалари келтирилган. Тебранма звенолар потенциал ва кинетик энергияларни тўплаб энергия запасларини ўзаро алмаштиради. Алмаштириш процесси 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 сигналин 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:

$$W(p) = e^{-p\tau} \quad (9-41)$$

Звенонинг амплитуда-фаза характеристикаси:

$$W(j\omega) = e^{-j\omega\tau}. \quad (9-42)$$

Қўрилаётган звенонинг амплитуда ва фаза частота характеристикалари қуйидагича:

$$A(\omega) = 1; \quad (9-43)$$

$$\varphi(\omega) = -\omega\tau. \quad (9-44)$$

Қўриниб турибдики, логарифмик амплитуда-частота характеристикаси

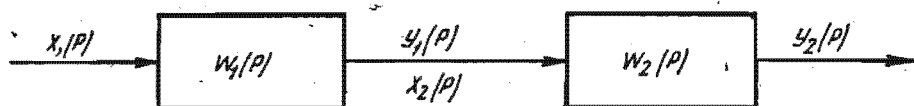
$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg 1 = 0$$

абсциссалар ўқига мос бўлиб, фаза эса (9—44) тенгламага мувофиқ ω частота ўсиши билан чексиз ошиб боради. 9-13-расмда соф кечикиш звеносининг характеристикалари келтирилган.

IX.16- §. APC нинг тузилиш схемалари ва уларнинг ўзгариши

Блок-алгебра қондалари кўп таркибий звенолардан ташкил топган APC нинг анализи ва синтезини анча соддалаштиради. APC 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.

Звеноларнинг кетма-кет уланиши 9—14-расмда $W_1(p)$ ва $W_2(p)$ узатиш функцияларига эга бўлган кетма-кет уланган, иккита звено-



9—14-расм. Звеноларнинг кетма-кет уланиши.

дан 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

$$W(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) \cdots W_n(p) = \prod_{i=1}^n W_i(p).$$

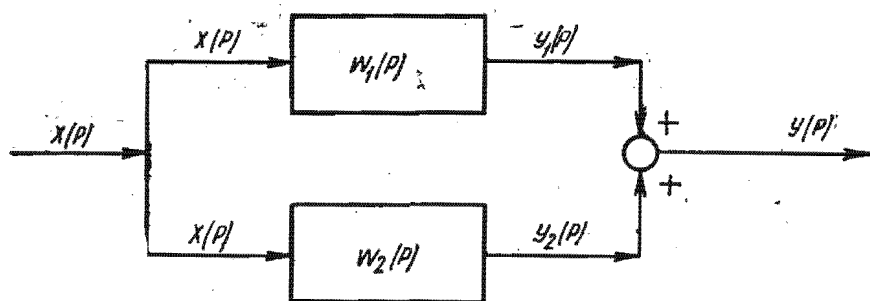
Бошқача қилиб айтганда, кетма-кет уланган элементлар занжирининг узатиш функцияси таркибий звенолар узатиш функцияларининг кўпайтмасига тенг. Бундай системанинг кучайиш коэффициенти таркибий элементлар кучайиш коэффициентларининг кўпайтмасига тенг.

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdots K_n = \prod_{i=1}^n K_i.$$

Кетма-кет уланган элементар очиқ звенолар занжирининг АФХ си шу звеноларнинг АФХ лари кўпайтмасига тенг:

$$W(j\omega) = W_1(j\omega) \cdot W_2(j\omega) \cdots W_n(j\omega) = \prod_{i=1}^n W_i(j\omega).$$

Звеноларнинг параллел уланиши. Звеноларнинг параллел уланишида (9—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:



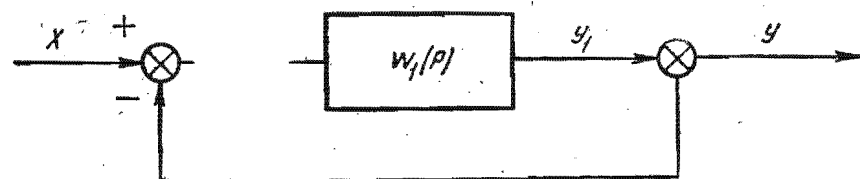
9—15- расм. Звеноларнинг параллел уланishi.

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{y_1(p) + y_2(p)}{x(p)} = \frac{y_1(p)}{x(p)} + \frac{y_2(p)}{x(p)} = W_1(p) + W_2(p).$$

n та параллел уланган звенолар системасининг узатиш функцияси ҳар бир звенонинг узатиш функцияси йиғиндисига тенг:

$$W(p) = W_1(p) + W_2(p) + \dots + W_n(p) = \sum_{i=1}^n W_i(p).$$

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 (9—16- расм):



9—16- расм. Манфий тескари алоқали элемент.

$$x_1(p) = x(p) - x_2(p); \quad y(p) = x_2(p) = y_1(p); \\ y_1(p) = W_1(p) \cdot x_1(p).$$

Бир оз ўзгартиришлардан сўнг:

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p)}.$$

Охирги 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.

Х 606. РОСТЛАНУВЧИ ОБЪЕКТЛАР

Х. 1-§. Ростланувчи объектларнинг хоссалари

Химия ва озиқ-овқат саноатининг технологик процесслари 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 процесси босқичларининг сони, процесс даврлари характеристикаларининг вақтдаги ўзгаришларидир.

Химиявий технологик процесслар билан боғлиқ бўлган корхоналарни бошқариш структурасининг дастлабки поғонаси химиявий ва озиқ-овқат саноати технологиясининг муайян аппарат шаклдаги типавий процесслари ва уларни локал бошқариш системасидан иборат. Процессларни бошқариш объекти сифатида уларнинг бирор типавий процессга оидлиги уларнинг физик-химиявий хусусиятларининг ўхшашлигидан аниқланади. Муайян аппарат шаклидаги ҳар бир типавий процесслар ва улар орасидаги ўзаро боғланишлар йиғиндиси ўз кириш ва чиқишига эга бўлган системачалар каби кўрилади. Процесснинг кириш ўзгарувчилари ғалаёнловчи ва бошқарувчи (контрол қилинадиган ва қилинмайдиган) таъсирларга ажратилади.

Ҳар бир технологик процесс ўзининг керакли йўналишда ўтишига тескари таъсир қилишга интилган, яъни ички ва ташқи кучлар таъсирига учрайди. Системанинг ишлаш пайтида процесснинг чиқиш

Ўзгарувчилари берилган шартларга мувофиқ бўлиши учун системага бошқарувчи (одатда, хом ашё таркиби ёки бошқа хусусиятларни ўзгартириш каби) таъсирлар кўрсатилади. Типавий процесслар узлуксиз ёки дискрет (узлукли) бўлиши мумкин. Хом ашё, энергия, катализаторлар берилиб, бошқарувчи таъсир кўрсатилиши мобайнида технологик процессда узлуксиз маҳсулот ишлаб чиқарилса, бу процесс *узлуксиз* дейилади. Нисбатан қисқа вақт, яъни минут, соат, кунлар оралиғида муайян миқдорда (кўпинча донали) маҳсулот ишлаб чиқариладиган процесс дискрет (узлукли) дейилади. Бунда хом ашё ва яримфабрикатлар регламентда кўрсатилган миқдорда аввалдан белгиланган кетма-кетликда киритилади.

Бошқаришнинг автоматлаштирилган системалари иккала процесслар учун ҳам қўлланилади, лекин сўнгги вақтларда узлуксиз технологик процессларни бошқариш борасида катта ютуқларга эришилмоқда.

Типавий процессларнинг бошқа классификацияси учун қайта ишлаб чиқариладиган хом 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 процессдаги (механикавий, гидромеханикавий, иссиқлик ва масса алмашувчи, диффузион, химиявий, микробиологик ва комбинациялашган) боғланишларга асосланган классификация муқаммал классификациялардан биридир. Типавий процесслар, кўпинча, детерминациялашган системалардан иборат бўлиб, уларнинг кириш ва чиқиш ўзгарувчилари аввалдан маълум ва бу ўзгарувчилар ўртасида муайян бир маъноли боғланиш мавжуд. Технологик процессларни типларга ажратиш уларнинг математик тавсифини ва аппаратурали шаклланишининг умумийлигини аниқлашдан иборат.

Химия ва озиқ-овқат саноатининг типавий процесслари қуйидагилардан иборат:

1) механикавий процесслар — силжитиш, ташиш, тарозида тортиш, грануллаш, дозалаш, майдалаш, аралаштириш, ковлаш, бойитиш;

2) гидродинамик процесслар — 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 процесслар — сиқилиш, кенгайиш, қизиш, совиш, гиперфилтрация, конденсациялаш, вентиляция;

4) модданинг агрегат ҳолати ўзгарадиган иссиқлик ва масса алмашинуви (диффузион) процесслар — газ аралашмаларининг бўлиниши, экстракция, буғлатиш, конденсация, ректификация, дистилляция, қуриштиш;

5) химиявий процесслар — оксидланиш, қайтарилиш, гидрооксидларнинг ҳосил бўлиши, нейтраллаш, дегидратация, ароматлаштириш, сульфидлаш, гидролиз, ҳайдаш, филтрлаш;

6) микробиологик процесслар — хом ашёни тайёрлаш ва сақлаш, ячитиш, стерилизация, фиксация, буғлатиш, ҳайдаш, дозалаш.

Автоматлаштириш схемасини ишлаб чиқишда технологик процесс белгиловчи фактордир. Автоматлаштириш бўйича типавий схемани ишлаб чиқиш ҳар бир хусусий ҳол учун автоматлаштиришнинг принцинал схемасини тузиш вазифасини анча енгиллаштиради. Технологик параметрлари оптимал бўлган, агрегатларнинг ста. ионар шароитларида юқори сифатли ишлэтини таъминлаш учун процесс ҳақида керакли маълумотларни етказиб бериб, бошқариш аниқлигини таъминлаш имконига эга бўлган бошқариладиган катталиклар ва уларни контрол қиладиган нуқталарни тўғри танлаш муҳим аҳамиятга эга.

Технологик процессларни тадқиқ қилишда саноат корхоналарини бошқаришнинг ташкилий принциплари билан боғлиқ бўлган системалар структурасини ўрганиш мақсадга мувофиқ. Бунда системалар бири-бирига бўйсунадиган системачаларга муттасил ажратилади. Химия ва озиқ-овқат саноатлари учун уч босқичли бошқариш структураси хосдир. Бўйсунуш тартибининг дастлабки босқичи типавий технологик процессларга асосланган. Маҳсулот ишлаб чиқаришда муайян технологик вазифани амалга оширувчи процесс ва аппаратлар йиғиндиси ўрта босқични ҳосил қилади. Умуман, саноат корхонаси — бўйсунуш тартибининг юқори босқичидир. Бу тартибнинг қуйи босқичи учун бошқаришнинг вазифаси технологик процессларни 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, бўйсунуш тартибининг биринчи босқичи автоматик ростлашнинг намунали процесс ва системаларига асосланган. Уларнинг вазифаси технологик режимларни локал стабиллаштиришдир. Бўйсунуш тартибининг иккинчи босқичини агрегат, технологик комплекс ва технологик процессларни 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 планлаштириш ва маҳсулотни амалга оширишларини оператив бошқариш системаси, яъни саноат корхонасини автоматик бошқариш системаси ташкил қилади.

Ростлаш процессига 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.

Х. 2-§. Ўз-ўзидан тўғриланиш хусусияти. Статик, астатик ва нотурғун объектлар

Объектнинг ғалаёнланиш пайдо бўлганидан сўнг одам ёки автомат ростлагич ёрдамсиз 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; Δg — ростланувчи объектдаги кўрилаётган вақт мобайнида модда ёки энергиянинг қўшилиши ва сарфининг нисбий айирмаси; $\Delta\alpha$ — ростланувчи объектнинг нисбий четга чиқиши; ρ — ўз-ўзидан тўғриланиш даражаси — ўлчовсиз миқдор.

Чизиқли объектлар учун $\rho = \text{const}$. Ўз-ўзидан тўғриланиш коэффициенти кириш сигналининг кўрилаётган ўтиш канали бўйича объектнинг кучайиш коэффициентиغا 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 ҳолати бўлмаган объектларда ростлаш процесси қийинлашади. Ўз-ўзидан тўғриланиш ростланувчи объектнинг киришида ҳам чиқишида ҳам мавжуд бўлиши мумкин. Ноллик қийматидан ташқари, у 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 физикавий системалар (масалан, системада ўтаётган процесс экзотермик реакция билан биргаликда кетиши мумкин) нотурғун бўлиши мумкин. Бу каби объектларни ростлаш қийинлашади, айрим ҳолларда эса уларни автоматлаштириш имкони умуман бўлмайди.

10—1-расмда статик, астатик, нотурғун объектлар ва идеал ўз-ўзидан тўғриланишли объектнинг тарқалиш эгри чизиқлари келтирилган. Шунинг ҳам айтиш керакки, ўз-ўзидан тўғриланишли объектлар

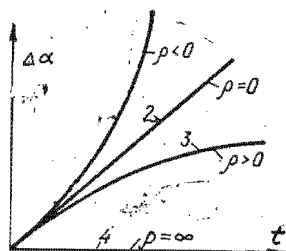
учун автомат ростлагичнинг ҳожати йўқ. Лекин, идеал ўз-ўзидан тўғриланиш қобилиятига эга бўлган асосий катталикли объектда технологик процессни ростлаш учун ростланувчи катталик сифатида ростлаш талабларига тўғри келадиган ёрдамчи катталикни танлаш керак. Масалан, бир компонентли суюқликнинг доимий босимда қайнаш процессини 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 доимийси керак бўлса), иссиқлик ташувчининг аппаратга узатиш температураси ва тезлиги ёки (ўзгарувчи юкли буғлатгичнинг ишини таъминлаш керак бўлса) иссиқлик ташувчининг узатиш тезлиги ва қайта ишланаётган суюқлик ўртасидаги муносабатлари танланади.

Турли объектлар учун ўз-ўзидан тўғриланиш процессининг 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 кўрсаткичнинг физикавий маъноси шундаки, у тарқалиш вақтига тескари қийматли катталикдир. *Тарқалиш вақти* деб, чиқиш катталигининг модда ёки энергиянинг кириши ва чиқиши ўртасидаги *максимал* нобалаъсик ҳолатидаги нолдан ўзининг номинал қийматига етгунча ўзгариш вақтига айтилади. Назарий жиҳатдан чексизликка тенг тарқалиш тезлиги кириш параметрининг ўзгариш вақтидаги чиқиш параметрининг ўзгариши бир онда содир бўлишини билдиради.

Х. 3-§. Бир сизимли ва кўп сизимли объектлар

Берилган вақтда объект ичидаги модда ёки энергиянинг миқдори *сизим* дейилади. Демак, сизим объектнинг ёки энергиянинг йиғиш қобилияти ва унинг инерционлигини ифодалайди. Сизим қанча катта бўлса, объектга кўрсатилган таъсир натижасида ростланувчи катталикнинг ўзгариши шунча паст бўлади. Сизимлари катта бўлган объектлар сизимлари кичик бўлган объектларга нисбатан турғунроқдир.

Ростланувчи катталикнинг қиймати ўзгариши билан объект сизими ўзгаради. Объект сизимининг ростланувчи катталикка кўрсат-



10—1-расм. Ростлаш объектларининг югуриш эгри чизиқлари:

1) нотурғун объект; 2) нейтрал объект; 3) турғун объект; 4) идеал, ўз-ўзидан тўғриланадиган объект; $\Delta\alpha$ —ростланувчи миқдорнинг нисбий четга чиқиши

ган таъсирини баҳолаш учун *сиғим коэффициенти* тушунчаси йшлатилади. Сиғим коэффициенти ростланувчи катталикини бир ўлчов бирлигига ўзгартириш учун объектга қанча модда ёки энергия киритиш ёки ундан узоқлаштириш кераклигини кўрсатади. Умуман, ростлаш процесси модда ёки энергияни объектга 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 параметри* деб атаймиз. Унинг қиймати модда ёки энергиянинг яқинлашиш Q_y ва узоқлашиш Q_y қийматларининг айирмасига тенг:

$$\Delta Q = Q_y - Q_y.$$

Ростланувчи объектнинг ички режими сифатини таърифловчи параметр, одатда, ростланувчи катталик ϕ дан иборат. Объектнинг мувозанат ҳолатида $Q_y = Q_y$ бўлиб, ϕ сифат параметри вақт мобайнида ўзгармас қолади. Агар мувозанат бузилса ($Q_y \neq Q_y$), ϕ параметр, ростланувчи объект хусусиятларига мувофиқ, вақт бўйича ўзгаради.

Объектнинг сиғими объектнинг мувозанатда бўлмаган ҳолатидаги ($Q_y \neq Q_y$) ростланувчи катталигининг вақт бўйича ўзгариш тезлигини таърифлайди. Бу боғланишнинг умумий кўриниши қуйидаги функция орқали ифодаланади:

$$\frac{d\phi}{dt} = f(\Delta Q).$$

Қисқа вақт оралиқлари учун амалда бу функцияни чизиқли деб ҳисоблаш мумкин:

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{\Delta Q}{c},$$

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:

$$C = \phi c.$$

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 ўлчов 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 қаршилиқдан иборат. Бундай объектларда моддий ёки энергетик баланснинг бузилиши бир вақтда ростланувчи объектнинг ҳар бир нуқтасидаги ростланувчи катталиқнинг бирламчи ўзгаришига олиб келади. Кўп сиғимли объектларда ўтиш қаршилиқлари 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 катталиқнинг 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 катталиқка 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 трубопроводлардир).

X. 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 чиқариши) ўзгариши ростланувчи катталиқнинг 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 катталиқ ўзгаришининг тезлигини оширади. Юкнинг ўзгариш частотаси ҳақида ҳам худди шунини 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 амални секинлик билан бажариш керак, бунда ростлаш системаси объектни

янги иш режимига равон, кескин тебранишларсиз ўтказди. Юкнинг катта ўзгаришларида автомат ростлагичларни қайтадан ростлаш эҳтиёжи пайдо бўлиши мумкин. Бу ҳол юкнинг ўзгариши ростланувчи объектнинг статик ва динамик характеристикаларини ўзгаришига олиб келиши билан боғлиқ. Масалан, юк камайиши билан соф кечикиш кўпаяди, ўз-ўзидан тўғриланиш, сигим коэффициентлари ва бошқарилувчи объектнинг вақт доимийси камаяди. Шунинг учун объектнинг ҳар хил юкларига автомат ростлагичларнинг турлича оптимал ростланишлари тўғри келади.

Х. 5- §. Объектлардаги кечикиш

Агар ростланувчи объектга ғалаёнловчи ёки бошқарувчи таъсир кўрсатилса, объект чиқишидаги ростланувчи катталиқ шу заҳоти эмас, балки бирмунча вақт ўтгандан сўнг ўзгаради, яъни объектда процесснинг кечикиши ҳосил бўлади. Модда (энергия) нинг яқинлашиш ёки сарф ўзгариши бўйича оний (поғонали) ғалаёнланиши объект учун энг ёмон ҳолдир. Шунинг учун ростлаш системалари поғонали ғалаёнланиш учун мос ҳисобланади.

Объектдаги кечикиш қаршилиқлар мавжудлиги ва системанинг инерционлиги билан изоҳланади. Соф (ёки транспорт) ва оралиқ (сигимли) кечикишлар мавжуд.

Ғалаёнловчи ёки бошқарувчи таъсир кўрсатилган моментдан бошлаб ростланувчи катталиқ объект чиқишида ўзгара бошлаган моментгача ўтган вақт *соф кечикиш* дейилади. Бу вақт модда ёки энергия оқимининг ҳаракат тезлиги ва ғалаёнловчи таъсир кўрсатилган нуқта билан ростланувчи катталиқнинг 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 кечикишга олиб келади.

$$\varphi = 2\pi \frac{t_m}{T} = \omega t_m.$$

Агар объектдаги модда ёки энергия ҳаракатининг тезлигини чексиз катталиқкача 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 қаршилиқлари билан ажратилган бир ёки бир неча ўзаро боғланган сигимларнинг мавжудлиги билан изоҳланади. Бу қаршилиқлар объектда модда ёки энергия ҳаракатига тўсқинлик қилиб, тарқалиш эгри чизигининг трансформациясига сабаб бўлади. Оралиқ кечикишни объектнинг тарқалиш эгри чизигида график равишда ростланувчи катталиқнинг ўзгариши бошланган моментдан тарқалиш эгри чизигига ўтказилган уринманинг абсцисса ўқи билан кесишган нуқта-

сигача ўтган вақт даври билан аниқлаш мумкин. Оралиқ кечикиш ўтиш процессининг айниқса дастлабки даврида объект тарқалиш эгри чизигининг трансформациясига олиб келади. Оралиқ кечикишнинг қиймати қанча катта бўлса, ғалаёнловчи таъсир натижасида ростланувчи катталиқнинг ўзгариши шунча паст бўлади. Шундай қилиб, кичик ўзгаришли ўтиш процессларида оралиқ кечикиш автоматик ростлаш вазифаларини енгиллаштиради.

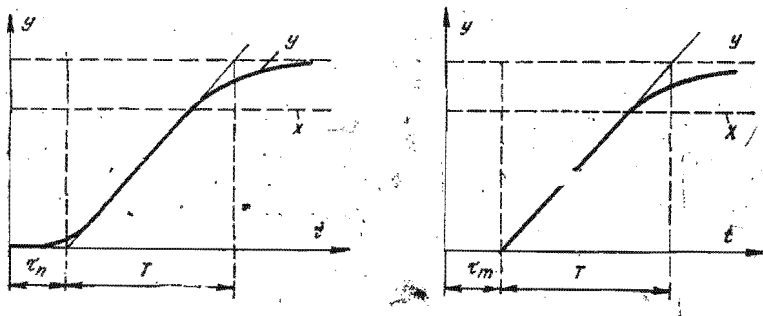
Оралиқ кечикиш объектдаги сизимлар сони ва оралиқ қаршилиқлар миқдори билан аниқланади. Оралиқ қаршилиқларнинг вақт бўйича ўзгариши оралиқ кечикиш миқдорининг ортисига олиб келади. Ростланувчи объектнинг *тўлиқ кечикиш вақти* τ соф кечикиш вақти τ_m билан оралиқ кечикиш вақти τ_n нинг йиғиндисидан иборат:

$$\tau = \tau_m + \tau_n.$$

Кечикиш ростлаш процессининг 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 борида камайтириш мақсадга мувофиқдир.

Х. 6-§. Кўп сизимли объектни кечикишга эга бўлган биринчи тартибли звено орқали аппроксимация қилиш

Кўп сизимли объектларнинг экспериментал аниқланган вақт характеристикалари юқори тартибли дифференциал тенгламалар орқали аппроксимация қилинади. Бу автоматик ростлаш системасининг синтезини қийинлаштиради. Шунинг учун масалани енгиллаштириш мақсадида, кўп сизимли объектнинг динамик хусусиятлари содалаштирилган 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.



10—2-расм. Кўп сизимли объектнинг вақтли характеристикасини кечикишга эга бўлган биринчи тартибли звено билан аппроксимациялаш.

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 инженерлик тажрибасида кенг қўлланилиб, амалий натижалар беради. 10—2-расмда келтирилган, аппроксимацияланган вақт характеристикаси реал характеристикага мувофиқдир. Баъзан, аниқликни ошириш мақсадида кўп сиғимли объектлар кечикишга эга бўлган икки сиғимли звенолар сифатида кўрилади.

Х. 7-§. Ростланувчи объектларнинг экспериментал ўтиш характеристикалари орқали узатиш функцияларини аниқлаш

Ҳозирги вақтда 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 $e^{-\rho \tau_m}$ кўпайтувчининг киритилиши билан тикланади, бу ерда τ_m — соф кечикиш вақти.

Юзалар методи учинчи, тўртинчи тартибдан юқори бўлмаган дифференциал тенгламалар орқали тасвирланадиган монотон ўтиш процессларни қайта ишлаш учун қулайдир. Турли киришли A_α ғалаёнланишларида экспериментал усулда аниқланган $h_\alpha(t)$ эгри чизиқларнинг ($\alpha = 1, \dots, n$) ўртачасини топиш керак:

$$\bar{h}_\alpha(t) = \frac{1}{n} \sum_{\alpha=1}^n \frac{h_\alpha(t)}{A_\alpha}.$$

Кейин ўтиш функциясининг ўртача қийматидан юқорида айтилгандек τ_m соф кечикиш вақтини олиб ташланади. Бу вақт $\bar{h}_\alpha(t) = 0$ 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 айланатирилади. 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.

$$\omega(t) = h(t) - h(t-T); \quad h(t-T) = 0 \quad \text{агар } 0 < t < T \text{ бўлса.}$$

Демак:

$$h(t) = \omega t; \quad h(t) = h(t) + \omega(t);$$

$$0 < t < T \quad 0 < t < T \quad T < t < 2T \quad 0 < t < T \quad T < t < 2T$$

$$h(t) = h(t) + \omega(t) \quad \text{ва ҳоказо.} \\ 2t < t < 3T \quad T < t < 2T \quad 2T < t < 3T$$

Қўпинча, экспериментал ўтиш функцияларни тўғрилаб туриш керак, чунки улар турли ҳалақитлар натижасида нотўғри қийматга эга бўлишлари мумкин. Одатда тўғрилаш амали $z \Delta t$ интервалда ўртача сирпанувчи метод бўйича бажарилади. Тўғриланган функциянинг қиймати қуйидаги формуладан аниқланади:

$$y\left(i + \frac{z}{2}\right) = \frac{1}{z+1} \sum_{j=0}^z y(i+j); \quad i = 0, 1, 2, \dots, n-z.$$

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 чизигининг тенгламасини икки экспонента йиғиндиси каби келтиришга асосланган:

$$x_{\text{чнк}}(t) = \sum_{i=0}^n c_i e^{-k_i t};$$

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 ҳадлари $c_1 \cdot e^{-k_1 t}$ га нисбатан жуда кичик бўлади; бу ерда k_1 абсолют катталиқ бўйича энг кичик ҳақиқий қисмли илдиз.

$$t \rightarrow \infty \text{ да } x_{\text{чнк}}(\infty) = C_0,$$

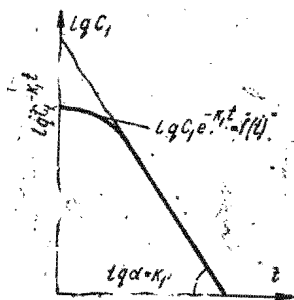
Фараз қилайлик:

$$x_{\text{чнк}}(t) = c_0 - c_1 \cdot e^{-k_1 t}. \quad (10-1)$$

(10—1) ни логарифмласак:

$$\lg [c_0 - x_{\text{чнк}}(t)] = -k_1 t \lg e + \lg c_1 = a_1 t + b_1. \\ f(t) = \lg [c_1 e^{-k_1 t}]$$

графикни логарифмик масштабда тузамиз ва олинган эгри чизиққа асимптота ўтказамиз (10—3-расм), унинг оғиши $a_1 = -k_1 \lg e$ ни



беради, унда $k_1 = \frac{\omega_1}{\lg e}$ ордината билан $b_1 =$

$\lg c_1$ нуқтада кесишади, демак, $c_1 = 10^{a_1}$.

Агар олинган асимптота эгри чизиққа мос келмаса, бу ҳол изланаётган тенгламанинг тартиби бирдан катталигидан ($n > 1$) дарак беради. У ҳолда

$$x_{\text{чик}}(t) = c_0 - c_1 \cdot e^{-k_1 t} + c_2 \cdot e^{-k_2 t}. \quad (10-2)$$

(10-2) ифодани логарифмласак:

$$\lg \{c_1 e^{-k_1 t} - [c_0 - x_{\text{чик}}(t)]\} = \lg c_2 - k_2 t \lg e = a_2 t + b_2.$$

10-3-расм. $\lg c_1 \cdot e^{-k_1 t} = f(t)$ Юқоридаги операцияларга ўхшаш амалларни функциясининг графиги: бажариб, номуалум c_2 ва k_2 лар аниқланади. Логарифмлаш аппроксимациянинг керакли аниқлигига эришилгунча давом этади. Ростланувчи объектнинг узатиш функцияси ростлаш канали бўйича қуйидагича аниқланади:

$$W_{\text{об}}(p) = \frac{x_{\text{чик}}(p)}{x_{\text{кир}}(p)} e^{-p\tau};$$

бу ерда $x_{\text{чик}}(p)$ ва $x_{\text{кир}}(p)$ — боғланишларнинг Лаплас бўйича тасвирланиши.

Юзалар методи. М. П. Симою томонидан таклиф этилган метод тарқалиш эгри чизигидан узатиш функциясини аниқ белгилаш имконини беради.

Тадқиқ қилинаётган объект доимий коэффициентли чизиқли дифференциал тенглама орқали тасвирланади.

$$a_n \frac{d^n x_{\text{чик}}}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} x_{\text{чик}}}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dx_{\text{чик}}}{dt} + x_{\text{чик}} = \left(b_m \frac{d^m x_{\text{кир}}}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} x_{\text{кир}}}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{dx_{\text{кир}}}{dt} + x_{\text{кир}} \right) \cdot K;$$

бунда $(a_n, a_{n-1}, \dots, a_1)$; $(b_m, b_{m-1}, \dots, b_1)$ — доимий коэффициентлар;

m ва n — мусбат сонлар (одатда $m \leq n$). $x_{\text{чик}}$ — чиқиш катталигининг ўлчовсиз бирликларда четга чиқиши;

$$x_{\text{чик}} = \frac{\Delta x_{\text{чик}}}{\Delta x_{\text{чик}}(\infty)};$$

$x_{\text{кир}}$ — кириш катталигининг ўлчовсиз бирликларда четга чиқиши:

$$x_{\text{кир}} = \frac{\Delta x_{\text{кир}}}{\Delta x_{\text{кир}}(\infty)};$$

K — ростланувчи объектнинг кучайиш коэффициенти.

Агар Лаплас алмаштириши орқали узатиш функциясига ўтсак:

$$W_{\text{об}}(p) = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 p + 1}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + 1} \cdot K.$$

$a_1, a_2, \dots, a_n; b_1, b_2, \dots, b_m$ — доимий коэффициентларнинг сон қийматини аниқлаш учун қуйидаги тенгламалар системасидан фойдаланамиз:

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= F_1 + b_1; \\ a_2 &= F_2 + b_2 + b_1 F_1; \\ a_3 &= F_3 + b_3 + b_2 F_1 + b_1 F_2; \\ &\dots \dots \dots \\ a_i &= F_i + b_i + \sum_{j=1}^{i-1} b_j F_{i-j}; \end{aligned} \right\} \quad (10-4)$$

бунда $i = 1, 2, \dots, n + m$.

Шуни ҳам айтиш керакки, $i > n$ бўлганда $a_i = 0$ бўлади; агар $i > m$ бўлса, $b_i = 0$.

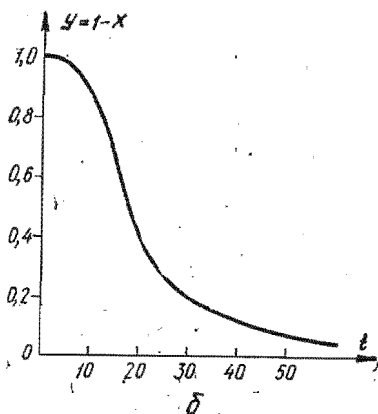
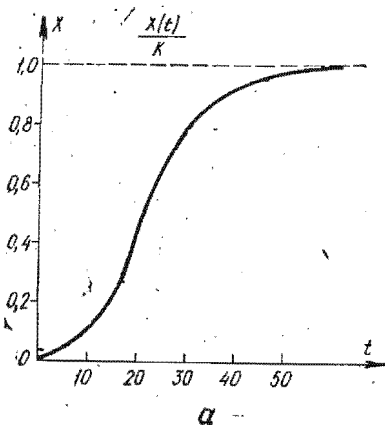
$F_1, F_2, \dots, F_i$ — коэффициентлар тарқалиш эгри чизиги графигдан аниқланувчи (10—4-расм) интеграл юзалардир. Уларнинг қийматлари қуйидаги формулалар ёрдамида топилади:

$$F_1 = \int_0^{\infty} (1 - x_{\text{чик}}) \cdot dt; \quad F_2 = F_1^2 \cdot \int_0^{\infty} (1 - x_{\text{чик}}) \cdot (1 - \theta) dt;$$

$$F_3 = F_1^3 \int_0^{\infty} (1 - x_{\text{чик}}) \cdot \left(1 - 2\theta + \frac{\theta^2}{2!} \right) \cdot dt;$$

$$F_i = F_1^i \cdot \int_0^{\infty} (1 - x_{\text{чик}}) \cdot \left[\frac{(-\theta)^{i-1}}{(i-1)!} + \frac{(-\theta)^{i-2}}{(i-2)!} + \sum_{j=0}^{i-3} \frac{F_{i-j-1} \cdot (-\theta)^j}{F_1^{i-j-1} \cdot j!} \right] d\theta;$$

бунда $\theta = \frac{t}{F_1}$.



10—4- расм. Дифференциал тенгламанинг коэффициентларини аниқлаш учун (а) ўтиш процесси ва (б) $[K-x(t)]$ функция.

Агар текширилаётган объект ўз-ўзидан тўғриланиш қобилиятига эга бўлиб соф кечикиш бўлмаса, юзалар методи қуйидаги кетма-кетликда бажарилиши керак бўлган операцияларни назарда тутати:

1. Тарқалиш эгри чизиги абсциссалар ўқи бир-бирига тенг, қисқа Δt вақт оралиғида бўлинади, ҳар бир Δt вақт оралиғининг ўтиш функцияси тўғри чизиқдан кўп фарқ қилмаслиги лозим.

10- 1- жадвал

t	$x_{\text{чик}}(t)$	$1 - x_{\text{чик}}(t)$	$\theta = \frac{t}{F_1}$
0	$x_{\text{чик}}(0)$	$1 - x_{\text{чик}}(0)$	0
Δt	$x_{\text{чик}}(\Delta t)$	$1 - x_{\text{чик}}(\Delta t)$	$\Delta t/F_1$
$2\Delta t$	$x_{\text{чик}}(2\Delta t)$	$1 - x_{\text{чик}}(2\Delta t)$	$2\Delta t/F_1$
...	...	...	...
$n\Delta t$	$x_{\text{чик}}(n\Delta t)$	$1 - x_{\text{чик}}(n\Delta t)$	$n\Delta t/F_1$

2. $\Delta x_{\text{чик}}$ қийматни ҳар бир $\Delta t, 2\Delta t, \dots, n\Delta t$ оралиқнинг охирида $\Delta x_{\text{чик}}(\infty)$ га бўлиб, олинган натижалар 10—1- жадвалнинг иккинчи устунига ёзилади.

3. $[1 - x_{\text{чик}}(t)]$ ни ҳисоблаб чиқиб, натижалар учинчи устунга киритилади.

4. F_1 юзаларни ҳисоблаш учун трапециялар формуласидан фойдаланилади:

$$\int_0^{(k+1)\Delta t} f(t) dt \approx \int_0^{k\Delta t} f(t) dt + \frac{1}{2} \Delta t (A_k + A_{k+1});$$

бу ерда $\Delta t - f(t)$ эгри чизиқни аппроксимация қилаётган синиқ чизиқнинг қадами;

A_k ва $A_{k+1} - f(t)$ эгри чизиқнинг ординаталари 10—1- жадвалдаги учинчи устун маълумотларидан фойдаланиб, F_1 юза қуйидаги формуладан аниқланади:

$$F_1 = \Delta t \left\{ \sum_{i=0}^n [1 - x_{\text{чик}}(i\Delta t)] - 0.5 [1 - x_{\text{чик}}(0)] \right\}.$$

5. Вақтнинг θ янги масштаби ҳисобланиб, натижалар 10—1-жадвалнинг охириги устунига киритилади. Кейин 10—3-жадвалда келтирилган интегралдаги функциялар маълумотларидан фойдаланиб 10—2-жадвалнинг учинчи ва бешинчи устунлари тўлдирилади.

10—2-жадвал

θ	$1-x_{\text{чик}}$	$1-\theta$	$\frac{(1-x_{\text{чик}}) \cdot \theta^2}{(1-\theta)}$	$1-2\theta + \frac{\theta^2}{2!}$	$\frac{(1-x_{\text{чик}}) \cdot \theta^3}{(1-2\theta + \frac{\theta^2}{2!})}$	$\left(\frac{F_3^3}{F_1^3} - \frac{F_2^2}{F_1^2} \right) \theta + \frac{\theta^3}{2!} - \frac{\theta^3}{3!}$
1	2	3	4	5	6	7
0	$1-x_{\text{чик}}(0)$	1	$1-x_{\text{чик}}(0)$	1	$1-x_{\text{чик}}(0)$	
$\Delta\theta = \frac{\Delta t}{F_1}$						
$2\Delta\theta$						
...	...	...	...	...	...	...
$n\Delta\theta$						

10—3-жадвал

θ	$1-\theta$	$1-2\theta + \frac{\theta^2}{2!}$	$\frac{\theta^2}{2!}$	$\frac{\theta^3}{3!}$
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

θ	$1 - \theta$	$1 - 2\theta + \frac{\theta^2}{2!}$	$\frac{\theta^3}{3!}$	$\frac{\theta^4}{4!}$
1	2	3	4	5
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

6. F_2 юза қуйидаги формуладан аниқланади:

$$F_2 \approx F_1^2 \Delta\theta \left\{ \sum_{i=0}^n [1 - x_{\text{чик}}(i \cdot \Delta\theta)] \cdot (1 - i\Delta\theta) - 0,5 [1 - x_{\text{чик}}(\theta)] \right\}.$$

7. F_3 юза қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$F_3 \approx F_1^3 \Delta\theta \left\{ \sum_{i=0}^n [1 - x_{\text{чик}}(i \Delta\theta)] \left[1 - 2i \Delta\theta + \frac{(i \Delta\theta)^2}{2!} \right] - 0,5 [1 - x_{\text{чик}}(\theta)] \right\}.$$

Амалда F_1 , F_2 , F_3 коэффициентларни топишнинг ўзи кифоя, чунки тажриба F_4 ва ҳоказо юзаларни аниқлашга имкон бермайди.

8. Тарқалиш эгри чизигининг дастлабки тармоғи ўрганилиб, изланаётган узатиш функцияси аниқланади.

Агар вақтнинг t моментида ўтиш функциясининг ҳосиласи нолга тенг бўлса, узатиш функциясининг сурати махражидан 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 коэффиценти (10—4) тенгламалар системаси орқали аниқланади. Агар (10—3) тенгламанинг ўнг тарафидаги барча коэффицентлар нолга тенг бўлса, ростланувчи объектнинг узатиш функцияси қуйидагича бўлади.

$$W_{\text{ос}}(p) = \frac{K}{a_n \cdot p^n + a_{n-1} \cdot p^{n-1} + \dots + a_1 \cdot p + 1};$$

бунда $a_1 = F_1$; $a_2 = F_2$; $a_3 = F_3$; ... ; $a_l = F_l$ — доимий коэффицентлар.

$x_{\text{чик}}(t)$ эгри чизик ўлчовсиз шаклга келтирилганини назарда тутиб, ўтиш функциясининг эгри чизиги ординаталари объектнинг кучайиш (узатиш) коэффиценти K га бўлинади. Шунинг учун кўрилатган хусусий ҳол учун доимий коэффицентларни аниқлаш мақсадида қуйидаги формулаларни ёзиш мумкин:

$$a_1 = \int_0^{\infty} [1 - x_{\text{чик}}(t)] d\theta;$$

$$a_2 = a_1^2 \int_0^{\infty} [1 - x_{\text{чик}}(t)] (1 - \theta) d\theta;$$

$$a_3 = a_1^3 \int_0^{\infty} [1 - x_{\text{чик}}(t)] \left[1 - 2\theta + \frac{\theta^2}{2!} \right] d\theta;$$

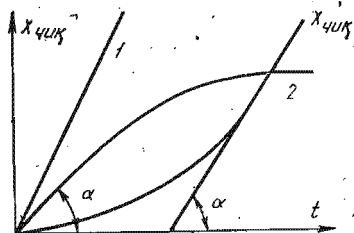
.....

$$a_n = a_1^n \int_0^{\infty} [1 - x_{\text{чик}}(t)] \left[\frac{(-\theta)^{n-1}}{(n-1)!} + \frac{(-\theta)^{n-2}}{(n-2)!} + \sum_{m=0}^{n-3} \frac{a_{n-m}}{a_n^{n-m-1}} \cdot \frac{(-\theta)^m}{m!} \right] d\theta;$$

бунда $\theta = \frac{t}{a_1}$.

Объектнинг тарқалиш функциясини унинг тарқалиш эгри чизиги 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:

$$W_{\text{ос}}(p) = \frac{b_1 \cdot p + 1}{a_2 \cdot p^2 + a_1 \cdot p + 1} \quad (10-5)$$



10—5- расм. Чизикли—нейтрал система дифференциал тенгламасини унинг $X_{чик}(t)$ югуриш эгри чизиги бўйича коэффициентларини аниқлаш:

1 ва 2—бошланғич югуриш эгри чизиги белгиланадиган ёрдамчи эгри чизиклар.

нинг тангенс $tg \alpha$ топилади. Изланаётган узатиш функцияси объектнинг бошланғич экспериментал функцияси ўрнига қурилган ёрдамчи эгри чизиклар 1 ва 2 га мос келувчи икки узатиш функциялар айирмаси каби кўрилади:

$$W_{о6}(p) = W_1(p) - W_2(p)$$

2- ёрдамчи эгри чизик $\Delta x_{чик}(t) = \Delta x_{чик1}(t) - \Delta x_{чик}(t) = kt - x_{чик}(t)$ функциясига мос келади, бу ерда $K = tg \alpha$.

1-ёрдамчи эгри чизикка тўғри келадиган ўлчовсиз узатиш функцияси қуйидаги формуладан аниқланади:

$$W_1(p) = \frac{tg \alpha}{\Delta x_{чик2}(\infty)} \cdot \frac{1}{p}.$$

$W_2(p)$ узатиш функциясининг коэффициентлари юқорида келтирилган статик объектларнинг тарқалиш эгри чизиклари бўйича узатиш функциясини аниқлаш методикаси орқали топилади. 2-эгри чизик учун ўлчовсизлантириш операцияси қуйидагича бажарилади:

$$x_{чик2} = \frac{\Delta x_{чик2}}{\Delta x_{чик2}(\infty)}.$$

Агар чизикли нейтрал объект транспорт кечикишга эга бўлса, унинг узатиш функцияси қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$W_{о6}(p) = [W_1(p) - W_2(p)] \cdot e^{-p\tau}.$$

Х. 8- §. Ростланувчи объектнинг динамик характеристикаларини статистик методлар орқали аниқлаш

Ростланувчи объект динамик характеристикаларини нормал эксплуатация процессида объектнинг кириш ва чиқиш статистик характеристикалари бўйича аниқлашни икки босқичга бўлиш мумкин:

1) тасодифий кириш ва чиқиш процессларининг статистик характеристикаларини аниқлаш;

(10—5) узатиш функциясининг доимий коэффициентлари қуйидаги тенгламалар системасидан аниқланади:

$$a_1 = F_1 + b_1;$$

$$a_2 = F_2 + b_1 \cdot F_1;$$

$$0 = F_3 + b_1 \cdot F_2.$$

Ростланувчи объекта транспорт кечикиш мавжуд бўлса, соф кечикиш аввалдан белгиланади.

Астатик ростланувчи объектнинг узатиш функциясини аниқлаш керак бўлса (10—5-расм), $t \rightarrow \infty$ даги ростланувчи объектнинг чиқиш катталиги интилган асимптота оғиш бурчагининг тангенс $tg \alpha$ топилади.

Изланаётган узатиш функцияси объектнинг бошланғич экспериментал функцияси ўрнига қурилган ёрдамчи эгри чизиклар 1 ва 2 га мос келувчи икки узатиш функциялар айирмаси каби кўрилади:

$$W_{о6}(p) = W_1(p) - W_2(p)$$

2- ёрдамчи эгри чизик $\Delta x_{чик}(t) = \Delta x_{чик1}(t) - \Delta x_{чик}(t) = kt - x_{чик}(t)$ функциясига мос келади, бу ерда $K = tg \alpha$.

1-ёрдамчи эгри чизикка тўғри келадиган ўлчовсиз узатиш функцияси қуйидаги формуладан аниқланади:

$$W_1(p) = \frac{tg \alpha}{\Delta x_{чик2}(\infty)} \cdot \frac{1}{p}.$$

$W_2(p)$ узатиш функциясининг коэффициентлари юқорида келтирилган статик объектларнинг тарқалиш эгри чизиклари бўйича узатиш функциясини аниқлаш методикаси орқали топилади. 2-эгри чизик учун ўлчовсизлантириш операцияси қуйидагича бажарилади:

$$x_{чик2} = \frac{\Delta x_{чик2}}{\Delta x_{чик2}(\infty)}.$$

Агар чизикли нейтрал объект транспорт кечикишга эга бўлса, унинг узатиш функцияси қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$W_{о6}(p) = [W_1(p) - W_2(p)] \cdot e^{-p\tau}.$$

Х. 8- §. Ростланувчи объектнинг динамик характеристикаларини статистик методлар орқали аниқлаш

Ростланувчи объект динамик характеристикаларини нормал эксплуатация процессида объектнинг кириш ва чиқиш статистик характеристикалари бўйича аниқлашни икки босқичга бўлиш мумкин:

1) тасодифий кириш ва чиқиш процессларининг 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:

$$R_{xx}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t) \cdot x(t + \tau) dt. \quad (10-6)$$

Маълум бир τ моментдаги корреляцион функциянинг катталиги берилган вақтдаги тасодикий процесс қийматининг τ вақтга кечиккан қиймати билан қанчалик боғлиқ эканлигини билдиради. (10-6) ифодадан корреляцион функциянинг қуйидаги хусусиятларини аниқлаш мумкин:

1. $R_{xx}(t)$ — жуфт функция.
2. $R_{xx}(0) = (\sigma)^2$, яъни x нинг дисперсиясига тенг.
3. $|R_{xx}(t)| \leq R_{xx}(0)$, агар $|\tau| > 0$ бўлса.
4. $\tau \rightarrow 0$ бўлганда, $R_{xx}(\tau) \rightarrow 0$.

Икки тасодикий $x(t)$ ва $y(t)$ процесслар ўртасидаги боғланиш ўрганилса, бу боғланишнинг характеристикаси ўзаро корреляцион функциядан иборат эканлигини кўрамиз:

$$R_{xy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t) \cdot y(t + \tau) dt.$$

$R_{xy}(\tau)$ корреляцион функциянинг асосий хусусиятлари:

1. $R_{xy}(\tau)$ — тоқ функция.
2. $R_{xy}(\tau) \rightarrow 0$, агар $|\tau| \rightarrow \infty$ бўлса.

Объектнинг динамик хусусиятларини тасодикий процессларнинг 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.

$S_{xx}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xx}(\tau) e^{j\omega \tau} d\tau$ — спектрал зичлик;

$$S_{xy}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(\tau) e^{j\omega\tau} d\tau - \text{ўзaro спектрал зичлик.}$$

Эргодик, стационар тасодифий процессларнинг корреляцион ва ўзaro корреляцион функциялари қуйидаги формулалардан ҳисобланади:

$$R_{xx}(m) = \frac{1}{N-m+1} \cdot \sum_{n=1}^{N-m} \dot{x}(n) \cdot \dot{x}(n+m);$$

$$R_{xy}(m) = \frac{1}{N-m+1} \cdot \sum_{n=1}^{N-m} \dot{x}(n) \cdot \dot{y}(n+m);$$

бунда N — амалга оширишнинг дискрет ординаталар сони;

m — корреляцион функциянинг дискрет аргументи;

$\dot{x}, \dot{y}$ — марказлаштирилган тасодифий катталиклар.

Спектрал зичликни аниқлашнинг бир неча усули мавжуд. Биз Фурьеннинг сонли алмаштиришини кўриб ўтамиз. Сонли алмаштириш формулалари учун қуйидаги бошланғич ифодалар хизмат қилади:

$$S_{xx}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xx}(\tau) \cdot \cos \omega \tau d\tau;$$

$$S_{xy}(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(\tau) \cdot e^{j\omega\tau} \cdot d\tau = R_{xy}(\omega) + j \operatorname{Im} x y(\omega).$$

Бу ерда

$$R_{xy}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(\tau) \cos \omega \tau d\tau;$$

$$\operatorname{Im} x y(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(\tau) \sin \omega \tau d\tau.$$

Сонли интеграллашдаги чегаралар сўниш вақтига тақрибан тенг қилиб олинади. Интегралларни ҳисоблашда квадрат формула сифатида трапециялар формуласи ишлатилади. Ҳисоблашлар $\omega = 0$ дан $\omega = \omega_{\text{тр}}$ гача бажарилади, бунда $\omega_{\text{тр}} = \frac{\pi}{\Delta t}$ кўчириш частотаси; Δt — дискретлик символи.

Спектрал характеристикаларнинг ординаталари $\Delta\omega$ аргументнинг дискрет эквидистант қийматлари учун ҳисобланади. Қўшни қийматлар орасидаги масофа $0,1 \omega_{\text{тр}}$ га тенг қилиб танланади.

Х. 9- §. Ростланувчи объектлардаги оқимларнинг гидродинамик структура модели

Суюқлик ва газлар ҳаракати содир бўладиган технологик процесслар математик моделининг структураси аввал гидродинамик па-

раметрларга боғлиқ бўлиб, улар кўрилатган 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 процесси қабул қилинади. Математик тавсифининг кўриниши қуйидагича:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = -w \frac{\partial C}{\partial l},$$

бу ерда C — концентрация; τ — вақт; w — оқимнинг чизиқли тезлиги, l — координата.

Идеал аралаштириш модели. Бу моделга кўра, концентрация аппаратнинг умумий ҳажми бўйича равон тақсимланади. Моделнинг математик тавсифи:

$$\frac{dC}{d\tau} = \frac{V_c}{V} (C_{\text{кир}} - C_{\text{чик}});$$

бу ерда $C_{\text{чик}}$ — объектнинг чиқишидаги концентрация;

$C_{\text{кир}}$ — 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:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = -w \frac{\partial C}{\partial l} + D_l \frac{\partial^2 C}{\partial l^2};$$

бу ерда D_l — тескари аралаштириш коэффициенти.

Бир параметрлик диффузион моделнинг тенгламасида қуйидагилар қўйишлар киритилган: концентрациянинг ўзгариши; l — координатанинг узлуксиз функцияси; бу кесимдаги концентрация доимий; 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.

$$\frac{1}{m} \frac{\partial C}{\partial \tau} = \tau_n (C_{i-1} - C_i);$$

$$\text{бу ерда } i = 1, 2, \dots, m; t_n = \frac{V_c}{V_i};$$

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 моментларнинг 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 τ вақтдан кам бўлган вақт давомидаги чиқаётган оқимнинг индикатор ҳиссасини таърифлайди. $C(\tau) d\tau$ катталиқ 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 таърифлайди:

$$M_3 = \frac{\int_0^{\infty} \tau^3 C(\tau) d\tau}{\int_0^{\infty} C(\tau) d\tau}.$$

Умумий ҳолда m тартибли момент:

$$M_m = \frac{\int_0^{\infty} \tau^m C(\tau) d\tau}{\int_0^{\infty} C(\tau) d\tau} d\tau.$$

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:

$$C(\tau) = \frac{V_c}{V} \cdot e^{-\frac{V_c}{V} \tau} \cdot d\tau \quad (10-7)$$

M_0 ни аниқлаш учун (10-7) ифодани интеграллаш лозим:

$$M_0 = \int_0^{\infty} \frac{V_c}{V} \cdot e^{-\frac{V_c}{V} \tau} d\tau;$$

$\frac{V_c}{V} \tau = \theta$ 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 (10-7) тенгликни τ га кўпайтирамиз ва 0 дан ∞ гача интеграллаймиз.

$$M_1 = -\frac{V}{V_c} \int_0^{\infty} \theta d(-e^{-\theta}).$$

Охирги интегрални бўлакларга бўламиз:

$$M_1 = -\frac{V}{V_c} \cdot \int_0^{\infty} \theta d(e^{-\theta}) = -\frac{V}{V_c} [\theta e^{-\theta}] \Big|_0^{\infty} - \int_0^{\infty} e^{-\theta} d\theta = - \\ -\frac{V}{V_c} [0 - 0 - 1] = \frac{V}{V_c}.$$

Тақсимлаш моментларини C эгри чизиқни интеграллаш йўли билан аниқлаш ҳар доим қулай ва мумкин бўлавермайди. Шунинг учун бу моментлар узатиш функциялари орқали аниқланади. Объектнинг узатиш функцияси Лаплас алмаштириши бўйича вазн функциясининг тасвиридир:

$$W(p) = \int_0^{\infty} e^{-p\tau} C(\tau) d\tau. \quad (10-8)$$

(10—8) ни p бўйича дифференциаллаймиз:

$$\frac{\partial W(p)}{\partial p} = \int_0^{\infty} (-\tau) e^{-p\tau} C(\tau) d\tau = - \int_0^{\infty} \tau e^{-p\tau} C(\tau) d\tau.$$

Агар $P=0$ бўлса:

$$\left[\frac{\partial W(p)}{\partial p} \right]_{p=0} = - \int_0^{\infty} \tau C(\tau) d\tau = -M_1. \quad (10-9)$$

(10—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

$$M_s = (-1)^s \frac{\partial^s W(p)}{\partial p^s}.$$

XI боб. РОСТЛАШ СИФАТИ

XI.1-§. Чизиқли автоматик ростлаш системаларининг турғунлиги

Автоматик ростлашнинг ҳар қандай системаси ҳам турғун бўлиши керак. Фақат нодаврий ёки сўнувчи тебранишли процессларга хос бўлган чизиқли АРС га турғун система деб аталади.

Ўтиш процессининг турғунлигини тадқиқ қилиш дифференциал тенглама 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 турғунлигининг қуйидаги шартларини ифодалаган: 1) агар характеристик тенгламалар илдизларининг барча ҳақиқий қисмлари манфий бўлса, тенглама турғун бўлади; 2) агар бу тенглама илдизларидан биронтаси мусбат бўлса, система нотурғун бўлади.

АРС нинг эркин ҳаракати бир жинсли дифференциал тенглама эрқали тавсифланади;

$$a_n \frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = 0.$$

Бу чизиқли дифференциал тенгламанинг ечими:

$$y = c_1 e^{w_1 t} + c_2 e^{w_2 t} + \dots + c_n e^{w_n t};$$

бу ерда $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$ — бошланғич шартлардан аниқланадиган ихтиёрий доимийлар; $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_n$ — характеристик тенглама ил-дизлари:

$$a_n \omega^n + a_{n-1} \omega^{n-1} + \dots + a_1 \omega + a_0 = 0.$$

Шундай қилиб, дифференциал тенгламани ўзгартирсак, харак-теристик тенглама деб аталадиган алгебраик тенглама ҳосил қи-ламиз.

Агар характеристик тенглама тўртинчи тартибдан юқори бўлса, у умумий ҳолда ечилмайди. Шунинг учун системанинг турғунлиги ҳақида фикр юритиш учун баъзи белгиларни аввалдан билиш мақ-садга мувофиқдир. Бу белгилар вазифасини турғунлик критерийлари бажаради.

XI. 2-§. Раус—Гурвиц алгебраик критерийси

Бу критерий 1877 йилда инглиз олими Раус ва 1893 йилда немис математики Гурвиц томонидан таърифланган:

n-тартибли чизиқли системанинг турғун бўлиши учун берилган системанинг характеристик тенгламасида коэффициентларга таш-кил топган *n* та аниқловчилар мусбат бўлиши зарур ва етарли:

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0 \quad (11-1)$$

Бунда қуйидаги қоидаларга асосан коэффициент $a_0 > 0$ бўлиши ке-рак:

- 1) асосий диагональ бўйича ўсиш тартибида a_1 дан a_n гача бар-ча координатлар кўчириб ёзилади;
- 2) аниқловчининг барча устунлари диагональдан юқорига индек-слари ўсаётган коэффициентлар, диагональ элементларидан пастга эса, индекслари камаювчи коэффициентлар билан тўлдирилади;
- 3) энг катта тартибли Гурвиц аниқловчиси системанинг харак-теристик тенгламаси даражасига тўғри келади;
- 4) *n* дан катта индексли коэффициентлар нолга тенг;
- 5) индекслари нолдан кичик бўлган коэффициентлар нолга тенг-лаштирилади;
- 6) охириги Δ_n аниқловчи $\Delta_n \Delta_{n-1}$ га тенг. Шунга мувофиқ Гурвиц аниқловчилари қуйидагича бўлади:

$$\Delta_1 = a_1; \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix}; \quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix} \quad \text{ва ҳоказо.}$$

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 критерийси 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 критерийсидан 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:

$$\Delta_3 < \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_0 a_3.$$

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.

XI. 3-§. Михайлов геометрик критерийси

Чизиқли автоматик ростлаш системасининг турғунлик критерийси совет олими А. В. Михайлов томонидан 1938 йилда таклиф этилган. Комплекс ўзгарувчининг текислигидаги ростлаш системасининг характеристик тенгламаси орқали аниқланувчи вектор система характеристик тенгламаси (11—1) даги ω катталикини мавҳум $j\omega$ аргумент билан алмаштириш йўли билан топилади:

$$L(j\omega) = a_n(j\omega)^n + a_{n-1}(j\omega)^{n-1} + \dots + a_1(j\omega) + a_0; \quad (11-2)$$

$j = \sqrt{-1}$; $j^2 = -1$; $j^3 = -j$; $j^4 = 1$; ... эканлигини эсга оламиз. (11—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

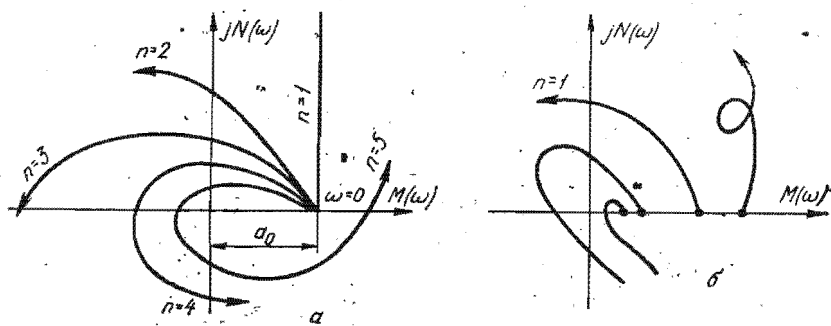
$$M(\omega) = a_0 - a_2\omega^2 + a_4\omega^4 - \dots,$$

$$N(\omega) = a_1\omega - a_3\omega^3 + a_5\omega^5 - \dots$$

Агар ω ни 0 дан ∞ гача кетма-кет ўзгартирсак, $L(j\omega)$ 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 функция-

сининг годографи ω нинг 0 дан ∞ гача ўзгарилишида мусбат йўналишда комплекс текисликнинг n квадрантларни айланиб чиқса (n —қўрилайтган система характеристик тенгламасининг даражаси), ростлаш системаси турғун бўлади. Бу хусусий ҳолда соат стрелкасининг ҳаракатига тескари йўналиш мусбат ҳисобланади.

Агар (11—1) ёки (11—2) ифодаларда $\omega = 0$ деб фараз қилинса, $L(j\omega) = a_0$ бўлади. Бошқача қилиб айтганда $\omega = 0$ бўлса, годограф ҳақиқий ўқни координата бешидан 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.



11—1-расм. Михайлов годографлари:

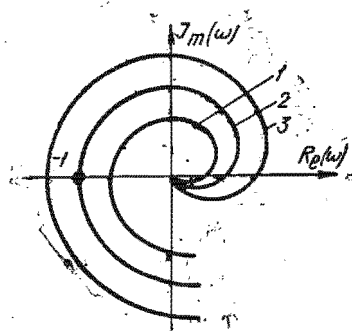
а) турғун системалар учун; б) нотурғун системалар учун.

11—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.

XI. 4-§. Найквист—Михайлов частота критерийси

Бу критерий 1932 йилда электрон кучайтиргичларнинг турғунлигини тадқиқ қилиш учун Найквист томонидан таклиф этилган. Автоматик ростлаш назариясида частота критерийси 1936 йилда умумлаштирилган ҳолда қўлланилган.

Очиқ системанинг анализида Найквист—Михайлов амплитуда-фаза критерийсидан фойдаланиб, ростлаш системасининг турғунлиги ҳақида фикр юритилади. Турғунликини бу метод бўйича ўрганишда экспериментал равишда аниқланган амплитуда-фаза характеристикалардан фойдаланилади. Ниҳоят, критерий системанинг турғунлик даражаси ҳақида маълумот олишга имкон беради. Агар система но-



11—2-расм. Турли системалар учун амплитуда-фаза характеристикаларининг намуналари:

1—турғун системалар учун; 2—турғунликка яқин системалар учун; 3—нотурғун системалар учун.

турғун бўлса, Найквист—Михайлов критерийси системани стабиллаштириш ва тўғриловчи звено ҳамда контурлар ёрдамида ёпиқ системанинг исталган характеристикасига эришиш йўллари кўрсатади.

Бу критерийнинг ифодаси қуйидагича: *очиқ ҳолатда турғун бўлган автоматик ростлаш системаси агар очиқ системанинг амплитуда фаза характеристикаси ω нинг 0 дан ∞ гача ўзгаришида $(-1; j0)$ координаталарга эга бўлган нуктага етмаса, ёпиқ ҳолатда ҳам турғун бўлади.*

11—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.

XI. 5-§. Ростлаш процессининг сифати

Бирор автоматик ростлаш системасининг амалда ишлатилиши унинг турғунлик талабларини бажаришига боғлиқ (булар фақат зарур бўлган шартлардир). АРС нинг ишлатилиши учун етарли бўлган шарт — системанинг талаб қилинган ростлаш сифатини таъминлаш қобилиятидир. Бу сифат ростлаш системасидаги ўтиш процессларининг шаклига боғлиқ.

Системанинг турли параметрлари ростлаш процессига 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 рoстлаш процессининг бир йўла икки томонини: сўниш тезлиги ва ўтиш процессидаги рoстланувчи параметрнинг четга чиқиш катталигини таърифлайди.

Чизиқли интеграл баҳолаш I_1 . Ўтиш процессининг сифати рoстланувчи параметрнинг берилган қийматдан четга чиқиши ва рoстлаш вақти орқали аниқланади. Ўтиш процессининг эгри чизиғи остидаги юза бу икки факторни ўз ичига олиб, шу юза қанчалик кичик бўлса, қолган шартлардаги рoстлаш процессининг сифати шунча яхши бўлади. Рoстлашнинг 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 (критерийнинг) камчилиги унинг нодаврий процессларга яқин бўлган процессларни таъминловчи системалар учун ишлатилишидир. Тебранишли ўтиш процессларининг сифатини баҳолаш учун бу критерийдан фойдаланиб бўлмайди, чунки ўтиш процессининг мусбат ярим тўлқинлари манфий ярим тўлқинлар билан алмашиб туради; бу ярим тўлқинлар юзасининг ишораси ҳам кетма-кет қарама-қарши ишоралар билан алмашилиб туради.

Квадратик интеграл баҳолаш I_2 . Нодаврий ва тебранишли ўтиш процесслари учун рoстлаш процессининг 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 рoстланувчи катталиқнинг берилган қийматининг чизиғини икки томонида жойлашган юзаларининг абсолют қийматини жамлашга ҳалақит бермайди. Алоҳида юзаларнинг қийматини ҳисоблашда ординатанинг ўрнига унинг квадратик қиймати ҳисобга олинади.

Бу критерийнинг маъноси шундаки, I_2 интеграл катталиқ қанча кичик бўлса, рoстлашнинг сифати шунча яхши бўлади. Шундай қилиб, квадратик интеграл балансни қўллаш I_2 интегралнинг энг кичик қийматини таъминловчи параметрлар излашни назарда тутаети. I_2 интеграл баҳолашнинг минимал қийматга эга бўлган иккита (масалан, S_0 ва S_1) параметрини топиш керак бўлса, интеграл баҳолашни шу S_0 ва S_1 параметрлар функциясида ёзиш ва $I_2(S_0, S_1)$ функциянинг хусусий ҳосилаларини нолга тенглаштириш керак:

$$I_2 = f(S_0, S_1); \quad (11-3)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial I_2(S_0, S_1)}{\partial S_0} &= 0 \\ \frac{\partial I_2(S_0, S_1)}{\partial S_1} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (11-4)$$

(11—4) система бўйича I_2 интеграл баҳолашнинг минимумини қаноатлантирадиган S_0 ва S_1 параметрлар аниқланади. Баъзан кўриладики S_0 ва S_1 параметрлар бўйича I_2 минимумга эга бўлмаслиги мумкин. Бундай ҳолларда бошқа факторларга кўра тузилган тармоқдаги I_2 баҳолашнинг энг кичик қиймати бўйича оптимал параметрлар танланади.

Шуни ҳам қайд қилиш керакки, турли ўтиш процессларига эга бўлган АРС лар бир хил катталикни I_2 баҳолаш билан ҳам таърифланиши мумкин. Шунинг учун I_2 баҳолаш кичик бўлган ўтиш процесси солиштирилаётган процессдан яхшироқ деб таъкидлаш ўринли бўлавермайди. Растлаш процессининг сифатини аниқлашдаги квадратик интеграл баҳолаш усулининг асосий камчилиги ҳам шундадир.

Тузутилган квадратик интеграл баҳолаш I_3 . Растлаш процессининг сифатини тузутилган квадратик интеграл метод I_3 бўйича 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 процессидаги эгри чизиқнинг вақт доимийси.

Интеграл квадратик баҳолаш. K вазнли $\frac{d\varphi}{dt}$ ҳосилани киритиш ўтиш процесси тезлигининг растлаш сифатига кўрсатган таъсирини эътиборга олиш имконини беради.

Исталган АРС синтезининг вазифаси I_3 интегралнинг энг кичик қийматини таъминловчи шартларни топишдан иборат. I_3 интегралнинг минимумлаштириш хусусияти унинг мукаммал процесс экспонентасига тўғри келишида. I_3 интеграл баҳолашнинг минимуми растлаш системасида ўтаётган процесснинг нодаврий ва монотон эканлигидан далолат беради.

XI. 6-§. Технологик процесснинг режимини статик ва динамик оптималлаштириш

Автоматик бошқариш системаларининг вазифаси ўринсиз таъсирларни бартараф этиб, технологик процессларнинг керакли режимларини сақлаш ёки уларни муайян критерий бўйича оптимал олиб боришдан иборат. Технологик процессларни 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 растлагичлари ёрдамида бирмунча аниқлик даражаси билан технологик режим параметрларини (температура, босим, сатҳ, концентрация ва бошқалар)

стабиллаш вазифасини бажаради. Стабиллаш системаларининг критерийсини математик кўринишда $Y_1 = Y_1^{\text{бер}}$ деб ёзиш мумкин. Ушбу критерийнинг аниқлиги танланган ростилаш 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 процессни бир режимдан иккинчисига ўтказиш берилган вазифани ёки ростлагичларнинг ростланишини ўзгартирувчи оператор орқали бажарилади. Процессдаги кириш ўзгарувчилари жуда тез ўзгарса, оператор процессни бир режимдан иккинчисига ўтказишга улгурмайди ёки бу ўтказиш оптимал бўлмаган тарзда бажарилади, натижада процесснинг 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 процессни бир режимдан иккинчисига оптимал бўлмаган тарзда ўтказишдир.

Статик оптималлаш системалари. Бу классдаги технологик процессларни бошқариш системалари объектнинг кириш ўзгарувчилари шартларининг ўзгаришида даврий статик оптималлашни бажаришга имкон беради, улар химия ва озиқ-овқат саноатида кенг қўлланилмоқда.

Кириш параметрларининг турли қийматлари учун чизиқли бўлмаган программалаш методи орқали бошқаришни вариациялаш йўли билан ишлаш критерийсининг максимуми аниқланади:

$$I = f(Y, Z, V).$$

Кўпинча критерий сифатида фойда кўрсаткичи ишлатилади:

$$I = C_y Y - C_z Z - C_u V;$$

$$I_{\text{опт}} = \max_{u \in I} I;$$

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 критерийси 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 катталиқнинг 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 (БХМ) даст-абки математик моделнинг даврий равишда тўғриланишини таъминлаши керак. Датчикларнинг сўроғи, бошқарувчи таъсилларни ҳисоблаш ва моделга тузатишлар киритиш даврий равишда бажарилади, бошқарувчи таъсирларнинг қиймати эса бевосита ростловчи органларга ёки автоном ростлагичларнинг созланишига узатилади. Статик оптималлаш системалари стабиллаш системаларига ҳос бўлган кўп камчиликлардан холисдир. Улар технологик процесснинг ўзгарган кириш ўзгарувчиларига мувофиқ ҳолда оптимал статик режимни таъминлайди. Агар бошқарилмайдиган кириш ўзгарувчилари суст ўзгариб технологик аппаратнинг динамикаси эътиборга олинмаса, БХМ лар статик моделни даврий равишда мослаб, бошқаришларни ўзгарувчиларнинг янги қийматини ҳисоблаб туради. Бундай бошқариш системалари статиканинг оптимал режимини сақлайди ва динамиканинг оптимал критерийсини таъминламайди.

Баъзи технологик процесслар хусусий ғалаёнланишларга эга бўлгани сабабли системанинг иши ностационар режимларда ўтади. Бундай ҳолларда статик оптималлаш системаси процесснинг 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 процессларни бошқариш системалари маълум бир интеграл критерийни оптималлаш масаласини ҳал қилади:

$$I = \int_{t_0}^{t_1} f(Y, Z, V) dt.$$

Бу критерийнинг хусусий варианты—фойдадир:

$$I = \int_{t_0}^{t_1} \{C_y Y(t) - C_z Z(t) - C_u V(t)\} dt;$$

$$I_{\text{опт}} = \underset{V \in I}{\text{extremum}} I.$$

Технологик процессларнинг 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:

$$\left| \frac{d^n y(t)}{dt^n} \right| \leq M_n;$$

бу ерда M_n — доимий катталик ($n = 1, 2, 3, \dots$).

Ўтиш функцияларининг ҳосилаларида чекланишлардан ташқари бошқа, мумкин бўлган чекланишларни ҳам эътиборга олиш керак. Динамик оптималлаш системалари технологик процессларнинг 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 БХМ нинг жадал ҳаракатини талаб қилади. Ҳозирги пайтда динамик оптималлаш системалари жуда кам амалга оширилади. Аммо технологик процессларнинг типавий динамик математик моделларини яратиш динамик оптималлаш принципларини химиявий технологик процессларни бошқаришда қўллашга имкон беради.

XII боб. АВТОМАТ РОСТЛАГИЧЛАРНИНГ ОПТИМАЛ РОСТЛАНИШИНИ ҲИСОБЛАШ

XII. 1-§. Ростлаш қонунлари

Кириш сигнали ростланувчи объектдан ўтиш вақтида деформация ва кечикишга дуч келади. Чиқиш катталиги кириш сигналига нисбатан амплитуда бўйича камайиб, фаза бўйича кечикади. Бу ҳодисаларни бартараф қилиш мақсадида ростланувчи объект автомат ростлагич билан таъминланади. Автомат ростлагич чиқиш сигналининг амплитудасини ошириб, фаза бўйича илгарилашни таъминлайди. Ўтиш процессининг сифати ростланувчи объект ва ростлагич характеристикаларига боғлиқ. Ростлагичнинг хусусиятлари эса унинг иш негиздаги ростлаш қонунлари ва ростлагичнинг созланишига кўра аниқланади. Ростлагич созланишининг ўзгармас параметрларида бошқарувчи ёки ростловчи таъсир ва ростланувчи катталик ўртасидаги боғланиш *ростлаш қонуни* дейилади.

Автомат ростлагичлар дискрет импульсли ёки узлуксиз ҳаракатли бўлади.

Дискрет ҳаракатли автомат ростлагичларнинг чиқиш катталиги амплитудаси, частотаси ва давомлилиги ростлагич киришига келадиган ва ростланувчи катталикининг ҳозирги қийматига боғлиқ бўлган кетма-кет импульслардан иборат.

Узлуксиз ҳаракатли автомат ростлагичларнинг кириш ва чиқиш катталиклари ўртасида бир маъноли функционал боғланиш мавжуд.

Одатда, узлуксиз ҳаракатли қурилмалар алоҳида типавий технологик процессларни ростлаш учун қўлланилади. Дискрет ҳара-

катли ростлагичлар эса типавий процесслар тўпламини бошқариш учун ишлатилади. Типавий саноат ростлагичларида амалга ошириладиган ростлаш қонунлари ва уларнинг хусусиятларини кўриб чиқамиз.

Ростлашнинг статик қонуни. Ростлашнинг, қисқача «П—ростлаш» деб аталувчи, статик (ёки пропорционал) қонуни қуйидаги пропорционал тенглама орқали тавсифланади.

$$x = -s_1 y; \quad (12-1)$$

бу ерда x — ростлагичнинг чиқиш сигнали (ёки ижро этувчи механизм ростловчи органининг нисбий силжиши);

s_1 — кучайиш коэффициенти (узатиш коэффициенти);

y — ростланувчи катталиқнинг берилган қийматидан четга чиқиши.

Минус ишора ростловчи таъсир ростланувчи катталиқнинг четга чиқишини бартараф этишини кўрсатади. Ушбу қонунни амалга оширувчи қурилмалар статик ёки пропорционал ростлагичлар (қисқача «П—ростлагичлар») деб аталади.

Керак бўлган характеристикани олиш учун катталиги ростланувчи объектнинг динамик хусусиятларидан аниқланадиган s_1 созлашни ўзгартириш керак. П—ростлагичнинг узатиш функцияси (12-1) ифодага мувофиқ қуйидагича бўлади:

$$W(p) = \frac{x(p)}{y(p)} = -s_1. \quad (12-2)$$

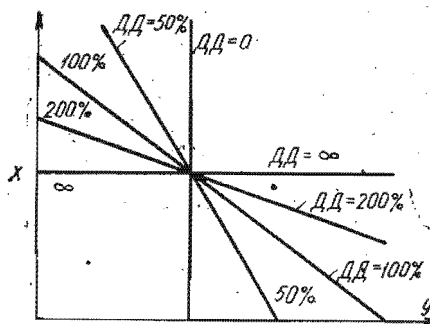
Уни $j\omega$ билан алмаштирсак: ростлагичнинг амплитуда-фаза характеристикаси (АФХ) тенгламасига эга бўламиз:

$$W(j\omega) = -s_1 = s_1 e^{j\pi}.$$

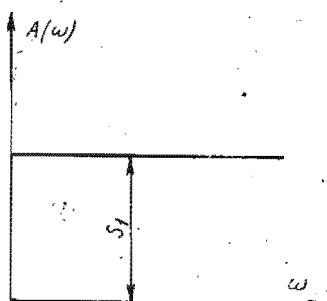
Охирги тенглама статик ростлагичларнинг амплитуда-частота (АЧХ) ва фаза-частота (ФЧХ) характеристикалари кириш сигнали частотасига боғлиқ эмаслигини билдиради.

12—1-расмда П—ростлагичнинг характеристикалари келтирилган. Статик характеристиканинг оғиши (12—1-расм, а) ростлагичнинг узатиш коэффициентиға боғлиқ. 12—1-расм, б да тасвирланган ростлагичнинг АЧХ си абсциссалар ўқиға параллел бўлиб, ундан S_1 масофада жойлашган. Ростлагичнинг ФЧХ си ҳам (12—1-расм, в) шунга ўхшаш жойлашган, лекин у абсциссалар ўқидан n масофаға сурилган. Ростлагичнинг АФХ си s_1 узунликка тенг вектордан иборат бўлиб, соат стрелкаси йўналишиға қарши π бурчакка бурилган.

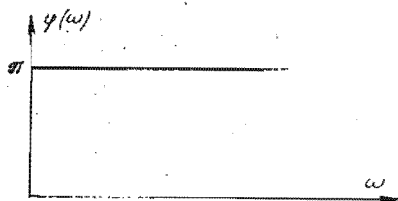
Ростланувчи объектларнинг статик ростлагичлар билан таъминланиши объектларнинг турли нагрузкаларида ростланувчи катталиқларнинг доимий қийматини таъминлай олмайди. Бундай автоматик ростлаш системалари статик хатонинг мавжудлиги билан таърифланади. Статик хато ростлагичнинг созлаш параметрини конкрет s_1 қийматига боғлиқ; s_1 қанча катта бўлса, ростлашнинг статик хатоси шунча кам бўлади (12—1-расм, д). Шу билан бирга, ростлагич кучайиш коэффициентиинг қаддан тайқари ўсиши системада



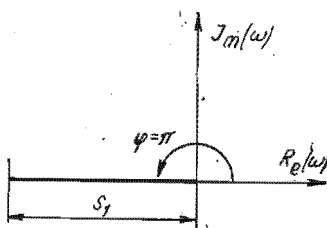
а



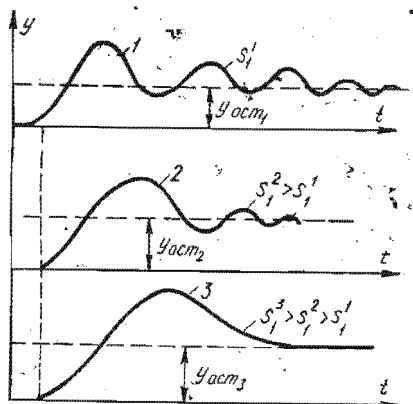
б



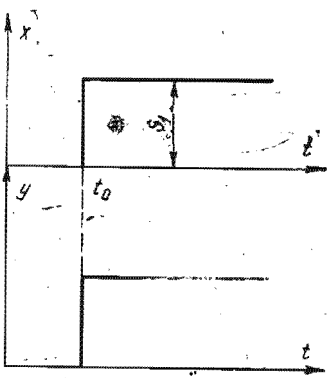
в



г



д



е

12—1- расм. П—ростлагичнинг характеристикалари:

а) статик; б) амплитуда-фаза; в) фаза-частота; г) амплитуда-фаза; д) S_1 нинг турлича соझанишда ростлаш системасининг ўтиш процесси; е) ростлагичнинг югуриш эгри чизиги.

секин сўнувчи мажбурий ўтиш процессининг ҳосил бўлишига олиб келади. Ўтиш процессининг эгри чизиги 3 соझаш катталиклари s_1 кичик бўлган АРС учун хосдир. Кўриниб турибдики, бу ҳолда система йўл қўйиб бўлмайдиган даражада катта қолдиқли четга чиқишга эга бўлади. Системада (12—1-расм, д) эгри чизиқ 2 шаклида

тасвирланган ўтиш процессини таъминловчи пропорционал ростлагичнинг s_1 қийматли созлаш параметрини танлаш керак. Бундай системада ростланувчи катталикнинг қолдиқли четга чиқиш ва ўтиш процессининг давомлилиги унчалик катта эмас.

Ростлагичда кучайиш коэффициентининг сонли қиймати, ростланувчи катталик бир ўлчов бирлигига четга чиққанда ростлагичнинг команда сигнали натижасида ижро этувчи механизмларни ростловчи органнинг нисбий силжишига тенг. Амалда ростлагичнинг характеристикасини олиш учун *пропорционаллик чегараси ёки дресселлаш диапозони* тушунчаси ишлатилади. Бу тушунча ростлагичнинг кучайтириш коэффициентига тескари катталик бўлиб, процентларда ифодаланadi. Агар ростлагичнинг пропорционаллик чегараси 100% га тенг бўлса ва ростланувчи катталик ростлагичга уланган ўлчов приборининг шкаласи чегараси оралиғида ўзгарса, ижро этувчи механизмнинг ростловчи органи ўзининг бир ҳолатидан бошқа ҳолатига ўтади. 12—1-расм, *a* да П—ростлагичнинг киришига поғонали ғалаёнланиш таъсир қилган вақтдаги унинг тарқалиш эгри чизиги келтирилган. Бу расм таркибида П—ростлагич бор бўлган системанинг ростловчи органи сакрашсимон таъсир натижасида ўзининг бир ҳолатидан иккинчи ҳолатига ўтишини кўрсатади. Бундай силжиш натижасида 12—1-расм, *д* да кўрсатилган ўтиш процессларининг бирини ҳосил қиламиз, бунда ростланувчи объект турғун бўлиши шарт.

Ростлашнинг интеграл қонуни: Бу қонун қисқача И—ростлаш деб аталади ва қуйидаги тенглама орқали тавсифланади:

$$\frac{dx}{dt} = -s_0 y; \quad (12-3)$$

бу ерда s_0 — ушбу қонунни амалга оширувчи ростлагичнинг узатиш коэффициенти.

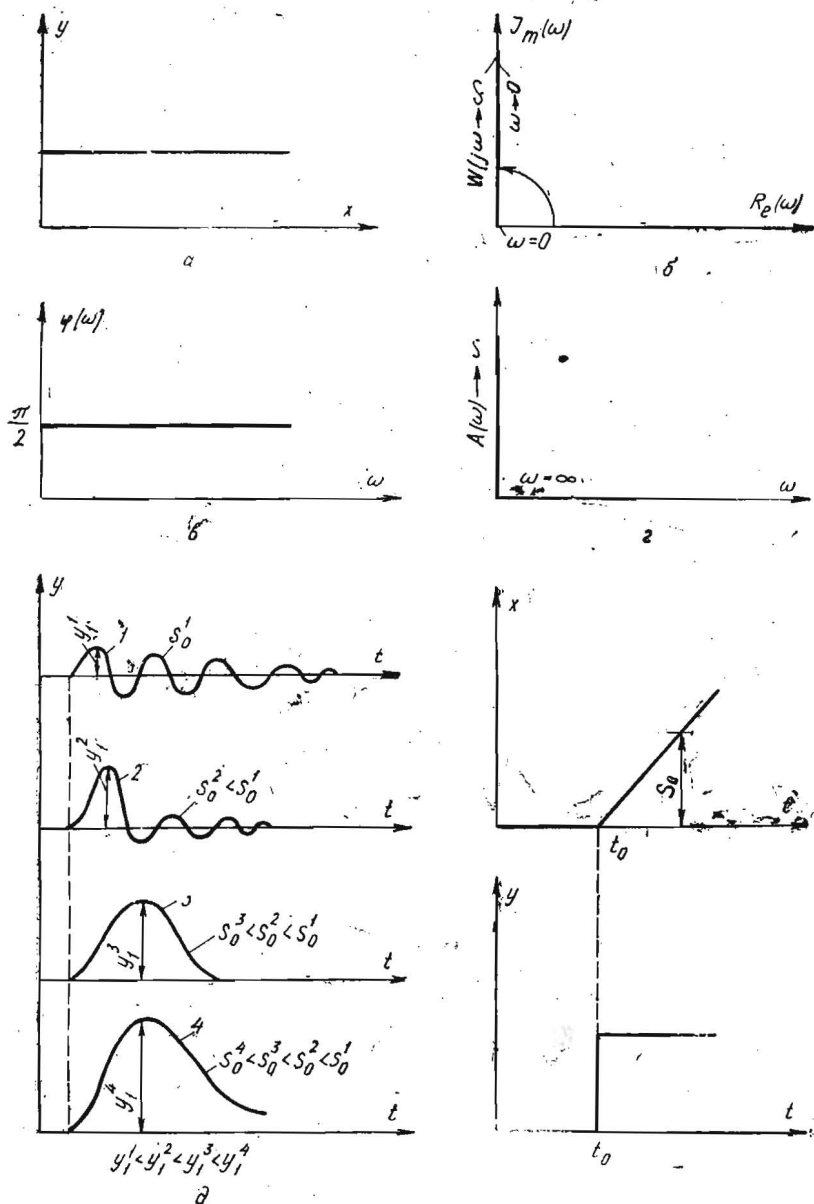
s_0 коэффициент (ростлагичнинг созланиш параметри) И — ростлагичга уланган ижро этувчи механизмнинг ростланувчи катталик y нинг четга чиқишидаги иш тезлигини таърифлайди.

Ростлашнинг кўрилатган қонуни қуйидаги маънони билдиради: ростлагич ростланаётган объектга ростланувчи параметр y нинг четга чиқишига пропорционал бўлган тезликда таъсир кўрсатади. (12—3) тенгламадаги минус ишора автомат ростлагич ишлаб чиқарган таъсир ростланувчи объектдаги чиқиш параметрининг четга чиқишларини йўқотишини кўрсатади. Бу қонунга амал қилувчи қурилмалар астатик ёки интеграл ростлагичлар, қисқача И — ростлагичлар дейилади.

Агар (12—3) ифодани интегралласак, ростлагичнинг интеграл шаклда ёзилган тенгламасига эга бўламиз:

$$x = -s_0 \int_0^t y dt + x_0; \quad (12-4)$$

бунда x_0 — ижро этувчи механизм ростловчи органининг бошланғич ҳолатидаги ростловчи таъсири.



12—2- рaсм. И—рoстлагичнинг хaрактеристикалари:

а) статик; б) амплитуда-фаза; в) фаза-частота; г) амплитуда-частота; д) S_0 ning турлича созланишида рoстлаш системасининг ўтиш процесси; е) рoстлагичнинг югуриш эгри чизиги.

(12—4) тенгламадан астатик ростлагичлар интегралловчи звенодан иборат эканлиги кўринади. Агар (12—3) ифодага Лаплас алмаштиришини қўлласак, астатик ростлагичнинг узатиш функциясини топамиз.

$$W(p) = \frac{x(p)}{y(p)} = -\frac{s_0}{p}. \quad (12-5)$$

(12—5) тенгламадаги p операторни $j\omega$ га алмаштирсак, ростлагичнинг амплитуда-фаза характеристикасига эга бўламиз:

$$W(j\omega) = -\frac{s_0}{j\omega} = \frac{s_0 e^{j\pi}}{j\omega} = \frac{s_0}{\omega} e^{j\frac{\pi}{2}}.$$

12—2-расмда И — ростлагичнинг характеристикалари тасвирланган. Ростлагичнинг статик характеристикаси абсциссалар ўқига параллел бўлган тўғри чизикдан иборат. 12—2-расм, б, в, г ларда астатик ростлагичнинг АФХ, ФЧХ ва АЧХ лари тасвирланган. Агар П — ва И — ростлагичларнинг фаза-частота характеристикаларини солиштирсак, (12—1-расм, в ва 12—2-расм, в) астатик ростлагичнинг илгарилаш бурчаги кичикроқ бўлиб, $\frac{\pi}{2}$ га тенглигини кўрамиз. 12—2-расм, д да турли s_0 созилашига эга бўлган И — ростлагичли ўтиш процессларининг эгри чизиклари келтирилган.

Созлаш параметрининг энг катта s_0 қийматида ўтиш процессининг давомлилиги катта бўлади (1-эгри чизик). s_0 камайиши билан параметрнинг максимал четга чиқиши ортиб боради, лекин ростлаш вақти камаяди (2-эгри чизик). Шу тарзда s_0 ни камайтириб борсак, тебранишли ростлаш процессининг аperiодик процессга ўтишига эришамиз (3-эгри чизик). Агар s_0 ни яна камайтирсак, ростланувчи катталиқнинг максимал четга чиқиши ва ўтиш процесси вақтининг ортиши билан таърифланувчи ростлаш системасининг ўтиш процессига эга бўламиз (4-эгри чизик). Кўриниб турибдики, динамик хатоси кичик бўлган процесснинг ўтиш вақти бизни қаноатлантиради; сўниш даражаси 80% ни ташкил этиб 2 ҳолга мувофиқ келадиган (2-эгри чизик) ўтиш процессини таъминловчи ростлаш системасини танлаш мақсадга мувофиқ.

12—2-расм, д да астатик ростлагичнинг сакрашсимон кириш таъсирига кўрсатган реакцияси тасвирланган. Бундай ростлагичнинг характерли томони шуки, у ростловчи органни четга чиқишлар йўқолгунча силжитади. Бу унинг асосий афзаллигидир. Астатик ростлагичларнинг камчилиги — уларнинг фақат ўз-ўзидан тўғриланиш объектлари билан турғун ростлаш системасини ҳосил қилишидадир.

Ростлашнинг пропорционал — интеграл қонуни. Қисқача ПИ — ростлаш дейилади ва қуйидаги тенглама орқали ифодаланади:

$$\frac{dx}{dt} = -\left(s_1 \frac{dy}{dt} + s_0 y\right).$$

Бу қонунни амалга оширувчи қурилмалар пропорционал — интеграл ёки изодромли ростлагичлар (қисқача ПИ — ростлагич) деб аталади.

Таркибига ПИ — ростлагич кирган системанинг талаб қилинган характеристикаси ростлагичнинг созлаш параметрлари S_0 ва S_1 ни ўзгартириш йўли билан олинади.

Ростлагичнинг тенгламаси ўз ичига статик ва астатик ташкил этувчиларни киритади ва операторли шаклда қуйидагича ёзилади:

$$Px(p) = -(s_1 p + s_0) \cdot y(p).$$

Бу ифодадан изодромли ростлагичнинг узатиш функцияси келиб чиқади:

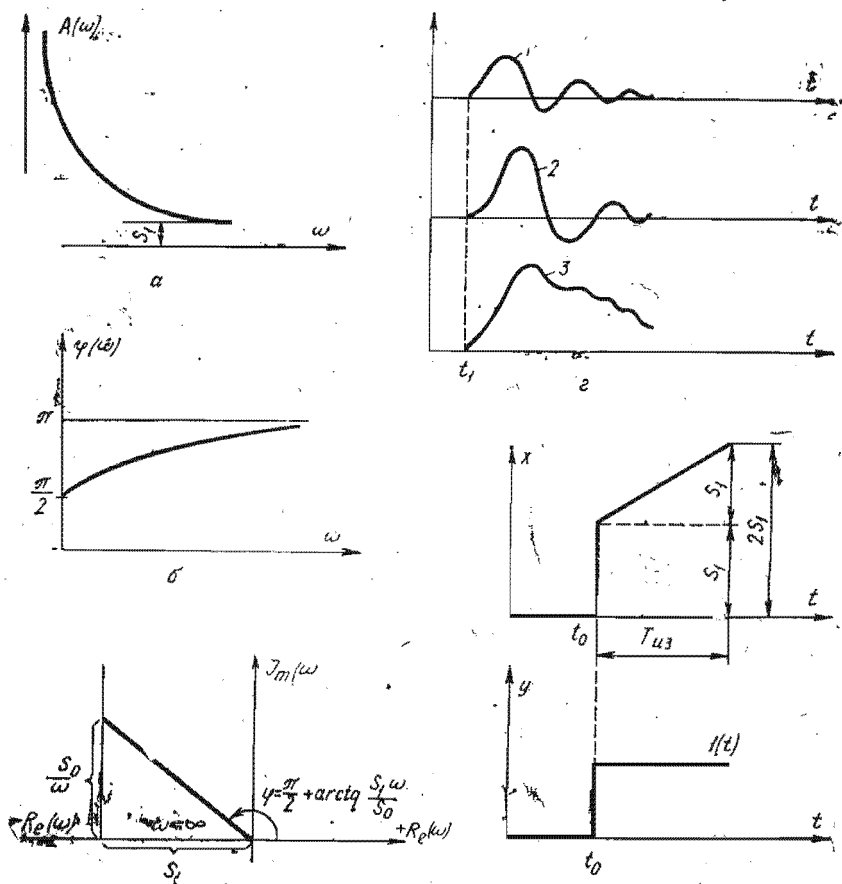
$$W(p) = \frac{x(p)}{y(p)} = -\left(s_1 + \frac{s_0}{p}\right).$$

ПИ — ростлагичнинг амплитуда-фаза характеристикаси:

$$W(j\omega) = \sqrt{\left(\frac{S_0}{\omega}\right)^2 + S_1^2} \exp\left(\frac{\pi}{2} + \arctg \frac{S_1 \omega}{S_0}\right). \quad (12-6)$$

12—3- расмда кўрилатган ростлагичлар синфининг характеристикаси тасвирланган. (12—6) тенгламадан қуйидаги хулоса келиб чиқади: агар $\omega = 0$ бўлса, АЧХ ∞ га тенг; агар $\omega = \infty$ бўлса, АЧХ S_1 га тенг (12—3- расм, а). Агар $\omega = 0$ бўлса, ростлагичнинг ФЧХ $\frac{\pi}{2}$ га тенг, агар $\omega = \infty$ бўлса, ФЧХ π га тенг бўлади (12—3- расм). Изодромли ростлагичнинг АФХ си (12—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. 12—3- расм, г да ПИ — ростлагичли АРС нинг созланиш параметрларининг турли қийматида ўтиш процессларининг 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 процесси катта бўлади.

Ростлашнинг иккита содда (пропорционал ва интеграл) қонунларини бирилаштириш ростлашдаги алоҳида қонунларнинг афзаликларини 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.



12—3- расм. ПИ—ростлагичнинг характеристикалари:

а) амплитуда-частота; б) фаза-частота; в) амплитуда-фаза; г) S_0 ва S_1 ларнинг турли созланишида ростлаш системасининг ўтин процесслари; д) ростлагичнинг югуриш эгри чизиги.

Изодромли ростлагичнинг кечиш эгри чизиги 12—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 моментларидаги 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 юртилади.

Ростлашнинг дифференциал қонуни. Биз ростловчи органини ростланувчи катталикининг берилган қийматидан четга чиқишига пропорционал (П—ростлаш) ёки номосликка пропорционал тезликда (И—ростлаш) силжитиш мумкинлигини кўрдик. Демак, ростловчи органини ростланувчи катталикининг 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 кўзгалмас бўлади. Бундай ростлагичлар учун ростланувчи катталикининг 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:

$$x = -\left(s_1 y + s_2 \frac{dy}{dt}\right); \quad (12-7)$$

бунда s_2 — узатиш коэффициенти ёки дарак бериш вақти. Бу қонун бўйича ишлайдиган ростлагичлар дарак берадиган пропорционал ростлагичлар (қисқача ПД — ростлагичлар) дейилади.

(12—7) тенглама ПД — ростлагич ишлаб чиқарадиган таъсир ростланувчи катталикининг четга чиқишига ва шу четга чиқиш тезлигига пропорционалликни 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 катталикининг 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 тўхтайдди. ПД—ростлагичнинг кечикиш эгри чизиги статик ростлагичнинг вақтли характеристикасидан ростлагич чиқиш сигнали вақтининг дастлабки моментида кескин (П — ростлагичдан ҳам кескинроқ) катталайиши билан фарқ қилади. Вақт ўтиши билан ростлагичнинг чиқиш сигнали ростлагич кучланишини сошлаш коэффициентиға мувофиқ доимий қийматгача камайдди. 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 кайишидан иборат бўлган тескари дарак бериш ҳам мавжуд. Одатда, вақт доимийси кичик бўлган ростлаш объектларини шундай тескари дарак беришли ростлагичлар билан таъминлаш мақсадга мувофиқ. ПИД — ростлагичларга қолдиқли четга чиқишлар хос бўлиб, бу уларнинг асосий камчилигидир.

Ростлашнинг пропорционал — интеграл — дифференциал қонуни. Ростлашнинг пропорционал — интеграл — дифференциал қонунда (қисқача ПИД — ростлаш) ростлагич кириш катталигининг ўзгариши билан чиқиш катталиги ўзгаришининг орасидаги боғланиши қуйидаги кўринишга эга:

$$x = - \left(s_1 y + s_0 \int_0^t y dt + s_2 \frac{dy}{dt} \right). \quad (12-8)$$

Бу қонунни амалга оширувчи қурилмалар пропорционал — интеграл — дифференциал ёки дарак берувчи изодром ростлагичлар (қисқача ПИД — ростлагич) дейилади. ПИД — ростлагичлар учун ростловчи таъсирнинг миқдори ростланувчи параметрнинг берилган қийматидан четга чиқишига, шу четга чиқишнинг интеграл ва тезлигига пропорционалдир.

(12—8) тенглама оператор шаклида қуйидагича ёзилади:

$$Px(p) = -(s_0 + s_1 p + s_2 p^2) \cdot y(p).$$

Бу ифодадан ПИД — ростлагичларнинг узатиш функцияси келиб чиқади:

$$W(p) = \frac{x(p)}{y(p)} = - \frac{s_0 + s_1 p + s_2 p^2}{p}. \quad (12-9)$$

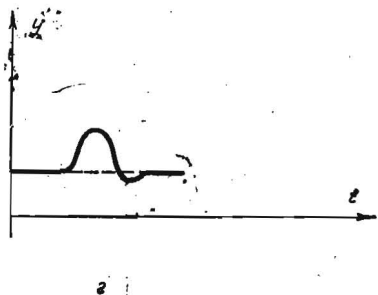
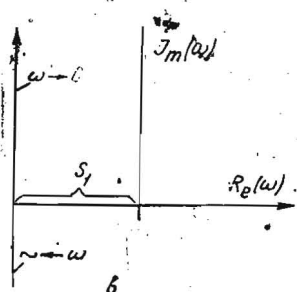
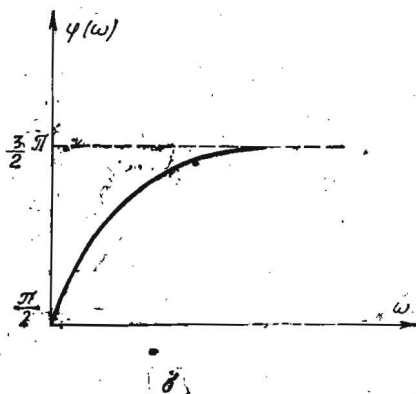
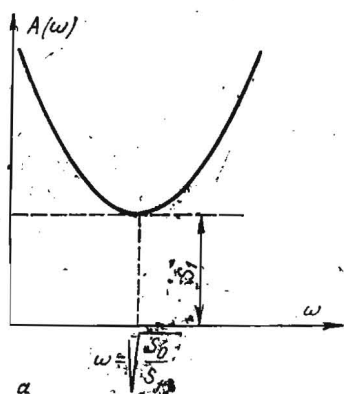
(12—9) тенгламада p нинг ўрнига $j\omega$ ни қўйсак, ПИД — ростлагичларининг амплитуда-фаза характеристикасига эга бўламиз:

$$\begin{aligned} W(j\omega) &= - \left[s_1 + j \left(\omega s_2 - \frac{s_0}{\omega} \right) \right] = \\ &= \sqrt{s_1^2 + \left(\omega s_2 - \frac{s_0}{\omega} \right)^2} \exp \left[j \left(\pi + \arctg \frac{\omega s_2 - s_0}{\omega s_1} \right) \right]. \end{aligned}$$

12—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 12—4-расм, *a* да берилган. 12—4-расм, *b* да пропорционал — интеграл — дифференциал ростла-



12—4- расм. ПИД—ростлагичнинг характеристикалари:

а) амплитуда-частота; б) фаза-частота; в) амплитуда-фаза; г) ростлаш системасидаги ўтиш процесси.

гичнинг ФЧХ си кўрсатилган. Бу характеристика қуйидаги тенгламага мувофиқ тузилади:

$$\varphi(\omega) = \pi + \arctg \frac{\omega^2 s_2 - s_0}{s_1}.$$

Дарак берувчи изодром ростлагичлар бошқа ростлагичлардан илгарилаш бурчагининг катталиги билан фарқ қилади. Ростлагичнинг АФХ си 12—4-расм, в да келтирилган. ПИД—ростлагичли АРС ўтиш процессининг эгри чизиги 12—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 ўзгартириш билан ростлашнинг исталган сифатига эришилади. ПИД—ростлагичлар ростланувчи миқдорнинг қолдиқли четга чиқинига йўл қўйиб бўлмайди-ган ва сезиларли кечикишга эга бўлган инерцион объектларда қўлланилганда ўзини оқлайди.

XII. 2- §. Кенгайтирилган частота характеристикалари

Ростлаш процесси ростланаётган миқдорнинг четга чиқиши минимал ўтиш процесси 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. Қўйидаги шарт бажарилса ростлаш системаси турғунлик чегарасида бўлади:

$$W_{\infty}(j\omega) \cdot W_p(j\omega) = 1;$$

бунда $W_{\infty}(j\omega)$ — ростлаш объектининг амплитуда-фаза характери-
стикаси; $W_p(j\omega)$ — автоматик ростлагичнинг амплитуда-фаза харак-
теристикаси.

Автоматик ростлаш системаларини тажрибада қўллаш мумкинлигини аниқлаш учун фақат турғунлик чегарасини топишнинг ўзи кифоя эмас, бунинг учун улар яна турғунлик запасига ҳам эга бўлишлари лозим. Амалий нуқтаи назардан АРС нинг вақтли характеристикаси тебранишини белгилайдиган критерий сифатида сўниш даражасидан фойдаланиш қулай.

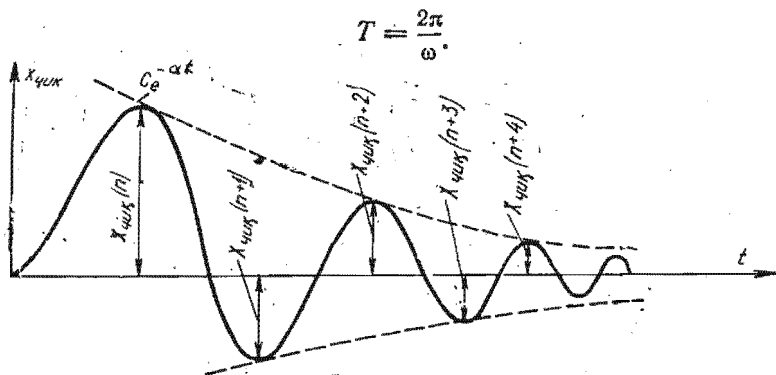
Бир томонга йўналган иккита қўшни тебранишлар амплитудалари айирмасининг биринчисига нисбати *сўниш даражаси* ψ деб аталади (12—5-расм):

$$\psi = \frac{x_{\text{чик}}(n) - x_{\text{чик}}(n+2)}{x_{\text{чик}}(n)}.$$

Агар система ўзгармас амплитуда билан сўнмас тебранишлар ҳосил қилса, у ҳолда сўниш даражаси нолга тенг бўлади; агар унинг ўтиш процесси аperiодик бўлса, унда $\psi = 1$. 12—5-расмдан кўри-
ниб турибдики:

$$X_{\text{чик}}(n+2) = x_{\text{чик}} \cdot e^{-\alpha T} = x_{\text{чик}} e^{-2\pi \frac{\alpha}{\omega}};$$

бу ерда α ва ω — системанинг характеристик тенглама илдизлари-
нинг ҳақиқий ва мавҳум қисмлари:



12—5- расм. Автоматик ростлаш системасидаги типавий ўтиш процесси.

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:

$$x_{\text{кпр}} = (A_{\text{кпр}} \cdot \sin \omega t) \cdot e^{-m \omega t}; \quad (12-10)$$

бунда $A_{\text{кпр}}$ — киришнинг синусоидал тебранишлари амплитудаси;

ω — кириш таъсирларининг тебранишлар частотаси;

m — процесснинг тебраниш даражаси.

(12—10) тенгламани қуйидаги шаклда ҳам ёзиш мумкин:

$$X_{\text{кпр}} = A_{\text{кпр}} \exp(-m \omega t) \cdot \exp(j \omega t) = A_{\text{кпр}} \exp[(-m \omega + j \omega) t].$$

Тебраниш даражаси m ростлаш процессининг сифат критерийси ҳисобланади ва у тебраниш тузувчиларининг сўнишини характерлаб, $\frac{\alpha}{\omega}$ нисбатга тенг. Геометрик нуқтаназардан система характеристик тенгламасининг илдиzlари, 12—6- расмда кўрсатилгандек, β бурчакка тенг нурларда жойлашган. Бу расмдан:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\alpha}{\omega} = m.$$

Агар система характеристик тенгламасининг илдиzlари АОВ бурчак ичида жойлашган бўлса, системанинг тебраниш даражаси m дан катта бўлади. Сўниш даражаси ψ билан тебраниш даражаси m орасида қуйидагича боғланиш бор:

$$\begin{aligned} \psi &= \frac{x_{\text{чик}}(n) - x_{\text{чик}}(n+2)}{x_{\text{чик}}(n)} = 1 - \frac{x_{\text{чик}}(n+2)}{x_{\text{чик}}(n)} = \\ &= 1 - \frac{A_{\text{кпр}} \cdot e^{-m(2\pi + \omega t)}}{A_{\text{кпр}} \cdot e^{-m \omega t}} = 1 - e^{-2\pi m}; \end{aligned} \quad (12-11)$$

(12—11) ифодадаги боғланишни 12—1- жадвалдан ҳам кўриш мумкин.

12—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	∞			

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 процессининг 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 ростилаш системасининг тенгламаси дифференциал шаклда берилган бўлса:

$$\begin{aligned} a_n \frac{d^n x_{\text{чик}}}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} x_{\text{чик}}}{dt^{n-1}} + \dots + a_0 x_{\text{чик}} = \\ = b_m \frac{d^m x_{\text{кпр}}}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} x_{\text{кпр}}}{dt^{m-1}} + \dots + b_0 x_{\text{кпр}}. \end{aligned} \quad (12-12)$$

У ҳолда кенгайтирилган частота характеристикасини ҳисоблаш учун (12-12) тенгламада қуйидаги алмаштиришлар бажарилади:

$$x_{\text{кпр}} = e^{-m\omega t} \cdot e^{-j\omega t}; \quad x_{\text{чик}} = e^{-m\omega t} \cdot e^{j(\omega t + \varphi)}.$$

Бу ҳолда кенгайтирилган частота характеристикасининг берилган ифодасини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$W(m, j\omega) = x_{\text{чик}} \cdot e^{j\varphi} = \frac{b_m \omega^m (j-m)^m + b_{m-1} \omega^{m-1} (j-m)^{m-1} + \dots + b_0}{a_n \omega^n (j-m)^n + a_{n-1} \omega^{n-1} (j-m)^{n-1} + \dots + a_0}.$$

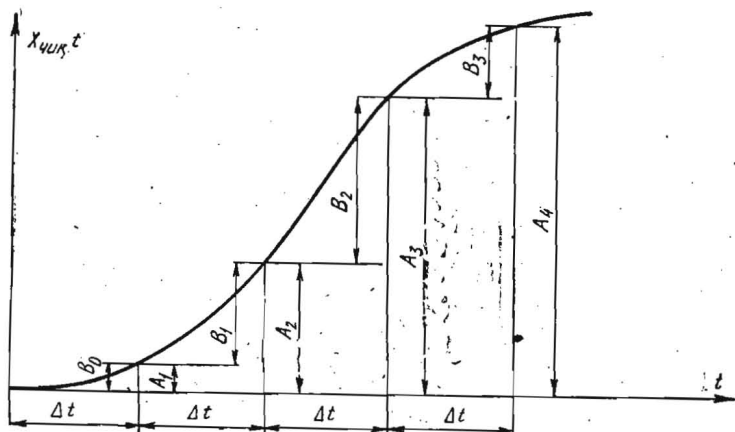
Агар ростилаш объектнинг тажрибада олинган ўтиш эгри чизиги мавжуд бўлса, кенгайтирилган частота характеристикасини графоаналитик усулда тузиш мумкин.

Ўз-ўзидан тўғриланадиган объектларнинг кенгайтирилган АФХ сини қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$\begin{aligned} W(m, j\omega) = k_1 \cdot e^{j\varphi_1} \left[\sum_{k=0}^{\infty} e^{mk\pi\alpha} \cdot B \cdot k \cdot \cos \alpha k\pi - \right. \\ \left. - j \sum_{k=0}^{\infty} e^{mk\pi\alpha} \cdot B \cdot k \sin \alpha k\pi \right]; \end{aligned} \quad (12-13)$$

Ўз-ўзидан тўғриланмайдиган объектлар учун эса:

$$\begin{aligned} W(m, j\omega) = k_2 e^{j\varphi_2} \left[\sum_{k=0}^{\infty} e^{mk\pi\alpha} \cdot D \cdot k \cdot \cos k\pi\alpha - \right. \\ \left. - j \sum_{k=0}^{\infty} e^{mk\pi\alpha} \cdot D \cdot k \sin k\pi\alpha + B_0 \cdot e^{-m\pi\alpha + j\pi\alpha} \right]; \end{aligned} \quad (12-14)$$



12—7- рсм. Системанинг югуриш чизиги бўйича кенгайтирилган амплитуда-фаза характеристикасининг қурилиши.

бунда $\alpha = \frac{\omega \Delta t}{\pi}$; Δt — вақт интервали; m — тебраниш даражаси ($m = 0,22$); $k - \Delta t, 2\Delta t, \dots$ вақт интервалларига тўғри келган ўтиш эгри чизиги ординаталарининг номерлари.

Абсцисса ўқи тенг вақт интервалларига (Δt) бўлиниб, улардан ордината чизиқлари ўтказилади (12—7- рсм):

$$B_k = A_{k+1} - A_k;$$

$$D_k = B_{k+1} - B_k;$$

бунда $A_0 = 0$.

Юқорида келтирилган (12—13) ва (12—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:

$$W(m, j\omega) = k_1 \cdot e^{j\varphi_1} \left[\sum_{k=0}^{\infty} -e^{mk\pi\alpha} \cdot B \cdot k \cdot \cos k\pi\alpha - \right.$$

$$\left. -j \sum_{k=0}^{\infty} \cdot e^{mk\pi\alpha} \cdot B \cdot k \cdot \sin k\pi\alpha \right] \cdot e^{m\alpha\pi \frac{\tau_0}{\Delta t}} \cdot e^{-j\alpha\pi \frac{\tau_0}{\Delta t}};$$

$$W(m, j\omega) = k_2 \cdot e^{j\varphi_2} \cdot \left[\sum_{k=0}^{\infty} \cdot e^{mk\pi\alpha} \cdot D \cdot k \cdot \cos k\pi\alpha - \right.$$

$$\left. -j \sum_{k=0}^{\infty} \cdot e^{mk\pi\alpha} \cdot D \cdot k \sin k\pi\alpha + b_0 e^{-m\pi\alpha + j\pi\alpha} \right] \cdot e^{\alpha\pi m \frac{\tau_0}{\Delta t}} \cdot e^{-j\alpha\pi \frac{\tau_0}{\Delta t}}.$$

12—2- жадвалда автоматик ростлагичларнинг кенгайтирилган АФХ сини ҳисоблаш формулалари келтирилган.

12—2- ж а д в а л.

Ростлаш қонунлари	Ростлагичнинг кенгайтирилган АФХ сини ҳисоблаш формуласи
П	$W(m, j\omega) = S_1 \cdot e^{j\pi}$
И	$W(m, j\omega) = \frac{S_0}{\omega \sqrt{1+m^2}} \cdot e^{j\left(\frac{\pi}{2} - \arctg m\right)}$
ПИ	$W(m, j\omega) = \frac{\sqrt{(S_0 - m\omega S_1)^2 + (\omega S_1)^2}}{\omega \sqrt{m^2 + 1}} \cdot e^{j\left(\frac{\pi}{2} - \arctg \frac{\omega S_1}{S_0 - m\omega S_1} - \arctg m\right)}$
ПИД	$W(m, j\omega) = \frac{\sqrt{(S_2\omega^2 + S_1m\omega - S_2m\omega^2 - S_0)^2 + (\omega S_1 - 2m\omega^2 S)^2}}{\omega \sqrt{m^2 + 1}} \cdot e^{j\left(\pi + \arctg \frac{S_2\omega^2 + S_1m\omega - S_2m^2\omega^2 - S_0}{\omega S_1 - 2m\omega^2 S_2} - \arctg m\right)}$

ХII. 3- §. Автоматик ростлагичлар оптимал созланишларининг ҳисоби

Автоматик ростлаш системаларида керакли ўтиш процессини таъминловчи автоматик ростлагичлар созланишини танлашнинг иккита йўли бор. Таъриба 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.

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, автоматик система ишлаш шароитининг ўзгариши ва бошқа таъсирларда ҳам ростлаш системасининг ишини таъминлайди. Автоматик ростлагичларнинг оптимал созланиш ҳисобининг энг тарқалган инженерлик усулларида бирида процесснинг берилган тебраниш даражаси (m) ни топиш учун қуйидаги ифода дастлабки шартдир:

$$W_{\text{ос}}(m, j\omega) \cdot W_p(m, j\omega) = 1. \quad (12-15)$$

Кўриниб турибдики, бу шарт берк система турғунлик чегарасининг тенгламасига ўхшаш. (12—15) шартнинг бажарилиши учун вектор модуллариининг кўпайтмаси бирга тенг бўлиши, фазалар фарқининг миқдори эса 2 π бўлиши лозим.

Шундай қилиб, автоматик ростлагичларнинг созланиш параметрларини аниқлашда ростлагичнинг шундай созланишларини ҳисоблаш керакки, улар берилган ростлаш объекти ва тебраниш даражаси учун (12—15) шартнинг бажарилишини таъминласин.

Агар $\theta_{\infty}(m, \omega)$ орқали объектнинг инверсли кенгайтирилган амплитуда-частота характеристикасини, $F_{\infty}(m, \omega)$ билан эса кенгайтирилган фаза-частота характеристикасини белгиласак, у ҳолда ростлаш объектининг кенгайтирилган АФХ сини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$W_{\infty}(m, j\omega) = \frac{1}{\theta_{\infty}(m, \omega)} e^{-jF_{\infty}(m, \omega)} \quad (12.16)$$

Ростлаш объектининг автоматик ростлагичлар билан ишлаши мумкинлигини кўрсатувчи автоматик ростлаш системаларининг бир неча вариантларини кўриб чиқамиз; шунингдек, бу ростлагичларнинг созлаш параметрларини топишнинг йўллариини аниқлаймиз. Барча ҳолларда ҳам ростлаш объектининг кенгайтирилган амплитуда-фаза характеристикаси ва процесснинг тебраниш даражаси (m) маълум деб ҳисобланади.

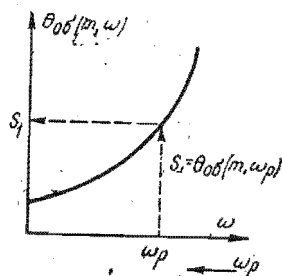
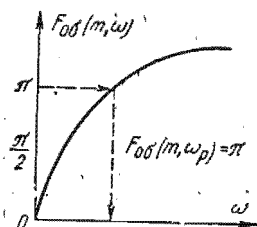
П — ростлагичли АРС. Статик ростлагичнинг изланаётган созлаш параметрини аниқлаш учун (12—15) тенгламага (12—16) ифодани ва ростлагичнинг кенгайтирилган АФХ нинг қийматини (12—2-жадвал) киритиб қуйидаги тенгламани оламиз:

$$F_{\infty}(m, \omega_p) = \pi; \quad (12-17)$$

$$\theta_{\infty}(m, \omega_p) = S_1. \quad (12-18)$$

(12—17) ва (12—18) тенгламалардан ростлагич созлаш параметрининг дастлабки қиймати (S_1) ни ва ўтиш процессининг энг ёмон сўнувчи қисмининг частотасини график усул билан аниқлаш қулай. Бу тенгламаларни график усулда ҳал этиш тартиби 12—8-расмда кўрсатилган. Бунинг учун ростлаш объектининг кенгайтирилган фаза-частота ва кенгайтирилган инверсли амплитуда-частота характеристикалари кўрилади. Кенгайтирилган ФЧХ дан ω_1 частота топилади ва бу частота ёрдамида объектнинг кенгайтирилган инверсли АЧХ графикдан ростлагич созлаш параметрининг қиймати аниқланади:

ПИ — ростлагичли АРС. Издром ростлагичлар учун қуйидаги тенглама ўринлидир:



12—8- расм. (12—17), (12—18) тенгламаларнинг графикавий ечилиши.

$$\theta_{\infty}(m, \omega) = \frac{V(s_0 - s_1 \cdot m \cdot \omega)^2 + (\omega s_1)^2}{\omega \sqrt{1 + m^2}}; \quad (12-19)$$

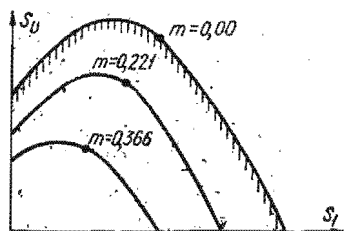
$$F_{\infty}(m, \omega_p) = \frac{\pi}{2} + \arctg \frac{\omega s_1}{s_0 - m \omega s_1} - \arctg m. \quad (12-20)$$

(12—19) ва (12—20) тенгламаларни биргаликда ечиб, ПИ—ростлагичларнинг дастлабки сошлаш параметрларини ифодалайдиган формулаларни оламиз:

$$s_0 = \omega(m^2 + 1) \cdot \theta_{\infty}(m, \omega) \cdot \sin F_{\infty}(m, \omega);$$

$$s_1 = \theta_{\infty}(m, \omega) \cdot [m \sin F_{\infty}(m, \omega) - \cos F_{\infty}(m, \omega)].$$

Сошлаш параметрларининг текислиги деганда абсцисса ва ордината ўқларига ростлагичнинг сошлаш параметрлари миқдори қўйилган координаталарнинг тўғри бурчакли системалар текислиги тушунилади. Частота ω га турли миқдорлар берилиб, сошлаш параметрлари текислигида тебранишнинг тенг даражали эгри чизиклари қурилади.



12—9-расм. ПИ—ростлагичнинг параметрлар текислигида тенг даражали тебраниш эгри чизиклари.

12—9-расмда ПИ—ростлагич сошлаш параметрларининг текислиги ва тебранишнинг тенг даражали эгри чизиги кўрсатилган. Агар s_0 параметр нолга тенг бўлса, биз статик ростлагичга эга бўламиз; автоматик ростлаш системасининг ўтиш процесси эса ростланаётган катталикнинг қолдиқ нотекислиги борлиги билан характерланади. Бу ҳолга тебранишнинг тенг даражали эгри чизигининг охириги ўнг томондаги нуқталари тўғри келади. Агар ростлагичнинг совланиши s_0 нолга яқин бўлса, ростлаш системаси ўтиш процессининг охириги қисмини чўзилганлиги билан характерланади ва бу қолдиқ тенг нотекисликнинг сустлик билан йўқотилишининг натижасидир. Агар сошлаш параметрининг миқдори s_0 ни яна оширсак, система вақт характеристикасининг охириги қисми яхшиланади, аммо тебраниш частотаси камаяди ва ростланаётган катталикнинг четга чиқиш амплитудаси ошади. Ростлагич сошлаш параметрларининг қиймати тебранишнинг тенг даражали эгри чизигидаги экстремал нуқтага мос келгунча сошлаш процессининг сифати ортиб боради. Сошлаш параметри s_1 нинг камайиши ростлагичнинг тез ишлашини камайтиради ва ростлаш процессининг динамик хатосини оширади. Тебранишнинг тенг даражали эгри чизигида ўнгдан чапга ҳаракат қилинганда ўтиш процессининг эгри чизиги остидаги юза ортади. Бундан ташқари, ростлагич сошлаш параметрлари s_0 ва s_1 нинг кичик қийматларида ўтиш процессининг вақти каттадир.

Шундай қилиб, берилган сўниш даражаси ва ўтиш процессининг минимал юзасини таъминловчи ростлагичнинг оптимал сошлаш параметрлари тебранишнинг тенг даражали эгри чизигининг ўнг тарафида ва экстремум нуқтасига яқин бўлиши лозим.

ПД — ростлагичли АРС. Ростлаш системасида қуйидаги узатиш функциясига эга бўлган ПД—ростлагич бўлсин деб фараз қилайлик:

$$W_p(p) = -(s_1 + s_2 p).$$

Бу ҳолда, ПИ — ростлагичлардаги каби дастлабки тенгламага эга бўламиз:

$$s_1 = \theta_{\infty}(m, \omega) \{m \sin [F_{\infty}(m, \omega) - \pi] + \cos [F_{\infty}(m, \omega) - \pi]\};$$

$$s_2 = \frac{1}{\omega} \theta_{\infty}(m, \omega) \sin [F_{\infty}(m, \omega) - \pi].$$

Частота ω га турли миқдорлар бериб, ростлагичнинг сошлаш параметрлари текислигида (12—10-расм) берилган m миқдор учун тебранишнинг тенг даражали эгри чизиги қурилади. 12—10-расмда типавий сошлаш объекти учун тебранишнинг тенг даражали эгри чизиги тасвирланган бўлиб, унда $m = 0$ ва $m = 0,221$ га тенг.

ПД — ростлагичлар учун ростлашнинг статик хатоси характерлидир ва бу хатони $\Delta x_{\text{чик}}(\text{ст})$ формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$\Delta x_{\text{чик}}(\text{ст}) = \Delta x_{\text{кир}} \frac{K_{\infty}}{1 + K_{\infty} s_1}, \quad (12-21)$$

бунда $\Delta x_{\text{кир}}$ — поғонасимон кириш таъсирининг амплитудаси; s_1 — ростлагичнинг кучайтириш коэффициент; K_{∞} — ростлаш объектининг кучайтириш коэффициент. (12—21) формулани П — ростлагичлар учун ҳам қўллаш мумкин.

Пропорционал-дифференциал ростлагич сошлаш параметри s_1 нинг максимал қийматида статик хато минимал бўлади. Шунинг учун ростлагичнинг сошлаш параметрлари текислигида оптимал қиймат сифатида тебранишнинг тенг даражали эгри чизигида экстремал нуқта олинади.

ПИД — ростлагичли АРС. Ростлаш системасида учта сошлаш параметрларига эга бўлган астатик ростлагичлардан фойдаланилганда ҳисоблаш учун дастлабки тенгламалар ишлатилади:

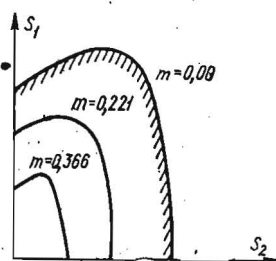
$$S_0 = \omega \theta_{\infty}(m, \omega) \sqrt{1 + m^2} [m \cos \gamma - \sin \gamma] + S_2 \omega^2 (1 + m^2);$$

$$S_1 = \theta_{\infty}(m, \omega) \sqrt{1 + m^2} \cdot \cos \gamma + 2 S_2 m \omega;$$

бунда

$$\gamma = F_{\infty}(m, \omega) + \arctg m - \pi$$

Бу иккита тенгламадан учта номаълум сошлаш параметрини аниқлаш лозим. Бунинг учун S_2 га турли қийматлар берилади ҳамда ҳар бир қиймат учун S_1 ва S_0 параметрларнинг икки ўлчамлик текислигида тебранишнинг тенг даражали эгри чизиги қурилади (12—11-расм). Ҳар бир эгри чизик учун S_1 ва S_0 параметрлар топилади. Аниқланган S_2 , S_1 ва S_0 параметрлардан ўтиш процесслари қурилиб,



12—10- расм. ПД—ростлагичнинг параметрлар текислигида тенг даражали тебраниш эгри чизиклари.

олинган вақт характеристикалари ўзаро таққосланади, сўнгра ростлагич созлаш параметрларини оптимал танлаш нуқтаи назаридан маълум бир хулоса чиқарилади.

XII. 4- §. Ростлагичнинг оптимал созланишларини ростлаш объектининг АФХ сидан аниқлаш

Автоматик ростлаш системаларининг синтезида системада маълум турғунлик запаси бўлишига интилинади. Системанинг турғунлик запаси ҳақида (системада частота характеристикалари мавжуд бўлганда) очик система АФХ сининг координаталари $(-1, j0)$ бўлган нуқтадан қанчалик узоқлигига қараб фикр юритилади. Бу ҳолда модуль бўйича ва фаза бўйича турғунлик запаси каби тушунчалардан фойдаланилади.

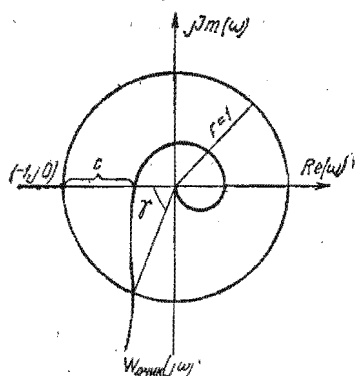
Модуль бўйича турғунлик запаси деб, очик система АФХ сининг манфий ҳақиқий ўқ билан кесишган нуқтасидан координаталари $(-1, j0)$ бўлган нуқта оралиғидаги кесим тушунилади (12—12-расм). Бу кесим қанчалик катта бўлса, турғунлик чегарасидан чиқиш учун очик система АФХ сининг модули ҳам катта миқдорга ўзгариши керак.

Фаза бўйича турғунлик запаси деб, манфий ҳақиқий ўқ билан координата бошидан радиуси $r=1$ бўлган айлананинг очик система АФХ си билан кесишган нуқтасига ўтказилган нур орасидаги α бурчакка айтилади. Бу кўрсаткич (очик система АФХ сининг модули ўзгармаган ҳолда), турғунлик чегарасидан чиқиш учун фаза бўйича чекланиш қандай миқдорга ошиши кераклигини белгиловчи ўлчамдир.

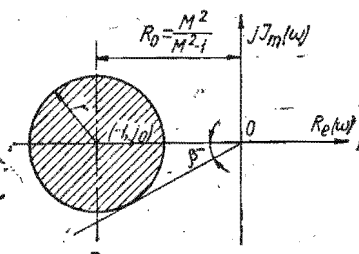
Етарли турғунлик запасига эга бўлиш учун координата бошидан $R_0 = \frac{M^2}{M^2 - 1}$ масофада ётган нуқтадан радиуси $r = \frac{M}{M^2 - 1}$ га тенг «тақиқланган» айлана ичига очик системанинг АФХ си кирмаслиги керак (12—13-расм). Бу ерда $M = \text{const}$ — тебраниш кўрсаткичи бўлиб, берк система амплитуда-частота характеристикасининг максимумини частотаси $\omega = 0$ бўлган қийматга нисбатини кўрсатади. M катталики очик системанинг АФХ си координаталари $(-1, j0)$ бўлган нуқтадан узоқлигини характерлайди. Бошқача қилиб айтганда, тебраниш кўрсаткичи M текшириладиган системанинг турғунлик запаси катталигини характерлайди. 12—13-расмдан кўриниб турибдики, S модуль бўйича системанинг турғунлик запасини қуйидаги формула билан ҳисоблаш мумкин:

$$c = 1 - (R_0 - r) = 1 - \left(\frac{M^2}{M^2 - 1} - \frac{M}{M^2 - 1} \right) = \frac{M - 1}{M^2 - 1}.$$

12—11-расм. ПИД—ростлагичнинг параметрлар текислигида тенг даражали тебраниш эгри чизиқлари.



12—12- расм. Модуль ва фаза бўйича турғунлик запасини баҳолаш.



12—13- расм. M —тебраниш кўрсаткичининг берилган қийматга эга бўлган «тақиқланган» айланаси.

Фаза бўйича системанинг турғунлик запаси қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\gamma = \arccos\left(1 - \frac{1}{2M}\right).$$

12—3-жадвалда сўниш даражаси ψ нинг турли қийматлари учун ёпиқ система АФХ сининг максимуми, модуль C ва фаза γ бўйича турғунлик запаслари берилган.

Агар тебраниш кўрсаткичининг қиймати $M = 1,1 \dots 1,6$ бўлса, автоматик ростлаш системаси етарли турғунлик запасига эга деб ҳисобланади. Манфий ҳақиқий ўқ ва координата бошида r радиусли «тақиқланган» айланага ўтказилган уринма орасидаги бурчак β қуйидагига тенг:

$$\beta = \arcsin \frac{r}{R_0} = \frac{\frac{M}{M^2 - 1}}{\frac{M^2 - 1}{M^2}} = \frac{1}{M}.$$

Ростлагичнинг оптимал сошлаш параметрларини графоаналитик усул билан аниқлаш методи очик система АФХ си «тақиқланган» айланага уриниб турган ҳолда автоматик ростлагичнинг кучайтириш коэффициентини топишдан иборат. Одатда системанинг турғунлик запаси модуль бўйича $C = \frac{M-1}{M^2-1} = 0,38$ ва фаза бўйича $\gamma = \arccos\left(1 - \frac{1}{2M}\right) = 36^\circ$ бўлишини таъминловчи очик системанинг АФХ сининг максимуми катталиги асосида ҳисобланади. Бу ҳол учун:

$$r = \frac{M}{M^2 - 1} = \frac{1,62}{1,62^2 - 1} = 1.$$

$$\beta = \frac{1}{1,62} = 38^\circ.$$

12—3- жадвал

Ψ	M	C	φ
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°

12—14- расм. Ростлагч объектининг амплитуда-фаза характеристикаси бўйича статин
ростлагич кучларини коэффициентининг берилган қийматини / K_p бер/ аниқлаш.

қилинган қиймат $\frac{M}{M^2-1}$ дан фарқ қилади. Улар тенг бўлиши учун эса, ростлаш объектининг АФХ сини ростлагичнинг кучайтириш коэффициентини 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 коэффициентини маркази ҳақиқий манфий ўқда ётувчи айлана радиуси r нинг тескари катталигига тенг.

И—ростлагичли АРС. Таркибига И—ростлагич кирган ростлаш системасининг сошлаш параметрлари қуйидаги метод бўйича аниқланади. Ростлагичнинг узатиш функцияси:

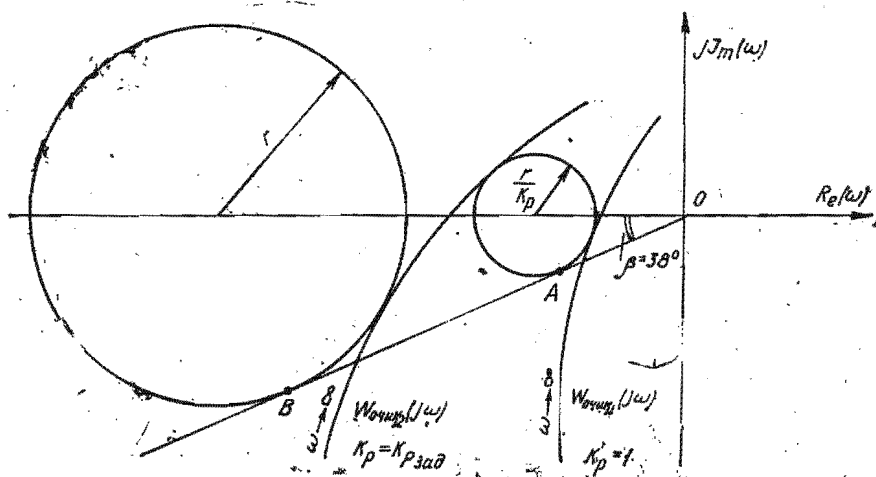
$$W_p(p) = \frac{K_p}{T_p p}.$$

Бу ҳолда ростлагичнинг амплитуда-фаза характеристикаси қуйидаги кўринишга келади:

$$W_p(j\omega) = \frac{K_p}{T_p j\omega}.$$

Объектнинг АФХ си қурилади (12—15-расм) ва $K_p = 1$ деб, $K_p = T_p$ нинг қандайдир қийматлари учун очиқ системанинг амплитуда-фаза характеристикаси қурилади:

$$W_{oc}(j\omega) = W_{ob}(j\omega) \cdot W_p(j\omega) = \frac{W_{ob}(j\omega)}{j\omega T_p} = \frac{W_{ob}(j\omega)}{\omega T_p} e^{-j\frac{\pi}{2}}. \quad (12-22)$$



12—15- расм. Ростлаш объектининг И—ростлагичли амплитуда-фаза характеристикаси бўйича ўтказиш коэффициентини аниқлаш.

12—22 ифодадан кўриниб турибдики, K_p ва T_p да очиқ системанинг АФХ сини қуриш учун ростлаш объекти АФХ сининг ҳар бир векторини $W_{oc}(j\omega)$ манфий йўналишда соат стрелкасининг ҳаракати бўйича $\frac{\pi}{2}$ бурчакка буриш ва узунлигини (ωT_p) марта камайтириш лозим (12—15-расм). Координаталар бошидан ҳақиқий манфий ўққа $\beta = \arcsin \frac{1}{M} = \arcsin \frac{1}{1,62} = 38^\circ$ бурчак остида нур ўтказилади ва бир вақтнинг ўзida нур билан очиқ система АФХ си $W_{oc}(j\omega)$ га тегиб турадиган, шунингдек, маркази ҳақиқий манфий ўқда бўлган айлана чизилади. Қурилган айлананинг радиуси ўлчанади ва қуйидаги формуладан ростлагичнинг созланиши топилади:

$$s_1 = \frac{K_p}{T_p} = \frac{1}{T_p} \cdot \frac{1}{r}.$$

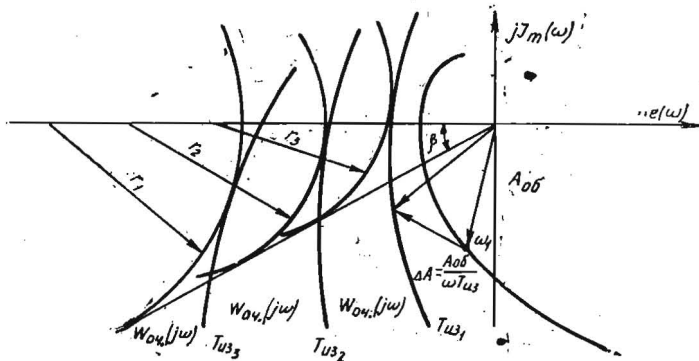
ПИ—ростлагичли АРС. Изодром ростлагичнинг оптимал созлаш параметрларини аниқлаш тартибини кўриб чиқамиз. Дастлаб ростлаш объекти $W_{oc}(j\omega)$ нинг амплитуда-фаза характеристикаси қурилади. Сўнг $K_p = 1$ деб, изодром вақти $T_{из}$ нинг қийматлари учун очиқ система $W_{oc}(j\omega)$ нинг АФХ си чизилади. ПИ—ростлагичли очиқ система $W_{oc}(j\omega)$ нинг амплитуда-фаза характеристикасининг кўриниши қуйидагича:

$$\begin{aligned} W_{oc}(j\omega) &= W_{oc}(j\omega) \cdot W_p(j\omega) = W_{oc}(j\omega) \cdot K_p \left(1 + \frac{1}{j\omega T_{из}} \right) = \\ &= W_{oc}(j\omega) \left(1 + \frac{1}{j\omega T_{из}} \right) = W_{oc}(j\omega) - j \frac{W_{oc}(j\omega)}{\omega T_{из}} = \\ &= W_{oc}(j\omega) = \frac{W_{oc}(j\omega)}{\omega T_{из}} e^{-j\frac{\pi}{2}}; \end{aligned} \quad (12-23)$$

Бунда $K_p = 1$.

(12—23) ифодадан очиқ системанинг АФХ сини қуриш қондаси келиб чиқади: $K_p = 1$ ва $T_{из}$ нинг қандайдир берилган қийматида $W_{oc}(j\omega)$ нинг АФХ сини қуриш учун созлаш объекти АФХ сининг ҳар бир векторига манфий йўналишда (соат стрелкаси ҳаракати бўйича) $\frac{\pi}{2}$ бурчакка бурилган, модули $\Delta A = \frac{A_{oc}}{\omega T_{из}}$ бўлган вектор алгебраик равишда қўшилади. Бунда A_{oc} —ростлаш объекти амплитуда-фаза характеристикаси векторининг модули.

Очиқ системанинг АФХ сини қуриб бўлгандан сўнг, ҳақиқий манфий ўққа $\beta = \arcsin \frac{1}{M} = 38^\circ$ бурчак остида координаталар бошидан нур ўтказилади. Бир вақтнинг ўзida нурга ва изодром вақти $T_{из}$ нинг маълум қийматларига мос бўлган очиқ система АФХ ларига тегиб турадиган, шунингдек, марказлари ҳақиқий манфий ўқда



12—16- расм. ПИ—ростлагичли очик системанинг $T_{из}$ нинг тур-
ли миқдорлари учун амплитуда-фаза характеристикаларини қуриш.

бўлган айланалар чизилади. Қурилган «тақиқланган» айланаларнинг радиуслари ўлчаниб, $T_{из}$ нинг ҳар бир қиймати учун ростлагичнинг кучайтириш коэффициентини $K_p = \frac{1}{r}$ формула ёрдамида ҳисобланади (12—16- расм). Олинган натижалар асосида ростлагичнинг соzлаш параметрлари тезлиги $K_p - T_{из}$ да турғунлик областининг чегараси қурилади (12—17- расм); бунда бошқариш таъсирига нисбатан ёпиқ система АЧХ сининг максимуми берилган катталиқдан ошмайди.

12—17- расмдан ростлагичнинг изланаётган оптимал соzланишлари аниқланади; бунинг учун $\frac{K_p}{T_{из}}$ нисбат энг катта бўлган нуқта олинади. Бу талабга координаталар бошидан турғунлик области чегарасига уринма ўтказиш натижасида ҳосил бўлган нуқтагина жавоб беради.

Шундай қилиб, соzлаш параметрлари текислигида турғунлик областининг чегараси қурилиб, координаталар бошидан бунга уринма ўтказиш керак. Ҳосил бўлган нуқта ПИ—ростлагичнинг оптимал соzлаш параметрларининг координаталарини беради.

ПИД—ростлагичли АРС. Ростлаш объекти билан бирлаштирилган ПИД—ростлагичнинг оптимал соzларини аниқлаш тартиби қуйидагича. Дастлаб ростлаш объектининг АФХ си қурилади. Сўнг, дарак берувчи вақт (T_d) ни изодром вақтнинг ярмига тенг қилиб олиб ($T_d = 0,5 T_{из}$), $K_p = 1$ учун очик система-
нинг амплитуда-фаза характеристикаси $T_{из}$ нинг бир неча қиймати учун чизилади:



12—17- расм. ПИ—ростлагичнинг соzланиш параметрлари текислигидаги турғунлик чегараси ва ростлагичнинг оптимал K_p опт ҳамда $T_{из}$ опт соzланишлари учун мос келадиган нуқтасини топиш.

$$\begin{aligned}
 W_{\text{оч}}(j\omega) &= W_{\text{ос}}(j\omega) \cdot W_p(j\omega) = W_{\text{ос}}(j\omega) \cdot K_p \cdot \\
 &\cdot \left(1 + \frac{1}{j\omega T_{\text{нз}}} + j\omega T_d\right) = W_{\text{ос}}(j\omega) \left(1 + \frac{1}{j\omega T_{\text{нз}}} + j\omega T_d\right) = \\
 &= W_{\text{ос}}(j\omega) + W_{\text{ос}}(j\omega) \cdot \left(\frac{1}{\omega T_{\text{нз}}} - \omega T_d\right) e^{-\frac{\pi}{2}};
 \end{aligned}$$

бунда $K_p = 1$.

Шундай қилиб, очиқ ростлаш системасининг амплитуда-фаза характеристикасини қуриш учун ростлаш объекти АФХ си $W_{\text{ос}}(j\omega)$ нинг ҳар бир векторига манфий йўналишда соат стрелкаси ҳаракати бўйича $\frac{\pi}{2}$ бурчакка бурилган ва модули $\Delta A = A_{\text{ос}} \left(\frac{1}{\omega T_{\text{нз}}} - \omega T_d\right)$ бўлган вектор қўшилади. ПИД—ростлагичларнинг созлаш параметрларини аниқлаш тартибининг давоми ПИ—ростлагичларнинг оптимал созлаш параметрларини аниқлаш методига ўхшашидир.

XII. 5-§. Автоматик ростлаш системаси ўтиш процессларини қуришнинг частота усули

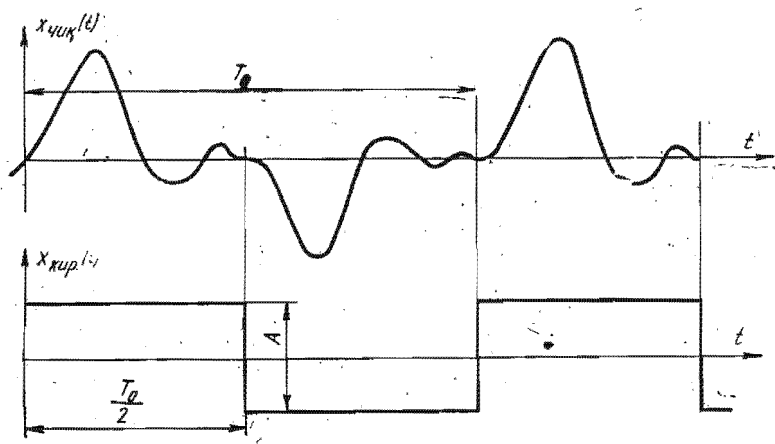
Синтез қилинаётган АРС динамик ҳисобининг тўғрилигига ишонч ҳосил қилиш учун ростлаш системасининг ижро этувчи механизмининг бошқарув органи томонидан поғонасимон таъсир натижасида, ўтиш процессининг графигини қуриш мақсадга мувофиқдир. Баъзан ростлаш процессини текширганда ростлаш системасининг киришига топириқ поғонасимон ўзгартириб киритилади.

АРС нинг ўтиш процесси эгри чизигидан ростланаётган катталиқнинг 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 процессларини қуришнинг жуда кўп усуллари мавжуд бўлиб, ҳар қандай даражали чизиқли системалар учун ўтиш процессларини қуришнинг содда йўли бўлган Акульмин усулини кўриб чиқамиз. 12—18-расмда даври T_0 бўлган ўтиш процессининг иккиланганига тенг даврий функциянинг қандайдир элементи системанинг чиқишида ўрганилаётган ўтиш процесси сифатида берилган. Агар киришдаги поғонасимон ғалаёнланишли таъсирни Фурье қаторига ёйсақ, қуйидагини оламиз:

$$x_{\text{кпр}}(t) = \frac{2A}{\pi} \left(\sin \omega_0 t + \frac{1}{3} \sin 3\omega_0 t + \frac{1}{5} \sin 5\omega_0 t + \dots \right);$$

бунда $x_{\text{кпр}}(t)$ — система киришидаги ғалаёнланиш; A — поғонасимон ғалаёнланиш амплитудаси:

$$\omega = \frac{2\pi}{T_0};$$



12—18- расм. Системанинг $X_{\text{чик}}(t)$ чиқишдаги ўтиш процесси.

T_0 — функциянинг ёйилиш даври, ростлаш системасининг ўтиш процессларидан тузилган. Чизиқли системалар учун ўтиш процессини Фурьенинг қуйидаги қатори билан ифодалаш мумкин:

$$x_{\text{чик}}(t) = \frac{2A}{\pi} \{ A(\omega_0) \sin[\omega_0 t + \varphi(\omega_0)] + \frac{1}{3} A(3\omega_0) \sin[3\omega_0 t + \varphi(3\omega_0)] + \frac{1}{5} A(5\omega_0) \sin[5\omega_0 t + \varphi(5\omega_0)] + \dots \}; \quad (12-24)$$

бунда $A(\omega_0)$; $A(3\omega_0)$, — ω_0 , $3\omega_0$, частоталар учун система АЧХ сининг қийматлари;

$\varphi(\omega_0)$; $\varphi(3\omega_0)$, — ω_0 , $3\omega_0$, ... частоталар учун система ФЧХ сининг қийматлари.

Агар система кесилиш частотасини $\omega_{\text{кес}}$ орқали белгиласак, у ҳолда даврий функциянинг ёйилиш даври T_0 умумий кўринишда қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$T_0 = \frac{4\pi}{\omega_{\text{кес}}}. \quad (12-25)$$

Хусусий ҳолда, яъни процесснинг тебраниш даражаси $m = 0,221$ бўлганда ёйилиш даври қуйидагига тенг:

$$T_0 = 6T_{\text{г}}.$$

$T_p = \frac{2\pi}{\omega_p}$ эканлигини ҳисобга олсак:

$$T_0 = 6 \left(\frac{2\pi}{\omega_p} \right). \quad (12-26)$$

Шундай қилиб, берк ростлаш системасининг ўтиш процессини Акульмин усули бўйича қуриш учун ростлагичнинг топилган оптимал созланишларининг ҳисоби бўйича (12—26) формуладан функ-

циянинг ёйилиш даври (T_0) топилади. Агар берк системанинг амплитуда-фаза характеристикасига эга бўлсак, у ҳолда ёйилиш даври T_0 (12—25) формула орқали топилади. Сўнг кесилиш частотасига ω_0 , $3\omega_0$, $5\omega_0$, ... учун $A(\omega_0)$; $A(3\omega_0)$; $A(5\omega_0)$... ва $\varphi(\omega_0)$; $\varphi(3\omega_0)$; $\varphi(5\omega_0)$... (12—24) формулага қўйиб турли вақтларда ростилаш объекти чиқиш катталигининг қийматлари ҳисобланади:

XIII боб. АВТОМАТЛАШТИРИШНИНГ ТЕХНИКАВИЙ ВОСИТАЛАРИ

XIII. 1-§. Автоматик ростилагичларнинг классификацияси

Автоматик ростилагичлар саноатнинг турли соҳаларида технологик процессларни автоматлаштиришда кенг ишлатиладиган техникавий воситалардан ҳисобланади. Ростилагичларни классификациялаш ростиланувчи миқдорнинг тури, ростилагичнинг иш усули, ишлатиладиган энергия тури, ижро этувчи механизмнинг ростиловчи органига кўрсатиладиган таъсирнинг характери, ростилагич ишининг характеристикаси (ростилаш қонуни) каби хусусиятларга асосланади.

Ростиланувчи миқдорнинг турига кўра ростилагичлар қуйидагиларга бўлинади: босим, сарф, температура, сатҳ, намлик ва ҳоказоларни ростилагичлар. Ишлаш усулига кўра бевосита ва билвосита таъсир қилувчи ростилагичлар мавжуд. Ижро этувчи механизмнинг ростиловчи органини ишга тушириш учун ростиланувчи объектдан олинган энергиянинг ўзи билан ишловчи ростилагичлар бевосита таъсир қилувчи ростилагич деб аталади. Агар ижро этувчи механизмнинг ростиловчи органини ишга тушириш учун қўшимча энергия керак бўлса, билвосита таъсир қилувчи ростилагичлар ишлатилади. Фойдаланиладиган энергия турига кўра ростилагичлар электр, пневматик, гидравлик ва аралаш (электр-пневматик, пневмо-гидравлик ва ҳоказо) ростилагичларга бўлинади.

Ижро этувчи механизмнинг ростиловчи органига кўрсатиладиган таъсирнинг характери жиҳатидан ростилагичлар узлукли ва узлуксиз ишловчи бўлади. Узлукли ишловчи ростилагичларда ижро этувчи механизмнинг фақат ростиловчи органи ростиланувчи миқдорнинг узлуксиз муайян қийматида ҳаракат қилади. Узлуксиз ишловчи ростилагичларда эса ижро этувчи механизмнинг ростиловчи органи ростиланувчи миқдорнинг узлуксиз ўзгариш ҳолатида узлуксиз ҳаракат қилади.

Ростиланувчи миқдорнинг ўзгариши ва ростиловчи таъсир ўртасидаги боғланиш (ёки ижро этувчи механизм ростиловчи органининг ҳаракати), яъни ростилаш қонуни назарда тутилган иш характеристикасига кўра ростилагичлар позицион, интеграл (астатик), пропорционал (статик), изодром (пропорционал-интеграл), пропорционал-дифференциал (олдиндан таъсир этувчи статик), пропорционал-интеграл-дифференциал (олдиндан таъсир этувчи изодром) бўлади.

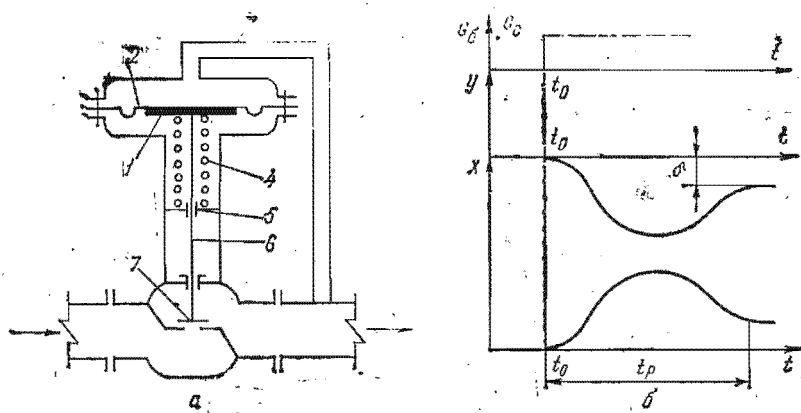
Ростиланувчи миқдorni вақт давомида талаб қилинган чегарада сақлаб туриш жиҳатидан ростилагичлар стабилловчи, программали

ва кузатувчи ростлагичларга бўлинади. Стабилловчи ростлагичлар ростланувчи миқдорнинг берилган қийматга (маълум даражадаги хато билан) тенглашишини таъминлайди. Программали ростлагичлар махсус программали топшириқ бергич ёрдамида ростланувчи миқдорнинг вақт бўйича аввалдан маълум бўлган программа (қонун) бўйича ўзгаришини таъминлайди. Бу программа технологик регламент талабларига мувофиқ тузилган бўлади. Кузатувчи ростлагичларда ростланувчи миқдорнинг вақт бўйича ўзгариши ростлагич топшириқ бергичга билвосита таъсир қилувчи бошқа катталиқнинг ўзгаришига мос бўлади.

ХIII. 2-§. Бевосита таъсир қилувчи ростлагичлар

Бевосита таъсир қилувчи ростлагичлар технологик процессларни автоматлаштиришда кам ишлатилади. Бунга сабаб уларнинг етарли қувватга эга эмаслиги ва кўрсатишларни масофага узатиб бўлмаслигидир. Булар асосан босим, температура ва сатҳ ростлагичларидир.

13—1-расмда бевосита таъсир қилувчи статик босим ростлагичининг 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 мебрана 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 цинг дастлабки таранглик



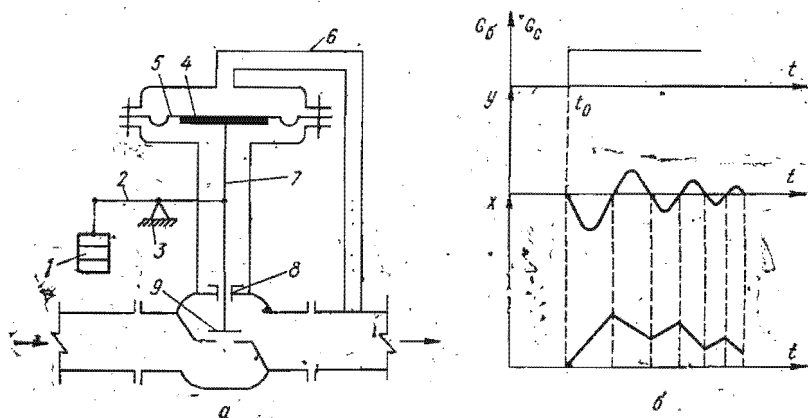
13—1- расм. Бевосита таъсир қилувчи статик босим ростлагичининг принципиал схемаси (а) ва унинг вақт характеристикаси (б):

G_6 —газнинг келиши; G_c —газ сарфи; y —ростланаётган катталиқнинг четта чиқиши, x —ростлагичнинг чиқиш сигнали (ижро этувчи механизм ростловчи органининг нисбий силжиши); δ —қолдиқ хато (ростлаш хатоси, статик потекислик).

миқдори винт 5 ёрдаида 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 таъсиридаги 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 ёрдаида созланади. Ростлаш процессининг графикларидан шундай хулоса келиб чиқади (13—1-расм, б): бевосита таъсир қилувчи ростлагичлар ғалаёнланиш содир бўлганда, модданинг келиши ёки сарфи бўйича ростланувчи миқдоруни берилган қийматга δ маълум статик хато билан t_p вақт мобайнида қайтаради. Бу хато S_1 созлаш параметрига (кучланиш коэффициенти, ростлагичнинг пропорционаллик коэффициенти) боғлиқ.

Кўриб чиқилган ростлагичлар «ўзидан олдинги» газ босимини ҳам ростлай олади. Бу ҳолда босим затвор 180° га айлантирилганда ростловчи органдан олдин танланади. Трубопроводдаги газнинг босими берилган қийматдан ортиқ бўлгани сабабли шток 6 пастга силжиганда, ростловчи органнинг ўтиш кесими катталашади.

13—2-расмда бевосита таъсир қилувчи босим астатик ростлагичи тасвирланган. Ростланувчи объектда (трубопровод 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 қаллагининг устки бўшлиғига келади ва мембрана 5 га таъсир қилади. Мембрана сезгир ва бошқарувчи элемент вазифасини бажаради. Газнинг ростланувчи босими ростловчи органнинг қан-



13—2-расм. Бевосита таъсир қилувчи астатик босим ростлагичининг принципиал схемаси (а) ва унинг вақт характеристикаси (б):

Об—газнинг келиши; G_c —газ сарфи, y —ростлаётган (маталликнинг четга чиқиши, x —ростлагичнинг чиқиш сигнали (ижро этувчи механизм ростловчи органнинг нисбий силжиши).

чалик очиқлигига боғлиқ. Ричаг 2 шток 7 билан қаттиқ боғланган ва таянч нуқтаси 3 га эга. Ричагнинг бўш томонига юк 1 осилади. Юкнинг вазни мембрана 5 ва шток 7 нинг пастга қараб силжишига тескари таъсир қилувчи куч ҳосил қилади. Юк ва мембрана ҳосил қилган кучлар тенг бўлганда ростловчи органда шток 7 ҳаракатсиз бўлиб, муайян ҳолатни эгаллайди. Агар мувозанат ҳолати бузилса, яъни ростлаш системасида тенгсизлик пайдо бўлса, шток 7 силжийди ва ростловчи органдаги ўтиш кесими ўзгаради. Бу ўзгариш мувозанат қайтадан тиклангунча давом этади. Ростловчи органнинг силжиш тезлиги ростланувчи параметрининг берилган қийматдан четга чиқишига пропорционал бўлиб, трубка 6 дан ўтиб ростлагичнинг қабул қилувчи қисмига келадиган газ миқдорига боғлиқ. Ростлаш системаси маълум инерционликка эга бўлгани сабабли ростлаш процессида ўта ростлаш мавжуддир, бунинг натижасида ўтиш процессининг вақти чўзилади. Шунинг учун астатик ростлагичларнинг ишлатилиши бирмунча чекланган.

ХIII.3-§. Электр ростлагичлар

Электр ростлагичлар ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштиришда кенг ишлатилади. Бунга қуйидаги факторлар сабаб бўлади.

1. Ноэлектрик миқдорларни электр ростлагичлар ёрдамида ўлчаш методлари яхши ишланган ва автоматик ўлчашнинг бир қатор масалаларини ҳал қилишга, кенг спектрдаги физик-химиявий параметрларни ноинерцион ўзгартишга ва уларни технологик регламентларга риоя қилган ҳолда ростлашга имкон беради.

2. Турли мураккаб математик операцияларни бажаришни талаб қилувчи ҳар хил ростлаш қонунларини электр элементларда амалга ошириш принципиал қийинчиликларни ҳосил қилмайди.

3. Ростлаш системаларидаги электрик юритмаларда энергия таъминоти узилиб қолганда, ижро этувчи механизм қандай ҳолатини эгаллаб турган бўлса, шу ҳолатда тўхтайти, пневматик юритмаларда эса бундай шароитда ростловчи органнинг ўтиш кесими ёки батамом беркилади, ёки тўла очилади ва авария хавфи ҳосил бўлади.

4. Электр датчик ва ўзгартгичларнинг кўрсатишини масофага узатиш жуда оддий бажарилади.

5. Электр ростлагичларнинг ишлаши етарли даражада ишончлидир.

Ҳозирги вақтда мамлакатимизнинг приборсозлик саноати электр ростлагичларнинг қуйидаги модификацияси ва қўшимча қурилмалар комплектини ишлаб чиқаради: 1) унификациялашган электрон агрегат системалари (ЭАУС); 2) «Теплоприбор» заводининг ростлагичлари; 3) автоматик контрол ва ростлашнинг унификациялашган системаси (УСАКР).

ЭАУС приборлари Бутуниттифоқ теплотехника институтининг электрон аппаратураси системалари асосида ишланган ва энергетика, металлургия, қурилиш материаллари ҳамда озик-овқат саноатларида ишлатилади. Система ростлашнинг пропорционал, пропорционал-интеграл, пропорционал-дифференциал ва пропорционал-интеграл-

дифференциал қонунларини амалга оширади. Системанинг блоклари узлуксиз ёки узлукли чиқиш сигналларига эга. Системадаги алоҳида ростловчи блокнинг узлуксиз чиқиш сигнаolini 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 сигналларни тўғри датчиклардан қабул қилади. Система блок (агрегат) принципида қурилган деганда, унинг таркибига турли вазифани бажарувчи блоклар (датчиклар, ўлчов ўзгартгичлари, иккиламчи приборлар, ростлагичлар, топшириқ бергичлар, дифференциаторлар, натижаларни масофадан туриб кўрсатувчи приборлар, ижро этувчи механизмлар ва бошқалар) кирган системани тушуниш лозим. Бу қисмларни муайян усуллар билан боғлаб стабилловчи, кузатувчи, программали ва кўп алоқали ростлаш системаларини яратиш мумкин. Системани ишлаб чиқишда айрим блокларнинг чиқиш сигнал.

13 — 1-жадвал

Ўлчаш блокиннг вазифалари ва типлари	Шаклландувчи блокларга эга бўлган ростловчи қурилмаларнинг типлари		
	ЭР-62 (ЭР-62-ЭГ) (ПИ — ростлаш қонуни, реле контакт- ли чиқиш)	РПИ ва РП-2 (РПИ-ЭГ) (ПИ — ростлаш қонуни, реле кон- тактсиз чиқиш)	КПИ-62 (ПИ — ростлаш қонуни, узлук- сиз контактсиз чиқиш)
1	2	3	4
Ўзгарувчан токли учта (индуктив, дифференциал-трансформатор ва ферродинамик) датчиклар сигналларини қўшиш (И—III)	РПИК — III	РПИБ — III	КПИ — III
Шунинг ўзи, фақат тўртта датчиклар учун (И—IV)	РПИК — IV	РПИБ — IV РП2 — П2	КПИ — IV
Термопара сигнаlinи ўзгартириш (И—Т)	РПИК — Т	РПИБ — Т РП2 — Т2	КПИ — Т
Термопара сигнаlinи ўзгарувчан токли иккита датчик сигналлари билан қўшиш (И — Т2)	РПИК — Т2	РПИБ — Т2	КПИ — Т2
Қаршилик термометрининг сигнаlinи ўзгартириш (И — С)	РПИК — С	РПИБ — С	КПИ — С
Иккита қаршилик термометрларининг сигналларини қўшиш (И — 2С)	РПИК — 2С	РПИБ — 2С РП2 — 2С	КПИ — 2С
Магнитли кислород ўлчагич сигнаlinи ўзгартириш (И — МК)	РПИК — МК	РПИБ — МК	КПИ — МК
Унификациялашган иккита 0 ... 5 мА сигналларни қўшиш	—	РП — 2	—
Унификациялашган тўртта 0 ... 5 мА сигналларини қўшиш	—	РП2 — У2	—

ларини унификациялаш талаби назарда тутилган. ЭАУС системаси токли схемани амалга оширад (чиқиш сигнали 0,5 ... 5 мА чегараларда ўзгарувчи доимий ток). Чиқиш сигналлари доимий ёки ўзгарувчан кучланишга эга бўлган, индуктив, трансформаторли ёки ферродинамик датчиклар билан таъминланган приборларнинг ҳам чиқиш сигнали 0,5 ... 5 мА диапазондаги доимий токка эга бўлиб, нормаллаштирувчи ўзгартгичлар билан биргаликда ишлатилиши мумкин.

13—1-жадвалда система ростловчи қурилмаларининг типлари келтирилган.

ЭАУС ларнинг шакллантирувчи блоклари ростлашнинг изодром қонунини 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.

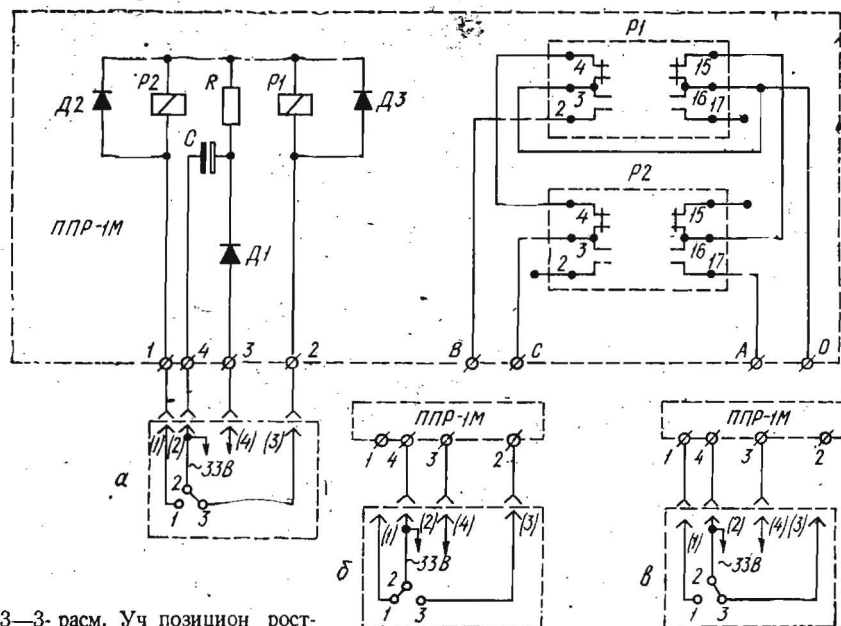
ХIII. 4-§. Позицион ростлагичлар

Ростлаш қонунлари ичида реле қонуни энг оддий ҳисобланади. Буни пневматик, электр ва бошқа ростлагичлар воситасида амалга ошириш мумкин, унда ростланаётган катталиқнинг 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 приборларининг (электрон кўприк ва потенциалтерлар, 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. 13—3-расмда позицион электр ростлагичларнинг принципиал схемаси кўрсатилган. Позицион электр ростлаш топшириқ берувчи механизм, приборга 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 (13—3-расм, б, в); ўрта контактнинг соланувчи улаш зонасига эга бўлган уч позицияли ростлаш (13—3-расм, а).

Автомат позицион ростлаш схемасидан яна (13—3-расмга қаранг) ўлчанаётган параметрнинг прибор шкаласи чегарасида берилган қийматини сигнализация қилиш учун фойдаланиш мумкин.

Контактли топшириқ бергичнинг ҳаракатчан контакти 2 ростланувчи миқдорнинг солаш тутқичи ва прибор пероси билан кинематик боғланган. Топшириқ бергич контакт группасининг 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 солаш» тутқичи орқали ўрнатилади. Вазифа кўрсаткичининг охириги қисми



13—3- расм. Уч позицион ростлагичнинг принципиал схемаси.

прибор 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, ҳаракатсиз контакт 3 томон (2, 3 контактлар — «Кам»); ўлчанаётган параметрнинг қиймати берилгандан кўп бўлса, ҳаракатсиз контакт 1 томон (2, 1 контактлар. — «Кўп») силжийди.

Носезгир зонадаги кичик қийматни қайд этадиган икки позицияли ростлашда контактли топшириқ бергичда фақат битта ҳаракатсиз контакт 1 ёки 3 ишлатилади. Икки позицияли ростлашнинг б ва в вариантлари (13—3-расм) бир-бирига ўхшаш бўлиб, улардан фойдаланиш параметрнинг катталаниши ёки кичиклашишига боғлиқ. Масалан, ҳаракатчан контакт 2 нинг ҳаракатсиз контакт 1 билан уланиш пайтида (13—3-расм, в) P2 реле ишга тушади ва O—A занжирни беркитади. Контактлар P, 2 узилганда P2 реле бўшаб, O—A занжир очилади, O—C занжир эса беркилади. Бу схемадаги иккинчи ҳаракатсиз контакт механикавий таянч вазифасини бажаради ва схемага уланмайди.

Уч позицияли ростлаш ҳолатида (13—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 O—A занжир беркилади. Ҳаракатчан

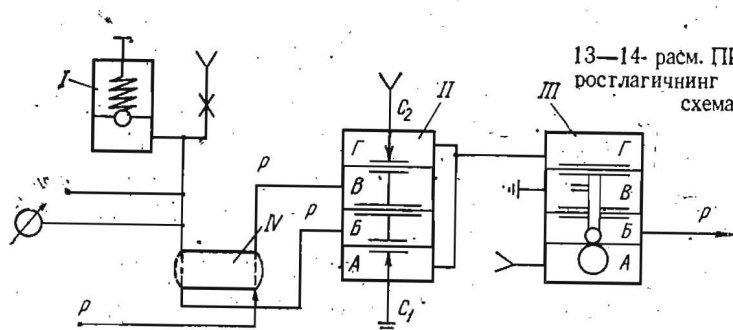
контакт 2 контакт 1 дан ажралган вақтда $P2$ реле манбадан узилиб, якорь бўшайди, $O-A$ занжир эса очилади, лекин $O-C$ занжир беркилади. Бу ҳолат ҳаракатчан контакт 2 ҳаракатсиз контакт 3 билан улангунча сақланади, яъни параметрнинг ўрнатилган носезгир зона чегарасида бўлиш вақтида бу ҳолат сақланиб келади. Ҳаракатчан контакт 2 контакт 3 билан уланганда, $P1$ реле ишга тушади, бунда $O-C$ ишловчи занжир узилади ва $O-B$ занжир беркилади. Ҳаракатчан контакт 2 контакт 3 дан ажраганда, $P1$ реле манбадан узилади, якорь бўшайди, $O-B$ занжир очилиб яна $O-C$ занжир беркилади. Системанинг нотурғун ишлашини олдини олиш учун иккала реле ҳам $D1$ диод ва C сизим орқали тўғриланган ток билан таъминланади. $D2$ ва $D3$ диодлар учқун ўчирувчи диодлардир. R қаршилиқ реленинг қайтишидаги коэффициентни камайтириб, системанинг турғунлигини оширади. Ростланувчи орган (ёки сигнализация занжири) уланган куч занжирлар O, A, B, C , клеммаларга уланади.

ППР—1М қурилма қўшимча приборга ўрнатилган трансформатордан 33В кучланиш билан таъминланади.

ПР1.5 позицион ростлагич. ПР1.5 ростлагич 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 (13—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 B камерасига, топшириқ бергичдан келган босим B камерага берилади. Агар кириш сигнали берилган босим миқдоридан катта бўлса, у ҳолда сопло $C2$ ёпиқ бўлиб, таққослаш элементининг чиқишидаги сигнал 0 га тенг бўлади. Кириш сигнали берилгандан кичик бўлса, сопло $C2$ очилади ва чиқишда бирга тенг бўлган сигнал қувват кучайтиргичининг Γ камерасига боради. Қувват кучайтиргичи бу сигнални кучайтириб ижро этувчи механизмга беради.

ПР1.5 ростлагичи ПВ10.1Э; ПВ10.1П; ПВ10.2Э; ПВ10.2П; ПВ3.2 каби иккиламчи приборлар билан биргаликда ишлайди.



13—14-расм. ПР1.5 позицион ростлагичнинг принципал схемаси.

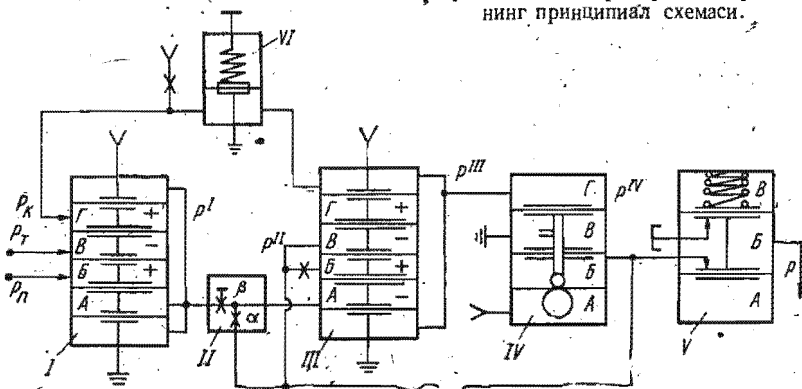
ХIII. 5-§. Пропорционал ростлагичлар

Пропорционал ростлагичлар деғанда ростловчи органнинг ростланувчи параметри ва топширилган миқдор орасидаги фарққанисбатан 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 ростлагич. ПР2.5 ростлагич ростланувчи параметрни берилган катталиқда ушлаб туриш мақсадида чиқишда ижро этувчи механизмга таъсир этувчи узлуксиз сигнал олиш учун мўлжалланган. Прибор иккиламчи приборнинг қўл билан топшириқ бергичи ёки стандарт пневматик сигналли бошқа қурилмадан масофадан туриб топшириқ олувчи ростлагичдан иборат (13—5-расм).

Ростлагич иккита таққослаш элементлари 1 ва 3, дросселли сумматор 2, қувват кучайтиргичи 4, ўчирувчи реле 5, қўл билан топшириқ бергич 6 лардан иборат. Топшириқ бергич ва ўлчов приборидан келган P_T ва P_3 сигналлар таққослаш элементи 1 нинг мембраналарига таъсир этади (манфий камера В, мусбат камера А) ва тескари алоқа мембраналарида ҳаво босими ҳосил қилган куч (камера А) билан мувозанатлашади. Таққослаш элементи 1 нинг P^I чиқиш босими ўтказувчанлиги β бўлган дросселли сумматор 2 нинг ростланувчи дроссели орқали таққослаш элементи 3 нинг а камерасига боради, худди шу камерага ўтказувчанлиги α бўлган дросселли сумматор 2 нинг ўзгармас дроссели орқали $P_{\text{чик}} = P^{IV}$ 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 автотекранишларни йўқотиш мақсадида таққослаш элементи 3 га иккита тескари алоқа киритилган: В камерага манфий ва Б камерага мусбат. Система мувозанати бузилган ҳолларда рўй берадиган автотекранишлар мусбат тескари алоқа йўлига ўрнатилган ўзгармас дроссель билан тўхтатилади.

13—5- расм. ПР2. 5 пропорционал ростлагичнинг принципал схемаси.



Қўл билан бошқаришга ўтиш мақсадида ростлагични ўзиш учун ўчирувчи реле 5 дан фойдаланилади. ПР2.5 ростлагич ПВ10.1Э, ПВ10.1П, ПВ10.2Э, ПВ.2П, ПВ3.2 типдаги иккиламчи приборлар билан биргаликда ишлайди.

ХIII. 6-§. Интеграл ростлагичлар

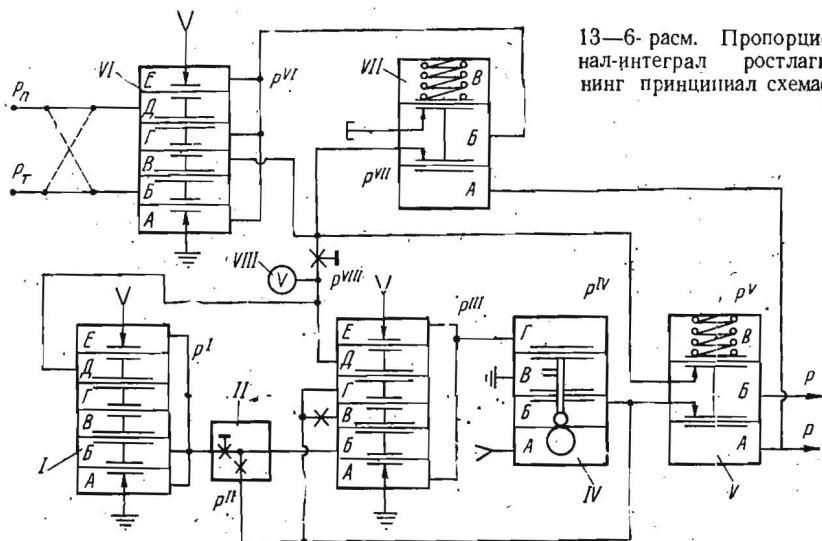
Интеграл (астатик) ростлагичлар деб ростланаётган параметр топширилган қийматдан четга чиққанда ростловчи органнинг ростланувчи параметр четга чиқишига пропорционал тезликда ҳаракат қилишига айтилади. Астатик ростлагичлар ишлатилганда ростланувчи параметрнинг мувозанат қиймати нагрузкага боғлиқ эмас ва статик хато нолга тенг бўлади. Агар ростланаётган катталиқ берилган қийматидан четга чиқса астатик ростлагич ростловчи органи ростланувчи катталиқ қиймати топширилган даражага етгунча ҳаракатга келтириб туради.

Ўзининг динамик хусусиятлари жиҳатидан интеграл ростлагичлар турғун эмас, шунинг учун ҳам улар мустақил қурилма сифатида ишлаб чиқарилмайди.

ХIII. 7-§. Пропорционал-интеграл (изодром) ростлагичлар

ПР3.21 ростлагичнинг вазифаси ПР2.5 ростлагичнинг вазифасига ўхшаш. У таққослаш элементлари I, III, VI, дросселли сумматор II, қувват кучайтиргичи IV, узувчи релелар V, VII ва сифим VIII дан иборат (13—6-расм).

Бу ростлаш блоки иккита: пропорционал ва интеграл қисмлардан тузилган. Уларнинг киришига датчикдан ростланаётган катталиқ-



нинг пневматик сигнали P_n ва иккиламчи приборга ўрнатилган топшириқ бергичдан ростланувчи катталикнинг берилган қиймати келиб, $0,2 \dots 1 \text{ кгк/см}^2$ ораликда бўлади. Блокнинг пропорционал қисми ғалаёнланишдан сўнг ҳаракатга келиб, унинг ўзи эса сумматор I, III ва дросселли сумматор II дан тузилган. ПРЗ.21 ростловчи блокнинг интеграл қисми сумматор VI ва кучайтириш коэффициентининг $K = 1$ бўлган биринчи даражали аperiодик 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 коэффициентининг — K_p , изодром вақти — T_n) ўзаро боғлиқ эмаслиги блокнинг муҳим афзаллигидир. Кучайтириш коэффициентининг (K_p) дросселли сумматордаги ўзгарувчи дросселнинг ўтказувчанлигини ўзгартириб ўрнатилади, дросселлаш диапозони $ДД = 3000 \dots 5$ чегарада ўзгаради, бу эса кучайтириш коэффициентининг қиймати $0,03 \dots 20$ бўлишига мос келади. Изодром вақти T_n аperiодик звено таркибига кирган ўзгарувчи дросселнинг ўтказувчанлигини ўзгартириб ўрнатилади ва у 3 секунддан 100 минутгача бўлиши мумкин. ПРЗ.21 ростлагич ҳам ПР2.5 ростлагичи ишлайдиган иккиламчи приборлар билан биргаликда ишлайди.

Маҳаллий топшириқ бергич ПРЗ.22 ростлагичи ПРЗ.21 дан прибор киришининг топшириқ линиясида қўл билан топшириқ бергич борлиги билан фарқланади.

ПРЗ.26 ва ПРЗ.29 ростлагичлари керак бўлган дросселлаш диапозонини ўрнатиш имконини берувчи переключатель билан таъминланган. Переключательнинг учта қайд қилинган ҳолати бор:

I. $ДД = 2 \dots 50\%$. II. $ДД = 50 \dots 200\%$. III. $ДД = 200\% \dots 800\%$.

$T_n = 0,025$ минутдан ∞ гача ўзгаради. ПРЗ.29 ростлагичи ПРЗ.26 дан маҳаллий топшириқ бергичи борлиги билан фарқ қилади.

Тўғри чизиqli статик характеристикали ПРЗ.21 ва ПРЗ.32 ростлагичларида дросселлаш диапозонини $2 \dots 3000\%$ гача созлаш мумкин.

ПРЗ.23 ва ПРЗ.33 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. ПРЗ.24 ва ПРЗ.34 нисбат ростлагичлари иккита параметр нисбатини учинчи параметр бўйича тўғрилаш билан ушлаб туриш мақсадида ижро этувчи механизмга борувчи узлуксиз ростлаш таъсирини олиш учун хизмат қилади.

Пневматик изодромли ростловчи қурилма иккиламчи прибор КСЗ комплектида ижро этувчи механизм билан биргаликда турли техноложик параметрларни пропорционал-интеграл қонун бўйича ростлаш учун мўлжалланган. Ростлагичли иккиламчи приборлар икки қисмдан — ўлчаш ва ростловчи қурилмалардан иборат. Ростловчи қурилма ресивер, фильтр, редуктор, пневматик бошқариш панели ва пнев-

матик ростлагич билан комплектланади (13—7-расм). Ростлагичга қуйидаги блоклар кириди:

БР-2 ростловчи блок;

БИ-2 интеграл блок;

08.972.069 модели 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 қилади. Пневматик реле пневматик бошқариш сигнатини ижро этувчи механизмни бошқариш учун етарли бўлган қийматга қувват бўйича кучайтириш учун мўлжалланган.

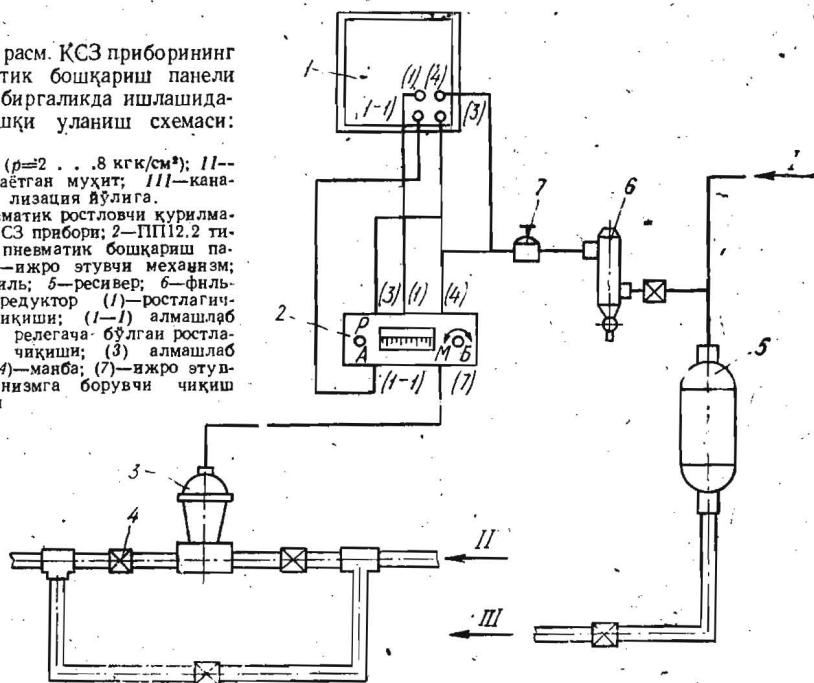
13—8-расмда КСЗ приборларида ишлатиладиган изодром ростлагичнинг принципаал схемаси кўрсатилган.

Ростланаётган параметрнинг қиймати прибор шассисига жойлашган «топшириқни ўрнатиш» дастаги воситасида қўлда берилади. Бу дастакни 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 процесснинг нормад ҳолатига мос келади. Ростланаётган параметрнинг давомии ва топширилган қийматлари бир-бирларига тенг бўлмаганда коромисло 4 нинг ўрта нуқтаси ўзгаради ва ростлагичда кириш сигнали пайдо бўлади. Рост-

13—7- расм. КСЗ приборининг пневматик бошқариш панели билан биргаликда ишлашидаги ташқи уланиш схемаси:

I—ҳаёо ($p=2 \dots 0.8$ кгк/см²); II—ростланаётган муҳит; III—канализация йўлига.

1—пневматик ростловчи қурилманинг КСЗ прибори; 2—ПП12.2 типдаги 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 боровчи чиқиш сигнали



ричаг 6 нинг штифтлар 8 ва 11 дан ўтувчи ўқ атрофида айлантериши лозим.

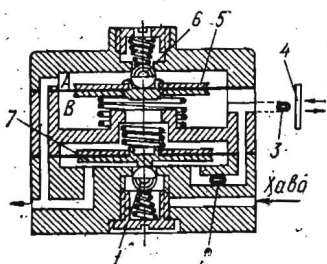
ДД нинг катталиги (процент ҳисобида) прибор чиқишидаги иш диапозони $0,2 \dots 1 \text{ кгк/см}^2$ чегарада ўзгарувчи босим таъсирида перонинг (топшириқ мили) силжиш катталигининг диаграмма кенглиги катталигига нисбати билан аниқланади. Масалан, ДД ни 10% га ўрнатилганда перонинг диаграмма бўйлаб топшириқ милига нисбатан 1% силжиши чиқишда иш диапозоннинг босимини 10% га (яъни $0,08 \text{ кгк/см}^2$) ўзгартиради. Демак, прибор чиқишидаги босимнинг сигнали ижро этувчи механизмнинг ростлаш органини тўла силжишнинг $\frac{1}{10}$ қисмига суради. Агар ДД = 250% бўлса, ростла органи $\frac{1}{250}$ қисмга сурилади.

Агар сильфонлардаги босим тенг бўлса, ростловчи блок контрол нуқтада бўлиб, босим катталиги эса чиқиш босимининг иш диапозони чегарасининг исталган нуқтасида бўлиши мумкин. Ричаг 6 ни айлантирганда ричаг 30 (идеал ҳолда) силжимаиди, яъни ричаг 6 нинг айланиши фақат статик характеристиканинг ёйсимон кўринишини ўзгартиради.

Шундай қилиб, ростлагич дрессели 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 статик характеристикаларини олиш мумкин.

Пропорционал-интеграл ростлагичнинг ишлаши (ПИ ростлагич). Дрессель 19 тўла очик 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 режимида яқин ҳолатда ишлайди. Бироқ занжир $R-C$ (дрессель ва сизим) кетма-кет улангани туфайли пневматик реле чиқишида босим ўзгариши билан мусбат тескари алоқа сильфонида (14) тезлик турлича ўзгаради; бу дрессель 19 нинг ёпиқлик даражаси ва тескари алоқа йўлининг бўш ҳажмига (пневматик сизим билан) боғлиқ. Демак, ростлагич чиқишидаги босимнинг ўзгариши (ва натижада, параметрнинг топширилган миқдорга қайтиш вақти) дрессель 19 нинг созланишига боғлиқ экан.

Қайта улаш сигнали (яъни манба босими) йўқлигида пневмокучайтиргич чиқишидаги сигнал манфий тескари алоқа сильфонида ва пружина 16 таъсирида очилган сопло 18 орқали узувчи реле 15 нинг А камерасига берилади. Сигнал дрессель 19 ва пневмосизим 20 орқали ўтиб, мусбат тескари алоқа сильфони 14 га келади. Пневматик бошқариш панели ПП12.2 дан қайта улаш сигнали приборнинг штуцери орқали реле 15 нинг В камерасига берилганда, мембранали блокда ҳосил бўлган кучланиш туфайли пружина 16 нинг қаршилиги енгиллиб, 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



13—9- расм. Пневматик реле схемаси.

ушлаб турилади; босимнинг чиқиш йўлидан дроссель 19 ва сифимлар 20 ни четлаб, А камера ва сопло 17 орқали мусбат тескари алоқа камерасига сиффон 14 боради. 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.

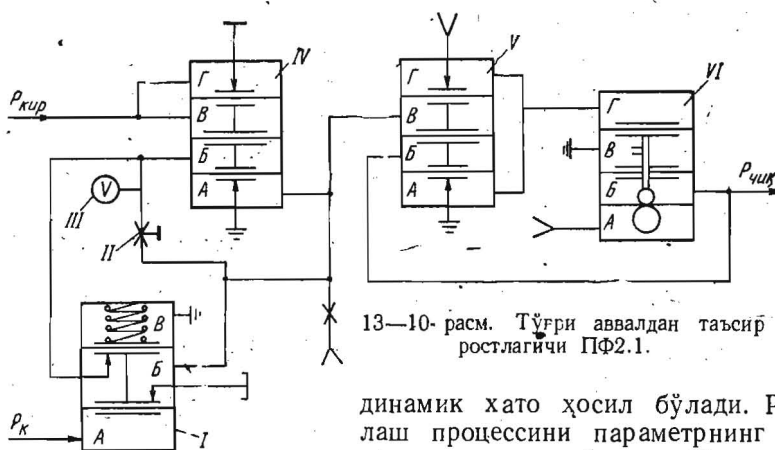
Пневматик реле (13—9-расм). Олдиндан филтёрда тозаланган ва редуктор ёрдамида $1,4 \text{ кгк/см}^2$ гача пасайтирилган ҳаво пневматик реленинг кириш клапани 1 га берилади. Клапан 1 дан ўтган

ҳаво чиқиш йўли ва А камерага, шунингдек, дроссель 2 орқали сопло системасининг В камерасига ўтиб, у ердан сопло 3 орқали атмосферага чиқади. Прибор ўлчов қисмининг таъсирида заслонка 4 силжиб, чиқиш тешигида ҳаво соплоси 3 ни дросселлайди. Соплоли камера В 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 В камерада босим кўпаяди. В 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 А да босимнинг тезлик билан кўтарилиши юз беради. Заслонканинг соплодан узоқлашиши натижасида ҳавонинг атмосферага чиқиш қаршилиги, ҳамда сопло йўлида ва В камерада босим камаяди. В 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 А камерада босимнинг камайишига сабаб бўлади. Бу процесс тез кетади ва янги мувозанат ҳолати келгунча давом этади, бунда В камерадаги босимга боғлиқ бўлган маълум босим чиқишда ва А камерада ҳосил бўлади.

Шундай қилиб, изодром ростлагичларни ростлашда катта аниқлик талаб қилинганда, сифими турлича бўлган объектларда, ўз-ўзидан тўғриланишнинг бўлиш-бўлмаслигидан қатъи назар ҳамда нагрузка қатта ва аста-секин ўзгарган ҳолларда ПИ — ростлагичлар ишлатилиши мумкин.

ХIII. 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



13—10- расм. Тўғри аввалдан таъсир
ростлагичи ПФ2.1.

гик процессларни 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.

Тўғри аввалдан таъсир ростлагичи ПФ2.1 ростлаш занжирига берилган катталиқдан параметрнинг четга чиқиш тезлигига мос таъсир қиритиш учун мўлжалланган (13—10-расм). Сиқилган ҳажмдаги ҳавонинг кириш сигнали (ростлагич ёки датчикдан) таққослаш элементи IV нинг B ва Г камераларига боради ҳамда инерцион звено (ростланувчи дроссель II ва сигим III) орқали ўша элементнинг B камерасига берилаётган таъминловчи ҳаво босими билан мувозанатлашади. Чиқиш камераси A қузатувчи система схемаси асосида уланган. Агар параметрнинг четга чиқиш тезлиги ноль ёки нолга яқин бўлса, таққослаш элементи IV нинг чиқишида кириш сигнали $P_{кир}$ қузатилади. Агар босим ўзгара бошласа, масалан, ўзгармас тезликда ортса, у ҳолда B камеранинг олдида дроссель-қаршилик II борлиги туфайли B ва Г камера мембранасидаги босимлар йиғиндиси B ва A камеранинг мембраналаридаги кучланишдан катта бўлади. Натижада таққослаш элементи IV даги C_1 сопло беркилиб, A камерада босим кескин ошади. Чиқишда киришдаги босимдан илгарилловчи сигнал пайдо бўлади. Илгариллаш 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. Ўчириш релеси I аввалдан таъсир дросселини беркитишга мўлжалланган. Буйруқ босими $P_k = 0$ бўлганда C_2 сопло ёпиқ бўлиб, B камерага ҳаво аввалдан таъсир дроссели орқали ўтади. Ростлагични ўчи-

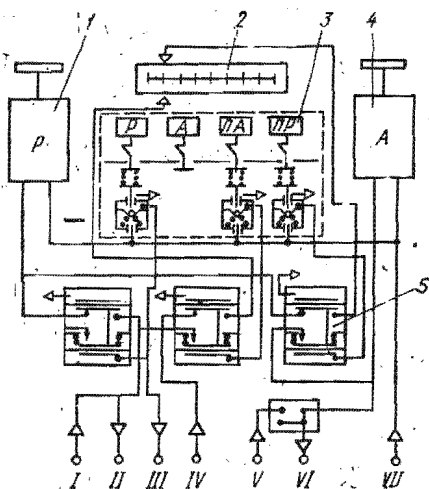
риш учун иккиламчи прибордан буйруқ босими P_k берилиб, бунда C_2 сопло очилади ва кириш сигнали ($P_{кир}$) бевосита B камерага келади. Бу ҳолда таққосдаш элементи IV га келувчи учала сигнал ўзаро тенг, чиқишдаги босим эса киришдагига тенг бўлади. Аввалдан таъсирни 0,05 ... 10 минутгача оралиқда созлаш мумкин.

ХIII. 9-§. ДПУ—1Д типдаги масофадан туриб пневматик бошқариш панели

ДПУ—1Д типли пневматик бошқариш панели иккиламчи прибор ёки ростлагичлар билан биргаликда ишлаб, технологик процесслар параметрларини ростлаш ва бошқаришга мўлжалланган. Панель воситасида ижро этувчи механизмни масофадан туриб қўлда бошқариш ўзгармас топшириқ билан автоматик ростлаш, программали топшириқ билан автоматик ростлаш, шунингдек, қўлда бошқаришдан автоматик бошқаришга узлуксиз ўтиш ёки аксинча вазифалар амалга оширилади.

Панелнинг саноат пневмоавтоматикаси универсал системасининг элементлари (УСЭППА) ва икки стрелкали кўрсатувчи (МТ2П-1 типдаги) манометр асосида тузилган принципаал пневматик схемаси 13—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 ёнгин ва портлаш хавфи бор хоналарда ҳам ишлаши мумкин.



13—11-расм. ДПУ—1Д типли панелнинг принципаал схемаси.

I —ростлагичнинг чиқиши; II —ижро этувчи механизм; III —ростлагичнинг узувчи реле-си; IV —параметр; V —программа; VI —топшириқ; VII —манба.

ХIII. 10-§. ПФ6.2 типдаги параметр бўйича программали пневматик топшириқ бергич

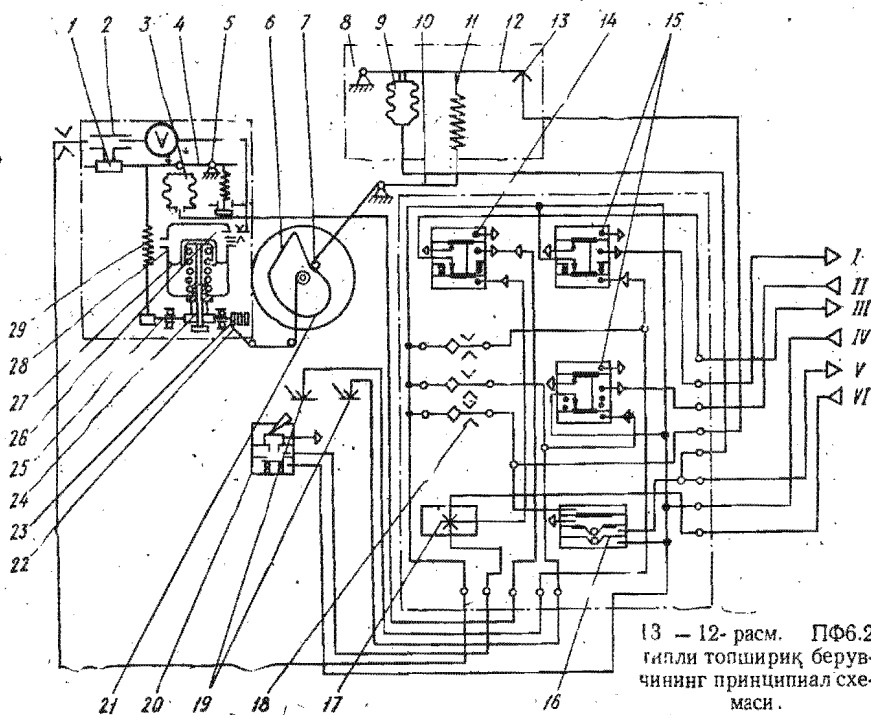
ПФ6.2 типдаги топшириқ бергич берилган программага мувофиқ 0,2 ... 1,0 кгк/см² стандарт оралиқда ўзгарувчи кириш ва чиқиш сигналларининг функционал боғлиқлигини амалга оширишга мўлжалланган. Топшириқ бергич автоматик ростлаш системаларида пневматик иккиламчи прибор ва ростлагичлар билан биргаликда технологик процесснинг параметрларини ростлашда ишлатилади.

Топшириқ бергич қуйдаги вазифаларни бажаради: 1. Программанинг исталган икки нуқтасида $1,4 \text{ кгк/см}^2$ босим билан пневматик сигнал бериш. 2. Маҳаллий ёки масофадан туриб берилган пневматик буйруқ воситасида программа дискит: ҳар қандай ҳолатдан бошланғич вазиятга қайтариш. 3. Кириш сигналини (параметрни) $\pm 1\%$ ҳа-толикда шкалада контрол қилиш.

Топшириқ бергиччи ёнғин ва портлаш хавфи бор жойларда ҳам ишлатиш мумкин.

Топшириқ бергичнинг ишлаш принципи қуйдагича (13—12-расм): ролик 7 диск 6 нинг айланувчи программа қирраси бўйлаб чизиқли силжишини пропорционал пневматик сигналга айлантиради. Ролик силжишини пневматик сигналга айлантириш тебранувчи ричаг 10 воситасида пневматик ўзгартувчи 8 нинг пружинаси 11 нинг торти-лишини ўзгартириш билан амалга оширилади.

Пружина тортилишининг ўзгариши сопло 13 ва ҳаракатланувчи ричаг 12 учи орасидаги масофанинг ўзгаришига олиб келади. Нати-жада ростланмайдиган пневмоқаршилик 18 орқали ўтувчи соплонинг йўлидаги ҳаво босими ўзгаради. Пневмоқайтарувчи 16 да қувват бўйи-ча кучайтирилган босимнинг ўзгариши топшириқ бергич чиқишига



13 — 12- расм. ПФ6.2
газли топшириқ берув-
чининг принципал схе-
маси.

I — программанинг биринчи
нуқта сигнали; II — про-
грамманинг иккинчи нуқта
сигнали; III — параметр;
IV — манба; V — чиқиш сиг-
нали; VI — нолга қайтиш.

ва тескари алоқа сиффони 9 га боради, бу эса ричаг 7 да мувозанатлантирувчи момент ҳосил қилади. Шундай қилиб, ролик программа дискининг қирраси бўйлаб силжиши билан пневматик чиқиш сигналининг катталиги орасида тўғридан-тўғри боғланиш бўлади.

Топшириқ берувчи программа дискининг айланиши куч компенсацияси схемасига асосланган пневматик сервопривод 2 орқали амалга оширилади: Кириш сигнали сервоприводнинг сиффони 3 га ҳаво босимининг ўзгариши шаклида киради. Сиффон ҳосил қилган кучланиш ричаг 4 га берилади, у эса таянч 5 атрофида айланиб ўзининг бўш учи билан кириш сигналига пропорционал тарзда сопло 1 ни ёпади. Кириш сигналининг ўзгариши сопло ва ричаг 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. Поршеннинг ҳаракати шток 24 орқали лентали узатгич воситасида вал 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 сигналининг контрол қилувчи шкаланинг диски 21 га ва унга маҳкамланган программали диск 6 га узатилади.

Шундай қилиб, кириш сигналининг катталиги билан программали диск бурчагининг силжиши орасида тўғридан-тўғри боғланиш бор. Шу усулда топширилган программа бўйича кириш ва чиқиш сигналлари орасида функционал боғланиш амалга оширилади.

Программанинг исталган икки ҳолатини сигнализациялашга сервоприводнинг чиқиш валига маҳкамланган кулачоклар 22 ва «сопло-заслонка» 19 типдаги иккита элементдан тузилган 15-П-1108 реле чиқишида $1,4 \text{ кгк/см}^2$ босимли ягона буйруқлар ҳосил қилиш билан эришилади. Кулачоклар кириш сигналининг керакли ҳолатларига мос қилиб шкалада ўрнатилади.

Программали дискни исталган ҳолатдан бошланғич (ноль) ҳолатга қайтариш учун 20-П11.2 пневмотумблёрни улаш ёки дистанцион сигнални «нолга қайтариш» штуцерига бериш лозим. Сигналларнинг бири 17-ПЗК.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.

XIV боб. ТЕХНОЛОГИК ПРОЦЕССЛАРНИНГ АВТОМАТЛАШТИРИЛГАН БОШҚАРИШ СИСТЕМАЛАРИ (ТПАБС)

XIV.1-§. ТПАБС нинг умумий характеристикаси ва классификацияси

Химия ва озиқ-овқат саноатида ишлаб чиқариш самарадорлиги ҳамда меҳнат унумдорлигини оширишда илмий-техника тараққиётининг асосий йўналишларидан бири бўлган технологик процессларнинг автоматлаштирилган бошқариш системасини (ТПАБС) яратиш ва татбиқ этишдир. Ҳисоблаш техникаси асосида яратилган ТПАБС лар, технологик комплексларни бошқаришда маҳсулотнинг сифат ва миқдор. кўрсаткичларини маълум технологик ва техник-иқтисодий мезонлардан фойдаланиб, ахборотларни марказланган тарзда ҳисоблайди. Химия ва озиқ-овқат саноатида ўзгариб турадиган ташқи муҳитнинг таъсирлари шароитида ишлаб чиқариш резервларидан фойдаланиш ТПАБС нинг асосий масаласидир.

Мамлакатимизда технологик процессларни бошқаришда ҳисоблаш техникасини қўллаш бўйича маълум тажрибалар бор. Халқ хўжалигига ўнинчи беш йилликда 1300 та ТПАБС татбиқ этилди. Буларнинг яратилишида анча мукаммал бўлган, учинчи авлодга мансуб бошқарувчи ҳисоблаш машиналаридан (М-6000 ва «Электроника») фойдаланилди. Айни вақтда республикамиз министрлик ва идораларида, корхона ва ташкилотларида 150 та АБС лар ва кўплаб ЭҲМ лар ишламоқда.

Технологик процессларнинг автоматлаштирилган бошқариш системаларини саноатга татбиқ этиш ишлаб чиқариш унумдорлигини, технологик ускуналар қуввати ўзгармаган ҳолда маҳсулот миқдорининг кўпайишини кўрсатди; хом ашё, ярим фабрикатлар ва энергия керагича сарфлангани ҳолда тайёрланган маҳсулотнинг сифати яхшилланган. Шуниси диққатга сазоворки, бу системаларни яратишга кетган маблағлар, одатда бир, бир ярим йилда ўзини қоплаган; маҳсулотларнинг сифати ва иқтисодий кўрсаткичлар яхшиланибгина қолмай, балки меҳнатнинг характери ва шароитига ҳам ижобий таъсир этган.

«СССР ни иқтисодий ва социал ривожлантиришнинг 1981—1985 йилларга ва 1990 йилгача бўлган даврга мўлжалланган асосий йўналишлари»да ҳисоблаш воситаларини, шунингдек, ТПАБС ларни жорий этишни янада ривожлантириш кўзда тутилган. ТПАБС ишлатиладиган корхона ва бирлашмаларнинг сони янада ошади. Ҳозирги

вақтда озиқ-овқат саноатида ҳисоблаш техникаси ва АБС ни татбиқ этиш бўйича катта ҳажмда ишлар олиб борилмоқда; бу системаларни яратишда мамлакатимизнинг 35 дан ортиқ ташкилотлари қатнашмоқда.

ТПАБС ларни қуйидаги белгилари бўйича синфларга бўлиш мумкин: 1) автоматлаштирилаётган ишлаб чиқаришнинг характери бўйича (узлуксиз ва дискрет узлуксиз ишлаб чиқариш процесси); 2) бошқариш объектларининг мураккаблиги бўйича; 3) функционал алгоритмик белгиси бўйича (система ҳисоблайдиган бошқариш масалалари кўлами ва ахборот ҳажми); 4) системанинг техникавий даражаси бўйича.

Бошқариш объектларининг мураккаблик даражаси сифатида контрол қилинаётган параметрлар ва бошқарув таъсирларининг миқдори ифодаланади. Бундай синфларга ажратиш (14—1 жадвал) ТПАБС нинг номенклатура асосини олдиндан тахминан белгилаб беради ва тадқиқот планига асос бўлиб хизмат қилади.

14 — 1-жадвал

ТПАБСларни бошқариш объектларининг мураккаблиги бўйича синфларга ажратиш

ТПАБС ларнинг синфлари	ТПАБС ларнинг асосий характеристикалари	Асосий функционал белгилар	Бошқариш объектларининг типавий мисоллари
1	2	3	4
0	Программалар автоматлаштирилган бошқариш системаси	Олдиндан тузилган қатъий программа билан бошқариш	Станоклар, қоримша тайёрловчи ва полиграфия машиналари, адъюстаж ускуналари гидравлик пресслар
1	Кичик ҳажмдаги контрол қилинаётган параметрларга эга бўлган технологик қурилмаларнинг АБСлари (20 тагача)	Рақамли ўлчаш, кўрсатиш ва параметрларни бир контурли ростилаш	Бур қозонларининг ўчоғи, оғирлик дозаторлари, ёнғинга қарши автоматик қурилмалар, технологик агрегатлардаги сув ҳавзалари, электр воситасида эритувчи ва анод печлари
2	Кичик ҳажмдаги контрол ва ростилаш параметрларига эга бўлган технологик қурилма ва агрегатларнинг АБСлари (40 тагача)	Рақамли ўлчаш, кўрсатиш, ёзиш, мантикий операция ва бир контурли ростилаш	Технологик қозонлар, методик печлар, иситиш қудуқлари, дөмна печларининг формалари, ректификация колонкалари, сортли ва симли станлар
3	Ўрта миқдордаги контрол, ростилаш ва оптималлаштириш параметрларига эга бўлган технологик ускуна, агрегат ёки процессларнинг АБСлари (100 тагача)	Рақамли ўлчаш, кўрсатиш, ёзиш, мантикий операция, бир ва кўп контурли параметрларни ростилаш	Конверторлар, бўлимли печлар, химиявий реакторлар, нефтни дастлабки ишлаш қурилмалари, бойитиш ва агломерация фабрикаларининг шихта тайёрлов комплекслари

1	2	3	4
4	Кўп миқдордаги контрол-ростлаш ва оптималлаштириш параметрларига эга бўлган технологик агрегат ёки процессларнинг 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, программали бошқариладиган станоклар бўлими
5	Жойида бошқариш учун ҳисоблашнинг техникавий воситалари ишлатилмайдиган технологик процесс ва агрегат қурилмалари бўлган ишлаб чиқаришнинг АБС лари	Рақамли ўлчаш, кўрсатиш, ёзиш, мантиқий операция, бир ва кўп контурли параметрларни ростлаш, техника-иқтисодий кўрсаткичларни ҳисоблаш ва бир босқични бошқаришда диспетчерлаштириш	Электролиз цехлари, сульфат кислота ишлаб чиқариш бўлимлари, сунтий тола ишлаб чиқариш, агломерация фабрикаси, бойитиш фабрикалари
6	Ҳисоблашнинг техникавий воситалари ишлатиладиган технологик процесс ва агрегат, қурилмалари бўлган ишлаб чиқаришларнинг АБС лари	Рақамли ўлчаш, кўрсатиш, ёзиш, мантиқий операциялар, параметрларни бир ва кўп контурли ростлаш, техника-иқтисодий кўрсаткичларни ҳисоблаш ва икки босқичли бошқаришда диспетчерлаштириш	Конвертор печлари, домна печлари, цемент заводлари, сульфат кислота ишлаб чиқариш бўлимлари, бойитиш комбинатлари, катта шаҳарлардаги кўча ҳаракати

Функционал-алгоритмик белгилари бўйича (14 — 2-жадвал), ТПАБС нинг синфларига биноан, қўрилатган системаларни қуйидаги уч турга ажратиш мумкин: 1) мантиқий программали бошқариш системалари; 2) оптимал бошқариш системалари; 3) комплекс бошқариш системалари.

14 — 2-жадвал

ТПАБСларни функционал-алгоритмик белгилари бўйича синфларга ажратиш

ТПАБС синфининг асосий характеристикаси		Асосий функционал белгилари	Бошқариш объектларининг типавий мисоллари
1	2	3	4
1.	Мантиқий программали бошқариш системалари (бир типдаги технологик қурилмалар, группалари билан)	Вақтнинг бошқарилаётган қурилмалар орасида тар- тиб билан бўлиниб, қатъ- ий ёки яримқатъий про- грамма асосида тўғридан- тўғри рақамли бошқариш	Контрол қилинаётган бў- лимларнинг автоматлаш- тирилган группаси ёки электрон техника буюм- ларининг синови, шунинг- дек, механикавий ишлов бериш станоклари, вакуум ҳайдаш бўлимлари, иссиқ- лик ускуналари
2.	Оптимал бошқариш сис- темалари (технологик	Танланган математик мо- деллар ва объектлардан	Химия реакторлари, тру- бопрокат станлари, диф-

1	2	3	4
	процесс ёки технологик қурилма тартиби)	келаётган ахборотлар асосида масалани оптимал ҳисоблаш, созиш таъсирлари ёки тавсияларни операторга реал вақт масштабида бериш	фузия печларининг группаси, 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, аниққайиш, технологияни процессларни оператив ҳодимлар орқали бошқариш	Интеграл схемалар кинескопларнинг технологик йўллари, атом электростанциясининг энергоблоки, сульфат кислота ишлаб чиқариш, домна печи, иссиқлик электростанциялари

Шуни қайд қилиб ўтиш керакки, ТПАБС ёрдамида технологик процессларни 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 процесслар даражасидаги бошқариш системалари реал вақт масштабида, яъни технологик процесслар билан бир вақтда ишлаши лозим. Бу ҳолда бошқарувчи ҳисоблаш машинасига (БХМ) 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 ТПАБС ларни алгоритмик таъминлашда қўшимча талаблар вужудга келади: улар ўзларини иқтисодий жиҳатдан оқлашлари лозим, яъни биринчидан, ахборотни қайта ишлашга кетган вақт бўйича, иккинчидан эса БХМ 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 ўлчалли, рақамли бошқаришда; 3) идентификациялаш ва адаптациялашда; 4) оптималлаш ва координатлашда.

Техникавий даражаси ва мураккаблигининг ортишига қараб ТПАБС ни локал, комплекс ва интегралланган системаларга ажратиш мумкин.

Локал ТПАБС лар — кам миқдордаги бир турли асосий ёки ёрдамчи операциялар технологик процессларининг автоматлаштирилган бошқариш системалари (аппарат, қурилма, агрегат). Бу оралиқ стадия бўлиб, у янада мураккаб системага ўтиши лозим. Бундай системалар автоматик равишда бажарилаётган вазифаларининг кам-

лиги билан характерланади ва бунда ТПАБС нинг 0, 1, 2 синфларини қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Комплекс ТПАБС лар. Булар асосий ва ёрдамчи технологик процессларнинг локал автоматлаштирилган бошқарув системасининг бирлигидир, улар ўзаро ягона агрегатли ва умумий символ билан боғланган (масалан, бўлим, ишлаб чиқариш, қисмларнинг АБС). Критерийлар, одатда, технологик ёки техника-иқтисодий характерга эга. Бу системаларни қандайдир тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришда 3 ва 4 синф ТПАБС ларини қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Интегралланган ТПАБС лар. Булар мураккаб ва турли хил асосий ҳамда ёрдамчи процессларнинг автоматлаштирилган бошқариш системалари бўлиб, бунда асосан 4 ва 5 синф ТПАБС ларини қўллаш мақсадга мувофиқ. Шунингдек, ЭХМ ларда системанинг математик таъминотини яратганда, техника-иқтисодий кўрсаткичларни ҳисоблашда ва технологик процесс ҳамда технологик комплексларни тўла оптималлашда ҳам ишлатилади. Бундан ташқари, бу системалар ишлаб чиқариш бўлимларининг ишини таҳлил қилиб, унинг келгусидаги ривожланишини белгилайди.

XIV. 2-§. ТПАБС ларнинг асосий функциялари

ТПАБС лар мураккаб, кўп функцияли системалар турига киради. Бу синфнинг кўп функциялилиги қатор факторлар билан ифодаланади, яъни: идентификациялаш; контрол, ҳимоя ва блокировка; ростлаш ва бошқариш каби айрим функционал ёрдамчи системаларнинг борлиги; локал, айрим бошқариш масалаларининг умумий, глобал мақсадга бўйсунилишнинг натижаси; ёрдамчи системалар орасидаги кўп сонли алоқаларнинг борлиги; айрим объектларни бошқаришнинг марказлашуви ва, ниҳоят, турли функцияларни бажаришда бир хил техникавий воситалардан фойдаланиш имконияти мавжудлигидир. ТПАБС лар бажарган функцияларни қуйидаги уч гурппага бўлиш мумкин: информация, бошқарув ва ёрдамчи.

ТПАБС ларнинг информация функциялари ишлаб чиқариш ходимларига (операторларга, диспетчерларга) технологик процессда бўлаётган ўзгаришларни ўз вақтида билишга имконият яратади, технологик процессларнинг кетиши ҳақида аниқ ахборотлар ишлаб чиқишда кераксиз маҳсулотларнинг камайишига олиб келади. ТПАБС ларнинг информация функциялари қуйидагичадир: 1) техникавий ва технологик ахборотларни тўплаш, дастлабки ишлаш ва сақлаш; 2) процесс ва технологик ускуналар ҳолатининг параметрларини билвосита ўлчаш; 3) технологик процесс ва ускуналар параметрларининг ҳолатини белгилаш ҳамда сигнал бериш; 4) технологик процесс ва технологик ускуналарнинг ишлаши ҳақида техника-иқтисодий ва эксплуатацион кўрсаткичларни ҳисоблаш; 5) юқори ва қўшни системаларга ҳамда бошқариш босқичларига ахборотни тайёрлаб бериш; 6) технологик процесс параметрлари, технологик ускуналар ҳолати ва ҳисоблаш натижаларини қайд қилиш; 7) процесс параметрлари ва ускуналар ҳолатида берилган миқдордан фарқларини контрол ва қайд қилиш; 8) технологик ускунанинг ҳимоя ва блокировка воситалари ишини таҳлил этиш; 9) техникавий воситалар комплекслари ҳолатини

диагноз қилиш ва олдиндан айтиш; 10) технологик процессларни олиб бориш, шунингдек, технологик ускуналарни бошқариш учун ахборот ва кўрсатмаларни оператив равишда тайёрлаш; 11) юқори босқичли ва қўшни бошқариш системалари билан ахборотнинг автоматик алмашилишини таъминлаш.

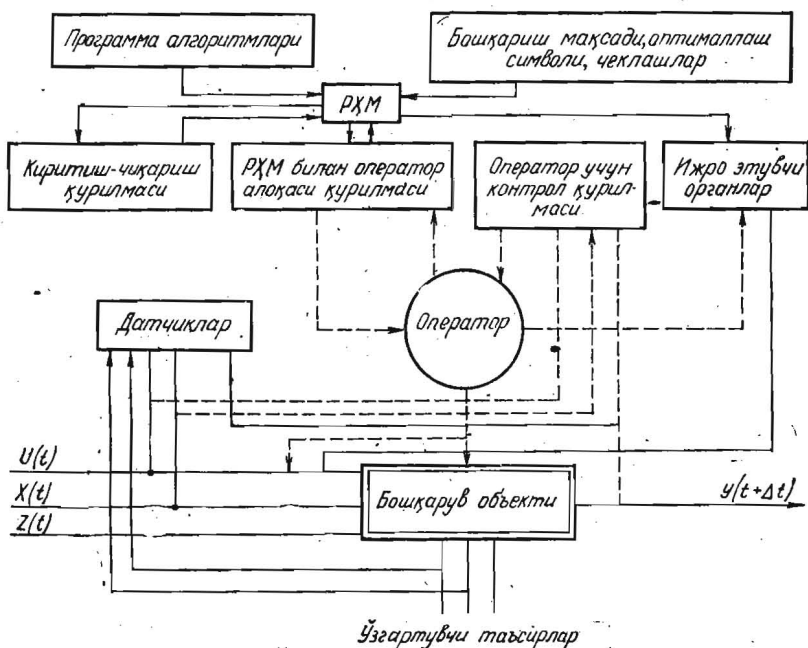
Технологик процессни бевосита бошқариш масаласи ТПАБС ларнинг бошқариш функциясини ташкил қилади. Бунда бошқариш таъсирлари операторнинг иштирокисиз автоматик тарзда амалга оширилиши мумкин ёки операторга маълум бир кўрсатмалар кўринишида берилиши (буларни оператор қабул қилиши ёки рад этиши мумкин), ёхуд оператор кўриб чиққандан сўнг автоматик тарзда таъсир этиши мумкин. ТПАБС ларнинг бошқариш функциялари қуйидагилардан иборат: 1) технологик процесснинг айрим параметрларини ростлаш; 2) бир маротаба мантиқий бошқариш (ҳимоя, блокировка қилиш); 3) каскадли ростлаш; 4) кўп алоқали ростлаш; 5) дискрет бошқаришда программалқ ва мантиқий операцияларни бажариш; 6) технологик процесснинг турғун ҳолатини оптимал бошқариш; 7) технологик процесснинг нотурғун ҳолати ва ускуналар ишини оптимал бошқариш; 8) бошқариш системасини мослаштирган ҳолда бўтун технологик объектни оптимал бошқариш.

ТПАБС 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 контрол қилиш; 4) системадаги ғайри-табiiй воситаларни олдиндан кўрсатиш; 5) юқори босқич системалар билан алоқани таъминлаб бериш; 6) системанинг технологик воситалари бузилишини олдиндан кўрсатиш.

XIV. 3- §. ТПАБС лар фаолиятининг умумлаштирилган схемаси

Химия ва озиқ-овқат саноатининг моддий асосини технологик процесслар ташкил қилади, уларни бошқариш натижасида эса ишлаб чиқаришнинг керакли кўрсаткичлари яратилади. Технологик процесс тушунчасига технологик процесснинг айнан ўзи ёки бўлими ва бу процессни амалга оширадиган технологик ускуналар кирази. Шуни таъкидлаб ўтиш керакки, датчик ва ижро этувчи механизмлар технологик ускуналарнинг конструктив элементи бўлишига қарамай, ТПАБСнинг техникавий воситалари қисмига кирази. Шу нуқтаи назардан қаралганда технологик процессни ёки бўлимни бошқариш—ускуналар, аппаратлар ёки агрегатларнинг иш ҳолатини бошқариш демакдир. Бу маънода бошқарилаётган технологик процесс деганда киришдаги контрол қилинаётган параметрлари аниқланган, объектнинг киришидаги таъсирлари билан чиқиш параметрлари орасидаги боғланиши топилган ва процесснинг бошқариш усуллари асосланган процессга айтилади.

14—1-расмда ТПАБС 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; $Y(t)$ — технологик процесснинг чиқишдаги ўзгарувчиси.



14—1-расм. ТПАБС фаоллигининг умумлаштирилган схемаси.

Технологик процесснинг кириш ва чиқиш параметрлари ҳақидаги ахборот ўлчов приборларининг датчиги ва ахборотни кириштиш-чиқариш комплекси орқали рақамли ҳисоблаш машинасига (РХМ-боради. Бу ахборотни (ёки унинг бир қисмини) оператор ҳам алоқа) қурилмаси орқали РХМга кириштиши мумкин. Бу ҳолда оператор контрол қурилмасидаги кўрсаткичлардан фойдаланади. Бошқарувчи РХМ олдиндан белгиланган алгоритмлар ва бошқарув программаси, бошқариш мақсади, танланган оптималлаш символи, чеклашлар асосида маълум бир тартиб билан кирган ахборотни қайта ишлайди. Система технологик процессини автоматик режимда бошқариши мумкин ёки бошқариш режими шундай бўлиши мумкинки, унда бошқарувчи рақамли ҳисоблаш машинаси (РХМ) алоқа қурилмаси орқали операторга технологик процессларини ижро этувчи органлар ёки топшириқ бергичларни масофадан туриб бошқариш учун маълум таъсиялар беради (яъни, «маслаҳат режими»). ТПАБСларни лойиҳалаш шундай ташкил қилиниши керакки, унда операторлар ва техникавий воситаларнинг имкониятлари тўла фойдаланиб, келажакда автоматик бошқариш системалари (АБС) кенг ўрин эгалласин, инсон эса фақат технологик ускуналар ва бошқариш системаларининг аниқ, бузилмасдан ишлашини контрол қилиш ҳамда ёрдамчи амалларни бажарсин. Умумий кўринишда системанинг математик моделини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$Y(t + \Delta t) = A \cdot V(t) + B \cdot Y(t); \quad C[X(\tau), z(\tau)]; \\ t_0 \leq t \leq t_0 + T; \quad t \leq \tau \leq t + \Delta t;$$

$Y = \{Y_n, Y_2, \dots, Y_{iF}\}; V(t) = \{U_2(t), U_z(t), \dots, U_n(t)\}$
 $X(\tau) = \{X_1(\tau), X_2(\tau), \dots, X_k(\tau)\}; z(\tau) = \{z_1(\tau), z_2(\tau), \dots, z_T(\tau)\};$

бунда Δt — ТПАБС нинг ҳаракат цикли бошидан бу ҳаракат натижасида олинган контрол ахборотгача кетган вақт; t_0 — ҳисоблашнинг бошланиши; T — процессни кузатиш вақтининг муддати; A — ТПАБС бутун ҳаракатининг оператори; B ва C — бошқариладиган ва бошқарилмайдиган кириш таъсирларининг операторлари.

Бошқариш системасининг дастлабки вақтдаги ҳаракат натижаси $Y_0(t) = 0$. ТПАБС учун $Y(t)$ функция бўлак-тёкис камаймас функция кўринишига эга.

Математик моделнинг кўриниши бошқариш таъсирини амалга ошириш вақти ва технологик процесс циклининг муддати орасидаги нисбатга боғлиқ. Умумий ҳолда бошқарув таъсирининг кечиши вақти $\tau_{\text{кеч}}$ технологик процесс ҳолатининг ўзгаришига нисбатан қуйидагича боғланган

$$\tau_{\text{кеч}} = \tau_{\text{пр}};$$

бунда $\tau_{\text{пр}}$ — кириш параметрлари ҳолатининг ўзгаришидан чиқиш координаталарининг ўзгаришигача ўтган вақт (процесс вақти); n — қандайдир константа ($0 < n < \infty$). Агар $0 < n \leq 1$ бўлса, ТПАБС реал вақт масштабида синхрон бошқариш имконини беради, у ҳолда

$$\tau_{\text{кеч}} = \tau_{\text{кв}} + \tau_{\text{хв}} + \tau_{\text{чык}} + \tau_{\text{кеч}} = \tau_{\text{пр}};$$

бунда $\tau_{\text{кв}}$ — процесс ҳақида ахборотни РХМ га киргизиш вақти; $\tau_{\text{хв}}$ — РХМ га киритилган процесс ҳақидаги ахборотни ҳисоблаш вақти; $\tau_{\text{чык}}$ — бошқарув таъсирини ҳисоблаш вақти; $\tau_{\text{кеч}}$ — соф кечиши 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) ростилаш қонунларини амалга оширувчи ва РХМдан 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 процесснинг айна пайтини эмас, балки кейинги ҳолатини бошқариш имкони бўлгандагина мумкин. Бу ҳолда бошқарувчи РХМ реал вақт масштабида қаррали даражада бошқаришнинг циклик алгоритмини ифодалайди ($n = 1, 2, 3, \dots$). Агар $n \rightarrow \infty$ бўлса, бошқариш системаси тескари боғланишсизли бошқаришга тўғри келади.

ТПАБС таркибига 14—1-расмга биноан, қуйидаги қурилмалар кириши лозим:

1. Физика-техникавий параметрларни ўлчашни таъминловчи автоматик ўлчаш приборларининг комплекти. Бунда ўлчаш натижалари унификациялашган сигналлар ҳолида бўлиши (электр-аналогли ёки дискрет) ва қабул қилувчи қурилманинг кириш характеристикалари билан мослашган бўлиши лозим. Нормалловчи ўзгартгичлар группа ҳолида бўлганда бир турли ўлчаш ўзгартгичлари коммутаторлар ёки

айланувчи қурилмалар ёрдамида навбатма-навбат кириш ахборотини ҳисобловчи умумий қурилмага уланади. Химиявий анализ натижалари, технологик процессни бошқариш учун берилган топшириқлар, техника-иқтисодий маълумотлар РХМ га оператор пультининг клавишали регистрлари орқали, шунингдек, перфокарта, перфолента, магнитли карталар ёрдамида киритилади.

2. Ижро этувчи механизмларнинг ёрдамчи прибор ва электр сигналлари, технологик процессларни бошқариш командасига ўзгарттирувчи қурилмалар, РХМ ҳисоблаб чиққан бошқариш таъсирлари қуйидаги қурилмаларга юборилиши мумкин: 1) «код-электр сигналли» ўзгартгичига, сўнгра аналогли ростлагичга ёки бир вақтда қувват кучайтиргичи ва унн ростловчи органни (РО) ҳаракатга келтирувчи вазифасини бажарувчи позицияи 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 бошқарувчи релели ёки контактсиз дискрет сигналлар кўринишида.

3. Бошқарувчи рақамли ҳисоблаш машинаси, бунга бошқарувчи ҳисоблаш қурилмалари ҳамда РХМ ва объект орасида икки томонлама ахборотли алоқани амалга оширувчи четки техника кирази. Бунда РХМ лар техника-иқтисодий масалаларни ҳисоблашда ишлатилади ва бошқаришнинг юқори босқичларида фойдаланилади. БХМ да объект билан алоқа қурилмаси (ОАҚ) бўлиб, у ўлчов ўзгартгичларидан келган ахборотни қабул қилади ва дастлабки ҳисоблаш ишларини бажаради. Ҳисоблаш комплексларининг агрегат асосида тузилиши процессининг 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 программалар назарда тутилган (стандарт программалар кутубхонаси, хизмат қилувчи, ташкил этувчи ва узайтирувчи программалар).

4. ТПАБС ни вазифалари ва система ҳал қилаётган масалаларга биноан программалар комплексига эга бўлган функционал программалар билан таъминлаш;

5. БРХМ 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 процесснинг 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 пулти, 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 эта-

ётган кўп миқдорли масалалари ва уларнинг мураккаб иерархик ўзаро боғланиши; бошқа техникавий воситаларни ҳамда ҳисоблаш системалари ташкил этишнинг махсус усуллари қўллаш заруратини келтириб чиқариши мумкин.

XIV. 4- §. ТПАБС нинг функционал структураси

ТПАБС нинг функционал-структураси бошқариш мақсадига асосланиб тузилади. Бу маънода ТПАБС битта умумий мақсадга қаратилган, яъни мақсад функциясига биноан технологик процессни оптимал равишда олиб боришдир. Шуларга асосланиб ТПАБСни қуйидаги ёрдамчи системаларга ажратиш мумкин:

1. ТПАБС нинг дастлабки босқичи — технологик процесс билан ўлчов ўзгартгичлари ва ижро этувчи механизмлар.

2. ТПАБС нинг биринчи босқичи — ўткинчи процессни бошқариш (режимга чиқариш) ҳамда технологик процессни ишга тушириш ва тўхтатиш.

3. ТПАБСнинг иккинчи босқичи — технологик процессни маълум бир ўзгармас ёки бирор қонун бўйича ўзгарувчи номинал даражада стабиллаш.

4. ТПАБС нинг учинчи босқичи — технологик параметрларни программали бошқариш ва олдиндан белгиланган вақтли функция бўйича технологик процессларни ишга тушириш, тўхтатиш ва режимларнинг алмашишида ускуналар ҳолатини ҳамда даврий процессларни программали бошқариш.

5. ТПАБС нинг тўртинчи босқичи — мақсад функцияси асосида технологик параметрларнинг оптимал миқдорларини топиш ва ишлаб чиқариш процессининг техник-иқтисодий кўрсаткичларини оптималлаш.

ТПАБС нинг функционал схемаси 14—2-расмда кўрсатилган. Бунда боғланган функционал босқичлар иерархияси қуйидагича ташкил этилган: қуйи босқичдагилар мустақил ҳаракат қилиши мумкин, аммо иерарх, юқори босқичлардаги ёрдамчи системаларнинг имкониятларидан фойдаланиб бошқаришнинг самарадорлигини ошириш мумкин.

Бошқариш системасининг биринчи босқичи (14—2-расм).



14—2- расм. ТПАБС нинг функционал схемаси.

автоматик контрол ва бошқариш процессининг марказлаштирилган даражаси ҳамда қўл меҳнатининг етарли миқдори билан характерланади. Процесснинг айрим параметрларини автоматик ростлаш автоматлаштириладиган агрегат-яқинига ўрнатилган приборларнинг кўрсатиши асосида амалга оширилади.

Бошқариш системасининг иккинчи босқичи контрол, ростлаш ва масофадан туриб бошқаришнинг марказлаштириш даражасининг янада ортиши билан характерланади ва системада одам — оператор пайдо бўлиши билан фарқ қилади. Бунда бошқариш алоҳида ишчига ўрнатилган приборлар орқали амалга оширилади.

Бошқариш системасининг учинчи босқичида технологик параметрлар ва ускуна ҳолатлари ҳақидаги программа асосида олинган номинал миқдорлар кузатиш режимида ишлайдиган қуйи босқичга фойдаланиши ва амалга ошириш учун юборилади.

Бошқариш системаси иерархиясининг тўртинчи босқичи технологик процесс параметрлари ва ускуна ҳолатларининг оптимал миқдорларини излайди ҳамда қуйида жойлашган функционал ёрдамчи системаларнинг ишини бошқаради.

Шундай қилиб, автоматик ростлаш системасининг (АРС) вазифаси махсус қурилмалар, яъни автоматик ростлагичлар ёрдамида технологик процесс параметрларини берилган қийматда ушлаб туриш бўлса, ТПАБС бутун технологик процесснинг боришига актив таъсир этади, ўзгариб турувчи процессни оптималлаш мақсадида автоматик ростлагичларга топшириқлар тайёрлаб беради.

Маълум бир бошқариш объекти учун яратилган алгоритмик таъминлаш бошқарув-ҳисоблаш комплексининг структураси ва таркибини аниқлаш, шунингдек, БХМнинг тез ишлаши, хотира ҳажми ва ишончлилиги талабларини ишлаб чиқиш имконини беради. Шу талаблар асосида БХМ танланади ва ТПАБС ни синтез қилиш масаласи яқунланади. ТПАБСнинг алгоритмик таъминлаш структураси қуйидаги функционал масалаларни ўз ичига олиши лозим: 1) технологик процесснинг боришини марказлаштирилган контрол 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) БХМ ва ТПАБС воситалари ишга яроқсизликларининг техникавий 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 процесснинг бориши устидан марказлаштирилган контрол қилиш — бошқариш мақсадида ёки операторга тайёрлаш учун ахборотни БХМда махсус ҳисоблаш усуллари орқали амалга оширилади. Ахборотни марказлаштирилган контрол 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 характеристикаларга эга. Бу тескари функционал ўзгартириш тўғри чизиққа келтириш заруриятини келтириб чиқаради. Узлуксиз сигналларни дискрет ўлчашда аналог сигналли 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 ўлчанаётган миқдорнинг катталиги керак бўлса ва у аналог сигналининг сўраш моментига 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 охириги аналог сигналининг сўроқдан олдинги ўлчанаётган миқдор қиймати зарур бўлса, интерполяция усулидан фойдаланилади.

Ишлаб чиқаришнинг натижавий кўрсаткичларини бевосита ўлчашнинг иложи бўлмаса, у ҳолда улар олдиндан белгиланган нисбатлар орқали ҳисобланади. Буларга қуйидагилар киради ишлаб чиқаришнинг техника-иқтисодий кўрсаткичлари (ф и к) маҳсулот бирлиги учун сарфланган энергия ёки, хом ашё вақт бирлигида материал ёки энергиянинг сарфи ва бошқалар.

Автоматик ўлчашнинг юқоридаги усуллари ва техникавий воситалари яратилмаган технологик процессларда физика-химиявий параметрларни аниқлаш учун керакли параметр билан стохастик боғланган билвосита қийматларнинг ўлчаш натижасини контрол қилинади. ТПАБСнинг 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 сўришга 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 химиявий 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 ТПАБСнинг иерархик таркибини синтез қилиш масаласи икки этапда ечилади: 1) ТПАБСнинг макротаркибини синтез қилиш процессида берилган система блок ҳолида кўрилади («қора яшчик» типидagi блоклар) ва система таркибий хусусиятларининг сифат аналizi амалга оширилади, шунингдек, координациялаш масаласини ечишнинг йўли ишлаб чиқилади; 2) ТПАБСнинг микротаркибини синтез қилиш процессида графиклар назариясининг математик аппаратидан фойдаланиб, лойиҳалаш босқичидаёқ системанинг динамик схемаси тўла очилади.

ТПАБСда 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 процесснинг 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 процесслар учун техникавий диагностика масаласи объектга бошқариш таъсирларини кўп маротаба юбориб бошқаришга келтирилади; бошқариш таъсирларининг таркиби ва кетма-кетлиги олдинги таъсирларга объектнинг кўрсатган реакциясига боғлиқ. Ўзлуксиз технологик процесслар учун бу масаланинг вазифаси процесс ҳолатини етарли даражада аниқлайдиган контрол параметрларини танлашдан иборат.

У ёки бу ҳолда ҳам диагностика натижалари технологик процессга БҲМ томонидан актив аралашуш учун фойдаланилади. Аномал ҳолатлар учун техникавий диагностиканинг асосий вазифалари қуйидагилардан иборат: 1) технологик процессда аномал ҳолат борлигини ўз вақтида аниқлаш; 2) материал ҳамда энергетик оқимларни ташийдиган қурилма ва ускуналар ҳолатининг техникавий диагнози; 3) аномал вазиятлар ва системанинг нормал ҳолатидан четга чиқишларнинг математик моделини яратиш (идентификациялаш); 4) четга чиқиш сабабларини фаол йўқотиш ва ажратиш, яъни техникавий диагностика системасининг бошқариш алгоритмининг яратиш; 5) математик моделлар ва техникавий диагностика алгоритмларини яхшилаш мақсадида статистик маълумотларни йиғиш ва қайта ишлаш.

Технологик процесс аномал ҳолатларининг техникавий диагностикаси усулларини яратишнинг дастлабки босқичида фақат процесснинг ҳолати ва унинг бузилиш манбалари орасидаги боғланиш таркибини анализ қилиш билан қуриш мумкин (техникавий диагностиканинг мантиқий модели). Технологик процесснинг ҳолати параметрларнинг айни пайтдаги қийматларини йўл қўйилган (ёки регламентдаги) қийматлар билан таққослаб аниқланади. Бу ўзгаришларни дарак берувчилар дейилади. Дарак берувчилар деганда фақат физикавий миқдорларнинг (босим, температура ва бошқалар) ўзгариши-

гина эмас, балки ўлчанаётган миқдорларнинг статистик характеристикалари ва функцияларининг ўзгаришлари ҳам тушунилади.

Техникавий 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.

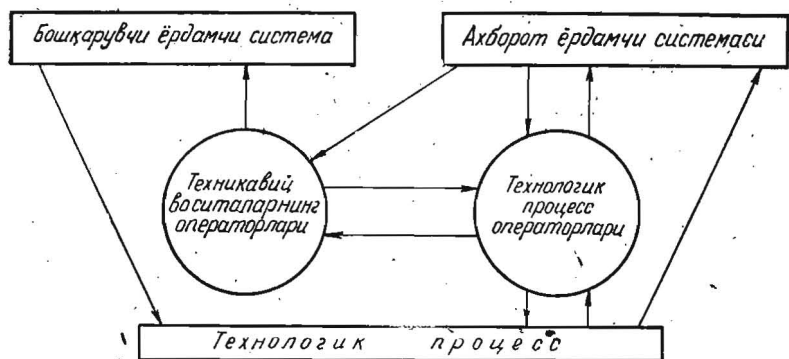
Технологик процесс ҳолатининг мантиқий моделини икки босқичда, яъни детерминирланган ва статистик ҳисоблаш босқичларида амалга ошириш мақсадга мувофиқ. Шундай қилинганда техникавий диагностикани қўйиш масаласи анча соддалашади, модель ўлчамини кичиклашади ва диагностика аниқлиги ортади. Ҳисоблашга детерминирланган босқичнинг киритилишига сабаб кўп химиявий технология процесслари ва системаларини детерминирланган мантиқ воситасида диагнозлаш мумкинлигидир. ТПАБСнинг техникавий воситалари ва БХМнинг ишга яроқсизлигида диагностикани аппарат, тест ва программа-мантиқ контрол усуллари ёрдамида амалга ошириш мумкин. Бошқариш системасининг умумий мақсадини ифодаловчи бошқариш алгоритми анча мураккаб бўлганлиги туфайли ТПАБСнинг айрим масалаларига мос бўлган кўпгина ёрдамчи алгоритмлари бўлиши мумкин.

Шундай қилиб, БХМда сақланадиган ва ўзининг программасига эга бўлган айрим алгоритмлар ўзгариб турувчи ишлаб чиқариш вазиятига қараб ҳаракат қилади.

XIV. 5-§. ТПАБС нинг ахборот билан таъминланиши

Автоматик ёки автоматлаштирилган режимда технологик процессларни бошқаришда ахборотни йиғиш, қайта ишлаш, сақлаш ва фойдаланишни ташкил қилмасдан иложи йўқ. ТПАБСнинг функционал вазифаси ахборот таркибини ва ёрдамчи системалар орасидаги ахборотли боғланишларнинг характерини белгилайди. 14—3-расмда ТПАБСнинг ахборот таркибини ифодаловчи соддалаштирилган схемаси берилган. Чизмадан кўриниб турибдики, ТПАБС таркибида бошқарувчи ёрдамчи система, технологик процесс операторлари ва техникавий воситалар билан биргаликда ишлайдиган мустақил ёрдамчи ахборот системаси ҳам бор. Технологик процесснинг кетиши ҳақида ахборот ўлчов ўзгартгичлари орқали ёрдамчи ахборот системасига киради, у эса ўз навбатида операторларга ва бошқарувчи ёрдамчи системаларга узатилади. Улар ўзларигадики бошқариш алгоритмлари асосида тегишли бошқариш таъсирларини ишлаб чиқади. Автоматлаштирилган бошқариш режими операторлар орқали амалга оширилади.

ТПАБС 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 усуллариини исботлаш; 3) инсон — машина системасида ахборот алмашишни ташкил этишда вазифаларни тақсимлаш; 4) ахборотни йиғиш, сақлаш ва бериш.



14—3-расм. ТПАБС нинг ахборот таркибини ифодаловчи соддалаштирилган схемаси.

Агар ахборот турлари фақат бир автоматлаштирилган қайта ишлаш системаси билан боғланган бўлса, бошқариш процесси рационал бўлади. Зарур бўлган бирламчи ахборотнинг ҳажми кўп эмас, лекин у ТПАБС 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 процесс 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.

ТПАБСнинг нормал ишлаши ҳисоблаш машиналари ва бошқариш масалаларидан фойдаланишдаги ахборотнинг кўринишига боғлиқ. Бошқариш объекти ҳақида ЭҲМ хотирасида сақланаётган бирламчи ахборотнинг тўғрилиги биринчи навбатда технологик процесс физикавий параметрларининг ўлчаш хатоликларига боғлиқ.

Ҳозирги пайтда аниқлик масаласини ҳал этишда икки йўналиш мавжуд: 1) ўлчов чизмаларида физика, химия ва бошқа фан ютуқлари асосида ишлаб чиқилган юқори аниқликка эга бўлган элементларни ишлатиш, шунингдек, ўлчайдиган қурилма характеристикаларини стабиллаш усуллари таркибини мукамаллаштириш; 2) системалар доирасида маълумотлар ишончлилигини оширишга қаратилган ишларни амалга ошириш (филтрлаш, ишончлилик устидан контрол ўрнатиш, приборлар хизматини оптималлаш, моделларни тўғрилаш ва бошқалар).

Биринчи йўналиш сезиларли даражада маблағ ва меҳнат талаб қилади. ТПАБС 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. Контролнинг унификациялашган алгоритми ва бирламчи ахборотнинг аниқлигини

тиклаш усулини қўллаш кенг ахборот системабини ТПАБС нинг маълум алгоритмларини тузишни сезиларли даражада тезлаштиради. Алгоритмда автоматлаштирилган контролни қўллаш хатоларни дастлабки маълумотларда, шунингдек, ЭХМ 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 филтрлаш, 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 процесснинг бориши ҳақида ҳамма маълумотлар берилади. Автоматлаштирилган системаларда оператор дастлабки маълумотни қайта ишлаш вазифасидан озод этилади, буни ҳисоблаш машинаси бажаради. Бошқариш системасида операторга фақат технологик процесснинг ёки АБС техникавий воситаларининг аномал ҳолати ҳақида маълумот берилади. Оператор олинган маълумотни тахмин қилади, аномал вазият сабабларини аниқлайди ва автоматик системанинг ишини контрол қилади. Оператор ва ҳисоблаш машинаси ўртасидаги алоқа бошқариш системасида энг самарали боғланиш бўлиб, у электрон-нур трубкали экран пультаи орқали амалга оширилади ва бунда маълумотни кодлашнинг барча усулларида (харф-рақамли белгилар, шакл, ранг, ёруғлик, ўлчам) фойдаланишга имкон бўлади.

Оператор билан автоматик қурилмалар ўртасида маълумот алмашишни ташкил этишда маълумотни тақсимлаш, машинага киритилган маълумот самарали шакллари қидириш каби масалаларни ҳал этиш керак.

XIV. 6-§. ТПАБС нинг математик таъминоти

ТПАБС ни жорий этиш бошқариш-ҳисоблаш машиналарини ишла-тишни назарда тутиб, уларнинг конкрет типларига қараб машина алгоритмлари, программалар ва уларнинг ифодалари яратилади. ТПАБС ни лойиҳалашнинг муҳим этапларидан бири технологик процессларни алгоритмлаш, яъни системанинг математик ифодасини бир неча босқичда яратишдир. Бу қўйидагилардан иборат: 1) технологик процесс ва унинг боришини таъминловчи факторларни ўрганиш; 2) технологик процессни автоматлаштирилган бошқариш масаласини қўйиш; 3) технологик процесснинг математик модели, бошқариш алгоритмини ва маълум БХМ га татбиқан программани яратиш.

ТПАБС нинг математик таъминотини ифодаловчи қўйидаги ўзаро боғланган техникавий ҳужжатларнинг комплектини олиш лозим: 1) бошқарув объектининг математик модели; 2) бошқарув алгоритмининг блок-схемаси; 3) масаланинг ечимига қаратилган математик ва ман-

тикий амаллар кетма-кетлигини ифодаловчи алгоритмнинг умумий кўриниши; 4) конкрет-БХМ нинг хусусиятларини эътиборга олувчи машинанинг алгоритми; 5) алгоритм тилида, автокодда ёки шартли адресдаги программалар; 6) реал адресли машина кодида ишчи программалар ва программаларнинг баёни.

ТПАБС ларни математик таъминотини ишлаб чиқиш иқтисодий маълумотни қайта ишловчи программалар тўпламини ҳам ўз ичига олади. Қелажақда программалар комплексининг универсал турларини яратиш кўзда тутилган. Масалага бундай ёндошиш программалаш харажатларини камайтиради, ТПАБС ни ишлаб чиқиш ва жорий этишни тезлатиш ҳамда математик таъминотдан фойдаланиш самарасини оширади.

ТПАБС нинг математик таъминотини икки гурппага бўлиш мумкин: ташқи математик (функционал программали) ва ички математик (стандарт программали) таъминот.

Ички математик таъминот стандарт ҳисобли алгоритмик ва программалар 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 ТПАБС ларнинг хусусиятларига боғлиқ эмас.

Системанинг ташқи математик таъминоти ўзаро боғланган алгоритм ва программалар тўпламидан иборат бўлиб, ТПАБС нинг конкрет вазифаси ва масалаларини ҳал этади. Системанинг баъзи бир вазифаларини махсус қурилмалар ёрдамида аппаратли ҳал этиш мумкин, бу ҳолда уларни ҳисоблаш машинасидаги программага киритишнинг эҳтиёжи йўқолади.

Системанинг математик таъминоти маълум ривожланиш характериға эга бўлиб, ўз таркибига қуйидагиларни киритади: маълум даражада универсал бўлган программалар; БХМ кутубхонасига кирувчи стандарт программалар, шунингдек, конкрет ТПАБС учун программалар. Шу билан бирга универсал программалар ва уларга қўйиладиган талабларға биноан системанинг математик таъминоти олдида масалалар синфини аниқлаш муаммоси туради. Муаммоларнинг бошқа бир синфи стандарт программалар таъминотига кирувчи алгоритмик тиллар тўпламини аниқлашдир.

Конкрет ТПАБС нинг ташқи математик таъминоти яратилгунча система ҳал қилувчи масалаларнинг математик таърифи аниқланган, технологик процессларнинг математик баёни тузилган ва унинг мослиги баҳоланган бўлиши, шунингдек, кириш маълумотларининг аниқланиши баҳолари олинган бўлиши лозим. Технологик процессларни алгоритмлаш дастлабки ва охириги бўлади.

Дастлабки алгоритмлаш масалалари қуйидагилар: процесснинг алгоритмик таркибини ўрганиш; бошланғич математик модель ва оптималлаш алгоритмини яратиш; ишлаб чиқариш шароитида алгоритмларни синовдан ўтказиш; кутилган иқтисодий самарани баҳолаш, бошқаришнинг ҳисобли техникавий воситаларини дастлабки танлаш. Бу масалаларни ҳал қилишда технологик процессларнинг автоматлаштирилган системасини ишлатишға тайёрлиги аниқланади, мавжуд

контрол қилиш ва рoстлаш системаларини тақомиллаштириш йўллари белгиланади, ТПАБС ни яратиш учун ишлар тартиби ўрнатилади.

Осирги алгоритмлаш масалалари қуйидагича: технологик процессларини чуқур ўрганиш, дастлабки математик модель ва оптималлаш алгоритминини тўғрилаш; техникавий воситаларни узил-кесил танлаш, яратилган системанинг иқтисодий самарадорлигини аниқлаш.

Дастлабки ва охирги алгоритмлаш босқичларида кўшимча маълумотларни олиш натижасида моделларнинг таркиби ва мураккаблигида ўзгаришлар бўлиши мумкин. Объектнинг дастлабки математик баёни яратилишида процесснинг статик ва динамик характеристикалари тадқиқ этилади, оптимал режимлар аниқланади, турғунлик вазифалари ўрганилади, дастлабки моделни соддалаштиришнинг турли вариантлари кўриб чиқилади.

Озиқ-овқат саноатида ТПАБС ларни яратиш деганда система параметрларининг ўзаро боғланиши ва ўзгариш қонуниятини кўрсатувчи системанинг математик баёнини яратиш, маълумот оқимининг гаҳлили ва бошқариш масалаларини ечиш усулларини ишлаб чиқиш тушунилади. ТПАБС ларни татбиқ этишга оид масалаларни ҳал этишда озиқ-овқат саноатидаги технологик процесслар хусусиятларини ўзида мужассамлаштирган математик аппаратлар зарурдир. Иерархия босқичидаги қуйи ёрдамчи системалар учун озиқ-овқат ишлаб чиқаришнинг айрим технологик процессларини математик моделлаш ёрдамида озиқ-овқат саноатининг технологик процессларини тадқиқ этиш — математик моделлар алгоритмларининг ҳисобларини ишлаб чиқиш ва оптимал бошқариш параметрларини ажратиш, шунингдек, турли конструкциядаги аппаратлар самарадорлигини баҳолайдиган стандарт программалар кутубхонасини яратиш демакдир.

Юқори босқичдаги ёрдамчи системалар учун технологик системани тўла ўрганиш ва тадқиқ этиш лозим; айрим процессларнинг характеристикаларини аниқлаш эса мураккаб технологик системаларни бошқаришнинг умумий вазифасидан келиб чиқиши керак. Ҳозирги вақтда озиқ-овқат саноатида катта 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 боғланишларини ҳисобга олиб ёндашиш мақсадга мувофиқ. Бутун системанинг самарали ишлаши технологик чизманинг топологик таркиби билан белгиланади. Технологик системанинг таркибий таҳлилини фақат айрим аппаратларнинг математик моделлари асосида бажариб бўлмайди. Процесс 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. Химия ва озиқ-овқат корхоналарида аппаратларнинг ишчи параметрлари критик нуқтага яқин бўлиши кам учрайдиган ҳол эмас, энг яхши иш шароити эса кам турғунлик запасига эга бўлган процесс-

нинг стационар ҳолатига яқин. Шунинг 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 усуллари яратиш масалалари муҳим аҳамият касб этади.

XIV. 7- §. ТПАБС ларнинг ишончлилиги

Технологик процессларнинг автоматлаштирилган бошқариш системалари объектларни бевосита бошқариши лозим. Бу шaroитда бошқариш системасидаги ҳар қандай бузилиш ёки четга чиқиш процесснинг нормал боришини йўқотади, бу эса катта миқдордаги иқтисодий йўқотишларга олиб келади. ТПАБС фаолиятининг ишончлилигига қўйиладиган талаблар жуда катта. Системанинг ишонччилигини таъминлаш учун қуйидагилар зарурдир: 1) система ва унинг компонентлари ишонччилик параметрларининг оптимал қийматларини аниқлаш; 2) конкрет система хусусиятларига тўла жавоб берувчи ва ишонччилигини оширувчи махсус усуллари ишлаб чиқиш; 3) ишонччилик ва самарадорлик кўрсаткичларини эътиборга олган ҳолда таркиб вариантини танлаш; 4) талаб этилган ишонччиликни таъминловчи система техникавий хизматининг шакл ва тартибини ўрнатиш; 5) бутун система ва унинг айрим компонентлари учун ишонччилик синови программаларини мукамал ишлаб чиқиш.

Иккита фактор, яъни яратилаётган ТПАБС комплектидаги техникавий воситалар сифати ва лойиҳалаш усуллари бошқариш системасининг ишонччилигини белгилайди. Системадаги бирор элементнинг сифатсиз ишлаши ишонччилик кўрсаткичини пасайтириб юбориши мумкин. Комплектдаги маҳсулотларнинг ишонччилигига 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 қилинماпти. 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 ишонччилигини минимал нагрузка принципини қўллаш орқали ошириш мумкин, бунда система кутилгандан кенгроқ ўзгарувчи шарoитга мослаб лойиҳалаштрилади. Шундай бўлса ҳам системанинг таннархини ва элементлар миқдорининг ошишини назардан четда қолдирмаслик керак. ТПАБС фаолиятининг юқори даражада самарали ишлаши комплектдаги қурилмаларнинг ишонччилигига боғлиқ. Ҳозирги вақтда комплектдаги бу қурилмаларнинг ишонччилигига оид норматив ва методик материаллар тўла яратилган (ГОСТ 13216—67, ГОСТ 13216—73, РТМ НРО 005029 ва РТМ НРО 00555.048).

XV боб. АВТОМАТЛАШТИРИШ СИСТЕМАЛАРИНИ ЛОЙИХАЛАШНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИ

XV. 1-§. Автоматлаштириш системаларини яратиш босқичлари

Янги саноат объектларини қуриш ва мазжуд корхоналарни реконструкция қилиш лойиҳа асосида амалга оширилади. Лойиҳа техникавий ҳужжатларнинг комплексидан иборат бўлиб, буларга объектни қуриш билан реконструкция қилиш заруриятини принципал тарзда асословчи ёзувлар, ностандарт ускуналарни тайёрлаш учун лозим бўлган, шунингдек, ҳамма турдаги қурилиш-монтаж ва созлаш ишларини амалга ошириш учун керак бўлган ҳисоб-китоб ва чизмалар киради.

Қурилаётган объектнинг мураккаблигига қараб, лойиҳа маълум миқдорли қисмлардан иборат бўл ди. Лойиҳада техника-иқтисодий, технологик, қурилиш, сантехника электр. автоматика каби қисмлар бўлиши мумкин. Автоматлаштириш лойиҳасининг бир бўлими бўлган технологик процессларни контрол қилиш ва автоматик ростлаш қисмини шу соҳага ихтисослаштирилган ташкилот ёки технологик лойиҳалаш институтининг автоматлаштириш бўлими (группаси) амалга оширади. Бу лойиҳа технологик процессларнинг рационал ишлашини ва ускуналар ишидаги хавфсизликни таъминловчи контрол-ўлчов приборларини, ростлагичлар, автоматика ва сигнализация қурилмаларини, лойиҳалаштирилаётган объектда ишлатиладиган техникавий ҳужжатларни ўз ичига олади.

Лойиҳалашни бажаришда лойиҳанинг технологик қисмини тузувчи ташкилот 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 процесснинг қисқача баёни, қурилма ва ускуналарнинг характеристикаси; б) атроф-муҳитнинг характеристикаси кўрсатилган ҳолда контрол қилинадиган ва ростланадиган катталарнинг натижаси; в) контрол қилиш ва ростлашда рухсат этилган хатолар ва приборларнинг функционал белгилари (кўрсатиш, ёзиш, интеграллаш, сигнализация ва бошқалар).

Контрол ва автоматик ростлаш системаларини лойиҳалаш

махсус кўрсатмаларга¹ мувофиқ амалга оширилиши лозим. Лойиҳалаш бир ва икки босқичда бажарилади.

Икки босқичли лойиҳалашда техникавий лойиҳа (ТЛ) тузилиб, иккинчи босқичда ишчи чизмалар (ИЧ) яратилади. Бир босқичли лойиҳалашда иккала босқич бирлаштирилган бўлиб, бунини техник-ишчи лойиҳа (ТИЛ) дейилади. Бир босқичли лойиҳалаш анча қулайдир. Бу ҳолда содда объектларнинг автоматлашган системалари лойиҳаларини тузиш ва мураккаб бўлмаган типавий лойиҳаларни жорий этиш ёки иқтисодий жиҳатдан тежамли индивидуал лойиҳаларни қайта ишлатиш мақсадга мувофиқ ҳисобланади.

Технологик процессларнинг автоматлаштириш системаларини ҳисоблаш машиналарини ишлатиб лойиҳалаштиришда, шунингдек, янги, ўзлаштирилмаган, ёки жуда мураккаб технологик янги ишлаб чиқариш, ёхуд янги ускуналар ишлатилган объектларни автоматлаштиришда юқорида кўрсатилган лойиҳалаштириш босқичларидан аввал илмий текшириш ёки тажриба-конструкторлик ишлари амалга оширилади, уларнинг натижалари эса лойиҳа тузишда фойдаланилади.

Техникавий лойиҳани яратиш процессида автоматлаштириш системаларининг ҳажми, тузиш асослари ва уларни амалга оширувчи техникавий воситаларнинг комплексларини танлашни асослаб бериш, шунингдек, автоматлаштириш системаларининг смета нархларини аниқлаш лозим. Бундан ташқари, техникавий лойиҳа босқичларида технологик процесслар ва асосий технологик ускуналарнинг автоматлаштириш шартларига мувофиқлик масалалари кўрилади ва лозим топилса автоматлаштиришга мос шароит яратиш мақсадида уларни модернизациялаш ёки реконструкция қилиш учун тадбирлар кўрилади.

Ишчи чизмаларни яратишда шчит ва пулътларни тайёрлаш, автоматлаштириш воситалари ва приборларини танлаш ҳамда буюртириш, шунингдек, қурилиш ва монтаж ишларини амалга ошириш учун етарли бўлган техникавий лойиҳанинг вазифалари аниқланади ва деталлаштирилади. Автоматлаштириш системалари ишчи чизмаларининг ҳажми ва таркиби қурилиш ва монтаж ишларини замонавий усулларда амалга ошириш имконини бериши ва монтаж майдонидан ташқарида тайёрланган блоклардан фойдаланишни ҳам қамраб олиши лозим.

Технологик процессларнинг автоматлаштириш системаларини лойиҳалашда лойиҳа ҳужжатларининг сифатини ошириш, уларнинг ҳажминини ва муддатини қисқартириш учун автоматлаштириш соҳасида илғор саноат тажрибаларини ўзида мўжассамлаштирган инструктив ва норматив материалларга асосланиш, шунингдек, умумсаноат ва тармоқ характериға эга бўлган норматив материаллардан фойдаланиш керак. Технологик процессларнинг автоматлаштириш системаларининг лойиҳаларини яратишда типавий лойиҳалар, ечимлар, конструкциялар ва шу кабилардан максимал даражада фойдаланиш керак.

¹ Указание по проектированию систем автоматизации технологических процессов — СН 281 — 64.

XV. 2-§. Химиявий технология процессларининг автоматлаштириш принципиал чизмаларини лойиҳалаш техникасининг асослари

Автоматлаштиришнинг принципиал схемаси лойиҳанинг асосий техникавий ҳужжати бўлиб, у технологик қурилманинг автоматлаштириш даражаси ва принципини кўрсатади. Бунда бошқариш системасини тузишнинг бош босқичида қабул қилинган барча принципиал ечимлар ўз ифодасини топади. Чизма бошқариш объекти, контрол, ростлаш, программали бошқариш, сигнализация, блокировка, ҳимоя ва автоматлаштиришда ишлатиладиган воситалар ҳақида тушунча бериши лозим. Одатда сигнализация, блокировка ва ҳимоя махсус чизмаларда кенгайтириб берилади. Принципиал чизмаларда бошқариш органлари ва коммуникациялар билан бирга технологик қурилмаларнинг чизмаси, автоматлаштириш воситаларини, технологик агрегатларнинг турли қурилмалари билан автоматлаштириш воситалари ўртасидаги ўзаро боғланишларни схематик кўрсатилади.

Технологик чизмаларда технологик процесснинг ҳарактерини ифодалайдиган кўринишда агрегатларни 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 трубопроводларни автоматлаштиришнинг принципиал чизмасида суюқлик, буғ ва газ учун мўлжалланган трубопроводларнинг шартли белгилари ГОСТ 3464—63 асосида ифодаланadi. Уларнинг баъзилари 15—1-жадвалда келтирилган. Трубопровод чизиқларининг узилишида ёнма-ён рақамлар орасидаги масофа 50 мм дан кам бўлмаслиги керак. Агар технологик чизмада ГОСТ 3464—63 да 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.

Чизмаларни ўқишни осонлаштириш мақсадида трубопровод белгиларига модда йўналишини кўрсатувчи стрелкалар қўйилади, шунингдек, чизмада принципиал вазифага эга бўлган тўсувчи мосламаларнинг белгилари ҳам берилади. Трубопровод белги чизиқларининг кенглиги 0,6 ... 1 мм бўлиши керак.

Автоматлаштиришнинг принципиал чизмасида процессни автоматик бошқариш воситаларининг ҳаммаси шартли равишда кўрсатилади, фақат бу ерда ёрдамчи аппаратура, яъни филтёрлар, ҳаво редукторлари, боғловчи қутилар, таъминлаш манбалари, релелар, сақлагичлар, ўчирувчи приборлар ва шунга ўхшашлар кирмайди. Принципиал чизмаларда автоматлаштириш воситаларининг шартли тасвирлари ГОСТ 3925—59 талаблари асосида бажарилади.

15—2-жадвалда параметрларни бевосита қабул қилувчи сезгир элементларнинг (бирламчи ўлчаш ўзгартгичлари) шартли ифодалари,

шунингдек, ижро этувчи механизмлар, ростловчи органлар ва қўшимча қурилмалар берилган (чизиқларнинг кенглиги 0,5 ... 0,6 мм).

Агар ишлатилаётган автоматика қурилмалари (ёки параметр) учун стандарт ифода бўлмаса, у ҳолда ихтиёрий шартли ифода танланади.

15 — 3-жадвалда автоматлаштиришнинг принципиал чизмасида фойдаланиладиган ўлчаш приборлари, автоматик ростлагичлар ва кўрсатишларни масофага узатиш қурилмаларининг шартли белгилари келтирилган.

Айлана ёки квадрат (чизиқлар кенглиги 0,2 ... 0,3 мм) ичидаги горизонтал чизиқ (кенглиги 0,5 ... 0,6 мм) устига ўлчанаётган ва ростланаётган катталикларнинг ҳарfli белгилари ёзилади, чизиқ тагида эса прибор асосий вазифаларининг (кўрсатиш, ёзиш, ҳисоблаш ростлаш таъсири ва шу кабилар) ҳарfli белгилари келтирилади. Агар прибор шкаласиз («кўр») бўлса, чизиқ остига «ўлч» («ўлчовчи») белгиси ёзилади ёки ўша жой бўш қолдирилади.

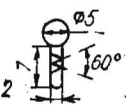
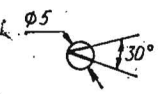
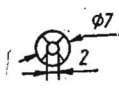
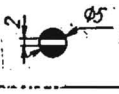
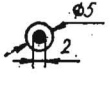
15—4-жадвалда контрол қилинувчи ва ростланувчи асосий катталикларнинг шартли белгилари, шунингдек, приборларнинг шартли ифодасида кўрсатиладиган прибор ва ростлагичларнинг функционал белгилари берилган. Принципиал чизмаларда датчикларнинг сезгир элементлари, ростлаш органлари ва ижро этувчи механизмлари технологик чизманинг тахминан монтаж қилиниши лозим бўлган нуқталарида ифодаланади. Автоматлаштириш принципиал чизмасининг пастки қисмида бошқариш шчитии ва пультига монтаж қилинадиган контрол ва автоматика приборлари кўрсатилади. Улар юқоридан

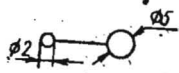
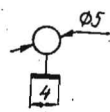
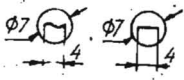
15 — 1-жадвал

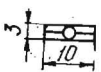
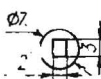
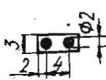
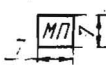
Трубопроводларнинг шартли белгилари

Трубопроводдаги маҳсулот	шартли белгилари	Рангли белгилаш	
		Ранги	Буюқ
Лойиҳада кўп уч- райдиган суюқлик ёки газ	—	Қизил Қора	Киноварь, кармин, сурик, қора тушь
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-жи- гар ранг	Селия
Ёр	—14—14—	Жигар ранг	Куйдирилган сиена
Суюқ ёқилғи	—15—15—	Сариқ	Гуммигут
Водород	—16—16—	Оч сариқ	Охрали киноварь
Ёнғинга қарши трубопроводлар	—26—26—	Қизил	Киноварь, кармин, сурик
Вакуум трубопро- водлар	—27—27—	Оч қўнғир	Суюлтирилган қора тушь

**Автоматлаштиришнинг принципиал чизмаларида элементларнинг
асосий шартли белгилари /ГОСТ 3925—59/**

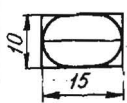
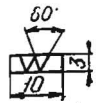
Номи	Белгиси ва ўлчамлари
Шишали кенгайиш термометрлари	
Қаршилик термометри	
Термопара	
Манометрик термометрнинг термобаллони	
Босим, сатҳ, газ аралашмалари ва суюқликларни ўлчаш қурилмаси	
Босим фарқлари ўзгармас сарф ўлчагич	
Босим фарқлари ўзгарувчан сарф ўлчагичларнинг торайтириш қурилмаси (белгининг қирраси оқимга қарши кўрсатилади)	
Суюқлик, газ счётчиклари	
Электромагнит сарф ўлчагичнинг сезгир элементи	
Радиоактив (сарф, сатҳ ўлчагичлар ва бошқалар) қабул қилувчи қурилма	

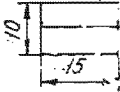
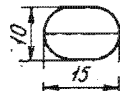
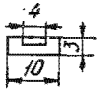
Қалқовичли (сатҳ, зичлик ўлчагичлар ва бошқалар) қабул қилувчи қурилма	
Сифимли (сатҳ, қалинлик ўлчагичлар ва бошқалар) қабул қилувчи қурилма	
Моддалар таркибини физика-химиявий ўлчашнинг (рН ҳолати, қовушқоқлик, чанглилик, хиралик, концентрация ва бошқалар) қабул қилувчи қурилмаси	
Намлик ўлчагичнинг сезгир элементи	
Ажратувчи ёки тенглаштирувчи идиш	
Конденсация идиши	
Электромагнитли (соленоидли) ижро этувчи механизм	
Поршеньли ижро этувчи механизм	
Мембранали ижро этувчи механизм	
Ўзгарувчи ёки ўзгармас токда ишлайдиган электродвигателли ижро этувчи механизм	
Ростловчи клапан, ўтувчи	
Ростловчи заслонка	
Газ (ҳаво) йўлларини алмашлаб ўлчагич	

Пневматик ёки гидравлик ростлашнинг масофадан туриб бошқариш панели	
Электр занжири ўлчамининг алмашлаб ўлчагичи	
Бошқариш электр занжирининг калити ёки алмашлаб ўлчагичи	
Бошқариш кнопки (нуқталар сони кнопкалар миқдори га тенг бўлиши керак)	
Магнитли юритгич	
Электр қўнғироқ	
Электр сирена, гудок	
Сигнал лампаси	

15-3-жадвал

Ўлчовчи, сигнал берувчи ва ростловчи приборларнинг шартли белгилари

Приборнинг номи	Ифодаси ва ўлчамлари		Масофага узатишнинг кўри-ниши	Ифодаси ва ўлчамлари
	Ҳақиқий	рухсат этилган		
Ўлчовчи прибор			Электрик	

Приборнинг номи	Ифодаси ва ўлчамлари		Масофага уза- тишнинг қури- лиши	Ифодаси ва ўлчамлари
	ҳақиқий	руҳсат этилган		
Ростловчи (сигнал берувчи прибор)			Пневматик	
Ўлчовчи ва ростловчи (сигнал берувчи) бир корпус- да жойлашган прибор			Гидравлик	
			Механикавий	

15—4-жадвал

Катталикларнинг номи	Ифодала- ниши	Функционал белгиси- нинг номи	Ифодала- ниши
Температура	t	Қўрсатувчи	П
Босим, сийракланиш, вакуум	P	Ёзувчи	С
Сарф ёки миқдор	G	Интегралловчи	И
Сатҳ	H	Сигнал берувчи	Сг
Намлик	m	Ўлчовчи	Им
Зичлик	ρ	Жамловчи (алгебраик жам- лаш)	См
Қовушоқлик	μ		
Концентрация	C	Нисбатни тўғриловчи	Со
Чанглилик, ранглилик, хиралик ва тутунлик	Φ	Ўзгартирувчи	Пр
Ёниш иссиқлиги, иссиқлик миқ- дори	Q	Кучайтирувчи	Ус
Чизиқли тезлик	v	Статик	Ст
Чизиқли силжиш		Астатик	Ас
ва узунлик	l	Изодромли	Из
Ростловчи		Дифференциалловчи	Дф
органининг ҳолати (силжиши)	S	Позицион	Пз
Бир минутда айланишлар сони	n	Топширувчи	Зд
		Программали	Пг

пастга қуйидаги тартибда чизилади: жойига ўрнатилган приборлар-
нинг йўллари; агрегат шчитлари; марказий диспетчерлик шчитлари
ёки пуьлтлари; маркзлаштирилган контрол машиналари ва бош-
қариш машиналари.

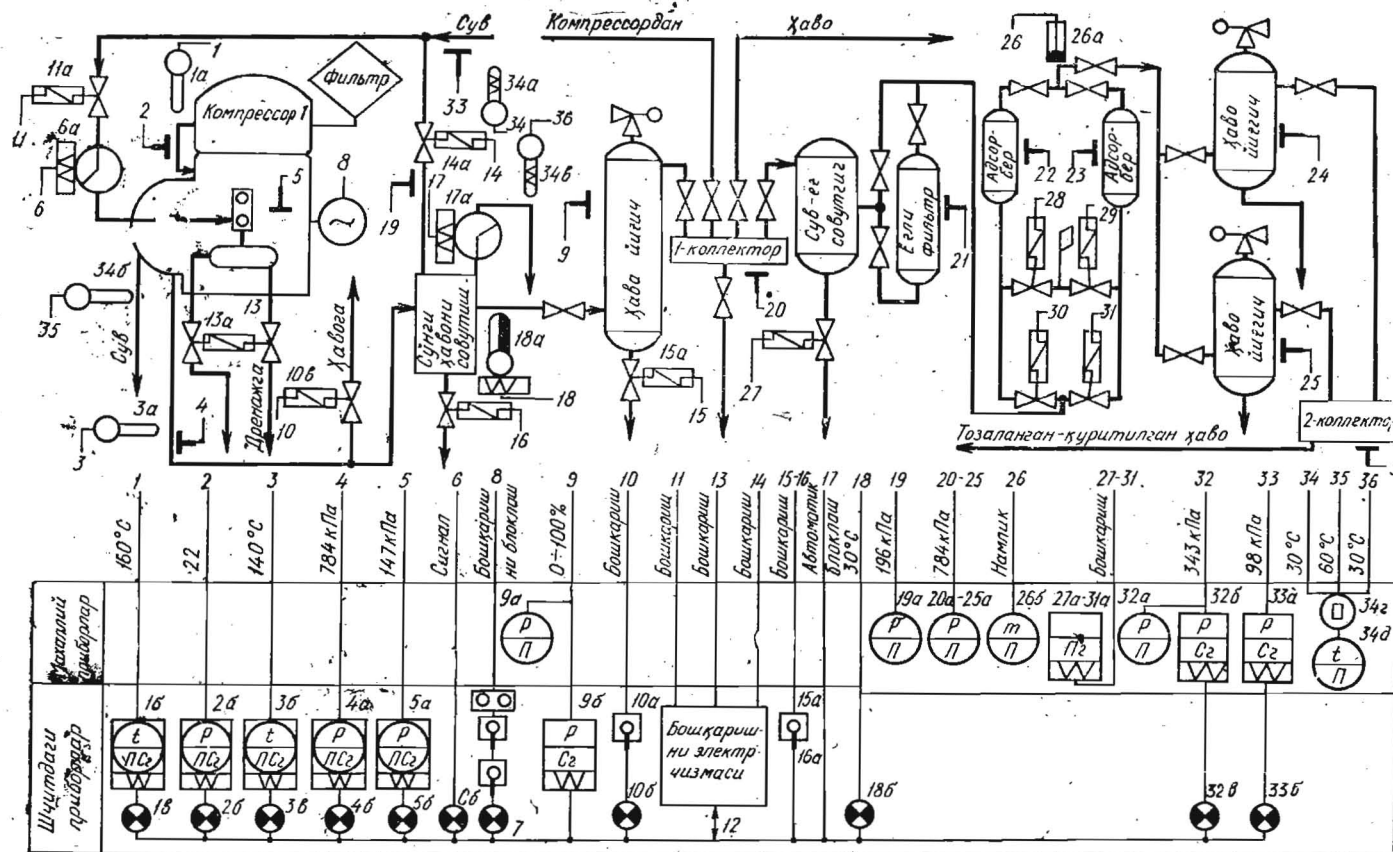
Жойига (аппаратларда, трубопроводларда ёки бевосита уларга
яқин жойларда) ўрнатилган приборлар жойида ишлайдиган прибор
ва қурилмалар йўлининг пастки қисмида ифодаланади; контрол шчит-
лари в: бошқариш пуьлтларидаги прибор ҳамда ростлагичлар прин-

принципал чизмада ўзига мувофиқ келадиган бошқариш шчит ва пульта-лари йўлларининг тагида кўрсатилади. Автоматик контрол, сигнали-зация, ростлаш ёки бошқариш системаларининг айрим элементлари орасидаги функционал боғланиш электр ва трубапи алоқалар учун бир хил, яъни узлуксиз боғлаш чизиқлари воситасида ифодаланади, Чизмаларда иложи борица чизиқлар кам бўлиши ёки кесишиши керак. Агар принципал чизмаларда чизиқлар кўпайиб кетса адрес усулидан фойдаланилади, бунда жойига ўрнатилган приборларда, кўрсатил-ган горизонтал чизиқдан 40 ... 80 мм масофада, боғланиш йўллари узилади. Худди шу масофада ўлчаш учун импульс олиш жойи ва ижро этувчи механизмлар ўрнатилган ердан боғлаш чизиқлари узилади. Боғлаш чизиқларининг рақамли адреслари қуйи ва юқори узунликларга мос иккита горизонталларда жойлашади. Узилиш ерла-рида чапдан ўнгга тартиб билан ортиб борадиган қилиб номерлар ёзилади. Контрол-ўлчаш приборларининг тўғри танлангани ҳақида олдиндан фикр юритиш мақсадида боғлаш чизиқларининг қуйи кес-малари ёнида ўлчанаётган технологик параметрларнинг энг юқори миқдорлари кўрсатилади. Бундан ташқари, бу маълумотлардан ўл-чаш приборларининг шкаласини танлаганда фойдаланиш мумкин.

Лойиҳа ҳужжатларининг ҳаммасида ўзгармайдиган қилиб, ҳар бир автоматлаштириш системасининг комплектига номер (позиция номери) белгиланади. Комплект таркибидаги ҳар бир элементнинг рақамга қўшимча сифатида рус алифбеси тартибида ҳарфий индекс-лар берилади. Автоматлаштириш системаси комплектида ҳарфий бел-гилаш буйруқ ва сигнал маълумотининг системада ўтиши мос алифбе тартибида ўзгаради (сезгир элемент — датчик, иккиламчи прибор — ростлагич ва бошқалар).

Автоматлаштиришнинг принципал чизмасини ўқишни осонлатиш мақсадида приборлар ва ростлагичларнинг шартли ифодасида кириш сигналларини тепадан, чиқиш сигналларини эса пастдан улаган маъқул. Агар чизмада бир хил характеристикали жойига ўрнатилган приборлар кўп маротаба қайтарилса, у ҳолда «Маҳаллий приборлар» тўртбурчагига фақат битта прибор белгилашни чизишга рухсат бери-лади (бу биринчи навбатда манометрларга тегишли), бундай прибор-ларнинг позиция номерлари кўрсатилади. Бу ҳолларда айрим қурил-малардан чиққан боғланиш йўлларини бирлаштириш мақсадга мувофиқдир. Шунингдек, бир неча датчикдан чиқиб, сигнал/битта иккиламчи приборга борганди ҳам (масалан, агар бир неча қарши-лик термометрлари битта кўприк билан ишлаганда; 15—1-расмга қар-ранг) йўлларни бирлаштириб кўрсатиш мумкин.

Автоматик приборларнинг контактлари сигнал бериш, блокиров-калаш ва ҳимоя каби электр чизмаларида ишлатилса, у ҳолда боғ-лаш йўллари битта горизонтал чизиққа бирлаштирилади ва унга, ма-салан, «Бошқаришнинг электр чизмаси», «Сигнал бериш чизмаси» каби ёзувлар ёзилади. Мисол тариқасида 15—1-расмда кўрсатилган ҳаво компрессори ускунасининг автоматлаштириш принципал схе-масини кўрсатиш мумкин. Химия, озиқ-овқат ва бошқа саноатларда ҳаво компрессори станциялари бор. Автоматлаштириш воситалари ва приборларини сиқилган ҳаво билан таъминлаш учун эса компрес-



15-1-расм. Ҳаво қомпрессори ускунасининг автоматлаштириш схемаси.

сор станцияларида ҳавони қуритиш ва тозалаш ускуналари ҳам бўлиши керак. Компрессор станцияларини автоматлаштириш қўйидагиларни назарда тутати:

1. Ўлчаниши керак бўлган параметрлар: а) компрессорнинг ҳар бир сиқиш босқичидан кейинги ҳаво температураси (поз. 1а, 3а); б) охириги совитгичдан кейинги ҳаво температураси (поз. 18а); в) водопроводни компрессор станциясининг сув таъсири таъминоти системасига улаш жойидаги совитиш сувининг температураси (поз. 34а); г) компрессор цилиндрлари қобиғидаги совитиш сувининг температураси (поз. 35а); д) охириги совитгичдан кейинги совитиш сувининг температураси (поз. 36а); е) компрессорнинг ҳар бир сиқиш босқичидан кейинги ҳаво босими (поз. 2а, 4а); ж) ҳаво йиғичдаги ҳаво босими (поз. 9а); з) адсорбер олдидаги ҳаво босими (поз. 22а, 23а); и) тақсимлаш коллекторларидаги ҳаво босими (поз. 20а, 32а); к) компрессорни мойлаш системасида ёғ ҳайдаш йўлидаги ёғнинг босими (поз. 5а); л) компрессор станциясининг сув таъминоти системасининг магистрали йўлидаги сувнинг босими (поз. 33а).

2. Компрессор электродвигателини тўхтатувчи автоматик ҳимоя: а) компрессор қобиғидан совитувчи сувнинг келиши тўхтаган вақт (сув совитгичли компрессорларида; поз. 6а); б) ҳаво совитгичининг охиригисига совитувчи сувнинг келиши тўхтаганда (поз. 17а); в) компрессорнинг ҳар бир сиқиш босқичидан кейинги ҳаво температурасининг мумкин бўлмаган миқдордан ўтиши (поз. 1а, 3а); г) компрессорнинг ҳар бир сиқиш босқичидан кейинги ҳаво босимининг мумкин бўлмаган миқдордан ўтиши (поз. 2а, 4а); д) компрессорни мойлаш системасидаги ёғ босимининг мумкин бўлмаган миқдордан пастга тушиб кетиши (поз. 5а).

3. Компрессор ва аппаратлар иши ҳақида автоматик сигнал бериш (7).

4. Автоматик огоҳлантириш сигналини бериш: а) охириги совитгичдан кейинги совитиш сувининг температураси нормал бўлмаган ҳолдан кўтарилганда (поз. 18а); б) совитиш суви магистралидаги босимнинг нормал бўлмаган ҳолдан пасайиши (поз. 33б); в) тақсимот коллекторидаги ҳаво босимининг нормал бўлмаган ҳолдан пасайиши (поз. 32б).

5. Юқорида келтирилган автоматик ҳимоя ҳолатларида автоматик авария сигнали беришнинг ишга тушиши.

6. Автоматик бошқариш: а) ҳаво йиғичдаги босимга боғлиқ ҳолларда (поз. 9б); компрессорларни ишга тушириш ва тўхтатиш (поз. 8а); б) махсус программа асосида ишчи компрессорнинг автоматик ҳимояси ишга тушганда резерв компрессорни ишга тушириш (чизмада 2-компрессор блокдан келган чизик кўрсатилган); в) автоматик программа асосида (поз. 28а—31а) ҳавони қуритиш ускунасидаги сув ёғ совитгичи ва адсорберларни тозалаш мақсадида адсорбция процессидан активация процессига ва аксинча переключателларни (поз. 27а) бошқариш; г) компрессорларни ишга тушириш ва тўхтатиш процессида совитиш сувини бериш трубопроводларига ўрнатилган ижро этувчи механизмларнинг ишлаши (поз. 11а, 14а).

7. Автоматик блокировкаш: а) совитиш сувини беришга боғлиқ

ҳолда компрессорни ишга тушириш (поз. 6а, 17а); 6) компрессорга тушаётган оғирликка боғлиқ ҳолда компрессорни ишга тушириш, керак бўлганда фақат оғирлик кам ҳолдагина ишга тушириш (поз. 10а); в) ишга туширишда мойлаш системасидаги ёғ босимининг рухсат этилгандан паст бўлганда компрессорни ҳимоя қилиш (поз. 5а).

Ҳаво компрессори ускунасининг автоматлаштириш чизмасида яна қуйидагилар назарга олинган: охириги совитгичга киришдаги сувнинг босимини жойида контрол қилиш (поз. 19а); ёғ фильтридаги ҳавонинг босими (поз. 21а); тозаланган ва қуритилган ҳавонинг ҳаво йиғгичидаги босими (поз. 24а, 25а). Компрессор блокинни ишга туширишда ва тўхтатишда электр схемаси (поз. 12) орқали программа асосида сув бериш клапанларини (поз. 11а, 14а) ва тозалашни (поз. 13а, 15а) бошқариш таъминланади. Ҳавони қуритиш даражаси намликни ўлчагич (поз. 26а) билан контрол қилинади. Автоматлаштириш учун кўп ишлаб чиқариладиган воситалардан фойдаланилади.

XV. 3- §. Типавий процессларнинг типавий автоматик ростлаш чизмалари

Химия, озиқ-овқат ва бошқа саноатларда технологик процессларнинг турлича бўлишига қарамай, уларнинг ҳаммаси айрим технологик операциялардан тузилган ва уларни қуйидаги типли процесслар группасининг бирига киритиш мумкин: 1) механикавий; 2) гидродинамик; 3) иссиқлик; 4) масса алмашилиш; 5) химиявий (реакторли); 6) термодинамик.

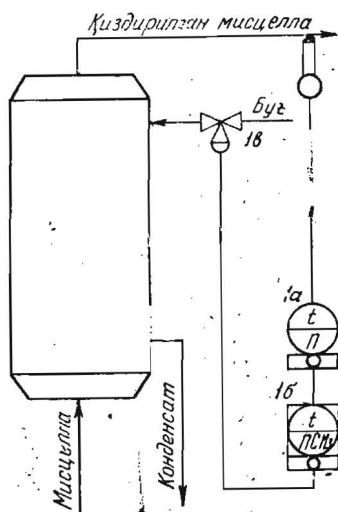
Ҳар бир группа шароитларининг асосида умумий физика-химиявий қонуниятлар ётади, бу эса уларни автоматлаштириш объекти сифатида қараганда хусусиятларининг деярли ўхшашлигини билдиради. Натижада ҳар бир группа объектларининг хусусиятларини чуқур ўрганиш ва шу каби объектларни автоматлаштириш хусусида тўпланган тажрибалардан фойдаланилган ҳолда автоматлаштиришнинг типавий чизмасини яратишга имкон беради. Бироқ автоматлаштириш объектларини типиклаштириш учун технологик ўхшашликнинг ўзи кифоя эмас, чунки бир группа процесслари кетадиган аппаратлар турли кўринишда тайёрланган бўлиши мумкин ва автоматлаштириш объекти сифатида ўзларининг хусусиятлари билан фарқ қиладилар. Демак, фақат иккита ўхшашликни, яъни технологик процесснинг ва аппарат типини биргаликда қаралгандагина автоматик ростлашнинг типавий объекти аниқланади.

Ҳар бир типавий объект учун битта ёки бир нечта автоматлаштириш тури системасининг вариантларини яратиш мумкин. Мураккаб технологик комплекснинг (ишлаб чиқариш бўлими ёки цех) автоматлаштириш принципиал чизмасини яратганда уни элементар объектларга ажратиш лозим, буларнинг деярли ҳаммасининг типавий аналоги бўлади. Технологияни ёки ишлатилаётган аппаратларнинг хусусиятларини ҳисобга олиб ва шулар асосида лозим бўлган ўзгартиришлар киритиб элементар объектлар учун автоматлаштиришнинг типавий чизмасидан фойдаланиш мумкин. Лекин биз саноатда энг кўп тарқалган баъзи бир типавий процесслар билангина кифояланамиз.

Химия ва озиқ-овқат саноатида иссиқлик процессларидан энг кўп тарқалгани иссиқлик алмашилиш процессларидир. Иссиқликни бериш радиация, совуқ ва иситилган оқимларни аралаштириш, шунингдек, иссиқлик алмаштиргичларнинг (теплообменникларда) девори орқали амалга оширилиши мумкин.

Ростлашнинг иссиқлик объектларига, одатда, сезиларли даражадаги инерционлик ва кечикиш хосдир. Бундан ташқари, саноат шароитида ишлатиладиган температура датчиклари (манометрик термометрлар, термопаралар ва қаршилиқ термометрлари), сарф. босим ва сатҳ датчикларига қараганда янада кўпроқ инерционликка эга. Айниқса, агрессив муҳитларнинг температурасини контрол қилишда химоя қриқли датчиклар ишлатилганда, уларнинг динамик характеристикалари янада ёмонлашади. Шунинг учун температуранинг АРС сидаги инерционлиги катта, ўтиш процесслари эса улардан давомлилиги билан фарқланади. Одатда иссиқлик алмашилиш процессларини ростлаш учун ПИ—ростлагичлар ишлатилади.

Иссиқлик алмаштиргич чиқишидаги иситиладиган (ёки совитиладиган) оқимнинг температурасига қараб иссиқлик ташувчининг (ёки совитувчи агентнинг) сарфини ростлаш иссиқлик оқимини ўзгартиришнинг энг кўп тарқалган усулидир. 15—2-расмда мисцеллани иситишда температурани ростлаш схемаси кўрсатилган, унинг таркибига иссиқлик алмаштиргич чиқишига ўрнатилган термобаллонли манометрик термометр 1а (ТПГ4—V), ростлагич (ПРЗ—21), иккиламчи прибор 1б (ПВ10.13) ва пневматик мембранали ижро этувчи механизми бўлган ростлаш клапани 1 в кириди. Ўлчанаётган температурага пропорционал бўлган термометр пневмоўзгартгичининг (ТПГ4—V) чиқиш сигнали ростлагич ва иккиламчи приборнинг киришига берилади. Ростлагич сифатида пневматик пропорционал-интеграл ростлаш олинган. У ростланувчи параметрни топширилган қийматда ушлаб туриш учун ижро этувчи механизмга юбориладиган сиқилган ҳаво босимининг узлуксиз ростловчи таъсирини ҳосил қилиш учун мўлжалланган. Иккиламчи прибор икки режимда ишлаши учун унга автоматик ва қўл билан масофадан туриб, яъни таъминловчи, топширувчи ва пневматик переключатель ўрнатилган. Ҳаво ёпувчи (ВЗ) ҳолатидаги МКС типли ростлаш клапани иссиқлик алмаштиргичининг буғ. берилувчи йўлига ўрнатилган. Агар температура топширилган қийматга тенг бўлса, температура ўзгартгичи ва топширувчида ҳосил бўлган пневмобосимлар ҳам тенг бўлади ва система мувозанатда бўлади. Пневмобосимлар мувозанати бузилса, ижро этувчи механизм ростлаш клапанини суради ва иссиқлик алмаштиргичига келаётган буғ-

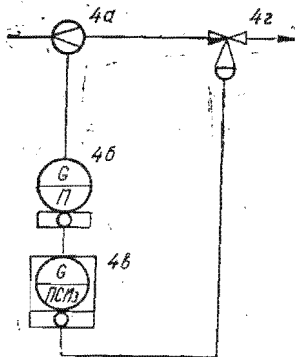


15—2- расм. Мисцеллани иситишда температурани ростлаш схемаси.

15—3- расм. Электр иситгич-
ли дистилляцияон кубда мойли
кислоталарнинг исиш темпе-
ратурасини ростлаш схемаси

[illegible]

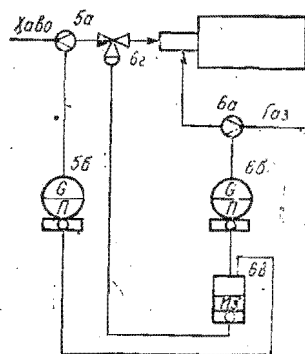
15—4- расм. Буг босимини автоматик ростлаш системасининг схемаси.



15—5- расм. Сарфни автоматик ростлаш системасининг принципиал схемаси.

ДКН—10), сарф ўлчагич—пневматик чиқишли дифференциал манометр 4б (ДСП—787Н), ростлагичли (ПР3.21) иккиламчи прибор 4в (ПВ10.1Э) ва ростловчи клапан 4г. Бундай системада сарфни ростлаш ростловчи клапаннинг очилиш нисбатига боғлиқ бўлган оқимни дросселлаш (сиқиш) орқали бажарилади.

Бунда, амалда ростлаш объекти бўлиб, инерциясиз кучайтириш звеноси деб ҳисобласа бўладиган сарф датчиги ва ростловчи клапан орасидаги трубопроводнинг бир қисми хизмат қилади. Демак, берилган АРС нинг динамик характеристикаси фақат сарф датчиги ва ростловчи органларнинг динамик хоссаларига боғлиқ. Сарфни берилган миқдорда қолдиқсиз ушлаб туриш учун сарфнинг автоматик ростлагич системаси сифатида ПИ — ростлагичлар олинади. Днафрагма (4а) ҳосил қилган босимлар фарқи дифференциал манометр (4б) билан ўлчанади, ундаги пневматик чиқиш сигнали ростлагичнинг киришига боради. Ўлчанган сарф миқдори топширгичда белгилангандан катта бўлса, ростлагичдаги буйруқ босими таъсирида ижро этувчи механизм клапанни (4г) ростланаётган сарф берилган миқдорга тенглашгунча ётади. Сарф камайганда клапан аксинча ҳаракат қилади.



15—6- расм. Ўчоқда газ—ҳаво сарфи нисбатини ростлаш схемаси.

гичдан олинаётган пневмобосимлар тенг бўлса, система мувозанат жолда бўлади. Бу босимлар тенглиги бузилса, уларнинг фарқига тенг бўлган сигнал кучайтирилади ва ростлагич чиқишидан ўтиб ижро этувчи механизмга боради. Натижада буг йўлига ўрнатилган клапан 3г ҳаракатга келади ва бу ҳаракат цех коллекторидаги босимга тенглашгунча давом этади. Чизмада коллектордан олдин буг йўлига ўрнатилган сақлаш клапани (ПК) назарда тутилган.

15—5-расмда агрессив бўлмаган суюқликлар сарфини ростловчи клапан ёрдамида автоматик ростлаш системасининг (АРС) принципиал схемаси кўрсатилган.

Унга қуйидагилар киради: сарф ўзгартгич 4а (нормал камерали диафрагма —

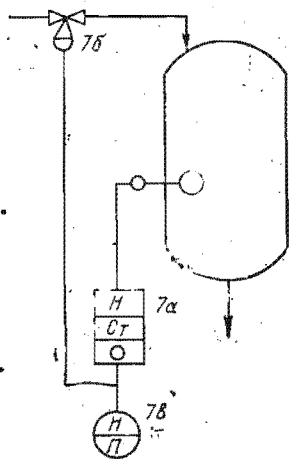
ДКН—10), сарф ўлчагич—пневматик чиқишли дифференциал манометр 4б (ДСП—787Н), ростлагичли (ПР3.21) иккиламчи прибор 4в (ПВ10.1Э) ва ростловчи клапан 4г. Бундай системада сарфни ростлаш ростловчи клапаннинг очилиш нисбатига боғлиқ бўлган оқимни дросселлаш (сиқиш) орқали бажарилади.

Бунда, амалда ростлаш объекти бўлиб, инерциясиз кучайтириш звеноси деб ҳисобласа бўладиган сарф датчиги ва ростловчи клапан орасидаги трубопроводнинг бир қисми хизмат қилади. Демак, берилган АРС нинг динамик характеристикаси фақат сарф датчиги ва ростловчи органларнинг динамик хоссаларига боғлиқ. Сарфни берилган миқдорда қолдиқсиз ушлаб туриш учун сарфнинг автоматик ростлагич системаси сифатида ПИ — ростлагичлар олинади. Днафрагма (4а) ҳосил қилган босимлар фарқи дифференциал манометр (4б) билан ўлчанади, ундаги пневматик чиқиш сигнали ростлагичнинг киришига боради. Ўлчанган сарф миқдори топширгичда белгилангандан катта бўлса, ростлагичдаги буйруқ босими таъсирида ижро этувчи механизм клапанни (4г) ростланаётган сарф берилган миқдорга тенглашгунча ётади. Сарф камайганда клапан аксинча ҳаракат қилади.

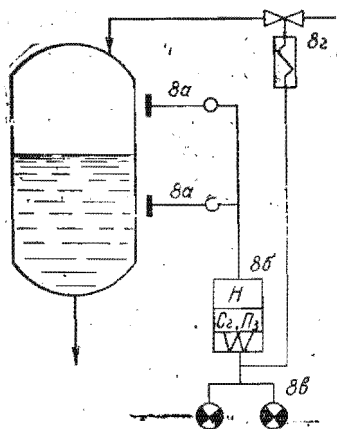
Кўп сонли объектларни (ўчоқлар, реакторлар ва бошқалар) бошқарганда бир неча оқимларни маълум нисбатда ростлаш зарурияти пайдо бўлади. 15—6-расмда ўчоқда газ—ҳаво сарфи нисбатини ростлашнинг схемаси кўрсатилган. Ёнилгини ўчоқда тежаб ёқиш кўп жиҳатдан ёнилги ва ҳаво сарфларининг оптимал нисбатига боғлиқ, буни эса фақат автоматик ростлаш системаси ёрдамида амалга ошириш мумкин. Бундай система қуйидаги-

лардан иборат: сарф ўзгартгичлар 5а ва 6а (ДКН—10), дифференциал манометрлар 5б ва 6б (ДСП—787Н), нисбатни ростлаш блоки 6в (ПРЗ—23) ва мембранали ижро этувчи механизмли ростловчи клапан 6г. Дифференциал манометрлар 5б ва 6б дан сигналлар нисбат ростлагичининг киришига келади. Газ ва ҳавонинг сарф нисбати нисбат ростлагичининг блокига кирувчи дросселли мослама ёрдамида берилади. Ёнилгининг сарфи камайганда ростлагич чиқишида ҳавонинг буйруқ босими ошади ва ростловчи клапан 6г мембранали ижро этувчи механизм ёрдамида горелкага келувчи ҳавонинг миқдорини камайтиради. Ёнилғи сарфи кўпайганда ростловчи клапан 6г нинг очилиш даражаси ошади ва шунга мувофиқ горелкага берилаётган ҳавонинг сарфи ҳам кўпаяди.

Сатҳни автоматик ростлаш системалари ҳам температура, босим ва сарфни ўлчаш каби кенг ишлатилади. Сатҳни автоматик ростлаш системасига қўйиладиган талаблар сатҳнинг асосий ёки ёрдамчи ростланувчи параметрларига қараб турлича бўлади. Кўп ҳолларда сатҳ дросселли ростловчи клапанлар ёрдамида ростлаш объектининг киришида ёки чиқишида суюқлик сарфини ўзгартириш билан ростланади. Ростлаш усулини танлаш аппаратнинг вазифаси билан белгиланади, яъни: агар суюқликнинг берилган сарфини унинг чиқишида тахминан ўлчаш лозим бўлса, у ҳолда сатҳни ростлаш аппарат киришида сарфни ўзгартириб амалга оширилади; агар аппаратга кираётган суюқликнинг ҳаммасини қабул қилиш лозим бўлса, у ҳолда сатҳ аппарат чиқишида суюқлик сарфини ўзгартириб ростланади. Ростлагичнинг типи ва созини танлаш объектнинг вазифаси ва хусусиятлари ҳамда сатҳни ушлаб туриш аниқлигига боғлиқ. Юқори аниқлик талаб қилинадиган ҳолларда П — ростлагичлар танланади. Агар бунда сатҳ асосий ростланувчи параметр бўлса ва уни стабиллашда юқори аниқлик талаб қилинса, у ҳолда ростлагич иложи борича кичикроқ пропорционаллик чегарасига созланади (кучайтириш коэффициенти катта). Бунда ростлагичнинг статик хатоси кам бўлади. Агар объект ишида нагрузка сезиларли даражада ўзгарса ва технология талабларига кўра ростлашда қолдиқ нотекисликнинг бўлиши мумкин бўлмаса, у ҳолда сатҳнинг автоматик ростлаш системасида ПИ — ростлагичлар ишлатилади. 15—7-расмда аппарат киришида сарфни ўзгартириб сатҳни ростлаш схемаси кўрсатилган. Аппаратда сатҳ ўзгарганда ростлагичнинг қалқовичи силжийди, бу эса ростлагич 7а ни (РУПК—16) ишга туширади, буйруқ ҳаво босими ошади ёки камаёди ва пневматик ижро этувчи механизмли ростловчи клапан 7б (МКС) ҳаракатга келиб, аппаратга келаётган суюқликни камайтиради ёки орттиради. Бир вақтда ростлагичдан сигнал кўрсатувчи прибор 7в га (ППВ1.1) берилади.

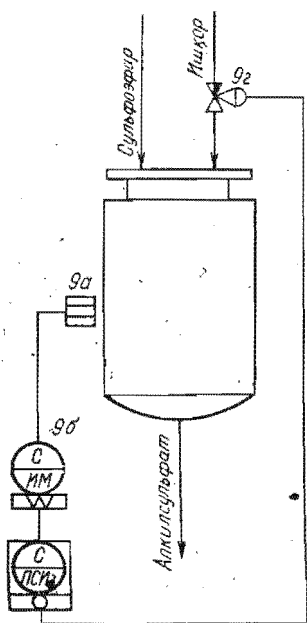


15—7- расм. Аппарат киришида сарфни ўзгартириб сатҳни ростлаш схемаси.



15—8- расм. Буфер. сиғимларда сатҳни рoстлаш учун ишлатилгандиган автоматик рoстлашнинг позициян системаси.

ларидан бири бўлиб, сирт актив моддаларни (алкилсульфатлар, сульфанол ва бошқалар) тайёрлашда муҳим технологик параметр ҳисобланади.



15—9- расм. Алкилсульфатлар олишда рНни рoстлаш схемаси.

Буфер сиғимларда сатҳни рoстлаш учун автоматик рoстлашнинг позициян системалари кенг ишлатилади. 15—8-расмда шундай система кўрсатилган; у қуйидагилардан иборат: топширилган юқори ва пастқи сатҳ белгиларига ўрнатилган иккита сиғим датчиги 8а, электрон сигнализатор 8б (ЭСУ—2М) ва кириш трубопроводига ўрнатилган электромагнит клапан 8г. Суяқлик сатҳи аппаратда кўрсатилган юқори белгига етганда сигнализатор 8б клапан 8г ни ёпади. Сатҳ руҳсат этилган пастқи белгига келганда клапан очилади. Сатҳни рoстлаш автоматик системасининг ишини контрол қилиш ёруғликли сигнализация 8в ёрдамида амалга оширилади.

Синтетик ювиш воситаларини ишлаб чиқаришда рН катталык тайёр маҳсулотнинг асосий характеристикаларидан бири бўлиб, сирт актив моддаларни (алкилсульфатлар, сульфанол ва бошқалар) тайёрлашда муҳим технологик параметр ҳисобланади. Алкилсульфатлар олдин бирламчи мойли спиртлар билан сульфатланади, сўнгра ишқор қоришмаси билан нейтрализация қилиб олинади. 15—9-расмда алкилсульфатларни узлуксиз ишлаб чиқариш процессида водород кўрсаткичи рН ни рoстлашнинг схемаси кўрсатилган. Нейтраллаш процесси рН-метр билан контрол қилинади. Нейтрализаторга сульфозфирлар ва ишқор берилади. Нейтрализаторда рН белгиланган қийматга етганда бирламчи ўзгартгич 9ада (ДПП—9) ҳосил бўлган сигнал юқори омли ўзгартгич 9б га (ПВУ—5256) узатилади ва нейтрализатордаги рН қийматига пропорционал бўлган сигнал ўзи қайд этувчи электрон потенциометр 9в нинг (КСП) киришига юборилади; потенциометрга бириктирилган пневматик изодром рoстлагичдан чиққан буйруқ босими ижро этувчи механизмли рoстлаш клапани 9г га (КЯ—НО) келади, у эса нейтрализаторга ишқор келувчи трубопроводни ёпади ёки очади. 15—10-расмда аммиак селитра ишлаб чиқаришнинг автоматлаштириш схемаси берилган.

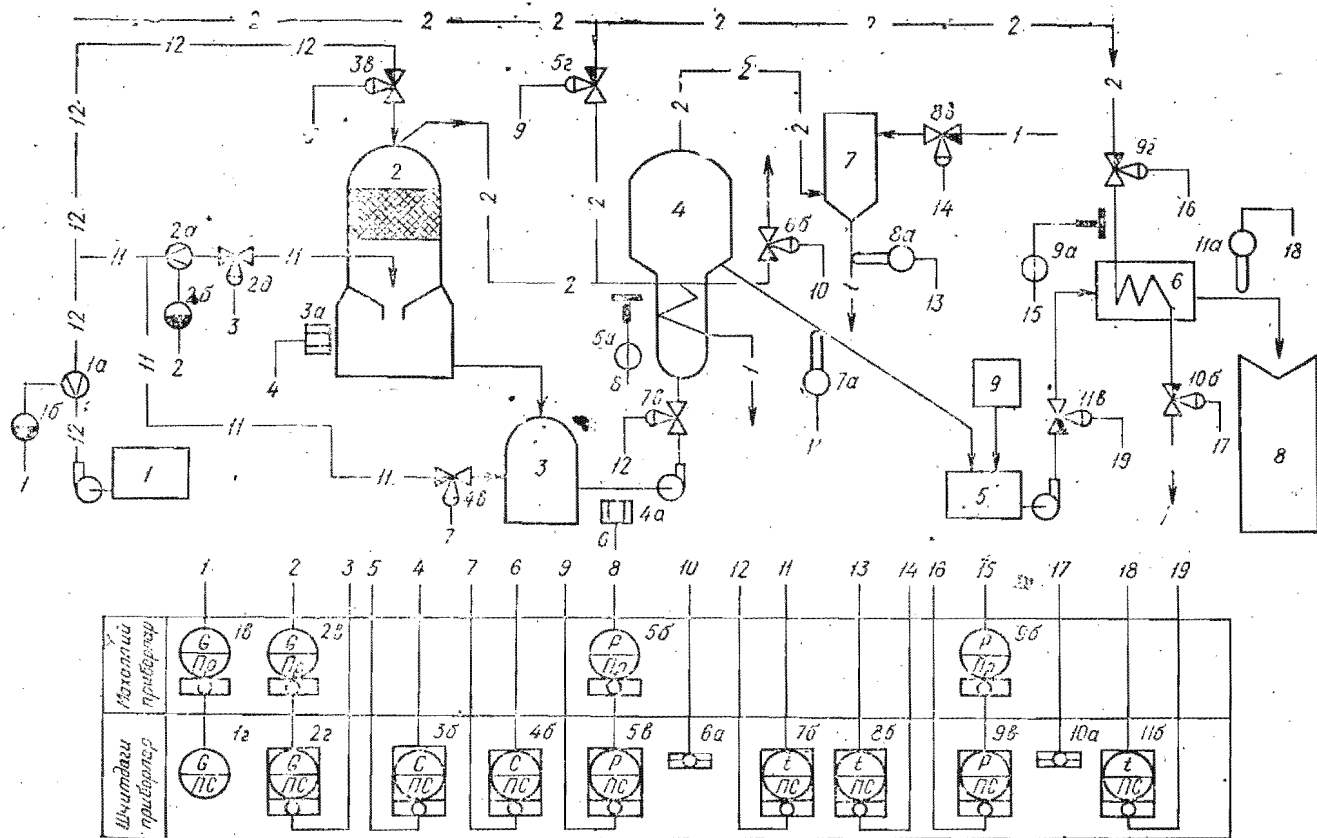
Дастлабки маҳсулотлар концентрацияси 40 ... 50% бўлган нитрат кислотани сифим 1 дан ва завод магистралидан аммиак насадкали скруббер шаклидаги нейтрализатор 2 га берилади. Насадка қобиғида нейтрализация реакцияси кетади, бунда кўп иссиқлик ажралади ҳамда шарбат буғи ҳосил бўлади. Ҳосил бўлган аммиак селитрасининг паст қоришмаси қўшимча нейтрализация учун донейтрализатор 3 га юборилади; у ерга аммиак ҳам келиб қўшилади. Селитра қоришмаси донейтрализатордан сийракланган босимда ишлайдиган биринчи босқичдаги буғлатиш аппарати 4 га боради. Буғлатиш аппарати нейтрализатор 2 дан келувчи шарбат буғи билан иситилади, унга завод трубопрводидан келган буғ қўшилади. Буғлатилган селитра қоришмаси сифим 5 га келади; бу ерга тайёр селитранинг парчаланишдан сақлаш учун бак 9 дан апатит тортқисининг қоришмаси ҳам келиб қўшилади. Сўнгра селитра қоришмаси иккинчи босқич буғлатиш аппарати 6 га ва у ердан эса гранулятор 8 га узатилади. Нейтрализатор 2 нинг нагрукаси аммиак сафининг автоматик ростлаш системасида (2а, 2б, 2в, 2г, 2д) стабилланади; нитрат кислотасини дозалаш аммиак селитра кислотаси эритмасининг АРС си орқали амалга оширилади, унда коррекциялаш ростлагичи КРН (поз. 3а, 3б, 3в) асосий элементдир. Аммиакни донейтрализаторда дозалаш ҳам ростлагич КРН (поз. 4а, 4б, 4в) ёрдамида амалга оширилади. Буғлатиш процессида технологик процессни ростлашнинг асосий масаласи — берилган концентрацияли буғлатилган эритма олишдир. Ростлаш аппаратга берилаётган эритманинг миқдорини ўзгартириш ҳисобига олиб борилади (поз. 7а, 7б, 7в). Бундан ташқари, саноат буғи ёрдамида шарбат буғининг таъминлаш миқдорини ўзгартириб қобиқдаги буғ босими автоматик ростланади (поз. 5а, 5б, 5в).

Аммиак селитраси ишлаб чиқаришда буғлатиш биринчи босқичининг ўзига хос томони нисбатан кўп миқдорли инерт моддалари бўлган шарбат буғидан фойдаланишдир. Улар буғ қобиғида йиғилиб аппарат унумдорлигини пасайтириши мумкин, шунинг учун қобиқни узлуксиз тозалаб туриш лозим. Тозалаш клапани 6а ни контрол қилиш ва бошқариш марказий шчитга ўрнатилган масофадан туриб бошқариш панели (ПДУ) 6б орқали оператор томонидан бажарилади.

Барометрик конденсаторга сув беришни ростлаш фойдаланилган сув температураси бўйича олиб борилади (поз. 8а, 8б, 8в).

Иккинчи буғлатиш аппаратидаги буғланган эритма концентрацияси ҳам температураси бўйича дастлабки эритма миқдорини ўзгартириб ростланади (поз. 11а, 11б, 11в). Бундан ташқари, қобиқда иситувчи буғ босими автоматик ростланади (поз. 9а, 9б, 9в) ҳамда марказий шчитда жойлашган ПДУ ёрдамида буғ қобиғи чиқишидаги буғ масофадан туриб бошқарилади (поз. 10а, 10б).

Юқорида келтирилган асосий технологик параметрларнинг автоматик ростлаш системасидан ташқари, аммиак селитраси цехининг автоматлаштириш системаси қатор параметрларни белгиланган қийматлардан огишини контрол қилиш ва сигнал беришни таъминлайди, хусусан, нитрат кислотасининг сарфи ўлчанади (поз. 1а, 1б, 1в, 1г). Укупорлаш бўлими ишини кузатиш мақсадида телевизион қурилма



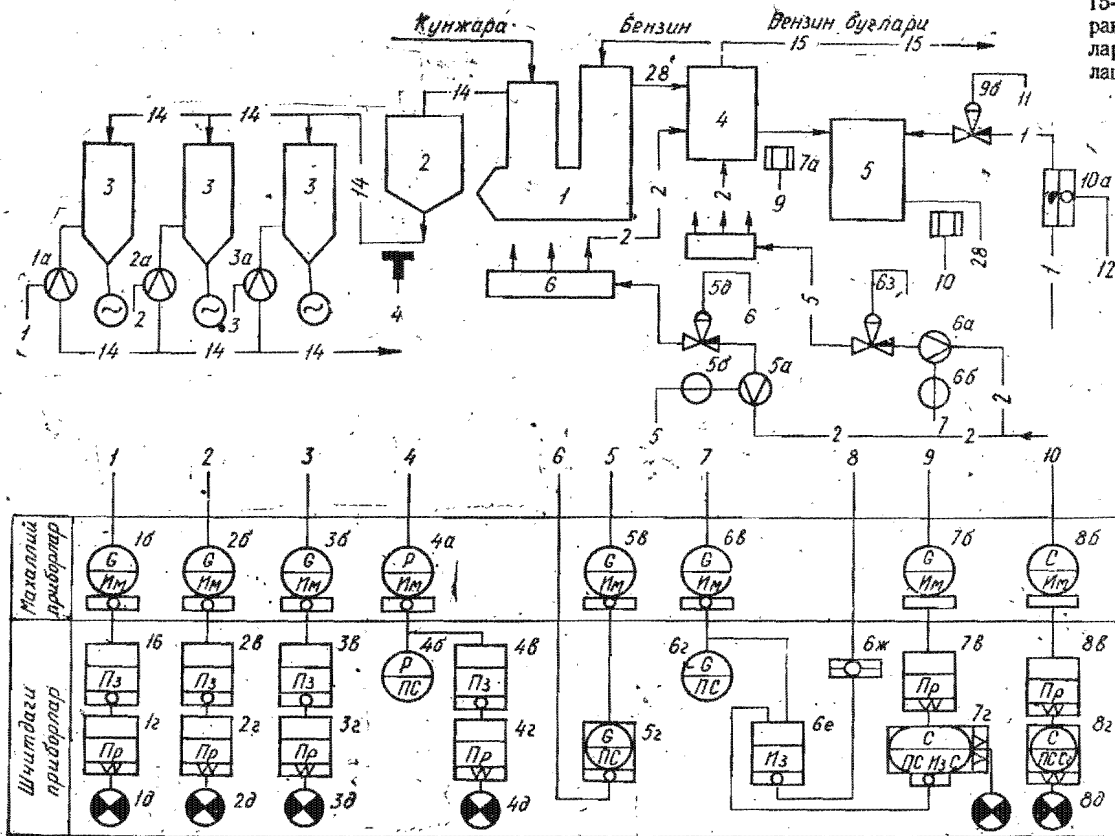
15—10-расм. Аммиак селитра ишлаб чиқаришнинг автоматлаштириш схемаси.

қўлланилади. 15—11-расмда экстракция цехи бўлимларининг автоматлаштириш схемаси берилган.

Экстрактор 1 дан мисцелла сифим 2 (мисцеллани йиғувчи) орқали насос билан патронли филът 53 га филътрлаш учун берилади. Филътрларнинг чиқишида ўлчаш қурилмаларининг (поз. 16 2, 36) сарф ўзгартгичлари (поз. 1а, 2а, 3а) ўрнатилган. Минимал сарфга созланган сарф катталигининг пневматик сигнали позиция ростлагичга (поз. 1в, 2в, 3в) берилади. Филътрлардаги сарф камайганда ростлагичлардан ўзгартгичлар (поз. 1г, 2г, 3г) орқали маълум бир филътрни ювиш лозимлигини кўрсатувчи сигналлар чироқларга (поз. 1д, 2д, 3д) боради. Насосдан сўнг мисцелланинг патронли филътрларга (3) киришидаги босим жойида ўлчайдиган пневмочиқишли манометр (поз. 4а) ва шчитдан иккиламчи прибор (поз. 4б) воситасида контрол қилинади. Агар филътр олдида босим кескин ортса, у ҳолда ҳамма патрон филътрларининг ифлосланганлигини билдириш учун элементлар (поз. 4в, 4г) ёрдамида кузатувчи ходимларни огоҳлантириш учун авария ёруғлик сигнали берилади (поз. 4д); юқорида кўрилган сигнал системаси филътрация режимидаги четга чиқишлар ҳақида керакли ахборотни кузатувчи ходимларга етказadi.

Кунжара экстрактор 1 дан чангли буғлатгич (тостер) 4 га берилади, у ерда эритувчи ҳайдалади. Тостерга эритувчини ҳайдаш мақсадида коллектор 6 дан кучсиз буғ, коллектор 7 дан эса кучли буғ берилади. Кучсиз буғ йўлига ўлчаш қурилмаси (поз. 5в) комплектида конденсация идиши (поз. 5б) бўлган сарф ўзгартгичи (поз. 5а) ўрнатилган. Кучсиз буғнинг қиймати ҳақида пневматик сигнал ростловчи қурилмага (поз. 5г) келади. Ростловчи қурилманинг чиқишида буйруқ босими коллектор 6 даги кучсиз буғ трубопроводини ёпувчи ёки очувчи ростловчи клапанли ижро этувчи механизмга (поз. 5д) берилади. Кучли буғ сарфи комплектида торайтириш қурилмаси (поз. 6а), конденсация идиши (поз. 6б) ва иккиламчи приборни (поз. 6г) ташкил қилувч дифманометр (поз. 6в) бор. Ростлагич (поз. 6е) байпасли панель (поз. 6ж) орқали клапан (поз. 6з) ёрдамида коллектор 7 га келувчи кучли буғни ушдаб туради. Ростлагичга (поз. 6е) яна потенциалометрдан (поз. 7г) тостер чиқишидаги кунжарада эритувчининг миқдорига пропорционал бўлган пневмосигнал келади. Бунинг натижасида эритувчини ҳайдашнинг керакли даражаси таъминланади. Кунжарадаги эритувчининг миқдорини намуна олиш қурилмаси бўлган (поз. 7а) приборлар (поз. 7б, 7в, 7г, 7д) ёрдамида контрол қилинади. Конденционер чиқишидаги бензиннинг кунжарадаги миқдори сигнал қурилмали иккиламчи прибор (поз. 8г) ва элементлар (поз. 8а, 8б, 8в) ёрдамида контрол қилинади.

Кунжарани сақлашга юборишдан олдин намлаш мақсадида конденционерга сув берилади. Сувнинг сарфи ўлчаш қурилмаларидан (поз. 10а, 10б) иборат контрол қилиш системасининг кўрсатишлари бўйича оператор байпас панели (поз. 9а) ва клапан (поз. 9б) ёрдамида масофадан туриб қўлда ўрнатилади. Схепада (15—11-расм) келтирилган системалар эритувчининг исроф бўлишини сезиларли даражада камайтиради, ишлаб чиқариш хавфсизлигини оширади ҳамда хизматчи ходимларнинг иш шароитини енгилаштиради.



15—11-расм. Экстракцион цех бўлимларининг автоматлаштириш схемаси.

XV. 4-§. Автоматик сигнал бериш, блокировкаш ва ҳимоя қилишнинг принципиал схемаларини тузиш

Турли технологик процессларнинг контрол, бошқариш ва автоматик ростлашнинг замонавий системаларида электр приборлар, аппарат ва қурилмалар кенг ўрин олган. Технологик процессларда бошқариш, ростлаш, ҳимоя қилиш, ўлчаш ва сигнализациялаш каби масалаларни ҳал этувчи аппарат ва қурилмаларнинг ўзаро электр алоқаларини электр чизмалар ёрдамида ифодаланади. Принципиал электр чизмалар, одатда, лойиҳанинг асосий ва муҳим техникавий материали ҳисобланиб, у бошқариш системаларида электр аппаратлардан фойдаланишга асосланади.

Турли технологик процессларни автоматлаштиришда, марказлаштирилган контрол ва бошқариш системаларини яратишда, диспетчерлик-бошқариш хизматини ташкил қилишда, контрол қилинаётган объектлар ҳолатини хизматчи ходимларга маълум қилишда сигнализация қурилмаларига катта эътибор берилади.

Сигнализациялар ёруғликли, товушли ёки бир вақтда ёруғликли ва товушли бўлиши мумкин.

Сигнализация чизмалари ўзгармас ва ўзгарувчи токда ишлайди. Кучланиш катталиги ва токнинг турли сигнализация чизмаларида, одатда, рухсат этилган кучланиш, ток катталикларига ва сигнализация датчиклари контактларининг узилиш қувватига биноан, таъминлаш манбаларининг мавжудлигига, сигнализация датчикларидан ёруғлик приборларигача бўлган масофа, эксплуатация шароити, хавфсизлик техникаси ва бошқа факторларга асосланиб танланади.

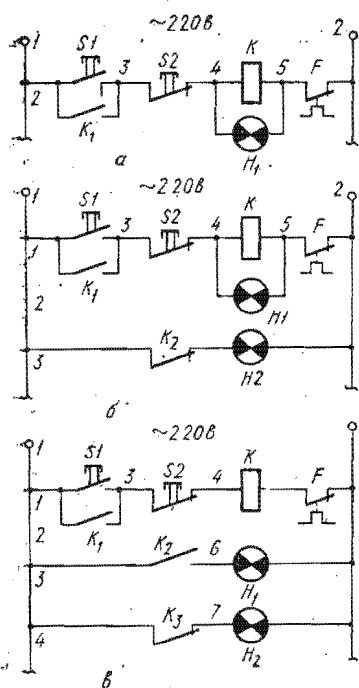
Вазифаси бўйича сигнализация чизмалари тўрт кўринишда бўлади.

1. Ҳолат сигнализацияси: бунда контрол қилинаётган объектларнинг вазияти ҳақида хабар берилади (магнитли юритгичлар, контакторлар уланган ёки узилган, задвижка, заслонка, шиббер ва шу кабилар очик ёки ёпиқ).

2. Буйруқли сўзлашиш сигнализацияси: қабул қилинувчи сигнални контрол қилиш билан маълум буйруқ ва сигналларни бир хонадан бошқасига узатиш.

3. Ҳимоя ва автоматика ишини сигнализациялаш: бунда махсус кўрсатувчи сигналли реле-блинкерлар воситасида у ёки бу автоматик ҳимоя ва блокировкалаш типларининг иши ҳақида ахборот берилади.

4. Технологик сигнализация, технологик процессларнинг нормал кетишидан четга чиқишлари ҳақида хабар бериш, яъни температура, босим, сарф, сатҳ, концентрация ва бошқалар каби технологик параметрларнинг белгиланган миқдордан четга чиқиши. Технологик сигнализация икки кўринишда бўлиши мумкин: а) огоҳлантирувчи сигнализация: бунда хизматчи ходимлар технологик параметрнинг нормал иш режимини четга чиқаётганлиги ҳақида хабар беради; одатда, ёруғликли огоҳлантирувчи сигнализация хизматчи ходимларнинг диққатини жалб қилиш мақсадида товушли сигнализация билан бир вақтда рўй беради, б) авария сигнализацияси: бунда контрол қилинаётган параметрларнинг рухсат этилмаган миқдорларида техноло-



15—12- расм. Электродвигатель ҳолатини сигнализициялаш 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.

чизмаси берилган. Биринчи ҳолда (15—12-расм, а) электродвигателнинг ишга тушиш сигнализицияси контактор (магнитли юритгич) K чулғамига параллел уланган битта чироқ H_1 орқали амалга оширилади. Айрим ҳолларда чироқ H_1 қўшимча қаршилиқ билан жетма-кет уланади. Бундай чизмада қўшимча блок-контактлар талаб қилинмайди, бироқ чироқнинг куйиш эҳтимоли кўп бўлади.

Иккинчи ҳолда (15—12-расм, б) контактор K чулғамига параллел уланган H_1 лампадан ташқари контакторнинг узувчи блок-контакти билан уланган ва электродвигателнинг узилганини сигнализицияловчи H_2 лампа бор. Бунда исталган лампанинг куйиши нотўғри сигнал беришга олиб келмайди.

15—12- расм, в да келтирилган H_1 ва H_2 сигнализиция лампаларининг улаш чизмаси контактор K битта уланувчи ва битта узувчи блок-контактларидан иборат. Агар блок-контактлар етмаса, у ҳолда сигнализиция лампаларини улаш учун контакторнинг блок-контактларини жўпайтирувчи оралиқ реленинг контактларидан фойдаланиш мумкин.

гик процессларнинг айрим бўлимларидаги авария ҳолатларини ёки контрол қилинаётган объектларнинг аварияли тўхтатишлари ҳақида хизматчи ходимларга хабар берилади. Авария сигналлари; кўпинча, автоматик ҳимоя ва блокировкалаш воситаларининг ҳаракати билан бир вақтда пайдо бўлади. Авария сигналлари ёруғликли ва товушли сигналларнинг кескин ишлашида рўй беради.

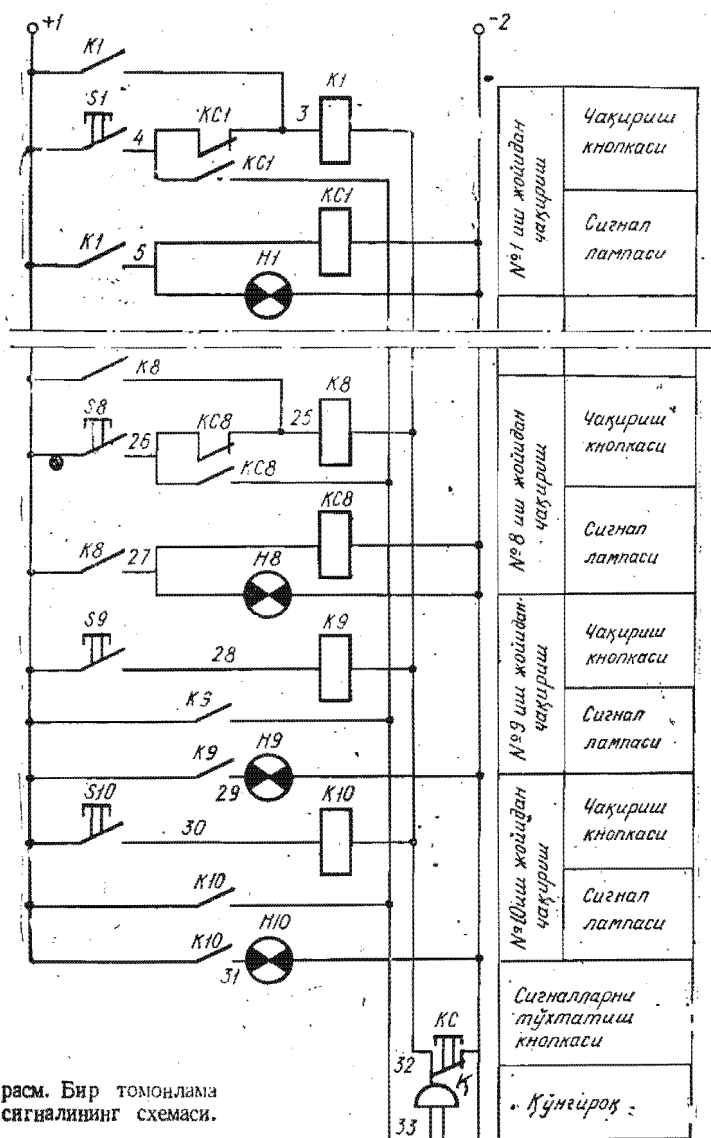
Одатда, параметр ёки агрегатнинг нормал ҳолатини сигнализициялаш учун улардаги сигнализиция чироқларида кўк ёки оқ рангли, огоҳлантирувчи сигнализиция учун сариқ, авария сигнализицияси учун эса қизил қалпоқчалар кўзда тутилган.

Технологик процессларнинг автоматлаштириш системаларини яратишда бир-бирдан таркиби ва уларнинг айрим қисмларини тузиш усуллари бўйича фарқ қилувчи турли сигнализиция чизмалари ўрин олмоқда, Сигнализиция чизмасининг энг рационал тузилган вариантини танлашда унинг конкрет шароитда ишлаши, шунингдек, ёруғлик-сигнал аппаратураси ва сигнализиция датчикларига қўйилган техникавий талабларни эътиборга олиш керак.

Баъзи сигнализиция чизмаларини кўриб чиқайлик. 15—12-расмда электродвигатель ҳолатининг сигнализиция

Сигнализация лампаси H_1 ни контактор чулғамига параллел улашга қараганда уланувчи блок-контакт билан улаш афзалроқдир, чунки бунда бошқариш ва сигнализация заңжирларини ажратишга имкон яратилади ҳамда контактор ишига H_1 лампа заңжирдаги бузилишларнинг таъсири бўлмайди.

Буйруқ—сўзлаш сигнализацияси бошқа алоқа усулларини, масалан, телефон ёки баланд сўзлашиш алоқасини ишлатиш қийин бўлганда қўлланилмоқда. Буйруқ—сўзлаш сигнализациясининг қа-



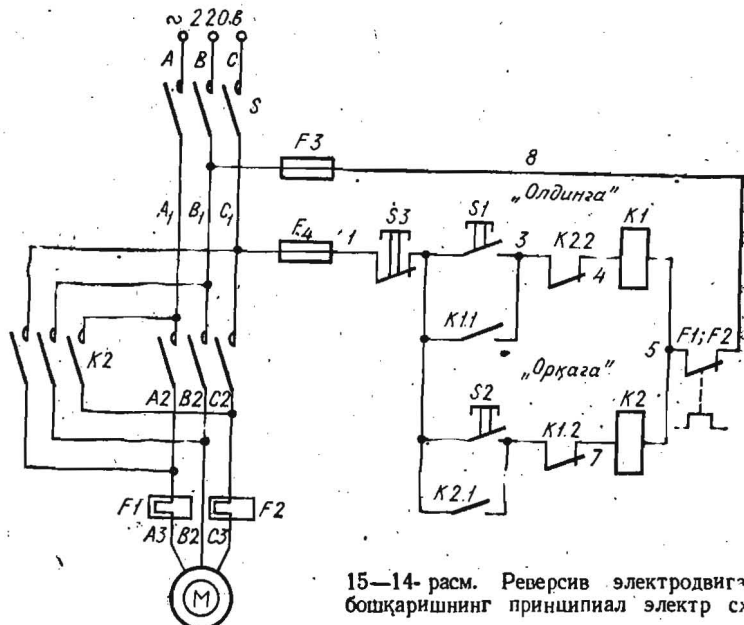
15—13- расм. Бир томонлама буйруқ сигнаlining схемаси.

бул қилинганлигини контрол қилган ҳолда буйруқ сигналларини бир ва икки томонлама узатишни таъминлаши мумкин. Бир томонлама ҳаракатдаги буйруқ сигнализациясига мисол тариқасида 15—13-расмда келтирилган созлагичларни иш жойига чақирувчи ёруғлик товушли сигнализацияни кўрсатиш мумкин. Иш жойи № 1 даги чақириш тугмаси S^1 босилганда реле $K1$ ишга тушади, бунда у уланувчи битта контакт воситасида ўзи блокировкаланади ва диспетчернинг сигнал шчитидида жойлашган сигнализация лампаси H_1 ни ҳамда товушли сигнализация релеси $KC1$ ни улайди. Бу реле эса ишга тушиб узувчи контакт билан $S1$ тугма орқали реле $K1$ нинг манба занжирига узади, уловчи контакт орқали чақириш тугмаси босиб турилиши давомида уланиб турувчи қўнғироқ Q манба занжирига улайди. Диспетчер созловчинини маълум бир иш жойида чақириш сигналинини олгандан сўнг, буйруқни бекор қилиш тугмаси KC воситасида чизмани дастлабки ҳолатга қайтаради. Созловчининг иш жойлари 1... 8 ларга, чақириш чизмасининг иш жойлари № 9 ва 10 га чақириш чизмасидан фарқ қилади. Бу фарқ шундан иборатки, иккинчи ҳолда қўнғироқ ва сигнализация чироғи чақириш тугмалари $S9$ ва $S10$ лар босилган пайтдагина уланади; биринчи ҳолда эса сигнализация лампаси ва қўнғироқ сигналларни тугмача KC воситасида бекор қилингунча (чақириш тугмаси қўйиб юборилишига қарамай) улаб туради.

Автоматик ҳимоя қилиш ёки блокировкалаш қурилмаларининг ишлаши натижасида агрегатларнинг аварияли узилишини, шунингдек, резервнинг автоматик ишга тушириш (АВР) қурилмалари ишлаганда ёки узилган агрегатнинг қайта автоматик уланишида (АПВ) агрегат ҳолат ҳақида ёруғлик товушли сигнализациядан ташқари сигнализация релеси (блинкерининг) байроқчасининг тушишини ёруғликли сигнализация ҳам амалга оширади. Реверсив электродвигателларини бошқаришнинг электр схемалари бир пайтда иккала магнитли юритгичнинг ишлашини бекор қилиши лозим, акс ҳолда фазаларнинг қисқа туташшини рўй бериши мумкин. Бу ҳолда блокировкали боғлиқлик K^2 ишга туширгичнинг («орқага») занжирига K^1 ишга туширгичнинг («олдига») $K1.2$ контактини ва $K1$ ишга туширгичнинг занжирига $K2$ ишга туширгичнинг $K2.2$ контактини киритиш билан ҳал этилади (15—14-расм).

Химия ва бошқа саноатларда авария ҳимоясининг махсус, масалан, «Логика» ва «АЗИС» системалари ишлатила бошланди. Улар авария вазиятларини топиш, ходимларни огоҳлантириш ҳамда ҳимоя қилувчи, ижро этувчи қурилмаларни ишга тушириш каби вазифаларга мўлжалланган.

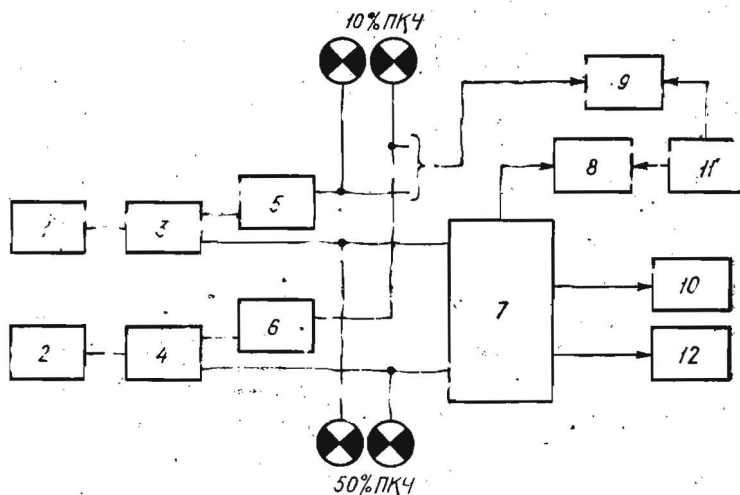
«Логика» системаси қуйидагилардан иборат: контакт чиқишли датчик-сигнализаторлар, улар аварияли ҳолатларни аниқлашга мўлжалланган параметрларни (босим, сарф, температура, сатҳ, хонанинг газланганлиги ва бошқалар) контрол қилади; мантикий қурилмалар, улар авария сигналинини қабул қилиш учун, параметрларнинг қисқа четга чиқишларида ва контактлар тебранишида нотўғри уланишининг олдини олиш мақсадида киришда сигналларни ушлаб туриш ҳамда авария ҳолати ҳақида хабар бериш ва давомлилиги 2 секундгача бўлган ягона импульс ёки ўзгармас кучланиш кўринишидаги буйруқ



15—14- расм. Реверсив электродвигателни бошқаришнинг принципиал электр схемаси.

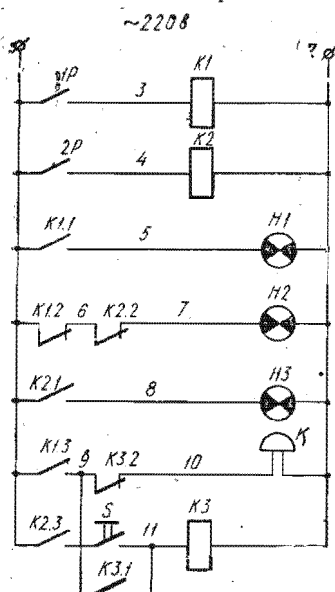
сигналини беришга мўлжалланган; ижро этувчи қурилмалар, буларга беркитувчи клапанлар, вентиляторлар, насос қурилмалари киради.

Автоматик ҳимоя қилиш ва сигнализация системаси «АЗИС» (15—15-расм) ишлаб чиқариш хоналаридаги ҳаво муҳитини узлуksиз контрол қилиш, аварияли вазиятларни топиш ҳамда хоналарнинг



15—15- расм. Ҳимоя системаси «АЗИС» нинг функционал схемаси:

1,2—СВК—3М1 типдаги концентрацион анализаторлар; 3,4—тахминлаш майбалари; 5,6—таққослаш схемалари; 7—мантйқ қурилмаси; 8—ижро этувчи механизм; 9—авария вентиляцияси; 10—тавсиялар панели (табло); 11—масофадан туриб бошқариш пульта; 12—регистратор, ПКЧ—портлашнинг қуйи чегараси.



45—16- расм. Бир параметрларнинг уч ҳолатини технологик сигнализациялашнинг схемаси.

газланганлиги билан борлиқ бўлган аварияларнинг олдини олиш учун мўлжалланган. Датчик сифатида СВК—3М1 типидagi приборлар ишлатилади. Ижро этувчи механизмларнинг сони 26 тагача бўлади. Ижро этувчи механизмларни бошқариш учун буйруқлар белгиланган алгоритмлар асосида берилadi. Қурилмада ижро этувчи механизмлар буйруқни бажарганлиги ва датчикларнинг бузилганликлари ҳақида сигналларни бериб, у яна аварияларни йўқотиш бўйича тавсиялар ҳам беради.

Технологик сигнализацияга қўйилган асосий специфик талаблар 15—16-расмда кўрсатилган. Расмда бир параметрнинг уч ҳолатини технологик сигнализациялашнинг принципиал схемаси келтирилган. Приборларнинг 1Р ёки 2Р сигнал контактлари уланганда ўзининг уловчи контактлари $K1.1$ ва $K2.1$ билан $H1$ ва $H3$ лампалар учун манба занжири ҳосил қилувчи оралиқ $K1$ ёки $K2$ релелар уланади (бир вақтда товушли сигнал ҳам уланади). Сигнални бекор қилиш мақсадида тугмали узгич S босилади. Бунда ўзининг уданувчи контакти

$K1.3$ ёки $K2.3$ орқали реле $K3$ уланади, шу билан бирга уланувчи контакт $K3.1$ ёрдамида ўзи блокировкаланади, узувчи $K3.2$ контакт билан эса K қўнғироқнинг манба занжири узилади. Шундан сўнг тугмали узгични қўйиб юбориш мумкин. Агрегатдаги режимнинг бузилиши йўқотилгандан сўнг $K1.3$ ва $K2.3$ уловчи контактлар узилади. $K3$ реле манбадан узилади ва товушли сигнализация аппаратураси кейинги импульс сигналин қабул қилишга тайёр туради. Авария сигналлари йўқлигида кетма-кет уланган узувчи $K1.2$ ва $K2.2$ контактлар билан $H2$ лампанинг манба занжири узилади.

АДАБИЁТЛАР

1. П. А. Обновленский и др. Основы автоматизации химических производств. Л., «Химия», 1975.
2. А. В. Казаков и др. Основы автоматики и автоматизации химических производств. М., «Машиностроение», 1970.
3. М. М. Майзель и др. Технологические измерения и приборы легкой промышленности. М., «Машиностроение», 1971.
4. В. П. Преображенский. Теплотехническое измерения и приборы. М., «Энергия», 1978.
5. М. В. Кулаков. Технологические измерения и приборы для химических производств. М., «Машиностроение». 1974.
6. А. С. Ключев и др. Техника чтения схем автоматического управления и технического контроля. М., «Энергия», 1977.
7. В. А. Голубятников и др. Автоматизация производственных процессов и АСУП в химической промышленности. М., «Химия», 1978.
8. И. К. Петров. Технологические измерения и приборы в пищевой промышленности. М., «Пищевая промышленность», 1973.
9. Р. Я. Исакович. Технологические измерения и приборы. М., «Недра», 1970.
10. Г. М. Глишков и др. Проектирование систем контроля и автоматического регулирования металлургических процессов. М., «Металлургия». 1970.
11. Н. Р. Юсупбеков и др. Автоматизация технологических процессов производства растительных масел. Т., «Узбекистан», 1973.
12. В. Ф. Яценко и др. Основы автоматизации технологических процессов масло-жирового производства. М., «Пищевая промышленность», 1976.
13. Техника проектирования систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие под ред. Л. И. Шипетина. М., «Машиностроение», 1976.
14. А. И. Емельянов и др. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами. Справочное пособие по содержанию и оформлению проектов. М., «Энергия», 1974.
15. Обозначения основных величин и условные изображения приборов в схемах автоматизации производственных процессов (ГОСТ 3925—59) М., «Стандартгиз», 1961.
16. Терминологический словарь по автоматическому управлению, под ред. А. А. Эфендизаде. Б., «ЭЛМ», 1977.
17. Ю. С. Вальденберг и др. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Изд—во «Статистика», М., 1974.
18. Ю. С. Вальденберг, А. С. Гельман. Автоматизированные системы управления непрерывными технологическими процессами и производствами. Изд—во «Машиностроение», М., 1978.
19. В. М. Вальков, В. Е. Вершин. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Изд—во «Машиностроение», М., 1973.
20. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Идентификация и оптимальное управление. Справочник, Под ред. д. т. н. проф. В. И. Салычи, издательское объединение «Вища школа», 1976.
21. В. В. Кафаров. Методы кибернетики в химии и химической технологии. Изд—во «Химия», М., 1976.
22. В. Т. Кулик. Алгоритмизация объектов управления. Изд—во «Наукова думка», К. 1968.
23. А. А. Левин, Ю. Г. Заренин. «Приборы и системы управления», №8, 1974.

Сўз боши	3
Кириш	5
Биринчи бўлим	
Химиявий-технологик параметрларни контрол қилиш	17
I боб. Метрология ва ўлчов техникасининг асосий тушунчалари	17
I. 1-§. Метрологиянинг асосий тушунчалари	17
I. 2-§. Ўлчовлар. Ўлчов бирликлари	20
I. 3-§. Ўлчов хатолари	22
I. 4-§. Ўлчов приборларнинг тузилиши	24
I. 5-§. Ўлчов приборларининг классификацияси	26
I. 6-§. Ўлчов приборларининг хатолари ва аниқлик классн	27
II боб. Температуранн ўлчаш.	30
II. 1-§. Температуранн ўлчашдаги асосий тушунчалар	30
II. 2-§. Кенгайиш термометрлари	33
II. 3-§. Манометрик термометрлар	37
II. 4-§. Термoeлектрик термометрлар	40
II. 5-§. Қаршилик термометрлари	54
II. 6-§. Нурланиш пирометрлари	62
III боб. Босим ва спйракланишни ўлчаш	67
III. 1-§. Асосий маълумотлар ва классификация	67
III. 2-§. Сууюқликли приборлар	69
III. 3-§. Юк-поршенли приборлар	75
III. 4-§. Пружиннали приборлар	77
III. 5-§. Электр. приборлар	83
IV боб. Модла сарфини ва миқдорини ўлчаш	88
IV. 1-§. Асосий маълумотлар ва классификация	88
IV. 2-§. Босим фарқлари ўзгарувчан сарф ўлчагичлар	89
IV. 3-§. Босим фарқлари ўзгармас сарф ўлчагичлар	96
IV. 4-§. Ўзгарувчан сатҳли сарф ўлчагичлар	100
IV. 5-§. Тезлик босими сарф ўлчагичлари	104
IV. 6-§. Индукцион сарф ўлчагичлар	106
IV. 7-§. Ионизацион, ультратовушли ва калориметрик сарф ўлчагичлар	108
IV. 8-§. Тезлик ва ҳажм сётчиклари	112
IV. 9-§. Автомат тарозилар	115
V боб. Сатҳни ўлчаш.	118
V. 1-§. Асосий маълумотлар ва классификация	118
V. 2-§. Қалқовичли сатҳ ўлчагичлар	119
V. 3-§. Гидростатик сатҳ ўлчагичлар	121
V. 4-§. Электрик сатҳ ўлчагичлар	124
V. 5-§. Радиоизотопли сатҳ ўлчагичлар	126
V. 6-§. Ультратовушли сатҳ ўлчагичлар	127
V. 7-§. Сочилувчан моддаларнинг сарф ўлчагичлари	128
VI боб. Модданинг физикавий хоссалари ва таркибини контрол қилиш	129
VI. 1-§. Сууюқлик зичлигини ўлчаш	129
VI. 2-§. Сууюқликнинг қовушоқлигини ўлчаш	135
VI. 3-§. Газ ва қаттиқ жисмларнинг намлигини ўлчаш	141
VI. 4-§. Эритмалар концентрациясини ўлчаш	147
VI. 5-§. Газ анализаторлари	152

VII боб. Масофадан туриб ўлчаш системаси	161
VII. 1-§. Ўзгартгичлар тури ва сигналларни узатиш системаси	161
VII. 2-§. Телеўлчагичлар системаси ҳақида тушунча	168
Иккинчи бўлим	171
Автоматик рoстлаш системалари (АРС)	171
VIII боб. Автоматик рoстлашнинг вазифаси	171
VIII. 1-§. Асосий тушунча ва қоидалар	171
VIII. 2-§. Четга чиқишлар бўйича рoстлаш	174
VIII. 3-§. Ғалаёнланиш бўйича рoстлаш	175
VIII. 4-§. Комбинациялашган рoстлаш системалари	176
VIII. 5-§. Тесқари алоқа ҳақида тушунча	176
VIII. 6-§. Автоматик рoстлаш системасининг тузилиши	177
VIII. 7-§. Автоматик рoстлаш системаларнинг классификацияси	180
VIII. 8-§. Ўтиш процесслари	181
VIII. 9-§. АРС ларга қўйиладиган талаблар	182

IX боб. Автоматик рoстлаш системалари ва АРС элементларининг анализи	183
IX. 1-§. Элементларнинг математик тавсифи, аҳамияти ва ишлатилиши	183
IX. 2-§. Математик тавсифни олиш методлари	184
IX. 3-§. Математик моделнинг аналитик тузилиши	186
IX. 4-§. Статик ва динамик моделлар	187
IX. 5-§. Рoстлаш системаларининг статик характеристикалари	189
IX. 6-§. Бир киришли звонинг экспериментал нисбатларини аппроксимациялаш	191
IX. 7-§. Кўп ўзгарувчилари бўлган звено ва системалар статик характеристикасини аппроксимациялаш	193
IX. 8-§. Статик характеристикаларни регрессион метод бўйича аниқлаш	194
IX. 9-§. АРС нинг амалий элементларини тўғри чиқиққа келтириш	197
IX. 10-§. Рoстланувчи объектларнинг ўтиш характеристикалари	198
IX. 11-§. Автоматик рoстлаш системаларининг чиқиққилиги	203
IX. 12-§. Операцион ҳисобларнинг чиқиққли АРС лар анализиди ишлатилиши	205
IX. 13-§. Фурье алмаштириши ва хусусий характеристикалар	208
IX. 14-§. Логарифмик частота характеристикалар	209
IX. 15-§. Элементар звенолар (модель, динамик характеристика, узатиш функциялари)	211
X. 16-§. АРС нинг тузилиш схемалари ва уларнинг ўзгариши	223

X боб. Рoстланувчи объектлар	225
X. 1-§. Рoстланувчи объектларнинг хоссалари	225
X. 2-§. Ўз-ўзидан тўғриланиш хусусияти. Статик, астатик ва нотурғун объектлар	227
X. 3-§. Бир сигимли ва кўп сигимли объектлар	229
X. 4-§. Юк	231
X. 5-§. Объектлардаги кечикиш	232
X. 6-§. Кўп сигимли объектни кечикишга эга бўлган биринчи тартибли звено орқали аппроксимация қилиш	233
X. 7-§. Рoстланувчи объектларнинг экспериментал ўтиш характеристикалари орқали узатиш функцияларини аниқлаш	234
X. 8-§. Рoстланувчи объектнинг динамик характеристикаларини статик методлар орқали аниқлаш	242
X. 9-§. Рoстланувчи объектлардаги оқимларнинг гидродинамик структура модели	244

XI боб. Ростлашнинг сифати	248
XI. 1-§. Чизиqli автоматик ростлаш системаларининг турғунлиги	
XI. 2-§. Раус—Гурвиц алгебраик критерийси	
XI. 3-§. Михайлов геометрик критерийси	
XI. 4-§. Найквист—Михайлов частота критерийси	24
XI. 5-§. Ростлаш процессининг сифати	25
XI. 6-§. Технологик процесснинг режимини статик ва динамик оптималлаштириш	254
XII боб. Автомат ростлагичларнинг оптимал ростланишини ҳисоблаш	257
XII. 1-§. Ростлаш қонунлари	257
XII. 2-§. Кенгайтирилган частота характеристикалар	268
XII. 3-§. Автоматик ростлагичлар оптимал созланишларини ҳисоби	272
XII. 4-§. Ростлагичнинг оптимал созланишларини ростлаш объектининг АФХ сидан аниқлаш	276
XII. 5-§. Автоматик ростлаш системаси ўтиш процессларини қуришнинг частота усули	282
XIII. боб. Автоматлаштиришнинг техникавий воситалари	284
XIII. 1-§. Автоматик ростлагичларнинг классификацияси	284
XIII. 2-§. Бевосита таъсир қилувчи ростлагичлар	285
XIII. 3-§. Электр ростлагичлар	287
XIII. 4-§. Позицион ростлагичлар	289
XIII. 5-§. Пропорционал ростлагичлар	292
XIII. 6-§. Интергал ростлагичлар	293
XIII. 7-§. Пропорционал-интергал (изодром) ростлагичлар	293
XIII. 8-§. Пропорционал-дифференциал ростлагичлар	298
XIII. 9-§. ДПУ—1 Д типдаги масофадан туриб пневматик бошқариш панели	300
XIII. 10-§. ПФб. 2 типдаги параметр бўйича программали пневматик топшириқ бергич	300
Учинчи бўлим	
XIV боб. Технологик процессларнинг автоматлаштирилган бошқариш системалари (ТПАБС)	303
XIV. 1-§. ТПАБС нинг умумий характеристикаси ва классификацияси	303
XIV. 2-§. ТПАБС ларнинг асосий функциялари	307
XIV. 3-§. ТПАБС лар фаолиятининг умумлаштирилган схемаси	308
XIV. 4-§. ТПАБС нинг функционал структураси	312
XIV. 5-§. ТПАБС нинг ахборот билан таъминланиши	316
XIV. 6-§. ТПАБС нинг математик таъминоти	319
XIV. 7-§. ТПАБС ларнинг ишончлилиги	321
Тўртинчи бўлим	
XV боб. Автоматлаштириш системаларини лойиҳалашнинг элементлари	322
XV. 1-§. Автоматлаштириш системаларини яратиш босқичлари	322
XV. 2-§. Химиявий технология процессларининг автоматлаштириш принципиал чизмаларини лойиҳалаш техникасининг асослари	324
XV. 3-§. Типавий процессларнинг типавий автоматик ростлаш чизмалари	333
XV. 4-§. Автоматик сигнал бериш, блокировкалаш ва ҳимоя қилишнинг принципиал схемаларини тузиш	343
Адабиётлар	349

