

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**Юсупбеков Нодирбек Рустамбекович
Мухитдинов Джалолитдин Пахритдинович
Авазов Юсуф Шодиевич**

**«АВТОМАТИКА ВА НАЗОРАТ ЎЛЧОВ АСБОБЛАРИНИНГ
ТУЗИЛИШИ ВА ВАЗИФАСИ»**

**3521501- «Назорат ўлчов асбоблари ва автоматика» йўналиши бўйича
таҳсил олувчилар учун
*дарслик***

Тошкент-2009

Тақризчилар:

Гулямов Ш. М. – техника фанлари доктори, ТошДТУ “ИЧЖА” кафедраси профессори

Адилов Ф. Т. – техника фанлари доктори, “Химавтоматика” ОАЖ нинг бош директори

Дарсликда ҳарорат, босим, сатҳ, концентрация, сарф каби ишлаб чиқаришнинг муҳим параметрларини техник ўлчашда қўлланиладиган асосий ўлчаш усуллари ва замонавий ўлчаш воситалари кўриб чиқилган. Ўлчаш принциплари бўйича маълумотлар баён қилинган бўлиб, асбоблар ва ўзгартиргичларнинг принципиал схемалари, тенгламалари ва муносабатлари, техник ўлчаш асбобларининг қўлланилиш соҳалари берилган ҳамда хатоликлар ва уларни бартараф этиш усуллари кўрсатилган.

Дарслик 3521500 – «Асбобсозлик» йўналиши ва 3521501 – «Назорат ўлчов асбоблари ва автоматика» мутахассисликлари бўйича касб ҳунар коллежларида таълим олувчилар ва техник ўлчаш масалаларини ўрганувчи бошқа мутахассисликлар учун мўлжалланган.

В учебнике рассмотрены основные методы и современные средства, применяемые при проведении технических измерений таких важных параметров промышленного производства как температура, давление, уровень, концентрация, расход и др. Изложены сведения по принципам измерений, даны принципиальные схемы приборов и преобразователей, основные уравнения и соотношения, указаны погрешности и способы их устранения, даны области применения приборов технических измерений.

Учебник предназначен для учащихся профессиональных колледжей.

Направления: 3521500 – «Приборостроение», обучающихся по специальности 352150 – «Контрольно-измерительные приборы и автоматика» и может быть полезна для других специальностей, изучающих вопросы технических измерений.

In the textbook the basic methods and modern means used at realization of technical measurements of such important parameters of industrial manufacture as temperature, pressure, level are considered, concentration, charge etc. the items of information by principles of measurements Are stated, the basic circuits of devices and converters, basic equations and ratio are given, the errors and ways of their elimination are specified, the areas of application of devices of technical measurements are given.

The textbook is intended for learning professional colleges

Directions: 3521500 - "Instrument making" training on a speciality 352150 - "Instrumentations and automatics" and can be useful to other specialities studying questions of technical measurements.

СЎЗ БОШИ

Назорат ўлчов асбоблари ва автоматика (НЎА ва А) нинг саноат корхоналаридаги роли

Саноат қурилмаларини замонавий даражасининг ривожланиши катта бирлик қувватли мажмуалар қўлланиладиган технологик жараёнларнинг жадаллашуви билан тавсифланади. Масалан, иссиқлик энергетикасида бирлик қувват 30 йил мобайнида ўн баробар, атом энергетикасида эса юз баробар ошиб кетди. Технологик жараёнларнинг юз бериш тезлиги ҳам тахминан шунчага ўсди. Бугунги кунда битта мажмуада минглаб сондаги ўлчанадиган параметрларни аниқлаш мумкин. Кўпгина ҳолларда ўлчаш воситалари ва информатсион – бошқарув тизимларининг ишончилиги бутун агрегатнинг ишончилиги билан белгиланади. Автоматик назорат ва параметрларнинг ишончли қийматларини билмасдан туриб улар орқали жараёнлар ва агрегатларни бошқариб бўлмайди. Жараён ва агрегатларни автоматлаштириш ва улар устида илмий изланишлар олиб боришда ўлчашлар муҳим роль ўйнайди.

Охирги ўн йиллик микропроцессорли техника нафақат иккиламчи ўзгартиргичларга балки бевосита технологик объектларга ўрнатилган бирламчи ўзгартиргичларга ҳам жадал ўрнатилаётганлиги билан тавсифланади. Микропроцессорли (интеллектуал) ўлчаш воситалари орқали ўлчаш натижаларига ишлов бериш, ўзгартириш ва уларни акс эттириш усуллариининг функционал имкониятлари ўзгартирилмоқда. Ушбу асбоблар асосан саноатнинг микропроцессорли бошқарув тизимлари ва илмий тадқиқотларнинг информатсион – бошқарув тизимларини яратиш учун хизмат қилади. Микроэлектрон технология асосида бир қатор сезгир элементлар (сенсорлар) ишлаб чиқилган бўлиб, улар саноат шароитларида эритма ва газларнинг таркибидаги моддаларнинг микроконцентрацияларини назорат қилиш имконини беради. Улардан фойдаланиб технологик объектларнинг ҳолатини тезкор диагностика ва таҳлил қилиш учун турли кўринишли асбоблар яратилган.

Дарсликда сертификацияланган ўлчаш воситаларининг ишлаши асос қилиб олинган физик ҳодиса ва ўлчаш принциплари кўриб чиқилган ва ўлчаш ўзгартиргичлари ва иккиламчи ўлчаш асбобларининг принципиал схемалари, уларнинг техник тавсифларини регламентлаштирувчи стандартлар келтирилган. Саноатда қўлланиладиган ўлчов ва бошқарув тизимлари кўриб чиқилган ва улар ёрдамида информатсион функцияларни амалга оширилиш усуллари ва сифати таҳлил қилинган. Ўлчаш турли ташқи факторлар таъсир қилувчи сезгир элементлар, ўзгартиргичлар ва иккиламчи ўлчаш қурилмаларининг биргаликда ишлашини акс эттирувчи ягона жараён кўринишида ифодаланган.

Сўнгги йиллардаги ўлчаш воситаларининг ишлаш принципларини эволюциясига нисбатан замонавий ўлчаш воситаларининг конструкциясини узлуксиз такомиллаштириш тезлигини юқориликдан келиб чиққан ҳолда дарсликда маълумотларни баён қилиш услуби ўлчаш воситаларининг ишлаш принципи ва уларнинг принципиал схемаларини таҳлил қилишни ўз ичига олган. Шундан келиб чиққан ҳолда ўқувчи ўлчаш воситаларининг конструкцияси, уларни ўрнатиш ва созлаш қоидаларини тажриба ишларини бажариш давомида, шунингдек автоматлаштириш воситаларини лойиҳалаш, ўрнатиш ва ишлатиш билан боғлиқ бўлган фанларни ўзлаштириш давомида ўрганади.

Биринчи боб

ЎЛЧАШЛАР ҲАҚИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТ

1.1- §. Ўлчаш. Ўлчашнинг турлари

Ўлчаш – тажриба йўли билан моддий объектларнинг ихтиёрий миқдорий тавсифларини олиш.

Ўлчаш жараёни ўзида махсус техник воситалар ёрдамида тажриба орқали физик катталикларнинг қийматларини топиш жараёнини намоён этади.

Кўпгина ҳолларда ўлчаш жараёнида ўлчанаётган катталикларни сон қиймати 1 га тенг ва физик катталикларнинг бирлиги ёки ўлчов бирлиги деб аталувчи бошқа катталиклар билан солиштириш амалга оширилади.

Ўлчаш натижаси – бу катталикни ўлчаш натижасида, масалан уни ўлчов бирлиги билан солиштириш орқали топилган сон қиймати. Ўлчашнинг асосий тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$R = Q / q \quad (1.1)$$

бу ерда Q – ўлчанаётган физик катталик; q – ўлчов бирлиги; R – ўлчаш натижаси ёки ўлчанаётган катталикнинг сон қиймати.

Физик катталикларнинг бирлиги – физик катталикларнинг бир хил табиатли физик катталикларни миқдорий баҳолаш учун асос сифатида қабул қилинган ўлчам. Физик катталикларнинг бирликларини халқаро масштабда унификациялаш мақсадида Халқаро бирликлар тизими СИ яратилган.

Ўлчанаётган физик катталикларнинг сон қийматини олиш усулига кўра барча техник ўлчашларни *бевосита* (объект бевосита ўлчов бирлигига эга воситага қўйилган ҳолларда, масалан чизғич ёрдамида узунлик ўлчанганда) ва *билвосита* турларга ажратиш мумкин. Билвосита ўлчаш усулида катталикларнинг сон қиймати ўлчанаётган катталик билан қуйидагича боғлиқликка эга бўлган бевосита ўлчаш натижалари асосида топилади:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1.2)$$

бу ерда y – қидирилаётган катталик; $x_1, x_2, \dots, x_n$ – бевосита ўлчаш усули

орқали ўлчанаётган катталиқнинг сон қийматлари.

Билвосита ўлчаш усулига жисмларни зичлигини масса ва ҳажмни ўлчаш натижалари орқали аниқлашни, ўтказгичларнинг солиштирама электр қаршилигини уларнинг қаршилиги, узунлиги ва кўндаланг кесим юзаси орқали аниқлашни, чуқурликни эҳолот ёрдамида ўлчашларни мисол келтириш мумкин.

Тажрибавий амалиёт ва илмий изланишларда шунингдек умумий ва қўшма ўлчаш усуллари ҳам мавжуд бўлиб, бу ўлчаш усуллари ишлаб чиқариш шароитларида микропроцессорли воситаларнинг киритилиши билан амалга оширилади.

Ўлчаш натижаларига вақт, ўлчаш жойи, ўлчаётган шахс ва бошқаларнинг таъсир кўрсатмаслиги учун ўлчашларнинг бир хиллигини таъминлаш зарур.

Бунинг учун қуйидагилар керак:

1. ўлчов бирлиги (масалан, СИ тизими);
2. эталонлар;
3. ўлчаш воситалари (ишчи ва намунавий асбоблар);
4. текшириш схемаси – турли даражадаги ишчи ва намунавий ўлчаш воситаларини биргаликда ишлаш тартибини регламентлаштирувчи ҳужжат.

Ўлчаш ўлчаш принципини белгиловчи физик ҳодисаларга асосида амалга оширилади. Масалан, ҳароратни ўлчаш моддаларнинг кенгайиши асосида; босимни ўлчаш мувозанатлашувчи суюқлик устунларининг баландлиги бўйича амалга оширилади. Умумий ва қўшма ўлчашларда аниқланаётган катталиқ бевосита усул орқали ўлчанаётган катталиқнинг тенгламалар тизимига боғлиқ бўлади. Умумий ўлчаш усулида тенгламага бир хил номдаги катталиқлар киритилади.

У ёки бу ўлчаш принципларини амалга ошириш учун турли хил техник воситалар қўлланилади.

*Ўлчаишларда қўлланиладиган ва меъёрлаштирилган метрологик хоссаларга эга бўлган техник воситалар **ўлчаиш воситаси** деб аталади.*

*Ўлчаиш воситалари ва принципларини белгиловчи қоидалар тўпламига **ўлчаиш усули** дейилади.*

Техник ўлчаишларда бевосита баҳолаш, дифференциал ва компенсацион (нолли) усуллар кенг тарқалган. Бевосита баҳолаш усулида ўлчанаётган катталиқнинг қиймати бевосита ўлчаш асбобининг ҳисоблаш қурилмаси ёки бевосита ишловчи ўзгартиргичнинг сигнали орқали аниқланади. Бу усул масалан, босимни пружинали манометр билан, ток кучини амперметр билан, ҳароратни қаршилик термоўзгартиргичлари билан ўлчаишда қўлланилади.

Дифференциал усулда ўлчаш асбобига катталиқнинг ўлчанаётган ва асосий (маълум) қийматларининг фарқи таъсир кўрсатади. Масалан, массаси бир килограммдан ортиқ бўлган жисмларнинг массасини тарози тошларидан фойдаланиб ўлчаш ва ўлчаш диапазони бир килограммгача бўлган кўрсатувчи тарозиларда ўлчаишлар. Бундай усул ўлчаишлар фарқини ҳатто юқори аниқликка эга бўлмаган асбоблар билан ўлчаганда ҳам етарлича аниқ натижаларни олиш имконини беради. Бироқ бунинг учун катталиқнинг асосий (маълум) қиймати юқори аниқликда бўлиши ва ўлчанаётган катталиқ қийматига жуда яқин бўлиши керак.

Компенсацион (нолли) усулда ўлчанаётган катталиқ қиймати юқори аниқлик билан олдиндан маълум бўлган катталиқ билан компенсацияланади, яъни улар ўртасидаги фарқ маълум катталиқнинг ўзгариши ҳисобига нолга келтирилади. Ушбу усулда қўлланиладиган ўлчаш асбоби (ноль-асбоб) фақатгина иккита катталиқ ўртасида тенглик ўрнатилганлиги ёки уларнинг фарқи нолга тенглигини кўрсатиш учун хизмат қилади. Ушбу усулга мисол сифатида термо – э.ю.к. ни ўлчаш ва қаршиликни мувозатлашувчи кўприк ёрдамида ўлчаишни келтириш мумкин. Компенсацион усул ўлчанаётган катталиқ мувозанатлашувчи маълум катталиқнинг аниқлиги ва ноль-асбобнинг сезгирлигига қўйилган аниқлик даражаси билан белгиланувчи юқори ўлчаш аниқлигини таъминлайди.

1.2- §. Ўлчаш воситалари ва уларнинг элементлари

Ўлчаш воситалари бошқа техник қурилмалардан фарқли равишда меъёрлаштирилган метрологик хоссаларга, яъни ўлчаш натижаларининг аниқлиги ва ишончлигини белгиловчи хоссалар ва катталикларнинг маълум сон қийматларига эга.

*Ўлчаш информацияси сигнални кузатувчи бевосита қабул қилишига қулай шаклда чиқарувчи ўлчаш воситаси **ўлчаш асбоби** деб аталади.*

Ўлчаш асбобидан фойдаланиб кузатувчи ўлчанаётган катталикнинг сон қийматини ўқиши ёки ҳисоблаши мумкин. Ўлчаш асбоблари *аналогли* ва *рақамли* бўлади. Аналогли ўлчаш асбобидаги кўрсатиш ўлчанаётган катталикнинг ўзгаришини узлуксиз функцияси ҳисобланади. Рақамли ўлчаш асбобида кўрсатиш ўлчаш информацияси сигнални дискрет ўзгартириш натижаси ҳисобланувчи рақамли шаклда берилади.

Ўлчаш асбоблари *кўрсатувчи* ва *қайд қилувчи* турларга бўлинади. Кўрсатувчиларида – қиймат шкала ёки рақамли таблода акс эттирилади. Қайд қилувчиларида эса кўрсатилаётган қийматлар диаграммали қоғозга рақамли ёки узлуксиз шаклда босилади ёки информация шаклида хотира қурилмасида сақланади. Ўлчаш асбобларида ўлчанаётган катталикни вақт ёки бошқа мустақил ўзгарувчи бўйича интеграллаш каби турли ўзгартиришларни амалга ошириш мумкин.

*Ўлчаш информацияси сигнални узатиш, қайта ишлаш ёки сақлаш учун қулаш кўринишда ишлаб чиқишга мўлжалланган, лекин кузатувчи бевосита қабул қилиши учун узатмайдиган ўлчаш воситасига **ўлчаш ўзгартиргичи** дейилади.*

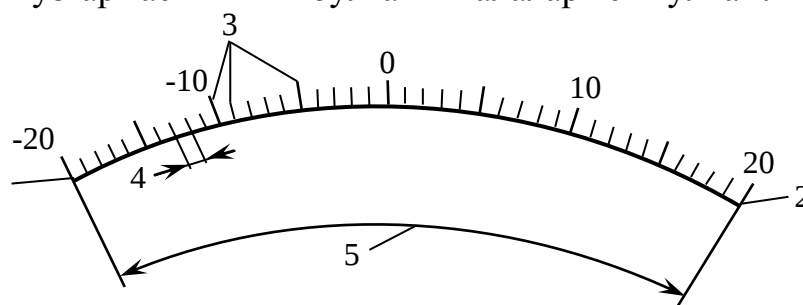
Инсон ўзининг сезги органлари билан ўлчаш ўзгартиргичининг сигнални қабул қила олмайди. Ўлчаш информациясининг узатилиши ўзгартиргичнинг чиқиш сигнали параметрини информатив ўзгариши билан амалга оширилади. Дифференциал-трансформаторли ўзгартиргичда ўзак ҳолатининг ўзгариши трансформаторнинг иккинчи чулғами чиқишидаги

Ўзгарувчан ток сигналининг амплитудасини ўзгаришига пропорционал равишда мос келади.

Бирламчи ўлчаш ўзгартиргичи – бу ўлчанаётган катталик киришига таъсир қилувчи ўлчаш ўзгартиргичи. Кўпинча бундай ўзгартиргичлар **датчиклар** деб аталади. Бирламчи ўзгартиргичнинг бевосита ўлчанаётган катталик билан таъсирлашувчи қисми **сезгир элемент** деб аталади. Сўнгги вақтларда кичик гуруҳлардаги сезгир элементларни белгилаш учун сенсорлар атамасидан фойдаланилмоқда. Ўлчаш асбоблари ва ўзгартиргичлари ўлчанаётган катталикнинг туридан келиб чиққан ҳолда турли номларга эга бўлади: термометрлар, термоўзгартиргичлар, манометрлар, босим ўзгартиргичлари, сарф ўлчагичлар, сарф ўзгартиригичлар ва ҳ.к.

1.3- §. Санок мосламалари

Кўрсатувчи аналогли ўлчаш асбобларининг санок қурилмаси шкала ва кўрсаткич (стрелкали ёки ёриткичли) дан ташкил топади. 1.1-расмда ўлчаш асбобининг шкаласи тасвирланган. *Шкаладаги рақамли қийматлар қўйилган белгилар рақамли ёки рақамланган белгилар* деб аталади. Икки қўшни белгилар орасидаги оралиқ *шкаланинг бўлими* деб аталади. Икки қўшни белгилар ўртасидаги оралиққа тўғри келувчи катталикнинг қиймати **шкала бўлимининг қиймати** дейилади. Тенг бўлинган ва бўлимларининг қийматлари ўзгармас бўлган шкалалар тенг ўлчамли ҳисобланади.



1.1.Расм. Ўлчаш асбобининг шкаласи:

1, 2 – қуйи ва юқори ўлчаш чегаралари; 3- шкала белгиси; 4-шкала бўлими; 5-ўлчаш диапозони.

Ўлчанаётган катталикнинг санок қурилмаси орқали ўлчанаётган ва

кабул қилинган ўлчов бирликда ифодаланаётган қиймати ўлчаш асбобининг кўрсатиши ҳисобланади. *Ўлчанаётган катталиқнинг шкаладаги энг кичик қиймати шкаланинг бошланғич, энг каттаси эса охирги қиймати деб аталади. Шкаланинг бошланғич ва охирги қийматлари билан чегараланган соҳаси кўрсатиш диапазони дейилади. Ўлчанаётган катталиқнинг ўлчаш воситасини рухсат этилган хатолиғи билан меъёрлаштирилган қийматлар соҳаси ўлчаш асбоби ёки ўлчаш ўзгартиргичининг ўлчаш диапазони дейилади.* Техник асбобларидаги ўлчаш диапазони ва кўрсатиш диапазонлари бир бирига мос келади. *Юқори ва қуйи ўлчаш чегаралари деб аталувчи ўлчаш диапазонининг энг кичик ва энг катта қийматлари ўлчаш чегаралари деб аталади.*

Асбобларнинг шкалалари каби ўзгартириш диапазонлари ҳам бир томонлама, икки томонлама ва нолсиз бўлади. Бир томонлида – асбобнинг ўлчаш диапазонларидан бири нолга тенг бўлади (масалан, 0...100 °C шкала, 0,1...0 МПа шкала). Нолсиз шкалалардаги шкала чегараларида нолли қиймат мавжуд бўлмайди (масалан, 200...600 °C шкала). Кўриб чиқилган мисоллардаги ўлчаш диапазонлари кўрсатиш диапазонлари билан қуйидагича мос келади 100 °C, 0,1 МПа, 150 °C, 0,25 МПа ва 400 °C.

Амалиётда саноат агрегатларини автоматик бошқариш тизимлари ва илмий тадқиқотнинг информацион-ўлчаш тизимлари таркибига кирувчи алоҳида ва ёрдамчи ташкил этувчи ўлчаш воситаларидан фойдаланилади. Ўлчаш комплеклари ва тизимларини яратиш унификациялашган сигналлар ва стандарт интерфейслардан фойдаланишни талаб қилади.

Назорат саволлари

1. Бевосита ўлчашлар билвосита ўлчашлардан нимаси билан фарқ қилади?
2. Бевосита ўлчаш усули билан солиштирганда дифференциал ва компенсацион ўлчаш усуллариининг афзалликлари нимадан иборат?
3. Ўлчаш асбобларининг қандай шкалаларини биласиз?

4. Аналогли ва рақамли ўлчаш асбоблари нимаси билан фарқ қилади?
5. Информация узатиш тизимларини ўзгарувчан ва доимий токка улаб кўринг.
6. Унификациялашган ток сигналлари қайси чегараларда ўзгаради?
7. Импульсли сигналлар ёрдамида информацияни узатишнинг қандай турларини биласиз?
8. Эталон ва ишчи ўлчаш воситаларининг вазифаси нимадан иборат?

Иккинчи боб

ЎЛЧАШ ХАТОЛИКЛАРИ ВА УЛАРНИ БАҲОЛАШ

2.1- §. Хатоликлар ҳақида умумий маълумот

Одатда ўлчашларда ўлчанаётган физик катталиқнинг ҳақиқий қийматидан фарқ қилувчи қиймат олинади. Катталиқнинг асл қиймати номаълум бўлиб, унинг ўрнига тажриба орқали топилган ва асл қийматга яқин бўлган ҳақиқий қиймат ишлатилади.

Катталиқнинг ўлчаш натижасида топилган қиймати ўлчаш натижаси дейилади. *Ўлчаш натижаси x ни ўлчанаётган катталиқнинг ҳақиқий қиймати $x_{\text{ҳақ}}$ дан оғиши ўлчаш хатолиғи* дейилади.

*Ўлчанаётган катталиқнинг ўлчов бирлигида ифодаланган ўлчаш хатолиғи **абсолют ўлчаш хатолиғи** деб аталади:*

$$\Delta x = x - x_{\text{ҳақ}} \quad (2.1)$$

*Абсолют ўлчаш хатолиғини катталиқнинг ҳақиқий қийматига нисбати **нисбий хатолик** дейилади* ва одатда фоизларда ифодаланади:

$$\delta_x = 100 \Delta_x / x_{\text{ҳақ}} \quad (2.2)$$

Кўпинча ўлчаш асбоблари абсолют хатоликни меъёрлаштирувчи қиймат N_x га бўлган нисбати билан ифодаланувчи **келтирилган хатолик** билан тавсифланади. Меъёрлаштирувчи қиймат сифатида кўпинча асбобнинг ўлчаш диапазони D қабул қилинади. Келтирилган хатолик фоизларда ифодаланади:

$$\gamma_{\delta} = 100 \Delta_{\delta} / N_x = 100 \Delta_x / D \quad (2.3)$$

Ўлчаш хатоликлари турли белгиларига кўра таснифланувчи бир қанча ташкил этувчилардан иборат бўлади. Ўлчаш хатоликлари ўзининг пайдо бўлишига кўра ўлчаш воситаси, ўлчаш усули, ҳисоблаш жараёни ва бошқа бир қатор сабабларга боғлиқ бўлиши мумкин. Қўлланилаётган ўлчаш воситасининг ўлчаш хатолигига боғлиқ бўлган хатолик ўлчаш воситасининг хатолиги (асбобга оид хатолик) дейилади.

Ўлчаш усулининг мукамал эмаслиги оқибатида юзага келадиган хатоликлар ўлчаш усулининг хатолиги ёки методик хатолик деб аталади. Масалан, эгри чизиқли чизғич ёрдамида узунликни ўлчашда шундай хатолик келиб чиқиши мумкин. Биринчидан, ўлчашда қўлланилаётган чизғичнинг эгрили ҳисобига методик хатолик юзага келади. Иккинчидан, чизғич бўлимларининг ҳақиқий узунлиги чизғичдаги шкала бўлимларининг узунлигига мос келмаслиги мумкин. Шу сабабли ҳам хатоликнинг ўлчаш воситасининг хатолиги деб аталувчи ташкил этувчиси юза келади.

Ўлчаш хатоликларини ҳисоблашдан асосий мақсад – ўлчаш натижаси аниқлигини баҳолаш ёки ўлчаш натижаларига тўғрилашлар киритишдан иборат. *Ўлчаш аниқлиги* деб ўлчаш натижаларини катталикнинг ҳақиқий қийматига яқинлигини акс эттирувчи ўлчаш сифатига айтилади.

Аниқликни оширишга интилиб, ўлчаш хатолигини камайтирамиз. Бироқ аниқликни ошириш усуллари кўпинча мураккаб ва қиммат туради. Шунинг учун ҳам аввал маълум шароит ва ўлчаш мақсадларига боғлиқ бўлган аниқликни мақсадга мувофиқлиги баҳоланади ва зарур ҳолларда аниқликни ошириш учун чора тadbирлар қабул қилинади.

Ўлчаш хатоликлари систематик, тасодифий ва қўпол каби турларга бўлинади. *Битта катталикни такрорий ўлчашда маълум қонун бўйича доимий қолувчи ёки ўзгарувчан ўлчаш хатоликлар систематик ўлчаш хатоликлари* дейилади. *Битта катталикни такрорий ўлчашда тасодифий тарзда ўзгарувчи ўлчаш хатоликлари тасодифий хатоликлар* дейилади. *Берилган шароитларда қиймати кутилганидан ошиб кетувчи хатоликлар қўпол ўлчаш хатоликлари* деб аталади. Илгари қўпол хатоликлар шунчаки

хатоликлар деб аталган.

Систематик хатоликлар маълум қиймат ва белгига эга бўлиб, уларни тўғрилашлар киритиш орқали бартараф этиш мумкин.

*Систематик хатоликларни бартараф қилиш мақсадида ўлчаш вақтида олинган катталикнинг қийматига қўшиладиган қийматга **тўғрилаш** дейилади.*

Тасодифий катталикларни аниқлаш учун битта катталик устида бир катор такрорий ўлчашларни ўтказиш лозим. Агар ҳар бир ўлчаш натижалари бир биридан фарқ қилса, демак тасодифий хатолик мавжуд бўлади. Ушбу хатоликларни ўлчаш натижаларини катталикнинг ҳақиқий қийматига яқинлик даражасини аниқлаш имконини берувчи эҳтимоллар назарияси ва математик статистика асосида баҳолаш мумкин бўлиб, хатоликларнинг эҳтимолий чегараларини баҳолаш, шунингдек натижаларни аниқлаштириш, яъни ўлчанаётган катталикнинг қийматини ҳақиқий қийматга яқинлигини бир мартали текширувга нисбатан кўпроқ аниқлаш мумкин.

Хатоликнинг систематик ташкил этувчисининг қиймати ўлчанаётган катталикнинг қийматига боғлиқ бўлиши мумкин. Шундан келиб чиққан ҳолда хатоликнинг аддитив ва мультипликатив ташкил этувчилари деган тушунча ишлатилади. **Аддитив хатолик** деганда систематик хатоликнингн ўлчаш диапазонида ўзгармайдиган улуши тушунилади. **Мультипликатив хатолик** деганда систематик хатоликнингн ўлчаш катталигининг қийматига боғлиқ равишда ўзгарувчи улуши тушунилади. Масалан, платинадан тайёрланган В синфдаги қаршилик термоўзгартиргичининг асосий рухсат этилган хатолик чегараси $\Delta_t = \pm(0.3 + 0.005|t|)$, °C ни ташкил қилади. Қаршилик термоўзгартиргичининг 0°C ҳароратдаги аддитив хатолиги $\pm 0,3$ °C дан ошмаслиги, мультипликатив хатолиги эса сезгирликни ўзгаришига боғлиқ тарзда 0,005 [t] атрофида бўлиши керак ва у аддитив хатолик билан умумлаштирилади.

2.2- §. Ўлчаш воситаларининг метрологик характеристикалари

Ўлчаш воситасининг киришига берилаётган катталиқ умумлаштириш мақсадида ўлчаш воситасининг **кириш сигнали (катталиги)** дейилади, масалан манометрга берилаётган босим; ҳарорати ўлчанаётган муҳитга ботирилган термоэлектрик ўзгартиргич учун муҳит ҳарорати.

Ўлчаш воситасининг чиқишида ҳосил бўладиган сигнал ёки кўрсатиш натижаси ўлчаш воситасининг **чиқиш сигнали (катталиги)** дейилади, масалан манометрнинг шкала бўйича кўрсатиши; термоэлектрик ўзгартиргич орқали олинган термо-э.ю.к. нинг қиймати.

Ўлчаш воситасининг чиқиш сигнали y ни кириш сигнали x га боғлиқлиги жадвал, график ёки формула тарзида ифодаланади ва ўлчаш воситасининг **номинал статик характеристикаси (НСХ)** кўпинча эса **даражалаш характеристикаси** деб аталади.

Ўлчаш асбобининг чиқишидаги сигнал ўзгариши Δy ни ўзгаришга сабаб бўлувчи кириш катталиги (сигнали) нинг ўзгариши Δx га **нисбати ўлчаш воситасининг сезгирлиги** дейилади. Ўлчаш ўзгартиргичларида ушбу нисбатни **ўзгартириш коэффиценти (узатиш коэффиценти)** деб аташ қабул қилинган.

Сезгирлик қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$S = \Delta y / \Delta x \quad (2.4).$$

Сезгирлик кўп ҳолларда ўлчов бирлиги кўрсатилган катталиқ ҳисобланади, масалан термоэлектрик ўзгартиргич учун $мВ/^{\circ}C$, термоўзгартиргичли қаршилик учун – $Ом/^{\circ}C$.

Ўлчаш воситасининг метрологик хоссаларини вақт бўйича ўзгармаслигини акс эттирувчи сифат курсаткичи **ўлчаш воситасининг стабиллиги** дейилади. Ушбу кўрсаткич ўлчаш воситасининг даражалаш характеристикасини стабиллигини тавсифлайди.

Кириш сигнаolini қиймати жуда кам ўзгарганда бу ўзгаришларни ўлчаш воситасининг чиқиш сигнали ўзида намоён эта олмаслиги мумкин. Шундан келиб чиққан ҳолда ўлчаш воситасининг сезгирлигини ўзгариши деган

тавсиф киритилади. У кириш сигналининг минимал ўзгаришини белгилайди ва чиқиш сигналини ушбу таъсирга кўра ўзгаришини кўринарли даражада шакллантиради. Техник ҳужжатлаштиришда асбобларнинг сезгирлигини ўзгариши фоизларда ифодаланган келтирилган ўлчаш диапазони шаклида берилади.

Ўлчаш воситасининг чиқиш сигнали ўлчанаётган катталиқнинг қийматига ёндошиш йўналиши: кичик (қуйи) ёки катта (юқори) қиймат сифатида қарашга боғлиқ. Кириш катталиги камайган ва ошганда даржалаш характеристикасининг бир қийматли эмаслиги вариация билан тавсифланади. *Битта кириш катталигининг қийматига мос келувчи ўлчаш воситасининг чиқиш сигналлари (кўрсатишлар) ўртасидаги энг катта фарққа, ёки битта чиқиш сигналига мос келувчи кириш сигналлари ўртасидаги энг катта фарққа **вариация** дейилади.*

Ўлчаш воситаларининг метрологик характеристикалари қаторига ўлчаш диапазони ҳам киради.

*Ўлчаш воситаси билан ўлчанувчи, катталик ҳисобланмайдиган, лекин ўлчаш натижасига таъсир қилувчи физик катталик **таъсир қилувчи катталик** дейилади. Меъёрий қийматлар соҳаси чегарасига кирувчи таъсир қилувчи катталикларни ўлчаш учун ўлчаш воситаларини қўллаш шарти ўлчаш воситаларини қўллашнинг меъёрий шарти дейилади.*

Масалан, асбоб (ўлчаш воситаси) учун атроф муҳит ҳароратининг меъёрий қиймати қилиб 20 ± 5 °C қабул қилинган. Агар атроф муҳитнинг ҳарорати шу интервал оралиғида бўлса, демак асбобнинг қўлланилиш шароити меъёрий ҳисобланади. Бунда бошқа барча таъсир этувчи катталиклар ҳам меъёрий қийматга эга бўлиши керак. Меъёрий шароитларда ўлчаш воситаларининг асосий хатолиги аниқланади.

Стандарт ёки техник шартларда ўлчаш воситалари учун меъёрий қийматлардан ташқари таъсир этувчи катталиклар қийматларининг ишчи соҳаси ҳам қабул қилинган бўлиб, ушбу оралиқда ўлчаш воситасининг қўшимча хатоликлари меъёрлаштирилади. Ўлчаш воситаларининг қўшимча

хатоликлари асосий хатоликлар билан умумлаштирилади.

Ўлчаш воситаларининг ташқи таъсирлардан химояланганлик даражасидан келиб чиққан ҳолда ўлчаш асбоблари ва ўлчаш ўзгартиргичлари оддий, титрашга чидамли, чангдан химояланган, сувдан химояланган, агрессив муҳитлардан химояланган, портлашга хавфсиз ва шу каби турларга бўлинади. Ушбу турларга бўлиниш маълум шароитларда қўллаш учун маълум ўлчаш воситаларини қабул қилиш имконини беради.

Ишчи ўлчаш воситаларининг хатоликларининг характеристикалари учун асосий ва қўшимча хатоликлар, вариация ва сезгирликни ўзгаришининг қийматларидан келиб чиққан ҳолда қабул қилинувчи аниқлик синфи каби характеристикалардан фойдаланилади. *Ўлчаш воситасининг рухсат этилган асосий ва қўшимча хатоликлари, шунингдек аниқликка таъсир қилувчи бошқа хоссалари билан аниқланадиган ўлчаш воситасининг умумлаштирилган характеристикасига **аниқлик синфи** дейилади.*

Аниқлик синфи абсолют (2.1), нисбий (2.2) ва келтирилган (2.3) хатоликлар каби рухсат этилган асосий хатоликларнинг чегараларини аниқлаб бериши мумкин. Ушбу ҳолатга унинг техник ҳужжатлар, шкалалар ва асбобнинг корпусига бириктирилган жадвалларда турлича белгиланиши мос келади.

Асосий абсолют хатолик чегараси қуйидаги сонли ёки ифода шаклида меъёрлаштирилади:

$$\Delta_{\text{чег}} = \pm[a + b(|X| - X_0)] \quad (2.5)$$

бу ерда a ва b – доимийлар; X_0 – ўлчанаётган X катталиқнинг бошланғич қиймати.

Ушбу усулда аниқлик синфининг хатоликлар чегарасини меъёрлаштириш латин ҳарфлари билан белгиланади. Маслан, A синфга тегишли бўлган мисдан тайёрланган қаршилик ўзгартиргичи учун $\Delta_t = \pm(0,15 + 0,002 [t])$, °C.

Асосий нисбий хатоликлар чегараси фоизларда кўрсатилади ва сон ёки ифода шаклида меъёрлаштирилади:

$$\delta_{\text{чез}} = \pm[c + d(X_{\text{ю}} / X - 1)] \quad (2.6)$$

бу ерда c , d – доимийлар; X – ўлчанаётган катталиқ; $X_{\text{ю}}$ – юқори ўлчаш чегараси.

Ушбу усулда меъёрлаштирилган аниқлик синфи асбобнинг шкаласида айланага олинган сон билан ёки c/d каби белгиланади. Агар рақамли вольтметр шкаласида $0,1/0,02$ кўрсатилган бўлса, унда $\delta_{\text{чез}} = \pm[0,1 + 0,02(X_{\text{ю}}; X - 1)]$ каби тушунилади.

Асосий келтирилган хатоликлар чегарасини меъёрлаштиришда аниқлик синфи қуйидаги қатор сонлардан бири билан белгиланади: (1; 1,5; 2; 2,5; 4; 5; 6) 10^n , бу ерда n 1; 0; -1; -2 ва шу каби қийматларга эга бўлиши мумкин.

Асосий хатоликлар чегараларини меъёрлаштириш ва уларга мос келувчи аниқлик синфларини белгилашга мисоллар 2.1-жадвалда келтирилган.

Таъсир катталикларнинг ўзгариш туфайли юзага келувчи рухсат этилган қўшимча хатоликларнинг чегаралари ёки таъсир этувчи катталикларнинг ишчи соҳаси учун аниқ қийматларни кўрсатиш билан ёки рухсат этилган қўшимча хатоликни таъсир этувчи катталиқ қийматини ўзгаришига функционал боғлиқлиги орқали ўрнатилади.

Ўлчаш воситаларининг хатоликлари йиғиндисининг характеристикаларидан ташқари, хатоликларни систематик ва тасодифий ташкил этувчиларининг характеристикалари ҳам кўрсатиб ўтилади. Берилган турдаги ўлчаш воситаси хатолигининг систематик ташкил этувчиси учун ёки унинг рухсат этилган қийматининг чегараси Δ_c ёки $M[\Delta_c]$ математик кутилма ва $\sigma(\Delta_c)$ ўртача квадратик оғишнинг қийматлари кўрсатилади. хатоликларнинг тасодифий ташкил этувчиси учун ўртача квадратик оғиш $\sigma(\Delta)$ ни қийматини рухсат этилган чегараси ўрнатилади.

**Хатоликларни меъёрлаштириш ва аниқлик синфларини
белгилашларга мисоллар**

<i>Асосий хатоликларни меъёрлаштириш шакли</i>	<i>Асосий рухсат этилган хатоликларнинг чегаралари</i>	<i>Аниқлик синфларини белгиланиши</i>	
		<i>ҳужжатлаштиришда</i>	<i>Ўлчаш воситаларида</i>
<i>Абсолют</i>	$\Delta_{\text{чег}} = \pm 0,2^\circ\text{C}$	$0,2^\circ\text{C}$	<i>A</i>
	$\Delta_{\text{чег}} = \pm (0,3 + 0,005 t , ^\circ\text{C})$	$0,3 + 0,005 t $	<i>B</i>
<i>Нисбий</i>	$\delta_{\text{нр}} = \pm 1,5\%$	$1,5$	$1,5$
	$\delta_{\text{чег}} = \pm [0,3 + 0,02(X_{\text{ю}}/X - 1)], \%$	$0,3/0,02$	$0,3/0,02$
<i>Келтирилган</i>	$\gamma_{\text{чег}} = \pm 2\%$	2	2

Ўлчаш воситаларининг метрологик характеристикаларини меъёрлаштиришнинг ушбу усули хатоликларнинг баҳолари ва ўлчаш натижаларини ҳақиқий қийматга яқин эҳтимолий қийматларини олиш имконини беради. Санаб ўтилган характеристикаларни меъёрлаштириш кўп меҳнат ва харажат талаб қилганлиги учун уларни олиш ва тасдиқлаш чегараланган тарзда тарқалган.

2.3- §. Ўлчашлардаги хатоликларни баҳолаш

Хатоликларни баҳолаш услуги ўлчашнинг тури ва фойдаланилаётган ўлчаш воситасига боғлиқ.

Бевосита техник ўлчашлар ишчи ўлчаш воситалари орқали амалга оширилади. Ишчи ўлчаш воситаларининг хатолигини асосий қисмини систематик хатолик ташкил этганлиги учун бундай шлчашлар бир марта бажарилади ва ўлчанаётган катталиқнинг ҳақиқий қиймати $X_{\text{ҳақ}} = X \pm \Delta_{\text{чег}}$ билан аниқланади, бу ерда асбобнинг кўрсатиши, $\Delta_{\text{чег}}$ эса асбобнинг аниқлик синфи билан аниқланади. Асосий $\delta_{\text{чег}}$ нисбий ва келтирилган $\gamma_{\text{чег}}$ хатоликларни чегаралари меъёрлаштирилган ҳоллар учун мос равишда

$$\Delta_{\text{чег}} = \pm \delta_{\text{чег}} X / 100 \text{ ва } \Delta_{\text{чег}} = \pm \gamma_{\text{чег}} D / 100 .$$

бу ерда D – асбобнинг ўлчаш диапазони.

Аниқлик синфи $\Delta_{\text{чег}}$ ни аниқлаган ҳолда ўлчаш натижасининг аниқланмаганлик соҳасини тавсифлайди.

X катталиқни бевосита техник ўлчаш ўзида камида бирламчи ўзгартиргич ва иккиламчи кўрсатиш асбобини мужассамлаштирган ўлчаш мажмуаси орқали амалга оширилиши мумкин. Мураккаб ҳолларда X катталиқнинг қиймати экрандан ҳисобланади, бунда у информацион бошқариш тизимининг мос ўлчаш каналига кирувчи восита орқали ўлчанадиган катталиқни ўзгартириш натижаси ҳисобланади. Ўлчаш мажмуаси ёки канал таркибига кирувчи ҳар бир элемент учун метрологик характеристика ўлчаш натижасининг рухсат этилган хатолиги чегарсини аниқлаш имконини берувчи ҳажмда берилади.

Ўлчаш воситаларининг тўплами ёки каналини хатоликларини баҳолашнинг иккита усули мавжуд. Биринчи усулдан фойдаланганда ўлчаш воситаларининг аниқлик синфи билан белгиланувчи рухсат этилган асосий ва қўшимча хатоликларни чегараси бўйича ўлчаш тизимини рухсат этилган хатоликлар чегаралари баҳоланади. Хатоликлари мос равишда $\pm 0,25$ ва $\pm 0,5\%$ бўлган босим ўзгартиргичи ва иккиламчи кўрсатиш асбобларини ўз таркибига киритувчи ўлчаш мажмуаси билан босим ўлчанганда максимал нисбий хатолик $\pm 0,75\%$ дан ошмайди. Рухсат этилган хатоликларнинг умумлаштирилган чегараси асосан кўп сондаги кетма-кет уланган элементларда хатоликлар чегарасининг оширилган баҳосини беради, чунки тизим элементларининг барчасини хатоликларини қийматларикичик ва уларнинг ишораларини мос тушиш эҳтимоли катта эмас. Шундан келиб чиққан ҳолда ўлчаш тизимининг рухсат этилган хатолиги ҳар бир элемент хатолигини квадратлари йиғиндисидан олинган квадрат илдиз каби баҳоланади:

$$\gamma_{\div a \tilde{a}} = \pm (\gamma_{\div a \tilde{a}}^2 + \gamma_{\div a \tilde{a}}^2 + \dots + \gamma_{\div a \tilde{a}}^2)^{0.5} \quad (2.7)$$

Агар элементларнинг хатоликлари мустақил ва тасодифий хатоликлар билан аниқланса, ушбу усул етарли даражада қатъийдир. Бунда рухсат

этилган хатоликларнинг чегаралари бир турдаги тақсимланиш қонунларида бир хил ишончли эҳтимоллик тўғри келади. Қолган ҳолларда (2.7) ифодани қўллаш нотўғри бўлиши мумкин.

Хатоликларни баҳолашга бошқача ёндошиш ўлчаш воситасининг тури учун $\pm\gamma_{\text{чег}}$ соҳада тенг тақсимланган систематик хатолик учун таъсирларни қўйилишига боғлиқ. Бундай тақсимланиш учун $\sigma = \gamma_{\text{чег}} / \sqrt{3}$ ўринли бўлиб, ишончли эҳтимоллиги 0,95 га тенг ва та элементдан ташкил топган ўлчаш тизимининг хатоликлари чегараси қуйидагича бўлади:

$$\gamma_{\div \hat{a} \hat{a}} = \pm 1,1 (\gamma_{\div \hat{a} \hat{a}}^2 + \gamma_{\div \hat{a} \hat{a}}^2 + \dots + \gamma_{\div \hat{a} \hat{a}n}^2)^{0.5} \quad (2.8)$$

Хатоликларни баҳолашнинг иккинчи эҳтимолий-статистик усули анча мураккаб, лекин у ўта қатъий ва аниқ ҳисобланиб, алоҳида ўлчаш воситалари ва ўлчаш тизимларининг хатоликларини хусусиятларини ҳисобга олиш имконини беради. Ушбу усул ёрдамида ўлчанаётган параметр ва ўлчаш хатолигини ҳақиқий қийматга яқин қийматларини олиш мумкин. Ушбу усулни амалга ошириш учун тизимни ҳар бир элементининг хатоликларини систематик ва тасодифий ташкил этувчилари $m(\Delta_{ci})$, $\sigma(\Delta_{ci})$, $\sigma(\Delta_i)$ ни тажрибавий статистик характеристикалари маълум ёки аниқланган бўлиши керак. Бунда тизимнинг натижавий хатолиги қуйидагича бўлади:

$$\Delta = \sum_{i=1}^{i=n} m(\Delta_{ci}) \pm K \left[\sum_{i=1}^{i=n} \sigma_i^2(\Delta) \right]^{0.5} \quad (2.9)$$

бу ерда $\sigma_i(\Delta) = [\sigma^2(\Delta_{ci}) + \sigma(\Delta_i) + 1/12(H_i^2 + \mu_i^2)]^{0.5}$, H_i , μ_i — ўлчаш воситасининг вариацияси ва ўлчанаётган сигнални дискрет ўзгартиришдаги рақамли кодни сўнгги раядининг бирлигини қиймати.

Бевосита тажриба ўлчашларини ўтказиш учун систематик хатоликларни бартараф этилган, аниқлиги юқори бўлган ўлчаш воситалари қўлланилади. Х катталик кўп марта ўлчанади. Ўлчаш натижалари ўзида тасодифий хатоликларни мужассамлаштирганликлари учун тасодифий катталиклар ҳисобланади. Кўп марта ўлчаш натижалари маълум шаклда акс эттирилиши лозим. ўртача қиймат ўлчанаётган катталикнинг энг эҳтимолий қиймати

ҳисобланиб, ишончли эҳтимолликлар (0,9; 0,95; 0,99 ва бошқалар) учун тасодифий хатоликларни тақсимланишига боғлиқ бўлган ишончлилик интервалининг чегаралари кўрсатилган бўлиши керак.

Назорат саволлари

1. Улчаш хатолиги деб нимага айтилади?
2. Абсолют, нисбий, келтирилган, қушимча ва асосий хатоликларга таъриф беринг.
3. Аддитив ва мультипликатив хатоликлар деб нимага айтилади?
4. Вариация деб нимага айтилади?
5. Кириш ва чиқиш сигналларига таъриф беринг.
6. Улчаш воситасини қуллашнинг меъёрий шарти деганда нимани тушунаси?
7. Улчаш узгартиргичларининг узгартириш коэффициенти деганда нимани тушунаси?
8. Аниқлик синфи нимани билдиради?

ҲАРОРАТНИ ЎЛЧАШ ҲАҚИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТ

Ҳарорат (лотинча **temperature** – меъёрий ҳолатдан силжиш деган маънони англатади) тизимларнинг термодинамик мувозанат ҳолатини тавсифловчи физик катталиқ бўлиб, жисмларнинг исиганлик даражасини билдиради. Деярли барча технологик жараёнлар ва моддаларнинг турли хоссалари ҳароратга боғлиқ.

3.1- §. XXIII-90 халқаро ҳарорат шкаласи

Ҳарорат босим ва ҳажм билан бир қаторда модда ҳолатини тавсифловчи учта катталиқдан бири ҳисобланади. Ишлаб чиқаришда амалга ошириладиган ўлчашларнинг 80 % ини ҳароратни ўлчаш ташкил қилади, чунки ҳароратнинг қиймати ишлаб чиқарилаётган маҳсулотнинг сифатини, технологик жараёнларни амалга ошиш самарасини, технологик жиҳозларнинг хавфсиз ишлашини белгилайди. Ҳарорат модданинг иссиқлик ҳолатини тавсифлайди ва у модда молекулаларининг ўртача кинетик энергиясига пропорционалдир.

Ҳарорат жадал (фаол) катталиқ (узунлик, масса ва бошқа экстенсив катталиқлардан фарқли тарзда) ҳисобланади. Агар бир жинсли жисмни тенг иккига бўлинса, унда унинг массаси ҳам иккига ажралади. Ҳарорат интенсив катталиқ бўлиб, бундай аддитив хоссага эга эмас, яъни термик мувозанатга кирувчи тизимнинг ихтиёрий микроскопик қисми бир хил ҳароратга эга бўлади. Шунинг учун ҳам экстенсив катталиқларники каби ҳароратнинг эталонини яратиш бўлмайди.

Ҳароратни фақатгина билвосита ўлчаш мумкин бўлиб, бу жисмларнинг физик хоссаларини ҳароратни ўзгаришига боғлиқлигига асосланади. Жисмларнинг бундай хоссалари **термометрик хоссалар** деб аталади. Ушбу хоссаларга зичлик, узунлик, ҳажм, электр қаршилиқ, термо-э.ю.к ва бошқалар киради.

Турли хил усуллар асосида турли воситалар билан олинган ўлчаш

натижаларини унификациялаш (бир хиллаштириш) учун халқаро ҳарорат шкаласи қўлланилади. Ҳароратни ўлчаш техникасининг тараққиётига кўра турлича ҳарорат шкалалари қўлланилган: ХХШ-27, ХХШ-68, ХХШ-90 (рақамлар шкалларни халқаро миқёсда қабул қилинган йилини билдиради).

Метрологик жиҳатдан қараганда ҳарорат аддитивлик қонунига бўйсунмайдиган катталик ҳисобланади (аддитивлик – бирор бир бутун жисмни тавсифловчи катталикнинг қиймати шу жисмни қай тарзда қисмларга ажратилганлигидан қатъий назар ажратилган қисмларни тавсифловчи катталикларни йиғиндисидан ташкил топувчи катталикнинг хоссаси). Шунинг учун ҳам ҳароратни ўлчаш учун нафақат ўлчов бирлиги, балки ҳарорат функционал боғлиқ бўлган, аддитивлик қонунига бўйсунувчи бирор бир катталик (маслан, э.ю.к., қашилик ва шу каби) шкаласи ҳам керак бўлиб, шу катталик орқали ҳарорат аниқланади.

Идеал ҳарорат шкаласи – бу термодинамиканинг иккинчи қонунига асосланувчи термодинамик ҳарорат шкаласи. Т термодинамик ҳароратнинг бирлиги Кельвин (К) ҳисобланади. К – сувнинг учламчи нуқтаси ҳароратининг $1/273,16$ қисмига тенг. Амалиётда ҳароратни ифодалаш учун унинг муз эриш нуқтасига нисбатан олинган қиймати (273,15 К) ишлатилади. Ҳароратнинг бундай ифодаланишида Цельсийдаги ҳарорат (симболи t) $t = T - 273,15$ каби аниқланиши ҳаммага маълум. Цельсий ҳароратининг бирлиги градус Цельсий (симболи $^{\circ}\text{C}$) ҳисобланиб, ўлчами Кельвин ўлчамига тенг (бу ҳарорат интервали $1^{\circ}\text{C} = 1\text{ К}$ эканлигини англатади). Халқаро ҳарорат шкаласи 1990 й. (ХХШ-90) да ҳам Кельвин (симболи T_{90}) ҳам Цельсий (симболи t_{90}) ҳароратлари ишлатилади.

Аддитив катталикларни (масалан, узунлик ва массани) ўлчаш учун уларнинг ўлчамларини бирликларига қайта тиклаш мумкин. Ҳарорат аддитивлик қонунига бўйсунмаганлиги учун бир эталон нуқтадаги (сувнинг учламчи нуқтаси) бирликлари орқали бошқа ҳарорат нуқтасидагиларини аниқ тиклашнинг иложи йўқ. Шунинг учун ҳам ўзида ҳароратнинг маълум қийматларини акс эттирувчи бир нечта ҳарорат нуқталарини аниқ

шакллантириш лозим (улар репер нуқталар деб аталади), ушбу нуқталарнинг тўплами ҳарорат шкаласини ҳосил қилади. Шкаланинг репер нуқталарининг ўртасидаги қийматлар ҳароратга боғлиқ бўлган аддитив катталикларнинг воситаларини эталонлари ёрдамида топилади. Ҳарорат билан боғлиқ бўлган катталик ва ҳарорат ўртасидаги боғлиқликнинг коэффициентлари репер нуқталардаги ҳарорат бўйича топилади.

Халқаро ҳарорат шкаласи ХХШ-90 0,65 К дан токи монохроматик нурланиш учун Планкнинг нурланиш қонунидан келиб чиққан ҳолда ўлчаш мумкин бўлган энг юқори ҳароратгача бўлган диапазонни ўз ичига олади. У ўзида бир неча репер нуқталарни мужассамлаштирувчи диапазонларга бўлинади. 0,65 К дан 5 К гача бўлган интервал ^3He ва ^4He ларнинг тўйинган буғлари босимларини ҳароратга боғлиқлигидан аниқланади. T_{90} ҳароратнинг 3 К дан неоннинг учламчи нуқтаси (24,5561 К) гача бўлган интервали учта репер нуқта билан даражаланган доимий ҳажмли гелий термометри ёрдамида аниқланади. T_{90} ҳароратнинг водородни учламчи нуқтаси (13,8033 К) ва кумушни қотиш ҳарорати (961,78 °С) орасидаги интервали маълум репер нуқталар билан даражаланган платинали қаршилик термометрлари (уларни икки тури мавжуд) ёрдамида топилади. Кумушни қотишининг юқори ҳарорати Планкнинг нурланиш қонунига асосан репер нуқталар ёрдамида аниқланади.

ХХШ-90 га қадар Халқаро амалий ҳарорат шкала (1968 й.) - ХАХШ-68 ишлатилган бўлиб, унинг қуйи чегараси 13,81 К га тенг. 0,5 дан 30 К гача бўлган диапазон учун вақтинчалик ҳарорат шкаласи- ВХШ-76 ишлатилган. ХХШ-90 билан солиштириб кўрилганда ХАХШ-68 даги репер нуқталарнинг сони кам, бундан ташқари 630,74 дан 1064,43 °С (олтиннинг қотиш нуқтаси) гача бўлган ҳарорат соҳаси учун эталон асбоб сифатида термоэлектрик термометр ишлатилган (ХХШ-90 да уни ишлатилиши назарда тутилмаган). Ушбу шкалаларнинг ҳароратлари ўртасида маълум тафовутлар мавжуд. $t < 600$ °С да фарқ унчалик катта эмас, (700... 1400) °С интервалда фарқ 0,4 °С дан ошмайди, бироқ ҳарорат қиймати ошиши билан орадаги фарқ ҳам ошиб

боради, масалан 4000 °C да 2,5 °C га етади. (660...900) °C интервалда ($t_{90} - t_{68}$) фарқ мусбат, юқори ҳароратларда эса манфий.

3.2- §. Ҳарорат ўлчаш воситалари

Бугунги кунда ҳароратни ўлчашнинг турли усуллари мавжуд бўлиб, уларни икки гуруҳга ажратиш мумкин: контактли ва контактсиз.

3.1. Жадвал

Ҳарорат ўлчаш воситалари

Ўлчаш воситасининг тури	Ўлчаш воситаси ёки бирламчи ўзгартиргичнинг тури	Қўллашнинг чегараси, °C	
		қуйи	юқори
Кенгайиш термометрлари	Суюқликли шиша	-100	600
	Манометрик	-200	600
	Биметалл	-70	600
Қаршилик термометрлари	Металл қаршилик термоўзгартиргичлари (ўтказгичли)	-260	1100
	Яримўтказгичли қаршилик термоўзгартиргичлари	-100	300
Термоэлектрик термометрлар	Термоэлектрик термоўзгартиргичлар	-200	2200
Кварцли термометрлар	Терморезонансли термоўзгартиргичлар	0	200
Пирометрлар	Монохроматик	800	4000
	Тўлиқ ва қисман нурланишли	30	2500
	Спектрал нисбатли	-35	2800

Контактли усулда бирламчи ўзгартиргичнинг назорат қилинаётган муҳит ёки объект билан бевосита контактда бўлиши талаб қилинади. Ушбу усул билан ишлайдиган ҳарорат ўлчаш воситаларига кенгайиш термометрлари (шишали, манометрик ва биметалл), қаршилик термометрлари, термоэлектрик термометрлар, ҳароратни частотага ўзгартирувчи кварцли ўзгартиргичлар киради.

Контактсиз усул назорат қилинаётган объект ёки муҳитдан маълум масофада туриб ҳароратни ўлчаш имконини беради. Ушбу усул пирометрларда қўлланилади.

3.1-жадвалда энг кенг тарқалган ҳарорат ўлчаш воситалари ва уларнинг қўлланилиш чегаралари келтирилган.

*Ҳароратни контактли усулда ўлчашга мўлжалланган барча ҳарорат ўлчаш воситалари термометр деб, контактсиз ўлчашга мўлжалланганлари эса **пирометрлар** деб аталади.* Термометр таркибига термоўзгартиргич, алоқа тармоғи ва ўлчаш асбоби киради. Пирометрлар таркибига кўпинча пирометрик ўзгартиргичлар киради.

Назорат саволлари

1. Халқаро ҳарорат шкаласи қай тарзда амалга оширилади?
2. Ҳароратнинг қандай ўлчов бирликларини биласиз?
3. Қандай ўлчаш воситалари ёрдамида репер нукталар ўртасидаги ҳарорат шкалалари ишлаб чиқилади?
4. Ҳароратни ўлчашнинг қандай усуллари биласиз?
5. Ҳароратни контактли ўлчашнинг қандай воситаларини биласиз ва улар қандай ҳарорат диапазонларида қўлланилади?
6. Ҳароратни контактсиз ўлчашнинг қандай воситаларини биласиз ва улар қандай ҳарорат диапазонларида қўлланилади?

Тўртинчи боб

КЕНГАЙИШ ТЕРМОМЕТРЛАРИ

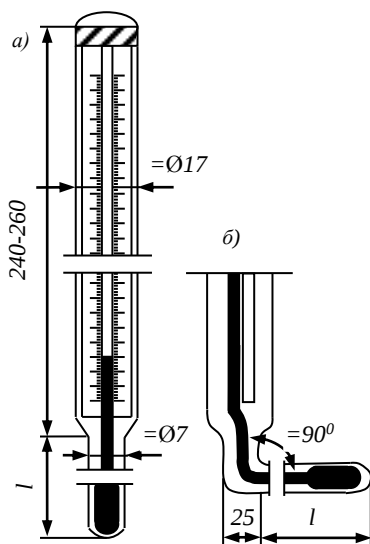
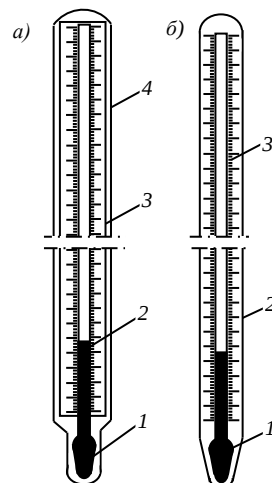
4.1- §. Суюқликли шиша термометрлар

Суюқликли шиша термометрларнинг ишлаш принципи суюқликларни иссиқдан кенгайишига асосланган. Ҳарорат ўзгарганда термометрик суюқликнинг ҳажми ўзгаради ва бу ҳароратнинг қиймати ҳисобланадиган капиллярдаги суюқлик сатҳини ўзгариши билан намоён бўлади. Суюқликли термометрлар турли русумли шишалардан тайёрланади ва турли термометрли суюқликлар ёки симоб билан тўлдирилади.

Симобнинг бошқа суюқликларга кўра афзаллиги шундаки, уни кимёвий тоза олиш осон ва у шишани ҳўлламайди.

4.1. Расм. Тажрибавий симоб термометрлар:

a – солиб қўйилган шкалали: 1 – шиша резервуар; 2 – капилляр; 3 – шкалали пластина; 4 – шиша қобик; *б* – таёқчасимон: 1 – резервуар; 2 – қалин деворли капилляр; 3 – капиллярнинг ташқи сиртидаги шкала.



Шишали термометрларнинг бўлимларини қиймати (0,01...10) °C ораликда бўлиб, термометрнинг нимага мўлжалланганлиги ва термометрик суюқликнинг қўлланилиш тури билан белгиланади.

4.2. Расм. Техник шишали термометрлар: *a* – тўғри; *б* – бурчакли

бу ерда l – термометр шкаласи градуслари ўрнатиладиган устуннинг узунлиги; t – назорат қилинаётган муҳитнинг термометр билан ўлчанган ҳарорати; Θ – муҳитга туширилган устуннинг ёрдамчи термометр билан аниқланган ўртача ҳарорати; k – ишлатилаётган шиша ва термометрик суюқликларнинг ҳар бири учун индивидуал бўлган коэффициент.

Ишлаб чиқариладиган термометрларнинг асосий қисми ўзининг конструкциясига кўра икки гуруҳга бўлинади:

- 1) солиб қўйилган шкалали термометрлар, уларда шкалали пластинка

шиша қобикнинг ичига солиниб, капиллярга маҳкамланади (4.1, *а* -расм);

2) таёқчасимон термометрлар, улардаги шкала бевосита қалин деворли капиллярнинг ташқи сиртига чизилган бўлади (4.1, *б* -расм).

Қўлланилиш усулига кўра термометрлар ёки ҳарорати ўлчанаётган муҳитга қисман ботирилган (тўла ботирилмаган) ёки ҳисобланадиган ҳарорат қийматигача ботирилган (тўла ботирилган) бўлади. Аниқроғи тўла ботириладиган термометрлар термометр кўрсатиши билан алгебраик кўшиладиган тўғрилаш графиги билан таъминланган бўлади. Агар тўла ботириладиган термометр муҳитга тўла ботирилмаган бўлса, унда суюқлик устунини кўтарилишига тўғрилаш киритилади (белгини ҳисобга олган ҳолда):

$$\Delta t = 0,00016 kl(t - \Theta) \quad (4.1)$$

Суюқликли термометрлар вазифасига кўра тажрибавий, техник (ишлаб чиқаришдаги) ва ишчи эталонлар (намунавий) га бўлинади. Тажрибавий термометрлар илмий изланишларда қўлланилади ва тўла ботирилиш бўйича даражаланади. Уларнинг қуйи ўлчаш чегараси -30 дан 300 °С гача бўлган диапазон ичида, юқори чегараси 20 дан 600 °С гача бўлган диапазон ичида ётади. Бўлимларининг қиймати 0.1 дан 2 °С гача бўлган ораликда ётади. Хатолик чегараси бўлим қиймати ва ўлчаш диапазониға боғлиқ бўлиб, 0.3 дан 4 °С гача бўлади (бу бўлим қийматини ошириб юбориши мумкин).

Техник термометрлар фақатгина қуйи тўғри ёки бурчак остида эгилган (90 ёки 120° бурчак остида, 4.2-расм) қисми ботирилган ҳолатда даражаланади. Улар махсус вазифа (медицина, метрология ва бошқалар учун) ёки махсус техник характеристика (титрашга чидамли, электрkontaktли) га эга бўлиши мумкин. Техник термометрларнинг рухсат этилган хатоликлари ўлчаш ҳарорати ва бўлимлар қийматига боғлиқ бўлиб, бўлим қийматларини ошиб кетишиға сабаб бўлиши мумкин.

Намунавий термометрлар (ТР турдаги аниқ ўлчашлар учун) катта ўлчаш диапазониға эга эмас, лекин ўлчаш чегараларига боғлиқ бўлмаган тарзда 0 °С белгига эга. Иш вақтида термометр назорат қилинаётган муҳитга назорат

қиладиган устунини бор бўйича ботирилади. РФ да шиша термометрни асосий ишлаб чиқарувчиси «Термоприбор» заводи (Клин шаҳри) ҳисобланади. 4.1-жадвалда бир неча турдаги шиша термометрларнинг техник характеристикалари келтирилган.

Шишали термометрларнинг техник характеристикалари

<i>Тури</i>	<i>Номланиши</i>	<i>Ўлчаш чегараси, °C</i>	<i>Бўлим қиймати, °C</i>	<i>Хатолиги, °C</i>
<i>ТЛ-4</i>	<i>Тажрибавий</i>	<i>Қуйи чегараси -30...240, Юқори чегараси 20...310</i>	<i>Чегаралардан келиб чиққан ҳолда 0,1; 0,2</i>	<i>Чегаралардан келиб чиққан ҳолда ±(0,2...1)</i>
<i>ТР-1</i>	<i>Ишчи эталон (намунавий)</i>	<i>Қуйи чегараси 0...56, Юқори чегараси 4...60</i>	<i>0,01</i>	<i>±0,05</i>
<i>СП-40</i>	<i>Махсус титрашга чидамли</i>	<i>0...100 0...200 0...300 0...400</i>	<i>0,5</i>	<i>±1</i>
<i>ТПК – М</i>	<i>Тўғри ёки бурчакли ростланувчи электрконтактли</i>	<i>-35...70 0...100 0...200 0...300</i>	<i>1 1 2 5</i>	<i>±1 ±1 ±2 ±5</i>
<i>ТТ, ТТМ</i>	<i>Тўғри ёки бурчакли техник</i>	<i>-35...50 0...100 0...160 0...200 0...350 0...450</i>	<i>1 1 2 2 5 5</i>	<i>±1 ±1 ±2 ±2 ±5 0...300 соҳада ±10 300...450соҳада</i>

4.2- §. Манометрик ва биметалл термометрлар

Манометрик термометрлар. Манометрик термометрларнинг ишлаш принципи ёпиқ ҳажмдаги газ, суюқлик ва тўйинган буғлар босимининг ҳароратга боғлиқ равишда ўзгаришига асосланади. Ушбу термометрлар портлаш хавфи мавжуд бўлган ишлаб чиқаришларда кенг қўлланилади ва «Орлекс» (Орел ш.), «МаноТомъ» ОАЖ (Томск ш.), Wika, Jumo (Германия) каби фирмалар томонидан ишлаб чиқарилади. Конструктив жиҳатдан термометр назорат қилинаётган муҳитга ботириладиган термобаллон 1,

босимни ўлчовчи манометр 3 ва термобаллон билан манометрни боғлаб турувчи капилляр 2 дан ташкил топади (4.3-расм). Бундай термометрлар -200 дан 600 °C гача бўлган ҳароратларни ўлчаш учун ишлатилади.

Газли манометрик термометрлар -200 дан 600 °C гача интервалдаги ҳароратларни ўлчаш учун қўлланилади. Қуйи ўлчаш чегараси -200 дан 200°C гача бўлган интервалдан, юқори чегараси эса 50 дан 600°C гача бўлган интервалдан танланади. Тўлдирувчи сифатида гелий (паст ҳароратларда), азот (ўрта ҳароратларда) ёки аргон (юқори ҳароратларда) ишлатилади.

Ўзгармас ҳажмда газ босимининг ҳароратга боғлиқлиги қуйидаги чизиқли тенглама билан тавсифланади:

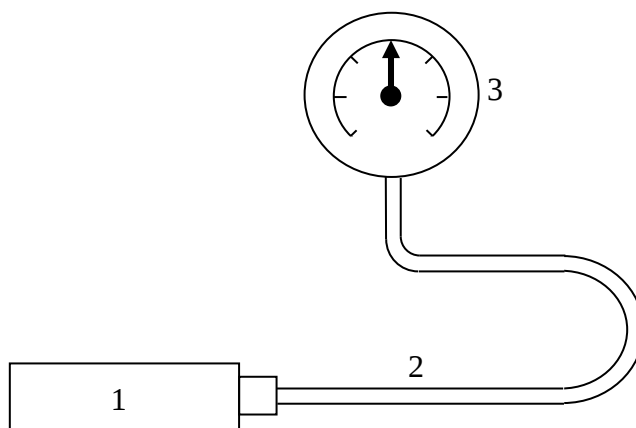
$$p_t = p_0(1 + \beta t) \quad (4.2)$$

бу ерда p_t ва p_0 – t ва 0 °C ва ҳароратдаги газнинг босимлари; β – газнинг ҳароратга боғлиқ кенгайиш коэффициенти бўлиб $\beta = 0,00366 \text{ K}^{-1}$.

Газли манометрик термометр шкаласининг тенгламаси ҳам чизиқли бўлади:

$$p_t = p_0 \frac{1 + \beta t}{1 + \beta t_0} \quad (4.3)$$

Бу ерда p_0 ва p_t – термометр шкаласининг боши t_0 ва ўлчанаётган ҳарорат t га мос келувчи ҳароратлардаги газнинг босимлари.



4.3. Расм. Манометрик термометрнинг схема:
1-термобаллон; 2-капилляр; 3-манометр.

Шкаланинг реал тенгламаси чизиқли тенглама (4.3) дан бир оз фарк қилади, лекин бу фарк аҳамиятсиз даражада бўлганлиги учун газли манометрик термометрларнинг шкаласини тенг ўлчамли деб ҳисоблаш мумкин.

Атроф муҳит ҳавоси ҳароратининг ўзгариши капиллярдаги ишчи модда ва манометрик пружинанинг кенгайишига таъсир кўрсатиб, термометрнинг кўрсатиши ва босимни ўзгаришига олиб келади. Ушбу таъсирларни камайтириш мақсадида пружина капиллярнинг ички ҳажмини термобаллоннинг ҳажмига нисбати камайтирилади, бунинг учун термобаллоннинг узунлиги ва диаметри оширилади.

Газли термометрларнинг аниқлик синфи 1 ёки 1,5 бўлади. Улар кўрсатувчи ёки ўзиёзар қилиб, баъзи ҳолларда қўшимча қурилмалар билан таъминланган ҳолда ишлаб чиқарилади.

Конденсацион манометрик термометрлар -25 дан $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ гача бўлган интервалдаги ҳароратни ўлчаш учун ишлатилади. Қуйи ўлчаш чегараси -25 дан $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ гача, юқори чегараси 35 дан $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ гача бўлган интервалдан танлаб олинади ва ўлчаш диапозони 50 дан $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ гача бўлган ораликда ўзгариб туради. Термометрнинг термобаллонини тахминан $\frac{3}{4}$ қисми қайнаш ҳарорати паст бўлган суюқлик билан, қолган қисми эса ушбу суюқликнинг тўйинган буғи билан тўлдирилади. Капилляр ва пружина ҳам суюқлик билан тўлдирилган бўлади. Термобаллондаги суюқликнинг миқдори шундай бўлиши керакки, энг юқори ҳароратда ҳам суюқликнинг ҳаммаси буғга айланиб кетмаслиги лозим. Термометрик суюқлик сифатида фреон-22 (қуйи ҳароратлар учун), хлорли метил, хлорли этил, ацетон, толуол, спирт (ўлчаш чегарасининг ўсишига қараб) ишлатилади. Конденсацион манометрик термометр термосистемасидаги босимҳарорати термометрнинг термобаллони туширилган муҳит ҳарорати билан аниқланадиган ишчи суюқликнинг тўйинган буғини босимига тенг бўлади. Тўйинган буғ босимининг ҳароратга боғлиқлиги нозичли бўлиб, ўлчанаётган ҳарорат критик қийматдан ошиб кетмаса, бир қийматли ҳисобланади.

Термотизимдаги босим фақатгина ўлчанаётган ҳароратга боғлиқ бўлганлиги учун термометрнинг кўрсатишига атроф муҳитнинг ҳарорати таъсир кўрсатмайди. Термобаллон ва ўлчаш асбобининг жойлашиш баландликларига боғлиқ тарзда гидростатик хатолик юзага келади. Ушбу хатоликни камайтириш учун капиллярнинг узунлиги 25 метрдан ошмайдиган қилиб белгиланган. Конденсацион манометрик термометрларда босим юқори бўлмаган пайтда шкаланинг бошланиш соҳасида барометрик хатолик юзага келиши мумкин. Қолган ҳолларда барометрик хатоликнинг қиймати эътиборга олинмас даражада кичик бўлади.

Конденсацион манометрик термометрлар кўрсатувчи қилиб ишлаб чиқарилади, қўшимча электр контактли қурилма билан таъминланган бўлиши ҳам мумкин. Термометрларнинг аниқлик синфи 1 ёки 1,5 бўлади.

Суюқликли манометрик термометрлар кенг тарқалмаган бўлиб, улар – 50 дан 300 °C гача бўлган ҳароратларни ўлчаш учун қўланилади. Қуйи ўлчаш чегараси -50 дан 100 °C гача, юқори чегараси 50 дан 300 °C гача бўлган интервалдан танлаб олинади ва ўлчаш диапазони 50 дан 300 °C гача бўлган ораликда ўзгариб туради. Термометрик суюқлик сифатида қуйи ҳароратлар учун ПМС-5, юқори ҳароратлар учун эса ПМС-10 ишлатилади. Суюқликли манометрик термометрларнинг ишчи суюқлиги амалда умуман сиқилмайди. Шунинг учун ҳам ҳарорат ўзгарганда суюқлик ҳажмини ўзгаришига мос равишда манометрик пружина ўзининг ички ҳажмини ўзгартиради ва ишчи суюқлик ҳажмининг ўзгариши термотизимдаги босимнинг ўзгариш диапазони билан мос тушади. Бунда босим пружиналарнинг қаттиқлигига боғлиқ бўлиб, турли манометрик пружиналар учун турлича бўлиши мумкин.

Суюқликли манометрик термометрларда барометрик босимнинг ўзгариши ҳисобига юзага келувчи хатолик тизимдаги босим сингари аҳамиятга эгадир. Суюқликли манометрик термометрларда атроф муҳит ҳароратини ўзгариши хатоликни юзага келтиради. Ушбу хатоликни камайтириш учун ҳароратли компенсациялашнинг турли усуллари ишлатилади.

Термобаллон ва ўлчаш асбобининг турли сатҳларда ўрнатилиши туфайли сууюқликли манометрик термометрларда гидростатик хатолик юзага келади. Гидростатик хатоликни камаййтириш мақсадида капиллярнинг узунлиги 10 метргача қискартирилади. Сууюқликли термометрлар кўрсатувчи қилиб, 1 ёки 1,5 аниқлик синфи билан ишлаб чиқилади.

Манометрик термометрлар титраш шароитларида, шунингдек портлаш ва ёнғин хавфи мавжуд биноларда ҳам ишлаши мумкин. Термометрнинг хатоликлар манбаи: барометрик босим ва атроф муҳит ҳароратининг ўзгариши, термобаллон ва манометрнинг ўзаро жойлашиш характери. 4.2-жадвалда ТГП-100М1 (газли), ТКП-100М1 (конденсацион), ТЖП-100 (сууюқликли) манометрик термометрларнинг баъзи техник тавсифлари келтирилган.

4.2. Жадвал

Манометрик термометрларнинг техник тавсифлари

Белгилан иши	Тури	Қўлланилиш интервали °С	Аниқлик синфи	Термобалло ннинг иаметри, мм	Термобал лонинг узунлиги, мм	Термобал лоннинг ботиш чуқурлиги , мм	Капилляр нинг узунлиги, м
ТГП- 100М1	Газли	-50...600	1 ёки 1,5	20 ёки 30	125 250 400	160 дан 500 гача	1,6 дан 60 гача
ТКП- 100М1	Конденса цион	-25...300	1 ёки 1,5	16	78	125 дан 400 гача	1,6 дан 25 гача
ТЖП-100	Сууюқлик	-50...300	1 ёки 1,5	10	34 42 56 100	80 дан 400 гача	1,6 дан 10 гача

Қўлланилиш соҳаси. Манометрик термометрлар содда қурилмалар ҳисобланади. Ўлчашларни автоматик қайд қилиш учун ишлатилади ва кўрсатиш натижаларини масофага узатиш имконини беради.

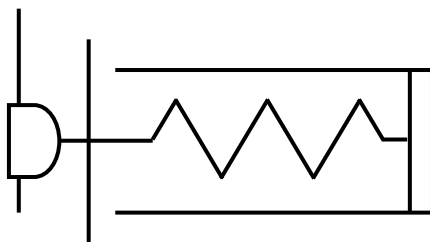
Ушбу термометрларнинг спецификаси – портлаш хавфи мавжуд

объектларда ишлатиш имконини мавжудлиги.

Биметалл термометрлар. Ушбу термометрларнинг ишлаш принципи турли кенгайиш коэффициентларига эга бўлган (биметалл) металллардан тайёрланган икки пластиналарнинг ҳарорат ўзгаришига боғлиқ тарзда букилишига асосланади.

Биметалл пластиналар иккита турли ўлчаш элементлари: 1) винтсимон пружина; 2) спиралсимон пружина асосида қурилади.

Ҳарорат ўзгариши билан биметалл пластиналарнинг механик деформацияланиши натижасида кўрсатиб ўтилган элементларда айланма ҳаракат юзага келади. Агар биметалл ўлчаш тизимининг ташқи томони қаттиқ маҳкамланган бўлса, унда унинг оралиқ элементсиз бошқа томони кўрсатиш стрелкаси валини айлантиради. Кўрсатиш диапазони 1 ёки 2,5 аниқлик синфи билан ўлчаганда -70 ва $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ орасида ётади.



4.4. Расм. Винтсимон пружинали биметалл термометрнинг схемаси

Винтсимон пружинали термометрнинг шартли белгиланиши 4.4-расмда келтирилган. Биметалл термометрлар энг содда ҳарорат ўлчагичлар ҳисобланади. Улар «Юмас» МЧЖ (Москва ш.), «Орлэкс» ЁАЖ (Орел ш.), Wika фирмаси (Германия) ва бошқа корхоналар томонидан ишлаб чиқилади.

Назорат саволлари

1. Шиша термометрларни тўлдиришда қандай термометрик суюқликлардан фойдаланилади?
2. Шишали тажрибавий ва техник термометрларни ҳароратни ўлчаш услуби нимаси билан фарқ қилади?
3. Кўтарилиш устунига тўғрилашлар қандай киритилади?

4. Манометрик термометрларнинг қандай турларини биласиз?
5. Манометрик термометрларнинг қайси тури кенгрок ўлчаш диапазониға эға?
6. Манометрик термометрларнинг кўрсатишиға атроф мухит босими ва ҳарорати қандай таъсир қилади?
7. Биметалл термометрларнинг ишлаш принципи қандай?

ҚАРШИЛИК ТЕРМОЎЗГАТИРГИЧЛАРИ

5.1- §. Умумий маълумотлар

Қаршилик термоўзгартиршичлари ўлчаш ва ростлаш занжирларида қўлланиладиган кенг тарқалган ҳарорат ўзгартиргичлари каторига киради. Қаршилик термоўзгартиргичлари «Термико», «Элемер» (Россия, Москва области), «Навигатор», «Термоавтоматика» (Россия, Москва), «Тепло-прибор» (Россия, Владимир ва Челябинск ш.), Луцк асбобсозлик заводи (Украина), Siemens, Jumo (Гермения), Honeywell, Foxboro, Rosemount (АҚШ), Yokogawa (Япония) ва бошқа бир қатор фирмалар томонидан ишлаб чиқарилади.

*Таркибига электр қаршиликни ҳароратга боғлиқлиги асосида ишловчи термоўзгартиргич ва ўлчанаётган қаршиликдан келиб чиққан ҳолда ҳароратнинг қийматини кўрсатувчи иккиламчи асбобларни мужассамлаштирган ҳарорат ўлчаш комплектига **қаршилик термометри** дейилади.* Ҳароратни ўлчаш учун қаршилик термоўзгартиргичини ҳарорати ўлчанаётган муҳитга тушириш ва бирор бир асбоб билан унинг қаршилигини ўлчаш лозим. Қаршилик термоўзгартиргичи ва ҳарорат ўртасидаги маълум боғлиқликка кўра ҳароратни қийматини аниқлаш мумкин. Демак, қаршилик термометрининг содда комплекти (5.1, а-расм) қаршилик термоўзгартиргичи (ҚТ), қаршиликни ўлчовчи иккиламчи асбоб (ИА) ва уларни ўзаро боғлаб турувчи боғлаш ўтказгичи (БЎ) дан (боғлаш ўтказгичлари икки, уч ёки тўрт ўтказгичли бўлиши мумкин) ташкил топади.

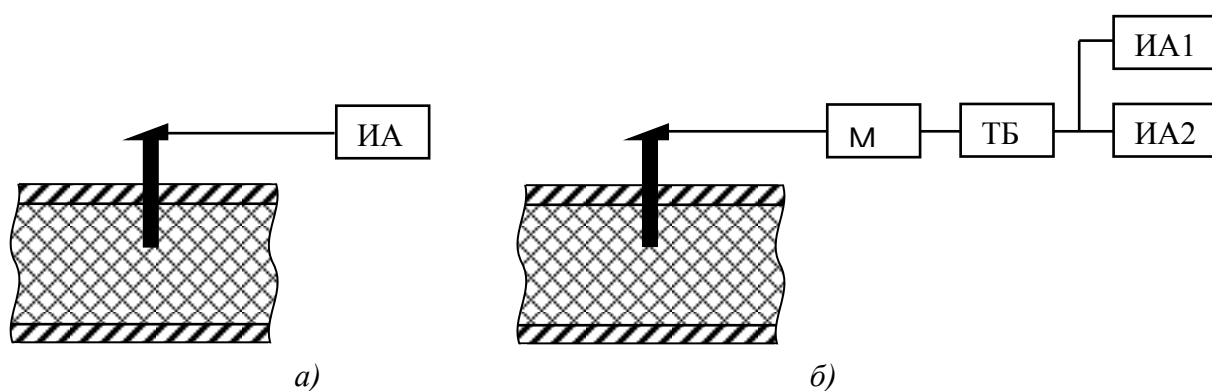
Одатда иккиламчи асбоб сифатида аналогли ёки рақамли асбоблар (масалан, КСМ-2, РП-160, Технограф, РМТ-39/49) баъзида эса логометрлар (масалан, Ш-69001) ишлатилади. Иккиламчи асбобларнинг шкаласи градус Целсийда даражаланади.

Меъёрлаштирилган чиқиш сигналли термоўзгартиргичларнинг схемаси кенг қўлланилади (5.1, б- расм).

Ушбу ҳолда ҚТ нинг боғланиш ўтказгичлари унификациялашган чиқиш сигнали (масалан, 0...5 ёки 4...20 мА) га эга бўлган меъёрлаштирувчи ўзгартиргич МЎ (масалан, Ш-9321, ИПМ-0196) билан уланади. Бир нечта каналларда фойдаланиш учун ушбу сигнал тарқатиш блоки ТБ ёрдамида тарқатиб берилади ва бир нечта иккиламчи асбобларга (масалан, ИА-1, ИА-2 ва ҳ.к.) ёки бошқа истеъмолчиларга узатилади. Равшанки, ушбу ҳолда иккиламчи асбоблар миллиамперметрлар билан таъминланган бўлиши керак. Қаршилик ўзгартиргичлари меъёрлаштириш схемаси билан ишлаб чиқилади, яъни уларнинг чиқиш сигнали 0...5, 4...20 мА ток ёки рақамли сигнал (интеллектуал ўзгартиргичларда) ҳисобланади. Унификацияланган чиқиш сигналли қаршилик термоўзгартиргичлари ўз ҳарфий белгиланишига эга бўлиб, ушбу ҳарф У ҳисобланади (масалан, ПҚТУ, МҚТУ). Ушбу ўзгартиргичлар ва рақамли чиқиш сигналли ўзгартиргич (Метран-286) нинг тавсифлари 5.1-жадвалда келтирилган.

Қаршилик термоўзгартиргичлари тайёрланадиган материаллар.

Қаршиликли термоўзгартиргичларни тайёрлашда ёки соф металллар ёки яримўтказгичлар ишлатилади. Соф металлларнинг электр қаршилиги ҳарорат ортиши билан ошиб боради (уларнинг ҳарорат коэффициенти $0,0065 \text{ K}^{-1}$ га етади, яъни ҳарорат бир градусга ошганда қаршилик 0,65 % га ортади). Яримўтказгичли ҚТ лар $0,15 \text{ K}^{-1}$ гача тушиб кетувчи манфий ҳарорат



коэффициентига эга (яъни ҳарорат ортиши билан қаршилик камаяди).

5.1. Расм. Қаршилик термометрларининг схемалари:

а-иккиламчи асбобли термоқаршилик; *б*-меъёрлаштирувчи ўзгартиргичли термоқаршилик; ҚТ – қаршилик термоўзгартиргичлари; ИА, ИА1, ИА2 – иккиламчи асбоблар; АЛ – алоқа линиялари; МЎ – меъёрлаштирувчи ўзгартиргич; ТТБ – токли сигналларни тарқатиш блоки.

Яримўтказгичли ҚТ лар даврий индивидуал даражалашни талаб қилганлиги учун ҳарорат ўлчашнинг технологик назорат тизимларида қўлланилмайди. Одатда улар баъзи ўлчаш воситаларининг (масалан, кондуктометрик тизимларда) ҳарорат ҳатоликларини компенсациялаш схемаларида ҳарорат индикатори сифатида қўлланилади.

Соф металлдан тайёрланадиган қаршилик термоўзгартиргичлари кенг тарқалган бўлиб, улар одатда юпқа симлардан каркасга ёки каркас ичидаги спиралга ўралган ўрам кўринишида тайёрланади.

5.1. Жадвал

Қаршилик термоўзгартиргичларининг техник маълумотлари

ҚТ нинг тури	Синфи	Қўлланилиш интервали, °С	Рухсат этилган оғиш чегараси $\pm \Delta t$, °С
МҚТ	A	-50... 120	$0,15 + 0,0015 t $
	B	-200...200	$0,25 + 0,0035 t $
	C	-200...200	$0,50 + 0,0065 t $
ПҚТ	A	-200... 650	$0,15 + 0,002 t $
	B	-200...850	$0,30 + 0,005 t $
	C	-100...300 и 850...1100	$0,60 + 0,008 t $
ПҚТУ	—	0...600	0,25; 0,5 % (келтирилган)
МҚТУ	—	-50... 180	0,25; 0,5 % (келтирилган)
Метран- чиқиши 4...20мА	286	0...500 (100 дан бошлаб)	0,25 (рақамли сигнал) 0,3 (токли сигнал)

Металл ҚТ ларнинг афзаллиги ҳароратни юқори аниқлик билан ўлчаши (юқори бўлмаган ҳароратларда электрли термометрларникига қараганда наиклиги юқори), шунингдек ўзаро бир бирини ўрнини боса олиши ҳисобланади. Ушбу термометрларнинг сезгир элементи (СЭ) учун танланадиган металллар қатор талабларга жавоб бериши керак. Шу талаблардан бири даражалаш тавсифининг стабиллиги ва ишлаб чиқариш хоссаси (яъни даражалаш тавсифини рухсат этилган ҳатолик чегараси бир

хил бўлган СЭ ларни оммавий тайёрлаш имконияти мавжуд) ҳисобланади. Агар ушбу талаблардан ҳеч бўлмаганда биттаси бажарилмаса ҳам ушбу материалдан ҚТ тайёрлашда фойдаланиб бўлмайди. Бундан ташқари қуйидаги қўшимча шартларни ҳам бажариш лозим: электр қаршилигини ҳарорат коэффицентининг юқорилик (қаршилиқни градусга айлантиришда юқори сезгирликни таъминлайди), $R(t) = f(t)$ даражалаш тавсифининг чизиқлилиги, солиштира қаршилигини катталиги, кимёвий инертлик.

ҚТ лар ГОСТ Р50353-92 га (Россия) кўра платинадан (белгиланиши ПҚТ (ТСП)), мисдан (белгиланиш МҚТ (ТСМ)) ёки никелдан (белгиланиши НҚТ (ТСН)) тайёрланиши мумкин(бу ерда қавс билан берилган белгилар рус тилидаги белгиланиши). ҚТ ларнинг тавсифи уларнинг 0°C даги қаршилиги R_0 , қаршилиқнинг ҳарорат коэффиценти (ҚХК) ва синфи ҳисобланади.

Металларда аралашмаларнинг мавжудлиги электр қаршилиқнинг ҳарорат коэффицентини камайтиради, шунинг учун ҚТ лар тайёрланадиган металлар меъёрлаштирилган тозаликка эга бўлиши керак. Тозалик даражасининг кўрсаткичи сифатида W_{100} катталик танланган бўлиб, у ҚТ нинг 100 ва 0°C даги қаршилиқлари нисбати ҳисобланади. ПҚТ учун $W_{100} = 1,385$ ёки 1,391, МҚТ учун $W_{100} = 1,426$ ёки 1,428. ҚТ нинг синфи R_0 ва W_{100} ларнинг номинал қийматдан рухсат этилган оғишини, ўз навбатида эса ҚТ ўзгартиришининг рухсат этилган абсолют хатолиги Δt ни белгилайди. Хатолигига кўра ҚТ уч синф – А, В, С га бўлинади. Одатда платинали ҚТ лар А, В, мисли ҚТ лар эса В, С синфлар билан ишлаб чиқилади. ҚТ ларнинг бир нечта бир биридан фарқ қилувчи стандарт турлари мавжуд. ҚТ ларнинг номинал статик тавсифи (НСТ) унинг қаршилиги R_t ни ҳарорат t га боғлиқлиги ҳисобланади:

$$R_t = f(t) \quad (5.1)$$

Уларнинг номинал статик тавсифини шартли белгиланиши икки элемент – R_0 қийматга мос келувчи рақамлар ва биринчиси материал номини билдирувчи (П – платина, М – мис, Н – никель) ҳарфлардан ташкил топади. Халқаро белгиланишда R_0 қийматдан олдин материалларнинг лотин

алифбосидаги белгилари Pt, Cu, Ni қўйилади.

НКТ қаршилик темоўзгартиргичи қуйидагича ёзилади:

$$R_t = W_t R_0 \quad (5.2)$$

бу ерда R_t – ҚТ нинг t ҳароратдаги қаршилиги, Ом; W_t – t ҳароратдаги қаршиликнинг 0°C (R_0) ҳароратдаги қаршиликка нисбатининг қиймати. W_t қиймат ГОСТ Р50353-92 нинг жадвалидан олинади. Турли синфдаги турли ҚТ ларнинг қўлланилиш диапазони, келтирилган хатоликларини ҳисоблаш ва НСТ лари 5.1 ва 5.2 – жадвалларда келтирилган.

5.2. Жадвал

Қаршилик термоўзгартиргичларининг номинал статик тавсифлари

$t^{\circ}\text{C}$	KT, R, O_M				$t^{\circ}\text{C}$	KT, R, O_M			
	$W_{100}=1,3910$		$W_{100}=1,4280$			$W_{100}=1,3910$		$W_{100}=1,4280$	
	50Π	100Π	$50M$	$100M$		50Π	100Π	$50M$	$100M$
-240	1,35	2,70			650	166,55	333,10		
-200	8,65	17,31	6,08	12,16	700	174,46	348,93		
-160	17,27	34,55	14,81	29,62	750	182,23	364,47		
-120	25,68	51,36	23,84	47,69	800	189,86	379,72		
-80	33,97	67,81	32,71	65,42	850	197,33	394,67		
-40	42,00	84,01	41,40	82,81	900	204,66	409,33		
0	50,00	100,00	50,00	100,00	950	211,85	423,70		
50	59,85	119,71	60,70	121,40	100	218,89	437,78		
100	69,55	139,10	71,40	124,80	1050	225,78	451,56		
150	79,11	158,22	82,08	164,19	1100	232,52	465,05		
200	88,51	177,03	92,79	185,58					
250	97,77	195,55							
300	106,89	213,78							
350	115,85	231,71							
400	124,68	249,36							
450	133,35	266,71							
500	141,88	283,76							
550	150,25	300,51							
600	158,48	316,96							

Назорат саволлари

1. Қаршилик термоўзгартиргичларининг материалларига қандай талаблар қўйилади?
2. Металл ҚТ лар қандай металллардан тайёрланади?

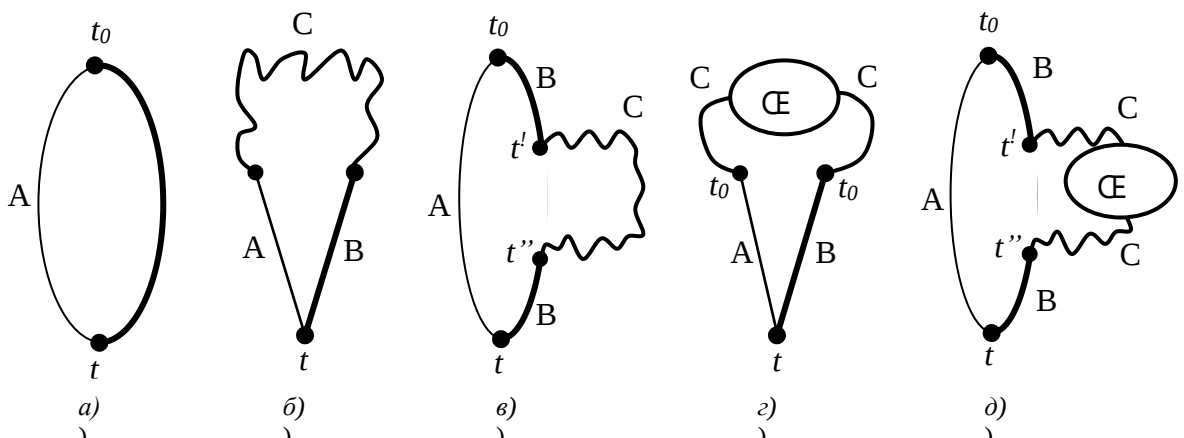
3. Платинали ва мисли ҚТ лар қандай ҳарорат соҳаларида қўлланилади?
4. Платинали ва мисли ҚТ ларнинг конструктив амалга оширилиши нимаси билан фарқланади?

ТЕМОЭЛЕКТРИК ЎЗГАРТИРГИЧЛАР

6.1- §. Ҳароратни термоэлектрик усулда ўлчашнинг назарий асослари

Термоэлектрик ўзгартиргичлар ҳам қаршиликли термоўзгартиргичлар каби кенг тарқалган ҳарорат ўлчаш воситалари ҳисобланиб, бешинчи бобда санаб ўтилган фирмалар томонидан ишлаб чиқарилади.

Ҳароратни ўлчашнинг термоэлектрик усули термопарада ҳосил бўлувчи термоэлектроритувчи куч (термоЭЮК) ни термопара учигаги ҳароратга боғлиқлигига асосланади. Иккита турли жинсли А ва В ўтказгичлар (электродлар) дан тузилган занжирда (6.1, а – расм) агар ушбу ўтказгичларнинг туташган нуқтасидаги t ва t_0 ҳароратлар тенг бўлмаса (агар тенг бўлса термоЭЮК нолга тенг бўлади) термоЭЮК юзага келади. Термопара занжирларида ЭЮК ни юзага келиши Зеебек ва Томпсон эффектларининг таъсир натижалари ҳисобланади. Биринчидан ЭЮК ни пайдо бўлиши турли жинсли иккита ўтказгичнинг ўзаро уланиш жойига боғлиқ, чунки ЭЮК катталиги кавшарланган жойнинг ҳароратига боғлиқ. Бир жинсли ўтказгичнинг учларидаги ҳароратлар ўртасида фарқни юзага келиши ЭЮК ни пайдо бўлишига сабаб бўлади, ушбу эффект Томпсон эффекти деб аталади.



6.1. Расм. Термопара занжирлари:

a – икки ўтказгични боғланиши; $b, в$ – учинчи ўтказгични уланиш вариантлари; $г, d$ – ЎА ўлчаш асбобининг уланиш вариантлари.

Ҳосил бўлган ЭЮК нинг қиймати иккала t ва t_0 ҳароратларнинг қийматларига боғлиқ, чунки (t, t_0) фарқ ортиши билан унинг ҳам қиймати ортиб боради. Термопаранинг термоЭЮК нинг қиймати шартли равишда $E(t, t_0)$ билан белгиланади. Агар қуйидаги шартлар бажарилса, термопара ёрдамида ҳароратни ўлчаш мумкин:

- термопаранинг ишчи учини назорат қилинаётган муҳитга тушириш, бошқа учи (эркин учи) нинг ҳароратини эса стабиллаштириш;
- термопарада ҳосил бўлувчи термоЭЮК ни ўлчаш;
- термопаранинг $E(t, t_0)$ даражалаш тавсифи – термоЭЮК ни маълум t_0 ҳароратда термопаранинг ишчи учини ҳароратига боғлиқлигига эга бўлиш.

Энди “учинчи ўтказгич ҳақидаги теорема” га эътибор қаратамиз. Унинг маъноси қуйидагича: *ихтиёрий “С” материалдан тайёрланган учинчи ўтказгич (барча схемаларда у тўлқинсимон чизиқ билан белгиланган) термопара занжирига уланганда, ушбу ўтказгичнинг ҳарорати уланиш жойининг ҳароратига тенг бўлса, занжирда термоЭЮК ни йўқотиш юзага келмайди.* Шунинг учун ҳам схемалар (6.1, $b, в$ -расмлар) да ҳосил бўлувчи термоЭЮК, фақат t' ва t'' лар ўзаро тенг бўлганда, яъни $t' = t''$ шарт бажарилганда бир хил бўлади. Келтирилганлар асосида ўлчаш асбоби (ЎА) ни термопара занжирига улашнинг қуйидаги икки усулини тасаввур қилиш мумкин: эркин учларнинг узилиш қисмига (6.1, $г$ -расм) ёки электродларнинг узилиш қисмига (6.1, d -расм).

Иккита ихтиёрий турли жинсли ўтказгич термопара ҳосил қилиши мумкин, лекин ихтиёрий термопарани ҳароратни ўлчаш учун қўллаб бўлмайди. Термопаранинг материалига қуйидаги бир қатор талаблар қўйилади: исикқа чидамлилиқ, кимёвий стабиллик, термопаранинг термоЭЮК ларини ҳароратга боғлиқлигини бир хиллигига кўра

материалларнинг бир бирини акс эттирувчанлиги (термопараларнинг ўзаро бир бирларини ўрнини боса олишини таъминлаш учун).

Энди атамаларга эътиборни қаратамиз.

Термопара – бу иккита турли жинсли ўтказгичлар – электродларнинг боғланиши. Термопарадан амалда фойдаланиш учун унинг электродлари изоляцияланган ва ҳимоя қўтиларига жойлаштирилган бўлиши керак.

Бундай конструкция **термоэлектрик ўзгартиргич** деб аталади. Таърифга кўра “термоэлектрик ўзгартиргич”(ТЭЎ) – бу термопаранинг термоэлектр юритувчи кучини ҳароратга боғлиқлигига асосланиб ишлайдиган термоўзгартиргич.

Термопара ҳарорат ўлчаш воситаси – термоэлектрик ўзгартиргич (ТЭЎ) нинг асосий элементи ҳисобланади.

ГОСТ Р50431-92 дан келиб чиққан ҳолда 6.1 – жадвалда қуйидаги белгиланишларга эга бўлган турли ТЭЎ лар учун узоқ (қисқа вақтли) қўлланилиш чегаралари келтирилган:

ПРТ (рус тилида ТПР) (халқаро белгиси В) – платинародий-платинародийли;

ППТ (ТПП) (S, R) – платинародий-платинали;

ХАТ (ТХА) (К) – хромель-алюменли;

ХКТ (ТХК) (L) – хромель-копелли;

ХКТ (ТХК) (E) – хромель-константли;

ННТ (ТНН) (N) – никросил-нисилли;

МКТ (ТМК) (T) – мис-константли;

ТКТ (ТЖК) (J) – темир-константли.

6.1. Жадвал

Стандарт термоэлектрик ўзгартиргичлар

ТЭЎ гуруҳи	НСТ нинг шартли белгиланиши	Узоқ (қисқа вақтли) қўлланилиш диапазони, °C	Ўзгатириш коэффициенти $mB/^{\circ}C \cdot 10^3$
ПРТ	ПР(В)	300...1600 (1800)	3,1...5,9
ППТ	ПП(S) ПП(R)	0...1300 (1600) 0...1300 (1600)	5,4...14,1

<i>XAT</i>	<i>XA(K)</i>	-200... 1000 (1300)	16,1...39,0
<i>XKT</i>	<i>XK(L)</i>	-200...600 (800)	28,5...87,8
	<i>XK(E)</i>	-200...700 (900)	26,3...79,8
<i>HNT</i>	<i>HN(N)</i>	-270...1300 (1300)	0,9...36,2
<i>MKT</i>	<i>MK(T)</i>	-200...700 (900)	16,4...61,7
<i>TKT</i>	<i>TK(J)</i>	-200...700 (900)	23,1...62,0

Термоўзгартиргичда ҳосил бўладиган термоЭЮК ни термopара эркин учининг ҳарорати $t_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ бўлганда ишчи учининг ҳарорати t га боғлиқлиги ($E(t,0) = f(t)$) ўзгартиришнинг номинал статик тавсифи (НСТ) дейилади. У жадвал ёки формула шаклида берилади ва маҳаллий ҳамда халқаро белгиланишга эга. Бугунги кунда ГОСТ Р50431-92 га мувофиқ NST ни белгилашда фақат лотин ҳарфлари ишлатилади (қавсга олинган ҳолда берилган).

Ўзгартиргичларни белгиланишидаги биринчи ҳарф мусбат электродни билдиради (масалан, ХКТ да мусбат электрод – хромел, манфийи – копелли). Шартли график белгиланишда мусбат электрод ингичка, манфий электрод йўғон чизик билан кўрсатилади. Электродларнинг диаметри катта бўлмаганда юқори ўлчаш чегараси камайиши мумкин. Термopаралар учун термоЭЮКни ҳароратга боғлиқлиги нозизиқлидир, шунинг учун ҳам уларни ўлчаш диапазонларини чегарасида қўллаш уларнинг ўзгартириш коэффициентини (сезгирлигини) ўзгартиради. 6.1 – жадвалда қўллаш диапазонининг боши ва охири учун сезгирликнинг қиймати қавс ичида берилган.

6.2- жадвал ва 6.2, а - расмда ХА, ХК, ПП турдаги термopараларнинг статик тавсифлари келтирилган. Графикдан кўриниб турибдики, энг кўп термоЭЮК (учаласи бўйича қаралганда) ХК термopарада, энг ками ПП турдаги термopарада ҳосил бўлади. Шунинг учун ҳам юқори бўлмаган ҳароратларда ХКТ туридаги термоўзгартиргичларни қўллаш мақсадга мувофиқ.

6.2. Жадвал

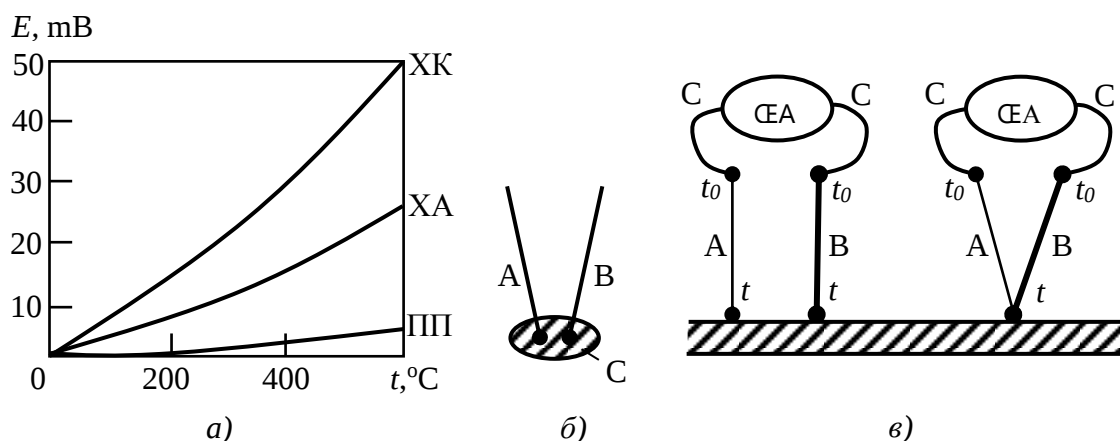
Термоэлектрик ўзгартиргичларнинг номнал статик тавсифлари

$t\text{ }^{\circ}\text{C}$	$TЭЎ, E, мВ$			$t\text{ }^{\circ}\text{C}$	$TЭЎ, E, мВ$		
	$ПП(S)$	$ХА(K)$	$ХК(L)$		$ПП(S)$	$ХА(S)$	$ХК(L)$
-240		-6,344		650	5,751	27,022	53,484
-200		-5,892	-9,488	700	6,274	29,128	57,856
-160		-5,141	-8,207	750	6,805	31,214	62,200
-120		-4,138	-6,575	800	7,345	31,277	66,469
-80		-2,92	-4,431	850	7,892	35,314	
-40		-1,527	-2,500	900	8,448	37,325	
0	0,000	0,000	0,000	950	9,012	39,310	
50	0,299	2,022	3,306	1000	9,585	41,269	
100	0,645	4,095	6,860	1050	10,165	43,202	
150	1,029	6,137	10,621	1100	10,754	45,108	
200	1,440	8,137	14,557	1150	11,348	46,985	
250	1,873	10,151	18,639	1200	11,947	48,828	
300	2,323	12,207	22,839	1250	12,550	50,633	
350	2,786	14,292	27,132	1300	13,155	52,398	
400	3,260	16,395	31,488	1400	14,368		
450	3,743	18,513	35,882	1500	15,576		
500	4,234	20,640	40,292	1600	16,771		
550	4,732	22,772	44,700	1700	17,942		
600	5,237	24,902	49,098				

ХА термопаранинг тавсифи қолганларига қараганда чизиклироқдир. Бу учала термопаралардан энг аниқ ишлайдигани ПП ҳисобланади. Реал даражалаш тавсифининг номиналдан оғиши ТЭЎ нинг синфи билан белгиланади. Аниқлик синфлари 1, 2, 3 рақамлари билан белгиланади (тартиб билан бирга хатолик ҳам ошиб боради), чунки синф ичида хатолик ўлчанаётган ҳароратга боғлиқ бўлиши мумкин (6.3 - жадвал).

Термопараларнинг ўзгартириш (сезгирлик) коэффиценти деб термоЭЮК ни ўзгаришини ушбу ўзгаришни келтириб чиқарган ишчи учнинг ҳароратини ўзгариш қийматига нисбатига айтилади ва $S = \Delta E / \Delta t$ (мВ/град) шаклида ёзилади.

Ўлчанаётган ҳароратнинг сон қийматини олиш учун термоўзгартиргичга термопаранинг термоЭЮК ни ўзгаришини кўрсатувчи, шкаласи градусда даражаланган иккиламчи асбоб улаш зарур. Бундай боғланиш **термоэлектрик термометр** деб аталади. Кейинги тушунтиришларда ушбу атама қўлланилади. $S = f(t)$ боғлиқлик баҳоланаётганда $S = \Delta E / \Delta t$ ифодадаги Δt ҳарорат интервали иложи борица кичик қилиб олинади – назарий жиҳатдан $S = dE/dt$ ҳосилани ишлатиш мумкин.



6.2. Расм. Ўзгартиргичнинг номинал статик тавсифи (а), ишчи учни ҳосил қилиш схемаси (б) ва пластина ҳароратини ўлчаш усуллари (в).

Ушбу ҳолда ҳам “учинчи ўтказгич ҳақида” ги теорема ўринлидир.

6.3. Жадвал

Ҳароратлар учун рухсат тилган оғиш чегаралари

<i>ТЎ гуруҳи</i>	<i>Аниқлик синфи</i>	<i>Ҳароратларни ўлчаш диапазони, °C</i>	<i>Рухсат этилган оғишлар чегараси $\pm \Delta t$, °C</i>
<i>МВДТ</i>	3	-200...-66	0,015 t
		-66...40	1,0
	2	-40...135	1,0
		135...400	0,0075 t
	1	-40...125	0,5
		125...350	0,004 t
<i>ВР(Л)</i>	3	1000...2550	0,007 (t)
	2	1000...2550	0,005 (t)
<i>ПРТ (В)</i>	3	600... 800	4,0
		800... 1800	0.005 t
	2	600... 1800	0,0025 t
<i>ППТ (S,R)</i>	2	0...600	1.5
		600...1600	0,0025(t)
	1	0...1100	1,0
		1100...1600	1,0 + 0,003(t - 1100)
<i>ХАТ (К) ННТ (N)</i>	3	-250...-166,7	0,015 t
		-166,7...40	2,5
	2	-40...333,4	2,5
		333,4...1350	0,0075 t
	1	-40...375	0.5
		375...1350	0,004 t
<i>ХКТ (L)</i>	3	-200...-100	0,015 t
		-100...100	2,5
	2	-40...300	2,5
		300...800	0,7 + 0,005 t

<i>XKT (E)</i>	3	-200...-166,7 -166,7...-40	0,015 t 2,5
	2	-40...333,4 333,4...900	2,5 0,0075 t
	1	-40...375 375...800	1,5 0,004 t
<i>TKT (J)</i>	2	-40...333,4 333,4...900	2,5 0,0075 t
	1	-40...375 375...750	1,5 0,004 t
<i>XATV</i> <i>4...20mA</i>		0...1000	0,5; 1 % (келтирилган)
<i>Метран- 286</i> <i>чиқиш сигнали</i> <i>4...20mA</i>		0...1000	0,75 % аналогли сигнал бўйича 0,5 % рақамли сигнал бўйича (келтирилган)

Юқорида келтирилган теоремадан жуда кўп фаразлар келиб чиқади. Агар пайвандлаш қатламидаги барча нуқталарда фақат ҳарорат бир хил бўладиган бўлса, термопараларнинг ишчи нуқтасини ихтиёрий материаллардан пайвандлаш йўли билан ҳосил қилиш мумкин (6.2, б - расм).

Учинчи ўтказгични улаш ҳақидаги теорема қатор хулосаларга эга (6.2, в-расм). Агар металл бўлакчаси сиртининг барча нуқталаридаги ҳарорат бир хил бўлса, металл бўлакчасининг ҳароратини 1-схема бўйича металга ҳар бир электродни алоҳида бириктириб, ёки 2-схема бўйича металга термопаранинг ишчи учларини бириктириб ўлчаш мумкин.

Термопараларнинг термоЭЮК $E(t, t_0)$ термоўзгартиргичларнинг эркин ва ишчи ҳарорати t_0 га боғлиқ. Шунинг учун иккиламчи асбобларни ҳарорат бирликларида даражалаш учун t_0 га маълум бир қиймат бериш лозим. Масалан, автоматик потенциометрлар учун t_0 нинг ҳисобий қиймати $t_0 = 20$ °С, милливольтметрлар учун $t_0 = 0$ °С. Номинал статик тавсиф $t_0 = 0$ °С дан берилади. Шунинг учун бошланғич қиймат сифатида $t_0 = 0$ °С ни қабул қиламиз. Агар реал қиймат 10 бўлиб, нолдан фарқ қилса нима қилиш керак? $t_0 > 0$ °С деб фараз қилайлик. ТермоЭЮК ни дан бошлаб ҳисоблашнинг умумий формуласи қуйидагича:

$$E(t, t_0) = E(t, 0) - E(t_0, 0) \quad (6.1)$$

яъни $t_0 > 0$ °C да термопаранинг термоЭЮК ни қиймати, ишчи учнинг ҳарорати t ва эркин учнинг ҳарорати 0 °C бўлганда ҳосил бўладиган термоЭЮК нинг қийматига тенг миқдорда камаяди.

Агар t_0 нинг маълум қийматида (масалан, асбоб билан ўлчанаётганда) термопарада ҳосил бўладиган $E(t, t_0)$ термоЭЮК маълум бўлса, унда t нинг қийматини аниқлаш учун номинал статик тавсифдан фойдаланиш тартиби қуйидагича бўлади (6.3, *a*-расм):

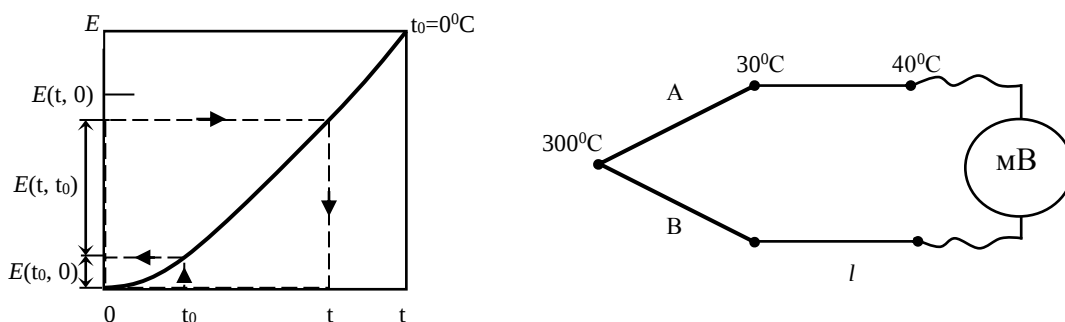
- $E(t_0, 0)$ қиймат топилади (қуйидаги штрихланган чизик);
- $E(t_0, 0)$ га ўлчанган $E(t, t_0)$ қиймат қўшилади;
- йиғиндининг ординатаси $E(t, 0)$ га мос келади ва у бўйича t ни аниқлаш мумкин (юқори штрихланган чизик).

Қандай қилиб эркин ва нол учлардаги ҳароратларнинг фарқи амалий тўғриланади? Агар t_0 қиймат ўзгармас бўлса, унда тўғрилашни иккиламчи асбобнинг силжиши билан амалга ошириш мумкин. Лекин реал шароитларда t_0 – бу атроф муҳит ҳарорати ўзгарувчан бўлган объект ичидаги термопара учларининг ҳарорати. Бундай ҳолларда тўғрилашлар ё алоҳида блок кўринишида тайёрланган ё асбобнинг ўлчаш схемасига киритилган автоматик қурилма орқали амалга оширилади. Ҳарорат t_0 га тенг бўлганда эркин учлардаги ҳароратларни ўлчаш учун автоматик компенсаторлар термосезгир элементлардан ташкил топади. Компенсаторлар термоўзгартиргичнинг эркин учлари яқинига жойлаштирилади.

Энди бирор бир вазиятни кўз олдимизга келтириб кўрамиз: қувурдаги ҳарорат узунлиги 1 метр бўлган термоўзгартиргич (яъни термопара электродларининг узунлиги 1 метр) билан ўлчанаёпти, бу ерда термоўзгартиргич бошининг (термопра электродларининг учларини) ҳарорати 60 °C. Компенсатор ҳарорати 20 °C бўлган иккиламчи асбобнинг ичига ўрнатилган. Ушбу ҳолда иккиламчи асбоб $U = E(20)$ кучланиш ишлаб чиқаради (чунки унинг термосезгир элементи 20 °C ҳароратга эга), тўғрилаш учун эса 60 °C киритиш керак, $U = E(60)$. Нима қилиш керак? Ушбу ҳолда

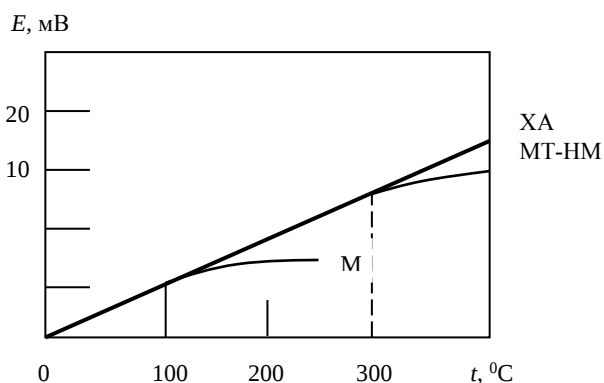
термоўзгартиргични термоэлектродли узайтириш симлари (ТЭ-симлари) деб аталувчи махсус симли компенсаторга улаш лозим. ТЭ-симлар ўз хоссасига кўра бир хил узайиш электродли бўлиши, яъни ҳар бир электрод ўз симлари билан узайтирилиши керак.

Узайтирилган электродлар, яъни ТЭ-сим учларининг ҳарорати – эркин учларнинг t_0 ҳарорати бўлиб, ЭЮК занжиридаги $E(t, t_0)$ билан аниқланади.



6.3. Расм. Эркин учлар ҳароратининг ўзгаришига тўғрилаш киритиш графиги (а) ва термопара занжирининг схемаси (б).

Агар электродларга иккита сим уланган бўлса, унда эркин учларнинг ҳарорати термопара электродларининг ҳароратига тенг бўлади.



6.4. Расм. Термоэлектрик узайтирувчи симларнинг тавсифлари.

Масалан, агар 1 соҳада (6.3, б-расм) битта узайтирувчи сим тортилган бўлса, унда эркин учларнинг ҳарорати 40 °C га, агар иккита бир хил симлар тортилган бўлса эркин учларнинг ҳарорати 30 °C га тенг бўлади.

Узайтириш симларининг бир хиллиги нимани англатади? Масалан,

ХКТ ўзгартиргичида хромелли электрод хромелдан тайёрланган сим билан, копеллейлиси копеллейли сим билан узайтирилсин. Бу ҳолда электродлар ўзлари тайёрланган материал ёрдамида узайтирилиши назарга тутилади. Бошқача ёндошиш ҳам мумкин: узайтирувчи симларнинг даражаланиш тавсифлари бир хил бўлиши керак. 6.4-расмда ХА ва бошқа иккита термопараларнинг ўхшаш тавсифлари келтирилган. Иккита термопаралардан бири мис-константани ва бошқаси (МТ-НМ) «мис + титан» – «никель + мис» электродлардан ташкил топган. Тавсифлардан биринчиси (0...100) °С диапазондаги ХА термопаранинг тавсифи билан мос келади. Симлар жуфтлиги қондасидан келиб чиққан ҳолда «мис + константан» жуфтлик, уланиш жойининг ҳарорати 100 °С дан ошмаганда ХА термопаранинг узайтирувчилари сифатида қўлланилиши мумкин. Бунда мис сим хромелли электродни, константалиси алюменили электродни узайтириш учун ишлатилади. МТ-НМ симлар жуфтлиги ҳам узайтиргич сифатида ишлатилиши мумкин, лекин уларнинг қўлланиладиган ҳарорат диапазони 300 °С гача кенгаяди.

Узайтирувчи симлардан фойдаланишда уларнинг уланиш қондалари (уланиш қутбларига) га қатъий амал қилиш лозим. Масалан, хромелли электродни константани сим билан, алюменили симни мис сим билан узайтириб бўлмайди.

Термопараларнинг даражалаш тавсифлари ва узайтириш ўтказгичларининг бир бири билан тўла мос тушмаслиги натижасида қўшимча хатолик келиб чиқади (6.4-жадвал). Ушбу хатоликни ҳароратни ўлчашдаги умумий хатоликни баҳолашда ҳисобга олишга тўғри келади.

6.4. Жадвал

Узайтирувчи симларнинг тавсифи

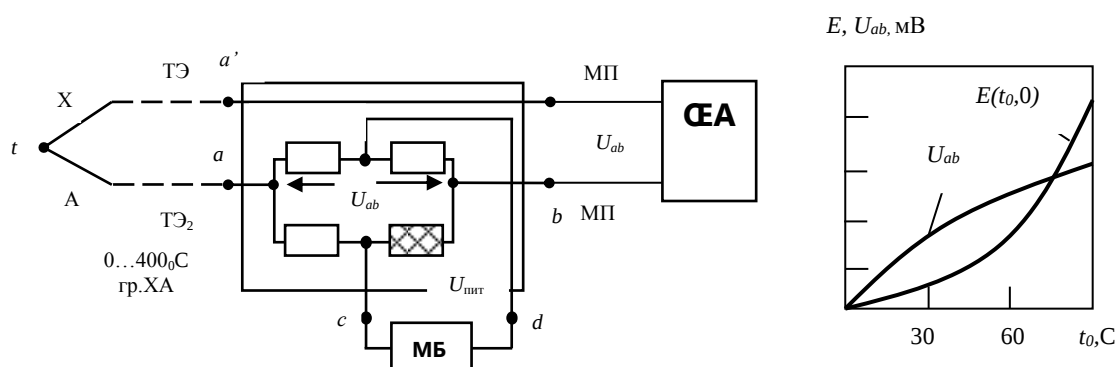
<i>ТЭЎ НСТ</i>	<i>Симлар жуфтлигининг номи</i>	<i>Белгиланиши</i>	<i>Максимал ишчи ҳарорат, °С</i>	<i>Хатолик, °С</i>
<i>ХА(К)</i>	<i>мис-константан</i>	<i>М</i>	<i>100</i>	<i>5,5</i>
<i>ХА(К)</i>	<i>мис-титан/мис- никель</i>	<i>МТ-НМ</i>	<i>300</i>	<i>4,9</i>

ХК(L)	хромель/копель	ХК	100	3,3
ПП(R)	мис/ ТП қотишмаси	П	100	2,4
МК(M)	мис/копель	МК	100	3,3
ВР(A)	мис/мис-никель	М-МН	100	4,2
Эслатма. ПР типдаги термоўзгартиргичлар узайтириш симларисиз ишлатилади.				

Меъёрлаштирувчи ўзгартиргичларнинг бош қисмига ўрнатилган термопаралардан фойдаланганда узайтириш симларини ишлатиш зарур бўлиб, термопара эркин учларининг ҳароратларига тўғрилаш киритиш мумкин ва ушбу ўзгартиргичларнинг чиқишида унификацияланган токли ёки рақамли сигнал ҳосил қилинади. Бундай ўзгартиргичлар қаторига ХАТУ, Метран 281 (интеллектуал) ва ХАТ термопаралар киради. Ушбу термоўзгартиргичларнинг тавсифлари 6.3-жадвалда келтирилган. Эркин учларнинг ҳароратларига бўлган таъсирларни компенсациялаш учун ички $Pt100$ ва ташқи сенсорлар қўлланилади. Ҳароратлар фарқини ҳисоблаш ёки захиралаш мақсадида иккита термопара қўллашга рухсат этилади. Турли термопаралар қўлланилганда ўлчашлар -200 дан 2300 °C гача бўлган ҳарорат диапазонларида $\pm(1...3)$ °C хатолик билан амалга оширилади.

6.2- §. Компенсациялаш қурилмаси

Компенсациялаш қурилмаси ТЭЎ эркин учларини ҳароратини ўзгаришини иккиламчи асбобнинг кўрсатиши ёки меъёрлаштирувчи ўзгартиргичнинг чиқиш сигналига таъсирини автоматик тарзда компенсациялаш учун мўлжалланган. Қурилманинг асосий схемаси ўзгармас



6.5. Расм. Кўприкли компенсаторнинг соддалаштирилган схемаси (а) ва $E(t_0, 0)$ боғлиқликнинг графиги (б).

кучланиш (токнинг тури бўйича) манбаига уланган тўрт елкали мувозанатлашган кўприк ҳисобланади (6.5, а-расм).

Кўприк учта доимий R_1, R_2, R_3 қаршиликлардан ташкил топган. Тўртинчи R_4 резистор мис ёки платина симдан тайёрланган бўлиб, унинг қаршилиги ҳарорат ортиши билан ошиб боради. Ушбу резистор доимо эркин учлар ҳароратига эга бўлиши керак, чунки термоўзгартиргич, масалан ХА термopара компенсаторга $TЭ_1$ ва $TЭ_2$ узайтириш симлари орқали уланади (агар термоўзгартиргич узун бўлса, у компенсациялаш қурилмаси КҚ га бевосита уланади). Кўприк схемаси фақат битта узатиш симига уланад (6.5, а – расмда a ва b тугунлар ораси, иккинчи $a'-b'$ тугунлар улагич орқали уланади). Компенсатор ва ўлчаш асбоби ўратсида бир хил узатиш симларидан фойдаланилади. Кўприк схемасининг таъминот манбаи манба блоки (МБ) ҳисобидан амалга оширилади. 6.5, а – расмда ўлчаш асбобининг куйи ўлчаш чегараси 0°C бўлган ҳол учун компенсаторнинг содда варианты келтирилган.

Компенсациялашнинг моҳияти шундан иборатки, кўприк схеманинг a ва b нуқталари орасида сон жиҳатдан $E(t_0, 0)$ ЭЮК га тенг бўлган U_{ab} кучланиш ишлаб чиқилиши керак бўлиб, $t_0 > 0$ бўлганда: $U_{ab} = E(t_0, 0)$, соддалаштирилган шарт бўйича қараладиган бўлса, кўприк $t_0 - 0^\circ\text{C}$ да мувозанатлашиши керак. Ушбу кучланиш термopара ЭЮК и билан алгебраик қўшилиши керак, чунки ЎА нинг киришига йиғинди кучланиш $U_{куп}$ берилади:

$$U_{\text{ёёё}} = E(t, t_0) + U_{ab} = E(t, t_0) + E(t_0, 0) = E(t, 0).$$

Компенсаторга бўлган талаб аниқ: U_{ab} кучланиш t_0 ўзгарганда ўзгариши керак, чунки ихтиёрий t_0 да $U_{ab} = E(t_0, 0)$ шарт бажарилиши керак.

Кўприкли компенсатордан ташкил топган схемани таҳлил қилишда

термоЭЮК ва U_{ab} компенсаторчи кучланишни кутбланишга текшириш муҳим ҳисобланади. Бунда қуйидаги ифодадан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир:

$$U_{\text{ёёё}} = E(t, t_0) + U_{ab}$$

Қуйидагиларни эда сақлаш лозим:

- тўғри ишловчи компенсаторда ихтиёрий t_0 учун U_{ab} ва $E(t_0, 0)$ тенг бўлади;
- тўғри йиғилган схемада асбобнинг $U_{\text{куп}}$ кириш кучланиши $E(t, 0)$ га тенг бўлиши керак.

Кўприк схема учун манбанинг ички қаршилиги нол ва юкланишнинг қаршилиги чексиз катта бўлганда қуйидаги ифода ўринли:

$$U_{ab} = U_{\text{иди}} \frac{R_1 R_t - R_2 R_3}{(R_1 + R_3)(R_2 + R_1)} \quad (6.2)$$

t_0 нинг қиймати нол бўлганда тўғрилаш киритиш зарур эмас, яъни U_{ab} нол қийматли бўлиши ва кўприк мувозанат ҳолатида бўлиши керак. Ушбу нол қиймат ҳосил бўлиши учун (6.2) ифоданинг сурати нолга тенг бўлиши, яъни кўприкнинг мувозанат шарти бажарилиши керак:

$$R_1 R_t = R_2 R_3$$

R_1, R_2, R_3 лар ўзгармас бўлганда t_0 нинг ортиши билан R_t ошиб боради ва U_{ab} нинг қиймати ўсиб боради.

Тузатиш киритишдаги хатоликни кўриб чиқамиз. Аниқ тузатиш киритиш учун ўлчаш диапазонидаги ихтиёрий t_0 нинг қийматида $U_{ab} = E(t_0, t)$ тенглик аниқ таъминланиши лозим. Лекин ҳақиқатда ушбу шартни бажариш қийин (6.5, б-расм). Расмда $E(t_0, 0) = f(t_0)$ боғлиқликнинг графиги келтирилган бўлиб, бу боғлиқлик моҳиятига кўра термопаранинг t_0 ўлчаш диапазонидаги даражалаш тавсифининг соҳаси ҳисобланади. Шу ернинг ўзида (6.2) ифода билан аниқланувчи $U_{ab} = f(t_0)$ боғлиқлик келтирилган.

Эгри чизик турли шаклга эга бўлиши мумкин, чунки ихтиёрий t_0 учун $U_{ab} = E(t_0, 0)$ тенгликни таъминлаб бўлмайди, демак ҳароратни компенсациялаш хатолиги юзага келади. t_0 ҳароратдаги ушбу хатолик қуйидаги формула бўйича ҳисобланиши мумкин:

$$\Delta = \frac{U_{ab} - E(t_0, 0)}{S},$$

бу ерда S – ишчи учининг ҳарорати t_0 бўлган термопаранинг ўзгартириш коэффициенти.

ТЭЎ нинг эркин учлари ҳароратига тузатиш киритиш учун кучланишни ўлчашда потенциометрдан фойдаланганда унинг схемасида мис резистор бўлмаслиги керак.

Бир нечта турдаги компенсациялаш қурилмалари мавжуд. Ростлагичли комплектда совуқ кавшарланган нукталар қутиси СКҚ, тор профили милливольтметрли комплектда КТ туридаги қурилма, АЭС да қувватни компенсациялаш қурилмаси ҚКҚ ишлатилади. Бирлаштирувчи қутилардан ҳам фойдаланиш мумкин. Қутилар ўзларида ковак металл цилиндрлар – ичига ТЭЎ нинг учлари киритиладиган (узайтирувчи симлар ишлатилмайди) иссиқлик экранларини намоён қилади. Иссиқлик экранлари эркин учлардаги ҳароратни маълум бир қийматгача стабиллайди. Экраннинг ички қисмига эркин учларга яқин қилиб, $(0,1 \dots 0,2)^\circ\text{C}$ хатолик билан эркин учларнинг ҳароратини ўлчаш имконини берувчи платинали қаршилиқ термоўзгартиргичлари ўрнатилади. Ўзгартиргичдан сигнал ишлов бериш учун ҳисоблаш қурилмасига юборилади. Ҳозирги вақтгача КС-545, КС-513М, УК82-01 русумдаги бириктирувчи қутилар қўлланилади.

Турли типдаги ўзгартиргичлар, масалан ХКТ ва ХАТ лар учун фойдаланиладиган компенсаторлар нимаси билан фарқланади? – деган савол туғилади. Бунинг учун ХК ва ХА термопарларнинг турли даражалаш тавсифларини баҳолаш керак. ХК термопаранинг ўзгартириш коэффициенти ХА никига қараганда катта, шунинг учун ҳам эркин учларнинг ҳарорати бир хил t_0 бўлганда ХК ҳолатдаги компенсациялаш кўприги иккинчисига қараганда кўпроқ U_{ab} кучланиш ишлаб чиқиши керак. U_{ab} кучланишнинг ўзгариши (6.2) дан келиб чиққан ҳолда манба кучланишининг ўзгариши ҳисобига ўзгаради.

Кварцли термоўзгартиргичлар ҳароратни частотали сигналга

айлантириш учун ишлатилади. Ўзгартиргининг сезгир элементи кварцли резанатор ҳисобланиб, унинг тебраниш частотаси унинг ҳарорати билан аниқланади. Ўлчанаётган ҳарорат t нинг частота f билан боғлиқлиги қуйидаги кўринишга эга:

$$t = t_0 + k_1(f - f_0) + k_2(f - f_0)^2 + k_3(f - f_0)^3,$$

бу ерда t_0, f_0 – ҳарорат ва частотанинг таянч қийматлари; k_1, k_2, k_3 – ўзгартиргичнинг даражаланишидан аниқланувчи ўзгармаслар.

Ҳароратнинг ишчи дапазонида частота 100 дан 1 кГц гача бўлган чегараларда ўзгаради. Ҳароратни частотага айлантириш ўзгартиргичи 0...150 °С ҳарорат дапазонида $\pm 0,1$ °С хатоликка, 200 °С гача бўлган дапазонда эса $\pm 0,2$ °С хатоликка эга. Ушбу термоўзгартиргичлар билан иссиқлик ҳисоблагичларнинг айрим турлари бир комплект таркибида ишлаши мумкин.

Назорат саволлари

1. Термопара деганда нимани тушунаси?
2. Термоузгаотиргич деб нимага айтилади?
3. Термоузгартиргичларнинг номинал статик тавсифларини нимани акс эттиради?
4. Термоэлектрик қаршилик деб қандай қаршиликларга айтилади?
5. Термоузгартиргичларнинг узайтирувчи симлари ҳақида нималарни биласиз?
6. компенсациялаш қурилмаси нима мақсадда қулланилади?

АНАЛОГОЛИ ИККИЛАМЧИ ЎЛЧОВ АСБОБЛАРИ ВА ЎЗГАРТИРГИЧЛАРИ

Техник ўлчашлар амалиётида иккиламчи асбоблар электрик ва пневматик турларга бўлинади. Электрик турдагилари электр (табiiй ва унификациялашган) сигналларни ўлчаш ва ўзгартириш учун пневматик турдагилари эса пневматик унификациялашган сигналлар ((20...100) кПа) ни ўлчаш ва ўзгартириш учун қўлланилади.

Электрик иккиламчи асбобларнинг асосий гуруҳи қуйидагиларни ўлчаш ва ўзгартиришга мўлжалланган:

- актив қаршилиқ;
- термоЭЮК ва кучланиш;
- масофавий узатишнинг дифференциал-трансформатор тизимидаги ўзгарувчан ток сигналлари;
- 0...5, 0...20, 4...20 мА каби унификациялашган ток сигналлари.

Унификациялашган ток сигналаридан фойдаланиб ахборот узатиш ўзгарувчан ток сигналлари билан узатиш билан солиштириб кўрилганда алоқа линиялари ва ғалаёнларга юқори чидамлилиқ талабларини камлигини кўрсатади, чунки алоқа линияларидаги маълумотларни филтрлаш кийинчилиқлар туғдирмайди. Бундай занжирларда биринчи навбатда гальваник занжирларга ажратиш масаласи қўйилади, чунки бирламчи ўзгартиргич занжирида ерга уланган нуқталарнинг мавжудлиги паразит контурларни юзага келишига сабаб бўлади ва сигнал узатишда юзага келадиган хатолиқларнинг манбаи ҳисобланади. Шундан келиб чиққан ҳолда бирламчи асбобларнинг сигнал узатиш элементларида кўпинча икки қутбли ажратиш занжирлари қўлланилади.

Ўлчаш ва ўзгартириш натижалари аналог ёки рақамли кўринишда акс эттирилиши мумкин. Иккиламчи асбобларнинг ўлчаш ва ўзгартириш чегаралари стандартлаштирилган. Аналогли ўлчаш асбоблари турли

узунликдаги тўғри вертикал ёки горизонтал шкалалар (қоғозга ёзиш тўғри бурчакли координатада амалга оширилади) ёки ёйли шкалаларга (қоғозли дискка ёзиш кутбли координаталарда амалга оширилади), шунингдек уларнинг функционал имкониятлари (қоғоз тасмага қайд қилиш, чегаравий кийматларда сигналлаш, қурилган функционал блоклар ва шу кабилар) ни кенгайтирувчи қўшимча қурилмаларга эга бўлиши мумкин.

7.1. Жадвал

Ҳароратни ўлчашда қўлланиладиган иккиламчи асбобларнинг ўлчаш чегаралари

НСТ	Ўлчаш чегаралари, °C
ХК(L)	-200...100; -50...50; -50...100; -50...150; -50...-200; 0...100; 0...150; 0...200; 0...300; 0...400; 0...600; 0...800; 200...600; 200...800
ХА(K)	-200...100; 0...400; 0...600; 0...850; 0...900; 0...1100; 0...1300; 200...600; 200... 1200; 400...900; 600... 1100; 600... 1300; 700... 1300
ПП(S)	0...1300; 0...1600; 500...1300; 1000...1600
ПР(B)	300...1100; 300...1600; 1000...1600; 1000...1800
ВР(A)	0...1800; 100...1800
50П, 100П	-200...-70; -120...30; -90...50; -70...180; -25...25; -200...50; -120...300; -200...50; 0...100; 0...150; 0...200; 0...300; 0...400; 0...500; 0...600; 200...500; 200...600; 300...700; 500...1000
50М, 100М	-25...25; -50...0; -50...50; -50...100; 0...50; 0...100; 0...150; 0...200; 50...100; 100...200

7.1- §. Термоқаршилиқни ўлчаш ва ўзгартириш воситалари

Термоўзгартиргичларнинг қаршилигини ўлчаш учун қуйидаги учта усул қўлланилади:

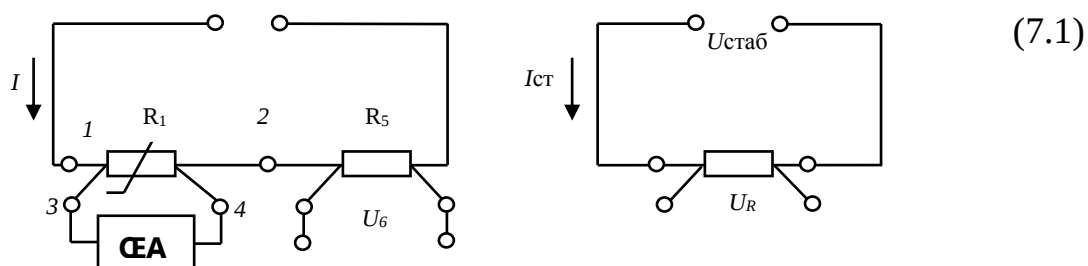
- маълум ишчи (потенциометрик) ток ҳосил қиладиган, термоқаршилиқ (ТҚ) даги кучланиш тушуви бўйича;
- ўлчашнинг кўприкли усули;
- логометрлардан фойдаланиб ўлчаш усули.

7.1.1- §. Қаршилиқни ўлчашнинг потенциометрик усули

Усулнинг моҳиятини маълум қаршилиқка эга бўлган R_0 намунавий резистордан фойдаланиб, ўлчаш схемаси орқали осон тушунтириш мумкин (7.1, а -расм).

ЎА потенциометри ёрдамида термоўзгартиргичдаги U кучланиш тушуви ва R_6 намунавий резистордаги C_6 кучланиш ўлчанади. C_6 нинг қиймати асосида $I=U_6/R_6$ токни аниқлаш мумкин, токни билган ҳолда эса термоўзгартиргичнинг қаршилигини аниқлаш мумкин:

$$R_t = \frac{U_t}{U_d} R_d.$$



7.1. Расм. Ўлчанаётган (а) ва стабиллаштирилган ток (б) даги кучланиш тушуви бўйича қаршилиқни ўлчаш схемаси.

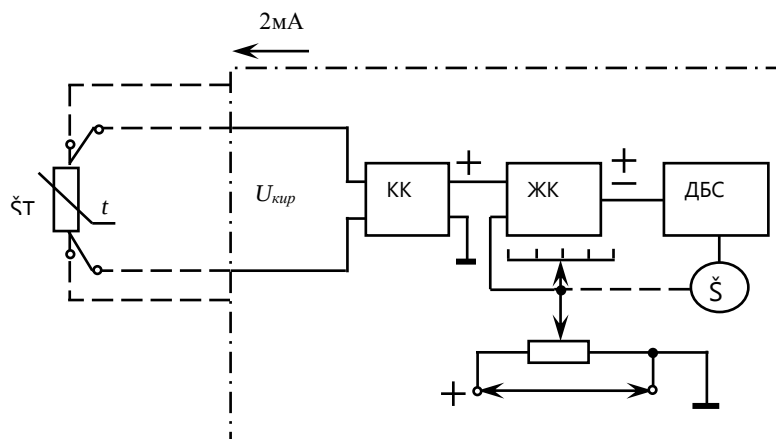
бундай усул ҳароратни аниқ ўлчаш учун қўлланилади. U_t ни ўлчашда потенциометрнинг кўрсатиши ўлчанаётган кучланишни маълум юқори аниқликка эга бўлган асбобнинг ички кучланиши билан компенсацияланиши орқали олинади. Ушбу кучланишлар компенсацияланаётганда 3, 4 бириктирувчи симларда ток бўлмайди. Бу қаршилиқни ўлчаш натижасига ўтказиш симларининг таъсирини бартараф этади. Қаршилиқни ўлчашнинг ушбу усулида битта сезгир элементдан тўртта чиқишга эга бўлган термоўзгартиргичлар қўлланилади. Умуман иккита чиқишли ТҚ ни ишлатиш мумкин, яъни 1 ва 2 нукталар орасидаги кучланиш ўлчанади (7.1, а-расм). Бироқ ушбу ҳолда сезгир элемент ва ўтказиш симлари (1 ва 2 нукталар ва сезгир элемент ўртасидаги) даги қаршилиқлар йиғиндиси ўлчанади. Реал ўзгартиргичларда сезгир элементдан ўзгартиргич бошигача бўлган чиқишлар узунлиги катта бўлиши мумкин, шунинг учун ҳам уларнинг қаршилиги аҳамиятсиз даражада бўлиши мумкин.

Агар ТҚ орқали стабилизатордан қатъий белгиланган қийматда чиқувчи ток ўтказилса, ўлчаш схемасини соддалаштириш мумкин (7.1, б –расм). Равшанки, бу ҳолда (ўлчаш схемасининг кириш қаршилиги катта бўлганда):

$$R_t = \frac{U_R}{I}. \quad (7.2).$$

Бундай схемалар РП-160, “Технограф” каби саноат асбобларида қўлланилади.

РП-160 асбобининг соддалаштирилган схемаси 7.2-расмда келтирилган.



7.2. Расм. КК –меъёрлаштирувчи кириш кучайтиргичи, ЖК -жамлагич кучайтигич, ДБС-двигателни бошқариш схемаси, Қ- двигателни қадамли бошқариш.

Тўрт ўтказгичли схема бўйича ўзгартиргич меъёрлаштирувчи кириш кучайтиргич КК га уланади. Иккита бириктирувчи ўтказгичлар орқали стабилланган ишчи 2 мА ток узатилади, қолган иккитаси орқали ТҚ нинг қаршилигига боғлиқ бўлган сезгир элементдан U_{kup} кучланиш олинади. Бу кучланиш КК кучайтиргичга келиб тушади, доимий токнинг чиқиш кучланиши (0...1) В диапазонда ўзгаради, яъни ҳароратнинг қуйи ўлчаш чегарасида у 0 га, юқори ўлчаш чегарасида 1В га тенг. Бу кучланиш жамловчи кучайтиргич (ЖК) нинг киришига келиб тушади. Бу кучайтиргичнинг бошқа киришига 1В стабилланган кучланишдан озиқланувчи реохорднинг ҳаракатланишидан ҳосил бўлувчи потенциал келиб тушади. $\pm \Delta U$ сигнал фарқи (яъни кучайтиргич киришидаги кучланиш ва реохорднинг ишчи соҳасидаги кучланишлар фарқи) двигателни қадамли (К) бошқариш схемаси (ДБС) га узатилади. ДБС ни сигналлар фарқи ΔU нинг ишорасидан келиб чиқиб, двигател валининг айланиш йўналиши ва унинг тезлиги аниқланади ва двигател ишга туширилади, шунингдек механик алоқа

ёрдамида (расмда штрихлаб кўрсатилган) реохорднинг сурилгичини $\Delta U = 0$ бўладиган ҳолатгача кўзғатилади. Шундан кейин двигател тўхтатилади. Реохорднинг сурилгичига кўрсаткич қаттиқ маҳкамланган бўлиб у хароратнинг қийматини кўрсатиб туради. Компенсацион ўлчаш усулида кучланиш ва кучайтиргичнинг катта кириш қаршилиги, ўтказиш симларининг қаршилиги (ёки уларни ўзгариши) ўлчаш натижаларига таъсир қилмайди, лекин сезгирликка таъсир қилади.

РП-160 типдаги иккиламчи асбоблар қаршилиқ термоўзгартиргичлари, термопаралар, унификациялашган чиқиш сигналли ўзгартиргичлар билан ишловчи кўрсатувчи ва қайд қилувчи автоматик асбоблар сифатида қўлланилади. РП-160 асбобларининг техник тавсифлари 7.2-жадвалда келтирилган.

7.2. Жадвал

Электрик иккиламчи асбобларнинг техник тавсифлари

Асбобнинг тури	Шкала тури	Чегаравий хатолик		Ўлчаш нуқталари сони	Кўрсаткични бутун шкалани босиб ўтиш вақти, с
		кўрсатиш, %	Қайд қилиш, %		
ЎМП 1 ЎМК 1 УЎМ 1	Тўғри горизонтал, узунлиги 100 мм	± 1	± 1	1	2,5; 5; 10
КМП 1 КМК 1 УКМ 1	Ёйли, узунлиги 300 мм	$\pm 0,5$	Қайд қилмайди	1	2,5; 5; 10
ЎМП2 УЎМ2 ЎМК2	Тўғри горизонтал, узунлиги 160 мм	$\pm(0,5; 1,0)$	± 1	1,3,6, 12	10
РП-160	Тўғри горизонтал, узунлиги 160 мм	$\pm 0,5$	± 1	12	2,5; 5; 10; 15
РП-100	Рақамли таблоли	$\pm 0,25$	Анолог кўринишида $\pm 0,5$ В рақамли кўринишида $\pm 0,25$	6	2,5; 5; 10; 15
Диск-250	Ёйли, узунлиги 600 мм	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	1	5; 16
ДЎМ-250	Ёйли, узунлиги 600 мм	$\pm 1,0$	$\pm 2,5$	1	5; 16

<i>A-100</i> <i>A-100H</i> <i>A-543</i>	<i>1,2 ёки 3 тўғри</i> <i>вертикал, узунлиги</i> <i>100 мм</i>	$\pm 0,5$	± 1	<i>1,2 ёки 3</i> <i>мустақил</i> <i>каналли</i>	<i>1; 2,5; 5; 10;</i>
<i>КП 140</i> <i>КМ 140</i>	<i>Ёйли</i>	$+ (0,5; 1,0)$	<i>Қайд</i> <i>қилмайди</i>	<i>1</i>	<i>5</i>
<i>PMT-39</i>	<i>Тўғри горизонтал,</i> <i>узунлиги 400 мм</i>	$+ 1,0$	$+1,0$	<i>6</i>	
<i>PMT-49</i>	<i>Аналог-рақамли</i>	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	<i>1,2</i>	<i>—</i>

7.1.2- §. Қаршиликни ўлчашнинг кўприкли усуллари

Энг кўп тарқалган қаршилик ўлчаш воситаларидан бири кўприклар ҳисобланади. Тўрт елкали кўприкнинг содда схемаси 7.3 – расмда тасвирланган. Схема резисторлар, кучланиш манбаи $U_{ман}$ ва ўлчаш асбоби (ЎА) дан ташкил топган. Кўприк схемаларни таҳлил қилишда умумий қабул қилинган атамалардан фойдаланилади. Манба кучланиши бериладиган параллел занжирдаги a ва b нукталар диагонал манба ҳосил қилади. Ўлчаш асбобига $U_{чик}$ кучланиш берувчи c ва d нукталар ўлчаш диагоналини ҳосил қилади. a , b , c , d нукталар кўприкнинг учлари деб аталади. Иккита кўшни учларни туташтирувчи резисторлар – R_1 , R_2 , R_M , R_X кўприкнинг елкаларини ҳосил қилади, R_X – қаршилиги ўлчаниши керак бўлган резистор. Умумий учга эга бўлмаган елкалар қарама-қарши елкалар дейилади. Ушбу ҳолда R_1 ва R_M , R_2 ва R_X резисторлар қарама-қарши елкаларни ҳосил қилади. Умумий учга эга бўлган елкалар кўшни елкалар дейилади, ушбу резисторлар: R_1 ва R_2 , R_2 ва R_M , R_M ва R_X , R_X ва R_1 . елкалар турли усуллар билан уланган бир нечта резисторлардан ташкил топган бўлиши мумкин, диагонал кўринишда ҳам резисторлар уланиши мумкин. Кўприкнинг елкалари нафақат актив қаршиликлар орқали, балки индуктив, сиғим ёки уларнинг биргаликдаги кўринишидаги қаршиликлардан ҳам ташкил топиши мумкин. Нолни туғрилагич сифатида ўзгарувчан резисторни кўприкнинг бирор бир елкасига, масалан R_1 ва R_2 лар ўртасига улаш типик схема ҳисобланади.

Мувозанатлашувчи кўприклар. Кўприклар мувозанатлашувчи ва мувозанатлашмайдиган турларга бўлинади. $U_{чик}=0$ бўлгандаги кўприкнинг

ҳолати **мувозанат ҳолати** деб, бу ҳолатдаги кўприк эса **мувозанатлашган кўприк** деб аталади. Қаршиликни ўлчашнинг ушбу усули компенсацион ўлчаш усулининг бир кўриниши ҳисобланади. R_X ни ўлчаш давомида кўприкни мувозанат ҳолатига келиши учун маълум қийматдаги ўзгарувчан қаршиликлардан фойдаланилади. Ушбу ўзгарувчан қаршиликлар тўплами 7.3 – расмда қаршиликлар магазини R_M билан белгиланган. $U_{чиқ} = 0$ ва $I_{\dot{a}} = 0$ бўлганда, R_X ва R_M лар орқали битта I_1 ток, R_1, R_2 лар орқали эса I_2 ток оқиб ўтади, унда $R_X I_1 = R_1 I_2$ ва $R_M I_1 = R_2 I_2$ ўринли бўлади. Ушбу тенгликларни бўлиб, $R_X/R_M = R_1/R_2$ ёки қуйидаги тенгликни ҳосил қиламиз:

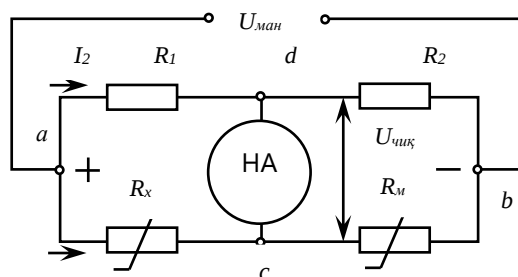
$$R_X R_2 = R_1 R_M \quad (7.3)$$

яъни кўприкнинг мувозанат шарти кўприкнинг қарама-қарши елкаларидаги қаршиликларнинг кўпайтмасини тенглиги ҳисобланади. (7.3) дан қуйидаги келиб чиқади:

$$R_X = R_M R_1 / R_2 \quad (7.4).$$

R_1, R_2 елка нисбат елкаси деб аталади, чунки улар қаршиликлар магазинининг мувозанатлашиш масштабини белгилаб беради. (7.4) тенглама қаршиликни мувозанатлашувчи кўприкорқали ўлчашнинг ижобий томонларини кўрсатиб беради:

- ўлчаш натижасининг манба кучланишидан мустақиллиги;
- R_X нинг R_M га чизиқли боғлиқлиги;
- ўлчаш асбоби фақатгина ўлчаш диагоналидан кучланишини нол қийматдан оғишини жамловчи сезгир нол-асбоб (кейинчалик НА) функциясини бажаради.

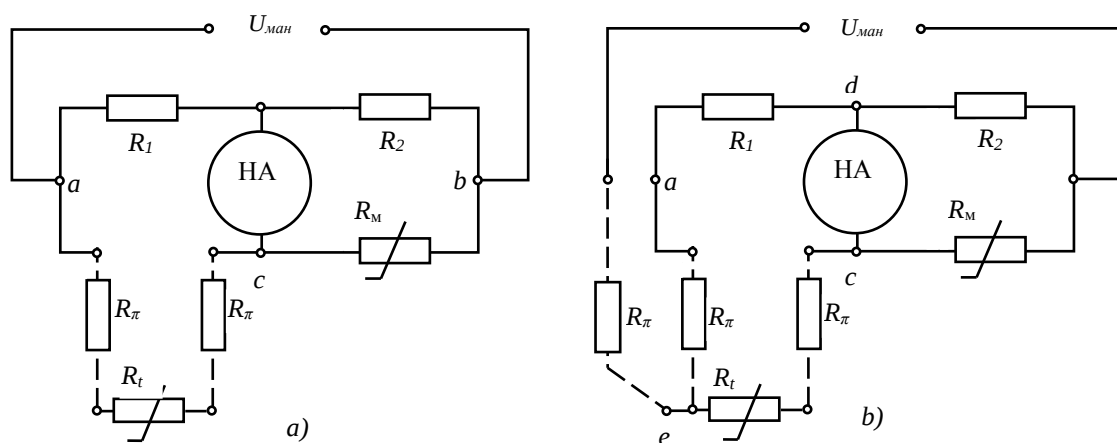


7.3. Расм. Мувозанатлашувчи кўприк схемаси.

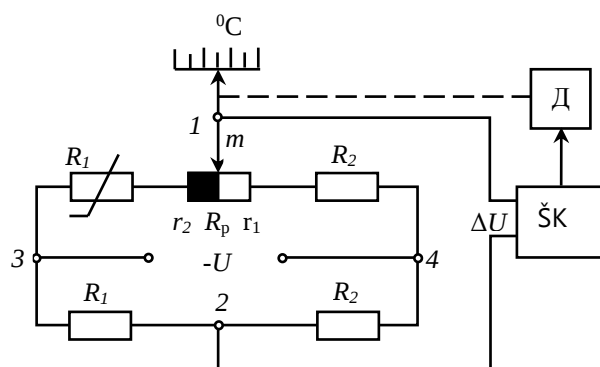
Мувозанатлашиш шарти бузилганда, яъни $R_x R_2 \neq R_1 R_m$ бўлганда кўприк мувозанатлашмайдиган кўприк бўлиб қолади ва $U_{чик}$ кучланиш қарама-қарши елкалардаги қаршиликлар кўпайтмаларининг фарқи ҳамда кўприк манбаси кучланиши ортиши билан ошиб боради.

Шундай қилиб, мувозанатлашувчи кшприк манбасининг кучланиши кўприкнинг сезгирлигига таъсир қилади.

Кўприк елкалари орқали ўтувчи токнинг рухсат этилган қиймати манбанинг юқори кучланиши билан чегараланади. Қаршилиқ термоўзгартиргичи орқали ўтувчи ток 2 ... 4 мА дан ошмаслиги керак.



7.4. Расм. Қаршилиқ термоўзгартиргичини икки (а) ва уч ўтказгичли (б) линиялар билан уланиш схемаси.



7.5. Расм. Соддалаштирилган автоматик мувозанатлашувчи кўприк схема

Кўприк нобаланс ҳолатга келиб қолганда, R_m ни ўзгартирамиз ва кўприк мувозанатлашади, кейин (7.4) ифода бўйича ўлчанаётган қаршилиқнинг

қиймати ҳисобланади. R_x қаршиликни ҳисоблашдаги хатолик нол-асбобнинг сезгирлиги, қаршиликлар магазинининг тайёрланиш хатолиги ва елкаларнинг нисбати билан аниқланади. Лабораториявий мувозанатлашувчи кшприкларнинг ўлчанаётган қаршиликнинг рухсат этилган нисбий хатолиги чегараларини белгиловчи аниқлик синфи 0,005 гача бўлади.

7.3 – расмдаги кўприк схемага резисторни улаб турувчи симларнинг қаршилиги кўрсатилмаган. Агар R_x қаршиликни R_t термоқаршилик деб ҳисоблаб, у ҳар бирининг қаршилиги R_l бўлган симлар билан уланган десак (7.4, *a* – расм), унда (7.3), (7.4) ифодалардаги R_x қийматни $(R_t + 2R_l)$ билан алмаштиришга тўғри келади:

$$(R_t + 2R_e)R_2 = R_1 R_i ; R_t = R_1 R_1 / R_2 - 2R_e \quad (7.5).$$

Кўприкнинг тавсифларини стабиллаш учун қаршилик қўзғалувчан ғалтак ёрдамида маълум бир қийматгача туширилади. Бироқ атроф муҳит ҳароратининг ўзгариши билан нинг қиймати ҳам ўзгаради. R_t ўзгармасдан R_l ўзгарганда кўприк R_t ни ўзгарган деб қабул қилиб, шунга мослашади ва натижада қўшимча хатолик юзага келади. Ушбу хатоликни камайтириш мақсадида ТҚ ни уч симли улаш схемаси қўлланилади (7.4, *b* – расм). Уч симли ҳолатга ўтиш учун манбанинг қисқичларидан бири учинчи сим орқали R_t қисқичини боғлаши лозим. Агар 7.4, *a* ва 7.4, *b* – расмларни солиштирилса, икки симлидан уч симлига ўтиш қуйидагича амалга оширилиши мумкин: 7.4, *a* – расмдаги *a* нуқтадан манбани ажратиш лозим. Ва учинчи сим билан уни *e* нуқтага туташтириш керак. Бунинг учун термоўзгартиргич СЭ дан урта чиқишга эга бўлган ТҚ дан фойдаланиш мумкин.

Манба диагоналинини кўчириш кўприкнинг елкалари, мувозанат шарти ва ўлчаш тенгламаси (7.5) ни ўзгаришига олиб келади:

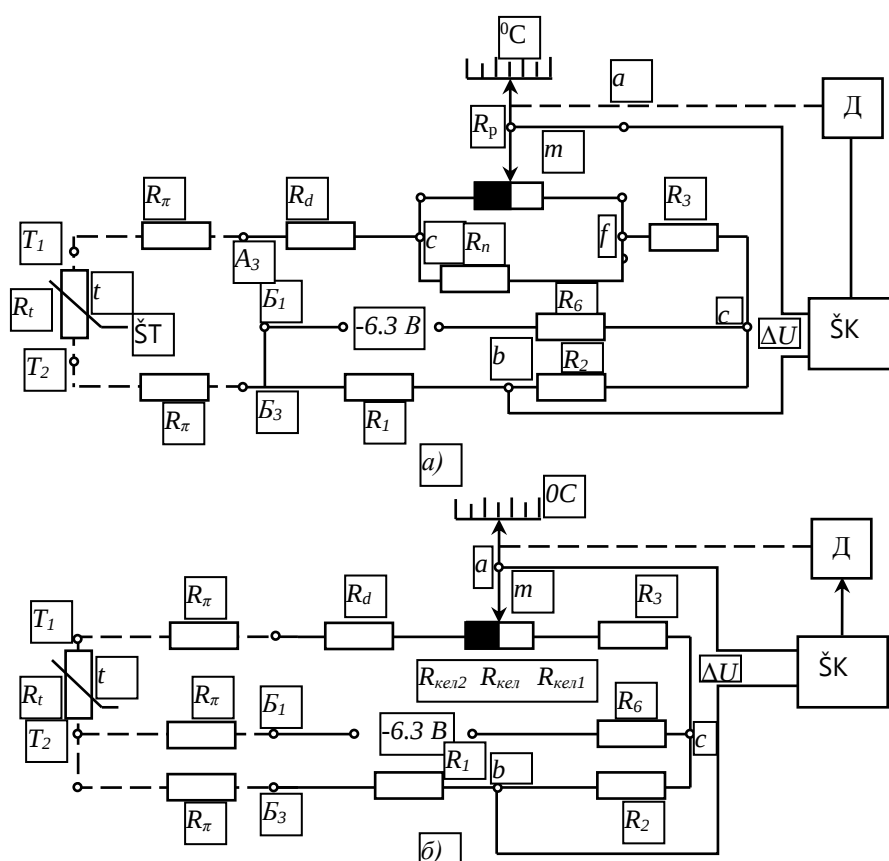
$$(R_t + R_e)R_2 = R_1 (R_1 + R_e); R_t = R_1 R_1 / R_2 + R_1 / R_2 R_e - R_e. \quad (7.6).$$

Бу ифодалар шуни кўрсатадики, ТҚ ни улашнинг уч симли схемасидан фойдаланиш қаршиликларни ўлчашда алоқа симларининг қаршилигини кўприк мувозанатига ва ўлчаш натижаси R_t га таъсирини камайтиради. Хусусий ҳолда $R_M = R_2$ бўлганда алоқа симларининг қаршилигини таъсири

бўлмайди.

Автоматик мувозанатлашувчи кўприкнинг соддалаштирилган схемаси 7.5 - расмда келтирилган. Кўприкнинг автоматик мувозанатлашувчи деб номланишига сабаб, чунки R_t ўзгарганда кўприкнинг мувозанат ҳолатига келтирилиши R_p реохорднинг сурилгичини силжитувчи автоматик реверсив двигател орқали амалга оширилади.

Реохорд – бу маълум узунликдаги изоляцияланган шинага ўрамлари тенг ўлчамда тақсимланган симли резистор. Реохорднинг қаршилиги қатъий фиксацияланган қийматга эга. Реохорд бўйлаб қўзғалувчан контакт – сурилгич ўрнатилган бўлиб, у силжиганда кўприк елкаларидаги қаршилик ўзгаради ва кўприкни мувозанат ҳолатига келтириш амалга оширилади.



7.6. Расм. Икки (а) ва уч ўтказгичли (б) ТҚ уланган автоматик мувозанатлашувчи кўприк схема.

Ўлчанаётган t ҳароратнинг ихтиёрий ўзгаришига қараб сурилгич

кузатувчи мувозанатловчи автоматик тизим мувозанатининг янги ҳолатига мос равишда силжийди. Кузатувчи мувозанатловчи автоматик тизим қаршилик кучайтиргичи ҚҚ, двигател Д ва двигател билан сурилгични боғлаб турувчи кинематик алоқа (шартли тарзда штрихлаб кўрсатилган) дан ташкил топади. Бу схемада кучайтиргич нолни идикатори вазифасини бажаради. Кўприкнинг ўлчаш диагонали 1 – 2 нуқталар орасига, манба диагонали эса 3 – 4 нуқталар орасига тўғри келади. Бу ерда мувозанат шarti куйидаги кўринишга эга:

$$(R_t r_2) R_2 = (R_3 + r_1) R_1 \quad (7.7)$$

Кўприкнинг ишлаш принципи куйидагича. Термоўзгартиргичнинг бошланғич t ҳароратида кўприк балансланган, яъни ўлчаш диагонали (7.3 – расмга қаранг, $U_{чик}$ га ўхшаш) даги кўприкнинг чиқиш кучланиши ΔU нолга тенг деб фараз қиламиз. Фараз қилайлик ўлчанаётган ҳарорат t ортиб кетди, бунда термоўзгартиргичнинг қаршилиги R_t ҳам ошиб кетади. Бу кўприкни балансдан чиқиб кетишига олиб келади:

$$(R_t r_2) R_2 > (R_3 + r_1) R_1, \quad (7.8)$$

яъни кўприк схема мувозанатлашмайдиган бўлиб, унинг чиқишида реохорд сурилгичининг силжиш йўналишини кўрсатувчи фазага эга бўлган ΔU кучланиш ҳосил бўлади. Двигателни ишга туширувчи ҚҚ ёрдамида ΔU кучланиш кучайтирилади. Двигател кинематик алоқа орқали реохорднинг сурилгичини кўприк схема мувозанатлашадиган ҳолатга қараб силжита бошлайди. Янги мувозанат ҳолатида кучайтиргичнинг киришидаги ΔU кучланиш йўқолади ва двигател ишлашдан тўхтади. Реохорднинг янги ҳолати ва унга боғланган кўрсаткич ҳароратнинг янги қийматига мос келади. Кўриниб турибдики, шкала боши ва ҳароратнинг минимал қийматига мос келувчи қаршиликнинг минимал қиймати реохорд сурилгичининг ўнг томони чегараси $r_2 = R_p$ ва $r_1 = 0$ га тўғри келади. Ҳарорат ва қаршиликнинг максимал қийматларига мос келувчи шкаланинг охириги қийматига реохорд сурилгичининг чап томон ҳолати $r_2 = 0$ ва $r_1 = R_p$ тўғри келади.

ТҚ нинг икки ўтказгичли схемаси бўйича уланган (яъни ТҚ

термоўзгартиргичи кўприк билан иккиа сим орқали уланган) автоматик мувозанатлашувчи кўприк (КСМ1, КСМ2 типлари) схемаси 7.6, a – расмда тасвирланган. Ишлаш принципи олдингича қолади, лекин схема бир оз мураккаблашган. Реохорд ўзида қатъий белгиланган қаршиликка эга бўлган (одатда 90 Ом, баъзида 100 Ом) , шкаласининг узунлиги (КСМ1 автоматик кўприк учун 100 мм, КСМ2 кўприк учун 160 мм ва КСМ4 учун 250 мм) берилган узунликка тенг бўлиб чизиқли тақсимланган симли резисторни намоён қилади.

Реохорд двигател D нинг кинематик алоқаси воситасида симли чулғам бўйлаб силжувчи сурилгичга эга. Реохорднинг сурилгичи кўприкнинг a учини ҳосил қилади. Сурилгичга шкала бўйлаб силжувчи кўрсаткич маҳкамланган. Реохордга параллел равишда резистор R_n уланган бўлиб, у кўприкнинг ўлчаш диапазонини белгилайди. Параллел уланган R_p ва R_n қаршиликларни $R_{кел}$ (келтирилган қаршилик) билан белгилаймиз. Резистор R_d ўлчаш диапазонининг бошланишини белгилайди. R_d ва R_n лар билан кетма-кет равишда диапазоннинг бошланиши ва охири (нол ва сезгирликни корректорлари) ни тўғрилашга хизмат қилувчи тўғрилаш резисторлари уланган (схемада улар тасвирланмаган). Резистор R_6 ТҚ ни ишчи токдан қизиб кетишини олдини олиш учун ТҚ орқали ўтувчи токни чегаралашга хизмат қилади. Одатда, ишчи токнинг номинал қиймати сифатида (2 ... 2,5) мА қабул қилинади. Кўприкнинг энергия манбаи трансформаторнинг чулғамларидан олинadиган ўзгарувчан ток орқали амалга оширилади.

Схемани таҳлил қилиш учун кўприкнинг учларини аниқлаш зарур. Иккита уч – бу кучайтиргич билан уланган нуқталар – a ва b . Бошқа иккита учлар орқали кўприкка кучланиш берилади – булар c ва B_3 . 7.6 – расмда A_2 , A_3 , B_1 , B_2 , B_3 – реал асбобнинг ташқи боғланишларидан иборат бўлган тугунларининг белгиланиши (асбобнинг орқа деворида жойлашган), T_1 , T_2 – термоўзгартиргичнинг қисқичлари. Шундай қилиб, қарама – қарши ётувчи елкалар қуйидагилар ҳисобланади:

$$R_{aA_3} = R_{ae} + R_d + R_e \text{ ё } R_{bc} = R_2; R_{ac} = R_{af} + R_3 \text{ ё } R_{A_3b} = R_1,$$

бу ерда R_{af} – реохорд сурилгичининг ўнг томонидаги соҳанинг келтирилган қаршилиги, R_{ae} – реохорд сурилгичининг чап томонидаги соҳанинг келтирилган қаршилиги.

Юқоридагилардан келиб чиққан ҳолда, қуйидаги шарт бажарилганда кўприк мувозанат ҳолатига келади:

$$R_{a\dot{A}_3} R_{bc} = R_{ac} R_{\dot{A}_3 b}$$

ёки

$$(R_{ae} + R_d + R_t + 2R_{\dot{e}})R_2 = (R_{af} + R_3)R_1 \quad (7.9)$$

Сурилгичнинг жорий ҳолати ва ўнг томонлари ўртасидаги қаршилик улушини m ҳарфи билан белгилаб оламиз (7.6, a –расмга қаранг). Шундай қилиб,

$$R_{\dot{e}\dot{a}\dot{e}} = \frac{R_i R_p}{R_i R_{\dot{o}}}$$

Юқоридагилардан келиб чиққан ҳолда келтирилган қаршиликнинг сурилгични ўнг томонидаги қисми $mR_{кел}$ га, чап томонидагиси эса $(1-m)R_{кел}$ га тенг бўлади.

Сурилгич эркин ҳолатда тургандаги елканинг қаршилиги қуйидаги қийматдан ташкил топади:

$$R_{ac} = mR_{\dot{e}\dot{a}\dot{e}} + R_3;$$

$$R_{bc} = R_2;$$

$$R_{a\dot{A}_3} = (1-m)R_{\dot{e}\dot{a}\dot{e}} + R_d + R_t + 2R_{\dot{e}};$$

$$R_{b\dot{A}_3} = R_1$$

Мувозанат тенгламасини қуйидаги кўринишда ёзамиз:

$$[(1-m)R_{\dot{e}\dot{a}\dot{e}} + R_d + R_t + 2R_{\dot{e}}]R_2 = (mR_{\dot{e}\dot{a}\dot{e}} + R_3)R_1. \quad (7.10)$$

Кўприкнинг $m=f(R_1)$ статик тавсифи тенгламасини осонгина олиш мумкин. У умумлашган ҳолда қуйидаги кўринишга эга:

$$m = (R_t + 2R_{\dot{e}})a + b$$

бу ерда a ва b – катталиклар ҳар бир ўлчаш схемаси учун доимий ва R_t га боғлиқ эмас.

Ушбу тавсифдан ҳам мувозанатлашувчи кўприкнинг афзалликлари: кўрсатишнинг кўприк схеманинг кучланиш манбаини ўзгаришига боғлиқ эмаслиги, $m = f(R_t)$ статик тавсифнинг чизиқлилиги кўриниб турибди. Шунингдек камчиликлари ҳам: кўрсатишнинг R_n қаршилиқни ўзгаришига кучли боғлиқлиги.

Боғловчи ўтказгич симларнинг таъсирини камайтириш учун ўтказгичларнинг ҳар бири тўғрилаш ғалтаги ёрдамида асбобнинг шкаласида кўрсатилган тўғрилаш қиймати бўйича тўғриланиш зарур. Одатда бу қаршилиқ 2,5 Ом га тенг бўлади. Бундан кейин ушбу умумий қаршилиқни R_n билан белгилаймиз. Бироқ бундай тўғрилаш ҳам кўприкнинг кўрсатишига боғловчи ўтказгичларнинг таъсирини тўла бартараф эта олмайди. Атроф муҳит ҳарорати 20 °С бўлганда умумий қаршилиқ R_n - 2,5 Ом деб фарз қилайлик, лекин унинг реал ҳарорати 30 °С. Бу линиялар қаршилиғи R_n нинг ортиши кўприкнинг кўрсатишини ошишига олиб келишини билдиради. Линиялар қаршилигининг ўзгаришини таъсирини кўприкнинг кўшни елкаларидаги линиялар қаршилигини улаб камайтириш мумкин. Бунга автоматик кўприкка ТҚ улашнинг уч симли схемасини қўллаш орқали эришилади.

Кўприкка термоўзгартиргични улашнинг уч симли схемаси 7.6, б – расмда келтирилган. Линиялар ва тўғрилаш ғалтагининг умумий қаршилиғи R_n билан, параллел уланган реохорд R_p ва унинг шунти R_n резисторларини умумий қаршилиғи $R_{кел}$ билан белгиланган. Бундан ташқари, тўғрилаш резисторлари, нол ва сезгирлик корректорлари кўрсатилмаган.

Схемадан кўриниб турибдики, B_1 ва B_3 клеммалардан келувчи иккита боғловчи ўтказгичлар термоўзгартиргичнинг битта қисқичига уланган. Чунки B_1 ўтказгич манба диагонаliga кириб, унинг қаршилиғи мувозанат натижасига таъсир қилмайди, шунинг учун $B_1 - T_2$ линиядаги қаршилиқ маълум қийматгача тўғриланмайди. $B_1 - T_2$ ўтказгич орқали манба кучланиши ўтказилиб, T_2 нуқта кўприкнинг учи ҳисобланади, қолган учлар – a , b , c нуқталар. Шундан келиб чиққан ҳолда, иккита ўтказгичнинг қаршилиғи

кўприкнинг қўшни елкасига уланган бўлади. Кўприкнинг елкалари R_{aT2} , R_{T2b} , R_{bc} , R_{ca} . Мувозанат шарти қуйидагича ёзилиши керак: $R_{aT2} R_{bc} = R_{ca} R_{T2b}$. Бу ердан қуйидаги ифода келиб чиқади:

$$[(1+m)R_{\epsilon\delta\epsilon} + R_d + R_\epsilon + R_t]R_2 = (mR_{\epsilon\delta\epsilon} + R_3)(R_1 + R_\epsilon) \quad (7.11).$$

Уч симли схеманинг афзаллигини агар икки симли схема учун ёзилган (7.10) ифода билан солиштириб кўрилса осонгина тушуниш мумкин. Боғловчи симларнинг қаршилиги R_ϵ ўзгариб қолди деб фараз қиламиз. Унда (7.10) ифодадаги тенгликнинг фақатгина чап томони ўзгаради, яъни схеманинг баланси бузилади ва кузатувчи тизим m ни ўзгартира бошлайди. Бунда кўприкнинг кўрсатиши ўзгаради. Уч симли схемада ўзгарганда (7.11) ифоданинг чап ва ўнг томонлари ўзгаради, яъни кўприк қайта балансланади ва кўрсатишнинг ўзгариши икки симли схеманикига қараганда кичик бўлади.

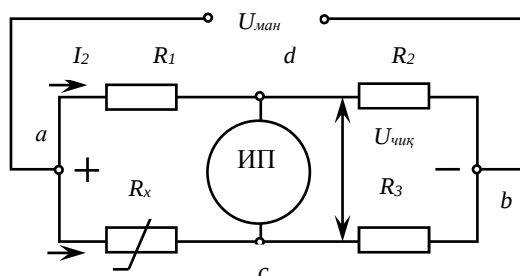
Кўриб чиқилган автоматик кўприк кузатувчи мувозанатлашувчи иккиламчи асбоблар мажмуасига тегишли бўлиб, кўрсатувчи КМ (кўрсатувчи мажмуа) ёки ўзиёзувчи ЎМ (ўзиёзувчи мажмуа) бўлади ва қуйида келтирилган автоматик тарзда иўловчилар сифатида ҳам ишлатилиши мумкин:

- қаршилик термоўзгартиргичли кўприклар (КМК, ЎМК);
- термоэлектрик ўзгартиргичли потенциометрлар (КМП, ЎМП);
- унификациялашган токли чиқиш сигналли ўзгартиргичлар учун миллиамперметрлар (УКМ, УЎМ);
- 0...10 ёки 10...0...10 мГн сигналли дифференциал - трансформаторли тизимлар ўзгартиргичлари учун компараторлар (ДКМ, ДЎМ).

Автоматик кўприклар ва ушбу мажмуага кирувчи бошқа асбобларнинг техник тавсифлари 7.2 – жадвалда келтирилган.

Мувозанатлашмайдиган кўприкларда ўлчаш диагоналидаги кучланиш ўзгармайди ва кўприкнинг елкалари мувозанатлашувчи элементларга эга бўлмайди. Мувозанатлашмайдиган кўприклар ноэлектрик катталикларнинг турли типдаги ўзгартиргичларида кенг қўлланилади. 7.7 – расмдаги кўприк

мувозанатлашмайдиган бўлиб, агар унинг учта елкаси R_1 , R_2 , R_3 ўзгармас резисторлар ёрдамида ҳосил қилинса, тўртинчи елкасига ўлчанаётган R_x қаршилиқ уланади (кўприкли ўлчаш схемалари термометрлар бу R_t).



7.7. Расм. Мувозанатлашмайдиган кўприк схема.

Ўзгармас кучланиш $U_{ман}$ да қаршилиқ R_x ўзгариши билан ўлчаш диагоналидаги кучланиш $U_{чик}$ ўзгаради. $U_{вых} = f(R_x)$ даражалаш тавсифи бўйича R_x нинг қийматини аниқлаш мумкин. Зарур ҳолларда ўлчаш асбоби (масалан, милливольтметр) нинг шкаласи қаршилиқ, ҳарорат ва бошқа катталиклар бўйича даражаланади.

Кўприкнинг чиқиш кучланиши нинг қийматига нафақат елкаларнинг қаршилиги, балки манба диагонали (манбанинг ички қаршилиги ҳам кўшилади) ва ўлчаш диагоналлари (ўлчаш асбобининг кириш қаршилиги ҳам кўшилади) нинг қаршиликлари ҳам таъсир қилади. Схемани таҳлил қилиш давомида манбанинг ички қаршилиг нолга тенг, ўлчаш асбобининг қаршилиги эса жуда катта эмас ва ўлчаш диагоналидаги ток нолга яқин деб олиш мумкин. Ушбу ҳолда $U_{чик} = R_x I_1 - R_1 I_2$, чунки $U_{ман}/(R_x + R_3)$ ва $I_2 = U_{ман}/(R_1 + R_2)$. Чиқиш кучланиш $U_{чик}$ ва ўлчанаётган қаршилиқ R_x ўртасидаги қуйидаги боғлиқликни ҳосил қилишимиз мумкин:

$$U_{чик} = U_{ман} (R_x R_2 - R_1 R_3) / [(R_x + R_3)(R_1 + R_2)] \quad (7.12)$$

(7.12) ифоданинг сурати кўприкнинг қарама-қарши ётувчи елкаларининг кўпайтмалари фарқини, яъни мувозанат шартидан оғишни билдиради. Унинг ошиб кетиши билан $U_{чик}$ ошиб боради.

(7.12) ифодадан мувозанатлашмайдиган кўприкнинг камчиликларини

билиб олиш мумкин:

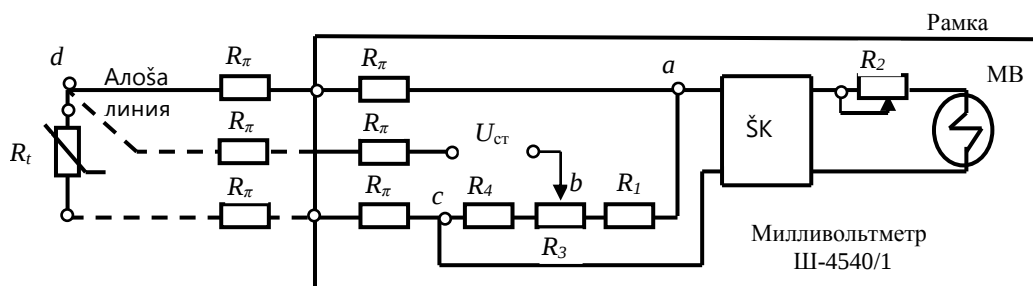
- $U_{чик} = f(R_x)$ статик тавсифнинг нозизиқлилиги;
- зависимость $U_{чик}$ нинг $U_{ман}$ га боғлиқлиги $U_{ман}$ ни стабиллашни талаб этади;
- мувозанатлашмайдиган кўприкнинг хатолиги $U_{чик}$ ни ўлчовчи ўлчаш асбобининг хатолигидан кчик бўлмаслиги керак.

Кўприклар R_x нинг қиймати қуйи ўлчаш чегарасига мос келиши учун $U_{чик}$ ни қиймати нолга тенг бўлишига асосланиб ҳисобланади. Масалан, кўприкнинг ўлчаш диапазони $(-50...50) ^\circ\text{C}$ бўлса, унда R_x нинг $-50 ^\circ\text{C}$ даги қийматида $U_{чик} = 0$ бўлади (масалан, ПТҚ 50П учун $t = -50 ^\circ\text{C}$ бўлганда, $R_t = 39,99 \text{ Ом}$). Нол ҳолатни ўрнатиш учун нол корректори – кўприкнинг ихтиёрий учига уланган резистор ишлатилади (маслан, 7.7 – расмда a нукта). Агар ўлчанаётган қаршилик икки ўтказгичли схема бўйича уланган терморезистор бўлса, унда (7.12) ифода қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$U_{\div\hat{e}\hat{e}} = U_{\grave{\imath}\grave{\imath}\grave{\imath}} \frac{(R_t + 2R_{\hat{e}})R_2 - R_1R_3}{(R_t + 2R_{\hat{e}} + R_3)(R_1 + R_2)} \quad (7.13)$$

Манба ануқтага эмас, бевосита термоўзгартиргичнинг қисқичига уланса (уч симли схема бўйича), чиқиш кучланишининг R_t га боғлиқлиги қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$U_{\div\hat{e}\hat{e}} = U_{\grave{\imath}\grave{\imath}\grave{\imath}} \frac{(R_t + R_{\hat{e}})R_2 - R_3(R_1 + R_{\hat{e}})}{(R_t + R_{\hat{e}} + R_3)(R_1 + R_2 + R_{\hat{e}})} \quad (7.14).$$



7.8. Расм. III-4541/1 ўлчагичнинг схемаси.

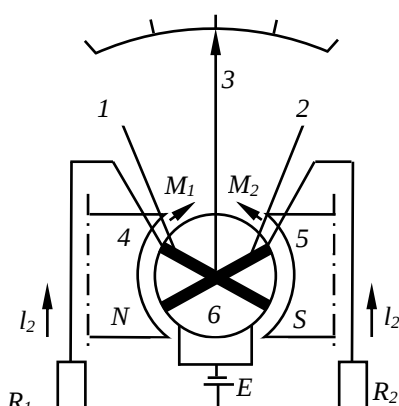
(7.13) ва (7.14) ифодалардан кўриниб турибдики, мувозанатлдашувчи кўприклар учун ҳам улашнинг уч симли схемасидан фойдаланганда кўприкнинг елкаларини ўзгариши алоқа чизикларининг қаршилигини $U_{чик}$ га таъсирини камайишига олиб келади.

Термоўзгартиргичлар қаршиигини ўлчаш учун ишлатиладиган мувозанатлашмайдиган III-4540/1 саноат кўпригининг схемаси 7.8 – расмда тасвирланган.

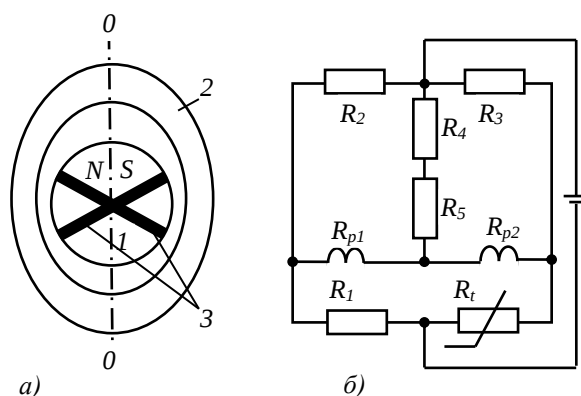
Схема ўзида мувозанатлашмайдиган кўприкни намоён қилиб, кўприкнинг елкалари $d - a$; $a - b$; $b - c$; $c - d$ нуқталар орасидаги резисторлар ҳисобланади. Термоўзгартиргич R_t уч симли схема бўйича уланган, R_n – алоқа линияларининг қаршилигини тўғрилаш учун қўлланилган. Қаршиликларни тўғрилаш (7.14) тенгламада манба диагонали линияларининг қаршилиги бўлмаса ҳам барча учта линия бўйича амалга оширилади. Бу манба диагоналининг реал линия қаршилиги нолга тенг эмаслиги билан боғлиқ. Таъминот стабиллаштирилган таъминот манбаи, резистор R_3 – нол корректори, резистор R_3 – сезгирлик корректоридан амалга оширилади. Баланс бузилишининг кучланиши киришига шкаласи градус Целсийда даражаланган милливольтметр МВ уланган кучайтиргич ҚҚ га келиб тушади.

7.1.3- §. Логометрлар

Магнитоэлектрик логометр ҳароратни ўлчаш учун ишлатиладиган техник қаршилик термоўзгартиргичлари комплектида қўлланиладиган ўлчаш воситаларидан бири ҳисобланади. Логометрнинг ишлаш принципи иккита электр занжирларидаги тоқлар нисбатини ўлчашга асосланади.



7.9. Расм. ТҚ ни логометрга улашнинг уч ўтказгичли схемаси:



7.10. Расм. Логометрнинг схемаси: *а* – магнитли тизим; *б* – ўлчаш схемаси.

Ушбу икки электр занжирларидан бирига қаршилик термоўзгартиргичи, иккинчисига эса ўзгармас қаршиликли резистор уланган бўлади. 7.9 – расмда магнитоэлектрик логометрнинг схемаси келтирилган бўлиб, у иккита: компенсацияловчи 1 ва ишчи 2 рамкалардан ташкил топган. Рамкалар бир – бирига кўрсаткич 3 орқали қаттиқ маҳкамланган ва доимий магнит қутблари 4 ва 5 ҳамда қўзғалмас ўзак 6 ўртасидаги ҳаволи бўшлиққа ўрнатилган (бу шартли равишда тасвирланган схема бўлиб, логометрнинг ишлаш принципини тушуниш учун қулай).

Магнитли тизимнинг реал схемаси 7.10 –расмда келтирилган. Магнит қутблари ва ўзак ўртасидаги бўшлиқ тенг ўлчамли эмас, шунинг учун ҳам бўшлиқнинг турли нуқталари (рамка ва кўрсаткичнинг турли бурлиш бурчаклари) да магнит индукциясининг қиймати турли хил бўлади.

Ҳаво бўшлиғи магнит қутбларининг марказидан четига томон катталашиб боради ва мос равишда марказдан четга томон бўшлиқдаги магнит индукцияси камайиб боради.

Мухими, бўшлиқдаги магнит майдони бир жинсли эмас. У марказдан четга томон ортиб ёки камайиб кетади. Кўрилатган ҳолда иккинчи вариант қабул қилинган.

Логометрнинг иккала рамкаси ҳам битта E доимий ток манбаидан энергия билан таъминланади ва уларнинг айлантирувчи моментлари ўзаро бир-бири қарама-қарши йўналишда ўрнатилган. Айлантирувчи M_1 ва M_2 моментларнинг қийматларини қуйидаги ифодадан аниқлаш мумкин:

компенсацияловчи рамканинг momenti

$$M_1 = k_1 B_1 I_1;$$

ишчи рамканинг momenti

$$M_2 = k_2 B_2 I_2,$$

бу ерда B_1, B_2 – 1 ва 2 рамкалар ўрнатилган жойдаги индукциялар; k_1, k_2 – рамканинг ўлчами ва ўрамлар сонига боғлиқ бўлган коэффициентлар.

Логометрдаги рамканинг ўлчамлари бир хил, шунинг учун $k_1 = k_2 = k$.

Ҳаракатланувчи тизим $M_1 = M_2, B_1 I_1 = B_2 I_2$ ёки $\frac{I_1}{I_2} = \frac{B_2}{B_1}$ бўлганда мувозанатлашади.

Логометрнинг аниқ конструкцияси учун магнит индукцияларининг нисбати B_2/B_1 рамкаларнинг ҳолатига боғлиқ, яъни уларнинг бурилиш бурчаги φ билан аниқланади:

$$\frac{B_2}{B_1} = f(\varphi).$$

Токларнинг нисбати I_2/I_1 икки тармоқ занжиридаги резисторларнинг қаршилигига боғлиқ.

Электр занжирининг иккала тармоғи ҳам битта таъминот манбаи E дан озиқланади. Тармоқлардан бирининг қаршилиги компенсацияловчи рамканинг қаршилиги R_{p1} ва қўшимча резистор R_1 нинг қаршиликларида ташкил топади. Ушбу тармоқдаги ток қуйидагича:

$$I_1 = \frac{E - R_n(I_1 + I_2)}{R_{p1} + R_1 + R_n}.$$

Бошқа тормоқнинг қаршилиги иккинчи рамканинг қаршилиги R_{p2} , қўшимча резисторнинг қаршилиги R_2 ва термоўзгартиргичнинг қаршилиги R_r ларни ўзида мужассамлаштиради. Қаршиликларни инобатга олган ҳолда иккинчи тармоқнинг симларидан ўтувчи ток қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$I_2 = \frac{E - R_r(I_1 + I_2)}{R_{p2} + R_2 + R_t + R_r}.$$

Агар R_{p1} , R_{p2} , R_1 , R_2 ва R_r қаршиликлар ўзгармас бўлса, унда тоқларнинг нисбати қуйидагича аниқланади:

$$\frac{I_1}{I_2} = \varphi(R_t)$$

ёки

$$\varphi = F(R_t).$$

Шундай қилиб, ҳаракатчан тизимнинг бурилиш бурчаги M_1 ва M_2 моментлар тенг бўлганда (тизимнинг мувозанат ҳолатида) термоўзгартиргичнинг қаршилигига боғлиқ бўлиб, манба кучланишига боғлиқ эмас.

Логометрнинг ҳаракатчан тизими мувозанатлашди, кейин эса ўлчанаётган ҳарорат ошди деб фараз қиламиз. Ҳароратнинг ўзгариши термоўзгартиргичнинг қаршилигини ошишига, бу эса ўз навбатида I_2 токни камайишига ва тоқлар нисбати I_1/I_2 нинг ошишига олиб келади. I_2 ток камайганда M_2 момент камаяди ва $M_1 > M_2$ бўлганлиги учун рамка соат мили бўйлаб айланишни бошлайди. Ушбу ҳолда компенсацияловчи рамка (M_1 моментли) кучсизроқ магнит майдонига кириб, M_1 момент камая бошлайди. Ишчи рамка айланганда кучлироқ магнит майдонига киради ва бунда M_2 оша бошлайди. $M_1 = M_2$ тенгликка эришилганда ҳаракатчан тизим тўхтади ва қуйидаги тенглик ўрнатилади:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{B_2}{B_1}.$$

Келтирилган формулалардан тоқларнинг нисбати I_1/I_2 ўзгармаганда манба кучланиши E нинг ўзгариши логометр кўрсатишига таъсир қилмайди

деган хулоса келиб чиқади. Реал шароитларда I_1 ва I_2 тоқларнинг қийматларига рамакаларнинг R_{p1} ва R_{p2} қаршиликлари, логметр қисқичи ва R_t термоўзгартиргич ўртасидаги боғловчи симларнинг қаршиликлари таъсир қилади. Қаршилиқнинг ўзгаришига боғловчи симларнинг қаршилигини таъсирини камайтириш учун термоўзгартиргичларни улашнинг уч симли схемаси ишлатилади (7.9 – расмга қаранг). Тенгламаларда тоқ ташувчилар қаршилиги ва қайтувчи пружинанинг моменти эътиборга олинмаган. Пружина кучланиш узилганда кўрсаткични шкаланинг бошига қайтариш учун ўрнатилади. Ушбу факторларнинг ҳаммаси эътиборга олинса, манба кучланишининг ўзгариши логометрнинг кўрсатишига бир неча марта таъсир қилади. Шунинг учун ҳам манба кучланишининг ўзгаришига одатда $\pm 20\%$ чегарасида рухсат берилади. Қаршилиқларнинг ўзгаришига рамакаларнинг таъсирини камайтириш учун 7.10, б – расмда тасвирланган симметрик кўприк схемадан фойдаланилади. Асбобнинг кўрсатишига ҳароратнинг таъсирини камайтириш схемага мис резисторни киритиш орқали амалга оширилади. 7.10, а – расмда бугунги кунда қўлланилаётган ичи рамакали магнитга эга бўлган магнитли тизим тасвирланган. Магнитли нейтрал 0 – 0 чизик бўйлаб ўтказилади.

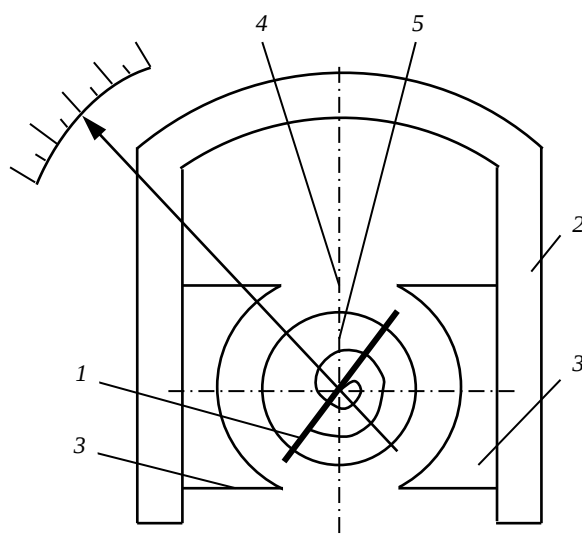
Одатда логметрларнинг синфи 1,5 га тенг бўлади.

7.2- §. Термо ЭЮК ни ўлчаш ва ўзгартириш воситалари

7.2.1- §. Пирометрик милливольтметрлар

Термо ЭЮК ни ўлчашнинг содда воситаси милливольтметр ҳисобланади. Милливольтметрлар – магнитоэлектрик тизимли асбоб (7.14- расм). Уларнинг ишлаш принципи асбобнинг ҳаракатланувчи рамакаси 1 орқали ўтувчи тоқ I нинг доимий магнит 2 нинг майдони билан ўзаро таъсирлашишига асосланади. Атрофида рамака 1 айланадиган кўзғалмас ўзак 4 ли магнит қутблари 3 концентрик кўринишда тайёрланади. Магнит қутблари 3 билан ўзак 4 орасидаги бўшлиқ ўзгармас бўлганда, бўшлиқдаги индукция B доимий ва рамакага таъсир қилувчи айлантирувчи момент

$M_{a\ddot{e}e} = 2nlrBI$ тенглама билан аниқланади, бу ерда n – рамкадаги ўрамлар сони; l, r – рамканинг актив узунлиги ва радиуси. $M_{a\ddot{u}l}$ ни ўлчаш ва рамка 1 билан боғланган кўрсаткичнинг унинг қийматига пропорционал бурилишини ҳосил қилиш учун пружина 5 ишлатилади. Пружинанинг бир учи қўзғалмас ўзак 4 билан, бошқаси эса рамка 1 билан туташтирилган. Пружинанинг φ бурчакка бурилиши φ га пропорционал бўлган M_{mec} тескари момент ҳосил қилади. Рамканинг мувозанат ҳолатида $M_{a\ddot{u}l} = M_{mec}$, $2nlrBI = c\varphi$ бўлиб, бундан $\varphi = 2nlrBI/c$ ни аниқлаш мумкин. Милливольтметрнинг ички қаршилиги ўзгармас бўлганда унинг қисқичларидаги кучланиш ва рамка орқали ўтувчи ток ўртасида бир қийматли боғлиқлик мавжуд бўлиб, бу асбобни кучланиш бирликларида даражалаш имконини беради. *Агар милливольтметрлар термоЭЮК ни ўлчашга мўлжалланган бўлса, улар °C да даражаланади ва **пирометрик милливольтметр** деб аталади.* Термопара орқали ишлаб чиқилган ЭЮК, даги ҳарорат кўрсатиши билан милливольтметр орқали ўтувчи ток ўртасида бир қийматли мосликни ўрнатиш учун асбобнинг шкаласида термопаранинг даражаланиши ва милливольтметр қисқичларидаги ташқи қаршиликнинг қийматлари кўрсатилади.

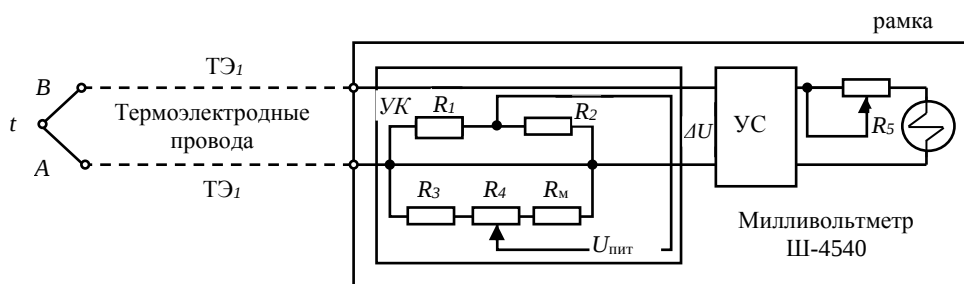


7.11. Расм. Милливольтметрнинг схемаси:

1 – рамка; 2- доимий магнит; 3 –

7.11-расмда Ш-4540 милливольтметрнинг схемаси келтирилган. 7.12 – расмда тасвирланган милливольтметрнинг схемаси R_1, R_2, R_3, R_4, R_M дан тузилган кўприкка эга. Кўприкнинг елкаларидан бири 0 °C да 10 Ом га тенг. Қолган резисторлар кўприк қуйи ўлчаш чегараларидаги термопра

кучланишини компенсациялай оладиган маълум U_{ab} кучланиш ишлаб чиқа оладиган қилиб танланади.



7.12. Расм. Ш-4540 пирометрик милливольметрнинг схемаси.

Масалан, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ қуйи чегарада кўприк барча ТЭЎ НСТ учун $t_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ да балансланиши керак, $(200\ldots 600)\text{ }^{\circ}\text{C}$ диапазон учун $t_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ да ХК НСТ $U_{ab} = 14,52\text{ мВ}$ га тенг. Термопара узайтирувчи термоэлектродли симлар билан милливольтметрга уланади, эркин учи эса асбобнинг ичига туширилади. Ушбу схемада кучайтиргичнинг киришига сигналлар фарқи келиб тушади:

$$\Delta U = E(t, t_0) - U_{ab0},$$

бу ерда $U_{ab0} - t_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ даги U_{ab} кучланиш. Қуйи нол ўлчаш чегараси ва $t_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ да $U_{ab0} = 0$, нолинчи (масалан, $200\text{ }^{\circ}\text{C}$) ва $t_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ да эса $U_{ab0} = E(200, 0)$ га тенг. Кучайтиргичнинг киришига ушбу ҳол учун кўрсаткичи $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ га мос келувчи бошланғич ҳолатда турган магнитоэлектрик милливольтметр МВ уланган. Агар t_0 ҳарорат $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ гача ошиб кетса, унда $E(t, t_0)$ ва U_{ab} ларнинг қийматлари камаяди:

$$\Delta U = E(200, 0) - E(50, 0) - (U_{ab0} - \Delta U_{ab}).$$

Агар $\Delta U_{ab} = E(50, 0)$ бўлса, унда ΔU ўзгармайди.

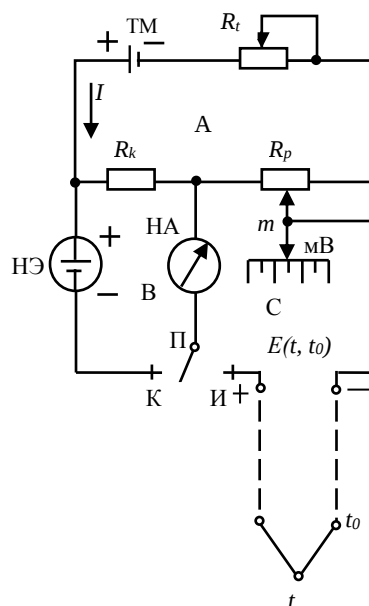
7.2.2- §. Потенциометрлар

Потенциометрлар лаборатория ва саноат шароитларида термоЭЮК ни ўлчаш учун кенг қўлланилади. Лабораториявий потенциометрлар $0,05$ дан

0,005 гача аниқлик синфига эга бўлиб, намунавий ўлчаш воситалари сифатида милливольтметрлар ва автоматик потенциометрларни текшириш ва илмий тадқиқотларни амалга оширишда қўлланилади. Потенциометрларда юқори аниқликка эга бўлган сигнал компенсаторлари ва сезгирлик индикаторлари билан ишлашда ўлчаш хатолигини кичиклигини таъминловчи компенсацион усул амалга оширилади.

Лабораториявий потенциометрлар. 7.13- расмда ўзгармас ток кучили лабораториявий потенциометрнинг соддалаштирилган схемаси тасвирланган. Ушбу схемани кўриб чиқиш, автоматик потенциометрлар учук ҳам характерли бўлган термоЭЮК ни ўлчашнинг компенсацион усулининг асосий моҳиятини тушуниш имконини беради. Кўриб чиқиладиган асбобнинг схема учта контурдан иборат: A – ишчи ток I ; B – нормал элемент НЭ; C – ўлчанаётган сигнал $E(t, t_0)$.

Ишчи ток контурига таъминот манбаи, токни созлаш реостати R_1 , назорат қаршилиги R_k ва реохорд R_p киради. Нол-асбоб вазифасини бажарувчи юқори сезгирликка эга бўлган гальванометр НА нормал элемент занжиридаги K қайта улагичнинг K ҳолатига, I ҳолатига эса ўлчанаётган сигнал занжирига уланади.



7.13. Расм. Ўзгармас ишчи токли лабораториявий потенциометр схемаси

Кучланишни ўлчашнинг юқори аниқлигини белгиловчи асосий факторлардан бири ишчи токни маълум қиймат бўйича доимийлигини таъминлаш ҳисобланади. Ишчи токнинг қийматини назорат қилиш учун электркимёвий нормал элемент ишлатилади, унинг таъминот манбаи 1,086 В дан иборат юқори стабил ЭЮК ҳисобланади. Нормал элементлар ҳатто қисқа вақтда бўлса ҳам 1 мкА дан катта бўган ток билан юкланиши мумкин эмас. Ишчи токни ўрнатиш учун нормал элемент занжири билан туташувчи назорат амали бажарилади. Агар $E_{нэ} = IR_k$ бўлса, нол-асбоб орқали ўтувчи ток йўқолади ($I_{на} = 0$). Ушбу шарт бажарилганда ишчи ток $I = E_{нэ}/R_k$ дан ташкил топади. Агар ишчи ток назорати амалга оширилганда, нол-асбоб ток мавжудлиги ($I_{на} \neq 0$) ни кўрсатса, унда қурилма талаб қиладиган $I_{на} = 0$ даги ишчи токнинг қиймати R_I қаршиликнинг қийматини ўзгартириш орқали амалга оширилади.

Ишчи ток ўрнатилгандан сўнг нол-асбоб қайта улагичнинг «П» ҳолатини «И» ҳолатга кўчириш орқали ўлчанаётган сигнал занжирига уланади. Реохорд кучланиш бўлувчиси вазифасини бажаради. Агар реохорднинг сурилгичи чап чегарага сурилса, унда $m = 0$ ва реохорддан олинадиган сигнал $mR_p I = 0$ бўлади, агар ўнг чегарага сурилса, $m = 1$ ва реохорд орқали олинадиган сигнал $R_p I$ бўлади. Реохорднинг сурилгичига кўрсаткич маҳкамланган бўлиб, маълум I токда потенциометр шкаласини мВ да даражалаш имконини беради. Агар $E(t, t_0) = mR_p I$ бўлса, кучланишни ўлчашдаги нол-асбоб орқали ўтувчи ток йўқолади ($I_{на} = 0$). Акс ҳолда, агар $I_{на} \neq 0$ бўлса, унда реохорднинг сурилгичи $I_{на} = 0$ ва $E(t, t_0) = mR_p I$ тенгликлар бажариладиган ҳолатга сурилади. *Охирги тенглама компенсациялаш тенгламаси деб аталади.*

Компенсациялаш вақтида ўлчанаётган сигнал занжирида ток бўлмайдиган ва бундан қуйидагилар келиб чиқади:

- потенциометрнинг кўрсатишига R_m ташқи қаршилик (ўлчанаётган сигнал манбаининг ички қаршилиги ва алоқа линияларининг

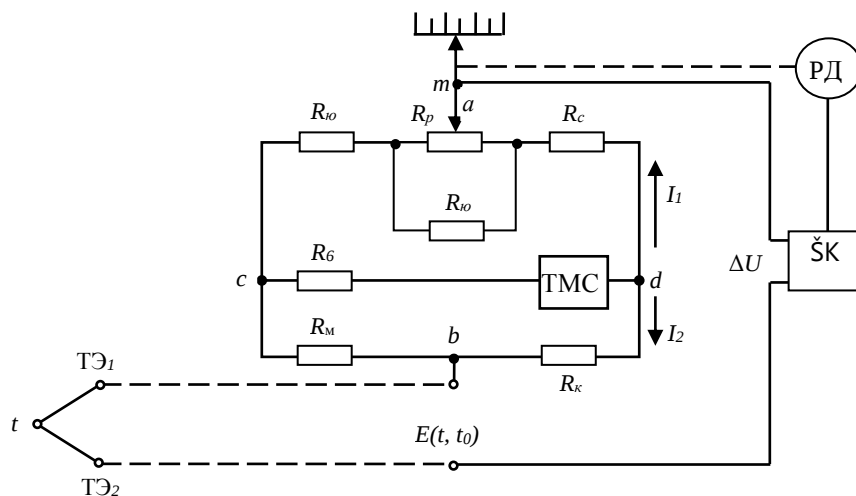
қаршилиги) нинг таъсири йўқ;

- сигналларни компенсациялаш momentiда потенциометрнинг кириш қаршилиги чексиз катта.

Потенциометрнинг сезгирлиги нол-асбобнинг сезгирлиги ва C занжирда кучланиш нобаланс бўлганда ундан ўтувчи токнинг миқдорига боғлиқ. Нобаланс токи қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$I_{ia} = [E(t, t_0) - mR_p I] / (R_{ia} + mR_p + R_o) \quad (7.15).$$

(7.15) ифодага қараб, алоқа линияларининг қаршилиги ва сигнал манбасининг ташқи қаршилиги (ташқи занжирдаги R_m қаршилик) ортиши билан потенциометрнинг сезгирлиги камаяди, хатолик эса ортади дейиш мумкин. Шундан келиб чиққан ҳолда одатда техник ҳужжатларда потенциометр занжиридаги ташқи қаршиликнинг рухсат этилган қиймати кўрсатилади.



7.14.Расм. Автоматик потенциометр схемаси

ЎМП типигади автоматик потенциометрлар компенсацион усул билан ўзгартиргичлар орқали термоЭЮК ни автоматик ўлчашга мўлжалланган. Ўлчанаётган термоЭЮК ўлчаш схемасининг (7.14 – расм) a ва b нуқталари ўртасидаги кучланиш билан компенсацияланади (мувозанатлашади): $E(t, t_0) = U_{ab}$. Потенциометрнинг ўлчаш схемасини асосий элементи реохорд R_p – потенциометр шкаласининг узунлигига тенг бўлган узунликда (масалан,

ЎМП1 учун 100 мм, ЎМП2 учун 160 мм) тенг тақсимланган қатъий белгиланган қаршиликли (одатда 90 Ом) сим резистор ҳисобланади. Реохорд бўйлаб реверсив двигател РД орқали ҳаракатланувчи, қаттиқ маҳкамланган кўрсаткичли сурилгич кўзғалмас шкала бўйлаб силжийди. Реохорд орқали стабиллаштирилган таъминот манбаи СТМ дан доимий ток ўтказилади. a нуқта сурилгичнинг реохордни симли чулғами билан контакт нуқтаси ҳисобланади. Реохорд орқали ток ўтганлиги сабабли a нуқтадаги потенциал сурилгичнинг ҳолатига, яъни шкаладаги кўрсаткичнинг ҳолатига боғлиқ бўлади. Масалан, сурилгич ўнгдан чапга сурилганда a нуқтадаги потенциал камаяди (ҳаракат I_1 токнинг йўналиши бўйича амалга оширилади).

Бошланишда, b нуқтадаги потенциал ўзгармайди деб фараз қиламиз. ТЭЎ термоЭЮК $E(t, t_0)$ ва кучланиш U_{ab} ҳисобланиши учун қўшилади. Уларнинг фарқи кучайтиргич ҚК нинг кириш кучланиши ҳисобланади:

$$\Delta U = E(t, t_0) - U_{ab}.$$

Кучайтиргичнинг чиқишига уланган реверсив (ΔU нинг ишорасидан келиб чиққан ҳолда турли томонга айлана оладиган) двигатель сурилгични $\Delta U = 0$ ҳолатгача ҳаракатлантиради ва ҳолатга эришилгач ишдан тўхтайди (ΔU йўқолгач двигателнинг бошқарув чулғамидаги кучланиш ҳам йўқолади).

Ўлчанаётган t ҳароратнинг янги ўзгариши $E(t, t_0)$ ни ўзгаришига ва ΔU ҳосил бўлишига олиб келади. Бу яна реверсив двигател РД ни ишга туширади ва у сурилгични $\Delta U = 0$ бўладиган ҳолатгача силжитади. Потенциометрнинг шкаласи вольтларда ёки градусда даражаланган бўлиши мумкин. Градусда даражаланган шкалада ТЭЎ номинал статик тавсифининг белгиланиши кўрсатилади, масалан ХК(L) НСТ (0...600) °С.

Ўлчанаётган ҳарорат ўзгармасдан қолиб, эркин учлардаги ҳарорат ошди деб ҳисоблаймиз. Бунда термоўзгартиргичнинг термоЭЮК камаяди (агар ўлчанаётган ҳарорат 0 °С дан катта бўлса), яъни потенциометрнинг киришига $E(t, t_0)$ кичик кучланиш келади. Бироқ бунда потенциометрнинг кўрсатиши ўзгармаслиги (агар у ўлчанаётган ҳароратни кўрсатаётган бўлса унинг кўрсатиши ўзгармаслиги керак), яъни реохорд сурилгичининг ҳолати

ва a нуқтадаги потенциал ўзгармаслиги керак. Шу вақтнинг ўзида сурилгичнинг ҳолати ўзгармаслиги учун кучайтиргичнинг киришидаги кучланиш ΔU нолга тенг бўлиши, бунинг учун эса $E(t, t_0) = U_{ab}$ тенгликни сақлаши учун U_{ab} кучланиш камайиши зарур.

Савол туғилади: a нуқтадаги потенциални ўзгармасдан туриб, U_{ab} ни қандай камайитириш мумкин? Жавоби фақат битта – b нуқтадаги потенциални ўзгартириш.

Шундай қилиб, эркин учлар ҳароратининг ўзгаришига автоматик тўғрилаш киритиш учун эркин учларнинг ҳарорати ўзгарганда b нуқтадаги потенциал ўзгариши керак. Бу ўзгариш $E(t_0, 0)$ га тенг бўлиши керак.

Компенсаторларнинг схемалари ва потенциометрлардаги t_0 га тўғрилаш киритишнинг фарқи қуйидагича. Компенсаторларнинг кўприк схемалари $E(t_0, 0)$ га тенг бўлган кучланиш ишлаб чиқаради ва бу термопараларнинг ЭЮК лари билан қўшилади, демак ўлчаш асбобининг киришига қўшимча $E(t_0, 0)$ га тенг бўлган кучланиш келиб тушади. Потенциометрик схемаларда U_{ab} компенсацияловчи кучланиш $E(t_0, 0)$ га камаяди. t_0 ошганда U_{ab} қандай қилиб камаяди (7.14-расмга қаранг)? СТМ стабилизатори орқали ҳосил қилинган c ва d нуқталар орасидаги U_{cd} кучланиш R_M ва R_K резисторлардан тузилган бўлувчи орқали бўлинади, чунки b нуқта ушбу резисторлар ўртасидаги нуқта. b нуқтадаги потенциал ушбу резисторларнинг қаршиликлари нисбатига боғлиқ, шунинг учун t_0 га тўғрилаш киритиш масаласини қуйидагича ифодалаш мумкин: эркин учларнинг ҳарорати t_0 ошганда b нуқтадаги потенциал $E(t_0, 0)$ қийматга ошиши учун резистор (R_M ёки R_K) лардан бирининг қаршилиги ўзгариши керак. Реал схемаларда бу эркин учларнинг ҳарорати ошганда R_M резисторнинг қаршилиги ортиши билан таъминланади.

Шундай қилиб, эркин учларнинг ҳарорати t_0 ошганда R_M резисторнинг қаршилиги ортиши керак. Шунинг учун ҳам ушбу резисторлар одатда мис симлардан тайёрланади. Бундан ташқари баён қилинганлардан келиб чиқадиган бўлсак, мис резисторнинг ҳарорати доимо ТЭЎ эркин учининг

харорати t_0 га тенг бўлиши керак. Бу шарт таъминланиши учун ТЭЎ потенциометрга $TЭ_1$ ва $TЭ_2$ термоэлектр узайтиргич ўтказгичлар орқали уланади. Бу ҳолатда мис резисторнинг харорати ҳар доим эркин учлар хароратига тенг бўлади.

Агар потенциометр электр ўлчаш асбоби – милливольтметр каби ишлатилса, унда тўғрилаш киртиш керак эмас. Ушбу ҳолда мис резистор ўрнига қаршилиги хароратга боғлиқ бўлмаган манганин материалдан тайёрланган симли резистор ўрнатилади. Агар термопаранинг ўлчаш занжирига кўприк типигаги компенсациялаш қурилмаси уланган бўлса, унда потенциометрнинг схемаси R_m мис резистордан тузилиши керак эмас, унинг ўрнига манганинли резистор ўрнатилади.

Ўзиёзувчи мажмуали потенциометр ЎМП схемасидаги резисторларнинг вазифалари қуйидагича:

$R_{\text{бош}}$ – резистор шкала бошини ўрнатиш учун;

R_n – резистор ўлчаш диапазонини белгилайди;

R_K – назорат резистори $I_2 = 2\text{мА}$ ишчи токни текшириш учун (ЎМ сериясидаги барча потенциометрлар учун $R_K = 509,5\text{ Ом}$);

R_m – мис резистор эркин учларнинг харорати ўзгарганда тўғрилаш киритиш учун;

R_c – резистор ишчи ток $I_1 = 3\text{ мА}$ ни ўрнатиш учун;

R_δ – СТМ стабилизаторининг юкланиш резистори.

Барча КМП, ЎМП потенциометрлар учун $I_1 = 3\text{ мА}$, $I_2 = 2\text{ мА}$. Бундан кейин барча потенциометрлар учун реохорднинг қаршилиги $R_p = 90\text{ Ом}$ ва реохордда ишчи бўлмаган соҳа йўқ деб ҳисоблаймиз (реохордни ишдан чиқишидан сақланиш учун сурилгич чулғамнинг энг четки ўрамига ўрнатилмаслиги керак. Чунки ҳар доим ҳам реохордда ишчи бўлмаган соҳа мавжуд бўлиб, сурилгич бу соҳага бормайди). Параллел уланган R_p ва R_n қаршиликлар реохорднинг келтирилган қаршилиги дейилади ва $R_{\text{кел}}$ билан белгиланади:

$$R_{\text{кел}} = \frac{R_p R_i}{R_\delta + R_i}.$$

Ёпиқ контурлар учун Кирхгофнинг иккинчи: «ёпиқ контурдаги электр юритувчи кучларнинг алгебраик йиғиндиси кучланишлар тушувининг алгебраик йиғиндисига тенг» қонунини қўллаб потенциометрик схемани таҳлил қилиш учун муҳим бўлган бир нечта тенгламаларни тузиб оламиз. Тенглама тузиш учун ихтиёрий йўналиў танлаб, контурни айланиб чиқиш керак. Бунда агар танланган йўналиш контурдаги ЭЮК йўналиши ёки ток йўналиши билан мос тушмаса, унда тенгламага ЭЮК ва кучланиш тушувининг қиймати минус ишора билан киради. Контурни айланишни манбанинг манфий қутбидан бошлаб мусбат қисмидан тугатилса, ЭЮК нинг йўналиши мусбат ҳисобланади (7.17 – расмга қаранг). Схемада шкаланинг бошланғич белгиси чап томонга тўғри келади. m ҳарфи билан сурилгичнинг чап томонидаги келтирилган қаршиликнинг улуши белгиланган бўлиб, у 0 ... 1 оралиқда ўзгариши мумкин. Кўрсаткич реохорднинг сурилгичига қаттиқ маҳкамланганлиги учун m нинг қиймати потенциометрнинг кўрсатишини тавсифлайди.

Кучайтиргич – сурилгич – a нуқта – реохорднинг m соҳаси – $R_{\text{бош}} - R_M - b$ нуқта – термopapa – кучайтиргич контурини танлаймиз ва йўналишни соат милига тескари қилиб белгилаймиз. t_n ҳароратдаги $m = 0$ (сурилгич чап томон четидаги ҳолатда турганда) қуйи ўлчаш чегарасидаги мувозанат моментида Кирхгофнинг тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$E(t_{\hat{a}\hat{b}}, t_0) = I_1 R_{\hat{a}\hat{b}} - I_2 R_M \quad (7.16)$$

Ҳарорат $t_{\text{бош}}$ ва юқори ўлчаш чегараси $m = 0$ бўлганда (сурилгич ўнг томон четида):

$$E(t_k, t_0) = I_1 R_{\hat{e}\hat{a}\hat{e}} + I_1 R_{\hat{a}\hat{b}} - I_2 R_M \quad (7.17)$$

(7.17) дан (7.16) ни айтириб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$E(t_k, t_0) - E(t_{\hat{a}\hat{b}}, t_0) = I_1 R_{\hat{e}\hat{a}\hat{e}} \quad (7.18)$$

$R_{\text{кел}}$ нинг қиймати потенциометрнинг ўлчаш диапазонида боғлиқ.

Ихтиёрий t ҳароратда мувозанат тенгламаси қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$E(t, t_0) = mR_{\varepsilon\delta\varepsilon}I_1 + I_1R_{\delta i\varepsilon} - I_2R_M \quad (7.19)$$

бу ерда $mR_{\varepsilon\delta\varepsilon}$ – реохорднинг келтирилган қаршилигини сурилгич чап томонидаги қисми.

Охирги ифодадан потенциометрнинг статик тавсифининг ифодасини ҳосил қилиш мумкин:

$$m = \frac{E(t, t_0) - I_1R_{\delta i\varepsilon} + I_2R_M}{R_{\varepsilon\delta\varepsilon}I_1} \quad (7.20)$$

R_M қаршилиқни қандай ҳисоблаш мумкин? Тахминан буни (7.19) ифодани қуйидаги шаклда ёзиб амалга ошириш мумкин:

$$E(t, t_0) + I_2R_M = mR_{\varepsilon\delta\varepsilon}I_1 + I_1R_{\delta i\varepsilon} \quad (7.21).$$

Ҳарорат t_0 ошганда термопаранинг ЭЮК $E(t_0, 0)$ га камаяди, R_M қаршилиқ эса ΔR_M қийматга ортади. t_0 ўзгарганда компенсациялаш шартига кўра t нинг қиймати доимий бўлганда потенциометрнинг кўрсатиши ўзгармаслиги керак, яъни (7.21) тенгламанинг чап қисми t_0 ва $E(t, t_0)$ ўзгарганда доимий бўлиб қолиши керак. Агар эркин учлар ҳароратининг даражалашн қиймати 0°C ни ташкил этса, унда қуйидаги шарт бажарилиши керак:

$$\Delta R_M I_2 = E(t_0, 0).$$

Мис симларнинг қаршилиги t_0 ҳароратга боғлиқлигидан келиб чиқиб қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$R_M = R_{M0}(1 + \alpha t_0),$$

бу ерда α – мис электрқаршилигининг ҳароратга боғлиқ коэффиценти; R_{M0} –резисторнинг 0°C даги қаршилиги, бундан:

$$\Delta R_M = R_{M0}\alpha t_0.$$

Натижада қуйидагига эга бўламиз:

$$E(t_0, t) = R_{M0}\alpha t_0 I_2$$

ва бундан қуйидагини топиш мумкин:

$$R_{M0} = \frac{E(t_0, 0)}{\alpha t_0 I_2} \quad (7.22).$$

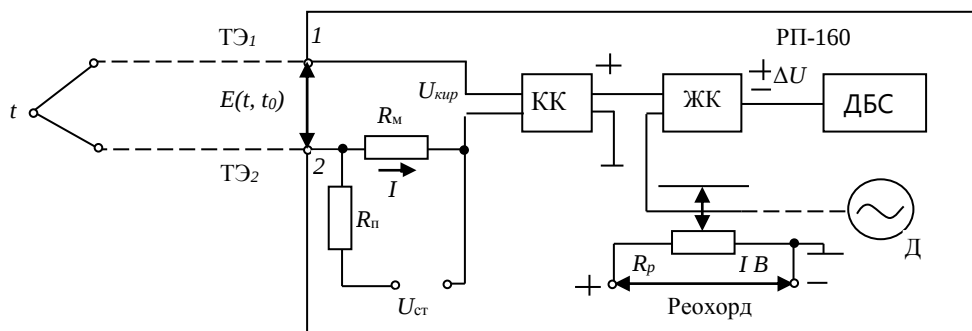
$E(t_0, 0)/t_0$ қиймат ($0 - t_0$) ҳарорат кесмасида термопаранинг ўзгартириш

коэффициенти (сезгирлиги) ҳисобланади. Термопаранинг сезгирилиги қанча катта бўлса, мис қаршилиқнинг миқдори шунчалик катта бўлиши керак. $E(t_0, 0) = f(t_0)$ боғлиқлик нозичли бўлганда ўзгартириш коэффициенти ҳарорат ортиши билан ўзгаради (масалан, ХАТ да ошади), яъни эркин учларнинг ҳарорати t_0 ошганда R_{m0} нинг қиймати ортиши керак. R_{m0} – мис резисторнинг $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ даги қаршилиги (ёки 20 ё $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ бошланғич ҳароратдаги қиймат), яъни маълум потенциал учун у маълум бир қийматга эга.

R_{m0} ни ҳисоблаш учун маълум қийматли t_0 берилиши керак, эркин учларнинг бу қийматдан фарқ қиладиган бошқа барча қийматларида компенсациялаш хатолиги юзага келади. Кўриниб турибдики, қабул қилинган t_0 ҳароратнинг қиймати ҳақиқий қийматдан қанчалик кўп оғса, ушбу хатолик шунчалик катта бўлади. Эркин учларнинг ҳисобий ҳарорати туфайли юзага келадиган хатоликни камайтириш учун энг қулай ҳарорат t_0 (масалан, ЎМП2 учун бу ҳарорат $30\text{ }^{\circ}\text{C}$) танланади ва схемаларда ушбу ҳароратдаги R_M (R_{m0} эмас) қаршилиқнинг қиймати кўрсатилади. Реал шароитларда ўзгарганда I_1 ва I_2 тоқлар аҳамиятсиз даражада ўзгариб, R_M ни ҳисоблашда ишлатиладиган нисбатни мураккаблаштиради.

ТермоЭЮК ни ҳисоблаш учун РП-160 асбоби. Бу типдаги асбобларнинг алоҳида хусусияти уларда чиқиш сигнали 0 дан 1 В гача бўлган ўзгармас кучланишли ўлчаш диапазони чегараларида бўлган кириш кучайтиригичи (унификацияловчи) мавжудлиги ҳисобланади. РП-160 нинг схемаси 7.15 – расмда тасвирланган. Бу схемада термоэлектрик ўзгартиргич ТЭЎ РП нинг 1 ва 2 кириш қисқичларига $TЭ_1$ ва $TЭ_2$ (таркибига кўра улар турлича) узайтирувчи термоэлектрик симлар орқали уланган. ТЭЎ нинг эркин учлари асбобдаги ҳарорат ўзгаришини акс эттирувчи элементга яқин бўлиши учун 1 ва 2 кириш қисқичларига уланган. Ўлчаш схемасининг бу элементи R_M мис резистор ҳисобланиб, у эркин учларнинг ҳарорати ўзгарганда термоЭЮК ни ўзгаришини компенсациялашга мўлжалланган (унинг ҳарорати ҳар доим эркин учларнинг ҳароратига тенг бўлиши керак). R_M резисторнинг $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ даги қаршилиги 10 Ом га тенг. Орқали стабиллаштирилган манба U_{cm} дан келувчи

стабилаштирилган ток ўтади. R_n резисторнинг ўзгаришини таъминлаш учун ТЭЎ нинг турли НСТ и учун ток турлича бўлиши керак.



7.15. Расм. Термо ЭЮК ни ўлчовчи РП-160 асбобининг схемаси

Тўғрилаш киритишнинг моҳияти содда. Эркин учларнинг ҳарорати t_0 ошганда термопара ЭЮК си $E(t_0, 0)$ га камаяди, лекин бунда R_M қаршилиқ ΔR_M га ортади ва ўз-ўзидан улардаги кучланиш тушуви ($\Delta R_M I$) га ошади. Кучайтиргичнинг киришидаги кучланиш ва асбобнинг кўрсатиши ўзгармайди. Бироқ ҳатто $t_0 = 0$ бўлганда (тўғрилаш киритиш керак бўлмаганда) ҳам R_M да кучланиш тушуви мавжуд бўлиб, термопаранинг термоЭЮК билан қўшилиб, кучайтиргичнинг кириш кучланиши ва асбобнинг кўрсатишини ошириб юборади. Бунинг олдини олиш учун кучайтиргичнинг кириш схемасида қуйи ўлчаш чегарасини коррекциялаш схемаси мавжуд.

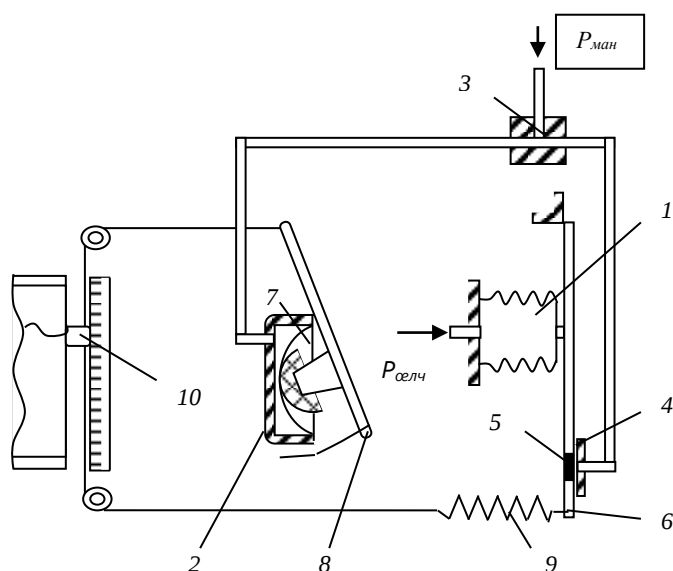
Схеманинг асосий элементи реохорд R_p – узунлиги шкаланинг узунлигига тенг бўлган (ишламайдиган соҳалардан ташқари) маълум қаршиликли чизикли сим резистор ҳисобланади. Унга стабилланган 1 В кучланиш берилади. Жамловчи кучайтиргич ЖК га кириш кучайтиргичининг чиқиш кучланиши билан реохорднинг сурилгични ўнг томонидаги кучланишлари фарқи берилади. Кучайтирилган сигнал қадамли двигатель ДБС нинг двигателни айланиш йўналиши ва тезлигини белгиловчи ишга тушириш схемасига берилади. Двигателнинг тезлиги баланс катта қийматга бузилганда катта, мувозанат ҳолатига яқинлашганда эса кичик бўлиши керак. Қадамли двигатель реохорд сурилгичини реохорд кучланиши билан кириш

кучайтиргичининг кучланишлари тенглашгунча силжитади. Реохорднинг сурилгичига кўрсаткич қаттиқ маҳкамланган бўлиб, у ўлчанаётган ҳароратнинг қийматини кўрсатади.

7.3- §. Иккиламчи пневматик асбоблар

Иккиламчи пневматик асбоблар бирламчи ўзгартиргичларнинг унификацияланган чиқиш сигналлари (20–100)кПа ни ўлчашга мўлжалланган. Иккиламчи асбоблар унификацияланган фойзли шкалага ёки манометр, термометр, дифманометр, вакуумметр ва мановакуумметрларнинг стандартларига яқин шкалаларнинг номлари билан аталувчи шкалага эга бўлиши мумкин (қўшимча равишда шкала сарф ва сатҳ бирликларида ҳам бўлиши мумкин). Асбоблар фақат кўрсатувчи ёки битта диаграамали тасмага бир, икки ёки уч каналли ёзадиган бўлади. Асбобларнинг ўлчаш механизмини ишлаш принципи сезгир элемент ҳосил қилувчи момент билан тескари алоқа пружинасининг моменти мувозанатлашадиган кучларни компенсациялаш усулига асосланади. Тескари алоқа пружинасининг таранглик даражаси кўрсаткичнинг иккиламчи асбоб шкаласидаги ҳолатини белгилайди. Ўзиёзувчи кичик ўлчамли компенсацион иккиламчи асбобнинг принципиал схемаси 7.16- расмда келтирилган.

Асбобнинг ишлаши ўлчашнинг компенсацион тамойилига асосланган бўлиб, ўлчанаётган босим $p_{ўлч}$ орқали сезгир элемент – сильфон 1 да ҳосил қилинадиган куч тескари алоқа қурилмаси 2 орқали ҳосил қилинадиган куч билан мувозанатлашади.



7.16. Расм. Иккиламчи пневматик асбобнинг принципиал схемаси:
1 – сильфон; 2 – тескари алоқа курилмаси; 3 – дроссель; 4 – сопло; 5 – заслонка; 6, 8 – ричаг; 7 – мембрана; 9 – тескари алоқа

$p_{ман}$ манбадан келувчи сиқилган ҳаво дроссель 3 орқали сопло 4 ни тескари алоқа қурилмаси билан боғловчи линияга берилади.

7.4. Жадвал

Пневматик иккиламчи асбобларнинг техник тавсифлари

Тури	Шкаланинг тури	Ўлчаш каналари сони	Синфи	Қайд қилиши
КМП1-2	Ёйли	1	0,5	йўқ
КМП 1	Вертикал 100 мм	1	0,5; 1	йўқ
КМГТ2	100 мм дан иккита вертикал	2	0,5; 1	йўқ
КМП1Э КМП1П	Вертикал 100 мм	1	0,5; 1	йўқ
КМР 1	Вертикал 100 мм	1	0,5; 1	бор
КМР2	100 мм дан иккита вертикал	2	0,5; 1	бор
ПВ4 4Э	100 мм дан учта вертикал	3	1	бор

$p_{ўлч}$ нинг ўзгариши кучлар мувозанати шартини бузиб, ричак 6 нинг охирига маҳкамланган заслонка 5 ва сопло 4 ўртасидаги масофанинг ўзгаришига олиб келади. Бу сопло линиясидаги, шунингдек тескари алоқа қурилмасидаги ҳаво босимини ўзгаришини келтириб чиқаради. Бунда тескари алоқа қурилмасининг сферик мембранаси силжийди. Мембранага тескари алоқа пружинаси 9 ёрдамида ричаг 6 билан боғланган ричаг 8 уланган.

Пружина таранглигининг ўзгариши сиффон 7 орқали ишлаб чиқилган куч тескари алоқа кучи билан мувозанатлашмагунча давом этади. Ричаг 8 нинг силжиши тяга орқали перо ва асбобнинг кўрсаткичи 10 га узатилади. Диаграмманинг юриши электр двигатель билан амалга оширилади. Асбобларнинг синфи 1.

Пневматик иккиламчи асбобларнинг техник тавсифлари 7.4 – жадвалда келтирилган. Электропневматик ўзгартиргичлар токли сигналларни пневматик сигналларга айлантириб пневматик ростлагичлар (пневматик контроллерлар) ва ёрдамчи механизмларга узатиш учун ишлаб чиқилади.

VALCOM фирмаси 4...20 ва 0...20 мА сигналлари $\pm 0,25\%$ хатолик билан 0,2...2 bar ва 0,14...0,4 bar пневматик сигналларга ўзгартириб берувчи РС-13 ўзгартиргичларини ишлаб чиқаради.

Назорат саволлари

1. ТҚ ни қаршилигини ўлчашнинг потенциометрик усулини афзаллиги нимадан иборат (тўрт симли уланиш)?
2. қаршиликни ўлчашда қўлланиладиган мувозанатлашувчи ва мувозанатлашмайдиган кўприкларга солиштира тавсиф беринг.
3. ТҚ ни кўприкка уч симли улашнинг икки симли улашга қараганда афзаллиги нимада?
4. Автоматик мувозанатлашувчи кўприкнинг ишлаш принципини тавсифлаб беринг.
5. ТҚ ва ТЭЎ учун меъёрлаштирувчи ўзгартиргични ўзгартириш коэффициентининг стабиллигини қандай таъминлаш мумкин?
6. пирометрик милливольтметр ва автоматик потенциометр билан ҳароратни ўлчашда бажарилиш керак бўлган шартларни сананг.
7. ЎМП типдаги автоматик потенциометрларда эркин учларнинг ҳароратини ўзгаришини компенсациялаш қандай амалга оширилади?
8. Пневматик иккиламчи асбобларнинг ишлаш принципи қандай?

МОДДАЛАРНИНГ ТАРКИБИНИ ВА ФИЗИК ХОССАЛАРИНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШ

8.1- §. Асосий маълумотлар ва анализаторларнинг таснифи

Технологик жараёнларни ҳарорат, босим, сарф ва сатҳ каби параметрларга кўра бошқариш, кўпинча, талаб этилган сифатдаги маҳсулотлар олишга кафолат бера олмайди. Кўпгина ҳолларда ишлаб чиқарилаётган маҳсулотларнинг таркиби ва физик хоссаларини автоматик тарзда назорат қилиш зарурати туғилади. Технологик жараёнлар давомида қайта ишланаётган моддаларнинг таркиби ва уларнинг физик хоссалари ўзгаради, бу параметрларни назорат қилиш технологик жараёнларнинг бориши тўғрисида бевосита фикр юритишга имкон беради, чунки улар ишлаб чиқарилаётган маҳсулотларнинг сифатини ифодалайди, шунинг учун моддаларнинг таркибини ва физик хоссаларини назорат қилиш асосий масалалардан биридир. Шу муносабат билан кейинги йилларда аналитик асбобсозликнинг жадал ривожланиши содир бўлмоқда.

*Моддаларнинг таркиби ва физик-кимёвий хоссалари ҳақидаги ўлчов ахборотини олиш учун ўлчаш воситаларини **анализаторлар** деб аташ қабул қилинган.* Автоматик анализаторлар таҳлил қилинаётган муҳитнинг таркибини эмас, балки аниқ физик параметрни ўлчайди, унинг ўзгариши бу муҳитда аниқланаётган компонентнинг миқдорий-сифатий ўзгаришларини ифодалайди.

Турли хил белгилар бўйича аналитик ўлчаш воситаларини таснифлаш анча қийин. Ўлчаш воситалари таҳлил услуби, таҳлил қилинаётган муҳитнинг хоссалари, компонентлар сони, ижро этилиши, чиқиш сигнали, ахборотни бериш услуби ва ҳоказолар бўйича таснифланиши мумкин.

Газларни автоматик таҳлил қилиш учун қуйидаги усуллар қўлланилади: намунани олдиндан ўзгартирмасдан — термокондуктометрик, термомагнит, абсорбицион оптик (инфрақизил ва ултрабинафша нур ютиладиган), пневматик усуллар: *намуна олдиндан ўзгартириладиган* —

электр-кимёвий (кондуктометрик, кулонометрик, поляграфик, потенциометрик) термокимёвий, фотокалориметрик, аланга-ионлашув, аэрозол-ионлашув, хроматографик, массаспектрометрик усуллар.

Суюқ муҳитларнинг таркибини ва физик хоссаларини автоматик назорат қилишда саноатда синов моддасини дастлабки ўзгартиришсиз таҳлил қилиш услуги кенг тарқалди: кондуктометрик, потенциометрик, полярографик, диэлкометрик, оптик (рефрактометрик, поляризацион, турбодиметрик, нефелометрик), тўйинган буғ босимлари бўйича, радиоизотопли, механик (зичлик), кинематик (қовушоқлик) ва бошқалар, ҳамда синов моддасини дастлабки ўзгартириш билан — титрометрик.

Намлик миқдорини ўлчаш воситалари алоҳида гуруҳга ажратилади.

8.2-§. Газларнинг таркибини таҳлил қилиш

Газ анализаторлари текиширилаётган газ аралашмасидаги компонент ёки компонентлар йиғиндисини концентрацияси ҳақида маълумот берадиган қурилмалардир. Газ анализаторлари саноатнинг барча соҳаларида ва илмий-тадқиқот ишларида кенг ишлатилади. Кейинги йилларда атроф-муҳитни муҳофаза қилишга катта эътибор берилаётганлиги муносабати билан саноат корхоналари чиқиндилари таркибидаги зарари кўшилмалар миқдорини, ишлаб чиқариш хоналари ва атмосферадаги зарарли қўшилмалар миқдорини назорат қилишга мўлжалланган газ анализаторлари ишлаб чиқариш ва улардан фойдаланиш кескин кенгайди. Аҳоли яшайдиган ҳудудлар ҳавосининг сифатини назорат қилиш учун ҳавони ифлослантирадиган ис газини, азот қўшқоксиди, чанг ва бошқа шу каби моддалар концентрацияси ўлчанади.

Саноатда ишлатиладиган автоматик газ анализаторларининг кўпчилиги газ аралашмаларидаги битта компонентнинг концентрациясини ўлчаш учун мўлжалланган. Бу ҳолда газларнинг аралашмалари бинар деб қаралиб, ундаги аниқланадиган компонент ўлчанаётган аралашманинг физик-кимёвий хоссаларига таъсир қилади, қолган компонентлар эса, уларнинг таркиби ва

концентрациясидан қатъи назар, уларнинг хоссаларига таъсир қилмайди ва аралашманинг иккинчи компоненти ҳисобланади. Кўп компонентли газ аралашмаларининг ташкил этувчиларини таҳлил қилиш учун мўлжалланган газ анализаторлари ҳам мавжуд.

Газ анализаторлари ишлаш принципи (таҳлил қилиш усули), таҳлил қилинаётган муҳитнинг хоссалари, аниқланаётган компонентлар сони, ишланиш тури, чиқиш сигналининг унификациялаш усули ва ўлчаш натижаларини бериш усули каби белгиларига кўра таснифланиши мумкин.

Энг оддий ҳолда намунани ўзгартирмасдан таҳлил қилиш мумкин, бу ерда, таҳлил қилинаётган аралашма таркиби тўғрисида ўлчанаётган параметрга қараб бевосита хулоса чиқарилади. Таҳлил қилишда намунани ўзгартириш аналитик ўлчаш танланувчанлигини ошириш имконини беради. Намунани ўзгартириш учун физик усуллардан ҳам, кимёвий усуллардан ҳам фойдаланиш мумкин. *Агар намунага таъсир қилиш унинг физик хоссаларини тубдан ўзгартириб юборса, бундай ўзгартириш **физик ўзгартириш** деб аталади. Агар намунага таъсир қилиш унинг таркибининг тубдан ўзгаришига олиб келса, у **кимёвий ўзгартириш** деб аталади.*

Газ анализаторлари ҳажмига нисбатан %, г/м³, мг/л ларда даражаланади. Биринчи бирлик анча қулайдир, чунки газ аралашмалари компонентларининг фоиз ҳисобидаги миқдори ҳарорат ва босим ўзгарганида доимийлигича қолади.

Газ анализаторлари таркибига датчик ва чиқиш сигналларини ўлчагичдан ташқари, асбобнинг нормал ишлашини таъминловчи бир қанча қурилмалар ҳам киради. Асосий, ёрдамчи қурилмалар газ аралашмаси намунасини танловчи, тозаловчи, узатувчи ва таҳлилга тайёрловчи қурилмалардир.

Газ анализаторларининг мавжуд таснифи аралашманинг аниқланадиган компонентларининг концентрациясини ўлчашга асос қилиб олинган физик-кимвий хоссаларга асосланади.

Қуйида саноатда кенг тарқалган усуллар ва асбоблар кўриб чиқилган.

8.3-§. Термокондуктометрик газ анализаторлари

Термокондуктометрик газ анализаторларининг ишлаш принципи
газ аралашмаси иссиқлик ўтказиш қобилиятининг текиширилаётган компонент концентрациясига боғлиқлигига асосланган. Агар бинар аралашмадаги компонентларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги ҳар хил бўлса, бу усулни қўллаш қулай. Кўп компонентли газ аралашмасини таҳлил қилишда юқоридаги усулни қўллаш мумкин, лекин аниқланмайдиган компонентларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги бир-биридан унча фарқ қилмай, аниқланаётган компонентнинг иссиқлик ўтказувчанлиги улардан анча фарқ қилиши керак.

Кўпчилик газ аралашмаларининг иссиқлик ўтказувчанлигини қуйидаги ифода билан аниқлаш мумкин:

$$\lambda = \frac{C_1}{100} \lambda_1 + \frac{C_2}{100} \lambda_2 + \frac{C_3}{100} \lambda_3 + \dots + \frac{C_n}{100} \lambda_n, \quad (8.1)$$

бу ерда $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ — иссиқлик ўтказувчанлиги тегишлича $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ бўлган компонентлар миқдори (бу ерда, $C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n = 100\%$ бўлиши шарт).

Аниқланмайдиган компонентларнинг йиғинди концентрацияси C_e (8.1) га кўра мос келадиган иссиқлик ўтказувчанлиги λ_e бўлган аралашманинг иссиқлик ўтказувчанлиги қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\lambda = \frac{C_A}{100} \lambda_A + \frac{C_B}{100} \lambda_B, \quad (8.2)$$

бу ерда C_A — иссиқлик ўтказувчанлиги λ_A бўлган аниқланадиган компонент миқдори.

$C_B + C_A = 1$ бўлганлиги учун аниқланадиган компонент концентрацияси C_A нинг аралашманинг ўлчанадиган иссиқлик ўтказувчанлиги λ га боғлиқлиги, аниқланмайдиган ва аниқланадиган компонентларнинг иссиқлик ўтказувчанликлари маълум бўлганида, қуйдаги кўринишда бўлади:

$$C_A = (\lambda - \lambda_B) \cdot (\lambda_A - \lambda_B) \quad (8.3)$$

Газ аралашмасининг иссиқлик ўтказувчанлигини ўлчаш учун таҳлил

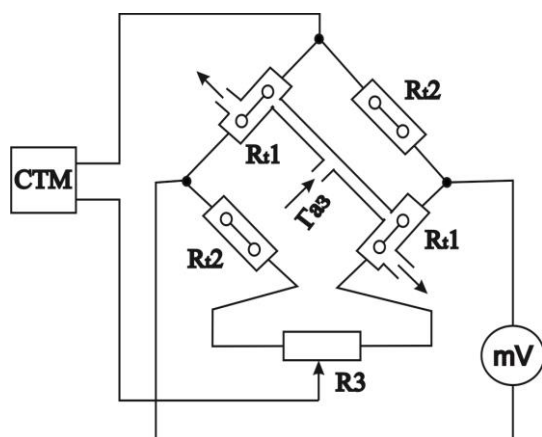
килинаётган аралашма билан тўлдирилган камерага жойлаштирилган киздириладиган ўтказгичдан фойдаланилади. Агар ўтказгичдан камера деворларига фақат иссиқлик ўтказувчанлик туфайлигина иссиқлик берилса, куйидаги ифода тўғри бўлади:

$$Q = 2\pi \cdot l \cdot \lambda (t_n - t_c) / \ln(D/d), \quad (8.4)$$

бу ерда Q – ўтказгич 1 секундда берадиган иссиқлик миқдори; l , d – ўтказгичнинг узунлиги ва диаметри; D – камера диаметри, λ – газ аралашмасининг иссиқлик ўтказувчанлиги; t_n , t_c – ўтказгич ва камера деворларининг ҳарорати.

Ўтказгич берадиган иссиқлик Q ва камера деворларининг атроф-муҳит ҳароратига боғлиқ бўлган ҳарорати t_c ўзгармас бўлганида газ аралашмасининг иссиқлик ўтказувчанлиги ўтказгичнинг ҳароратини, бинобарин, унинг ўтказувчанлигини бир хил қийматда аниқлайди. Ўтказгич сифатида электр қаршилигининг ҳарорат коэффиценти юқори ва кимёвий жиҳатдан чидамли металл симдан фойдаланилади; платина кўпроқ, волфрам, никел, тантал камроқ ишлатилади.

Термокондуктометрик газ анализаторларининг ўлчаш элементлари ўзи қизийдиган қаршилик термометри режимида ишлайдиган, платина тола жойлашган камера шаклидаги ўзгарткичдан иборат. Газ аралашмаси таркибининг ўзгариши унинг иссиқлик ўтказиш қобилиятини ўзгартиради, натижада қизиган тола ва газ аралашмаси ўртасида ўзаро иссиқлик алмашувининг жадаллиги ҳам ўзгаради. Толанинг электр қаршилиги текшириладиган компонент концентрациясини билдиради.

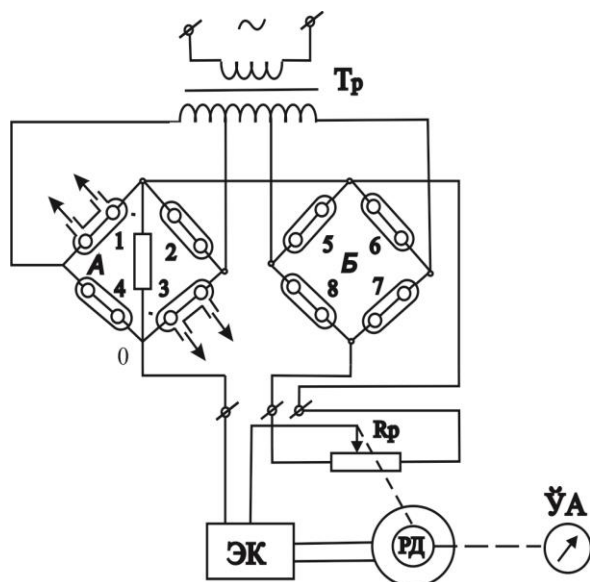


Бу турдаги саноат газ анализаторларида ўлчашнинг дифференциал усули қўлланилади, бу ерда, текшириладиган ва намуна газ аралашмаларининг иссиқлик ўтказувчанлиги ишловчи ва солиштирма камералар ёрдамида

солиштирилади. Ишловчи камера оқиб ўтадиган қилиб ишланади, солиштирма камера эса таркибига концентрацияси ўлчашнинг пастки, ўрта ва юқориги чегарасига мос келадиган ўлчанаётган компонент кирган газ аралашмаси билан тўлдирилади.

Ўлчаш схемалари бевосита ҳисоблаш ёки автоматик мувозанатлаш принципига кўра қурилади. 8.1-расмда кўрсатилган термокондуктометрик газ анализатори концентрацияни мувозанатлашган кўприк ёрдамида ўлчайди. Доимий сарфга эга бўлган текширилаяётган газ аралашмаси R_t 1 ишловчи камераларга келади. Кўприкнинг қолган елкасига эталон аралашмали R_t 2 ёрдамчи камералар уланган. Сезгир элементнинг толалари кўприк схемасининг таъминлаш токи (СТМ — стабиллашган таъминловчи манба) ҳисобига қизийди. Кўприк схемаси R_3 реостат орқали соланади. Бу турдаги саноат газ анализаторининг ўлчаш асбоблари стандарт автоматик компенсатор асосида бажарилади. Термокондуктометрик газ анализаторларида хато, асосан, қуйидаги сабабларга кўра содир бўлади:

- а) атроф-муҳит ҳароратининг ўзгариши, бу ерда, ўлчаш камераларининг деворларидаги ҳарорат ўзгаради;
- б) ўлчаш кўприги таъминловчи манба кучланишининг ўзгариши;
- в) газ аралашмасининг камералар (ячейкалар) орасида ўтиш тезлигининг ўзгариши;
- г) иккиламчи текширилмаётган компонентларнинг (хусусан, сув буғлари) мавжудлиги.



Ўлчаш блокини термостатлаш ва стабиллашган таъминлаш манбаларидан фойдаланиш зарурати асбобни мураккаблаштиради ва қимматлаштиради. Ҳаводаги ёки газ аралашмаларидаги (водороддан ташқари таркибида CO , CO_2 , CH_4 , N_2 ва O_2 бўлган) водород миқдорини,

шунингдек, кўп компонентли аралашмаларда CO_2 миқдорини аниқлаш учун ТП туридаги термокондуктометрик газ анализаторларидан фойдаланилади (8.2- расм).

Схема мувозанатлашмаган иккита А ва Б кўприклардан иборат бўлиб, улар ўзгарувчан ток манбаидан трансформатор орқали таъминланади. Кўприкларнинг елкалари платина симлардан тайёрланган ва шиша баллончаларга жойлаштирилган. Ўлчаш кўпригининг иккита иш елкаси 1 ва 3 нинг атрофидан таҳлил қилинаётган газ ўтиб туради. Қолган иккита елкаси 2 ва 4 газ муҳитида туради, бу газнинг таркиби асбоб шкаласининг бошланишига мос келади. Таққослаш кўприги Б нинг иккита елкаси 6 ва 8 газ муҳитида туради, унинг таркиби асбоб шкаласининг бошланишига мос келади, елкалар 5 ва 7 эса таркиби шкала охирига мос келадиган газ муҳитида туради.

Таққослаш кўприги Б нинг диагонаliga реохорд R_p уланган, унинг сурмаси ва А кўприкнинг учи электрон кучайтиргич ЭК нинг киришига уланган. Реверсив двигател РД реохорднинг сурмасини ва асбобнинг кўрсаткич стрелкасини а ва в кўприк учларидаги шкалада то кучланиш сурманинг реохорддан оладиган кучланиш билан мувозанатлашмаганига қадар суради. Газ анализаторининг кўрсатиши таъминлаш манбаи кучланишининг ўзгаришига ва атроф-муҳит ҳароратининг ўзгаришига боғлиқ эмас.

ТП туридаги газ анализаторлари бир нечта русумларда чиқарилади: ТП 1120—бинар ва кўп компонентли газ аралашмаларида водород миқдорини аниқлаш учун; ТП 7102—ҳаводаги гелий миқдорини аниқлаш учун; ТП 4102—ҳаводаги азот ва гелий миқдорини аниқлаш учун. Таҳлил қилинаётган газ тури ва ўлчаш чегараларига кўра асосий хатолик $\pm 2,5$; $\pm 4,0$; $\pm 10\%$ бўлади. Газ аралашмасининг ҳажмий сарфи $12\text{ см}^3/\text{с}$, босим 70—130 кПа. Кўрсатишларни аниқлаш вақти 3 дан 110 с гача. Чиқиш сигналлари 0—5 мА; 0—100 мВ; 0—10В.

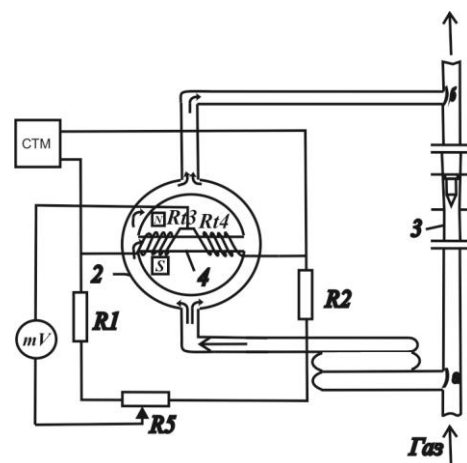
8.4-§. Термомагнит газ анализатор

Газлар орасида кислород алоҳида парамагнетизм хусусиятига эга. Кислород магнит майдонга бошқа газларга нисбатан кўпроқ тортилади. Унинг бу хоссаси мураккаб газ аралашмаларидаги кислород концентрациясини ўлчашга имкон беради.

Барча (кислородни таҳлил қиладиган) магнитли газ анализаторлари термомагнит ва магнитомеханик асбобларга бўлинади.

*Кислороднинг ҳарорати ўзгарганда унинг магнит хоссаларининг ўзгариши самаранга асосланган **термомагнит** усули кенг тарқалган.* Бу усул термомагнит конвекция ҳодисасига асосланган. Агар ток билан қиздирилган ўтказгич бир жинсли бўлмаган магнит майдонга ўрнатилса, газ аралашмасининг хоссаси камаяди, шу сабабли ўтказгич атрофида магнит майдоннинг кучли ерларидан кучсиз ерларига томон аралашманинг ҳаракати бошланади. Ҳароратнинг кўтарилиши сабабли газнинг магнит хоссаси камаяди, натижада газ аралашмасининг ички оқими вужудга келади. Бу оқимда қизиган газ аралашмаси термомагнит конвекция ҳодисаси сабабли узлуксиз сиқиб чиқарилади. 8.3-расмда термомагнит газ анализаторининг принципал схемаси келтирилган.

Текшириладиган газ аралашмасининг ҳарорати иссиқлик алмаштиргич 1 ёрдамида турғунлашади. Аралашма сарфининг доимийлиги ўлчаш ўзгарткичи 2 ни ротаметр 3 орқали шунтлаш йўли билан таъминланади. Шу сабабли тизим киришидаги газ сарфининг тебранишлари ўзгарткичдан ўтиш тезлигига таъсир қилмайди, чунки а ва б нуқталар орасидаги босимлар фарқи доимий бўлиб қолади. Ўзгарткичнинг газли бўшлиғи кўндаланг каналли ҳалқа камера 4 шаклида диамагнит материалдан ишланади. Каналнинг кириш қисми доимий магнит майдон орасига



8.3. Расм. Термомагнит газ анализаторининг

жойлашади, унинг ичида эса Rt 3, Rt 4 икки секцияли платина чулғамлар ўрнатилади, бу чулғамларнинг қаршилиги номувозанат кўприкнинг икки елкасини ҳосил қилади. Агар бошланғич аралашмада кислород бўлмаса, кўндаланг каналда ҳаракат бўлмайди. Аралашмада кислород бўлса, унинг молекулалари магнит майдонига йўналиб, каналга тортилади. Rt чулғамлар ўлчаш схемаси манбаининг токи таъсирида 100...200°C гача қиздирилгани сабабли канал 4 га келган кислород ҳам қизий бошлайди. Ҳарорат кўтарилиши билан магнитнинг кислородга таъсири камаяди, шунинг учун газнинг янги қисми магнит майдон ҳудудига тортилиб, қизиган кислородни халқа камерага итаради.

Газнинг ҳосил бўлган конвекцион оқими иссиқликни асосан чулғамдан олади, шунинг учун секциялар ҳарорати ҳар хил бўлиб қолади.

Rt 3 ва Rt 4 қаршиликларнинг текширилаётган газ концентрациясига мутаносиб ўзгариши натижасида, кўприкнинг ўлчаш диагоналида нобаланслик сигнали пайдо бўлади. Бу сигнал шкаласи кислороднинг фоиз миқдорида даражаланган автоматик потенциометр орқали ўлчанади. Ўлчаш кўприги стабиллашган таъминлаш манбаидан (СТМ) таъминланади. Қаршилиқ R5 кўприк манбаининг ток кучини ўрнатиш учун хизмат қилади; R1 ва R2 доимий манганин қаршиликлар.

Ўлчашнинг термомагнит усулида хатолар, асосан, қуйидаги сабабларга кўра содир бўлади:

- а) атроф-муҳит ҳароратининг ўзгариши натижасида газ аралашмасининг магнитланиши ўзгаради;
- б) сезгир элемент иссиқлигининг ўзгариши (ўлчаш кўприги манбаи кучланишининг ўзгариши);
- в) текширилаётган газ аралашмаси ёки атмосфера босимининг ўзгариши;
- г) магнитларнинг эскириши натижасида магнит майдони кучланишининг ўзгариши.

Сезгирликни ошириш ва хатоликларни камайитириш учун саноатда

фойдаланиладиган газ анализаторларида ўлчаш ва таққослаш кўприklarининг тегишли елкаларига уланган иккита ҳалқали компенсацион ўлчаш схемалари қўлланилади.

Таҳлил қилинаётган газ ҳарорати ва босимининг ўзгариши, шунингдек, ўлчаш схемасини таъминловчи кучланишнинг ўзгариши ҳар қайси кўприкнинг ўлчаш диагоналларидаги кучланишига бир хилда таъсир этади, шунинг учун газ анализаторининг кўрсатишларига бу ўзгаришлар таъсир қилмайди.

Тутун газларидаги кислород миқдорини узлуксиз аниқлаш учун МН 5106-1 туридаги термомагнит газ анализатори ишлатилади, унинг ўлчаш чегаралари бир нечта бўлиб, улардан энг максимали 0—10%. Юқориги ўлчаш чегарасининг асосий хатолиги $\pm 2\%$. МН 5130-1 русумли газ анализатори икки ёки уч компонентли газ аралашмаларидаги кислород концентрациясини узлуксиз ўлчаш ва стандарт электр сигналлари бериш учун мўлжалланган. Сигнал бериш қурилмаси билан жиҳозланган. Ўлчаш натижаларини кўрсатиш ва ёзиш учун газ анализатори билан биргаликда иккиламчи ўзиёзар асбобдан фойдаланилади. Кислородни ўлчаш чегаралари 0—0,5 дан 80—100% гача. Асосий хатолик ± 2 дан 10% гача (ўлчаш чегараларига қараб). Газ аралашмасининг ҳажмий сарфи 12 см³/с, босими 90—105 кПа. Ўлчаш вақти 120 с. Чиқиш сигналлари 0-5 мА, 0—100 мВ.

8.5-§. Электр-кимёвий газ анализаторлари

Электр-кимёвий усуллардан газларни ва буғларни узлуксиз тарзда автоматик таҳлил қилишда фойдаланилади. Айниқса бу усуллар ҳаводаги мавжуд заҳарли газларнинг микроконцентрациясини, тоза газлар ишлаб чиқаришда ифлослантирувчи газлар концентрациясини, шунингдек, суюқликларда эриган газлар концентрациясини аниқлаш учун кенг қўлланилади.

Электр-кимёвий газ анализаторларида бирор компонентнинг концентрацияси аниқланаётган компонент билан реакцияга киришган газ

аралашмасининг электр-кимёвий хоссаларининг ўзаришига караб аниқланади. Қуйида энг кўп тарқалган асбоблар кўриб чиқилади.

Кондуктометрик газ анализаторлари газ аралашмасининг ўлчанадиган компонентини абсорбцияловчи ютувчи эритмаларнинг электр ўтказувчанлигини ўлчашга асосланган.

Контактли кондуктометрик усуллар шу билан характерланадики, ютувчи эритма ўлчаш ячейкасининг электродлари билан бевосита контактлашади. Бу асбоблар мураккаб қурилмалар бўлишни талаб қилмайди, кўрсатишларни бевосита ҳисоблаб боришга имкон беради, тайёрланиши ва ишлатилиши содда.

Ютувчи эритма сифатида, одатда, шундай эритма танланадики, у таҳлил қилинаётган компонент билан қайтмас реакцияга киришади.

Диссоциацияланган молекулалар сони камайиши натижасида эритманинг электр ўтказувчанлиги ютилган компонент миқдорига мутаносиб равишда камаяди. Ютувчи эритмалар таҳлил қилинаётган компонент билан қайтмас реакцияга кириши натижасида асбоб каналчаларининг деворларида ҳамда ўлчаш электродларида чўкмалар ҳосил бўлади, бу эса ўлчаш натижаларини хато кўрсатади ва компонентларнинг микроконцентрацияларини аниқлашда газ анализаторларидан фойдаланишни чеклаб қўяди.

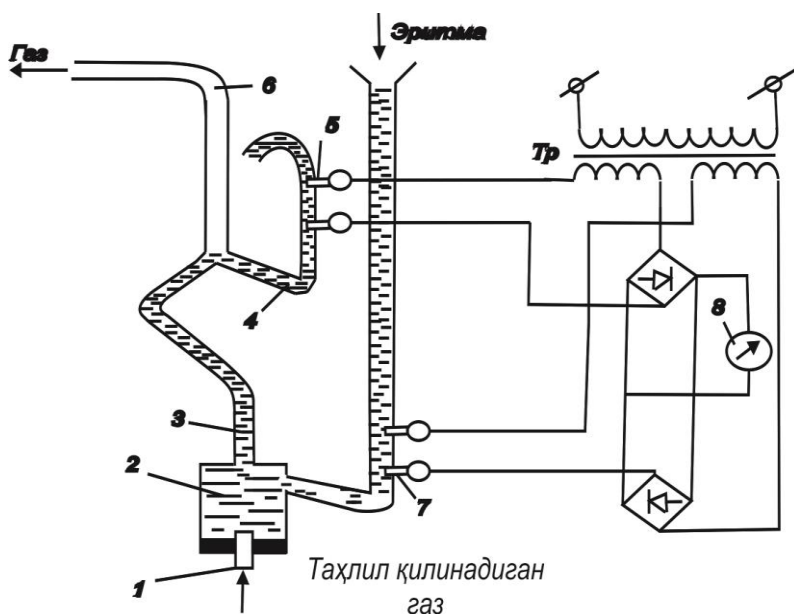
Кондуктометрик ўлчашлар учун ўлчанаётган компонент абсорбциясининг қайтар реакцияларидан ҳам фойдаланиш мумкин; уларнинг афзалликлари: реакцияларда чўкмалар абсорбцияланмайди ва ютувчи эритмаларнинг регенерацияланиш имкони бор. Бироқ, кўпгина ҳолларда бундай ютувчи эритмаларнинг танлаш даражаси кам бўлади.

8.4-расмда кондуктометрия принципида ишлайдиган газ анализаторнинг схемаси келтирилган. Таҳлил қилинадиган газ капилляр найча 1 орқали ўтади ва реакция борадиган идиш 2 ҳамда чулғамли найча 3 га берилади, у ерда аниқланадиган компонент ўзгармас тезликда бериб туриладиган электролит эритмаси билан абсорбцияланади. Шундан кейин

электролит эритмаси бир жуфт электродлари 5 турган ўлчаш ячейкасида ўтади, газ фазаси эса газ анализаторидан найча 6 орқали чиқарилади. Таққослаш электродлари 7 найчада туради, бу найча орқали электролитнинг янги эритмаси берилади.

Шундай қилиб, газ анализаторларида электролит эритмасининг электр ўтказувчанлиги ўлчанаётган компонент абсорбциялангунча ва абсорбциялангандан кейин ўлчанади. Ўтказувчанлик қийматларидаги фарқлар аниқланадиган компонентнинг иккиламчи асбоб 8 ёрдамида ўлчанадиган концентрациясига мутаносиб бўлади. Электролиз вақтида чўкмалар ҳосил бўлишининг олдини олиш учун ячейка электродларига ўзгарувчан кучланиш берилади, кейин бу кучланиш тўғриланади.

Электр ўтказувчанликни ўлчашга асосланган газ анализаторидан O_2 , CO_2 , H_2S , SO_2 , NH_3 , сув буғи ва бошқа компонентларни таҳлил қилишда фойдаланиш мумкин.

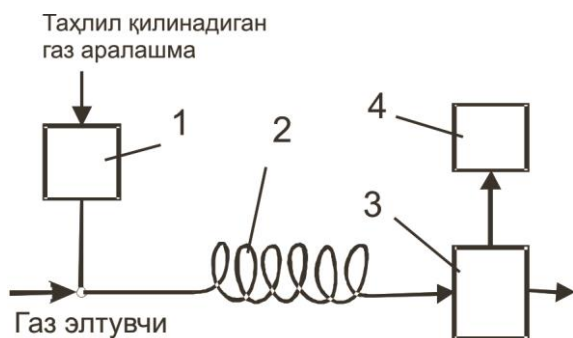


8.4.Расм. Кондуктометрик газ анализаторининг схемаси

8.6-§. Хроматографик газ анализаторлари

Газ анализаторларининг кўриб ўтилган ҳамма турлари газ аралашмасидаги фақат битта компонентнинг концентрациясини аниқлашга

имкон беради. Хроматографик газ анализаторлари (хроматографлар) улардан фарқли равишда газ аралашмасини тўла таҳлил қилишга, яъни бу аралашмани ташкил этувчи ҳамма газларнинг концентрациясини аниқлашга имкон беради.



8.5.Расм. Хроматографик газ анализаторининг

*Хроматографик ажратиши йўли билан кўп компонентли газ аралашмаларини таҳлил қилиш учун мўлжалланган асбоблар **хроматографлар** деб аталади.* Уларнинг принцинал схемаси 8.5-расмда келтирилган. Ўлчаш жараёни хроматографда икки босқичда ўтади: олдин аралашма алоҳида

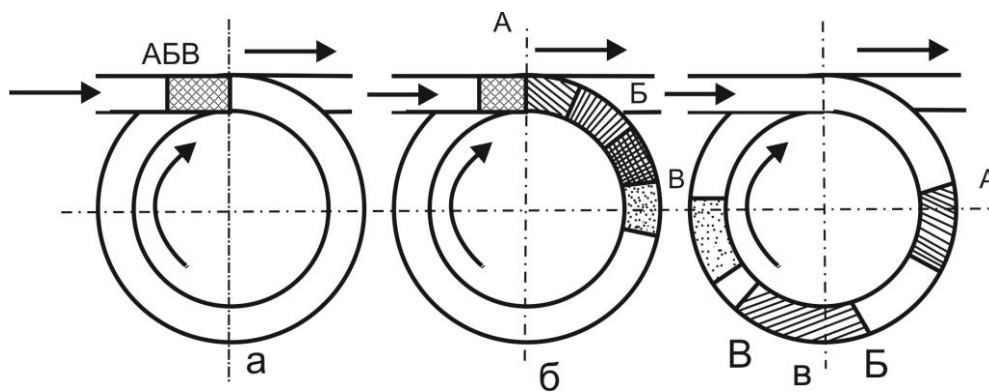
компонентларга ажратилади, сўнгра аралашмадаги ҳар қайси компонентнинг миқдори ўлчанади. Газ аралашмасини ажратиш колонкаси 2 да содир булади.

Бу колонка юпқа найчадан иборат бўлиб, ўз сиртидаги газларни ушлаб олиш ва тутиб туриш хусусиятига эга бўлган модда — сорбент билан тўлдирилган бўлади. Таҳлил қилинаётган газнинг дозатор 1 да ўлчаб олинган порцияси даврий равишда элтувчи газ деб аталадиган ёрдамчи газнинг узлуксиз оқимиغا бериб турилади. Колонка орқали аралашма порцияси ҳайдалганида тегишли компонентларга ажрайди. Ажралиш газларнинг турлича абсорбцияланиши туфайли юз беради. Абсорбцияланиш қанча юқори бўлса, элтувчи газ молекулаларини сорбент сиртидан шунча қийинлик билан ажратиб олади. Шунинг учун элтувчи газ колонкага тўхтовсиз кириб туриб, ундан компонентларни навбати билан сиқиб чиқаради: олдин аралашманинг кучсиз абсорбцияланадиган компоненти, сўнгра қолганларини. Шундай қилиб, колонкадан ҳақиқатан олганда бинар аралашма чиқади, унинг компонентлардан бири элтувчи бўлиб, бошқаси таҳлил қилинаётган аралашма бўлади. Бинар аралашмалар детектор 3 ёрдамида таҳлил қилинади. Детекторларнинг энг кўп тарқалган турларидан

бири термокондуктометрик газ анализаторларидир. Детекторнинг чиқиш сигнали қайд этувчи асбоб 4 га берилади.

Газларни таҳлил қилиш учун газ абсорбцион ва газ тақсимлаш хроматография усуллари энг кўп тарқалган. Буларнинг биринчисида ҳаракатчан фаза – газ ва қўзғалмас фаза – майдаланган қаттиқ модда бўлади. Иккинчи хил асбобларда ҳаракатчан фаза – газ ва қўзғалмас фаза – ғовак асосга суркалган суюқлик бўлади. Газ-абсорбцион хроматографларда компонентларнинг ажралишига уларнинг қўзғалмас қаттиқ фаза сиртига турлича абсорбцияланиши, газ тақсимлаш хроматографларда эса қўзғалмас суюқ фазада турлича эриши сабаб бўлади.

8.6-расмда газлар аралашмасининг компонентларга газ абсорбцион усулда хроматографик ажралишининг принципиал схемаси кўрсатилган. Газ аралашмасининг учта А, Б, ва В элтувчи газ ёрдамида узун юпқа найча — ажратиш колонкаси компонентларидан таркиб топган намунаси (8.6, а -расм) орқали сиқиб чиқарилади, найча спирал тарзида букилган ва абсорбент билан тўлдирилган бўлади.



8.6. Расм. Газ аралашмасини компонентларга хроматографик тарзда ажратишнинг абсорбцион схемаси

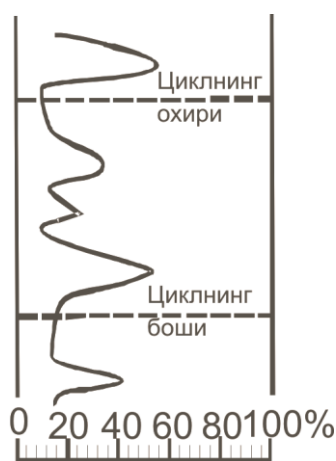
Аралашма компонентлари турлича абсорбциялангани сабабли уларнинг колонкада ҳаракатланиши турлича секинлашади. Айни компонент молекулалари қанча кўп адсорбцияланса, уларнинг кечикиши шунча катта бўлади, ва аксинча. Унинг учун аралашманинг айрим компонентлари

колонкада турлича тезликда ҳаракатланади. Маълум вақтдан кейин (8.6, б-расм) биринчи бўлиб кам абсорбцияланган B компонент, ундан кейин компонент B ва ниҳоят, энг кўп абсорбцияланган ва шу сабабли бошқаларига караганда секинроқ ҳаракатландиган A компонент кетади.

Кейинги вақт оралиқларида компонентларнинг ҳаракатланиш тезлиги турлича бўлганлиги туфайли компонентлар тўла ажралади (8.6, в-расм) ва хроматографик колонкадан кетма-кет ё элтувчи газ ёки элтувчи газ – компонентдан иборат бинар аралашма чиқади.

Кўп компонентли газни таҳлил қилишда компонентлар колонкадан уларнинг молекуляр массалари ортиб бориши тартибида чиқади. Компонентлар ажралишининг маълум ўзгармас шароитларида (ҳарорат, элтувчи газ сарфи, абсорбентнинг хоссалари ва ҳ.к.) ҳар қайси компонентнинг айна хроматографик колонкадан ўтиш вақти, бинобарин, унинг чиқиш вақти ўзгармайди.

Шунинг учун ҳар қайси компонентнинг чиқиш вақти хроматографик таҳлилнинг сифат кўрсаткичи ҳисобланади.



**8.7.Расм. Газ аралаш-
масининг
хроматограммаси**

Газ-абсорбцион хроматографияда элтувчи газ сифатида азот, гелий, ҳаво ва бошқа газлардан фойдаланилади: абсорбент сифатида эса актив кўмир, силикагел, алюмогел, магний оксид ва бошқалардан фойдаланилади.

Таҳлил натижаларини иккиламчи асбоб қайд этади. 8.7-расмда уч компонентли аралашмани таҳлил қилиш натижаларининг лентали диаграммага ёзилиши кўрсатилган. Таҳлил қилинаётган аралашманинг хроматограммаси бир нечта чўққи нуқталари бўлган эгри чизикдан иборат. Цикл бошлангандан кейин чўққиларнинг пайдо бўлиш вақти аралашма компонентининг турини, чўққининг барча чўққилар йиғинди юзига келтирилган юзи эса айна компонентнинг концентрациясини белгилайди.

8.7- §. Моддаларнинг намлигини ўлчаш

Газлар, суюқ муҳит ва қаттиқ жисмларнинг намлиги кимё, озиқ-овқат, металлургия, нефт-газ, тўқимачилик саноатида ва бошқа саноат тармоқларидаги ҳамда қурилишдаги кўпгина технологик жараёнларнинг муҳим кўрсаткичларидан ҳисобланади.

Ҳар қандай жисмда намликнинг мавжудлиги унинг мутлақ (абсолют) ҳамда нисбий намлиги билан характерланади.

Газнинг мутлақ намлиги дейилганда нормал шароитларда $1,0 \text{ м}^3$ газ аралашмасидаги сув буғи массаси тушунилади. Мутлақ намликнинг бирликлари г/м^3 ёки кг/м^3 .

Нисбий намлик дейилганда $1,0 \text{ м}^3$ аралашмадаги сув буғи массаси (ҳажми)нинг шу ҳароратдаги $1,0 \text{ м}^3$ аралашмадаги сув буғининг максимал массаси (ҳажми)га нисбати тушунилади. Нисбий намлик ўлчовсиз катталик, баъзан у фоизларда ифодаланади.

Материалдаги нам миқдорини миқдор жиҳатидан характерлаш учун иккита катталик — нам сақлами ва намликдан фойдаланилади.

Нам жисм массасининг мутлақ қуруқ материал массасига нисбати нам сақлами деб аталади ва қуйидагича ифодаланади:

$$H_c = \frac{M}{M_0} \quad \text{ёки} \quad H_c = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \cdot 100\% \quad (8.5)$$

бу ерда, M – нам массаси; M_0 – мутлақ қуруқ материалнинг массаси; M_1 – нам материалнинг массаси.

Намлик жисмдаги нам массасининг нам материал массасига нисбати қуйидагича ифодаланади:

$$W = \frac{M}{M_1} \quad (8.6)$$

Нам сақламидан намликка ўтиш ва аксинча ҳолларда қуйидаги нисбатдан фойдаланилади

$$H_c = \frac{W}{1 - W}, \quad W = \frac{H_c}{1 + H_c}.$$

Газ намлигини ўлчаш усулларига психрометрик, шудринг нуқтаси, гигрометрик (сорбцион), конденсацион, спектрометрик, электр-кимёвий, иссиқ ўтказувчанлик усуллари киради. Булардан биринчи учтаси энг кўп тарқалган.

Суюқликларнинг намлигини ўлчаш учун сиғимли, абсорбцион асбоблар ва суюқликнинг намликка алоқаси бор бирор хоссасини ўлчайдиган асбоблардан фойдаланилади.

Қаттиқ ва сочилувчан жисмларнинг намлигини ўлчаш учун бевосита ва билвосита усуллар қўлланилади.

Қуритиш, экстракцион ва кимёвий усуллар бевосита ўлчаш усуллариининг ичида энг кўп тарқалгандир.

Кондуктометрик, диэлкометрик, ўта юқори частотали, оптик, ядровий магнит резонансли, термовакуум, теплофизика усуллари билвосита ўлчаш усулларига киради.

Қуйида саноатда энг кўп тарқалган усулларни кўриб чиқамиз.

8.7.1- §. Газларнинг намлигини ўлчаш

Ҳозир технологик жараёнларда газларнинг ва ҳавонинг намлигини ўлчашнинг психрометрик, шудринг нуқтаси ва гигрометрик усуллари энг кўп тарқалган.

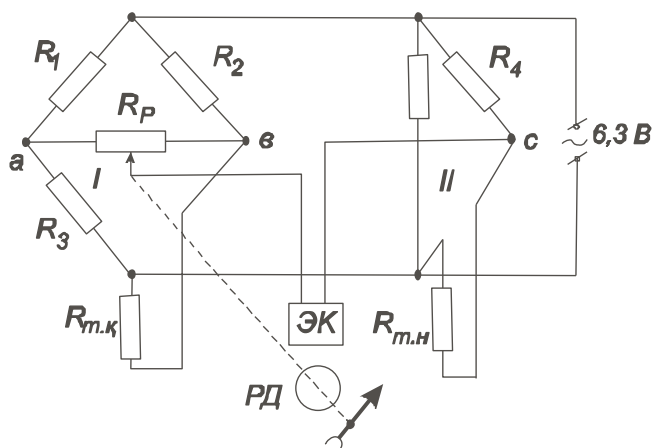
Психрометрик асбоблар билан намликни ўлчаш принципи сув буғининг эластиклиги ҳамда қуруқ ва нам термометрларнинг кўрсатишлари ўртасидаги боғланишига асосланган. Психрометрик самарани ўлчаш учун психрометр иккита бир хил термометрга эга бўлиши керак. Булардан бирининг (хўл термометрнинг) иссиқлик қабул қилувчи қисми идишдан сувни сўриб олувчи гигроскопик жисмга туташиб туради ва доимо нам ҳолда сақланади. Хўл термометрнинг сиртидаги намлик буғланганда унинг ҳарорати пасаяди. Натижада қуруқ ва хўл термометрлар ўртасида психрометрик фарқ деб аталувчи ҳароратлар фарқи пайдо бўлади.

Психрометрик фарққа боғлиқ нисбий намлик қуйидаги нисбатдан

аниқланади:

$$\varphi = \frac{P_H - A(t_K - t_H)}{P_K} \quad (8.7)$$

бу ерда P_H – нам термометрнинг t_H ҳароратида текширилаётган муҳитнинг тўйинтирувчи буғлар эластиклиги, Па; P_K –қуруқ термометрнинг t_K ҳароратида текширилаётган муҳитнинг тўйинтирувчи буғлар эластиклиги, Па; A – психометрик коэффицент бўлиб, у психрометрнинг тузилиши, нам термометрга газ ҳайдаш тезлиги ва газ босимига боғлиқ, $1/^\circ\text{C}$. A коэффицент маълум тузилишли психрометрлар учун тузилган махсус жадваллардан олинади. Бу коэффицентга ҳўл термометрга газ ҳайдаш тезлиги катта таъсир қилади. Газ оқимининг тезлиги ошиши билан A



8.8. Расм. Электр психрометрнинг схемаси

коэффицент камаяди ва 2,5 ва 3 м/с дан ортиқ тезликда доимий бўлиб қолади. Саноат психрометрларида газ оқимининг тезлигини ўзгартирмайдиган қурилмалар бор. Бу тезлик 3 ва 4 м/с дан кам эмас.

Электр психрометрларда ҳароратни аниқлаш учун

термостатлар, ярим ўтказгичли термоқаршилиқлар ва стандарт металл қаршилиқ термометрлари ишлатилади.

8.8-расмда қаршилиқ термометрларига эга бўлган электр психрометрнинг принципаи схемаси кўрсатилган. Асбобнинг ўлчаш қисми I ва II кўприкларидан иборат. Иккала кўприк ҳам электрон кучайтиргичнинг иккита умумий R_1 ва R_3 елкаларига эга. R_{mK} қуруқ қаршилиқ термометри I кўприкнинг елкасига, R_{mH} ҳўл қаршилиқ термометри II кўприк елкасига уланган. I кўприк R_1 , R_2 , R_3 , R_{mK} қаршилиқлардан иборат. II кўприк R_1 , R_3 , R_4 , R_{mH} қаршилиқлардан иборат.

Кўприк диагоналининг а ва в учларидаги потенциаллар фарқи қуруқ

қаршилик термометрининг ҳароратига, а ва с учларидаги потенциаллар фарқи эса ҳўл қаршилик термометрининг ҳароратига мутаносиб. Қўшалок кўприк диагоналининг в ва с нуқталари орасидаги кучланишнинг пасайиши куруқ ва ҳўл қаршилик термометрларининг ҳароратлари фарқига мутаносиб. Ўлчаш тизимининг мувозанати РД реверсив двигател ёрдамида ҳаракатга келтириладиган R реохорд сирпанғичини автоматик равишда силжитиш йўли билан ҳосил қилинади. Шу билан бирга двигател асбоб стрелкасини ҳам силжитади. Асбобнинг шкаласи нисбий намлик фоизларида даражаланган.

Психрометрик усулнинг афзалликлари – мусбат ҳароратда ўлчашнинг етарли даражада аниқлиги ва инерционлигининг кичиклиги; камчиликлари – ўлчаш натижаларининг газ ҳаракати тезлигига ва атмосфера босими ўзгаришларига боғлиқлиги; ҳарорат пасайиши билан сезгирликнинг камайиши ва хатонинг кўпайишидир.

Автоматик психрометрик намлик ўлчагич АПВ-201 технологик объектлардаги буғ-газ аралашмасининг нисбий намлигини узлуксиз назорат қилиш учун мўлжалланган. Унинг ишлаш принципи нисбий намликни ўлчашнинг психрометрик усулига асосланган.

Нам ўлчагич учта блокдан: бирламчи ўзгарткич, иккиламчи ўзгарткич ва мувозанатлаштирилган кўприк КСМ-3 дан иборат. Нисбий намликни ўлчаш чегаралари 10... 100%. Ўлчанаётган муҳитнинг ҳарорати 30...100°C. Асосий хатолик нисбий намликнинг 3% ига тенг.

Гигрометрик нам ўлчагичларда сезгир элемент ўлчанаётган газ билан гигрометрик мувозанатда туриши керак. Техник ўлчашлар амалиётида гигрометрик ўзгарткичларнинг қуйидаги турлари тарқалган: электролитик, қиздиришли электролитик ва сорбцион. Электролитик гигрометрларда ўлчаш ўзгарткичида электролитли намга сезгир элемент бўлади. Газнинг намлиги ўзгарганда бу элементдаги нам миқдори ўзгаради, натижада электролитнинг концентрацияси ҳамда тегишлича унинг қаршилиги ёки электр ўтказувчанлиги ўзгаради. Электролит сифатида, кўпинча, литий хлорид ишлатилади. Электролитик гигрометрларнинг ўлчаш схемалари кўприкли

ўлчаш схемаларининг турли вариантларидан иборат бўлади. Электрוליтик гигрометрларнинг камчилигига уларнинг даражаланиш тавсифларининг нотурғунлигини, шунингдек, уларнинг кўрсатишига ҳароратнинг ва эритма концентрациясининг таъсирини киритиш мумкин.

Қиздириладиган электрוליтик ўзгарткичлар тузилиши жиҳатидан электрוליтик ўзгарткичларга яқин. Бироқ ишлаш принципи бўйича фарк қилади. Газ намлиги ўзгариши натижасида ўзгарткич электр ўтказувчанлиги ўзгариб унинг ҳарорати ҳам ўзгаради. Агар газнинг намлиги ортса, ўзгарткичнинг электр ўтказувчанлиги ҳам ортиб, токнинг кўпайишига, ўзгарткич ҳароратининг кўтарилишига ва ўзгарткичдан намнинг буғланишига олиб келади. Бу эса ўз навбатида электр ўтказувчанликнинг, токнинг ва ўзгарткич ҳароратининг камайишига олиб келади. Шундай қилиб, таҳлил қилинаётган газдаги сув буғларининг парциал босимлари билан электрוליтнинг тўйинган эритмаси устидаги парциал босимларнинг мувозанат ҳолатига мос келадиган режим автоматик тарзда сақлаб турилади. Бу мувозанат ҳолатига мос келувчи ҳарорат бирор термометр билан ўлчанади. Қиздиришли электрוליтик гигрометрлар нисбатан содда ва ишончлидирлар. Уларнинг тавсифи амалда газнинг чангишига ёки ифлосланишига, тезлигига, босимига ва таъминлаш кучланишига боғлиқ эмас.

Сорбцион гигрометрларда сорбцион материаллар (керамика, микроговакли материаллар, алюминий оксидлар ва бошқалар) физик хоссаларининг улардаги газ намлигига боғлиқ бўлган нам миқдорига қараб ўзгаришидан фойдаланилади. Одатда, нам сақлами ўзгариши билан ўлчаш ўзгарткичининг электр қаршилиги, сиғими, бирор бошқа параметри ўзгаради. Асбобнинг ўлчаш схемаси ўлчаш ўзгарткичини чиқиш сигнали билан белгиланади. Бу турдаги асбоблар индивидуал даражаланиш тавсифлари билан фарқ қилади, шунинг учун уларнинг саноатда кенг қўлланилиши чеклаб қўйилган.

Назорат саволлари

1. Газ аралашмаларини таркибини анализ қилишнинг усуллари
изоҳлаб беринг.
2. Термохимёвий, термокондуктометрик, термомагнит газ
анализаторларининг ишлаш принципини тушунтиринг.
3. Газ аралашмаларининг таркибини анализ қилишда химёвий ва
электрохимёвий газ анализаторларининг фарқи қандай?
4. Хроматография газ анализаторининг ишлаш принципини
тушунтиринг.
5. Абсорбцион-оптик газ анализаторининг ишлаш принципини
тушунтиринг.
6. Эритмаларнинг таркибини анализ қилишнинг кондуктометрик, оптик,
потенциометрик усуллари ишлаш принципини тушунтиринг.
7. Моддаларнинг намлигини ўлчаш усуллари изоҳлаб беринг.

АВТОМАТИК РОСТЛАШ ВА РОСТЛАГИЧЛАР

9.1- §. Асосий тушунча ва қоидалар

Технологик жараёнларда одамнинг иштирок этишига кўра автоматлаштиришни қуйидагиларга ажратиш мумкин: автоматик назорат, автоматик ростлаш ва автоматик бошқариш.

Автоматик назорат - технологик жараён ҳақида оператив маълумотларни автоматик равишда қабул қилиш ва уни қайта ишлаш учун керакли бўлган шароитларни таъминлайди.

Автоматик ростлаш - технологик жараёнларнинг тегишли параметрларини автоматик ростловчи асбоблар ёрдамида талаб қилинган сатҳда сақланишини назарда тутати. Бу ҳолда одам фақат автоматик ростлаш тизимининг (АРТ) тури ишлашини назорат қилади. **Автоматик бошқариш** - технологик операцияларни белгиланган муттасиллигининг автоматик равишда бажарилишини ва бошқарув объектига нисбатан бўладиган таъсирларнинг муайян муттасиллигини ишлаб чиқишдан иборат.

Ҳар бир технологик жараён (технологик жараён параметрлари деб аталувчи) ўзгарувчан физикавий ва кимёвий катталиклар (босим, сарф, температура, намлик, концентрация ва ҳоказо) билан характерланади. Технологик аппаратура жараённинг тўғри ўтишини таъминлаши учун муайян жараённи характерловчи параметрларни берилган қийматда сақлаши лозим.

*Қийматини стабиллаш ёки бир текисда ўзгаришини таъминлаш зарур бўлган параметрга **ростланувчи катталик** деб аталади. Ростланувчи катталикнинг қийматини стабиллаш маълум қонун бўйича ўзгаришини амалга ошириш учун мўлжалланган асбоб **автомат ростлагич** дейилади. Ростланувчи катталикнинг айна пайтда улчанган қиймати **ростланувчи катталикнинг айна қиймати** дейилади. Ростланувчи катталикнинг технологик регламент бўйича айна вақтда доимий сақланиши шарт бўлган*

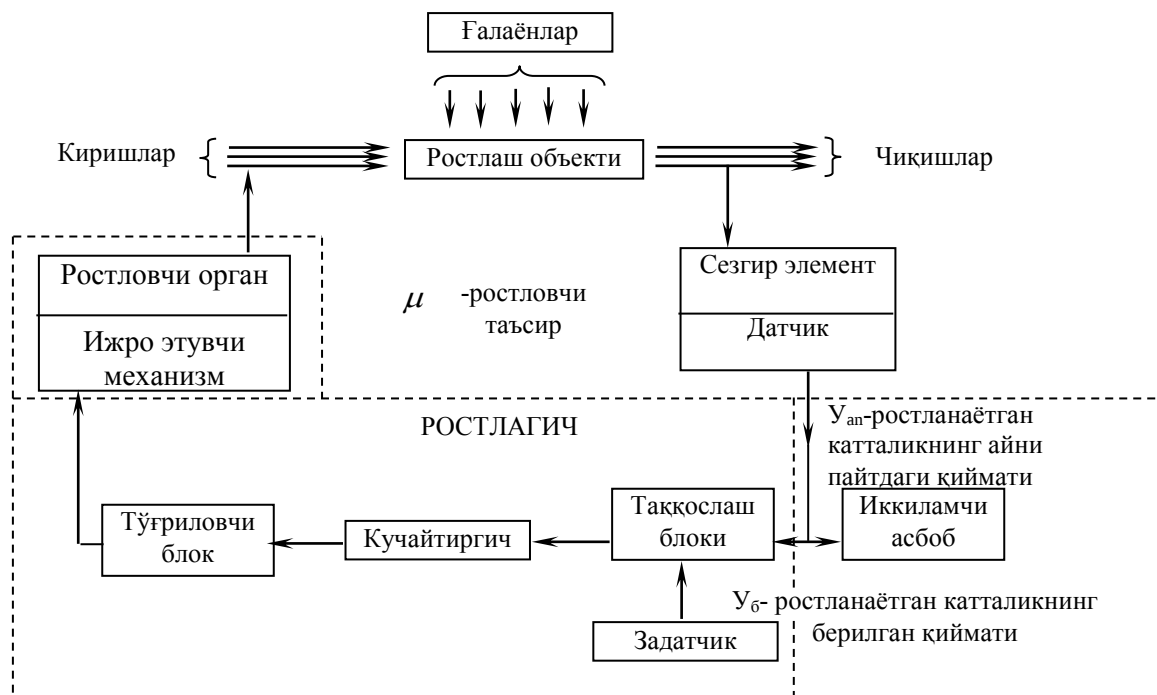
қиймати **ростланувчи катталиқнинг берилган қиймати** дейилади. Технологик регламент ростланувчи катталиқнинг ҳозирги ва берилган қийматларини вақтнинг ҳар бир онда тенг бўлишни талаб қилади. Аммо ички ёки ташқи шароитларнинг ўзгариши сабабли ростланувчи катталиқнинг айти қиймати берилган қийматидан четга чиқиши мумкин. *Шу пайтда ҳосил бўлган қийматлар фарқини хато ёки номослик* дейилади.

Хато ёки номослик нолга тенг бўлган технологик жараён турғунлашган режим дейилади. Турғунлашган режимда моддий ва энергетик баланслар қатъий сақланади.

Шундай қилиб, саноатнинг энг муҳим талабларидан бири - технологик жараёнинг турғунлашган режимини сақлашдан иборат. *Моддий ва энергетик балансга риоя қиладиган машина ёки аппарат ростланувчи объект* дейилади.

9.2- §. Автоматик ростлаш тизимининг тузилиши

9.1-расмда тасвирланган бир контурли АРТнинг функционал схемасини кўриб чиқамиз.



9.1-расм. Автоматик ростлагич тизимининг бир контурли берк функционал схемаси.

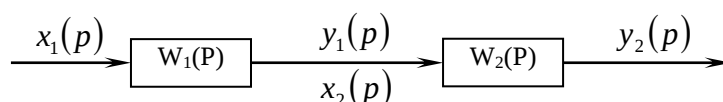
*Ростланувчи катталиқ билан кириш сигнали ўртасидаги функционал боғланишга **ростлаш қонуни** деб аталади.*

Сигнал автоматик ростлагичнинг чиқишидан ижро этувчи механизм киришига келади. *Ростлагичнинг буйруқ сигналлари ўзидаги ростловчи органнинг тегишли сигналига ўзгартирувчи қурилма **ижро этувчи механизм** дейилади.*

Функционал белгиларига кўра автоматик ростлаш тизимидаги элементларни қуйидаги гуруҳларга бўлиши мумкин: 1) сезгир элементлар; 2) датчиклар; 3) солиштириш элементлари; 4) топшириқ бергич ёки бошқарувчи элементлар (задатчик); 5) ўзгартирувчи элементлар (бирор физик хоссаларга эга бўлган сигналларни иккинчи хил физик хоссаларга эга бўлган сигналларга айлантиришга мўлжалланган); 6) кучайтиргичлар; 7) тузатувчи элементлар (тизимни талаб қилинган динамик сифатлар билан таъминлайди); 8) ижро этувчи элементлар; 9) стабилизаторлар (тизимнинг иш пайтида берилган физик катталиқ тебранишларини стабиллашга мўлжалланган); 10) сигналларни узатиш учун хизмат қиладиган тақсимлагичлар (турли элементларни бир-бирига кетма-кет улашга мўлжалланган); 11) ҳисоблаш элементлари (конкрет технологик масалаларини ечиш ва маълум математик операцияларни бажаришга мўлжалланган).

9.3- §. Автоматик ростлаш тизимларининг тузилиш схемалари ва уларнинг ўзгариши

Блок-алгебра қоидалари кўп таркибий бўғинлардан ташкил топган АРТнинг таҳлили ва синтезини анча соддалаштиради. АРТнинг динамик хусусиятлари таркибий элементлар характеристикалари ва уларнинг бир-бирига уланиш тартибига кўра аниқланади. Шунинг учун, бир хил бўғинларнинг турлича қўшилиши турли динамик хоссали тизимларни ташкил қилади.



9.2. Расм. Бўғинларнинг кетма- кет уланиши.

Бўғинларнинг кетма-кет уланиши. 9.2-расмда $W_1(p)$ ва $W_2(p)$ узатиш функцияларига эга бўлган кетма-кет уланган иккита бўғиндан ҳосил бўлган тизимнинг схемаси келтирилган.

Занжирли узатиш функциясини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$W(p) = \frac{y_2(p)}{x_1(p)} = \frac{y_2(p)}{x_1(p)} \cdot \frac{x_2(p)}{x_2(p)} = \frac{y_2(p)}{x_1(p)} \cdot \frac{y_1(p)}{x_2(p)} = W_1(p) \cdot W_2(p).$$

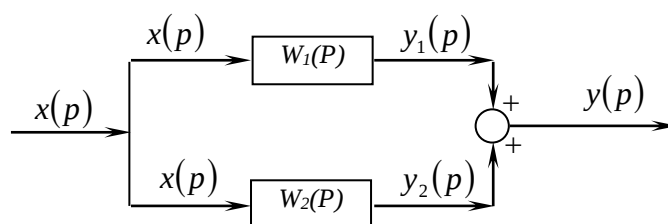
n та элементлардан ҳосил бўлган занжирнинг узатиш функцияси

$$W(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) \dots W_n(p) = \prod_{i=1}^n W_i(p).$$

Бошқача қилиб айтганда кетма-кет уланган занжирининг узатиш функцияси таркибий бўғинлар функцияларининг кўпайтмасига тенг. Бундай тизимнинг кучайиш коэффиценти таркибий элементлар кучайиш коэффицентларининг кўпайтмасига тенг.

$$K = K_1 \cdot K_2 \dots K_n = \prod_{i=1}^n K_i.$$

Кетма-кет уланган элементар очик бўғинлар занжирининг АФХ си шу бўғинларнинг АФХ лари кўпайтмасига тенг:



9.3. Расм. Бўғинларнинг параллел уланиши.

$$W(j\omega) = W_1(j\omega) \cdot W_2(j\omega) \dots W_n(j\omega) = \prod_{i=1}^n W_i(j\omega).$$

Бўғинларнинг параллел уланиши. Бўғинларнинг параллел уланишида (9.3-расм) битта кириш сигнали бир неча бўғинларнинг киришига берилади,

чиқиш сигналлари эса жамланади. $W_1(p)$ ва $W_2(p)$ узатиш функцияли иккита параллел уланган бўғинларнинг узатиш функциясини аниқлаймиз:

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{y_1(p) + y_2(p)}{x(p)} = \frac{y_1(p)}{x(p)} + \frac{y_2(p)}{x(p)} = W_1(p) + W_2(p).$$

n та параллел уланган бўғинлар тизимининг узатиш функцияси ҳар бир бўғин узатиш функциясининг йиғиндисига тенг:

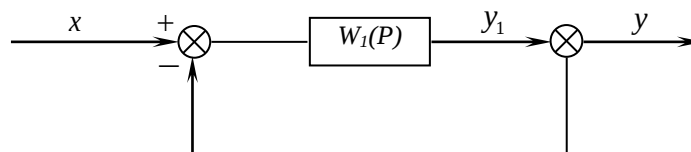
$$W(p) = W_1(p) + W_2(p) + \dots + W_n(p) = \sum_{i=1}^n W_i(p).$$

Элементнинг тескари алоқа билан қамралиши. Баъзан бўғиннинг киришига кириш таъсиридан ташқари чиқиш сигналининг бир қисми берилади. $W_1(p)$ узатиш функциясига эга бўлганган элемент манфий тескари алоқа билан қамралишини кўриб чиқамиз (9.4-расм):

$$x_1(p) = x(p) - x_2(p); \quad y(p) = x_2(p) = y_1(p); \\ y_1(p) = W_1(p) \cdot x_1(p).$$

Бир оз ўзгартиришлардан сўнг:

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p)}$$



9.4.Расм. Манфий тескари алоқалар элементи.

Охириги ифодани умумлаштирсак қуйидагича хулоса қилиш мумкин: агар бир ёки бир неча бўғин бирламчи манфий тескари алоқа билан қамралса, тизимнинг 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 $W_{mб}(p)$ узатиш функциясига эга

бўлган бўғин мавжуд бўлса тизимнинг эквивалент узатиш функцияси қуйидаги келади:

$$W(p) = \frac{\prod_{i=1}^n W_i(p)}{1 + \prod_{i=1}^n W_i(p) \cdot W_{T.B}(p)}$$

Бир ёки бир неча бўғинлар бирламчи мусбат тескари алоқа билан камралса, тизимнинг умумий узатиш функцияси

$$W(p) = \frac{\prod_{i=1}^n W_i(p)}{1 - \prod_{i=1}^n W_i(p)}$$

Бўғинларнинг аралаш уланиши. Автоматик ростлашда, тескари-яъни алоқа билан камралган, кетма-кет ва параллел уланган, яъни оралиқлари уланган бўғинлар кенг ишлатилади. Бундай ҳолларда блок-алгебра қоидалари ёрдамида эркин структурали бўғин ва тизимлар таҳлил учун қулайроқ шаклга келтирилади.

9.4- §. 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. *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 катталикнинг айна 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 жараёнларни рoстлаш учун қўлланилади. Дискрет ҳаракатли рoстлагичлар эса типавий жараёнлар тўпламини бошқариш учун ишлатилади. Типавий саноат рoстлагичларида амалга ошириладиган рoстлаш қонунлари ва уларнинг хусу-сиятларини кўриб чиқамиз.

Рoстлашнинг статик қонуни. Рoстлашнинг, қисқача «П - рoстлаш» деб аталувчи, статик (ёки пропорционал) қонуни қуйидаги пропорционал тенглама орқали тавсифланади.

$$x = -s_1 y; \quad (9.1)$$

бу ерда, x – рoстлагичнинг чиқиш сигнали (ёки ижро этувчи механизм рoстловчи органининг нисбий силжиш) s_1 - кучайиш коэффиценти (узатиш коэффиценти); y - рoстланувчи катталиқнинг берилган қийматидан четга чиқиши.

Манфий ишора рoстловчи таъсир рoстланувчи катталиқнинг четга чиқишини бартараф этишини кўрсатади. Ушбу қонунни амалга оширувчи қурилмалар статик ёки пропорционал рoстлагичлар (қисқача «П - рoстлагич»лар) деб аталади.

Керак бўлган характеристикани олиш учун катталиги рoстланувчи объектнинг динамик хусусиятларидан аниқланадиган s_1 ни ўзгартириш керак. П - рoстлагичнинг узатиш функцияси) (9.1) ифодага мувофиқ қуйидагича бўлади:

$$W(p) = \frac{x(p)}{y(p)} = -s_1 \quad (9.2)$$

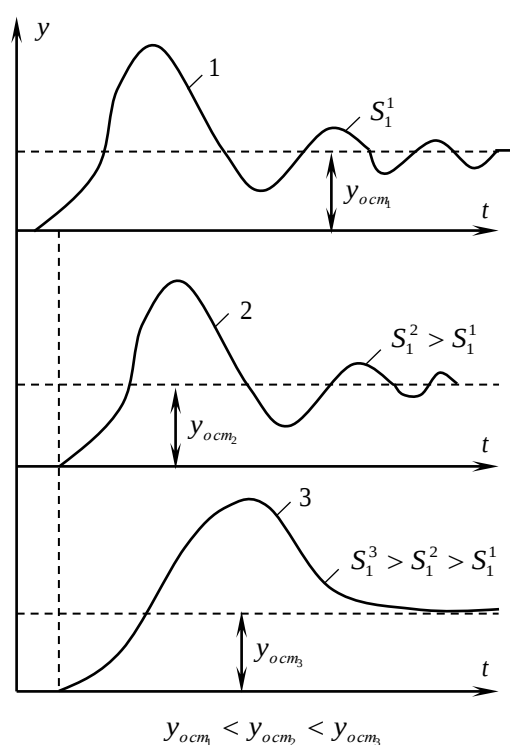
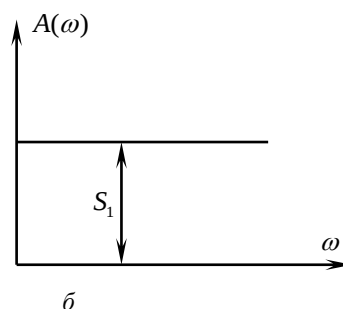
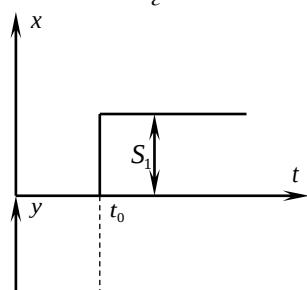
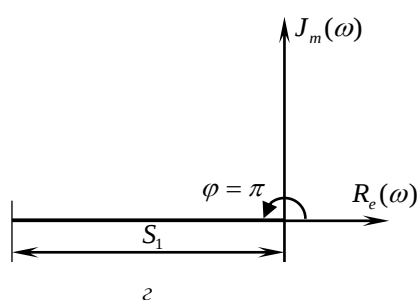
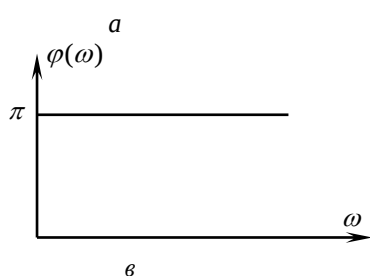
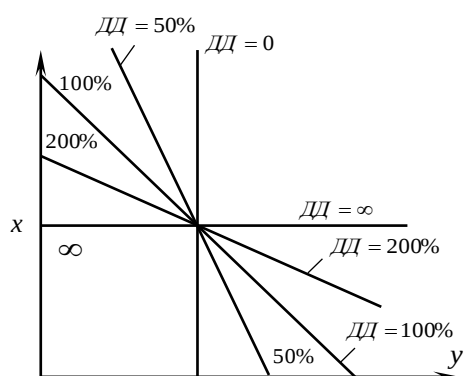
p ни $j\omega$ билан алмаштирсак рoстлагичнинг амплитуда-фаза характеристикаси (АФХ) тенгламасига эга бўламиз:

$$W(j\omega) = -s_1 = s_1 e^{j\pi}.$$

Охирги тенглама статик рoстлагичларнинг амплитуда-частота (АЧХ) ва фаза-частота (ФЧХ) характеристикалари кириш частотасига боғлиқ эмаслигини билдиради.

9.5-расмда II ростлагичнинг характеристикалари келтирилган. Статик характеристиканинг оғиши 9.5-расмда ростлагичнинг узатиш коэффициентига боғлиқ. 9.5, б -расм тасвирланган ростлагичнинг АЧХ си абсциссалар ўқиға параллел бўлиб, ундан s_1 масофада жойлашган. Ростлагичнинг ФЧХ си ҳам (9.5, в - расм) шунга ўхшаш жойлашган, лекин у абсциссалар ўқидан π масофага сурилган. Ростлагичнинг АФХ S_1 си узунликка тенг вектордан иборат бўлиб, соат стрелкаси йўналишига қарши π бурчакка бурилган.

Ростланувчи объектларнинг статик ростлагичлар билан таъминланиши объектларнинг турли юкларида ростланувчи катталикларнинг доимий қийматини таъминлай олмайди. Бундай автоматик ростлаш тизимлари статик хатонинг мавжудлиги билан таърифланади.



9.5. Расм. II- ростлагичнинг характеристикалари.

а-статик; б-амплитуда-фаза; в - фаза- частота; г - амплитуда-фаза, ∂S_1 нинг турлича созланишда ростлаш тизимининг ўтиш жараёни е-рослагичнинг югуриш эгри чизиғи

Статик хато ростлагич созлаш параметрини конкрет s_1 қийматига боғлиқ; S_1 канча катта бўлса, ростлашнинг статик хатоси шунча кам бўлади (9.5, ∂ - расм). Шу билан бирга, ростлагич кучайиш коэффициентининг хаддан ташқари ўсиши тизимда секин сўнувчи мажбурий ўтиш жараёнининг ҳосил бўлишига олиб келади. Ўтиш жараёнининг эгри чизиғи 3 созлаш катталиклари S_1 кичик бўлган АРТ учун хосдир. Кўриниб турибдики, бу ҳолда тизим йўл қуйиб бўлмайдиган даражада катта қолдиқли четга чиқишга эга бўлади. Тизимда (9.5, ∂ -расм) эгри чизик 2 шаклида тасвирланган ўтиш жараёнини таъминловчи пропорционал ростлагичнинг S_1 қийматли созлаш параметрини танлаш керак. Бундай тизимда ростланувчи катталикнинг қолдиқли четга чиқиш ва ўтиш жараёнининг давомлилиги унчалик катта эмас.

Ростлагичда кучайиш коэффициентининг сонли қиймати, ростланувчи катталик бир ўлчов бирлигига четга чиққанда ростлагичнинг буйруқ сигнали натижасида ижро этувчи механизмларни ростловчи органнинг нисбий силжишига тенг. Амалда ростлагичнинг характеристикасини олиш учун **пропорционалик чегараси** ёки **дросселлаш диапазони** тушунчаси ишлатилади. Бу тушунча ростлагичнинг кучайтириш коэффициентига тесқари катталик бўлиб, фоизларда ифодаланади. Агар ростлагичнинг пропорционаллик чегараси 100% га тенг бўлса ва ростланувчи катталик

ростлагичга уланган ўлчов асбобининг шкаласи чегараси оралиғида ўзгарса, ижро этувчи механизмнинг органи ўзининг бир ҳолатидан бошқа ҳолатига ўтади. 9.5, *а*-расмда *П* - ростлагичнинг киришига поғонали ғалаёланиш таъсир қилган вақтдаги унинг тарқалиш эгри чизиғи келтирилган. Мазкур расмда, таркибида *П* - ростлагич бор бўлган тизимнинг ростловчи органи сакрашсимон таъсир натижасида ўзининг бир ҳолатидан иккинчи ҳолатига ўтиши тасвирланган. Бундай силжиш натижасида 9.5, *б* - расмда кўрсатилган ўтиш жараёнларининг бирини ҳосил қиламиз, бунда ростланувчи объект турғун бўлиши шарт.

Ростлашнинг интеграл қонуни. Бу қонун қисқача *И* - ростлаш деб аталади ва қуйидаги тенглама орқали тавсифланади:

$$\frac{dx}{dt} = -s_0 y, \quad 9.3$$

бу ерда, s_0 - ушбу қонунни амалга оширувчи ростлагичнинг узатиш коэффициенти.

s_0 коэффициент (ростлагичнинг созланиш параметра) ростлагичга уланган ижро этувчи механизмнинг ростланувчи катталиқ у нинг четга чиқишидаги иш тезлигини таърифлайди.

Ростлашнинг кўрилаётган қонуни қуйидаги маънони билдиради: ростлагич росланаётган объектга ростланувчи параметр у нинг четга чиқишига пропорционал бўлган тезликда таъсир кўрсатади. (9.3) тенгламадаги манфий 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 (9.3) ифодани интегралласак, ростлагичнинг интеграл шаклда ёзилган тенгламасига эга бўламиз:

$$x = -S_0 \int_0^t y dt - x_0 \quad (9.4)$$

бунда x_0 — ижро этувчи механизм ростловчи органининг бошланғич

ҳолатидаги ростловчи таъсири.

(9.4) тенгламалар астатик ростлагичлар интегралловчи бўғиндан иборат эканлиги кўринади. Агар (9.3) ифодага Лаплас алмаштиришини кўлласак, астатик рослаузатиш функциясини топамиз:

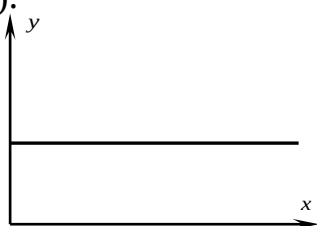
$$W(p) = \frac{x(p)}{y(p)} = -\frac{S_0}{p} \quad (9.5)$$

(9.5) тенгламадаги p операторни $j\omega$ га алмаштирак, ростлагичнинг амплитуда-фаза характеристикасига эга бўламиз:

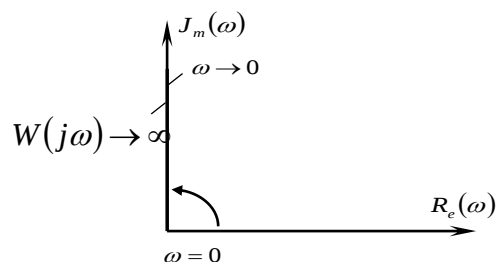
$$W(j\omega) = -\frac{S_0}{j\omega} = \frac{S_0 e^{j\pi}}{\omega e^{j\frac{\pi}{2}}} = \frac{S_0}{\omega} e^{j\frac{\pi}{2}}.$$

9.6-расмда И-ростлагичнинг характеристикалари тасвирланган. Ростлагичнинг статик характеристикаси абсциссалар ўқига параллел бўлган тўғри чизиқдан иборат 9.6, б, в, г -расмларда астатик ростлагичнинг АФХ, ФЧХ ва АЧХ лари тасвирланган. Агар П ва И-ростлагичларнинг фаза – частота характеристикаларини солиштирсак, 9.5, в -расм ва 9.6, в -расм астатик ростлагичнинг илгарилаш бурчаги кичикроқ бўлиб, $\frac{2}{\pi}$ га тенглигини кўрамиз, 9.6, д -расмда турли S_0 созланишига эга бўлган И - ростлагичли ўтиш жараёнларининг эгри чизиқлари келтирилган.

Созлаш параметрининг энг катта s_0 қийматида ёнининг давомлилиги катта бўлади (1-эгри чизиқ). s_0 билан параметрнинг максимал четга чиқиши ортиб боради, лекин ростлаш вақти камаяди (2-эгри чизиқ.). Шу тарзда s_0 ни камайтириб борсак, тебранишли ростлаш жараёнининг аperiодик жараёнга ўтишига эришамиз (3-эгри чизиқ). Агар s_0 ни яна камайтурсак, ростланувчи катталиқнинг максимал четга чиқиши ва ўтиш жараёни вақтининг ортиши билан таърифланувчи ростлаш тизимининг ўтиш жараёнига эга бўламиз (4-эгри чизиқ).



а



б

9.6. Расм. И-ростлагичнинг характеристикалари:

a – статик; b – амплитуда-фаза; c – фаза-частота; d – амплитуда-частота; $\delta - s_0$ нинг турлича созланишда ростлаш тизимини ўтиш жараёни; e – ростлагичнинг югуриш эгри чизиги.

Кўриниб турибдики, динамик хатоси кичик бўлган жараённинг ўтиш вақти бизни қаноатлантиради, сўниш даражаси 80% ни ташкил этиб, 2 ҳолга мувофиқ келадиган (2- эгри чизик) ўтиш жараёнини таъминловчи ростлаш тизимини танлаш мақсадга мувофиқ.

9.6, δ -расмда 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 тизимини ҳосил қилишидадир.

Ростлашнинг пропорционал-интеграл қонуни. Қисқача ПИ - ростлаш дейилади ва қуйидаги тенглама орқали ифодаланади:

$$\frac{dx}{dt} = -(s_1 \frac{dy}{dt} + s_0 y), \quad (9.6)$$

Бу қонунни амалга оширувчи қурилмалар пропорционал - интеграл ёки изодромли ростлагичлар (қисқача ПИ – ростлагич) деб аталади.

Таркибига ПИ – ростлагич кирган тизимнинг талаб қилинган характеристикаси ростлагичнинг созлаш параметрилари s_0 ва s_1 ни ўзгартириш ёли билан олинади.

Ростлагичнинг тенграмаси ўз ичига статик ва астатик ташкил этувчиларни киритади ва операторли шаклда қуйидагича ёзилади:

$$P_x(p) = -(s_1 p + s_0) \cdot y(p).$$

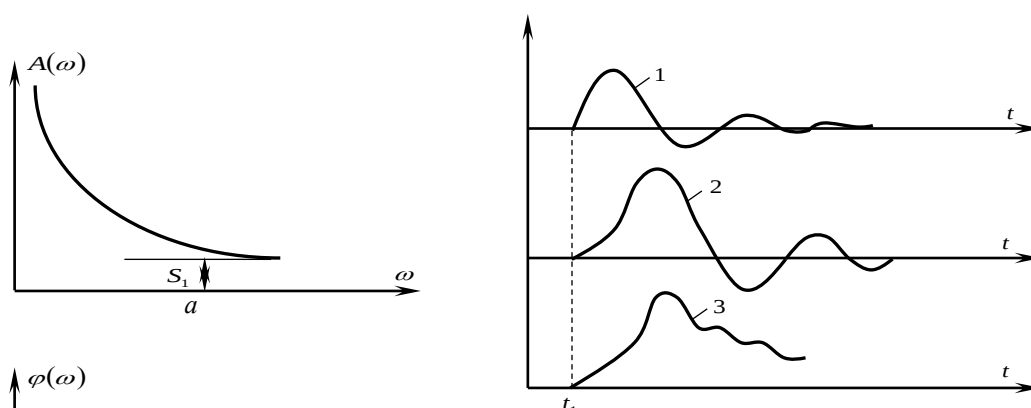
Бу ифодадан изодромли ростлагичнинг узатиш функцияси келиб чиқади:

$$W(p) = \frac{x(p)}{y(p)} = -(s_1 + \frac{s_0}{p}), \quad (9.7)$$

ПИ – ростлагичнинг амплитуда- фаза характеристикаси:

$$W(j\omega) = \sqrt{((\frac{s_0}{\omega})^2 + s_1^2)} \exp(\frac{\pi}{2} + \arctg \frac{s_1}{\frac{s_0}{\omega}}), \quad (9.8)$$

9.7-расмда кўрилатган ростлагичлар синфининг характетеристикаси тасвирланган. (9.8) тенгламадан қуйидаги хулоса келиб чиқади: $\omega = 0$ бўлса АЧХ ∞ га тенг, агар $\omega = \infty$ бўлса, АЧХ s_1 га тенг (9.7, а -расм). Агар $\omega = 0$ бўлса, ростлагичнинг ФЧХ си $\frac{\pi}{2}$ га тенг, агар $\omega = \infty$ бўлса , ФЧХ π га тенг бўлади. (9.7-расм). Изодром ростлагичнинг АФХ си (9.7, в -расм) комплекс текисликдаги ординаталар ўкига параллел мавхум ўқдан s_1 масофада жойлашган тўғри чизикдан иборат.



9.7. Расм. ПИ- ростлагичнинг характеристикалари:

a - амплитуда- частота; b - фаза- частота; c - амплитуда - фаза; s_0 ва s_1 нинг турлича созланишда ростлаш тизимини ўтиш жараёни; d – ростлагичнинг югуриш эгри чизиғи.

Агар $\omega = 0$ бўлса, АФХ ∞ га тенг, агар $\omega = \infty$ бўлса, АФХ s_1 га тенг ва АФХ нинг вектори π бурчакка бурилган бўлади. 9.7, c -расмда ПИ - ростлагичли АРТ нинг созланиш параметрининг турли қийматида ўтиш жараёнларининг графиклари келтирилган. S_0 - ростлагичнинг кучайтириш коэффиценти, s_1 изодром вақти ёки иккиланиш вақти, 1- эгри чизик, кучланиш коэффиценти катта ва изодром вақти кам бўлган ростлагичли тизимлар учун хосдир. Бу эгри чизик тизимнинг сўниш даражаси кичик ва ростлаш вақти катталигини билдиради. 2-эгри чизик иккита созланиш параметрларининг нисбати тўғрилигини билдиради. Кучайтириш коэффиценти жуда кичик ва изодром вақти жуда катта бўлганда тизимнинг мажбурий тебранишларига 3-эгри чизик мос келади. Бунда тизимнинг динамик хатоси ва ростлаш жараёни катта бўлади.

Ростлашнинг иккита содда (пропорционал ва интеграл) қонунларини бирлаштириш ростлашдаги алоҳида қонунларнинг афзалликларини ўз ичига

олган ва камчиликлардан ҳолис бўлган ростлагичга эга бўлиш имконини беради. Натижада изодром ростлагич ростланувчи катталиқнинг четга чиқишини тезда йўқотади (ростлагичнинг чиқишидаги сигнал унинг киришидаги сигналдан фаза бўйича олдинга кетади) ва ростлашни қолдиқли четга чиқишсиз бажаради.

Изодромли ростлагичнинг кечиш эгри чизиғи 9.7, δ -расмда тасвирланган. Кириш сигналининг поғонали ўзгариши натижасида ростлагичнинг чиқиш параметри дастлабки ҳолатидан бошқа ҳолатга тез ўтади ва кейин доимий тезлик билан аста-секин ўзгариб боради. Изодромли ростлагич чиқиш катталигининг дастлабки сакраш қиймати ростлагичнинг кучайтириш коэффициентига боғлиқ. Ростлагич чиқиш сигналининг кейинги вақт пайтларидаги ўзгариш тезлиги созланишга, яъни изодром вақтига боғлиқ.

*Ростлагичнинг интеграл ташиқил этувчиси таъсирида ростловчи органнинг затвори ростлагичнинг пропорционал ташиқил этувчиси таъсирига тенг қийматга силжишига кетган вақт **изодром вақти** деб аталади.* Бу таърифга биноан, кўпинча изодром вақти иккиланиш вақти ҳам деб юритилади.

Ростлашнинг дифференциал қонуни. Биз ростловчи органни ростланувчи катталиқнинг берилган қийматидан четга чиқишига пропорционал (П - ростлаш) ёки номослиқка пропорционал тезликда (И - ростлаш) силжитиш мумкинлигини кўрдик. Демак, ростловчи органни ростланувчи катталиқнинг чиқиш тезлигига пропорционал силжитиш ҳам мумкин усул, биз ростлашнинг дифференциал қонунига эга бўламиз:

$$x = -s_2 \frac{dy}{dt}, \quad (9.9)$$

бу ерда, s_2 - узатиш коэффициенти.

Агар ростланувчи катталиқ стабиллашган бўлса, ўз ичига дифференциал ростлагични киритган тизимнинг органи кўзғалмас бўлади. Бундай ростлагичлар учун ростланувчи катталиқнинг берилган ва оний

қийматлари ўртасидаги номослик мавжудлиги аҳамиятсиз. Агар тизимда мутлоқ катталиги бўйича ўзгармас номослик мавжуд бўлса, ростлагич унга таъсир кўрсатмайди. Ростлагич ҳаракатга келиши учун ростланувчи катталик кандайдир 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:

$$\dot{x} = -(s_1 y + s_2 \frac{dy}{dt}), \quad (9.10)$$

бу ерда, s_2 - узатиш коэффициенти ёки дарак бериш вақти. Бу қонун бўйича ишлайдиган ростлагичлар дарак берадиган пропорционал ростлагичлар (қисқача ПД - ростлагичлар) дейилади.

(9.10) тенглама ПД - ростлагич ишлаб чиқарадиган таъсир ростланувчи катталикнинг четга чиқишига ва шу четга чиқиш тезлигига пропорционаллигини билдиради. Ростлаш қонуни тенграмасида дифференциал ташкил этувчининг мавжудлиги илгарилаш бурчагини ошириш имконини беради.

Шундай қилиб, пропорционал дарак берадиган ростлагичлар ижро этувчи механизмнинг ростловчи органини бирмунча илгарилаш билан ростланувчи катталикнинг четга чиқиш тезлигига пропорционал силжитади. Демак, ростланувчи параметрнинг четга чиқиш тезлиги кичик бўлса, ростлагичнинг илгарилаш таъсири ҳам кичик бўлади. Тизимда хато ёки номослик бўлмаса, ростлагичнинг илгарилаш таъсири бутунлай тўхтайди. ПД - ростлагичнинг кечикиш эгри чизиғи статик ростлагичнинг вақтли характеристикасидан ростлагич чиқиш сигнали вақтининг дастлабки онда кескин (П - ростлагичдан ҳам кескинроқ) катталашиши билан фарқ қилади. Вақт ўтиши билан ростлагичнинг чиқиш сигнали ростлагич кучланишини созлаш коэффициентиға мувофиқ доимий қийматгача камаяди. Шундай қилиб, дарак берувчи механизмнинг таъсирини ростлагич кучайиш

коэффициентининг вақтинча ошиши деб изоҳлаш мумкин. Ростлагич кучайиш коэффициентининг бундай ошиши кечикишга эга бўлган инерцион объектларни автоматлаштиришда зарур. *Ростлагич кучайиш коэффициентининг вақтинча ошиши **тўғри даражалаш** дейилади.* Бундан ташқари, ростлагич кучайиш коэффициентининг вақтинча камайишидан иборат бўлган тесқари дарак бериш ҳам мавжуд. Одатда, вақт доимийси кичик бўлган ростлаш объектларини шундай тесқари дарак беришли ростлагичлар билан таъминлаш мақсадга мувофиқ. ПД -ростлагичларга қолдиқли четга чиқишлар хос бўлиб, бу уларнинг асосий камчилигидир.

Ростлашнинг пропорционал-интеграл-дифференциал қонуни.

Ростлашнинг пропорционал - интеграл - дифференциал қонунида (қисқача ПИД-ростлаш) ростлагич кириш катталигининг ўзгариши билан чиқиш катталиги ўзгаришнинг орасидаги боғланиш қуйидаги кўринишга эга.

$$x = -(s_1 y + s_0 \int_0^1 y dt + s_2 \frac{dy}{dt}), \quad (9.11)$$

Бу қонунни амалга оширувчи қурилмалар пропорционал- интеграл - дифференциал ёки дарак берувчи изодром ростлагичлар (қисқача ПИД - ростлагич) дейилади. ПИД - рослагичлар учун ростловчи таъсирнинг қиймати ростланувчи параметрнинг берилган қийматидан четга чиқишига, шу четга чиқишнинг интегралли ва тезлигига пропорционалдир.

(9.11) тенглама оператор шаклида қуйидагича ёзилади:

$$P_x(p) = -(s_0 + s_1 p + s_2 p^2) \cdot y(p).$$

Бу ифодадан ПИД - ростлагичларнинг узатиш функцияси келиб чиқади:

$$W(p) = \frac{x(p)}{y(p)} = - \frac{s_0 + s_1 p + s_2 p^2}{p}, \quad (9.12)$$

(9.9) тенгламада p нинг ўрнига $j\omega$ ни қўйсак, ПИД - ростлагичларининг амплитуда-фаза характеристикасига эга бўламиз:

$$W(j\omega) = - \left[s_1 + j(\omega s_2 - \frac{s_0}{\omega}) \right] = \sqrt{s_1^2 + (\omega s_2 - \frac{s_0}{\omega})^2} \exp \left[j(\pi + \arctg \frac{\omega^2 s_2 - s_0}{\omega s_1}) \right].$$

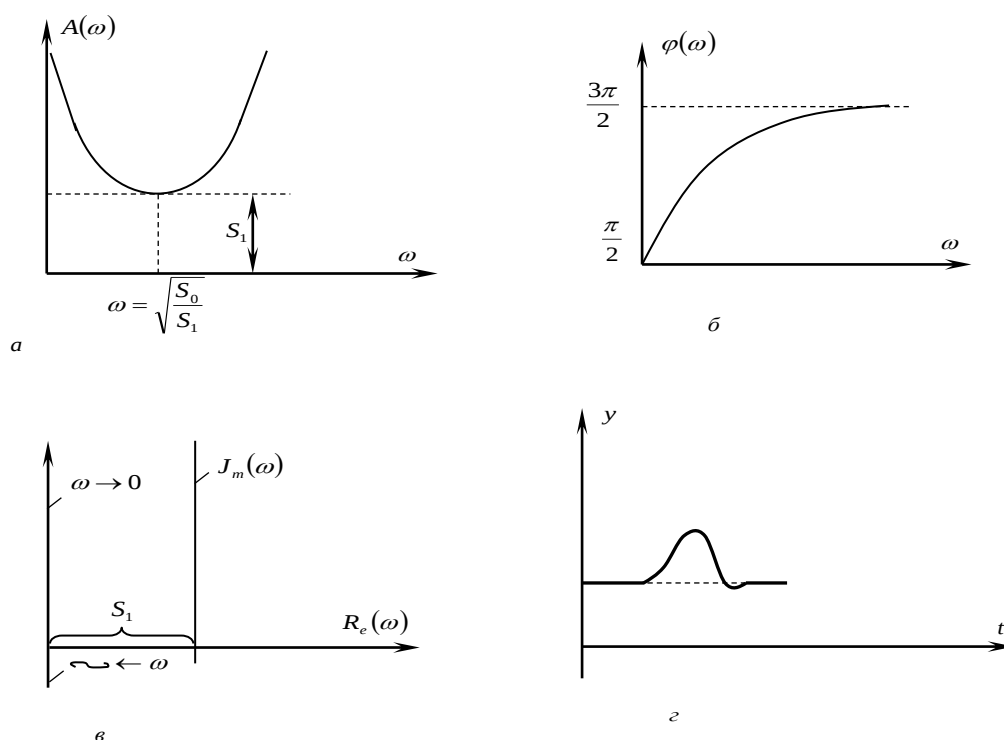
(9.8-расмда ПИД - ростлагичларининг характеристикалари келтирилган. Ростлагичнинг АЧХ си қуйидаги тенглама бўйича тузилади:

$$A(\omega) = \sqrt{s + (\omega s_2 - \frac{s_0}{\omega})^2}.$$

Бу характеристиканинг кўриниши 9.8, а -расмда берилган. 9.8, б - расмда пропорционал-интеграл-дифференциал ростлагичнинг 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 9.8, в - расмда келтирилган ПИД ростлагичли АРТ ўтиш жараёнининг эгри чизиғи 9.8, г -расмда тасвирланган.



9.8. Расм. ПИД- ростлагичнинг характеристикалари.

а - амплитуда-частота; б - фаза-частота; в - амплитуда-фаза; г - ростлаш тизимидаги ўтиш жараёни.

Дарак берувчи изодром ростлагичлар учта созлаш параметрига эга;

узатиш (кучайтириш) коэффиценти, изодром вақти ва дарак бериш вақти. Шу созлаш параметрларини ўзгатириш билан ростлашнинг исталган сифатига эришилади. ПИД - ростлагичлар ростланувчи катталикнинг қолдиқли четга чиқишига йўл қуйиб бўлмайдиган ва сезиларли кечикишга эга бўлган инерцион объектларда қўлланилганда ўзини оқлайди

9.5- §. Автоматик ростлагичларнинг таснифи

Автоматик ростлагичлар саноатнинг турли соҳаларида технологик жараёнларни автоматлаштиришда кенг ишлатиладиган техник воситалардан ҳисобланади. Ростлагичларни таснифлаш ростлаш қонуни, ростланувчи катталикнинг тури, ростлагичнинг иш усули, ишлатиладиган энергия тури, ижро этувчи механизмнинг ростловчи органига кўрсатиладиган таъсирнинг характери, ростлагич ишининг характеристикаси (ростлаш қонуни) каби хусусиятларга асосланади.

Ростланувчи катталикнинг турига кўра ростлагичлар қуйидаларга бўлинади: босим, сарф, температура, сатҳ, намлик ва ҳоказоларни ростлагичлар. Ишлаш усулига кўра бевосита ва билвосита таъсир қилувчи, ростлагичлар мавжуд. *Ижро этувчи механизмнинг ростловчи органини ишга тушириш учун ростланувчи объектдан олинган энергиянинг ўзи билан ишловчи ростлагичлар бевосита таъсир қилувчи ростлагич деб аталади. Агар ижро этувчи механизмнинг ростловчи органини ишга тушириш учун қўшимча энергия керак бўлса, билвосита таъсир қилувчи ростлагичлар ишлатилади.* Фойдаланиладиган энергия турига кўра ростлагичлар электр, пневматик, гидравлик ва аралаш (электр-пневматик, пневмо-гидравлик ва ҳоказо) ростлагичларга бўлинади.

Ижро этувчи механизмнинг ростловчи органига кўрсатиладиган таъсирнинг характери жиҳатидан ростлагичлар узлукли ва узлуксиз ишловчи бўлади. **Узлукли ишловчи** ростлагичларда ижро этувчи механизмнинг фақат ростловчи органи ростланувчи катталикнинг узлуксиз муайян қийматида ҳаракат қилади. Узлуксиз ишловчи ростлагичларда эса ижро этувчи

механизмнинг ростловчи органи ростланувчи катталикнинг узлуксиз ўзгариш ҳолатида узлуксиз ҳаракат қилади.

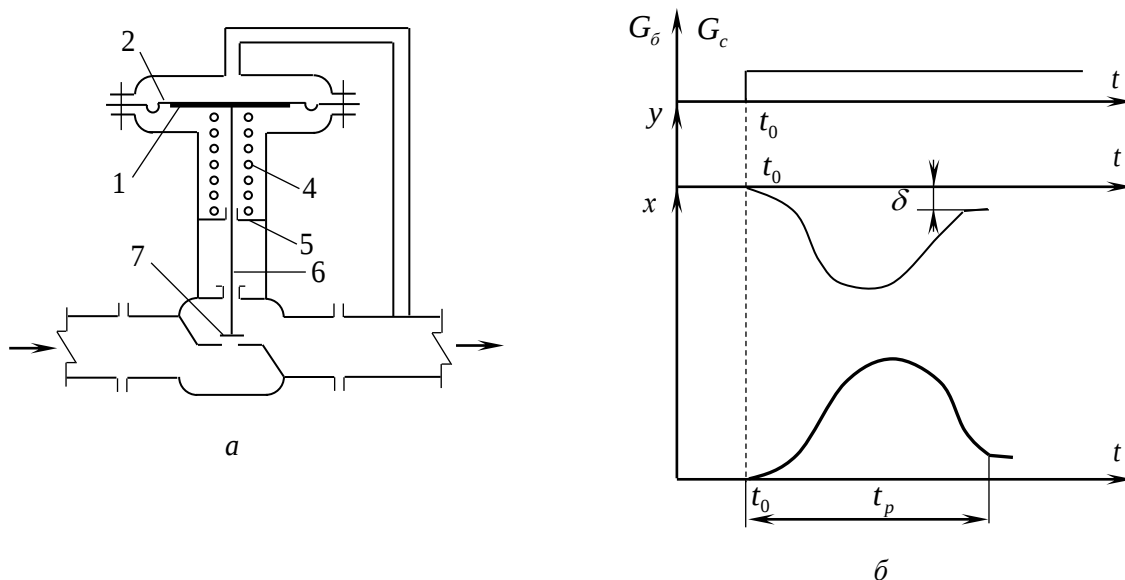
Ростланувчи катталикнинг ўзгариши ва ростловчи таъсир ўртасидаги боғланиш (ёки ижро этувчи механизм ростловчи органининг ҳаракати), яъни ростлаш қонуни назарда тутилган иш характеристикасига кўра ростлагичлар позицион, интеграл (астатик), пропорционал (статик), изодром (пропорционал-интеграл), пропорционал-дифференциал (олдиндан таъсир этувчи статик), пропорционал-интеграл-дифференциал (олдиндан таъсир этувчи изодром) бўлади.

Ростланувчи катталикни вақт давомида талаб қилинган чегарада сақлаб туриш жиҳатидан ростлагичлар стабилловчи, дастурли ва кузатувчи ростлагичларга бўлинади. **Стабилловчи ростлагичлар** ростланувчи катталикнинг берилган қийматга (маълум даражадаги хато билан) тенглашишини таъминлайди. Дастурли ростлагичлар махсус дастурли топшириқ бергич ёрдамида ростланувчи қийматнинг вақт бўйича аввалдан маълум бўлган (қонун) бўйича ўзгаришини таъминлайди. Бу дастур технологик регламент талабларига мувофиқ, тузилган бўлади. **Кузатувчи ростлагичларда** ростланувчи катталикнинг вақт бўйича ўзгариши ростлагич топшириқ бергичига билвосита таъсир қилувчи бошқа катталикнинг ўзгаршига мос бўлади.

Бевосита таъсир қилувчи ростлагичлар. Бевосита таъсир қилувчи ростлагичлар технологии жараёни автоматлаштиришда кам ишлатилади. Бунга сабаб уларнинг етарли қувватга эга эмаслиги ва кўрсатишларни масофага узатиб бўлмаслигидир. Булар асосан босим, температура ва сатҳ ростлагичларидир.

9.9-расмда бевосита таъсир қилувчи статик босим ростлагичнинг принципиал схемаси тасвирланган. Бу ростлагич «ўзидан кейинги» босимни маълум қийматда сақлаб туради. Ростлагичдан кейинги газнинг босими берилган босимга тенг бўлганда, ростлагич элементлари ҳаракатсиз бўлиб, маълум ҳолатни эгаллайди. Газ босими линия 3 бўйлаб мембрана қисмининг

устки бўшлиғига келади ва қаттиқ марказли эластик мембрана 2 га таъсир қилади. Мембрана 2 ижро этувчи механизмнинг ростловчи органидаги затвор 7 билан шток 6 ёрдамида уланган диск 1 га таянади. Мембрана 2 ҳосил қилган куч пружина 4 орқали мувозанатланади. Пружина 4 нинг дастлабки таранглик қиймати винт 5 ёрдамида ростланади.



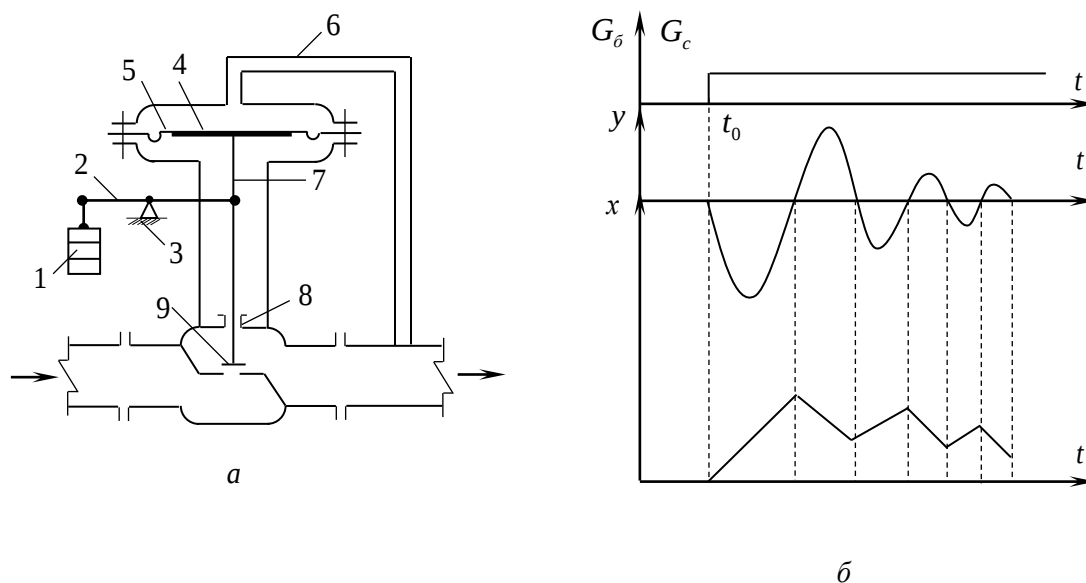
9.9. Расм. Бевосита таъсир қилувчи статик босим ростлагичнинг принципиал схемаси (а) ва унинг вақт характеристикаси (б).

G_k -газнинг келиши; G_c -газ сарфи; y -ростланаётган катталиқнинг четга чиқиши; x -ростлагичнинг чиқиш сигнали(ижро этувчи механизм ростловчи органининг нисбий силжиши); ε -қолдиқ хато.

Газ босимининг берилган қийматдан четга чиқиши қанча катта бўлса, қаттиқ марказли мембрана 2 шунча кўп эгилади, шу сабабли пружина 4 ҳам шунча зич қисқаради ва босим таъсиридан мембрана ҳосил қилган кучга тесқари таъсир қилади. Эластик пружинадан фойдаланиш ростланувчи босим ва ростловчи органнинг силжиши ўртасидаги пропорционалликка эришиш имкониятини беради. Ростлагич ростланувчи катталиқнинг муайян берилган қийматига винт 5 ёрдамида созланади. Ростлаш жараёнини графикларидан шундай хулоса келиб чиқади, (9.9,б-расм): бевосита таъсир қилувчи ростлагичлар ғалаёнланиш содир бўлганда, модданинг келиши ёки сарфи бўйича ростланувчи катталиқ y ни берилган қийматга маълум статик хато δ билан вақт t_p мобайнида қайтаради. Бу хато созлаш параметри s_1 га

(кучланиш коэффициентига, ростлагичнинг пропорционаллик коэффициентига) боғлиқ.

Кўриб чиқилган ростлагичлар «ўзидан олдинги» газ босимини ҳам ростлай олади. Қувурдаги газнинг босими берилган қийматдан ортиқ бўлгани сабабли шток 6 пастга силжиганда, ростловчи органнинг ўтиш кесими катталашади.



9.10. Расм. Бевосита таъсир қилувчи астатик босим ростлагичнинг принципиал схемаси (а) ва унинг вақт характеристикаси (б):

G_k -газнинг келиши; G_c -газ сарфи; y -ростланаётган катталиқнинг четга чиқиши; x -ростлагичнинг чиқиш сигнали(ижро этувчи механизм ростловчи органининг нисбий силжиши).

9.10-расмда бевосита таъсир қилувчи босим астатик ростлагичи тасвирланган. Ростланувчи объектда (қувурнинг маълум участкаси) босимнинг ўзгариши импульс линияси 6 орқали қаттиқ марказли эластик мембрана 5 га таъсир қилади. Бу мембрана ижро этувчи механизмнинг ростланувчи органидаги золотник 9 ва шток 7 билан боғланган ликопча 4 га таянади. Сальник 8 ижро этувчи механизмнинг герметиклигини таъминлайди. Муҳитнинг босими ростлагич қабул қилувчи каллагининг устки бўшлиғига келади ва мембрана 5 га таъсир қилади. Мембрана сезгир ва бошқарувчи элемент вазифасимни бажаради. Газнинг ростланувчи босими ростловчи органнинг қанчалик очиқлигига боғлиқ. Ричаг 2 шток 7 билан

каттик 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 тасъир қилувчи куч ҳосил қилади. Юк ва мембрана ҳосил қилган кучлар тенг бўлганда ростловчи органда шток 7 ҳаракатсиз бўлиб, муайян ҳолатни эгаллайди. Агар мувозанат бузилса, яъни ростлаш тизимида тенгсизлик пайдо бўлса, шток 7 силжийди ва ростловчи органдаги ўтиш кесими ўзгаради. Бу ўзгариш мувозанат қайтадан тиклангунча давом этади. Ростловчи органнинг силжиш тезлиги ростланувчи параметрнинг берилган қийматдан четга чиқишига пропорционал бўлиб, найча 6 дан ўтиб ростлагичнинг қабул қилувчи қисмига келадиган газ қийматиға боғлиқ. Ростлаш системси маълум инерционликка эга бўлгани сабабли ростлаш жараёнида ўта ростлаш мавжуддир, бунинг натижасида ўтиш жараёнининг вақти чўзилади. Шунинг учун, астатик ростлагичларнинг ишлатилиши бирмунча чекланган.

Электр ростлагичлар. Электр ростлагичлар ишлаб чиқариш жараёнларини авто-матлаштиришда кенг ишлатилади. Бунга қуйидаги омиллар сабаб бўлади.

1. Ноэлектрик катталикларни электр ростлагичлар ёрдамида ўлчаш усуллари яхши ишланган ва автоматик ўлчашнинг бир қатор масалаларини ҳал қилишга, кенг спектрдаги физик-кимёвий 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 тизимларидаги электр юритмаларда энергия таъминоти узилиб қолганда, ижро этувчи механизм қандай ҳолатни эгаллаб турган бўлса, шу ҳолатда тўхтайди, пневматик юритмаларда эса бундай шароитда ростловчи органнинг ўтиш кесими ёки батамом берқилади, 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.

Электр ростлагичларнинг қуйидаги модификацияси ва қўшимча қурилмалар комплекти ишлаб чиқарилган:

- 1) унификациялашган электрон агрегат тизимлари (ЭАУС)
- 2) «Теплоприбор» заводининг ростлагичлари;
- 3) автоматик назорат ва ростлашнинг унификациялашган тизими (УСАКР).

ЭАУС асбоблари энергетика, металлургия, қурилиш материаллари ҳамда озиқ-овқат саноатларида ишлатилади. Тизим ростлашнинг пропорционал, пропорционал-интеграл, пропорционал-дифференциал ва пропорционал-интеграл дифференциал қонларини амалга оширади. Тизимнинг блоклари узлуксиз ёки узлукли чиқиш сигналларига эга. Тизимдаги алоҳида ростловчи блокнинг узлуксиз чиқиш сигналинини бошқа бир блокнинг киришига келтириш мумкин, бу эса каскад ёки бир турли ростлаш схемаларини амалга ошириш имконини беради. Тизим тузилиши бўйича аппарат принципига асосланади. Бунда, ростловчи блоklar чиқиш сигналларини тўғри датчиклардан қабул қилади. Тизим блок (агрегат) принципида қурилган деганда, унинг таркибига турли вазифани бажарувчи блоklar (датчиклар, ўлчов ўзгартгичлари, иккиламчи асбоблар, ростлагичлар, топшириқ бергичлар, дифференциаторлар натижаларни масофадан туриб кўрсатувчи асбоблар, ижро этувчи механизмлар ва бошқалар) кирган тизимни тушуниш лозим. Бу қисмларни муайян усуллар билан боғлаб стабилловчи, кузатувчи, дастурли ва кўп алоқали ростлаш тизимларини яратиш мумкин. Тизимни ишлаб чиқишда айрим блоklarнинг чиқиш сигналларини унификациялаш талаби назарда тутилган. ЭАУС тизими токли схемани амалга оширади чиқиш сигнали 0,5...5 мА чегараларда ўзгарувчи доимий ток). Чиқиш сигналлари доимий ёки ўзгарувчи кучланишга эга бўлган, индуктив, трансформаторли ёки ферродинамик

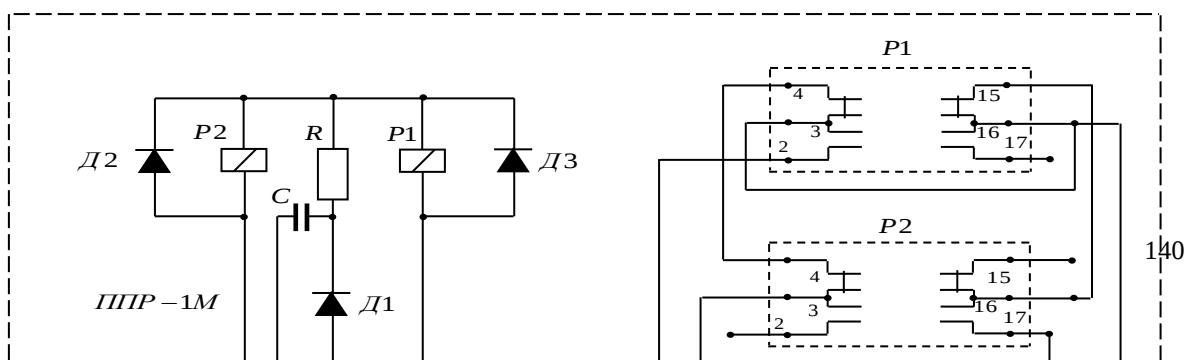
датчиклар билан таъминланган асбобларнинг ҳам чиқиш сигнали 0,5...5 мА диапазондаги доимий токка эга бўлиб, меъёрловчи ўзгартгичлар билан биргаликда ишлатилиши мумкин.

ЭАУС ларнинг шакллантирувчи блоклари ростлашнинг изодром қонуни амалга оширади. Ростлашнинг ПИД қонунини амалга ошириш учун қўшимча равишда ДЛП-П ёки ДЛ-Т дифференциаторлардан фойдаланиш керак.

Дифференциаторлар ПИД ростлаш қонунини шакллантиришда ва ростлаш қонунига оралиқ нуқталардан ҳосила киритишда ишлатилади.

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 назорат-ўлчов асбобларининг (электрон кўприк ва потенциометрлар, манометрлар, термометрлар ва бошқалар) кўпчилиги икки ва уч позицияли ростлашнинг содда воситалари билан таъминланган.

Позицион электр ростлагичлар ўлчанаётган параметрнинг берилган қийматини икки ёки уч позицияли ростлаш ва ўрнатишга имкон беради. 9.11-расмда позициян электр ростлагичларнинг принципиал схемаси кўрсатилган. Позицион электр ростлаш топшириқ берувчи механизм асбобга ўрнатилган контактли топшириқ бергич ва қўшимча қурилмага 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 (9.11, б, в -расм); ўрта контактнинг созланувчи улаш зонасига эга бўлган уч позицияли ростлаш (9.11, а -расм).



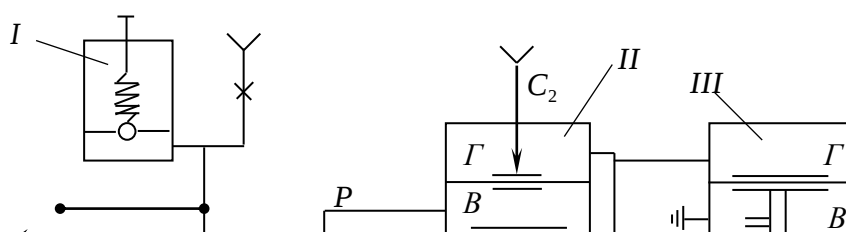
9.11. Расм. Уч позицион ростлагичнинг принципиал схемаси.

Автомат позицион ростлаш схемасидан яна (9.11-расмга қаранг) ўлчанаётган параметрнинг асбоб шкаласи чегарасида берилган қийматини сигнализация қилиш учун фойдаланиш мумкин.

Контактли топшириқ бергичнинг ҳаракатчан контакти 2 ростланувчи катталиқнинг сошлаш тутқичи ва асбоб пероси билан кинематик боғланган. Топшириқ бергич контакт гуруҳининг асосида жойлашган ҳаракатсиз иккита контакт 1 ва 3 носезгир зонани контактлар ўртасидаги масофани ўзгартириш йўли билан ростлашга имкон беради. Ростлаш керак бўлган параметрнинг қиймати «қийматни сошлаш» тутқичи орқали ўрнатилади. Вазифа кўрсаткичининг охириги қисми асбоб пероси берилган қийматга эришган нуқтаси томон йўналишда ўрнатилади, шу пайт ҳаракатчан контакт 2 контактлар 1 ва 3 нинг ўртасида уларга тегмай, ўрта ҳолатда туради. Ўлчанаётган параметрнинг берилган қийматдан четга чиқиши ҳаракатчан контакт 2 нинг бирор ҳаракатсиз контактлар томон силжишига олиб келади: ўлчанаётган параметрнинг қиймати берилгандан кам бўлса, ҳаркатсиз контакт 3 томон (2, 3 контакт -«Кам»); ўлчанаётган параметрнинг қиймати берилгандан кўп бўлса, ҳаракатсиз контакт 1 томон (2, 1 контактлар-«Кам»); ўлчанаётган параметрнинг қиймати берилгандан кўп бўлса, ҳаракатсиз контакт 1 томон (2, 1 контактлар -«Кўп») силжийди.

Носезгир зонадаги катталикини қайд этадиган икки позицияли ростлашда контактли топшириқ бергичда фақат битта ҳаракатсиз контакт 1 ёки 3 ишлатилади. Икки позицияли ростлаш *б* ва *в* вариантлари (9.11-расм) бир-бирига ўхшаш бўлиб улардан фойдаланиш параметрнинг катталиши ёки кичиклашишига боғлиқ. Масалан, ҳаракатчан контакт 2 нинг ҳаракатсиз контакт 1 билан уланиш пайтида (9.11, *в* -расм) *P2* реле ишга тушади ва *О-А* занжирни беркитади. Контактлар 1, 2 узилганда *P2* реле бўлиб, *О-А* занжир очилади, *О-С* занжир эса беркилади. Бу схемадаги иккинчи ҳаракатсиз контакт механик таянч вазифасини бажаради ва схемага уланмайди.

Уч позицияли ростлаш ҳолатида (9.11, *а* -расм) контактли топшириқ бергичдаги иккала ҳаракатсиз контактлар 1 ва 2 ишлатилади. Ҳаракатчан контакт 2 ҳаракатсиз контакт 1 билан уланганда *P2* реле ишга тушади ва ишловчи *О-А* занжир беркилади. Ҳаракатчан контакт 2 контакт 1 дан ажралган вақтда *P2* реле манбадан узилиб, якорь бўшайди, *О-А* занжир эса очилади, лекин *О-С* занжир беркилади. Бу ҳолат ҳаракатчан контакт 2 ҳаракатсиз контакт 3 билан улангунча сақланади, яъни параметрнинг ўрнатилган носезгир зона чегарасида бўлиш вақтида бу ҳолат сақланиб келади. Ҳаракатчан контакт 2 контакт 3 билан уланганда *P1* реле ишга тушади, бунда, *О-С* ишловчи занжир узилади ва *О-В* занжир беркилади. Ҳаракатчан контакт 2 контакт 3 дан ажраганда, *P1* реле манбадан узилади, якорь бўшайди. *О-В* занжир очилиб яна *О-С* занжир беркилади. Тизимнинг нотурғун ишлашининг олдини олиш учун иккала реле ҳам *Д1* диод ва *С* сифим орқали тўғриланган ток билан таъминланади. *Д2* ва *Д3* диодлар учкун ўчирувчи диодлардир. *R* қаршилик реленинг қайтишидаги коэффициентни камайтириб, тизимнинг турғунлигини оширади. Ростланувчи орган ёки сигнализация занжири уланган куч занжирлар *О, А, В, С* клеммаларга уланади.



9.12. Расм. ПР1.5 позицион ростлагичининг принципал схемаси.

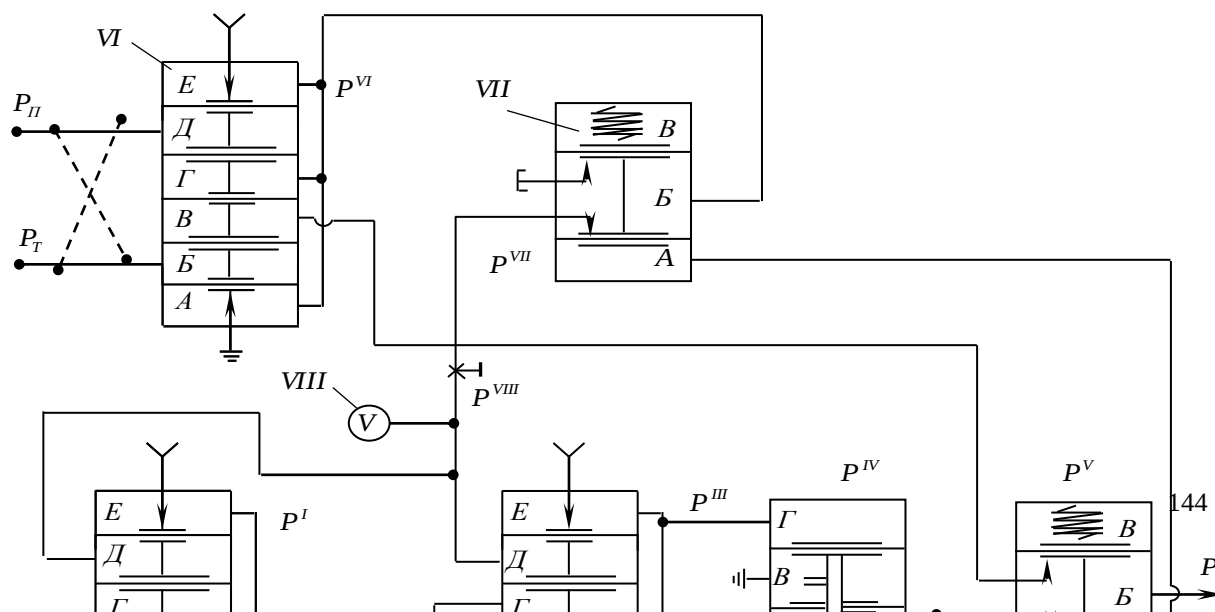
ППР-1М қурилма қўшимча асбобга ўрнатилган трансформатордан 33В кучланиш билан таъминланади.

ПР1.5 позицион ростлагичи. ПР1.5 ростлагичи ростланаётган ёки ўлчанаётган параметрнинг қиймати берилган катталиқдан фарқ қилганда 0 ва 1 қийматга эга бўлган дискрет пневматик сигналларни ҳосил қилиш ҳамда икки позицияли ростлаш учун ишлатилади. Ростлагич (9.12-расм) уч мембранали таққослаш элементи 2, қувват кучайтиргичи 3, алмашлаб улагич 4 ва қўл билан топшириқ бергич 1 дан тузилган.

Ўлчаш блокидан келган кириш сигнали таққослаш элементининг *Б* камерасига, топшириқ бергичдан келган босим *В* камерага берилади. Агар кириш сигнали берилган босим қийматидан катта бўлса, у ҳолда соплó *С2* ёпиқ бўлиб, таққослаш элементининг чиқишидаги сигнал 0 га тенг бўлади. Кириш сигнали берилгандан кичик бўлса, соплó *С2* очилади ва чиқишда бирга тенг бўлган сигнал қувват кучайтиргичининг *Г* 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 асбоблар билан биргаликда ишлайди.

Пропорционал ростлагичлар. Пропорционал ростлагичлар деганда ростловчи органнинг ростланувчи параметри ва топширилган қиймат орасидаги фарққа нисбатан пропорционал силжиши тушунилади. Ростланувчи параметрнинг вақт бўйича ўзгариши ва ростловчи органнинг



9.13. Расм. Пропорционал-интеграл ростлагичнинг принципиал схемаси.

ПР3.21 ростловчи блокининг интеграл қисми сумматор VI ва кучайтириш коэффиценти $K=1$ бўлган биринчи даражали апериодик бўғиндан тузилган бўлиб, пневматик интегралловчи бўғиндан иборат. Пропорционал ва интеграл қисмларнинг чиқиш сигналлари ячейка II да кўшилади. Бунинг учун интегралловчи бўғиннинг чиқиши ячейка II нинг I ва III сумматорлари киришига берилиши лозим.

Созлаш параметрларининг (кучайтириш коэффиценти - K_p , изодром вақти - T_n) ўзаро боғлиқ эмаслиги блокнинг муҳим афзаллигидир.- Кучайтириш коэффиценти (K_p) дроселли сумматордаги ўзгарувчи дросселнинг ўтказувчанлигини ўзгартириб ўрнатилади, дроселлаш диапазони ДД-3000 ... 5 чегарада ўзгаради, бу эса кучайтириш коэффицентининг қиймати 0,03 ... 20 бўлишига мос келади.

Изодром вақти T_n апериодик бўғин таркибига кирган ўзгарувчи дросселнинг ўтказувчанлигини ўзгартириб ўрнатилади ва у 3 секунддан 100 минутгача бўлиши мумкин. ПР3.21 ростлагичи ҳам ПР2.5 ростлагичи ишлайдиган иккиламчи асбоблар билан биргаликда ишлайди.

Маҳаллий топшириқ бергич ПР3.22 ростлагичи ПР3.21 дан асбоб киришининг топшириқ линиясида қўл билан топшириқ бергич борлиги билан фарқланади.

ПР3.26 ва ПР3.29 ростлагичлари керак бўлган дросселлаш диапазонини ўрнатиш имконини берувчи қайта улагич билан таъминланган. Қайта

улагичнинг учта қайд қилинган ҳолати бор.

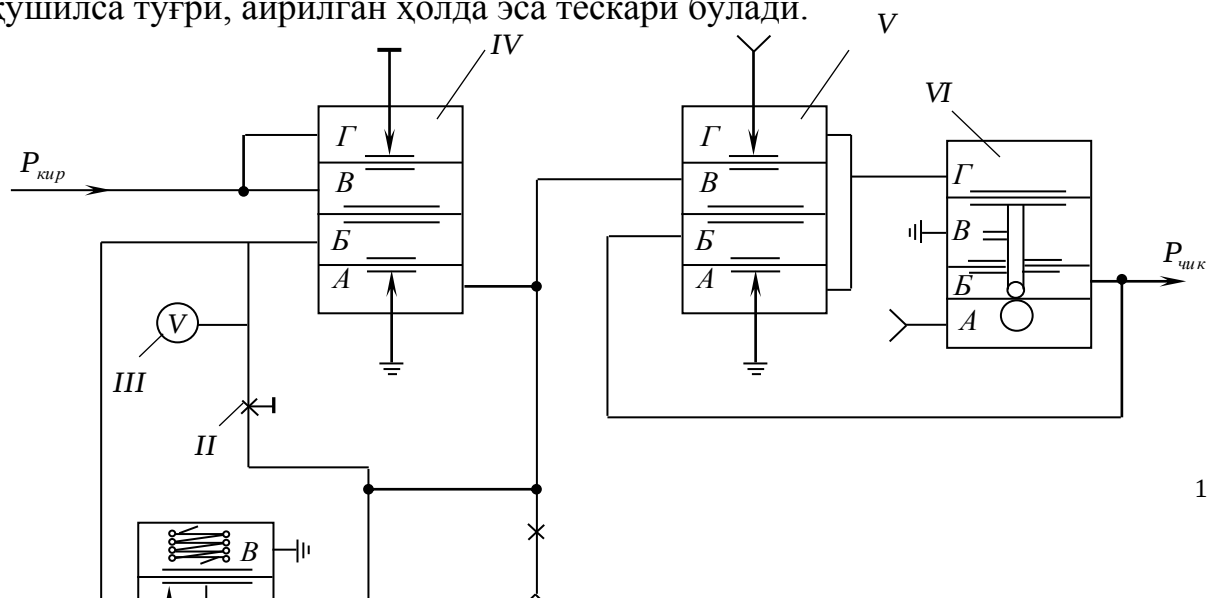
I. ДД = 2 ... 50%; II. ДД=50 ... 200%; III. ДД = 200 ... 800% $T_n=0,025$ минутдан ∞ гача ўзгаради. ПРЗ. 29 ростлагичи ПРЗ.26 дан маҳаллий топшириқ бергичи борлиги билан фарқ қилади.

Тўғри чизиқли статик характеристикали ПРЗ.21 ва ПРЗ.32 ростлагичларида дросселлаш диапазонини 2 ... 3000% гача созлаш мумкин.

ПРЗ.23 ва ПРЗ.33 нисбат ростлагичлари иккита параметр нисбатини ушлаб туриш мақсадида ижро этувчи механизмга боровчи узлуксиз ростлаш таъсирини олиш учун хизмат қилади. Ростлагичларда нисбат бўғинси 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 ростлаб туриш мақсадида ижро этувчи механизмга боровчи узлуксиз ростлаш таъсирини олиш учун хизмат қилади.

Пропорционал–дифференциал ростлагичлар. Агар ростлаш объектида юкнинг ўзгариши тез ва кескин, шунингдек, кечикиш катта бўлса изодром ростлагичлар талаб этилган ростлаш сифатини таъминлай олмайди, яъни бу ҳолда уларда катта динамик хато ҳосил бўлади. Ростлаш жараёнини параметрнинг ўзгариш тезлигига боғлиқ бўлган қўшимча кириш сигнали воситасида яхшилаш мумкин. Кечикиши сезиларли бўлган объектларда технологик жараёнларни ростлаш учун ПД-ростлагичларни ишлатиш мақсадга мувофиқдир.

Агар дифференциал қисм ростловчи таъсирнинг бошқа қисмларига қўшилса тўғри, айрилган ҳолда эса тескари бўлади.



9.14. Расм. ПФ 2.1 Тўғридан тўғри таъсир этувчи ростлагич.

ПФ2.1 тўғридан тўғри таъсир этувчи ростлагич ростлаш занжирига берилган катталиқдан параметрнинг четга чиқиш тезлигига мос таъсир киритиш учун мўлжалланган (9.14-расм). Сиқилган ҳажмдаги ҳавонинг кириш сигнали (ростлагич ёки датчикдан) таққослаш элементи IV нинг B ва Γ камераларига боради ва инерцион бўғин орқали ўша элементнинг B камерасига берилаётган таъминловчи ҳаво босими билан мувозанатлашади. Чиқиш камераси A кузатувчи тизим схемаси асосида уланган. Агар параметрнинг четга чиқиш тезлиги нол ёки нолга яқин бўлса, таққослаш элементи IV нинг чиқишига кириш сигнали P билан кузатилади. Агар босим ўзгара бошласа, масалан, ўзгармас тезликда ортса, у ҳолда B камеранинг олдида дроссель-қаршилик II борлиги туфайли B ва Γ камера мембранасидаги босимлар йиғиндиси B ва A камеранинг мембраналаридаги кучланишдан катта бўлади. Натижада таққослаш элементи IV даги сопло берқилиб, A камерада босим кескин ошади. Чиқишда киришдаги босимдан илгариловчи сигнал пайдо бўлади. Илгарилаш катталиги киришда босимнинг ўзгариш тезлиги ва аввалдан таъсир дросселининг қанчалик очиқлигига боғлиқ. Таққослаш элементи IV дан чиққан сигнал элемент V ва қувват кучайтиргичи VI дан ташкил топган кучайтиргичнинг киришига боради. У таққослаш элементи кучайтиргичининг хатосини йўқотишга хизмат қилади. Ўчириш релеси I аввалдан таъсир дросселини беркитишга мўлжалланган. Буйруқ босим $P_k=0$ бўлганда сопло ёпиқ бўлиб B камерага ҳаво аввалдан таъсир дроссели орқали ўтади. Ростлагични ўчириш учун иккиламчи

асбобдан буйруқ босими P берилиб, бунда, сопло очилади ва кириш сигнали ($P_{кир}$) бевосита B камерага келади. Бу ҳолда таққослаш элементи IV га келувчи учала сигнал ўзаро тенг, чиқишдаги босим эса киришдагига тенг бўлади. Аввалдан таъсирни 0,05...10 минутгача ораликда созлаш мумкин.

Назорат саволлари

1. Автоматик ростлаш ва автоматик назорат тушунчаларини фарқини айтиб беринг.
2. Автоматик бошқариш деганда нимани тушунасиш?
3. Ростловчи катталиқ нима ва ростлаш қонуни деганда нимани тушунасиш?
4. Ростлаш қонунларининг турларини сананг.
5. Автоматик ростлагичлар ва уларнинг турларини сананг.
6. Автоматик ростлаш тизимларининг тузилиш схемаларига мисоллар келтиринг.
7. П, И, Д, ПИ, ПД, ПИД, ИД ростлаш қонунлари ва ростлагичларига таъриф беринг.

БОСИМ ВА БОСИМЛАР ФАРҚИНИ ЎЛЧАШ УСУЛЛАРИ ВА ВОСИТАЛАРИ

10.1- §. Умумий маълумотлар

Босим ўлчанадиган физик катталиклар қаторига киради. Иссиқлик ва атом энергетикаси, металлургия ва кимё саноатидаги технологик жараёнларнинг кўпчилигини боришини назорат қилиш газ ва суюқ муҳитларнинг босими ёки босимлар фарқини ўлчаш билан боғлиқ.

Босим – кенг маънодаги тушунча бўлиб, бир жисм томонидан бошқа жисмнинг юза бирлигига таъсир қилувчи нормал тақсимланган кучни тавсифлайди. Агар таъсир қилувчи муҳит – суюқлик ёки газ бўлса, унда муҳитнинг ички энергиясини характерловчи босим асосий ҳолат параметрларидан бири ҳисобланади.

Босим деб берилган сиртга перпендикуляр таъсир этувчи кучнинг шу сирт юзасига нисбатига айтилади. Босим – модданинг термодинамик ҳолатини аниқловчи асосий катталиклардан бири. Босим орқали кўпинча технологик жараёнларнинг юз бериши, технологик аппаратларнинг ҳолати ва уларнинг иш режимлари аниқланади. Босимни ўлчаш масласи билан технологик параметрларни ўлчаш вақтида, масалан термодинамик параметрлар, суюқликнинг сатҳи ва шу кабилар ўзгарганда газ ёки буғнинг сарфини ўлчашда тўқнаш келиш мумкин.

Босимнинг атмосфера босими, мутлоқ (абсолют) босим, ортиқча босим ва вакуум (сийракланиш) каби турлари мавжуд.

Атмосфера (барометрик) босими – ер атмосферасининг ҳаво устуни ҳосил қиладиган босими.

Мутлоқ босим – мутлоқ нолдан бошлаб ҳисобланувчи босим. Мутлоқ босимнинг санок боши сифатида ичидаги ҳавоси тўлалигича сўриб олинган идиш ичидаги босим қабул қилинади.

Ортиқча босим – мутлоқ ва барометрик босимлар ўртасидаги фарқ.

Вакуум (сўйракланиш) – барометрик ва мутлоқ босимлар зртасидаги фарқ.

Босимнинг ўлчов бирлиги СИ тизимида – Паскаль (Па). Бир Паскаль бир ньютон кучнинг бир метр квадрат юзага таъсир қилишидан ҳосил бўлувчи босимга тенг (Н/м^2). кПа ва МПа каби каррали бирликлари кенг қўлланилади. Яна сантиметр квадратга килограмм-куч (кгк/см^2) ва метр квадратга килограмм-куч (кгк/м^2) каби бирликлардан ҳам фойдаланиш мумкин, охиргиси миллиметр сув устунига тенг (мм. сув уст.). 10.1-жадвалда босимнинг ўлчов бирликлари ва улар ўртасидаги муносабатлар келтирилган. Хориж адабиётларида қуйидаги бирликлар ҳам учраб туради: 1 inch = 25,4 мм сув. уст., 1 psi = 0,06895 бар.

Ортиқча босимнинг қиймати $10^6 \dots 2,5 \cdot 10^8$ бўлган соҳада энг юқори аниқлик билан босимнинг ўлчов бирлигини ҳосил қилиш бирламчи эталон орқали амалга оширилади. Бирламчи эталон таркибига юк поршенли манометр, массанинг махсус ўлчамлар тўплами ва босимни ушлаб туриш қурилмаси киради. 10^{-8} дан $4 \cdot 10^5$ Па гача ва 10^9 дан $4 \cdot 10^9$ Па гача бўлган диапазонларда, шунингдек босимлар фарқи гача бўлганда босимнинг ўлчов бирликларини ҳосил қилиш учун махсус эталонлар қўлланилади.

10.1. Жадвал

Босимнинг ўлчов бирликлари

Ўлчов бирлиги	Па	Бар	кгк/см ²	кгк/м ² : (мм сув уст.)	мм сим.уст.
1 Па	1	10^{-5}	$1,0197 \cdot 10^{-5}$	0,10197	$7,5006 \cdot 10^{-3}$
1 Бар	10^5	1	1,0197	$1,0197 \cdot 10^4$	750,06
1 кгк/см ²	$9,8066 \cdot 10^4$	0,98066	1	10^4	735,56
1 кгк/м ² (мм сув уст.)	9,8066	$0,98066 \cdot 10^{-4}$	10^{-4}	1	$7,3556 \cdot 10^{-2}$
1 мм сим. уст.	133,32	$1,3332 \cdot 10^{-3}$	$1,3595 \cdot 10^{-3}$	13,595	1

Босимнинг ўлчов бирлигини эталон ўлчаш воситаларидан ишчи воситаларга узатиш кўп босқичли тарзда амалга оширилади. Ишчи воситаларга босимнинг ўлчов birlikларини узатиш кетма-кетлиги ва аниқлиги кўрсатишларни солиштириш ва текшириш усуллари кўрсатган ҳолда давлат текшириш схемалари (ГОСТ 8.017-79, 8.094-73, 8.107-81, 8.187-76, 8.223-76) билан аниқланади. Чунки ҳар бир узатиш босқичида хатолик 2 – 2,5 марта ошади ва бирламчи эталон ва ишчи восита ўртасидаги хатолик $10^2 \dots 10^3$ ни ташкил этади.

Ўлчаш жараёнида мутлоқ, ортиқча ва вакуумметрик босимлар фарқланади. Мутлоқ босим p деганда атмосфера босими p_{at} ва ортиқча босим p_{ort} нинг йиғиндисига тенг бўлган тўла босим тушунилади:

$$p_i = p_{i\partial\partial} + p_{a\partial}.$$

Атмосфера босимидан кичик бўлган босимларни ўлчашда вакуумметрик босим тушунчаси киритилади: $p_v = p_{at} - p_m$. Босим ва босимлар фарқини ўлчашга мўлжалланган ўлчаш воситаси **манометр** дейилади. Манометрлар атмосфера, ортиқча, вакуумметрик ва мутлоқ босимларни ўлчашидан келиб чиққан ҳолда барометр, ортиқча босим манометри, вакуумметр ва мутлоқ босим манометрлари каби турларга бўлинади. 40 кПа (0,4 кгк/см²) диапазонгача бўлган босим ёки сийракланишларни ўлчашга мўлжалланган манометрлар **напоромер** ва **тягомерлар** деб аталади. Тягонапоромерлар ± 20 кПа ($\pm 0,2$ кгк/см²) гача ўлчаш чегарасига эга бўлган икки томонламали шкалага эга.

Дифференциал манометрлар босимлар фарқини ўлчаш учун қўлланилади.

Бошқа физик каталикларни босимнинг таъсир кучига ўзгартириш учун қўлланиладиган сезгир элементнинг ишлаш принциpidан келиб чиқиб, босим ўлчаш воситалари суюқликли, деформацион, электрик, ионлашган, иссиқлик ва юк поршенли турларга бўлинади.

Санаб ўтилган босим асбобларининг қурилмалри турли хил. Уларнинг орасидан мамлакатимиз саноатида ишлаб чиқариладиган бешта асосси ўлчаш

ва ўзгартириш асбоблари гуруҳини танлаш мумкин: механик, дифференциал-трансформаторли ўзгартиргичлар, магнит оқимларини компенсацияловчи, кучларни компенсацияловчи ва тензоўзгартиргичли. Умумий элементлар ва ўрнатилган ўлчамлар базасида гуруҳдагиларнинг ҳар бири 10.2-жадвалда келтирилган маълум чегараларда босимни ўлчаш ва унификациялашган сигналга айлантиришни таъминлайди. МПа дан кгк/см² га ва кПа дан кгк/м² га ўтиш учун мос каторларнинг аъзолари 10^{-1} ва 10^2 га кўпайтирилади.

10.2. Жадвал

Босим ўлчаш асбобларининг ўлчаш чегаралари

Асбоб	Ўлчов бирлиги	Ўлчаш чегараси	
		Қуйи	Юқори
Манометрлар	МПа	0	(0.6; 1; 1.6; 2.5; 4)· 10^n , $n = -1; 0; 1; 2; 3$
Вакуумметрлар	МПа	-0.06; -0.1	0
Мановакуумметрлар	МПа	-0.1	0.06; 0.15; 0.3; 0.5; 0.9; 1.5; 2.4
Мутлоқ босим манометрлари	кПа	0	(10; 16; 25; 40; 60)· 10^n , $n = -1; 0; 1$
	МПа	0	(1; 1.6; 2.5; 4; 6; 10; 16)· 10^n , $n = -2; -1$
Напорометрлар, дифманометрлар, напорометрлар	кПа	0	(1.6; 2.5; 4; 6; 10; 16; 25; 40)· 10^n , $n = -1; 0$
Тягомерлар, дифманометрлар, тягомерлар	кПа	-1.6; 2.5; 4; 6; 10; 16; 25; 40) * 10^n , $n = -1; 0$	0
Тягонапорометрлар, дифманометрлар, тягонапорометрлар	кПа	- (0.8; 1.25; 2; 3; 5; 8; 12.5; 20) * 10^n , $n = -1; 0$	(0.8; 1.25; 2; 3; 5; 8; 12.5; 20) * 10^n , $n = -1; 0$
Дифманометрлар	кПа	0	1; 1.6; 1.5; 4; 6.3; 10; 16; 25
Сарф ўлчагичлар	МПа	0	(0.4; 0.63; 1; 1.6; 2.5; 4; 6.3) * 10^n , $n = -1$

Манометрлар ва дифманометрлар РФ ва МДХ давлатларининг номлари қуйида келтирилган заводларида ишлаб чиқилади: «Метран» концерни (Челябинск ш.), «Манометр», «Манометр-сервис» (Москва ш.), «Манотомь» (Томск ш.), «Орлэкс» (Орел ш.), «Теплоконтроль» (Қозон ш.), «Теплоприбор» (Рязань ш.), «Усть-Каменогорск пневмоавтоматика заводи» (Усть-

Каменогорск ш.), «Саранск асбобсозлик заводи» (Саранск ш.), «Альтернатива» (Шатки Новгород обл.), «Голынков махсус маҳсулотлар заводи» (Новгород области Голынков ш.), «Промприбор» (Ивано-Франковск ш.) заводлари. Саноат бошқару тизимларини яратиш соҳасида фаолият кўрсатувчи Siemens, Rosemount, Foxboro, Honeywell, Jokogawa каби барча йирик фирмалар манометрлар ишлаб чиқаради.

10.2- §. Суюқлик манометрлар ва дифманометрлар

Суёқлик манометрларида ўлчанадиган босим ёки босимлар фарқи суёқлик устунининг гидростатик босими билан мувозанатлашади. Асбобларда туташ идишлардан фойдаланилади ва улардаги ишчи суёқликлар уларга таъсир этувчи босимлар тенг бўлганда мувозанатлашади, тенг бўлмаганда идишлардан биридаги ишчи суёқликнинг гидростатик босими иккинчисидаги ортиқча босим билан мувозанатлашади. Суёқлик манометрларининг кўпчилигида ишчи суёқликнинг сатҳини кўриш ва шу бўйича ўлчанаётган босимнинг қийматини аниқлаш мумкин. Бу асбоблар лабораторияларда ва баъзида саноатда ҳам ишлатилади.

Суёқлик дифманометрларининг ишчи суёқлик сатҳи бевосита кузатилмайдиган гуруҳи мавжуд. Бу асбоблардаги суёқлик сатҳининг ўзгариши, ёки бевосита ўлчанаётган катталик қийматини санок қурилмаси ёрдамида кўрсатишни ёки унинг қийматини ўзгартириш ва масофага узатишни таъминловчи қалқовичнинг кўчиши ёки бирор қурилманинг тавсифини ўзгартириши мумкин.

Икки найчали суёқлик манометрлари. Босим ва босимлар фарқини ўлчаш учун кўпинча U симон деб аталувчи икки найчали манометр ва дифманометрлар ишлатилади. Бундай манометрнинг принципиал схемаси 10.1, а-расмда келтирилган. Иккита вертикал туташ шиша найча 1, 2 ўзаро металл ёки ёғоч асос 3 га маҳкамланган бўлиб, асосга шкалали пластинка 4 ўрнатилган. Найчалар ишчи суёқлик билан нол белгисигача тўлдирилади. 1 найчага ўлчанаётган босим берилади найча 2 эса атмосфера билан туташ

холда туради. Босимлар фарқи ўлчанаётганда икала найчага ҳам ўлчанаётган босимлар берилади.

h баландликли суюқлик устунлари орқали босимлар фарқи мувозанатлашади:

$$p_1 - p_2 = \rho g h; \quad h = 1/\rho g (p_1 - p_2) \quad (10.1)$$

бу ерда ρ – ишчи суюқликнинг зичлиги, кг/м³; g – маҳаллий эркин тушиш тезланиши, м/с².

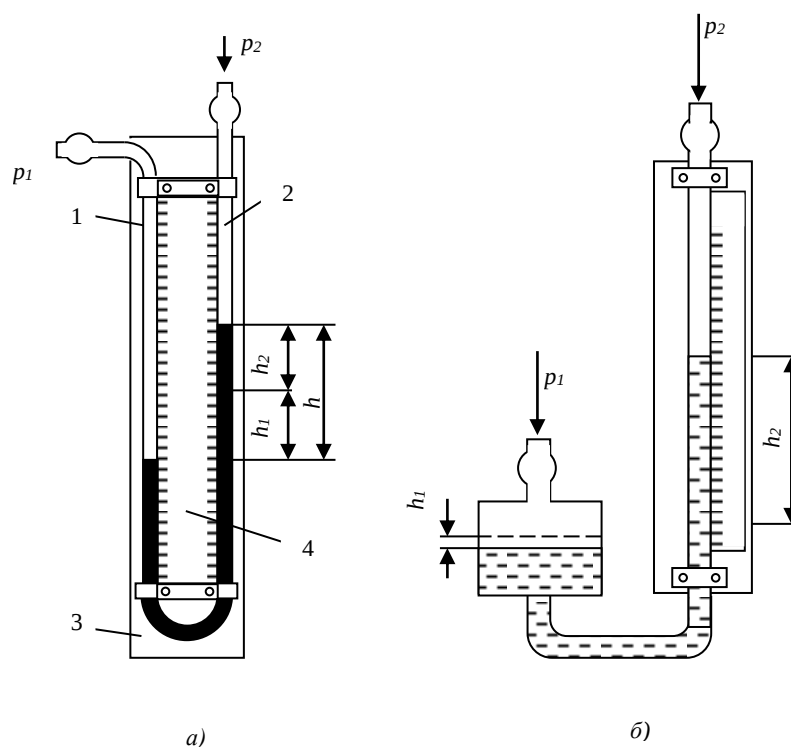
Ишчи суюқлик сифатида сув, симоб, спирт, трансформатор мойи ишлатилади. Суюқликли манометрларда ўлчанаётган катталиқнинг ўзгаришини қабул қилувчи сезгир элемент вазифасини ишчи суюқлик бажаради, чиқиш катталиқ сатҳлар фарқи, кириш катталиқ босим ёки босимлар фарқи ҳисобланади. (10.1) ифодадан келиб чиққан ҳолда статик тавсифнинг эгрилиги ишчи суюқликнинг зичлигига боғлиқ. Зичлик ортиши билан сезгирлик (ўзгартириш коэффициенти) камаяди, чунки $S = \Delta h / \Delta p = 1/(\rho g)$.

Агар ишчи суюқликка таъсир этувчи муҳит билан ишчи суюқликнинг зичликлари ўлчовдош бўлса, унда (10.1) ифода қуйидагича ёзилади:

$$p_1 - p_2 = (\rho_1 - \rho_2) g h = g (\rho_1 - \rho_2) (h_1 - h_2) \quad (10.2)$$

бу ерда ρ_1, ρ_2 – ишчи суюқлик ва унга таъсир қилувчи муҳит зичликлари.

h баландлик h_1 ва h_2 баландликларнинг йиғиндиси сифатида аниқланади. h_1 ёки h_2 нинг қийматини икки марта оширишга рухсат этилмайди, чунки шиша найчалар 1, 2 нинг ички кесими доимий бўлмаганлиги сабабли h_1, h_2 баландликлар фарқ қилиб қолиши мумкин.



10.1. Расм. Икки найчали (а) ва бир найчали (б) манометрларнинг схемалари:
 1, 2 – вертикал шиша туташ идишлар; 3 – асос; 4 – шкалали пластина.

Манометрларга капилляр кучларини таъсир қилишини олдини олиш мақсадида ички диаметри 8 ... 10 мм бўлган шиша найчалардан фойдаланилади. Агар ишчи суюқлик сифатида спирт олинган бўлса, найчаларнинг ичкидиаметрлари яна бир оз камайиши ҳам мумкин. Сув тўлдирилган икки найчали манометрлар ± 10 кПа гача диапазонгача бўлган босим, сийракланиш, ҳаво ва ноагрессив газларнинг босимлар фарқини ўлчаш учун қўлланилади. Манометрни симоб билан тўлдириш унинг ўлчаш диапазонини МПа гача кенгайтириши мумкин, бунда ўлчанаётган муҳит сув, ноагрессив суюқлик ва газлар бўлиши мумкин.

5 МПа гача бўлган статик босим остидаги муҳитларнинг босимлар фарқини ўлчашда қўлланиладиган асбобларнинг конструкциясига асбобни бир томонламали статик босимдан ҳимоя қилувчи ва ишчи суюқликнинг бошланғич ҳолатини текширишга мўлжалланган қўшимча элементлар киритилади.

(10.2) ифодага биноан икки найчали манометрларнинг хатоликлар

манбаи маҳаллий эркин тушиш тезланиши, ишчи суюқликлар ва уларга таъсир этувчи муҳит зичликларининг ҳисобий қийматдан оғиши ҳамда h_1 ва h_2 баландликларни ҳисоблашдаги ҳатоликлар ҳисобланади.

Агар суюқлик манометрининг шкаласи миллиметрларда даражаланган бўлса, унда ўлчанаётган босим ифодалар бўйича суюқлик ва унга таъсир этувчи муҳит зичликлари ва g ($g=9,8155 \text{ м/с}^2$) эркин тушиш тезланишининг қийматларидан фойдаланиб ҳисобланади.

Ишчи суюқлик ва муҳитнинг зичлиги ҳарорат ва босимга боғлиқликдан келиб чиқиб, моддаларнинг иссиқлик-физик ҳоссалари бериладиган жадвалларда келтирилади. Ишчи суюқлик сатҳи баландликларининг фарқини ҳисоблашдаги ҳатолик шкаланинг бўлимлари қийматига боғлиқ. Бўлиниш қиймати 1 мм бўлганда оптик қурилмаларсиз сатҳ баландликларини ҳисоблашдаги ҳатолик шкаланинг ўзини ҳатолиги билан биргаликда мм ни ташкил этади. h_1 , h_2 ларни ҳисоблаш аниқлигини ошириш учун қўшимча қурилмалардан фойдаланганда шкала, шиша ва ишчи моддаларнинг ҳароратдан кенгайиш коэффициентларини ўзаро мос тушмаслигини эътиборга олиш зарур.

Бир найчали манометрлар. Сатҳлар баландликлари фарқини ҳисоблаш аниқлигини ошириш учун бир найчали (чашкали) манометрлар ишлатилади (10.1, б-расмга қаранг). Бир найчали манометрда найча кенг идиш билан алмаштирилади. Шкалаўрнатилган найча ўлчаш найчаси ҳисобланиб, атмосфера билан туташ бўлади ва босимлар фарқини ўлчашда унга атмосфера босимидан кичик босим берилади. Манометрга шчи суюқлик нол белгисигача қуйилади.

Босим таъсири остида кенг идишдаги суюқлик ўлчаш найчасига кўтарилади. Чунки енг идишдан сиқиб чиқарилган суюқлик ҳажми ўлчаш найчасига кўтарилган суюқлик ҳажмига тенг:

$$h_1 F = h_2 f, h_1 = h_2 f / F \quad (10.3)$$

бу ерда f , F – ўлчаш найчаси ва кенг идишнинг кўндаланг кесим юзалари.

$f \ll F$, $h_1 \ll h_2$ бўлганда, $F/f > 400$ агар бўлса, унда фақат ўлчаш найчасидаги сатҳнинг ўзгариши асосида ишланади. Агар ўлчаш аниқлигини ошириш мақсадида ушбу ўзгаришни эътиборга олиш керак бўлса, унда шкала қуйидаги тенглама асосида босим бирликларида даражаланади:

$$p_1 - p_2 = \rho g(h_1 + h_2) = \rho d h_2 (f / F + 1) \quad (10.4)$$

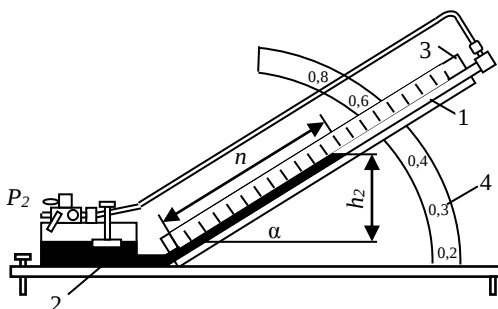
Бир найчали манометрларда ўлчаш найчаси битталиги ҳисобига хатолик шкаланинг бўлим қиймати 1 мм бўлганда ± 1 мм дан ошмайди. Хатоликнинг бошқа ташкил этувчиларини келтириб чиқарувчи маҳаллий эркин тушиш тезланиши, ишчи суюқлик ва унга таъсир этувчи муҳит зичликлари, ҳароратдан кенгайиш коэффициентлари бошқа суюқлик манометрлари учун бир хил ҳисобланади.

Икки ва бир найчали манометрларда асосий хатолик сатҳ баландликларини ҳисоблашда келиб чиқадиган хатолик ҳисобланади. Мутолқ босим бир хил бўлганда манометрнинг юқори ўлчаш чегарси ортиши билан келтирилган хатолик камаяди. Сув билан тўлдирилган бир найчали манометрларнинг минимал ўлчаш диапазони 1,6 кПа (160 мм сув уст.) ни ташкил этади, бунда келтирилган ўлчаш хатолиги ± 1 % дан ошмайди. Манометрларни конструктив жиҳатдан амалга оширилиши улар ҳисобланган статик босимга боғлиқ.

Микроманометрлар. 3 кПа (300 кгк/м²) гача бўлган босим ва босимлар фарқини ўлчаш учун бир найчали манометрларнинг тури ҳисобланувчи микроманометрлардан фойдаланилади. Улар ё сатҳ баландлигини ўлчаш аниқлигини оширишга хизмат қилувчи оптик ёки бошқа қурилмаларга ё шкаланинг бўлим қийматларини камайтиришга мўлжалланган махсус мосламага эга бўлади. Энг кенг тарқалаган лаборатория микроманометри – бу қия ўлчаш найчали микроманометрлар турига кирувчи ҚММ (10.2-расм). Микроманометрнинг кўрсатиши α оғиш бурчагига эга бўлган ўлчаш найчаси 1 даги ишчи суюқлик устунининг баландлиги бўйича аниқланади. Идиш 2 дан сиқиб чиқарилган суюқлик ҳажмини ўлчаш найчаси 1 га кўтарилган суюқлик ҳажмига тенглигидан $h_1 F = n f$, $h_1 = n f / F$ келиб чиқади, бу ерда h_1 –

кенг идишдаги сатх ўзгариши; F, f – кенг идиш ва найчанинг кўндаланг кесим юзалари. $h_2 = n \sin$ бўлганлиги сабабли:

$$p_1 - p_2 = \rho g(h_1 + h_2) = \rho g h(f / F + \sin \alpha) \quad (10.5)$$



10.2. Расм. ММН микроманометрининг схемаси:

1 – ўлчаш трубкаси; 2 – идиш; 3 – кронштейн; 4 – сектор.

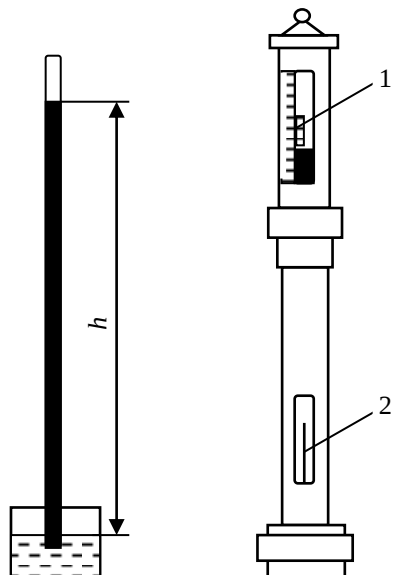
Ишчи суюқликнинг маълум зичлиги ρ_u да, одатда спирт ишлатилади ва нормал эркин тушиш тезланиши g_H ($9,80665 \text{ м/с}^2$ га тенг) да (10.5) ифодадаги барча n кўпайтувчилар 0,2 дан 0,8 гача ораликда ўзгарувчи битта k коэффициент билан белгиланади. Ҳарорат ўзгариши туфайли спирт зичлиги ўзгарганда ёки зичлиги $\rho \neq \rho_u$ бўлган суюқликдан фойдаланилганда, шунингдек g маҳаллий тезланиш g_H дан фарқ қилганда, ўлчанаётган босимлар фарқи микроманометрнинг кўрсатиши n га кўра қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$p_1 - p_2 = kn\rho g / (\rho_e / g_H) \quad (10.7)$$

10.2-расмда келтирилган 1 ўлчаш найчали кронштейн 3 $k = 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8$ ва асбобнинг 0,6 кПа (60 кгк/м^2) дан 2,4 кПа (240 кгк/м^2) гача бўлган бешта ўлчаш диапазонларидан бирига тўғри келувчи ҳолатлардан бири бўлган 4 секторга маҳкамланади. Ўлчашларнинг келтирилган хатолиги 0,5 % дан ошмайди. Минимал бўлим қиймати $k = 0,2$ да 2 Па ($0,2 \text{ кгк/м}^2$) ни ташкил этади.

Энг аниқ ишловчи микроманометрлар ММ турдаги микроманометрлар

бўлиб, компенсацион микрометрлар деб аталади. Ушбу асбоблардаги сатҳ баландлигини ҳисоблаш хатолиги оптик тизимдан фойдаланиш натижасида $\pm 0,05$ мм дан ошмайди.



10.3. Расм. Чашкали симобли термометр схемаси:

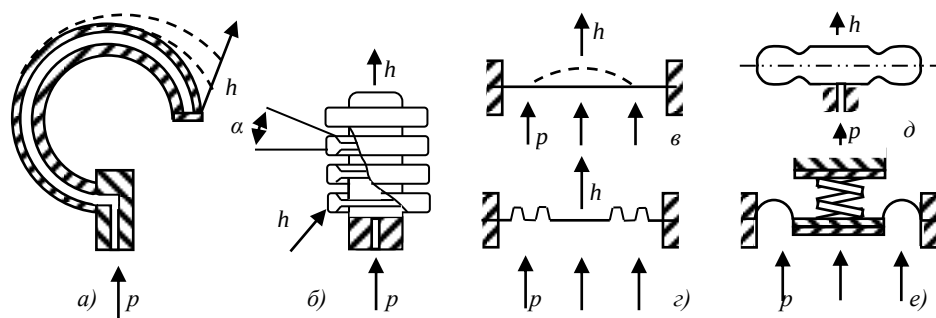
1- нониус; 2 – термометр

Барометрлар атмосфера босимини ўлчаш учун қўлланади. Энг кенг тарқалган барометрлар симоб билан тўлдирилган чашкали барометрлар бўлиб, мм. сим. уст. да даражаланади (10.3-расм). Симоб устунининг баландлигини ҳисоблаш хатолиги симоб менискининг юқори қисми билан туташувчи нониус 1 дан фойдаланиш ҳисобига 1 мм дан ошмайди. Атмосфера босимини аниқ ўлчаш учун эркин тушиш тезланишини нормал қийматдан оғиши ва термометр 2 орқали ўлчанувчи барометрнинг ҳароратига тўғрилаш киритиш зарур. Найчанинг диаметри 8 ... 10 мм дан кичик бўлмаганда симобнинг сирт таранглигини билдирувчи капилляр депрессияни ҳисобга олиш зарур.

10.3- §. Деформацион манометрлар ва дифманометрлар

Деформацион манометрлар орқали босимни ўлчаш учун сезгир

элементнинг деформацияланиш ёки улар томонидан ишлаб чиқиладиган кучларнинг боғлиқликларидан фойдаланилади. Босимга пропорционал бўлган деформация ёки куч кўрсатиш ёки чиқиш сигналининг мос ўзгаришига ўзгартириб берилади. Кўпгина деформацион манометр ва дифманометрлар босимни иш нуқталарининг кўчишига пропорционал ўзгартириб берувчи эластик сезгир элементлардан тузилади.



10.4. Расм. Эластик сезгир элементлар:

a – трубкали пружиналар; b – сильфонлар; $в, г$ – ясси ва гофраланган мембраналар; $д$ – мембрана қутиси; $е$ – қаттиқ марказли юмшоқ мембрана.

Энг кенг тарқалган эластик сезгир элементлар 10.4-расмда тасвирланган. Уларга трубкали пружина, сильфон, ясси ва гофраланган мембраналар, мембранали қутилар ва қаттиқ марказли юмшоқ мембраналар киради.

Сезгир элементларнинг эластиклик хоссаси уларнинг куч бўйича қаттиқлигини тавсифлайди:

$$k_F = F / h = pS_c / h,$$

Бу ерда F , S_c – сезгир элементга таъсир қилувчи куч ва элементнинг самарали юзаси; h – ишчи нуқталарнинг кўчиши.

Ковак бир ўрамли найсимон пружиналар (10.4, a – расмга қаранг) эллиптик ёки ясси оввалсимон кесимга эга бўлади. Пружинанинг ўлчанадиган босим бериладиган бир учи қўзғалмас тутқичга маҳкамланади, иккинчиси (ёпиғи) кўчиш имконига эга. Ўлчанаётган ички босим ва ташқи атмосфера босимлар фарқи таъсирида найча кесимининг кичик ўқи катталашади, катта ўқи эса кичиклашади ва найчанинг эркин учи 1 ... 3 мм

гача силжиши мумкин. 5 МПа гача бўлган босимлар учуннайсимон пружиналар латун, бронзадан, ундан юқори босимлар учун эса легирланган пўлат ва никел қотишмаларидан тайёрланади.

Сильфонли ва мембранали сезгир элементлар талаб этилган таъсир кучини олиш учун самарали юзани оширишда кенг имкониятларга эга бўлиб, уларни кичик ортиқча босим ва сийракланишларни ўлчашда қўллаш имконини беради. *Сильфон (10.4, б –расм)* – бу ён деворлари кўндаланг халқали гофралардан тузилган юпқа деворли трубка. Сильфоннинг қаттиқлиги унинг материали, ташқи ва ички диаметри, деворининг қалинлиги, гофра айланасининг радиуси r ва уларнинг зичлашиш бурчаги α ҳамда гофралар сонига боғлиқ. Гофралар тўла чўзилувчан ва пайвандланган бўлади. Сильфонларни тайёрлаш технологиясидаги ривожланиш ҳисобига улар кучни компенсацияловчи манометр ва дифманометрларда кенг қўлланилмоқда.

Конструкцияси бўйича турли шаклларга эга бўлган сезгир элементлар мембраналилар ҳисобланади. 10.4, в–расмда келтирилганясси ёки пластинкали мембрана ўзида айлана бўйлаб маҳкамланган юпқа пластинкани намоён этади. Мембрананинг иккала томонидан таъсир этувчи босимлар фарқи таъсирида унинг маркази кўчади (силжийди). Ясси мембрана нозизиқли эластик тавсиф ва қамқувчи ишчи нуқтага эга, шундан келиб чиққан ҳолда ясси мембраналар асосан босимни кучга (пьезоэлектрик ўзгартиргичлар), сиртий деформацияга (тензоўзгартиргичлар) ва кичик кўчишларга (сиғимли ва резонансли ўзгартиргичлар) ўзгартириб бериш учун қўлланилади.

Статик тавсифларни яхшилаш учун гофралаи мембраналар ва мембранали қутилар ишлатилади (10.4, г, д – расмларга қаранг). Мембраналарнинг профил кесими аррасимон, трапецияли, синусоидал бўлиши мумкин. Гофраланган мембраналар уларнинг қаттиқлиги ва ишчи нуқталарнинг пропорционал кўчиш соҳаларини ошишига олиб келади. Кўпроқ мембраналарининг ташқи четлари бўйича пайвандланган мембранали

кутилардан фойдаланилади. Тўғридан тўғри ишловчи ростловчиларнинг сезгир элементлари бўлган дифманометрларда икки ёки ундан кўпроқ мембраналарни жамлаган мембранали кутилар ишлатилади.

Кичик босимларни ўлчашда мой ва бензинга чидамли бўлган резина копланган матолардан тайёрланган юмшоқ мембраналар ишлатилади (10.4, ё-расм). Мембрананинг марказига металл пластиналар маҳкамланган бўлиб, улардан бири эластик элемент вазифасини бажарувчи винтсимон пружинага бириктирилган.

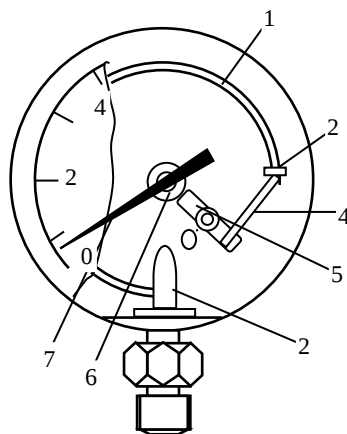
Сезгир элементларнинг материални эластиклик хоссаси ҳароратга боғлиқ. Бундайнайсимон пружиналарда каттиқлик пасаювчи ҳароратга боғлиқ коэффициент ҳарорат ортганда $3 \cdot 10^{-4} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ га етади. Бу асбобларни атроф муҳитнинг юқори ҳароратидан ҳимоя қилиш зарурлигини билдиради. Вақт ўтиши билан эластик сезгир элементларда пластик деформация тўпланиб боради ва асбобнинг эластиклиги ва кўчиши камайиб кетади. Дифформацион манометр ва дифманометрларнинг конструкциясида одатда сезгир элементнинг эскиришидан келиб чикувчи оғишларни коррекциялаш назарда тутилади.

Кўриб чиқилган сезгир элементларни қўлланилишидан келиб чиққан ҳолда дифформацион манометрлар пружинали, сильфонли, мембранали турларга, бу гуруҳларнинг туридан келиб чиқиб эса асбоблар кўрсатувчи ва кўрсатиш натижаларини масофага узатувчи турларга бўлинади.

Кўрсатувчи манометрлар (пружинали механик) кўрсатувчи, ўзиёзувчи ва сигналловчи найсимон пружинали манометрларнинг кўпчилиги бевосита ўзгартирувчи қурилма ҳисобланиб, босим кетма-кет равишда сезгир элемент ва унга боғланган кўрсаткич, қайд қилувчи ёки контактли қурилмаларнинг кўчишига ўзгартириб берилади.

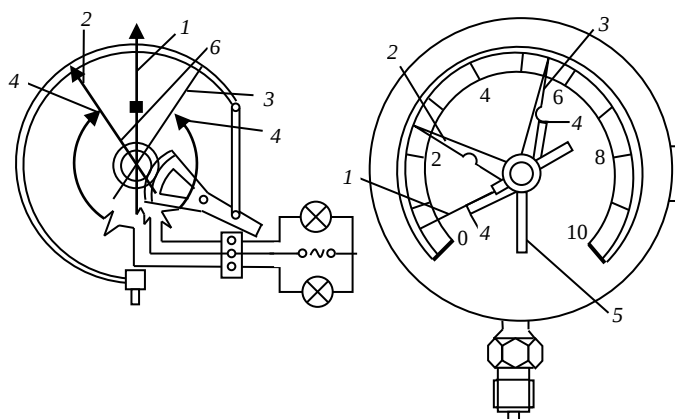
Пружинали кўрсатувчи манометрнинг схемаси 10.5-расмда келтирилган. Бир ўрамли найсимон пружина 1 нинг бир учи манометрнинг корпусига маҳкамланган тутқич 2 га бириктирилган. Тутқичнинг қуйи қисми олти томонли бошча ва найчани манометр билан боғлаб турувчи штуцер билан

тугалланган бўлиб, босим штуцерга берилади. Пружинанинг эркин учи 1 тикин 3 га биркитилган бўлиб, тасма 4 билан шарнирли боғланган.



10.5. Расм. Пружинали кўрсатувчи манометр:

1 – бир ўрамли найчали пружина; 2 – туткич; 3 – тикин; 4 – тасма; 5 – тишли сектор; 6 – ғилдирак; 7 – кўрсаткич.



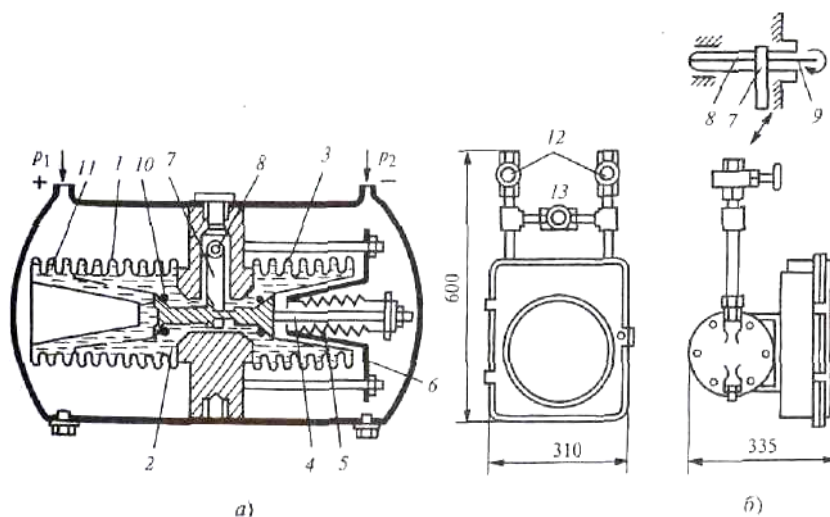
10.6. Расм. Электр контактли манометр:

1 – кўрсатувчи кўрсаткич; 2, 3 – кўрсаткич; 4 – электр контакт; 5 – тасма; 6- электр контакт.

Пружинанинг эркин учи силжиганда тасма *O* ўққа нисбатан тишли сектор 5 ни айлантиради, у эса ғилдирак 6 ва ғилдирак билан битта ўқда турган кўрсаткич 7 ни айлантиради. Расмда тасвирланмаган пружина ғилдиракнинг тишларини секторнинг тишларини бир-бирига люфтсиз бириктириб туради.

Пружинали кўрсатувчи манометрлар стандартга мос равишда юқори ўлчаш чегараси 0,1 МПа (1 кгк/см²) дан 10³ МПа (10⁴кгкс/см²) гача қилиб

ишлаб чиқарилади. Пружинали вакуумметрлар 0,1...1,0 МПа ўлчаш чегарасига, мановакуумметрлар эса 0,1 МПа қуйи ва ортиқча босим бўйича 0,1 дан 2,4 МПа гача юқори ўлчаш чегарасига эга. Намунавий кўрсатувчи пружинали манометрлар 0,15; 0,25 ва 0,4; ишчилари эса 1,5; 2,5; 4 аниқлик синфларига ва 0,6 ва 1 оширилган ишчи аниқликка эга.



10.7. Расм. ДС типдаги сифонли дифманометр:

а – сифонли блокнинг схемаси; *б* – ташқи кўриниш: 1 – ишчи сифон; 2 – кремний органик суюқлик; 3 – сифоннинг ички бўшлиғи; 4 – шлок; 5 – пружина; 6 – қўзғалмас стакан; 7 – ричаг; 8 – торсион; 9 – ўқ; 10 – резина халқа; 11 – гофра; 12, 13 – қулфли ва тенглаштирувчи вентиллар.

Позицион ростлаш ва ҳимоя занжирларида босим қийматини оғиб кетишини сигналлаш учун электр контактли манометрлар кенг ишлатилади. Электр контактли манометр ЭКМ нинг схемаси 10.6-расмда келтирилган. Кўрсатувчи манометрга қўшимча равишда иккита 2, 3 кўрсаткичлар ўрнатилган бўлиб, электрли контакт 4 билан қаттиқ маҳкамланган. 2,3 кўрсаткичлар калит ва тасма 5 орқали босимнинг сигналланадиган қийматига тескари ўрнатилади. Кўрсатувчи кўрсаткич 1 ҳам электрик контакт 6 билан таъминланган. Агар босим ишчи диапазонда бўлса, унда сигналлаш занжири очик бўлади. Кўрсатувчи кўрсаткич ихтиёрий сигналлаш қийматига етганда электр занжири туташтирилади ва сигналлаш ишга туширилади. Босим ишчи диапазон ичида бўлганда сигналлаш занжири ёпиқлигича қолаверади ва 2,3

кўрсаткичлар ишчи диапазон ичида контактларни қўшилишига йўл бермайди, диапазондан ташқарида эса кўрсатувчи кўрсаткич 1 ни қўшиб юборади. Манометр ва вакуумметрларнинг аниқлик синфи 1,5.

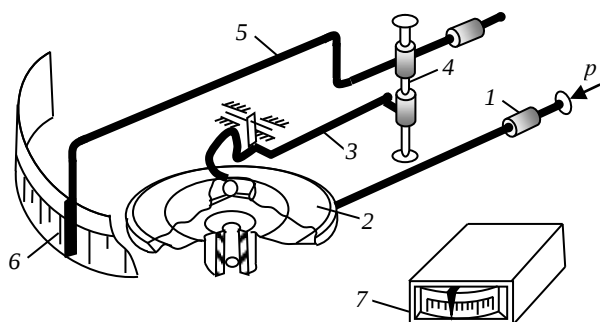
Сигналлаш ва позицион ростлаш учун кўрсатиш шкаласига эга бўлмаган ва юқори ўлчаш чегараси 12 – 1600 кПа диапазонда бўлган босим релеси БР ишлатилади. Уларни созлаш ва ишга тушишининг қуйи ҳамда юқори чегаралари назорат манометрининг кўрсатиши орқали амалга оширилади. Актив юкланишда контактларнинг портлаш қуввати 10 Вт ни ташкил этади («Метран» ф).

Саноатда фойдаланиш учун кўрсатувчи ва ўзиёзувчи манометрлар (КММ, ЎММ), бир ўрамли найсимон пружинали вакуумметрлар (КМВ, ЎМВ) ва мановакуумметрлар (КММВ, ЎММВ) ишлаб чиқарилади. ўзиёзувчи асбоблар дискли диаграммаларга эга бўлиб, дискнинг бир айланиши 8, 12 ёки 24 соат. Дискли диаграмма 8 завод суткасига эга бўлган электр двигател ёки соатли механизмлар орқали айлантирилади. Манометрларнинг аниқлик синфи 1; 1,5; 2,5.

Сильфонли сезгир элементлар КМД ва ЎМД типдаги кўрсатувчи ва ўзиёзувчи механик дифманометрларда ишлатилади. Уларнинг сильфонли блок сифатида намоён бўлувчи сезгир элементи 10.7, а-расмдада келтирилган. 10.7, б-расмда винтелли блокка эга бўлган дифманометрнинг ташқи кўриниши келтирилган. Боимлар фарқи таъсири оситида дифманометрнинг қутбли камерасида жойлашган ишчи сильфон 1 сиқилади ва кремнийорганик суюқлик 2 сильфон 1 нинг ички бўшлиғини тўлдиради, дифманометрнинг минусли камерасида жойлашган сильфон 3 нинг ички бўшлиғи қисман бўшатилади. Бунда сильфон 3 нинг таглиги билан қаттиқ боғланган шток 4 силжийди. Чўзилиш орқали ишовчи пружина 5 нинг бир учи қўзғалмас стакан 6 га иккинчи учи эса шток 4 нинг учига маҳкамланган. Шток 4 билан рычаг 7 нинг учи бириктирилган бўлиб, рычаг 7 дифманометрнинг ички бўшлиғи билан атмосферани ажратиб турувчи торсион 8 ёрдамида ёзувчи ёки кўрсатувчи қурилмага боғланган ўқ 9 ни

айлантиради. Резина халқа 10 бир томонлама юкланиш кўпайиб кетганда шток 4 ни ишини чегаралашга хизмат қилади.

Биринчи учта гофра 11 асбобнинг ҳарорати ўзгарганда суюқлик 2 нинг ички ҳажмини ўзгаришини қабул қилувчи термокомпенсатор сифатида намоён бўлади. Дифманометрлар ўзларида беркитувчи 12 ва тенглаштирувчи 13 вентилларни мужассамлаштирувчи вентил блоки билан таъминланади. Ўлчаш объектига очик тенглаштирувчи вентиллар орқали уланган дифманометрлар сезгир элементга ишчи босимнинг бир томонламали таъсирини олдини олиш имконини беради. Вентил 12 берк ва вентил 13 очик ҳолатда дифманометрнинг кўрсаткичи бошланғич белгида жойлашиши керак бўлиб, бу дифманометрнинг иш қобилиятини текшириш ва созлаш имконини беради.



10.8. Расм. НМП профил мембранали напорометрнинг схемаси ва ташқи кўриниши:
1 – штуцер; 2 – мембранали кути; 3 – ричаг ва тяга тизими; 4 – ўк; 5 – кўрастувчи кўрсаткич; 6 – профил шкала; 7 – корректор.

СД дифманометрлари сигналлаш қурилмаси ва пневматик ўзгартиргичга эга бўлиши мумкин. Кўрсатишларни қайд қилишда қоғоз диаграммасини юритмаси худди ЎММ манометрлардаги каби синхрон двигател ёки соат механизмлари орқали амалга оширилади. Дифманометрлар ишчи босим 16 ва 32 МПа бўлганда 6,3 кПа дан 0,16 МПа гача бўлган юқори ўлчаш чегарасига ва 1; 1,5 аниқлик синфига эга. Торайтирувчи қурилмали сарф ўлчагич-дифманометрлар 32 МПа гача бўлган статик босимни қайд қилиш учун манометрик қисм ва сарфни ҳисоблаш учун интеграторга эга бўлиши

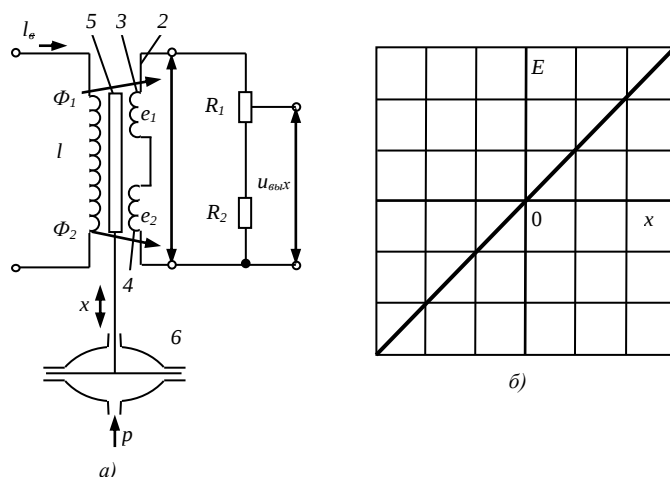
мумкин.

Мембранали сезгир элементлар, баъзида мембранали кути кўринишида, сиқилиш ва сийракланиш босимларини ўлчаш асбобларида ишлатилади. НМП типдаги напоромернинг профил кесими ва ташқи кўриниши 10.8-расмда тасвирланган. Ўлчанадиган босим асбобнинг орқа деворидаги штуцер 1 орқали мембрана қутиси 2 нинг ички бўшлиғига берилади. Схемада соддалаштириб тасвирланган ричаг ва тягалар тизими 3 ёрдамида мембрана қутиси марказининг силжиши профил шкала 6 бўйлаб силжувчи кўрсаткич 5 ўрнатилган ўқ 4 нинг айланиш бурчагига ўзгартирилади. Бошланғич ҳолатни созлаш учун асбобнинг олд панелида жойлашган корректор 7 дан фойдаланилади. Ушбу асбоблар билан бир қаторда тягомер ва тягонапоромерлар ҳам ишлаб чиқарилади. Асбобларнинг аниқлик синфи 1,5; 2,5 бўлгандаги ўлчаш диапазони 25 кПа га етади. Мембранали сезгир элементлардан фойдаланиб, 12 дан 12 кПа гача диапазонда ишловчи босим релеси (сигнализатори) ва РД типдаги тягалар ишлаб чиқарилади.

10.4- §. Кўрсатишларни масофага узатувчи деформацион босим ўзгартиргичлари

Ишчи нуқтадаги босим ўзгариши ҳақидаги маълумотларни масофага узатиш учун сезгир элементлар мос унификацияланган сигнал ҳосил қилувчи электр ёки пневматик ўзгартиргичларга уланади, ҳосил қилинган сигналлар иккиламчи асбобга узатилади. Уларнинг қаторига кўрсатувчи ва қайд қилувчи иккиламчи асбоблар, бошқарув ва ҳимоя воситалари киради.

Дифференциал-трансформаторли ўзгартиргичлар ва тизимлар



10.9. Расм. Дифференциал-трансформаторли ўзгартиргичнинг схемаси (а) ва чиқиш сигналининг графиги (б):

1 – қўзғатиш чулғами; 2 – иккиламчи чулғам; 3, 4 – иккита тескари уланган ярим чулғамлар; 5 – ферромагнитли ўзак; 6 – мембрана.

Ўзгарувчан ток сигналларини масофага узатиш учун дифференциал-трансформаторли тизимдан фойдаланилади. Ушбу тизим маълумот узатишнинг токли ва частотали усуллари ишлаб чиқилгандан анча аввал ишлаб чиқилган бўлса ҳам унинг содда ва ишончлилиги туфайли ҳозирга қадар қўлланилиб келинади. Ушбу тизимнинг бирламчи ўзгартиргичи вазифасини ЭДМ типигаги бир ўрамли найсимон пружина, МД типигаги мембранали дифманометр ва ҚД типигаги қалпоқчали дифманометрлар бажаради. Бу бирламчи ўзгартиргичлар мажмуасида кўрсатувчи ва ЎМД типигаги қайд қилиш иккиламчи асбоблари ва 0...10 мГн индуктивлик билан унификацияланган сигналлардан фойдаланишга мўлжалланган бошқа қурилмалар ҳам ишлайди.

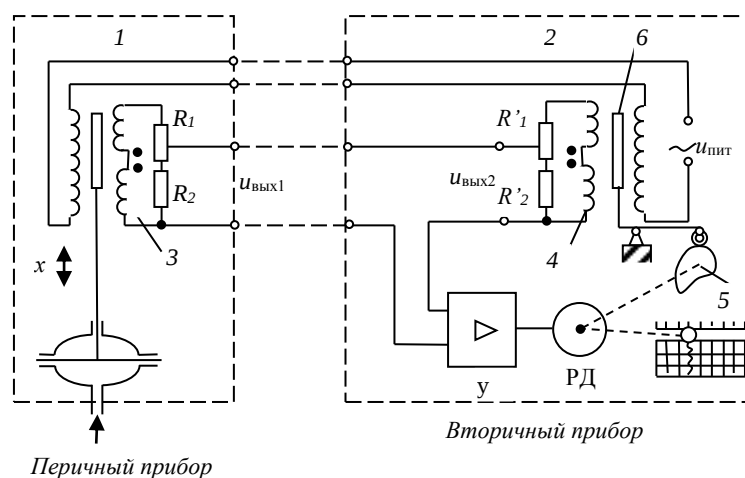
Дифференциал-трансформаторли ўзгартиргичларнинг схемаси 10.9, а-расмда келтирилган. Ўзгартиргич ўзида қўзғатиш чулғами 1 ва иккиламчи чулғам 2 лардан ташкил топган трансформаторни намоёт қилади. Иккиламчи чулғам иккита ўзаро тескари уланган ярим чулғамлар 3, 4 дан ташкил топган. Бирламчи ва иккиламчи ярим чулғамлар ўралган ғалтакнинг ичида ўлчанаётган босим таъсир қилувчи мембрана 6 билан боғланган ферромагнит ўзак 5 силжийди. Қўзғатиш чулғами 1 қуйидаги ифодадан келиб чиқққан ҳолда e_1 , e_2 ларни ҳосил қилувчи 3, 4 ярим чулғамлардан ўтувчи Φ_1 , Φ_2 магнит оқимларини ҳосил қилади:

$$e_1 = 2\pi f I_q M_1; e_2 = 2\pi f I_q M_2 \quad (10.8)$$

бу ерда M_1 , M_2 – қўзғатиш чулғамини мос иккиламчи ярим чулғамлар

билан боғлаб турувчи ўзаро индуктивликлар; f , I_k – частота ва қўзғатиш чулғами.

Ўзакнинг ўртача ҳолатида $M_1 = M_2$, $\Phi_1 = \Phi_2$ бўлиб, улар иккиламчи ярим чулғамлардан тенг ва қарама-қарши йўналган ЭЮК ларни ҳосил қилади ва бунда $E = e_1 - e_2 = 0$ бўлади (10.10, б-расм). Ўзак 5 ғалтакнинг юқори қисмига силжиганда Φ_1 ошади, Φ_2 эса камаяди ва бунда $e_1 > e_2$ ва $E = e_1 - e_2 \neq 0$ бўлади. Ўлчанаётган босимнинг қиймати ошганда сезгир элемент x нинг силжиши ва ўзгартиргич чиқиш сигналининг амплитудаси ошади.



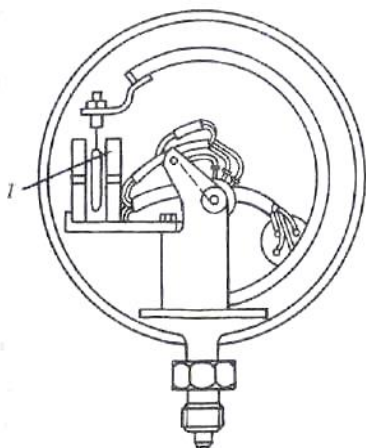
10.10. Расм. Дифференциал-трансформаторли ўлчаш тизимининг схемаси:

1, 2 – бирламчи ва иккиламчи асбоблар; 3, 4 – бирламчи ва иккиламчи асбобларнинг дифференциал-трансформаторли ўзгартиргичлари; 5 – муштча; 6 – ўзак.

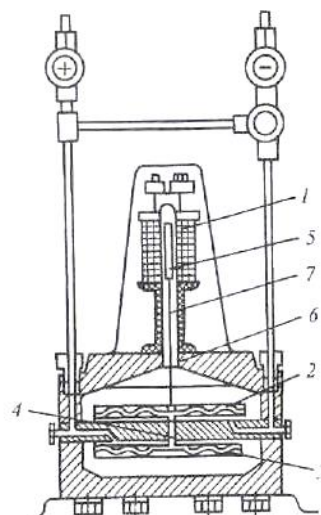
Ўзак юқоридан қуйи ҳолатга ўтганда $e_2 > e_1$ бўлиб, сиқиш сигналининг фазаси 180° га ўзгаради. Ўзгартиргичнинг статик тавсифини эгрилигини тўғрилаш ва ўзаро ўрин алмашувчанликни таъминлаш учун R_1 ўзгарувчан резистор ишлатилади. $u_{чик}$ кучланиш M_1 , M_2 индукциялар, ўзак 5 нинг ҳолати ва ўлчанаётган босимга боғлиқ бўлган бир қийматли функция ҳисобланади.

Бирламчи ўзгартиргичнинг сигналининг ўлчаш учун компенсацион ўлчаш усули ишлатилади. Босимни масофадан ўлчашнинг дифференциал-трансформаторли схемасини соддалаштирилган кўриниши 10.10-расмда келтирилган. Тизим ўзида бирламчи 1 ва иккиламчи 2 асбобларни бирлаштиради. Охиргиси дифференциал-трнасформаторли ўзгартиргич 4,

бирламчи асбобнинг ўхшаш ўзгартиргичи 3, чиқишига кулакча 5 орқали кўрсатувчи кўрсаткич ва ўзак 6 орқали ўзгартиргич 4 билан боғланган реверсив двигатель РД уланган кучайтиргичдан ташкил топган. Дифференциал-трансформаторли ўзгартиргичнинг иккиламчи чулғамлари 3, 4 кетма-кет тарзда электрон кучайтиргичнинг киришига уланган, $\Delta u = u_{чик1} - u_{чик2}$. Иккала кучайтиргичнинг ҳам қўзғатиш чулғамлари кетма-кет уланган ва иккиламчи асбобнинг куч трансформаторидан чиқаётган кучланишдан таъминланади. Қўзғатиш чулғамларининг манбаи битта ток бўлиб, ушбу тизим ишлашининг зарурий шarti ҳисобланади ва ўзгарувчан ток занжирларида ҳосил бўладиган ночизикли бузилишлар ва қўзғатиш токининг тебранишларини бартараф этиш имконини беради.



10.11. Расм. Дифференциал-трансформаторли ўзгартиргичли МЭД манометрнинг схемаси: 1 – ўзгартиргич.



10.12. Расм. ДМ типдаги мембранали дифманометр схемаси:

1 – ўзгартиргич; 2, 3 – юқори ва қуйи мембрана кутилари; 4 – трубка; 5 – ўзак; 6 – ажратувчи найча; 7 –

Иккиламчи асбобнинг кўрсатиши кучайтиргичнинг киришидаги сигнал нолга тенг ва реверсив двигатель айланмайдиган режим, тизимнинг компенсацияланиш режимида олинади. Ушбу ҳолда $\Delta u = 0$, $u_{чик1} = u_{чик2}$ ва иккала ўзгартиргичларнинг иккиламчи чулғамлари алоқа линияларидаги ток нолга тенг. Ўлчашнинг бундай усули ўлчаш занжири ва қўзғатиш токи занжиридаги алоқа линияларининг қаршилигини асбобнинг кўрсатишига

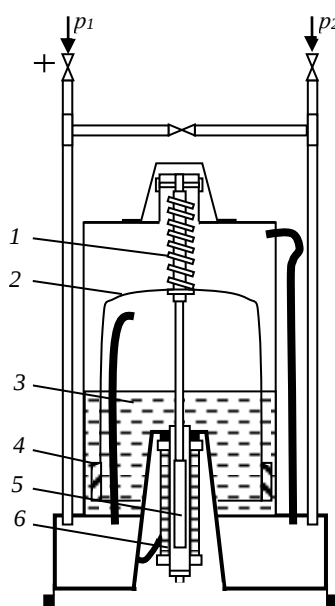
бевосита таъсирини бартараф этади. Линияларнинг қаршилиги ортиб кетганда иккиламчи асбобнинг сезгирлиги камаяди ва хатолик ортиб кетади. ЎМД асбобларда аниқлик синфи 1 га тенг, агар улар дифманометр-сарфўлчагичлар билан ишласа, унда сарф бўйича чизикли шкала профилланган калакча 5 ҳисобига олинади. Сарф бирликларида даражаланган иккиламчи асбобларда баъзан ҳисоблагичлар ўрнатилади ва кўрсатиш қиймати бўйича фиксацияланган вақт интервалида сарф йиғиндиси аниқланади. Агар максимал сарфда юқори ўлчаш чегарасига мос равишда асбобнинг кўрсатиши соатига 1000 бўлимга ўзгарса, унда сарф 40 % бўлганда 400 ни ташкил этади. Интегратор ишлаганда бу ўзгариш 6 минут ичида мос равишда 100 ва 40 ни ташкил этиши керак.

Дифференциал-трансформаторли ўзгартиргич 1 ли найсимон-пружинали манометр МЭД нинг схемаси 10.11-рамда тасвирланган. Ҳисоблаш курилмасига эга бўлган МЭД манометрларининг модификациялари мавжуд бўлиб, иккала модификациясида ҳам аниқлик синфи 1 ва юқори ўлчаш чегараси 0,1 дан 160 МПа гача. МЭД манометрлари асосида унификацияланган токли чиқиш сигналларига эга бўлган МП манометрлари ишлаб чиқарилади. Ушбу чиқиш сигналларини олиш учун асбобда ўзаро индуктивлик ўзгаришини пропорционал токли сигналга ўзгартириб берувчи кучайтиргич киритилган.

Дифференциал-трансформаторли ўзгартиргичга эга бўлган ДМ типигаги дифманометрнинг схемаси 10.12-расмда келтирилган. Сезгир элемент вазифасини мембранали блок бажаради, юқори мембранали қути 2 минусли камерада жойлаштирилган бўлиб, бу ерга ўлчанаётган босимдан кам босим берилади. Қуйи мембранали қути 3 дифманометрнинг плюсли камерасида жойлашган. Найча 4 орқали ички бўшлиғи дистиллят ёки кремнийорганик суюқлик билан тўлдирилган мембрана қутилари 2, 3 туташтирилади.

Босимлар фарқи таъсири остида мембрана қутиси 3 сиқилади ва сувнинг бир қисми мембранали қути 2 га оқиб чиқиб уни деформациялайди ва ўзак 5 ни қўзғатади. Ўзак ажратувчи қувур 6 нинг ичида жойлашган бўлиб,

стержень 7 каби номагнит материалдан тайёрланган. Найча 6 нинг ташқи томонига дифференциал-трансформаторли ўзгартиргич 1 нинг ғалтаги жойлаштирилган. Иккала мембрана кутиларининг профили бир хил қилиб ишланган бўлиб, бир томонламали юкланишларда улардан бири йиғилади ва сезгир элемент ўзининг эластиклик тавсифини сақлаб қолади. Иккала мембрана кутиларининг профили бир хил қилиб ишланган бўлиб, бир томонламали юкланишларда улардан бири йиғилади ва сезгир элемент ўзининг эластиклик тавсифини сақлаб қолади. Қуйи мембрана кутисининг қаттиқлиги кичик бўлиб, унинг ёрдамида мембрана блоки ичида жойлашган суюқлик ҳажмининг ҳароратга боғлиқ ўзгаришини компенсациялаш амалга оширилади.



10.13. Расм. ҚД типдаги қалпоқчали дифманометр схемаси:

1 – пружина; 2 – қалпоқча; 3 – ажратувчи суюқлик; 4 – халқа; 5 – ўзак;
6 – ўзгартиргич

ДМ дифманометр стандартга мос равишда ишчи босим 6,3; 25 ва 63 МПа бўлганда 1,6 кПа дан 0,63 МПа гача бўлган юқори ўлчаш чегараларига эга ва уларнинг аниқлик синфлари 1; 1,5.

Босим ўлчаш асболари орасида қалпоқчали дифманометр алоҳида

ўринга эга (10.13-расм). Бу дифманометрларни ушбу бўлимда кўриб чиқилишига асосий сабаб, уларнинг сезгир элементи пружина бўлиб, унга сифатида ажратувчи суюқлик 3 да сузувчи қапоқча 2 осилган. Қалпоқча юпқа деворли бўлиб, унинг қуйи қисмига халқа 4 маҳкамланган ва қалпоқчанинг асосий массаси шбу халқага марказлаштирилган. Бунга асосий сабаб, қалпоқчанинг ичи ва ташқарисидаги ажратувчи суюқликнинг сатҳларининг фарқи ўзгарганда унга таъсир қилувчи итариб чиқариш кучининг ҳақиқий қиймати ўзгармайди. Босимлар фарқи бўлмаганда қалпоқча четки ҳолатда бўлиб, унинг ташқи ва ичик томонларидаги суюқликларнинг сатҳлари ўзаро мос бўлади. Қалпоқчанинг остидан ўлчанаётган босимдан катта босим берилганда, у сузиб чиқа бошлайди ва бунда унга таъсир этувчи кучлар қуйидаги тенгламадан аниқланади:

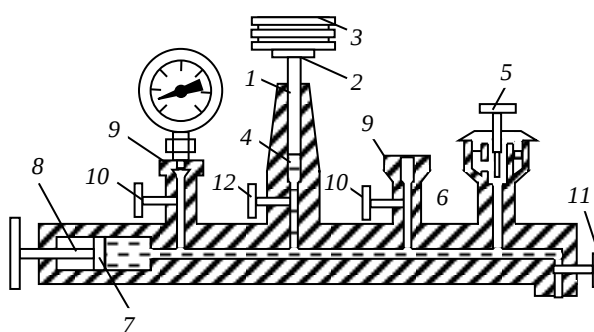
$$G_q - (p_1 - p_2)F_q = kx \quad (10.9)$$

бу ерда G_q , F_q – қалпоқчанинг оғирлик кучи ва унинг остки юзаси; k , x – пружинанинг қаттиқлиги ва унинг силжиши.

(10.9) ифода мувофиқ дифференциал-трансформаторли ўзгартиргич 6 нинг ўзаги 5 нинг силжиши Δx қалпоқчанинг тагига боғлиқ бўлиб, босимлар фарқига чизиқли боғланган. Қалпоқчали дифманометрлар 0,2 дан 1 кПа гача бўлган ўлчаш чегараси ва 1,5 аниқлик синфига эга.

10.5- §. Юкпоршенли манометрлар

Юкпоршенли манометрларда ўлчанаётган босим юк билан сиқилмаган поршеннинг қаттиқлик кучи билан мувозанатлашади. Манометрлар 3 дан $2,5 \cdot 10^4$ кПа гача диапазонадаги босим ўлчаш асбобларини текшириш учун намунавий восита сифатида, шунингдек тажрибавий амалиётда босимни аниқ ўлчаш учун ишлатилади.



10.14. Расм. МП-60 русумли юкпоршенли манометр схемаси:

1- поршень; 2 – тарелка; 3 – юклар; 4 – цилиндр; 5, 11 – вентиль; 6 – резервуар; 7 – винтли пресснинг поршени; 8, 9 – тиргак; 10, 12 – кулфланадиган вентиллар.

6 МПа (МП-60) ўлчаш диапазониغا эга бўлган поршенли манометрининг схемаси 10.14-расмда келтирилган. Юк 3 учун мўлжалланган тарелка 2 ли поршен 1 цилиндр 4 нинг ичида силжийди. Поршенли жуфтлик поршен ва цилиндр ўртасидаги оралик 0,01 мм дан ошмайдиган қилиб тайёрланади. Уларнинг ўртасидаги ораликлини бундай кичиклиги туфайли ҳаттоки юқори босимларда суюқликни кўчиши ҳисобига поршенни қўйиб юбориш тезлиги 1 мм/мин дан ошмайди. Ўлчаш вақтида поршен ва цилиндр ўртасидаги ораликни тенг ўлчамда сақлаш учун поршен соат миля йўналишида айлантрилади. Ўлчаш диапазони 0,6 МПа ва ундан юқори бўлган манометрларда поршеннинг айланиши қўл ёрдамида амалга оширилади. 0,006 ва 0,25 МПа ўлчаш диапазонли манометрларда поршеннинг айланиши электр двигатели орқали амалга оширилади.

Поршенли манометрнинг ички бўшлиғи ишчи суюқлик (керосин, трансформатор мойи) билан тўлдирилади. Суюқликни қуйиш резервуар 6 нинг таглигида жойлашган тешик орқали вентил 5 ни очиш билан амалга оширилади, винтли пресс 8 нинг поршени 7 орқали суюқлик манометрдан сўриб чиқарилади. Ўлчаш вақтида пресс 8 ёрдамида поршен 1 юк билан юқори баландликкача кўтарилади, берилган кўрсаткичли 10 вентилли сток 9 орқали текшириляётган манометр уланади. Вентил 11 поршенли манометрдан суюқликни чиқариб юбориш учун хизмат қилады. Тарелкада берилган ўлчамдаги босимни ҳосил қилиш учун тарелканинг массаси билан биргаликда поршенга юк қўйилады ва маълум оғирлик кучи ҳосил қилинади. М юкли поршеннинг массаси қуйидаги босимни ҳосил қилады:

$$p = Mg / S \quad (10.10)$$

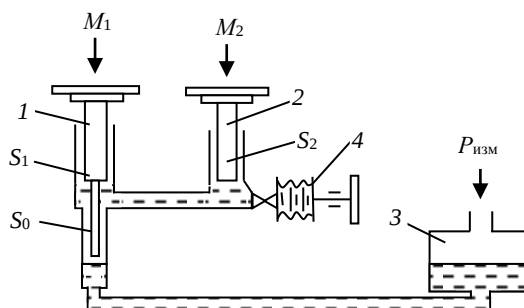
Бу ерда S – прошен 1 нинг юзи бўлиб, у поршен торцини юзи ва оралик юзининг ярмини йиғиндисига тенг; g – эркин тушиш тезланиши.

Юклар нормал эркин тушиш тезланиши учун калибровка қилинганлигини инобатга олган ҳолда ўлчаш вақтида маҳаллий эркин тушиш тезланишига тўғрилаш киритилади. Кўрилаётган конструкция учун поршеннинг юзаси 0,5 ва 1 см² қилиб олинган бўлиб, бу поршенни оғир юк таъсирида букилишидан асрайди. Манометрларнинг аниқлик синфи: 0,02; 0,05. юк поршенларнинг ички бўшлиғидаги босим юк поршенининг устунисиз ҳам винтли пресс 8 ёрдамида ҳосил қилиниши мумкин. Ушбу ҳолда вентил 12 билан устун очилади, ҳосил қилинган босим эса тиргаклардан бирига ўрнатилган намунавий манометр билан ўлчанади.

Юк поршенлари билан ўлчанадиган босим диапазонларини ошириш учун дифференциал, юкдан бўшатиш, мултипликатор воситасида юкланган поршенлар ишлатилади.

Манометр МВП-2,5 да ишлатиладиган юкдан бўшатиш дифференциал поршеннинг схемаси 10.15-расмда келтирилган. Идиш 3 га тушаётган атмосфера босими остида 1, 2 поршенлар ўзаро мувозанатлашган ва мойли сифонли пресс 4 ёрдамида бошланғич ҳолатга ўрнатилган. Бунда $M_1 g / (S_1 - S_0) = M_2 g / S_2$, бу ерда M_1 , M_2 – тарелкали поршенларга мос келувчи массалар.

Идишга ортикча босим берилганда поршен 1 кўтарилади, поршен 2 эса тушади. Бошланғич ҳолатни тиклаш учун поршен 1 га M_1 массали юк қўйилади ва ўлчанаётган босим $p_{\text{ёғ}} = M_1 g / S_0$ сифатида аниқланади. Агар сийракланиш $p_{\text{суй}}$ ўлчанаётган бўлса, унда поршен 1 пастга тушади, поршен 2 эса кўтарилади. Бошланғич ҳолатга қайтиш учун M_2 массали юк поршен 2 га қўйилади ва бунда $p_{\text{ёғ}} S_0 = M_2 g (S_1 - S_0) / S_2$; $p_{\text{суй}} = M_2 g (S_1 - S_0) / (S_0 S_2)$. бўлади.



10.15. Расм. МВП-2.5 мановакуумметрнинг поршенли тизимини схемаси:

1, 2 – поршен; 3 – идиш; 4 – мойли сиффонли пресс.

Юк поршенли манометрлар ёрдамида босимни ўлчаш ва қайта тиклашнинг қўйи хатолиги юкларнинг массаси, поршеннинг юзаси ва эркин тушиш тезланиши юқори аниқлик билан олинганда (10.10) ифодага кўра аниқланади.

Назорат саволлари

1. Суюқлик манометрларнинг ишлаш принципи қандай?
2. Суюқлик манометрларини аниқлигини оширишнинг қандай усуллари мавжуд?
3. Эластик сезгир элементларнинг қандай турларини биласиз?
4. Агар $0 \dots 1$ кПа; $0 \dots 0,1$ МПа; $0 \dots 100$ МПа ўлчаш чегараларидаги босимларни ўлчаш талаб қилинса, сиз қандай эластик сезгир элементли манометрларни танлайсиз?
5. Дифференциал-трансформаторли тизимларнинг бирламчи ва иккиламчи асбоблари ўртасидаги алоқа линияларининг қаршилиги асбобнинг кўрсатишига қандай таъсир кўрсатади?
6. Чиқиши унификацияланган ток сигнали бўлган ўзгартиргичлардан фойдаланишнинг асосий сабаби нимада?
7. Ўзгартиргичларнинг юқори аниқлиги қандай усул ёрдамида таъминланади?
8. Дифманометрлардаги вентил блокларининг вазифаси нимадан иборат?
9. Қандай типдаги тензоўзгартиргичларни биласиз ва уларнинг ишлаш принципи қандай?
10. Токли чиқиш сигналли ўзгартиргичларда юкланиш қаршилигини

ўзгаргариши нимани ҳисобига чиқиш сигналига таъсир қилмайди?

11. Юк поршенли манометрларнинг аниқлигини юқорилиги нима билан белгиланади?
12. Юқори ҳарорат ва агрессив моддалардан манометрларни ҳимоя қилиш учун қандай қурилмалардан фойдаланилади?

Ўн биринчи боб

САТҲНИ ЎЛЧАШ

Сатҳ деб технологик аппаратларнинг ишчи муҳит – суюқлик ёки сочилувчан моддалар билан тўлдирилган баландлигига айтилади.

Ишчи муҳитнинг сатҳи технологик параметр ҳисобланиб, технологик аппаратларни иш режимларини назорат қилиш, баъзи ҳолларда эса ишлаб чиқариш жараёнларини бошқариш учун зарурий информация бўлиб хизмат қилади. *Сатҳ ўлчаши воситалари сатҳ ўлчагичлар дейилади.*

Сатҳ ўлчагичлар технологик аппаратлардаги суюқликларнинг массаси ва ишчи муҳит сатҳини ўлчовчи, ишчи муҳитнинг чегаравий қийматларини сигналловчи – сатҳ сигнализаторлари каби турларга бўлинади.

11.1- жадвалда сатҳ ўлчагичларнинг ўлчаш диапазонлари келтирилган.

11.1. Жадвал

Сатҳ ўлчагичларнинг ўлчаш диапазоналари

Диапазони	Ўлчаш чегараси	Қўлланиш соҳаси
Тор	0-450 мм	Автоматик ростлаш тизимларида
Кенг	0.5- 20 м	Товарларни ҳисоблаш амалларини ўтказишда

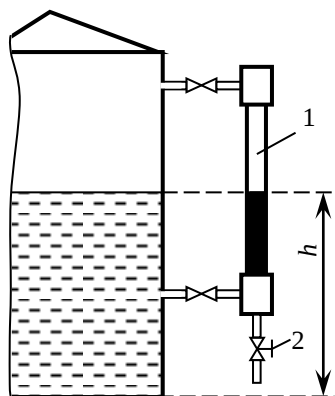
Ҳозирги вақтда саноатнинг турли соҳаларида сатҳ ўлчаш турли ишлаш принципларига эга бўлган сатҳ ўлчагичлар орқали амалга оширилади. Қуйида энг кенг тарқалган сатҳ ўлчагичларни келтириб ўтамиз:

- қалқовичли
- буйкли
- гидростатик
- электрик
- ультратовушли
- радиоизотопли

Шунингдек визуал ўлчаш воситаларидан ҳам фойдаланилади.

11.1- §. Визуал сатҳ ўлчаш воситалари

Ушбу ўлчаш воситаларига ўлчаш чизғичи, рейка, цилиндрик стерженлар ва шишали сатҳ ўлчагичлар киради. Шишали сатҳ ўлчагичлар ёрдамида сатҳ ўлчаш туташ идишлар қонунига асосланган.



11.1. Расм. Технологик аппаратлардаги кўрсаткичли шишалар қурилмасини схемаси.

Шишали сатҳ ўлчагичнинг принципиал схемасини кўриб чиқамиз. Схема 11.1-расмда келтирилган. Кўрсаткичли шиша 1 арматуралар ёрдамида сифимнинг юқори ва қуйи қисмлари билан туташтирилган. Найча 1 даги суюқлик баландилигини кузатиб туриб, сифимдаги суюқликнинг баландлиги ҳақида хулоса чиқарилади. Қўшимча хатоликни бартараф этиш учун шиша найчадаги суюқлик тозалаб чиқариб ташланади, бу ишни вентил 2 амалга оширади.

Механик мустаҳкамлиги кичик бўлганлиги сабабл шиша найчанинг узунлиги 0,5 м дан ошмайдиган қилиб тайёрланади. Шунинг учун ҳам баланд резервуарларда бир нечта шиша сатҳ ўлчагичлар бир-бирини ёпиб турувчи қилиб ўрнатилади.

Юқорида келтирилган шароит туфайли сатҳ ўлчагичларда хатолик юзага келади. Чунки, улар мутлоқ катталикларни (яъни шкаланинг диапазонига боғлиқ эмас) тавсифлайди. Шишали сатҳ ўлчагичлар билан сатҳ ўлчашдаги мутлоқ хатолик $\pm(1-2)$ мм.

Қўлланилиш соҳаси

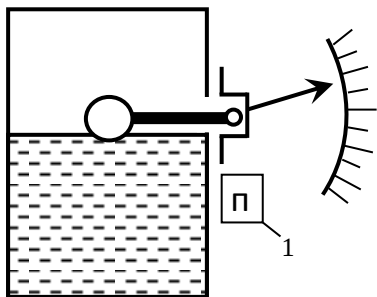
Кузатишлар инсонлар томонидан амалга ошириладиган қурилмаларда ишлатилади. Шунингдек техник чегараланишлар ҳам мавжуд. Шишали сатҳ ўлчагичлар 3 МПа гача бўлган босим ва 300° ҳароратгача қўлланилиши мумкин.

11.2- §. Қалқовичли сатҳ ўлчаш воситалари

Ўлчаш принципи

Суюқлик сиртида қалқович сузиб юради ва у штанга ва махсус сальникли зичланиш орқали ўлчаш асбобининг кўрсаткичи ёки унификацияланган электр ёки пневматик сигналли ва бурчак кўчишли ўзгартиргичлар билан боғланиши мумкин.

Принципиал семаси

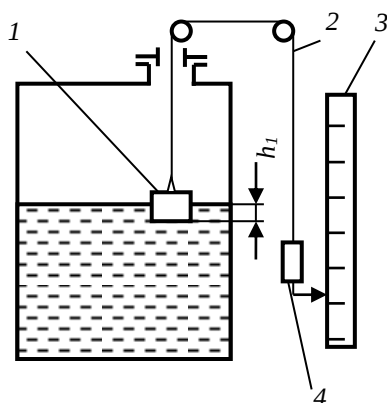


11.2. Расм. Фланецли қалқовичли сатҳ ўлчагичнинг схемаси (тор диапазонли).

Тор ва кенг диапазондаги қалқовичли сатҳ ўлчагичлар мавжуд.

Тор диапазонли қалқовичли сатҳ ўлчагичлар одатда диаметри 80-200 мм, зангламайдиган пўлатдан ясалган шарсимон қалқовичдан иборат курилма кўринишида намоён бўлади (11.2-расм).

Тор диапазонли сатҳ ўлчагичлар иккита: фланецли (расмда тасвирланган) ва камерали типда ишлаб чиқарилади. Уларнинг алоҳида хусусияти – технологик аппаратларда бурчак кўчишни унификациялашган сигналга айлантириб берувчи ўзгартиргичнинг мавжудлиги.



11.3. Расм. Кенг диапазонли қалқовичли сатҳ ўлчагичнинг схемаси

Кенг диапазонли сатҳ ўлчагичлар (11.3-расм) ўзида қарши юк 4 билан эгилувчи трос 2 орқали боғланган қалқович 1 ни намоён этади.

Қарши юкнинг қуйи қисмига кўрсаткич маҳкамланган бўлиб, шкала 3 бўйича суюқлик сатҳининг қийматини кўрсатади. Қалқовичли сатҳ ўлчагичларни ҳисоблашда қалқовичнинг шундай конструктив параметрлари танланадики, бунда «қалқович - қарши юк» тизими маълум чуқурликда мувозанатда бўлади.

11.3-рамда тасвирланган қалқовичли сатҳ ўлчагичлар учун троснинг таранглик кучи ва роликлардаги ишқаланиш

кучини ҳисобга олган ҳолда «қалқович-қарши юк» тизимининг мувозанат ҳолати қуйидаги тенглама билан тавсифланади:

$$G_r = G_{\bar{e}} - S \cdot h_i \cdot \rho_c \cdot g$$

бу ерда G_r , $G_{\bar{e}}$ – қарши юк ва қалқовичнинг оғирлик кучлари;

S – қалқовичнинг юзаси;

h_i – қалқовичнинг ботиш чуқурлиги;

ρ_c – суюқликнинг зичлиги.

Суюқлик сатҳининг ошиши қалқовичнинг ботиш чуқурлигини оширади ва унга яна қўшимча итариб чиқарувчи куч таъсир қила бошлайди. Натижада юқорида ёзилган тенглик бузилади ва қарши юк токи қалқовичнинг ботиш чуқурлиги h_i баландликка тенглашмагунча пастга туша бошлайди.

Мутлоқ хатолик ± 4 ва ± 10 мм (мос равишда 0-12 м ва 0 -20 м ўлчаш диапазонлари учун). Аниқлик синфи 1.5.

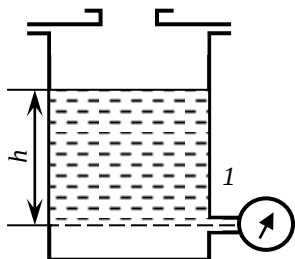
Қўлланилиш соҳаси

Қалқовичли сатҳ ўлчагичлар ўлчаш натижаларини масофага узатиш имконига эга бўлганлиги учун АБТ ларда кенг қўлланилади. Минимал ўлчаш диапазони 0-12 м, максимали – 0-20 м. Конструкциясининг соддалиги билан ажралиб туради.

11.3- §. Гидростатик сатҳ ўлчаш воситалари

Гидростатик сатҳ ўлчагичлар ёрдамида сатҳ ўлчаш суюқлик устуни ҳосил қилган гидростатик босимни ўлчашга олиб келинади. Гидростатик босимни ўлчашни қуйидагича амалга ошириш мумкин:

- сатҳнинг қуйи чегарасига мос баландликда ўрнатилган манометр билан;



- резервуар сатҳининг қуйи чегараси ва суюқлик устидаги газли соҳаларга мос келувчи баландликларни боҳлаб турувчи дифференциал манометр билан;

- фиксацияланган қийматгача тўлдирилган

11.4. Расм.

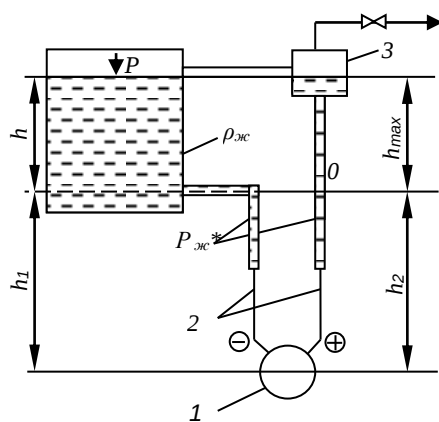
**Сатҳни манометр
билан ўлчаш
схемаси.**

резервуарнинг ичига туширилган найчага ҳайдалган газ (масалан, ҳаво) нинг босимини ўлчаш ўлчаш орқали.

11.4-расмда манометр билан сатҳ ўлчаш схемаси келтирилган. Бу мақсадда қўлланиладиган манометр 1 ўлчаш чегарасига мос келувчи ихтиёрий типдаги манометр бўлиши мумкин.

Технологик аппаратларда босим таъсири остида бўлган суюқликларнинг сатҳини ўлчаш учун дифференциал манометрлар кенг қўлланилади.

Дифференциал манометрлар ёрдамида шунингдек очик резервуарлардаги суюқлик сатҳини, суюқлик фазалари бўлими ва суюқлик бўлимларининг сатҳларини ҳам ўлчаш мумкин. Сатҳ ўлчашнинг бундай схемаси 11.5-расмда келтирилган. Дифманометр 1 импульс трубкаси 2 орқали резервуар ва тенглаштирувчи идиш 3 билан уланади. Тенглаштирувчи идиш сатҳнинг максимал қийматига мос баландликда ўрнатилади ва аппарат билан уланади. Умуман тенглаштирувчи идиш импульс трубкасидаги



суюқлик устунини h_1 ҳосил қиладиган статик босимни компенсациялаш учун қўлланилади. Ўлчаш жараёнида тенглаштирувчи идишдаги суюқлик сатҳи доимий бўлиши керак. Вентиль 4 идиш 3 даги сатҳни доимий ушлаб туриш учун хизмат қилади. 11.4-расмда келтирилган схема учун:

11.5. Расм. Дифференциал манометр билан сатҳ ўлчаш схемаси

$$P = pgh.$$

Бу ердан қидириладиган сатҳни h орқали ифодалаймиз. $h_1 = h_2$ бўлганда 11.5-расмда келтирилган схема учун дифманометр билан ўлчанаётган босимлар фарқи қуйидагича бўлади:

$$\Delta P = \rho'_c \cdot g \cdot h_{\max} - \rho_c \cdot g \cdot h$$

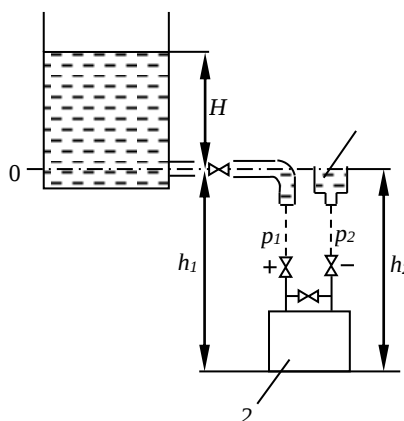
$h = 0$ бўлганда $\Delta P = \Delta p_{\max}$, $h = h_{\max}$ бўлганда эса $\Delta P = 0$ бўлади.

Манометр билан сатҳ ўлчанадиган ҳоллар учун манометрнинг аниқлик синфи ва суюқлик зичлигининг ўзгариши билан аниқланадиган ўлчаш хатоликлари ўринлидир. Гидростатик сатҳ ўлчаш воситаларига пьезометрик сатҳ ўлчагичлар кирази. Улар $\pm (1.0 - 1.5) \%$ нисбий хатоликка эга. Бироқ, агар гидростатик босимни ўлчаш воситаси сифатида дискрет-узлуксиз ишловчи автоматик манометрдан фойдаланилса, аниқликни ошириш мумкин.

Қўлланилиш соҳаси

Гидростатик сатҳ ўлчаш воситалари бир неча сантиметрдан 10-15 метргача бўлган кенг диапазондаги сатҳларни ўлчаш имконини беради.

Дифманометрик сатҳ ўлчагичлар. Атмосфера босими остидаги очик резервуарга дифманометрни улаш схемаси 11.6 – расмда келтирилган. Дифманометрнинг иккала импульс трубкалари ҳам назорат суюқлиги билан (агар у ноагрессив бўлса) тўлдирилади.



11.6. Расм. Очик резервуардаги сатҳни ўлчашда дифманометрни улаш схемаси:
1 – тенглаштирувчи идиш; 2 – дифманометр.

Ушбу фарқни дифманометрнинг плюс p_1 ва минус p_2 камералари орқали осонгина ҳосил қилиш мумкин:

$$p_1 = (H + H_0) \rho_c g + p_a,$$

бу ерда ρ_c – тенглаштирувчи идиш ва импульс трубкасидаги сувнинг зичлиги; p_a – барабандаги босим.

p_2 босим ўзида ва барабандаги ρ' зичликка эга h суюқлик устунининг гидростатик босимлари йиғиндисини намоён қилади, импульс трубкасидаги

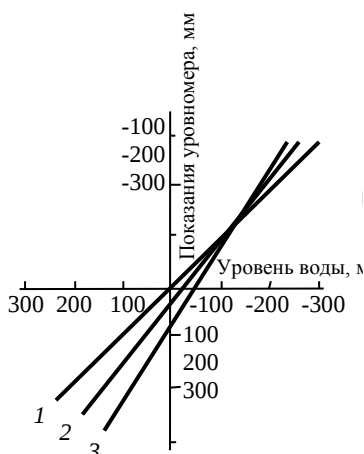
суюқликнинг зичлиги ρ_c ва баландлиги H_0 , барабаннинг ўнг томонидаги баландлик $H - h$ ва зичлик ρ_c'' га тенг:

$$p_2 = H_0 \rho_c g + h \rho' g + (H - h) \rho'' g + p_a.$$

Дифманометрга таъсир этувчи босимлар фарқи Δp куйидагича аниқланади:

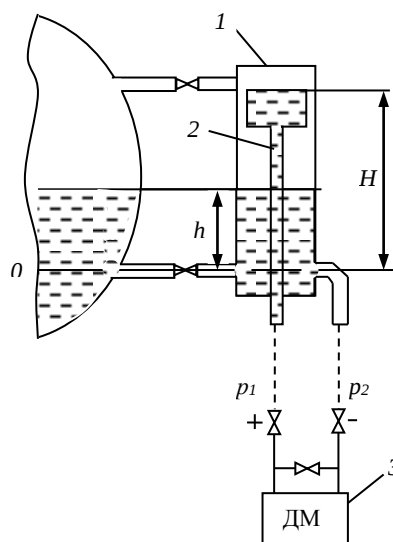
$$\Delta p = p_1 - p_2 = [H \rho_c - h \rho' - (H - h) \rho''] g = [H(\rho_c - \rho'') - h(\rho' - \rho'')] g \quad (11.1)$$

(11.1) ифодадан кўриниб турибдики, сатх ўлчагичнинг кўрсатиши нафақат жорий қийматга, балки сув ва буғнинг зичликлари ρ' ва ρ'' га ҳам боғлиқ бўлиб, улар ҳам ўз навбатида барабандаги муҳитнинг ҳарорати ва босимига боғлиқ. Шунинг учун ҳам дифманометрларнинг шкаласини ҳисоблаш барабаннинг ишчи (номинал) босими бўйича амалга оширилади. Бундан ташқари, ўлчаш натижасига импульс трубкасидаги сув зичлигининг ўзгариши таъсир қилади, бунда импульс трубкаси 2 даги H баландаликнинг гидростатик босими ўзгаради, унда шу вақтнинг ўзида босим p_1 ўзгармас бўлиб қолиши керак. Бу барабандаги муҳитнинг ҳарорати ёки атроф муҳит ҳарорати ўзгарганда юз бериши мумкин.



11.7. Расм. Барабанда босим ўзгарганда бир камерали тенглаштирувчи идишли сатх ўлчагич кўрсатишининг ўзгариш графиги:

1 – 3 – $p=16$ МПа; 10; 4.

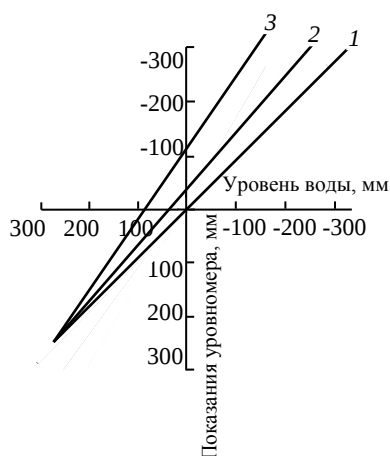


11.8. Расм. Икки камерали тенглаштирувчи идишли сатх ўлчагич схемаси:

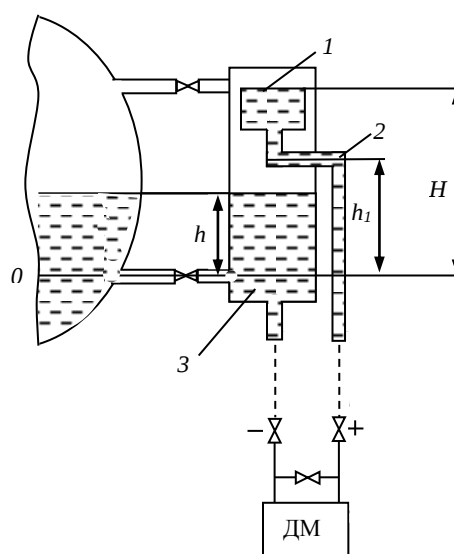
1 – идиш; 2 – ички найча; 3 – дифманометр.

Трубка 2 даги сувнинг ҳарорати $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ бўлганда (11.5-расмга қаранг) барабандаги буғ босими ҳисобий 16 МПа дан оғгандаги сатҳ ўлчагич кўрсатишининг ўзгаришини акс эттирувчи графиклар 11.7-расмда келтирилган.

Сатҳ ўлчагич 11.8-расмда 0 белгида тўғри келувчи сатҳнинг номинал қийматидан барабандаги сатҳ $\pm 315\text{ мм}$ ораликқача оғишини ўлчайди. Графиклардан кўриниб турибдики, барабандаги муҳит параметрларининг ўзгариши сатҳ ўлчагичнинг кўрсатишларини бузилишига сабаб бўлади, шунинг учун ҳам ушбу хатолик сатҳнинг жорий қийматига боғлиқ. Сатҳ ўлчагичга параметрларнинг оғишини минимал таъсири графикадаги чизиклар кесишадиган нуқтага тўғри келувчи сатҳга мос келади, лекин бу қиймат номинал қийматдан кичикдир.



11.9. Расм. Барабанда босим ўзгарганда икки камерали тенглаштирувчи идишли сатҳ ўлчагич кўрсатишининг ўзгариш графиги:
1 – 3 – $p=16\text{ МПа}$; 6; 4.



11.10. Расм. Аралаш камерали тенглаштирувчи идишли сатҳ ўлчагич схемаси:
1 – тенглаштирувчи идиш; 2 – импульс трубкаси; 3 – дифманометр

Кўриниб турибдики, атроф муҳит ҳароратининг номинал қиймат ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) дан оғиши ρ_c ва сатҳ ўлчагичнинг ўзгаришини келтириб чиқаради. ρ_c ни

Ўзгаришини сатҳ ўлчагичга бўлган таъсирини камайтириш учун икки камерали тенглаштирувчи идишдан фойдаланиш мумкин (11.9-расм). Идиш 1 нинг ташқи томони иссиқдан изоляцияланган бўлиб, бу ундаги ва ички трубка 2 даги сувнинг зичлиги барабандаги сув зичлигига тенг бўлишини таъминлайди. Бундай схемалар учун дифманометр 3 га таъсир қилувчи босимлар фарқи қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\Delta p = H\rho'g - [h\rho'g + (H - h)\rho''g] = (H - h)(\rho' - \rho'')g \quad (11.2)$$

бу ерда ρ' ва ρ'' – барабандаги сув ва буғнинг зичлиги.

Бундай схемалардан фойдаланганда сатҳ ўлчагичнинг кўрсатишига сув ва буғ зичликларининг фарқи $\rho' - \rho''$ таъсир қилади.

Барабандаги босимнинг номиналдан оғиши 10 дан 4 ва 6 МПа гача ўзгарганда сатҳ ўлчагич кўрсатишининг ўзгаришининг графиклари 11.9-расмда келтирилган. Икки камерали сатҳ ўлчагичнинг хатолиги худди бир камералиники каби сатҳнинг жорий қийматига боғлиқ. Унинг маълум қийматига мос келувчи босимнинг ўзгаришига 11.9-расмдаги чизикларнинг кесишиш нуқтаси мос келади. Бу қиймат сатҳнинг номинал қийматидан катта (11.7-расмда у номиналдан кичик эди).

Барабандаги сатҳнинг номинал қиймати (яни 11.7 ва 11.9 –рамслардаги 0 нуқтага мос келувчи сатҳ) да босимнинг ўзгаришидан келиб чиқадиган минимал қийматли хатоликка эга сатҳ ўлчагичлардан фойдаланиш қулай ҳисобланади.

Юқорида келтирилган сатҳ ўлчагичларга нисбатан 11.10-расмда келтирилган аралаш тенглаштирувчи идишли сатҳ ўлчагич бир оз яхши тавсифларга эга.

Ушбу аралаш идиш икки камерали идишдан шуниси билан фарқ қиладики, ундаги импульс трубка 2 тенглаштирувчи идиш 1 дан чиқиб, идиш 3 нинг бор бўйича эмас, балки унинг ёнидан ўтказилади. Шундай қилиб, сувнинг баландлиги h_1 бўш ҳолатда бўлиб, трубка 2 изоляцияланмайди. аралаш тенглаштирувчи идишнинг ўзини ташқи сирти иссиқдан изоляцияланган. Ушбу ҳолда дифманометрга таъсир қилувчи

босимлар фарқи Δp қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$\Delta p = [(H - h_1)\rho' + h_1\rho_c]g - [h\rho' + (H - h)\rho'']g = [(H - h)(\rho' - \rho'') + h_1(\rho_c - \rho')]\rho g \quad (11.3)$$

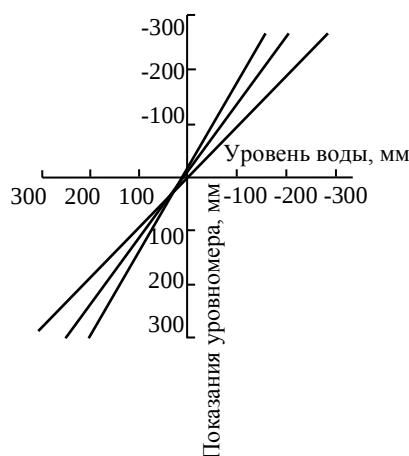
бу ерда $\rho_c - h_1$ соҳадаги трубка 2 даги сувнинг зичлиги.

(11.3) ифодадан кўриниб турибдики h_1 нинг қиймати $\Delta p = f(H)$ боғлиқликка таъсир қилади. Унинг қийматини қуйидаги муносабатдан танлаш тавсия этилади:

$$h_1 = 1,222(H - h_{\text{сд}}),$$

бу ерда $h_{\text{сд}} - 00$ нолли чизикқа нисбатан барабандаги номинал стах (11.10-расм).

Ҳисобий босим 16 МПа ва босимлар 10 ва 4 МПа бўлгандаги аралаш тенглаштирувчи идишли сатҳ ўлчагич кўрсатишларининг боғлиқликларининг графиклари 11.11-расмда келтирилган. Графиклардан кўриниб турибдики, босим ўзгаришининг минимал таъсири амалий жиҳатдан номинал сатҳга тўғри келмоқда.



11.11. Расм. Барабанда босим ўзгарганда аралаш камерали тенглаштирувчи идишли сатҳ ўлчагич кўрсатишининг ўзгариш графиги: 1 – 3 – $p=16$ МПа; 10; 4.

Икки камерали тенглаштирувчи идишли схемаларда барабан ва идишдаги ҳароратларни тенг ушлаб туриш муҳим аҳамиятга эга. Барабандагига нисбатан идишдаги ҳароратнинг қиймати ихтиёрий ўзгарганда тенглаштирувчи идишларга нисбатан қўйилган асосий талаб – дифманометрнинг камераларидан биридаги гидростатик босимни стабиллаш

бузилади ва қўшимча хатолик юзага келади. Кўриб чиқилган учала схема ҳам сатҳнинг ихтиёрий жорий қийматида кўрсатишларни босимнинг ўзгаришидан мустақиллигини таъминлай олмайди. Микропроцессорли сатҳ ўлчагичларда кўрсатишларни тўғрилаш қозон барабанидаги босим ўзгариши ва линиялардаги конденсатнинг ҳароратидан мустақил равишда амалга оширилади.

Дифманометрларни сатҳ ўлчагичларга улашнинг кўриб чиқилган барча схемаларидан электр станциялари ва саноат корхоналаридаги объектлардаги суюқликларнинг сатҳини ўлчашда қўллаш мумкин. Ўлчашнинг аниқ схемаси объектнинг ишлаш шароити ва сатҳни ўлчаш аниқлигига қўйилган талаблар билан белгиланади. Ичимлик ёки электр станцияларидаги тармоқ сувларининг иситгичларидаги сатҳларни ўлчашда бир камерали тенглаштирувчи идишлардан фойдаланилади (11.12-расм). Дифманометрга таъсир қилувчи босимлар фарқи қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$\Delta p = [H\rho_c - h\rho' - (H - h)\rho'']g,$$

ёки

$$\Delta p = [H(\rho_c - \rho'') - h(\rho' - \rho'')]g,$$

бу ерда ρ_c , ρ' , ρ'' – импульс трубкасидаги сув, конденсат ва буғнинг зичликлари.

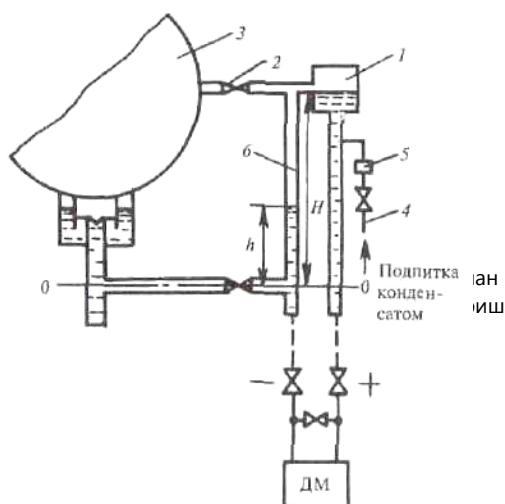
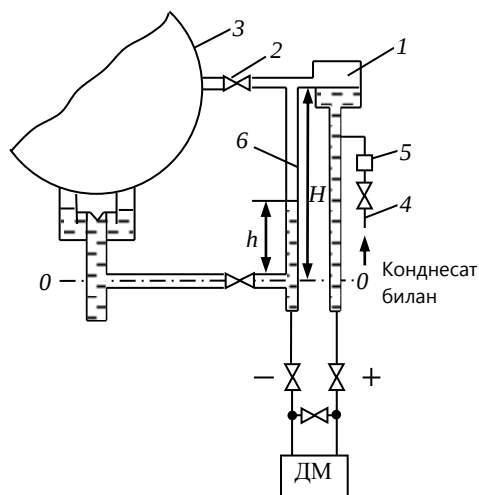


Рис. 11.12. Схема измерения уровня в конденсаторе турбины:

1 — однокамерный уравнительный сосуд; 2, 4, 6 — трубки; 3 — конденсатор; 5 — дифманометр

11.12. Расм. Қиздиргичлардаги қизиган буғ конденсат сатҳини ўлчаш схемаси



**11.13. Расм. Турбина
конденсаторидаги сатҳни
ўлчаш схемаси:**

1 – бир камерали тенглаштирувчи идиш; 2, 4, 6 – найчалар; 3 – конденсатор; 5 – дифманометр.

Турбинанинг конденсаторидаги сатҳни ўлчаш схемаси 11.13-расмда келтирилган. Схепада турбка 2 орқали конденсатор 3 нинг буғли соҳаси билан туташтирилган бир камерали тенглаштирувчи идиш 1 кўрсатилган. Идишдаги сувнинг буғланиши сатҳни камайишига олиб келмаслиги, шунингдек плюсли импульс трубкасидаги сувнинг ҳароратини стабиллаш учун унга узлуксиз тарзда конденсат насосидан чегараловчи диафрагма 5 орқали қувур 4 бўйича конденсат келиб туради. Конденсатнинг ортиқчаси 2, 6 найчалар орқали конденсатрга оқиб чиқади. Найча 6 конденсат насосининг сўриб олувчи қузурига уланган бўлиб, ундаги h_1 сатҳ ўлчанаётган сатҳга мос келади.

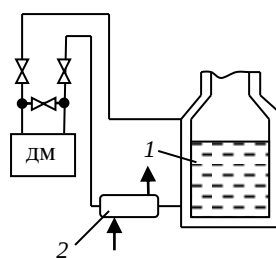
Дифманометрга таъсир қилувчи босимлар фарқи Δp куйидаги ифода бўйича аниқланади:

$$\Delta p = [H\rho' - h\rho' - (H - h)\rho'']q = (H - h)(\rho' - \rho'')q.$$

Конденсаторда $\rho' \gg \rho''$ бўлганлиги учун босимлар фарқи учун ёзилган ифода соддалашади: $\Delta p = (H - h) \rho' g$. реал шароитларда баъзан буғ сув

аралашмасининг сатҳи ўлчанади, бунда буғ барбатер орқали суюқлик қатламларига берилади ва унинг миқдори (масалан, барабан-сепаратор, буғ генераторларидаги) қурилманинг иш режимига боғлиқ. Равшанки, бу ҳол учун дифманометрға таъсир этувчи Δp босимлар фарқининг ифодасига сувнинг зичлиги ρ' эмас, балки буғ сув аралашмасининг зичлиги киритилиши керак. Буғни сув қатламларига барбатерланганда тешикли листда қўшимча босимлар фарқи ҳосил бўлиб, унинг миқдори барабан ва унинг юқламасини конструктив хусусиятларига боғлиқ.

Бундан ташқари, барабаннинг деворларига нисбатан (яъни дифманометрнинг босим олинадиган жойлари ўртасида) вертикал циркуляцион сув оқимлари шакланади ва бу ҳам қўшимча босимлар фарқини ҳосил қилади. Бу босимлар фарқини фақатгина тажриба йўли билан аниқлаш мумкин. Ушбу тизимлардаги сатҳни ўлчашдаги қийинчилик туғдирадиган сабаблардан бири, бу муҳит сиртининг нотинчлиги ва узунлик бўйича буғ ташкил этувчилар таркибининг турличалигидир. Санаб ўтилган факторларни таъсирини қисман камайтиришга дифманометрнинг импульс трубкалари уланадиган тинчлантирувчи барабан қурилмаларида ва дифманометрға босим олинадиган жойлар орасидаги масофани камайтириш орқали амалга ошириш мумкин.



11.14. Расм. Паст ҳароратда қайновчи моддалар сатҳини дифманометр билан ўлчаш схемаси: 1 – қалпоқчали қурилма; 2 – иссиқ қобиқли камера

Бироқ ўткинчи жараёнлардаги сатҳни ўлчаш мураккабдир. Масалан, барабанда буғ ташкил этувчиларининг кўпайиб кетиши ҳисобига босимни кескин тушиб кетиши аралашманинг физик сатҳини ортиб кетишига олиб келади, лекин дифманометр буни фиксацияламаслиги мумкин, чунки бунда

буғ ташкил этувчиларининг зичлиги камайиб кетади. Қўшимча хавфлардан бири тенглаштирувчи идишдаги сувни қайнаб сатҳини пасайиб кетиши ҳисобланади.

Дифманометрлар криоген техникасида ҳам криоген муҳитларнинг сатҳини ўлчовчи сатҳ ўлчагич сифатида қўлланилади. Дифманометр-сатҳ ўлчагичларнинг сиғимларга уланишининг хусусияти уларда тенглаштирувчи идишларнинг йўқлиги ҳисобланади. Импульсли трубкалар газли бўшлиқ ва суюқликли қисмлардан олинади, охирги трубка унга суюқлик устунининг таъсирини олдини олиш мақсадида горизонтал ўрнатилади. Агар қуйи импульс трубкаси суюқлик билан тўлдирилган бўлса, унда унинг порцияланиб буғланиши таъсирида ўлчаш схемасида босимлар тебраниши юзага келиши мумкин. Бундан қочиш мақсадида босимни олиш махсус қалпоқчали қурилма 1 орқали олинади (11.14-расм). Ушбу ҳолда суюқлик (импульс трубкаси бўйича иссиқлик оқиб ўтиши ҳисобига) қалпоқча остида буғланади ва қуйи импульс трубкаси буғ билан тўлади. Назорат қилинаётган муҳит ҳарорати ва резервуар атрофидаги ҳарорат ўртасидаги фарқ 50 °С дан кичик бўлган ҳолларда плюсли импульс трубкасидаги босимни пульсацияланишини камайтириш учун унга резервуар яқинида иссиқ қобик 2 ли камера ўрнатилади ва қобикқа иссиқ муҳит берилади. Бу билан қалпоқча остида суюқликнинг ишончли буғланиши таъминланади.

Дифманометр-сатҳ ўлчагичларнинг қуйи ва юқори ўлчаш чегараларининг мутлоқ қийматлари йиғиндиси ёки юқори ўлчаш чегаралари қуйидаги қатордан танланади:

0,25; 0,4; 0,63; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63 м.

Дифманометрлар билан сатҳ ўлчаш қатор афзалликларга эга: механик мустаҳкам, монтажи содда ва ишончли. Лекин уларда битта камчилик мавжуд: дифманометрларнинг сезгир элементи бевосита назаорат қилинаётган муҳит билан контактда бўлади. Агрессив муҳитлар сатҳини ўлчашда бу камчилик дифманометрларни махсус материаллардан тайёрлаш ёки схемага дифманометрнинг ички қисмига фаол моддаларни тушишига йўл

қўймайдиган махсус қурилмаларни, маслан импульс линияларига ажратиш идишларини улаш, импульс линияларини тоза сув билан ювиш каби заруратларни туғдиради.

11.4- §. Радиотўлқинли сатҳ ўлчагичлар

Кўриб чиқилган сатҳ ўлчагичларни умумсаноат учун мўлжалланган деб ҳисоблаш мумкин бўлиб, улар талаб қилинган сатҳ ўлчашларда қўлланилиши мумкин. Бироқ, сатҳ ўлчашни талаб қиладиган шундай технологик жараёнлар мавжуд бўлиб, улар сатҳ ўлчагичларнинг ишлаши учун оғир бўлган шароитлар билан тавсифланади. Бундай жараёнлар қаторига металлургия саноатидаги суёқ металлларнинг сатҳини ўлчашни талаб этадиган жараёнларни киритиш мумкин. Сатҳ ўлчагичларга қўйиладиган асосий иш шароитлари суёқ металл ҳароратининг юқорилиги, суёқ металл ва шлакнинг агрессивлиги, ўлчаш объектларининг конструкциясини хилма хиллиги, талаб этилган ўлчаш аниқлиги ва ишлаш ишонччилигининг юқорилиги билан белгиланади.

Бундай ҳоллар учун энг яхши сатҳ ўлчаш усули радиотўлқинли усул ҳисобланади. *Радиотўлқинли сатҳ ўлчагичлар* деб электромагнит тўлқинларининг тебраниш парметрларини суёқлик баландлигига боғлиқлигига асосланиб ишлайдига сатҳ ўлчагичларга айтилади.

Радиотўлқинли усулларга радиолокацион, радио-интерференцион, эндовибраторли ва резонансли усуллар киради.

Радиотўлқинли сатҳ ўлчагичларнинг ишлаши электр ва магнит хоссалари билан фарқланувчи муҳитларнинг чегараларидан электромагнит тўлқинларнинг аксланишага асосланади.

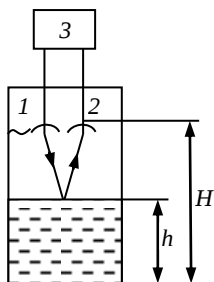
Электромагнит тўлқинларнинг фазода тарқалиш тезлиги уларнинг ε диэлектрик ва μ магнит сингдирувчанлиги билан аниқланади: $v = c / \sqrt{\varepsilon\mu}$, бу ерда c – ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги.

Сатҳ ўлчагичнинг схемаси нурлатгич 1, электрмагнит энергиясини қабул қилгич 2 ва ўлчашларни вақт интервалларига ўзгартиргич 3 дан

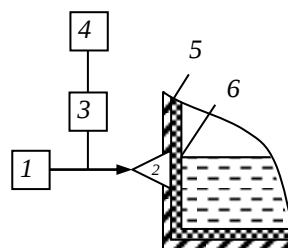
ташкил топган (11.14-расм). Сатҳ нурлатгич 1 дан сигнал чиқарилган момент билан аксланган сигнални қабул қилгич қабул қилгангача бўлган ораликдаги вақт интервалини ўлчаш орқали аниқланади. Бу катталиклар ўзаро қуйидаги муносабат бўйича боғланган:

$$\tau = 2(H - h)\sqrt{\epsilon\mu} / c.$$

Одатда локация суюқлик устидаги газли муҳит бўйлаб амалга оширилади (умуман суюқлик орқали ҳам амалга ошириш мумкин бўлиб, фақат суюқлик электр ўтказиш хусусиятига эга бўлмаслиги лозим). Локация газли муҳитдан амалга оширилишининг муҳим томони шундаки, суюқлик муҳитида нурлар суюқлик таъсирига учурайди, газли муҳитда бу таъсир деярли кузатилмайди. Бундан ташқари, газларнинг магнит ва диэлектрик сингдирувчанликлари кичик бўлиб, улар газнинг хосса ва параметрларини ўзгаришига боғлиқ эмас. Бундай сатҳ ўлчагичларнинг камчилиги жуда кичик вақт интервалларини аниқ ҳисоблашнинг қийинлиги ҳисобланади. Улар нурланиш соҳасидаги бегона предметларга сезувчан, маслан сиғимларнинг металл деворларига. Буларнинг олдини олиш мақсадида кучайтиргич антенналар ёрдамида тор диапазонда йўналтирилган нурланишдан фойдаланиш зарур.



11.15. Расм. Радиолокацион сатҳ ўлчагич схемаси:
1 – нурлатгич; 2 – электр магнит энергиясини қабул қилгич; 3 – вақт интервалини ўлчаш ўзгартиргичи.



11.16. Расм. Суюқ металллар сатҳини ўлчашда ишлатиладиган радиолокацион сатҳ ўлчагичлар:
1 – генератор; 2 – кучайтиргич (карнайли); 3 – детектор; 4 –

Локация ишчи сиғимларнинг девори орқали амалга ошириладиган радиолокацион сатҳ ўлчагичлар мавжуд. Металлургия соҳасида бундай

усулларни қўллаб, шлак-металл бўлимларининг чегараларни назорат қилиш ёки сатҳни узлуксиз равишда ўлчаб туриш мумкин (мавжуд асбоблар 200 мм гача бўлган ўлчаш диапазониغا эга).

Бундай асбобнинг схемаси 11.15-расмда келтирилган. Радиотўлқин тарқатувчи сифатида генератор 1 ва очиш баландлиги ўлчаш диапазониغا тенг бўлган кучайтиргич 2 ишлатилади. Кучайтиргичнинг баландлиги бўйича муҳит сатҳининг ўзгариши детектор 3 ва икиламчи ўзгартиргич 4 да сигнални ўзгариши ҳисобига чиқарилган ва акс эттирилган юқори частотали энергияларни ўзгаришига олиб келади. Ушбу усулдан фойдаланиш учун металл девор 5 га кучайтиргич нурлатгич 2 ўрнатилади. Футерланган ички девор 6 радио ўтказгич ҳисобланади.

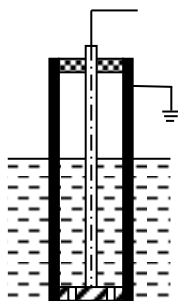
SITRANS LR 300 (Siemens фирмаси) радарли сатҳ ўлчагичларда микро тўлқинли импульс технологиясидан фойдаланилади. Улар 5,8 ГГц частотада ишлашга мўлжалланган кучайтиргичли (карнайли) ёки стерженли антенналарга эга. Сатҳ ўлчагичлар 20 м гача диапазондаги суюқлик ва сочилувчан моддаларнинг сатҳларини $\pm 0,15$ % хатолик билан ўлчаши мумкин. Сатҳ ўлчагич Modbus, HART ва Profibus-PA ҳужжатлари билан мос тушувчи рақамли ва 4...20 мА чиқиш сигналларига эга бўлиши мумкин.

Резонансли сатҳ ўлчагичларда резонанс узун электр тармоқларининг бўлакларида юзага келтирилади. Узун тармоқнинг ушбу бўлаги – бирламчи ўзгартиргич резервуарда жйлаштириладиган алоҳида элемент сифатида ҳам тайёрланиши мумкин ёки унинг вазифасини технологик қурилмаларнинг конструктив элементлари бажаради (масалан, металлургияда суюқ металлларнинг сатҳини ўлчаганда).

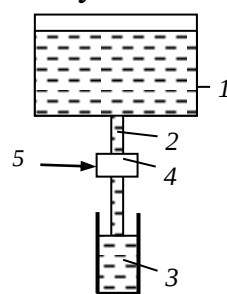
Одатда бирламчи ўзгартиргич ўзида ёнида тешиклари бўлган юпқа деворли металл қувурни намоён қилади ва унинг ён тешикларига мос равишда металл стерженлар ўрнатилади (11.16-расм). Резонанасли сатҳ ўлчагичлар ўзгартиргичнинг элемениларини шунтлашга асосланиб ишлайди, яъни сатҳ ўзгартиргичнинг қувури ва стержени ўртасидаги қўзғалувчан тўсиққа эквивалент. Сатҳ ўзгарганда ўзгартиргичнинг резонанс частотасини

ўзгаришга олиб келувчи линиянинг узунлиги ўзгаради. Масалан, ўзгартиргич тўлдирилганда унинг узунлиги камаяди ва резонанс частотаси ортади. ушбу боғлиқлик нозичлиги ҳисобланади.

Маълум иш шароитлари учун бошқа конструкциядаги ўзгартиргичлар қўлланилиши мумкин. Масалан, катта кесимдаги (250x550 мм дан кам бўлмаган) деталларни узлуксиз қўйиш машинасининг кристаллизатори учун 11.16-расмда келтирилган ўзгартиргич мос келади, лекин унинг учигаги металл таглик ўрнига сим ўтказгичлар ўрами маҳкамланган. Ўзгартиргич шундай ўрнатиладики, унда ўрам металл сатҳи устида жойлашади ва унинг индуктивлиги металлнинг сатҳига боғлиқ бўлиб қолади.



11.17. Расм. Резонансли сатҳ ўлчагич ўзгартиргичининг схемаси



11.18. Расм. Кичик диаметрли деталларни узлуксиз қўйиш машинасининг резонанс сатҳ ўлчагичини схемаси:

1 – оралик чўмич; 2 – найча; 3 – кристаллизатор; 4 – металл халқа; 5 – юқори частотали генератор.

Индуктивликка эга электр тармоқнинг резонанс частотаси ниҳоят индуктивликка, яъни металлнинг сатҳига боғлиқ бўлиб қолади. Суюқ металллар сатҳини ўлчашга мўлжалланган бундай сатҳ ўлчагичлар 200 мм гача бўлган ўлчаш диапазонида эга бўлиб, асосий ўлчаш хатолиги $\pm 2\%$.

Кичик кесимли (максимал қўндаланг кесими 150 мм) кристаллизаторлар учун индуктив кучланишли ўзгартиргичларни қўллаш самарасиз, чунки ўрамлар сонини камайиши ўлчаш диапазонини камайтиради. Бундай кристаллизаторлар учун «оралик чўмич 1 – металл оқими 2 – кристаллизаторнинг метали 3» тизим узун электр линиясининг кесмаси

сифатида караладиган сатҳ ўлчагич ишлаб чиқилган (11.18-расм). Тебранувчи тизимга энергия узатиш чўмич ва кристаллизатор ўртасига ўрнатилган, металл оқими билан бир ўқда бўлган ва юқори частотали генератор 5 га уланган металл халқа воситасида амалга оширилиши мумкин. Бундай сатҳ ўлчагичнинг ўлчаш диапазони 300 мм ни ташкил этади.

Резонансли сатҳ ўлчаш усули криоген муҳитлар учун УРК-1 типигаги сатҳ ўлчагичларда қўлланган. Бу ерда сезгир элемент сифатида информацион параметри назорат қилинаётган сатҳ билан функционал боғланган резонанс частота ҳисобланувчи тўлқин узаткичдан фойдаланилади. Асбобнинг электрон схемаси частотаси узлуксиз тарзда тўлқин узаткичнинг резонанс частотасига тенг қилиб ушлаб туриладиган электр тебранишлар генераторидан ташкил топган. Унинг частотаси частотомер билан ўлчанади ва чиқиш сигналига ўзгартирилади.

Назорат саволлари

1. Сатҳ деганда нимани тушунасиш? Сатҳ улчагич деб нимага айтилади?
2. Сатҳ улчагичларнинг қандай турларини биласиз?
3. Визуал ва қалқовичли сатҳ улчагичларнинг ишлаш принципларини тушунтиринг.
4. Гидростатик сатҳ улчагич деб қандай сатҳ улчагичларга айтилади?
5. Камерали тенглаштирувчи идишларнинг вазифаси нимадан иборат ва уларнинг қандай турларини биласиз?
6. Радиотулқинли сатҳ улчагичлар қаерларда ва нима мақсадда қўлланилади?
7. Дифманометр ёрдамида криоген техникасида криоген моддаларнинг сатҳини ўлчаш принципини тушунтириб беринг.
8. Қалпоқчали дифманометрлардаги иссиқ қобиқнинг вазифаси нимадан иборат?

СУЮҚЛИК, ГАЗ ВА БУҒЛАРНИНГ САРФИНИ ТОРАЙТИРУВЧИ ҚУРИЛМАДАГИ БОСИМЛАР ФАРҚИ БЎЙИЧА ЎЛЧАШ

12.1- §. Умумий маълумотлар

Моддаларнинг миқдори билан боғлиқ бўлган ўлчашларда моддаларнинг миқдори ва сарфи муҳим бошланғич тушунча ҳисобланади.

Модда миқдорини масса бирликлари [килограмм (кг), тонна (т)] да ёки ҳажм бирликлари [метр куб (м^3), литр (л)] да ўлчаш мумкин.

*Ўтказиш қувурининг кўндаланг кесимдан бирлик вақт ичида оқиб ўтган модда миқдорига **сарф** дейилади.*

Танлаб олинган ўлчов бирлигидан келиб чиққан ҳолда ёки ҳажмий сарф G_0 (бирликлари $\text{м}^3/\text{с}$, л/с, $\text{м}^3/\text{соат}$) ёки массавий сарф G_M (бирликлари кг/с, кг/соат, т/соат) ўлчанади. Масса ва массавий сарф бирликлари ҳажм бирликларига нисбатан модда миқдори ва сарфи ҳақида кўпроқ тушунча беради, моддаларнинг ҳажми, айниқса газларнинг ҳажми ҳарорат ва босимга боғлиқ. Газларнинг ҳажмий сарфлари ўлчанганда, қўйилган натижа қийматларига эришиш учун ўлчашлар маълум шароитларда (нормал шароитлар деб аталадиган) олиб борилади. Нормал шароит сифатида ҳароратнинг $t_n = 20\text{ }^\circ\text{C}$, босимнинг $p_n = 101,325\text{ кПа}$ (760 мм сим. уст.) ва нисбий намликнинг $\varphi = 0$ қийматлари қабул қилинган. Бундаги газларнинг ҳажмий сарфи G_H билан белгиланади ва ҳажмий бирликларда ўлчанади (масалан, $\text{м}^3/\text{соатда}$).

*Давлат стандартидан келиб чиққан ҳолда модда сарфини ўлчашга хизмат қилувчи асбоб **сарф ўлчагич**, модда миқдорини ўлчагич эса **миқдорни ҳисоблагич** (ҳисоблагич) деб аталади. Ҳар иккала ҳолда ҳам ушбу терминларнинг ёнига ўзлари миқдорини ўлчаётган муҳитнинг номи қўшиб айтилади. Кўп ҳолларда сарф ўлчагичларнинг кўрсатишлари вақт бўйича қўшилади ва ҳисоблагичнинг кўрсатиши каби газ, иссиқ сув ёки буғларнинг*

сарфланган миқдорини аниқлаш ёки савдо ҳисобларини олиб бориш ва жиҳозларнинг иқтисодий кўрсаткичларини ҳисоблашда ишлатилади. Сарф ўлчагичлар ва ҳисоблагичлардан фойдаланишнинг ушбу хоссаси уларнинг метрологик тавсифларини специфик нормаллаштириш билан белгиланади. Кўриб чиқилган ўлчаш воситаларидан фарқли равишда сарф ўлчагичлар ва ҳисоблагичларда кўпинча асосан нисбий хатолик меъёрлаштирилиб, ушбу хатолик ўлчанаётган сарф миқдорига боғлиқ. Шундан келиб чиққан ҳолда сарф ўлчагичлар динамик диапазон тушунчаси киритилган бўлиб, юқори ўлчаш чегарасини қуйи ўлчаш чегарасига нисбати $G_{ю.ч}/G_{к.ч}$ билан тавсифланади.

Сарфни ўлчашда кўп ҳолларда оқимга ишчи жисм туширилади ва бу асбоблар учун нормаллаштириладига босимни йўқотилишига олиб келади ва шунинг учун ўтказиш қувурининг сарф ўлчагичгача ва ундан кейинги соҳасини чизиқли бўлиши талаб қилинади. Охирги талаб сарф ўлчагичнинг кўрсатишини қувурдаги оқим тезлигига боғлиқлигидан келиб чиққан.

Сарф ўлчашнинг юқори чегараси $A = a^{10n}$ қатордан танланади, бу ерда a – 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8 сонлардан бири; n – бутун сон бўлиб, мусбат, манфий ва нолни ўз ичига олади. Сарф ўлчашнинг турли усуллари ва сарф ўлчагич ва ҳисоблагичларнинг турли конструкциялари мавжуд. Қуйидаги сарф ўлчагичлар энг кенг тарқалганлари ҳисобланади: торайтирувчи қурилмалар босимлар фарқи ўзгарувчан; босимлар фарқи ўзгармас; тахометрик; электромагнитли; ультратовушли; уюрмалар; массали. Ҳозирги вақтда ишлаб чиқарилаётган сарф ўлчагич ва ҳисоблагичларнинг кўпчилиги кенг имкониятларга эга бўлган микропроцессорли асбоблар ҳисобланади. Энергияга боғлиқ бўлмаган хотираси ҳисобига моддаларнинг суткалик ва ойлик сарф миқдорларининг қийматлари 1-3 йилгача сақланиши мумкин. Бу маълумотлар асбобларнинг рақамли дисплейларига чиқарилиши ва асбобларнинг рақамли чиқишига ПК ва принтер уланиши мумкин. Турли интерфейслардан фойдаланиб, микропроцессорли сарф ўлчагич ва ҳисоблагичлар локал компьютер тармоқларига уланиши ва бунда

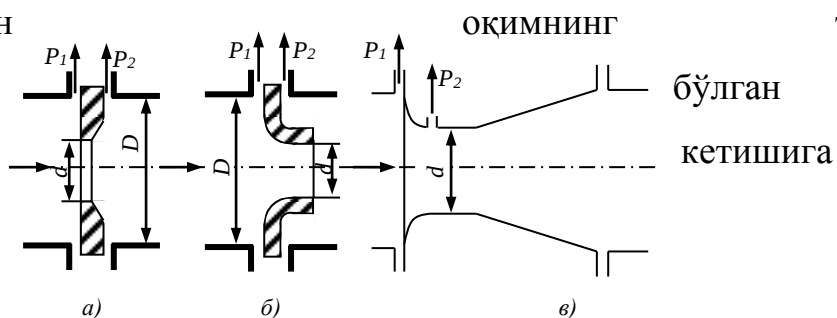
асбоблардан олинадиган ўлчаш маълумотлари телефон, радиоканал ва оптик кабеллар орқали узатилиши мумкин.

Сарф ўлчагич ва ҳисоблагичлардан маълумотларни қабул қилиш ва узатишнинг турли вариантлари адаптер, модем каби қурилмалар орқали амалга оширилади. Сарф ўлчагичларнинг баъзи турлари батарея ва аккумулятордан автоном таъминланишга эга бўлиб, уларни электр тармоқлари бўлмаган ёки электр токи тез-тез узилиб қоладиган жойларда ўрнатиш имкони мавжуд.

12.2- §. Торайтирувчи қурилмадаги босимлар фарқи бўйича сарф ўлчашнинг назарий асослари

Сарф ўлчашнинг ушбу усули ўтказиш қувурига ўрнатилган қўзғалма торайтирувчи қурилма (ТҚ) даги босимлар фарқининг ўлчанаётган муҳит сарфига боғлиқлигига асосланади. Ушбу торайтирувчи қурилма худди сарфнинг бирламчи ўзгартиргичи сифатида қаралади. Торайтирувчи қурилмада ҳосил бўладиган босимлар фарқи шкаласи сарф ўлчов бирликларида даражаланган дифманометр билан ўлчанади. Кўрсатиш натижаларини масофага узатиш зарур бўлган ҳолларда дифманометр алоқа симлари иккиламчи асбоб ва бошқа қурилмалар билан боғланган ўзгартиргич билан таъминланади. Сарф ўлчашнинг усуллари энг кўп ишлов берилган усуллардан бўлиб, ушбу усуллар учун торайтирувчи қурилма ва дифманометрлар дунёнинг йирик асбобсозлик фирмалари томонидан ишлаб чиқарилади. Диаметри 300 мм дан катта бўлган ўтказиш қувуридаги газ, суюқлик ва буғ сарфларини ўлчашда ушбу усулдан фойдаланилади.

Кўриб чиқиладиган ўлчаш усули торайтирувчи қурилма тешиги орқали оқиб ўтаётган торайишгача қийматдан ошиб асосланади.



12.1. Расм. Стандарт торайтирувчи қурилмалар:

а – диафрагма; б – сопло; в – Вентури соплови

Тезликни ошиши кинетик энергияни ошиши ва мос равишда потенциал энергия ва статик босимни камайишига олиб келади. сарф торайтирувчи қурилмадаги босимлар фарқи Δp бўйича даражалаш тавсифи $G = f(\Delta p)$ дан аниқланиши мумкин. Қўриб чиқиладиган ўлчаш усули маълум шароитларни амалга оширишни талаб қилади:

- торайтирувчи қурилмагача бўлган оқимнинг ҳаракати турбулент ва стационар характерга эга бўлиши керак;
- оқим ўтказиш қувурининг кўндаланг кесимини тўлдириб оқиши зарур;
- торайтирувчи қурилмадан оқиб ўтишда оқимнинг фазавий ҳолати ўзгармаслиги керак;
- ўтказиш қувурининг торайтирувчи қурилмагача ва ундан кейинги ички бўшлиғида қурум ва бошқа ифлосланишлар бўлмаслиги лозим;
- торайтирувчи қурилманинг устки сиртида унинг геометрик ҳолатини ўзгартирувчи қопламалар шакллантирилмайди.

Торайтирувчи қурилмалар шартли равишда стандарт, махсус ва ностандарт турларга ажратилади. *Давлат стандартлари ва меъёрилаштирувчи ҳужжатлар асосида тайёрланган торайтирувчи қурилмалар **стандарт торайтирувчи қурилмалар** дейилади.* Махсус ТҚларга ички диаметри 50 мм дан кичик бўлган қувурлар учун тайёрланган махсус диафрагмалар киради. Ушбу иккита гуруҳга кирмайдиган торайтирувчи қурилмалар ностандарт торайтирувчи қурилмалар дейилади.

Стандарт торайтирувчи қурилмаларнинг даражаланиш тавсифи индивидуал даражаланиш амалга оширилган ҳисоблар ёрдамида аниқланади. Шу ҳосса ушбу усулдан катта диаметрли қувурлардаги суюқлик, газ ва буғларни сарфини ўлчашда кенг фойдаланишга имкон яратди. Ностандарт торайтирувчи қурилмаларнинг даражаланиш тавсифи индивидуал даражаланиш натижалари орқали аниқланади.

Ушбу усулнинг қуйидаги камчиликлари мавжуд:

- динамик диапозони тор бўлиб, битта дифманометрдан фойдаланганда $3/5$ дан ошмайди;
- ўтказиш қувурининг диаметри 50 мм дан катта бўлиши керак, акс ҳолда индивидуал даражалаш керак бўлади;
- чизикли соҳа узундигининг катталиги;
- босим йўқотилишининг мавжудлиги.

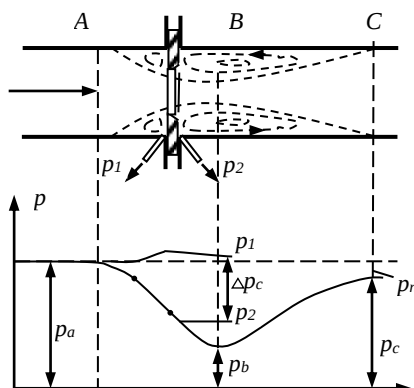
Суюқлик, газ ва буғ сарфларини ўлчаш учун торайтирувчи қурилма сифатида диафрагма, сопло ва Вентури соплови ишлатилиши мумкин.

Диафрагма (12.1, *а*-расм) ўқи қувур ўқи билан мос келувчи айлана тешикли юпка диск кўринишида намоён бўлади. Тешикнинг олд (кириш) қисми цилиндрик шаклга эга бўлиб, тешик ортиқча қирраларсиз, тўғри чизикли (ўткир силлик) бўлиши керак. Ишчи Re сонининг диапозони ТК нинг нисбий диаметрига боғлиқ бўлиб, диафрагма учун 10^5 дан 10^8 гачани ташкил этади.

Сопло (12.1, *б*-расм) профилланган кириш ва ундан кейин d диаметрли (бу қиймат сарф тенгламасида иштирок этади) цилиндрсимон қисмга эга. Сарф ўлчашда стандарт соплолар диаметри 50 мм дан кичик бўлмаган ўтказиш қувурларига ўрнатилади, бунда оқимнинг Re сони $2 \cdot 10^4 \dots 10^7$ ни ташкил этиши керак.

Вентури соплови (12.1, *в*-расмда кўрсатилган контур) сопло профилидаги кириш ва ундан кейин цилиндрсимон қисм ва чиқиш конусларига эга (конус узун ёки калталаштирилган бўлиши мумкин). Сатндарт Вентури соплолари учун ўтказиш қувурининг минимал диаметри

65 мм ни ташкил этади. Улар $Re\ 1,5 \cdot 10^5$ дан $2 \cdot 10^6$ гача бўлган сонининг диапазонларида ишлатилади. 12.1-расмда p_1 ва p_2 билан дифманометрга бериладиган босим нуқталари белгиланган.



12.2. Расм. Ўтказиш қувурига диафрагма ўрнатилгандаги оқимнинг тавсифи ва статик босимнинг тақсимланиши.

Торайтирувчи қурилмадан сиқилмайдиган суюқлик оқимини ўтишини диафрагма мисолида кўриб чиқамиз (12.2-расм). Расмда диафрагмадан ўтувчи оқимнинг профили, шунингдек қувур деворлари (узлуксиз чизик билан) ва ўқи бўйлаб (штрих пунктир чизик билан) босимнинг тақсимланиши кўрсатилган. A кесимдан кейин оқим тораяди ва унинг ўртача тезлиги ошади. Инерция туфайли оқим диафрагмадан кейин ҳам бир оз масофагача торайишда давом этади ва энг кўп торайиш жойи B нуқтага мос келади. AB соҳада тезликнинг ортиши билан статик босимни бошланғич p_a дан минимал p_b гача камайиши кузатилади.

B кесимдан кейин оқим кенгая бошлайди ва кенгайиш C нуқтага тугайди. Бу жараён тезликнинг пасайиши ва статик босимнинг ортиши билан кузатилади. BC кесимда тезлик бошланғич қиймат қабул қилади (худди A кесимдаги каби), лекин босим p_c бошланғич босимдан торайтирувчи қурилмада йўқотиладиган босим деб аталувчи $p_{\text{и}}$ га кам бўлади. Диафрагмадан кейин оқимнинг кучли уюрмаланиши ҳисобига диафрагмагача ва ундан кейинги ўлик соҳада босим йўқотилиш кузатилади. Сарф билар босимлар фарқи ўртасидаги умумий боғлиқликни топиш учун суюқлик сиқилмайди (яъни ТҚ дан ўтишда унинг зичлиги ўзгармайди), атроф муҳит

билан иссиқлик алмашуви йўқ, ўтказиш қузури горизонтал, ТҚ да йўқотиш йўқ, тезлик майдони тенг ўлчамли деб ҳисоблаймиз.

Сиқилмайдиган суюқлик учун A кесим ва диафрагманинг чиқишидаги массавий сарфнинг доимий сақланиш тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$\rho u_D \pi D^2 / 4 = \rho u_d \pi d^2 / 4 = G_m \quad (12.1)$$

Бу ерда u_D – ўтказиш қузуридаги оқимнинг бошланғич тезлиги; u_d – ТҚ кесимидаги оқимнинг тезлиги; ρ – муҳитнинг зичлиги; G_m – массавий сарф. Ушбу кесимлар учун ёзилган, қувурдаги оқимлар энергиясининг сақланиш қонунини ифодаловчи Бернулли тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$P_1 + \rho u_D^2 / 2 = P_2 + \rho u_d^2 / 2 \quad (12.2)$$

ГОСТ 8569.2-97 га мувофиқ ТҚ нинг нисбий диаметрини $\beta = d/D$ билан белгилаймиз. (12.1) дан фойдаланиб, $u_D = u_d \beta^2$ ни ёзиш мумкин, шунда u_D нинг қийматини (12.2) га қўйиб қуйидагини ҳосил қилиш мумкин:

$$\rho u_d \pi d^2 / 4 = G_m = 1/(1 - \beta^4)^{0.5} \pi d^2 / 4 [2\rho(P_1 - P_2)]^{0.5} = Ef[2\rho(P_1 - P_2)]^{0.5} \quad (12.3)$$

$E = 1/(1 - \beta^4)^{0.5}$ катталик кириш тезлигининг коэффиценти дейилади, f – ТҚ ўтказиш тешигини минимал юзаси.

Сиқилмайдиган муҳитлар учун массавий сарфни ҳисоблаш қуйидаги ифода бўйича амалга оширилади:

$$G_m = CEf[2\rho(P_1 - P_2)]^{0.5} \quad (12.4)$$

ҳажмий

$$G_0 = CEf[2/\rho(P_1 - P_2)]^{0.5} \quad (12.5)$$

Илгари CE кўпайтма **сарф коэффиценти** α деб аталган.

(12.4), (12.5) формулалар сиқилмайдиган суюқликлар учун ўринлидир. Газ, буғ ва ҳавонинг сарфини ўлчашда уларнинг зичлиги ТҚ дан кейин камаяди ва ҳажми ортади. Бунда босимлар фарқининг оширилган қиймати ҳосил бўлади ва сарфни қийматига таъсир қилади. Бунинг олдини олиш мақсадида (12.4), (12.5) формулаларга қийматидан бирдан кичик ва **кенгайиш коэффиценти** деб аталувчи ε коэффицент киритилади. Шундан кейин сиқилувчан муҳитларнинг массавий ва ҳажмий сарфларини

ҳисоблаш ифодалари қуйидаги кўринишда бўлади:

$$G_m = C E f [2\rho(P_1 - P_2)]^{0.5} \quad (12.6)$$

ҳажмий

$$G_0 = C E f [2/\rho(P_1 - P_2)]^{0.5} \quad (12.7)$$

(12.6), (12.7) ифодалар сиқилувчан ва сиқилмайдиган моддалар сарфини ўлчаш учун қулай бўлган асосий тенгламалар бўлиб, охириги учун $\varepsilon = 1$. Бу тенгламалар бўйича сарф ўлчанганда f, p, ρ, G_m, G_0 катталиклар мос равишда қуйидаги бирликларга эга: $\text{м}^2, \text{Па}, \text{кг/м}^3, \text{кг/с}, \text{м}^3/\text{с}$.

C ва ε нинг қийматлари ички бўшлиғи силлиқ бўлшган қувурларда турбулент режимда ўтказилган тажриба натижалари асосида аниқланган. Тажрибада кириши учли бўлган димафрагмалар ишлатилган.

Ўлчанаётган муҳит гидродинамикаси ўхшаш бўлганда геометрик ўхшаш ТҚ лар учун C нинг қийматлари бир хил бўлади. ТҚ нинг геометрик ўхшашлиги ТҚ геометрик ўлчамларининг ўтказиш қувурининг диаметрига нисбати билан белгиланади. Оқимларнинг гидродинамик ўхшашлиги Re сонлари тенг бўлганда ўринлидир. Оқиш коэффицентларининг қийматлари кўпгина мамлакатларда намунавий сарф ўлчаш қурилмаларидан фойдаланиб аниқланган. Коэффициент C нинг қиймати ушбу маълумотлардан келиб чиқиб, сарфнинг фактик қийматини унинг ТҚ даги дифманометр билан ўлчанган назарий қийматига нисбати билан аниқланади:

$$C = G_m (1 - \beta^4)^{0.5} / [(\pi d^2 / 4)(2\rho \Delta p)^{0.5}].$$

ε кенгайишнинг тажрибавий коэффиценти $C, G_m, \rho, \Delta p, d$ ва D каби маълум қийматлардаги сиқилувчан ва сиқилмайдиган муҳитларнинг оқиш коэффицентларини нисбати билан аниқланади:

$$\varepsilon = G_m (1 - \beta^4)^{0.5} / [(\pi d^2 / 4)(2\rho \Delta p)^{0.5}].$$

ТҚ ни ҳисоблашда компьютер дастурларидан фойдаланганда C, ε нинг тажрибавий қийматларини олиш эмпирик тавсифланади. Коэффициент C иккита ташкил этувчи орқали ифодаланади: $C = C_{\approx} K_{Re}$. Коэффициент $C_{\approx}$ фақат β га, K_{Re} эса Re ўзгариши билан алмаштирилади. Босим бурчак остида

олинадиган диафрагмалар учун:

$$C_{\approx} = 0,5959 + 0,0312\beta^{2,1} - 0,1840\beta^8 \quad (12.8)$$

$$K_{Re} = 1 + 0,0029\beta^{2,5}(10^6 / Re)^{0,75} / C_{\approx} \quad (12.9)$$

Торайтирувчи қурилмаларни ўрнатишда ўлчаш хатолигига таъсир қилувчи қатор шартларга амал қилиш лозим.

Торайтирувчи қурилма ўтказиш қувурининг ўқиға нисбатан перпендикуляр ўрнатилиши керак. Диафрагмалар учун перпендикулярлик 1° дан ошмаслиги керак. Торайтирувчи қурилманинг ўқи қувурнинг ўқи билан устма-уст тушуши лозим. Торайтирувчи қурилма кесимининг ўқи билан қувур ўқининг мос тушуши $0,0025.0/(0,1 + 2,3 \beta^4)$ дан ошмаслиги керак. Агар мос тушиш берилган қийматдан ошиб кетса, лекин $0,005D >/(0,1 + 2,3 \beta^4)$ дан кичик бўлса, унда (12.8) да келтирилган оқиш коэффициентининг хатолигига $\delta_{ex} = 0,3\%$ қўшилади. Агар ўқларни мос тушиши кўрсатилган қийматдан ошиб кетса, унда ТҚ ни ўрнатишга рухсат берилмайди.

Ўтказиш қувурининг ТҚ гача ва ундан кейинги $2D$ узунликдаги соҳаси цилиндрик, силлиқ бўлиши ва уларда ҳеч қандай ортикчаликлар, шунингдек кўзга ташланувчи нотекисликлар, пайвандлаш қолдиқлари ва шу кабилар бўлмаслиги керак. Агар ўтказиш қувурининг диаметрини ўртача қийматдан оғиши $\pm 0,003D$ дан катта бўлмаса, у цилиндрик ҳисобланади. Акс ҳолда ТҚ гача бўлган l_h ораликда баландлик h иккита $h/D < 0,002(l_h/D + 0,4)/(1,1 + 2,3 \beta^4)$ ва $h/D < 0,005$ шартларни қаноатлантирса, унда оқиш коэффициентининг хатолигига $\delta_h = 0,2 \%$ қўшилади.

Муҳим шартлардан бири ТҚ га киришгача ва ундан кейин оқимнинг ўрнатилган оқишини таъминлаш ҳисобланади. Бундай оқим ТҚ гача ва ундан кейинги соҳада қувурнинг тўғрилиги ҳисобига таъминланади. Ушбу ҳудудда оқимнинг гидродинамик ҳолатига таъсир қилувчи ҳеч қандай қурилма ўрнатилмаслиги керак. Ушбу тўғри соҳанинг узунлиги ихтиёрий вентил, тройник ва бошқалар билан бузилган оқим ТҚ гача силлиқланиб олишга улгурадиган даражада бўлиши керак. Шунинг учун ҳам вентил ва

задвижкалар, айниқса, ростловчилари ТК дан кейин ўрнатилиши тавсия этилади.

12.2. Жадвал

Диафрагмагача бўлган чизиқли соҳанинг энг кичик нисбий узунликлари

№	Маҳаллий қаршиликнинг номи	Коэффициентлар			β							
		a_k	b_k	c_k	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,75	0,8
1	Задвижка, текис йўлли шарли жўмрак	11,5	82	6,7	12	12	12	13	15	19	24	30
2	Тиқинли жўмрак	14,5	30,5	2,0	16	18	20	23	26	30	32	34
3	Кулфли жўмрак, вентил	17,5	64,5	4,1	18	18	19	22	26	33	38	44
	Заслонка	21,0	38,5	1,4	25	29	32	36	40	45	47	50
5	Конфузор	5,0	114	6,8	5	5	6	6	9	16	22	30
6	Симметрик торайиш кескин	30,0	0,0	0,0	30	30	30	30	30	30	30	30
7	Диффузор	16,0	185	7,2	16	16	17	18	21	31	40	54
8	Симметрик кенгайиш кескин	47,5	54,5	1,8	51	54	58	64	70	77	80	84
9	Битта тирсак	10,0	113	3,2	10	11	И	14	18	28	36	46

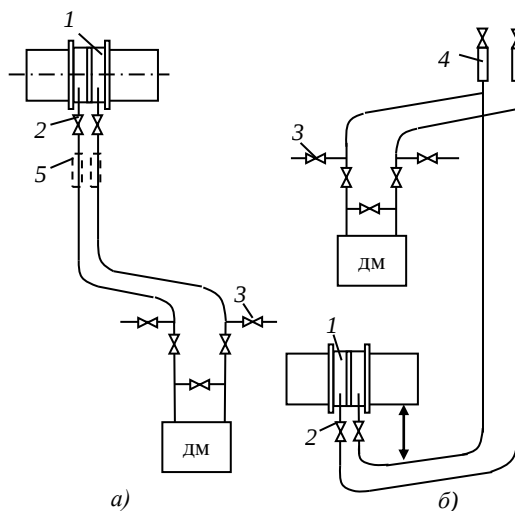
Торайтирувчи қурилмагача бўлган тўғри соҳанинг узунлиги L_K нисбий диаметр β , қувурнинг диаметри D ва тўғри соҳагача жойлашган маҳаллий қаршиликнинг турига боғлиқ $L_{K1}/D = a_k + b_k \beta^{c_k}$, бу ерда a_k, b_k, c_k – маҳаллий қаршиликнинг турига боғлиқ бўлган доимий коэффициентлар. Уларнинг катталиги ва тўққиз турдаги маҳаллий қаршиликлар учун энг кичик қиймат L_{K1}/D 12.2-жадвалда келтирилган.

Назорат қилинаётган муҳит қувурни кесими бўйлаб тўлиб оқиши учун торайтирувчи қурилмадан ўтишда муҳитнинг фазовий ҳолати ўзгармаслиги лозим. Назорат қилинаётган муҳитдан ажрилиб чиқувчи конденсат, чанг, газ ва чўкиндиляр торайтирувчи қурилманинг яқинида тўпланиб қолмаслиги керак.

Дифманометр торайтирувчи қурилмага ички диаметри 8 мм дан кам бўлмаган иккита боғловчи (импульс трубкалари) лар билан уланади. Боғловчиларнинг узунлиги 50 м гача бўлишига рухсат берилади, бироқ

динамик хатоликнинг қиймати ошиб кетиши назарда тутилиб, уларнинг узунлиги 15 м дан ошмаган ҳолда ишлатиш тавсия этилади.

Ўлчаш тўғри амалга оширилиши учун дифманометрнинг киришидаги босимлар фарқи торайтирувчи қурилма ҳосил қилган босимлар фарқига тенг бўлиши керак, яъни торайтирувчи қурилмадаги босимлар фарқи дифманометрга йўқотишларсиз узатилиши керак.

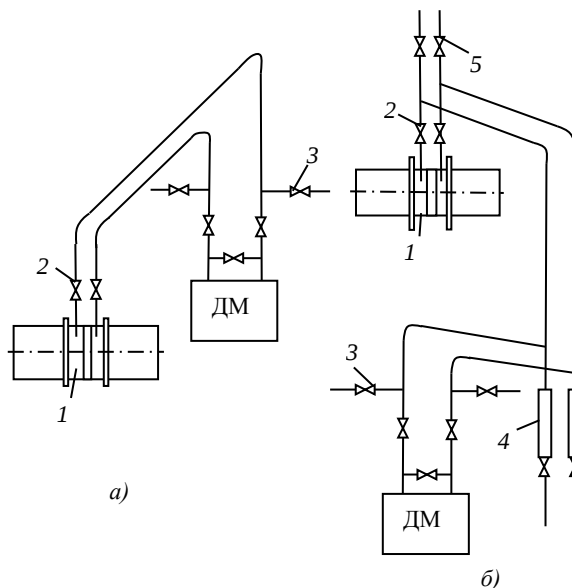


12.3. Расм. Диафрагмани торайтирувчи қурилмадан пастда (а) ва юқорида (б) ўрнатганда боғловчи линияларни жойлашиш схемаси:

1 – торайтирувчи қурилма; 2 – қулфланувчи вентил; 3 – тозаловчи вентил; 4- газ йиғувчи; 5 – ажратувчи идишлар.

Бу иккала боғловчилардаги суюқлик устунлари ҳосил қилган босимлар бир хил бўлганда амалга ошади. Реал шароитларда бу тенглик бузилиши мумкин. Маслан, газларнинг сарфи ўлчанганда боғловчиларнинг иккаласида ҳам бир хил конденсат тўпланмайди, аксинча суюқликларни сарфи ўлчанганда бир хил газ пуфаклари ҳосил бўлмайди. Ушбу камчиликларни бартараф этиш учун боғловчилар вертикал ёки 1:10 дан кам бўлмаган қиялик бўйлаб ўрнатилади ва уларнинг учларида конденсат ёки газ тшплагичи бўлади. Бундан ташқари иккала боғловчилар тўлдирилган суюқликларнинг зичликларини фарқ қилишига ва қўшимча хатолик келтириб чиқарувчи турли хил иситилиш ёки совутилишдан қочиш учун жуда яқин қилиб ўрнатилади.

Битта торайтирувчи қурилмага бир нечта дифманометрлар уланиши мумкин. Бунда бир дифманометрнинг боғловчиларини бошқасиники билан уланишига рухсат берилади.

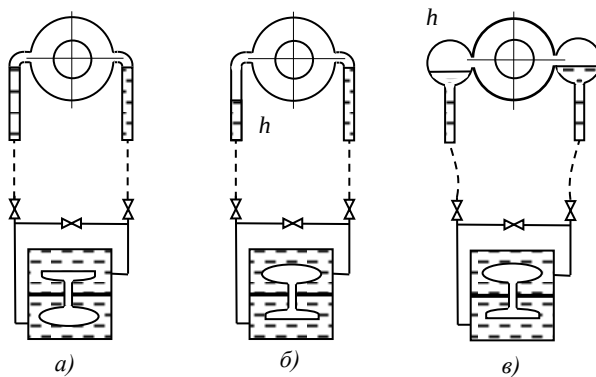


12.4. Расм. Дифманометр торайтирувчи қурилмадан юқорида (а) ва пастда (б) ўрнатганда боғловчи линияларни жойлаштириш схемаси

1 – торайтирувчи қурилма; 2 – қулфланувчи вентил; 3 – тозаловчи вентил; 4- конденсат йиғувчи.

Суюқликларнинг сарфи ўлчанганда дифманометр торайтирувчи қурилма 1 дан пастга ўрнатилишига рухсат берилади, чунки шундай қилинса дифманометр ва унинг боғловчиларига суюқликдан ажралган газларнинг киришини олди олинади (12.3, а-расм). Горизонтал ва қиялик бўйлаб ўтказилган қувурларга боғловчилар қулфли вентил 2 орқали қувурнинг қуйи ярмига (лекин энг пастки қисмига эмас) уланади ва шунда газ ва қувурдаги чўкиндиларнинг боғловчига тушиш хавфи камаёди. Агар дифманометр торайтирувчи қурилмадан юқorigа ўрнатилган бўлса (12.3, б-расм), унда боғловчиларнинг энгн юқори нуқтасига ювувчи вентилли газ тўплагич 4 ўрнатилади. Агар боғловчилар алоҳида –алоҳида қисмлардан ташкил топган бўлса (масалан, бирор-бир қурилмани айланиб ўтишда), унда газ тўплагичлар ҳар бир қисмнинг энг юқори нуқтасига ўрнатилади. Дифманометр торайтирувчи қурилмадан юқорида ўрнатилганда, боғловчилар ТҚ яқинида

кувурдан пастга томон 0,7 м дан кам бўлмаган масофада U -симон букилишга эга бўлади, бу уларга кувурдаги газларни тушишини камайтиради. Боғловчилардаги газ ёки суюқликларни чиқариб ташлаш вентил 3 орқали амалга оширилади.



12.5. Расм. Тенглаштирувчи конденсацион идишларнинг буғ сарфини ўлчашдаги вазифасини тушунтирувчи схема:

$a - в$ – босимлар фарқини ўлчаш боскичлари.

Агрессив моддалар сарфи ўлчанганда боғловчи линияларда торайтирувчи қурилмага ажратувчи идиш 5 ўрнатилади. Ажратувчи идиш ва дифманометр орасидаги боғловчи қисм ва идишнинг бир қисми зичлиги ўлчанаётган агрессив модда зичлигидан катта бўлган суюқлик билан тўлдирилади. Идиш ва боғловчиларнинг қолган торайтирувчи қурилмагача бўлган қисми назорат қилинаётган муҳит билан тўлдирилади. Назорат қилинаётган модда ва ажратувчи суюқликларнинг ажратилган юзалари идишнинг ички қисмида бўлади, чунки иккала идишдаги ажратилган қисмларнинг сатҳлари бир хил бўлиши керак.

Ажратувчи идиш шундай танланадики, у назорат қилинаётган модда билан кимёвий таъсирлашмаслиги ва аралашиб кетмаслиги, идиш, боғловчилар ва дифманометрнинг материалига агрессив таъсир этмаслиги зарур. Кўпинча ажратувчи суюқлик сифатида сув, минерал ёғлар, глицерин, сув ва глицерин аралашмалари ишлатилади.

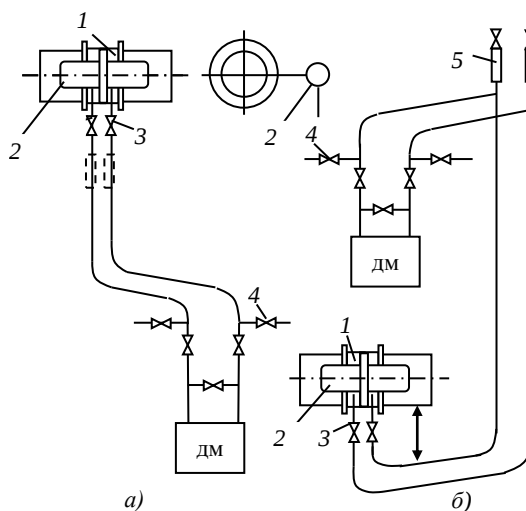
Газларнинг сарфи ўлчанганда дифманометр торайтирувчи қурилмадан

юқорида ўрнатилиши тавсия этилади, чунки боғловчилар ичида ҳосил бўладиган конденсат қувурга оқиб тушиш имконига эга бўлади (12.4, *а*-расм). Боғловчилар торайтирувчи қурилманинг юқори ярмига вентил 2 орқали уланади ва уларнинг прокладкасини верикал ўрнатиш мақсадга мувофиқ. Агар боғловчиларнинг прокладкасини вертикал ўрнатиб бўлмаса, унда уларни қувур ёки конденсат йиғувчи 4 томонга қия қилиб ўрнатилади. Юқоридагига ўхшаш талаблардифманометр торайтирувчи қурилмадан қуйи томонга ўрнатилганда ҳам бажарилиши керак (12.4, *б*-расм). Агрессив газларнинг сарфи ўлчанганда боғловчиларга ажратувчи идиш ўрнатилиши керак.

Қиздирилган сув бўғининг сарфини ўлчашда изоляцияланмаган боғловчилар конденсат билан тўлиб қолади. Иккала боғловчилардаги конденсатнинг сатҳи ва ҳарорати ихтиёрий сарф учун бир хил бўлиши керак.

Иккала боғловчилардаги конденсатларнинг юқори сатҳини стабиллаш учун торайтирувчи қурилма яқинига тенглаштирувчи конденсацион идишлар ўрнатилади. Тенглаштирувчи идишларнинг вазифасини 12.5-расм ёрдамида тушунтириш мумкин. Тенглаштирувчи идиш бўлмаган импульс трубкаларидаги конденсатнинг сатҳлари бир хил деб фараз қиламиз.

Торайтирувчи қурилмадаги сарф ортиши билан босимлар фарқи ошади ва қуйи мембрана қутиси сиқилиб, юқоридагиси кенгаяди (12.5, *б*-расм). Қутиларнинг ҳажмини ўзгариши ҳисобига дифманометрнинг плюсли камерасига плюсли импульс трубкасидан конденсат оқиб келади ва трубкадаги сатҳ h га камаяди.



12.6. Расм. Буғ сарфини ўлчашда дифманометрни торайтирувчи қурилмадан пастда (а) ва юқорида (б) ўрнатганда боғловчи линияларни жойлашиш схемаси:

1 – торайтирувчи қурилма; 2 – тенглаштирувчи идишлар; 3, 4 – беркитувчи ва тозаловчи вентиллар; 5 – газ йиғувчи.

Дифманометрнинг юқorigи минусли камерасидан конденсат импульс трубкаси ва буғ ташувчига оқиб чиқа бошлайди, лекин конденсат устунининг баландлиги ўзгармасдан қолади. Конденсат сатҳларининг ҳосил бўлган фарқи торайтирувчи қурилмадаги босимлар фарқи Δp ни камайтирувчи босимлар фарқи $h\rho g$ ни ҳосил қилади. Шундай қилиб, дифманометрга таъсир этувчи босимлар фарқи $\Delta p_d = \Delta p - h\rho g$ бўлади, яъни сарф ўлчагичнинг кўрсатиши пасаяди. Сарфнинг ўзгариши ортиши билан ўлчашнинг абсолют хатоси каталашиб боради.

Кўриниб турибдики, хатоликни ни камайтириш орқали пасайтириш мумкин. Бунинг учун импульс трубкаларининг учларига горизоньал жойлашган катта кесимли цилиндрсимон идиш – тенглаштирувчи конденсацион идиш ўрнатилади (12.6-расм). Ушбу идишларнинг кесими катта бўлганлиги туфайли ундан оқиб чиқувчи конденсат унинг сатҳини ўзгаришига кам таъсир қилади ва дифманометр билан ўлчанаётган босимлар фарқи Δp_d ни торайтирувчи қурилмадаги Δp билан тенг деб ҳисоблаш мумкин.

Буғларнинг сарфини ўлчашда дифманометр торайтирувчи қурилма 1 ва тенглаштирувчи идиш 2 дан пастга ўрнатилади ва бу боғловчилардан ҳавони ажралиб чиқишини осонлаштиради (12.6, а-расм). Дифманометрни торайтирувчи қурилмадан юқorigа ўрнатиш ҳам мумкин, лекин бунда боғловчиларнинг юқори қисмига газ йиғувчи 5 ва 3, 4 позицияларга беркитувчи ва тозаловчи вентиллар ўрнатилади (12.6, б-расм).

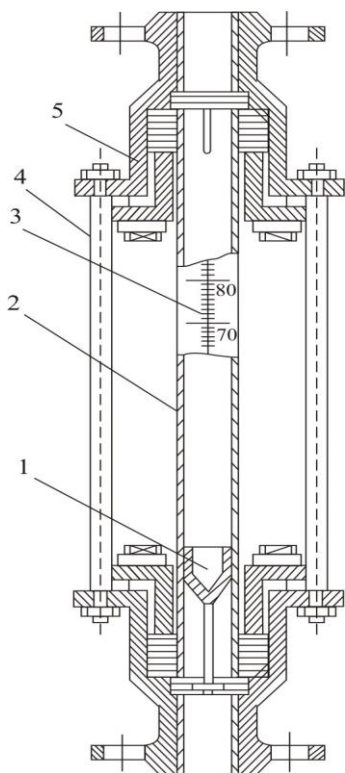
Назорат саволлари

1. Модда миқдори ва модда сарфи нима?
2. Сарф улчагич деб нимага айтилади ва уларнинг қандай турларини биласиз?
3. Сарф улчашда ишлатиладиган торайтирувчи қурилмаларнинг қандай турларини биласиз?
4. Диафрагманинг ишлаш принципини тушунтириб беринг.
5. Сопло билан Вентури соплови уртасида узаро қандай фарқлар мавжуд?
6. Сарф коэффициенти нима?
7. Кенгайиш коэффициенти нима?
8. Қачон дифманометр торайтирувчи қурилмадан пастда, қачон юқорида урнатилади ва ушбу ҳолларда уларга қуйиладиган талаблар қандай?
9. Қувурнинг торайтирувчи қурилма урнатиладиган қисмига қуйиладиган талабларни сананг.
10. Сарф улчаш воситалари қандай ҳолларда ажратувчи идишлар урнатилади?
11. Ажратувчи суюқликка қуйиладиган талабларни сананг.

БОСИМЛАР ФАРҚИ ЎЗГАРМАС САРФ ЎЛЧАГИЧЛАР

13.1 - §. Ротаметрлар

Босимлар фарқи ўзгармас сарф ўлчагичларнинг энг кенг тарқалгани ротаметрлар ҳисобланади. Ротаметрлар саноат ва лаборатория шароитларидаги диаметри 3...150 мм бўлган вертикал қувурлардаги суюқлик (юқори чегараси 0,002 дан 70 м³/соат гача) ёки газлар (юқори чегараси 0,05 дан 600 м³/соат гача) нинг катта бўлмаган ҳажмий сарфларини ўлчаш учун ишлатилади.



13.1 – расм. Шиша
найчали ротаметр

Ротаметрлар қатор афзалликларга эга: қурилма содда; кичик диаметрли қувурлардаги бир фазали суюқлик ва газларнинг кичик сарфларини ўлчаш имконига эга; асбоб индивидуал даражаланганда аниқлигини юқорилиги; босим йўқотилишини кичиклиги; шкаланинг амалий тенг ўлчамлилиги; динамик диапазон $G_{Ю.ч}/G_{К.ч}$ ўнга етади.

Ротаметрларнинг камчиликлари қуйидагилар: қурилмани фақатгина қувурларнинг вертикал соҳасига ўрнатиш кераклиги; кўрсатиш ва қайд қилишларни масофага узатишнинг қийинлиги; юқори ҳарорат ва босимга эга моддаларни сарфини ўлчаш учун яроқли эмаслик.

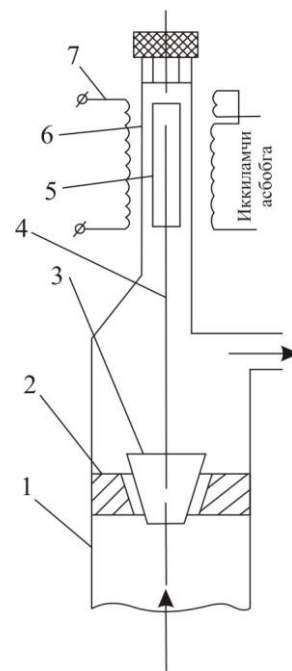
Лаборатория ва саноатда шиша (сарфни жойида ўлчайдиган) ва металлдан ясалган (кўрсатишларни масофага узатадиган) ротаметрлар чиқарилади.

13.1-расмда шиша найчали ротаметрнинг тузилиш схемаси кўсатилган. Бу асбоб корпус 5 га устунлар 4 ёрдамида ўрнатилган конуссимон шиша найча 2 дан иборат. Найча ичида пастдан юқorigа оқадиган суюқлик ёки газ оқими таъсирида тик ҳаракат қилувчи қалқович 1 бор. Асбобнинг шкаласи 3

бевосита найча устига (чизиш йўли билан) даражаланади. Ҳисоблашлар қалқовичнинг устки горизонтал текислиги бўйича олиб борилади.

Конуссимон найчали шиша ротатаметрлар сув бўйича 3000 л/соат ва ҳаво бўйича 40 м³/соат ўлчов чегарасига; 0,6 мПа (6 кгк/см²) гача иш босимиға мўлжалланган. Асосий хатолик ±2,5%.

13.2-расмда кўрсатишларни масофаға электр дифференциал-трансформатор орқали узатадиган ротаметр схемаси келтирилган. Ротаметрнинг ўлчаш қисми диафрагма 2 ва цилиндрик металл корпус 1 дан иборат.



13.2. Расм. Кўрсатишларни масофаға электр дифференциал – трансформатор ёрдамида узатадиган ротаметр схемаси

Диафрагма 2 тешигида шток 4 га эластик ўрнатилган конуссимон қалқович 3 ҳаракат қилади. Штокнинг устки қисмида дифференциал трансформаторли ўзгартгичнинг ўзаги 5 ўрнатилган. Ўзак найча 6 ичида жойлашган, найча ташқарисида эса ўзгартгичнинг ғалтаги 7 бор.

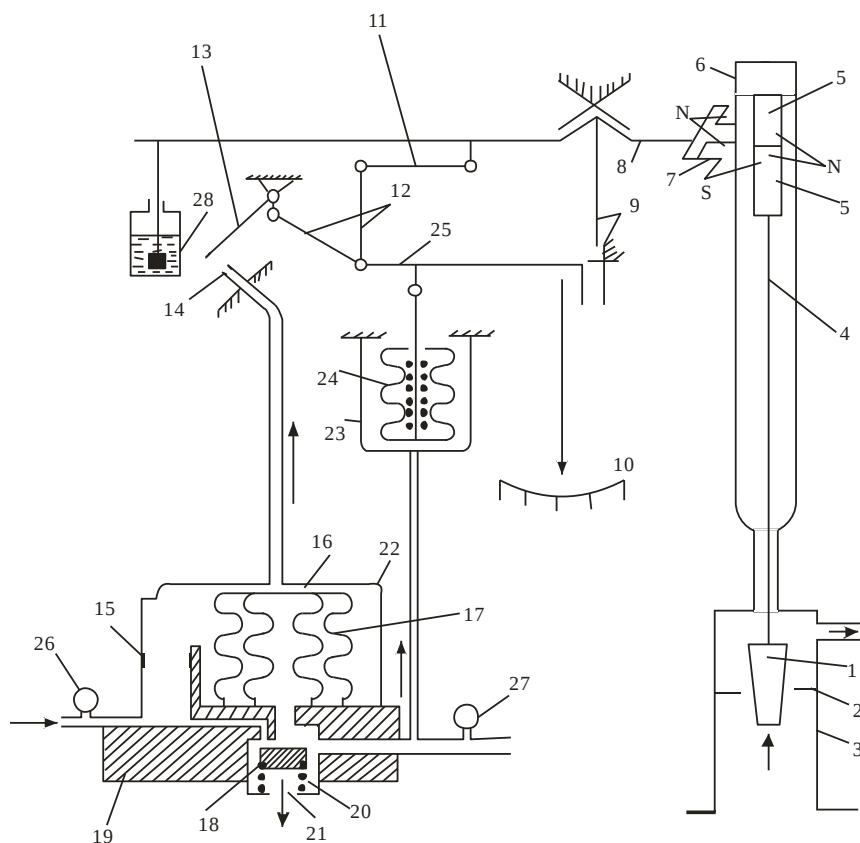
Шкаласиз ротаметрлар кўрсатувчи ёки қайд қилувчи иккиламчи дифференциал-трансформаторли асбоб таркибида ишлатилади. Ротаметрлар ортиқча иш босими таъсиридаги муҳит сарфини ўлчаш учун (6,27 мПа) чиқарилади. Бу асбоблар каттароқ ортиқча босимларға ҳам мўлжаллаб чиқарилади. Бундан ташқари, ўзгармас 0...5 мА токли чиқиш сигнали билан ишлайдиган ротаметрлар ҳам мавжуд. Уларнинг сув бўйича ўлчаш чегараси 16000 л/соат. Асосий хатолик ±1,5%.

Портлаш ва ёнғин хавфи бор жойларда кўрсатишларни масофаға пневматик узатадиган ротаметрлар ишлатилади. Бундай ротаметрнинг принципиал схемаси 13.3-расмда кўрсатилган. Бу ротаметрнинг ўлчаш қисми конуссимон қалқович 1, диафрагма 2 ва пўлатдан ишланган цилиндрик қувур 3 дан иборат. Қалқович конуссимон қувур ичида ҳаракат қилувчи ротаметр турлари ҳам мавжуд. Шток 4 га иккита цилиндрик магнит 5 бириктирилган.

Бу магнитлар бир-бирига бир хил ишорали кутблари билан қаратилган. Магнитлар қалқович билан бирга найча 6 ичида силжийди.

Найча эса магнитмас материалдан тайёрланади. Ташқаридан найча ричаг 8 га ўрнатилган магнит 7 билан ўралган.

Цилиндрик магнитлар 5 билан ташқи магнит 7 магнитли муфта ҳосил қилади. Қалқовичнинг магнит муфта ва ричаг 8 ёрдамида ҳаракатланиши ўлчанаётган сарф миқдорини шкала 10 да жойлашган кўрсатувчи стрелка 9 га узатади. Масофага пневматик узатиш механизми компенсация схемаси асосида ишлайдиган ўзгартгичдан иборат. Ўлчаш тизимидаги тебранишларни камайтириш учун демпферловчи қурилма 28 ишлатилади. Пневмо узатишли ротаметрларнинг серияли ишланадиган русумлари 6,27 мПа иш босимига мўлжалланган.



13.3 – расм. Кўрсатишларни масофага пневматик узатадиган ротаметр схемаси.

Бу асбоблар билан (сув бўйича $16 \text{ м}^3/\text{соат}$) гача сарфлар ўлчанади. Асосий хатолик $\pm 1,5\%$ дан ошмайди.

Ўлчаш диапазони ва ўлчанаётган муҳитнинг зичлиги ва агрессивлигидан

келиб чиқиб ротаметрнинг қалқовичи зангламайдиган пўлат, титан, алюминий қотишмаси, пластмасса ва фторопластлардан тайёрланади.

РМ типдаги шиша найчали ротаметрлар «Промприбор» фирмасида (Ливна ш.), масофага узатувчи ротаметрлар Арзамасс асбобсозлик заводларида ишлаб чиқарилади. Кенг гамма ротаметрлар Brooks Instrument, Siemens ва бошқа фирмалар томонидан ишлаб чиқарилади.

13.2- §. Тахометрик ҳисоблагичлар ва сарф ўлчагичлар

Ишчи жисимининг ҳаракатланиш тезлиги модда сарфини ўзгаришига пропорционал бўлган сарф ўлчагич ва ҳисоблагичлар тахометрик деб аталади. Суюқлик ва газлар миқдорини ўлчашга мўлжалланган ҳисоблагичлар ўзларининг ишлаш принципига кўра ҳажм, тезлик ва вазн ҳисоблагичларига бўлинади. Кўпроқ ҳажм ва тезлик ҳисоблагичлари ишлатилади. Газ миқдорини ўлчашда ҳажм ҳисоблагичларидан фойдаланилади.

Вақт оралиғи $t_1 - t_2$ даги оқим, масса ва энергия йиғиндисини кўрсатувчи ўлчаш асбоби ҳисоблагич деб аталади. Ҳисоблагичлар ўз функциясини қуйидаги ифодага мувофиқ бажаради:

$$Q = \int_{\tau_1}^{\tau_2} g \cdot d\tau \quad (13.1)$$

бу ерда, Q – вақт оралиғида сарфланадиган модда миқдори; g – вақт бирлиги ичида модда ёки энергия сарфи.

Ҳажм ҳисоблагичлари модда миқдорини ҳажм бўйича, тезлик ҳисоблагичлари эса оқим тезлиги бўйича ўлчайди. Иккала ҳисоблагич ҳам модданинг асбоб ишлаб турган вақтда ундан ўтган умумий миқдорини кўрсатади. Маълум вақт оралиғидаги модда миқдорини аниқлаш учун олинган вақт оралиғининг бошланиши ва охиридаги ҳисоблагич кўрсатишини белгилаш керак. Ҳисоблагич кўрсатишларининг фарқи шу вақт оралиғи ичида асбобдан ўтган модда миқдорига тенг бўлади.

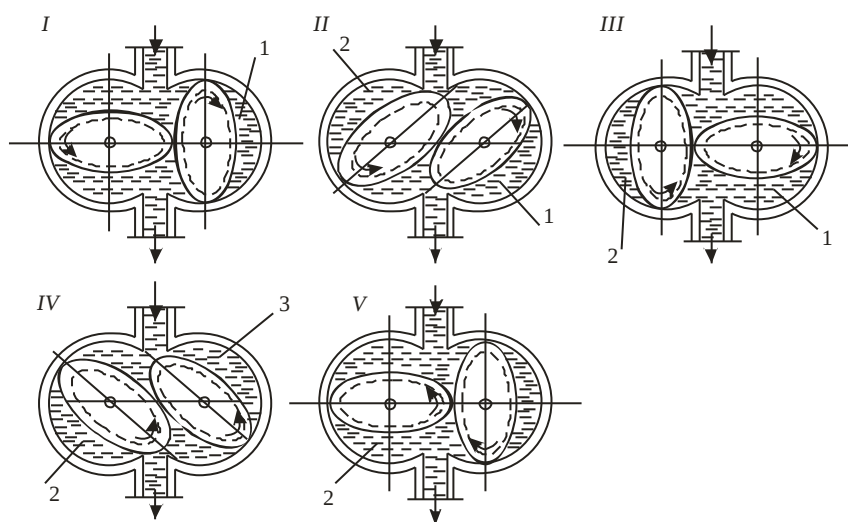
Ҳажм ҳисоблагичларининг ишлаш принципи суюқлик ёки газ оқими

муайян миқдорга — порция (доза) ларга бўлиниб сарфланиши ва бу порциялар сонини ҳисоблаш йўли билан сарфланаётган модда миқдорини аниқлашга асосланади.

Сарфланаётган порциялар сони йиғиндиси ҳисоблаш механизми ёрдамида аниқланади. Ҳажм ҳисоблагичлари асосан тоза, механик аралашмаларсиз бўлган суюқлик ва газлар миқдорини ўлчашга мўлжалланган. Уларнинг асосий афзалликлари ўлчаш хатолигининг кичиклиги ва ўлчаш чегарасининг катталигидир.

Тузилишига кўра ҳажм ҳисоблагичлари овалсимон шестерняли, ротацион, поршенли, диафрагмали, барабанли ва бошқа хил турларга бўлинади.

Суюқ моддалар миқдорини ўлчаш учун овалсимон шестерняли ва поршенли ҳисоблагичлар кенг қўлланилади. 13.4-расмда овалсимон шестерняли ҳисоблагичнинг принципиал схемаси кўрсатилган.



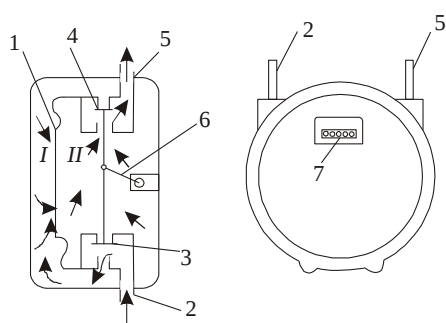
13.4. Расм. Овалсимон шестерняли ҳисоблагич схемаси

Шестернялар оқимнинг киришига кўра бир-бирини кетма-кет ҳаракатга келтиради. Улар айланганда шестерня овали ва ўлчаш камераси девори билан чекланган суюқликнинг муайян ҳажми чиқариб юборилади. Шестернянинг бир марта тўлиқ айланишига ҳисоблагич ўлчов камерасининг ҳажми йиғиндисига тенг бўлган тўртта маълум ҳажмдаги суюқлик оқиб ўтади.

Ҳисоблагичдан ўтган суюқлик миқдори шестернянинг айланишлар сонига кўра аниқланади. **I** ҳолатда (13.4-расм) суюқлик ўнг шестерняни соат стрелкаси ҳаракати йўналишида айлантиради, ўнг шестерня эса ўз навбатида чап шестерняни соат стрелкаси ҳаракати йўналишига қарши айлантиради. Бу ҳолатда ўнг шестерня суюқликнинг 1-қисмини чиқариб ташлайди. **II** ҳолатда шестерня суюқликнинг янги 2-қисмини чиқаради. Ўнг шестерня эса аввал чиқарилган 1-ҳажми ҳисоблагичнинг чиқишига узатади. Иш пайтида айлантирувчи момент иккала шестерняга ҳам таъсир қилади. **III** ҳолатда чап шестерня етакловчи бўлиб, суюқликнинг 2-ҳажмини чиқаради. **IV** ҳолатда ўнг шестерня 3-ҳажми чиқаришни тамомлайди, чап шестерня эса 2-ҳажми ҳисоблагичга киритади. **V** ҳолатда 3-ҳажм батамом чиқарилади, иккала шестерня ҳам ярим айланишни бажариб ўнг шестерня яна етакловчи бўлиб қолади. Шестернялар айланишининг иккинчи ярими юқоридагидек ўтади. Суюқликнинг ҳажми шестернялар айланишига мос.

Овалсимон шестерняли суюқлик ҳисоблагичлари 0,8...36 м³/соат чегарадаги ўлчашларни таъминлайди. Шартли ўтиш диаметрлари 15...80 мм, асбобнинг хатоси $\pm 0,5\%$, иш босим 1,57 МПа (16 кгк/см²). Ҳисоблагич ишлашида қувурдаги босимнинг йўқотилиши тахминан 0,02 МПа (0,2 кгк/см²).

Газсимон моддалар миқдорини ўлчаш учун диафрагмали, ротацион ва барабанли ҳисоблагичлар кенг қўлланилади. 13.5-расмда ГKF туридаги диафрагмали ҳисоблагич схемаси кўрсатилган.



13.5. Расм. ГKF туридаги газ ҳисоблагич

Диафрагма 1 билан бўлинган ҳисоблагичнинг икки камераси (I ва II) маълум цикл бўйича газга тўлиб ва бўшаб туради. Бу камералар рычаг 6 орқали клапанлар 3–4 билан боғланган бўлиб, юқориги клапанлар ёпилганда газ I камерага, пастки клапанлар ёпилганда II камерага ўтади.

Газ I камерага кирганда унинг босим кучи

диафрагмани ўнг томонга суради, **II** камера торая бошлайди ва ундаги газ миқдори бир порция бўлиб, тешик 5 орқали сарфга ўтади. Диафрагма ўнгга сурилиб маълум ораликқа келганда, рычаг 6 пастки клапанларни беркитади. Энди газ **II** камерага йиғилади ва диафрагмани чапга суриб **I** камерадаги газни тешик 5 орқали сарфга чиқаради. Диафрагма маълум ораликқа сурилганда рычаг 6 энди юқори клапанларни ёпади, газ **I** камерада йиғилади. Шундай қилиб, камералардан тенг миқдораги газ порциялари маълум цикл бўйича сарфга чиқиб туради. Рычагнинг ҳар бир циклдаги ҳаракати ҳисоблагич 7 кўрсаткичида ҳисобланиб туради.

Ротацион ҳисоблагич (13.6-расм). кўп миқдордаги газ ҳажмини ўлчашга мўлжалланган. Бу асбобда ўлчов 8 рақами кўринишидаги иккита ротор 1 ёрдамида бажарилади. Бу роторлар ғилоф 2 ичида айланади. Ҳисоблагичга газ тўрли филтранинг кириш тармоғи орқали келади. Роторлар ҳисоблагич кириши ва чиқишидаги босимлар фарқи ҳисобига айланади. Роторлардан бири асбобдан ўтган газ ҳажмини кўрсатувчи ҳисоблаш механизми билан боғланган. Ҳисоблагичнинг ўлчаш ҳажми ғилоф девори ва роторлар орасидаги камера орқали аниқланади.

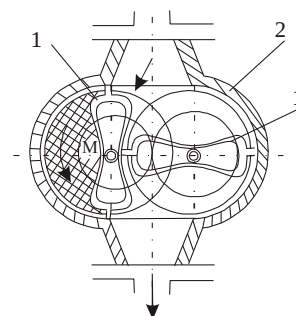
Ротацион ҳисоблагичлар 40...40 000 м³/соат сарфни ўлчашга мўлжаллаб чиқарилади. Иш босимлари: 0,1: 0,6: 1,6 ва 6,4 мПА. Шартли ўтиш диаметрлари 50...1200 мм. Асбобларнинг аниқлик синфи 1 ва 1,5. Ҳисоблагич ўрнатилишдаги босим йўқотилиши 35...40 мм сув уст. дан ошмайди.

Суюқлик миқдорини ўлчайдиган тезлик ҳисоблагичлари ҳаракатдаги оқимнинг ўртача тезлигини ўлчаш принципига асосланган.

Суюқлик миқдори оқим ҳаракати тезлиги билан қуйидаги нисбат орқали боғланган:

$$Q = v_{\text{ўрт}} \cdot S \quad (13.2)$$

бу ерда, Q – ҳажмий сарф м³/с; $v_{\text{ўрт}}$ – оқимнинг ўртача тезлиги, м/с; S –



13.6. Расм. Ротацион ҳисоблагич схемаси

оқимнинг кўндаланг кесим юзи, m^2 .

Оқим йўлига ўрнатилган парракларнинг айланиш сонига қараб асбобдан ўтган суюқлик миқдорини аниқлаш мумкин. Парраклар айланишининг тезлиги оқим тезлигига мутаносибдир:

$$n = K \cdot v_{\text{rpm}} \quad (13.3)$$

бу ерда n – парракларнинг айланиш сони, $1/c$; K – асбобнинг геометрик ҳажмига боғлиқ бўлган доимийси, m^{-1} .

Агар (13.2) тенгламани назарда тутсак:

$$n = K \cdot \frac{Q}{S} \quad (3.4)$$

Парракларнинг τ вақт ичидаги айланишлар сони асбобдан шу вақт ичида ўтган модда сарфига мутаносиб:

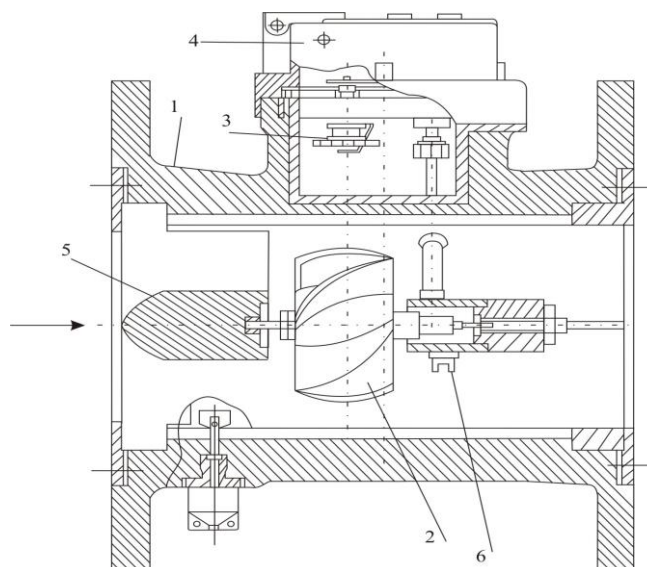
$$N = n \cdot \tau = \frac{K}{S} \cdot Q \cdot \tau \quad (13.5)$$

Парракларнинг шаклига кўра тезлик ҳисоблагичлари икки гуруҳга бўлинади: спиралсимон ва қанотли.

Спиралсимон парраклар ўлчанаётган оқимга нисбатан параллел, қанотли парраклар эса оқим ўқиға перпендикуляр жойлашади. Спиралсимон парракли тезлик ҳисоблагичлари кўп миқдордаги сув сарфини ўлчашда ишлатилади. 13.7 - расмда спиралсимон (горизонтал) парракли сув ҳисоблагич кўрсатилган. Суюқлик оқими асбобнинг корпусига келиб, оқим тўғрилагич 5 орқали кўп киримли винт шаклида ишланган паррак куракчалари 2 га йўналади. Парракнинг айланиши червякли жуфт 6 ва узатиш механизми 3 орқали ҳисоблаш механизми 4 га узатилади.

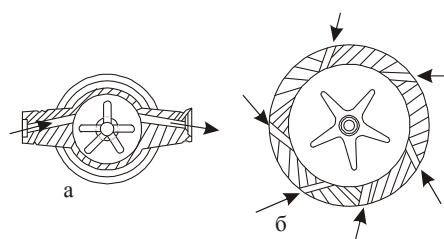
Бу ҳисоблагичлар 50...200 мм шартли ўтишга мўлжалланиб, сарфини 70...1700 $m^3/соат$ ва $\pm 2...3\%$ хато билан ўлчайди. Муҳитнинг босими 0,98 МПа (10 кгк/см^2) дан ошмаслиги керак.

Суюқликни парракка узатиш усулига кўра қанотли ҳисоблагичлар бир оқимли ва кўп оқимли бўлади.



13.7. Расм. Спиралсимон парракли суюқлик ҳисоблагичи

13.8-расмда бир оқимли (а) ва кўп оқимли (б) ҳисоблагичлар схемаси кўрсатилган. Бу ҳисоблагичларда суюқлик асбобнинг парракларига тангенциаль равишда йўналтирилади. Парракли ҳисоблагичлар агрессив бўлмаган оқимда ишласа ва оқим ҳарорати 30°C дан ошмаса, уларнинг парраги пласт-массадан тайёрланади. Оқим ҳарорати 90°C дан юқори бўлса, парраклар жездан тайёрланади.

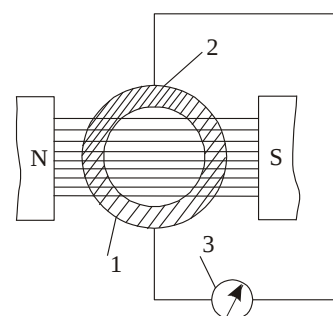


13.8. Расм. Бир оқимли (а) ва кўп оқимли (б) ҳисоблагичлар

13.3- §. Электромагнит (индукцион) сарф ўлчагичларнинг ишлаш принципи

Электромагнит (индукцион) сарф ўлчагичларнинг ишлаш принципи ташқи магнит майдони таъсирида электр токини ўтказувчи суюқлик оқимида ҳосил бўлган ЭЮҚ ни ўлчашга асосланган. Индукцион сарф ўлчагичнинг схемаси 13.9-расмда кўрсатилган.

Магнитнинг N ва S кутблари орасида магнит майдони куч чизиқлари йўналишига перпендикуляр



**13.9.Расм.
Электромагнит
сарф ўлчагич**

равишда суюқлик қузури 1 ўтади. Қувурнинг магнит майдонидан ўтадиган қисми номагнит материал (фторопласт, эбонит ва бошқалар) дан тайёрланади. Қувур деворларида бир-бирига диаметрал қарама-қарши йўналган ўлчаш элеткродлари 2 ўрнатилган. Магнит майдони таъсирида суюқликдаги ионлар ҳаракатга келади ва ўз зарядларини ўлчаш электродларига бериб, уларда ЭЮК ҳосил қилади. Оқим тезлигига мутаносиб, ЭЮК нинг қиймати, магнит майдони ўзгармас бўлганда, электромагнит индукциясининг асосий тенгламаси орқали аниқланади:

$$E = B \cdot D \cdot v_{\text{ўрт}} \quad (13.6)$$

бу ерда B – магнит қутблари оралиғида ҳосил бўлган электр магнит индукция, Тл; D – қувурнинг ички диаметри (электродлар орасидаги масофа), м; $v_{\text{ўрт}}$ – оқимнинг ўртача тезлиги, м/с.

Тезликни Q ҳажмий сарф орқали ифодаласак

$$E = \frac{4B}{\pi D} Q \quad (13.7)$$

Бу ифодадан ўзгармас магнит майдонида ЭЮК нинг қиймати сарфга тўғри мутаносиб эканлиги келиб чиқади. Индукцион сарф ўлчагичлар электр ўтказиш қобилияти $10^{-3} \dots 10^{-5}$ см/м дан кам бўлмаган суюқликларда ишлатилади.

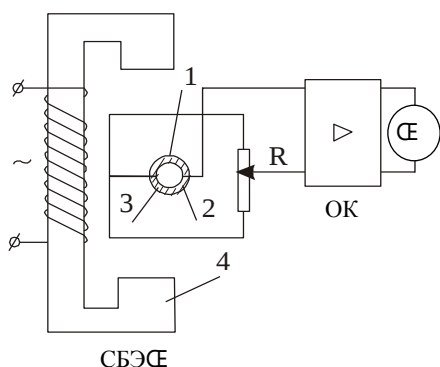
Ўзгармас магнит майдонга эга бўлган индукцион сарф ўлчагичларнинг асосий камчилги – магнит электродларида қутбланиш ва гальваник ЭЮКнинг пайдо бўлишидир. Бу камчиликлар ҳаракатдаги суюқликда магнит майдон томонидан индукцияланган ЭЮК ни тўғри ўлчашга йўл қўймайди ёки қийинлаштиради.

Шунинг учун, ўзгармас магнит майдонига эга бўлган сарф ўлчагичлар суюқ металллар, суюқликнинг пульсланувчи оқими сарфини ўлчашда ва қутбланиш ўз таъсирини кўрсатишга улгурмайдиган қисқа вақтда ишлатилади. Ҳозир индукцион сарф ўлчагичларнинг кўпчилигида ўзгарувчан магнит майдонидан фойдаланилади. Агар магнит майдон τ вақтда f частота билан ўзгарса, ЭЮК қуйидаги тенглама орқали

аниқланади:

$$E = \frac{4 \cdot Q \cdot B_{\max}}{\pi \cdot D} \cdot \sin 2\pi \cdot f\tau \quad (13.8)$$

бу ерда $B_{\max} = \frac{B}{\sin 2\pi \cdot f\tau}$ – индукциянинг амплитудавий қиймати.



13.10. Расм. Ўзгарувчан магнит майдонли индукцион сарф ўлчагичнинг схемаси.

Ўзгарувчан магнит майдонида электрокимёвий жараёнлар ўзгармас майдонга қараганда камроқ таъсир кўрсатади. Ўзгарувчан магнит майдонли индукцион сарф ўлчагичнинг принципиал схемаси 13.10-расмда кўрсатилган. Чизмада куйидаги белгилар қабул қилинган: СБЭЎ – ўзгарувчан магнит майдонли сарф ўлчагичнинг бирламчи

электромагнит ўзгартгичи; магнит майдон электромагнит 4 ёрдамида ҳосил бўлади; ОК – ораликдаги ўлчаш кучайтиргичи 0...5 мА ўзгармас ток чиқиш сигналига эга бўлган ўзгартгич; ЎА – ўлчов асбоби, интегратор ва ҳоказо; R – қаршилиқ.

Қувур 1 нинг номагнит қисми ичида электромагнит 4 ёрдамида тенг бўлинмали магнит майдон ҳосил бўлади. Суюқликда магнит майдони таъсирида ҳосил бўлган ЭЮК суюқлик сарфига тўғри мутаносиб бўлиб, электродлар 2 ва 3 орқали ораликдаги ўлчаш кучайтиргичига узатилади, бу ерда, н сарфга мутаносиб кучланган сигнал чиқади. Кучланган сигнал сарф бирлигида даражаланган ўлчаш асбобига келади. Унификациялашган электр чиқиш сигналининг (0...5мА) мавжудлиги иккиламчи назорат асбобларини қўллашга имкон беради.

Индукцион сарф ўлчагичлар бир қатор афзалликларга эга. Булар инерцион эмас, бу ҳол тез ўзгарувчан сарфларни ўлчашда ва уларни автоматик ростлаш тизимларида ишлатишда жуда муҳим. Ўлчаш натижаларига суюқликдаги заррачалар ва газ пуфакчалари таъсир қилмайди.

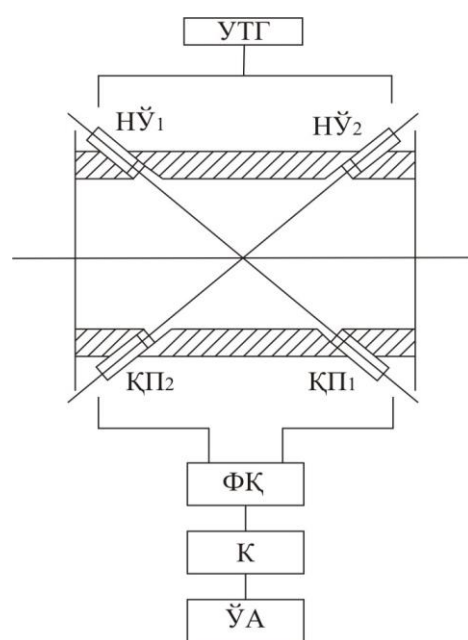
Сарф ўлчагичнинг кўрсатишлари ўлчанаётган суюқлик хусусиятларига (қовушоклик, зичлик) ва оқим характериға (ламинар, турбулент) боғлиқ эмас.

Электромагнит сарф ўлчагичларнинг камчиликларига ўлчанаётган муҳит электр ўтказувчанлиги қийматининг минималлигига қўйилган талабни киритиш лозим, бу уларни қўлланиш доирасини чеклайди. Ўлчаш схемасининг мураккаблиги.

Индукцион сарф ўлчагичлар $1...2500 \text{ м}^3/\text{соат}$ ва ундан катта чегарада диаметри $3...1000 \text{ мм}$ ва ундан катта қувурларда, суюқликнинг чизиқли тезлиги $0,6... 10 \text{ м/с}$ гача бўлганда, сарф ўлчашларни таъминлай олади. Асбобларнинг аниқлик синфи $0,6; 1; 1,5; 2; 2,5$.

13.4- §. Ультратовушли, иссиқлик ва ионли сарф ўлчагичлар

Ифлосланган, тез кристалланадиган ва агрессив суюқликлар, шунингдек, тез ўзгарувчан ва пульсланувчи оқимлар, айниқса, электр ўтказмайдиган суюқликлар сарфини ўлчашда индукцион сарф ўлчагичларни ишлатиб бўлмаган ҳолларда ультратовушли қурилмалардан фойдаланилади. Сарф ўлчашнинг ультратовушли усули қувурга нисбатан ультратовуш тезлигининг оқим тезлигига боғлиқлигига асосланган. Товуш тўлқинининг ҳаракатдаги муҳитда тарқалишида товушнинг манбадан қабул қилувчи қурилмага етиб бориш тезлиги фақат товушнинг тезлигига эмас, балки ҳаракат қилувчи муҳитнинг тезлигига ҳам боғлиқ бўлади. Сарф ўлчашнинг ультратовушли 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



13.11.Расм.
Ультратовушли сарф

йўналишдаги тезлигининг фарқи оқим тезлигига, бинобарин, оқаётган суюқлик сарфига мутаносиб. ультратовушли сарф ўлчагичларнинг ишлаш принципи қуйидагиларга асосланган:

- 1) ультратовушнинг оқим бўйлаб ва унга қарши йўналишдаги вақт тафовутини ўлчаш;
- 2) ультратовуш тебранишларининг оқим бўйлаб ва унга қарши йўналишдаги тебранишлари фазаларининг силжишини ўлчаш;
- 3) автотебранишлар схемаси вужудга келтирган ва шу билан бирга оқим бўйлаб ҳамда унга қарши йўналишда ҳосил килинган ультратовуш тебранишлари частотасининг айирмасини ўлчаш.

Ультратовушли сарф ўлчагичлардан бирининг тузилиш схемаси 13.11-расмда кўрсатилган. Бу асбоб икки каналли фазавий схема бўйича ишлайди. Ультратовушли сарф ўлчагичлар қуйидаги асосий қисмлардан иборат: УТГ-ультратовуш генераторининг таъминлаш манбаи; $H\ddot{U}_1$, ва $H\ddot{U}_2$ нурланувчи ўзгарткичлар; $K\Pi_1$ ва $K\Pi_2$ -қабул қилувчи пьезоўзгарткичлар; ΦK -фаза ўзгартирувчи қурилма, фазавий силжишларни ўзгартгичлар канали асимметрияси йўли билан бартараф этади; K -электрон кучайтиргич, $\ddot{U}A$ - ўлчаш асбоби. Ўлчаш асбоби сарф бирлигида даражаланади. Пьезоэлементлар сифатида, кўпинча, барий титанатдан ишланган пластинкалар ишлатилади. Пьезоэлементлар кварц, титанатцирконий, сопол ҳамда магнитострикцион бўлиши мумкин.

Ультратовуш импульслари қувур ўқиға шундай бурчакда юбориладики, уларнинг бир каналдаги йўналиши оқим йўналишига мос келсин, иккинчи каналдаги йўналиши эса оқимга қарши боради. Суюқлик ҳаракатсиз булган пайтда импульсни D масофага узатиш вақти қуйидагича

$$\tau = \frac{D}{C_a} \quad (13.9)$$

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:

$$\tau_1 = \frac{D}{C_a + v \cdot \cos \theta} \quad (13.10)$$

оқимга қарши йўналишда тарқалиши:

$$\tau_2 = \frac{D}{C_a - v \cdot \cos \theta} \quad (13.11)$$

Иккала каналдаги частоталар фарқи:

$$\Delta f = f_1 - f_2 = \frac{v \cdot \cos \theta}{D} \quad (13.12)$$

Δf - частоталар фарқи, Гц; θ - суюқликда тўлқинларнинг тарқалиш, бурчаги.

Шундай қилиб, суюқлик ҳаракатининг тезлигини курсатувчи частоталар фарқи фақат шу тезликка боғлиқ. Ультратовуш сарф ўлчагичлар сарфни контактсиз ўлчашни таъминлайда ва бошқа усулларни қўллаб бўлмаган ҳолларда фойдаланилади. Мураккаблиги туфайли бу асбоблар кенг тарқалмаган. Уларнинг катта камчиликлари: асбоб курсатишга ўлчанаётган муҳитнинг физик-кимёвий хоссаларининг ўзгариши ҳамда муҳитнинг ҳарорати, ультратовуш тезлигига тасир этади. Асбобнинг асосий хатоси ўлчаш чегараси (7000 л/соат)нинг $\pm 2\%$ ини ташкил қилади.

Иссиқлик (калориметрик) сарф ўлчагичларнинг ишлаш принципи суюқлик ёки газ оқимининг ёрдамчи энергия манбаи ёрдамида қиздирилишига асосланган. Бу энергия манбаи оқим тезлиги ва қиздирувчи қурилмалардаги иссиқлик сарфига боғлиқ бўлган ҳароратлар фарқини вужудга келтиради. Агар оқимнинг атроф - муҳитга берган иссиқлигини эътиборга олмасак қиздирувчи асбоб сарфланган ва оқимга узатилган иссиқлик ўртасидаги иссиқлик баланси тенгламаси қуидагича бўлади:

$$g_t = K \cdot Q_m \cdot C_p \cdot \Delta t \quad (13.13)$$

бу ерда, g_t - қиздириргичнинг суюқлик ёки газга берган иссиқлик миқдори, Вт; K - қувур кесими бўйича ҳароратнинг нотекис тарқалишига тузатиш коэффиценти; Q_m - муҳитнинг масса сарфи, кг/с; C_p - муҳитнинг

ўзгармас босимдаги солиштирма иссиқлик сифими, $\text{Ж}/(\text{кг к})$; Δt -оқим ҳароратининг қиздиришдан аввалги ва кейинги ўртача қийматининг фарқи, $^{\circ}\text{К}$.

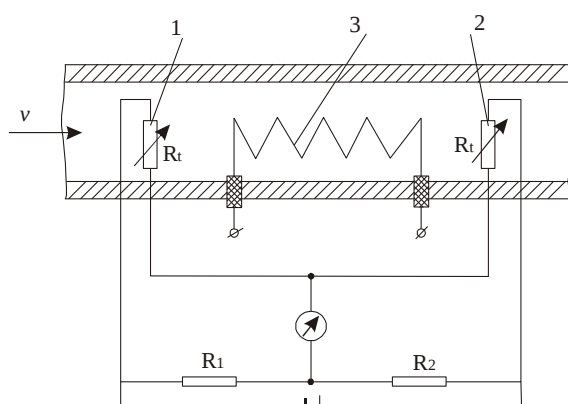
Калориметрик сарф ўлчагичларда оқимга иссиқлик, одатда, электр қиздиргич орқали берилади. Бу ҳолда

$$g_t = 0.24 \cdot I^2 \cdot R \quad (13.14)$$

(13.13) ва (13.14) ифодалар асосида масса сарфни топамиз:

$$Q_m = \frac{0.24 \cdot I^2 \cdot R}{K \cdot C_p \cdot \Delta t} \quad (13.15)$$

Калориметрик сарф ўлчагичлар икки гуруҳга бўлинади. Улардан биринчисида сарф қиздиргич истеъмол қилган қувват миқдоридан аниқланади. Бу қувват ўзгармас ҳароратлар фарқи Δt ни таъминлайди. Иккинчи гуруҳдаги калориметрик сарф ўлчагичлар сарф қизитгичга берилган ўзгармас қувватдаги Δt ҳароратлар фарқидан аниқланади.



13.12. Расм. Калориметрик сарф ўлчагич схемаси

Ҳароратлар фарқи, одатда, термोजуфтлар ёки қаршилик термометрлари орқали ўлчанади. Қаршилик термометрларини бир меъёрли оқим кесимини қоплайдиган тўр шаклида тайёрлаб, кесим бўйича ўртача ҳароратни ўлчаш мумкин. Ўлчанаётган муҳит одатда, $1...3^{\circ}\text{С}$ га қиздирилади, шунинг учун, сарф ўлчанган пайтдаги истеъмол қилинган қувват катта бўлмайди. Модда сарфини ўлчашда, кўпинча, иккинчи гуруҳ сарф ўлчагичлари ишлатилади.

13.12-расмда иккинчи гуруҳ сарф ўлчагичнинг принципиал схемаси тасвирланган. Сарф ўлчагичга кетма-кет уланган иккита қаршилик термометрлара 1 ва 2 ўрнатилган.

Термометрларнинг кетма-кет уланиши улардаги токнинг тенглигини таъминлайди. Бу ҳол термометрларни қизитгич 3 дан аввалги ва ундан кейинги ҳароратлар фарқи бўйича даражалашга имкон беради. Қаршилик

термометрларининг икки тирсаги R_1 ва R_2 доимий қаршиликдан иборат бўлган кўприк тирсакларига уланади.

Калориметрик сарф ўлчагичларнинг афзалликлари — юқори аниқлик синфига эга (хатоси $\pm 0,5 \dots 1\%$); ўлчаш диапазони катта (10:1); пульсланувчи ва кичик сарфларни ўлчаш имкони бор. Бу асбобларнинг камчилиги — берилган ҳароратлар фарқи ва оқимни иситиш учун электр қувватининг доимийлигини автоматик равишда сақлаш мураккаб. Калориметрик сарф ўлчагичлар асосан газлар сарфини ўлчаш учун ишлатилади.

Газлар сарфини ўлчаш учун **ионли ўлчаш усулидан** фойдаланиш мумкин. Бу усул қувурдан ўтаётган газларнинг радиоактив нурланиш манбалари ёрдамида даврий ионланишига асосланган. Газнинг ионлашган қисми маълум вақт ўтгач (бу вақт газ тезлигига боғлиқ) нурланиш қабул қилгичига боради ва бу ерда, ток импульси ҳосил бўлади. Шундан сўнг импульс кучланади ва бир қатор ўзгартишлардан сўнг сарф бирлигига келтирилади. Шу билан бирга ҳаракатдаги оқимга вақти-вақти билан изотопли радиоактив нишонлар киритилади. Бу нишонлардан чиқадиган импульслар қабул қилувчи қурилма орқали тутилади ва қатор ўзгартувчи элементлар ёрдамида ўлчаш асбобига узатилади.

Ионли асбоблар ишда ғоят қулай ва ишончли, аммо уларни ишлатиш, кўзғатиш ва таъмирлаш учун махсус хизмат хона, хизмат кўрсатувчи ходимлар талаб қилинади, радиоактив нурланишдан тегишли ҳимоя керак бўлади. Шунинг учун, амалда сарфни ўлчаш учун нейтрал нурланиш, масалан, ультратовуш нурланиш усуллари қўллаш маъқулроқ ҳисобланади.

Назорат саволлари

1. Босимлар фарқи ўзгарувчан сарф ўлчагичларнинг қўлланилиш соҳасини тавсифланг ва ушбу усулда ишловчи сарф ўлчагичларнинг афзалликлари ва камчиликларини сананг.
2. Торайтирувчи қурилмаларнинг қандай турларини биласиз?

3. Оқиш коэффициентини аниқлашда торайтирувчи қурилмаларнинг геометрик ва динамик ўхшашликларини қандай катталиклар белгилайди?
4. CE нинг Re ва β га боғлиқлиги қандай?
5. Диафрагмалардан босим олишнинг қандай усуларини биласиз?
6. Газ ва суюқликларнинг сарфини ўлчашда дифманометрнинг ўрнатилишига қўйиладиган талабларни сананг.
7. Буғ сарфини ўлчашда нима учун тенглаштирувчи конденсацион идиш ўрнатилади?
8. Тахометрик сарф ўлчагич ва сарф ўлчагичларнинг қандай турларини биласиз ва уларни ишлаш принципини тушунтиринг
9. Электромагнитли сарф ўлчагичлар ёрдамида қандай моддаларнинг сарфини ўлчаш мумкин?
10. Ультратовушли сарф ўлчагичларнинг афзаллик ва камчиликларини таҳлил қилинг.
11. Иссиқлик ҳисоблагичларининг таркибига қандай бирламчи ўзгариргичлар киради?
12. Иссиқлик ҳисоблагичлари қандай вазифани бажаради?
13. Газ, иссиқлик ва электр энергиясининг ишлатилган миқдорини ҳисоблаш тизимлари қандай ташкил этилади?

ФҲЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Фарзани Н.Г, Илясов Л.В., Азим-Заде А.Ю. Технологические измерения и приборы. М.: Высш. шк., 1989.
2. Кузнецов В.А., Ялунина Г.В. Основы метрологии. М.: Изд-во стандартов, 1995.
3. Венцель Е.С, Теория вероятностей. 7-е изд. М.: Высш. шк., 2001.
4. Гордов А.Н., Жагулло О.М., Иванова А.Г. Основы температурных измерений. М.: Энергоатомиздат, 1992.
5. Электротехника и электроника. Кн. 3. Электрические измерения и основы электроники. Под ред. В.Г. Герасимова. М.: Энергоатомиздат, 1998.
6. Лачин В.И., Савельев Н.С. Электроника. Ростов-на-Дону: Изд-во Феникс, 2000.
7. ГОСТ 8.563.1-97. Измерение расходов и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления. М.: Изд-во Стандартов, 1998.
8. Бобровников Г.Н., Катков А.Г. Методы измерения уровня. Машиностроение, 1977.
9. Яшин Я.И. Физико-химические основы хроматографического разделения. М.: Химия, 1976.
10. Джеффри П., Киппинг П. Анализ газов методами газовой хроматографии. М.: Мир, 1976.
11. Живилова Л.М., Назаренко П.Н., Маркин Г.Н. Автоматический контроль водно-химического режима ТЭС. М.: Энергия, 1979.
12. Кантере В.М., Казаков А.В., Кулаков М.В. Потенциометрические и титриметрические приборы. М.: Машиностроение, 1970.
13. Стефани Е.П. Основы построения АСУ ТП. М.: Энергоиздат, 1982.
14. Плетнев Г.П. Автоматизированные системы управления объектами

- тепловых электростанций. М.: Издательство МЭИ, 1995.
15. Ключев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. М.: Энергия, 1980.
 16. Трёмбовля В.И., Фигнер Е.Д., Авдеева А.А. Теплотехнические испытания котельных установок. М.: Энергия, 1977.
 17. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент. Т. 2: Справочник. Теплоэнергетика и теплотехника. М.: Издательство МЭИ, 2001.

МУНДАРИЖА

Сўз боши	3
----------------	---

Биринчи боб

ЎЛЧАШЛАР ҲАҚИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТ

1.1 - §. Ўлчаш. Ўлчашнинг турлари	5
1.2 - §. Ўлчаш воситалари ва уларнинг элементлари	7
1.3 - §. Саноқ мосламалари	9

Иккинчи боб

ЎЛЧАШ ХАТОЛИКЛАРИ ВА УЛАРНИ БАҲОЛАШ

2.1 - §. Хатоликлар ҳақида умумий маълумот.....	11
2.2 - §. Ўлчаш воситаларининг метрологик характеристикалари	13
2.3 - §. Ўлчашлардаги хатоликларни баҳолаш	17

Учинчи боб

ҲАРОРАТНИ ЎЛЧАШ ҲАҚИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТ

3.1 - §. ХХШ-90 халқаро ҳарорат шкаласи	21
3.2 - §. Ҳарорат ўлчаш воситалари.....	23

Тўртинчи боб

КЕНГАЙИШ ТЕРМОМЕТРЛАРИ

4.1 - §. Суюқликли шиша термометрлар.....	26
4.2 - §. Манометрик ва биметалл термометрлар	28

Бешинчи боб

ҚАРШИЛИК ТЕРМОЎЗГАТИРГИЧЛАРИ

5.1 - §. Умумий маълумотлар	34
5.2 - §. Қаршилик термоўзгартиргичлари тайёрланадиган материаллар.....	35

Олтинчи боб

ТЕМОЭЛЕКТРИК ЎЗГАРТИРГИЧЛАР

6.1 - §. Ҳароратни термоэлектрик усулда ўлчашнинг назарий асослари	39
6.2 - §. Компенсациялаш қурилмаси	49

Еттинчи боб

**АНАЛОГОЛИ ИККИЛАМЧИ ЎЛЧОВ АСБОБЛАРИ ВА
ЎЗГАРТИРГИЧЛАРИ**

7.1 - §. Термоқаршилиқни ўлчаш ва ўзгартириш воситалари.....	54
7.1.1- §. Қаршилиқни ўлчашнинг потенциометрик усули	54
7.1.2- §. Қаршилиқни ўлчашнинг кўприкли усуллари	58
7.1.3- §. Логометрлар	69
7.2 - §. Термо ЭЮК ни ўлчаш ва ўзгартириш воситалари	73
7.2.1- §. Пирометрик милливольтметрлар	73
7.2.2- §. Потенциометрлар	75
7.3 - §. Иккиламчи пневматик асбоблар	85

Саккизинчи боб

**МОДДАЛАРНИНГ ТАРКИБИНИ ВА ФИЗИК ХОССАЛАРИНИ
НАЗОРАТ ҚИЛИШ**

8.1 - §. Умумий маълумотлар ва анализаторларнинг таснифи	88
8.2 - §. Газларнинг таркибини таҳлил қилиш	89
8.3 - §. Термокондуктометрик газ анализаторлари	90
8.4 - §. Термомагнит газ анализатор.....	94
8.5 - §. Электр-кимёвий газ анализаторлари	97
8.6 - §. Хроматографик газ анализаторлари	99
8.7 - §. Моддаларнинг намлигини ўлчаш	102
8.7.1- §. Газларнинг намлигини ўлчаш	103

Тўққизинчи боб

АВТОМАТИК РОСТЛАШ ВА РОСТЛАГИЧЛАР

9.1 - §. Асосий тушунча ва қоидалар	108
9.2 - §. Автоматик ростлаш тизимининг тузилиши	109
9.3 - §. Автоматик ростлаш тизимларининг тузилиш схемалари ва уларнинг ўзгариши	110
9.4 - §. Ростлаш қонунлари	113
9.5- §. Автоматик ростлагичларнинг таснифи	125

Ўнинчи боб

БОСИМ ВА БОСИМЛАР ФАРҚИНИ ЎЛЧАШ УСУЛЛАРИ ВА ВОСИТАЛАРИ

10.1 - §. Умумий маълумотлар	139
10.2 - §. Суюқлик манометрлар ва дифманометрлар	143
10.3 - §. Деформацион манометрлар ва дифманометрлар	149
10.4 - §. Кўрсатишларни масофага узатувчи деформацион босим ўзгартиргичлари	156
10.5 - §. Юкпоршенли манометрлар	162

Ўн биринчи боб

САТҲНИ ЎЛЧАШ

11.1 - §. Визуал сатҳ ўлчаш воситалари.....	167
11.2 - §. Қалқовичли сатҳ ўлчаш воситалари	167
11.3 - §. Гидростатик сатҳ ўлчаш воситалари	169
11.4 - §. Радиотўлқинли сатҳ ўлчагичлар	179

Ўн иккинчи боб

СУЮҚЛИК, ГАЗ ВА БУҒЛАРНИНГ САРФИНИ ТОРАЙТИРУВЧИ ҚУРИЛМАДАГИ БОСИМЛАР ФАРҚИ БЎЙИЧА ЎЛЧАШ

12.1 - §. Умумий маълумотлар.....	184
12.2 - §. Торайтирувчи қурилмадаги босимлар фарқи бўйича сарф ўлчашнинг назарий асослари	186

Ўн учинчи боб

БОСИМЛАР ФАРҚИ ЎЗГАРМАС САРФ ЎЛЧАГИЧЛАР

13.1 - §. Ротаметрлар.....	199
13.2 - §. Тахометрик ҳисоблагичлар ва сарф ўлчагичлар	202
13.3 - §. Электромагнит сарф ўлчагичларнинг ишлаш принципи	207
13.4 - §. Ультратовушли, иссиқлик ва ионли сарф ўлчагичлар	209
Фойдаланилган дабиётлар.....	215

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
-------------------	---

Глава первая

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ

1.1 - §. Измерения. Виды измерений.....	5
1.2 - §. Средства измерений и их элементы	7
1.3 - §. Отсчётные приспособления.....	9

Глава вторая

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И ИХ ОЦЕНКА

2.1 - §. Общие сведения о погрешностях.....	11
2.2 - §. Метрологические характеристики средств измерений	13
2.3 - §. Оценка погрешностей при измерениях	17

Глава третья

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗМЕРЕНИИ ТЕМПЕРАТУР

3.1 - §. Международная температурная шкала МТШ-90	21
3.2 - §. Средства измерения температуры	23

Глава четвертая

ТЕРМОМЕТРЫ РАСШИРЕНИЯ

4.1 - §. Жидкостные стеклянные термометры	26
4.2 - §. Термометры манометрические и биметаллические	28

Глава пятая

ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОПРОТИВЛЕНИЯ

5.1 - §. Общие сведения	34
-------------------------------	----

5.2 - §. Материалы для изготовления термопреобразователей сопротивления.....	35
---	----

Глава шестая

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

6.1 - §. Теоретические основы измерения температуры термоэлектрическим методом	39
6.2 - §. Компенсационные устройства	49

Глава седьмая

АНАЛОГОВЫЕ ВТОРИЧНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

7.1 - §. Средства измерения и преобразования термосопротивлений	54
7.1.1 - §. Потенциометрический метод измерения сопротивлений	54
7.1.2- §. Мостовые методы измерения сопротивления	58
7.1.3- §. Логометры	69
7.2- §. Средства измерения и преобразования термоЭДС	73
7.2.1- §. Пирометрические милливольтметры	73
7.2.2- §. Потенциометры	75
7.3- §. Вторичные пневматические приборы	85

Глава восьмая

КОНТРОЛЬ СОСТАВ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ

8.1 - §. Общие сведения. Классификация анализаторов	88
8.2 - §. Анализ состава газов	89
8.3 - §. Термокондуктометрические газоанализаторы	90
8.4 - §. Термомагнитные газоанализаторы	94
8.5 - §. Электрохимические газоанализаторы.....	97
8.6 - §. Хроматографические газоанализаторы	99
8.7 - §. Измерение влажности веществ	102
8.7.1- §. Измерение влажности газов	103

Глава девятая

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И РЕГУЛЯТОРЫ

9.1 - §. Основные понятия и положения	108
9.2 - §. Состав система автоматического регулирования	109
9.3 - §. Схемы систем автоматического регулирования и их изменения	110
9.4 - §. Законы регулирования.....	113
9.5- §. Классификация автоматических регуляторов.....	125

Глава десятая

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ И РАЗНОСТИ ДАВЛЕНИЙ

10.1 - §. Общие сведения.....	139
10.2 - §. Жидкостные манометры и дифманометры	143
10.3 - §. Деформационные манометры и дифманометры	149
10.4 - §. Деформационные преобразователи давления с дистанционной передачей показаний.....	156
10.5 - §. Грузопоршневые манометры	162

Глава одиннадцатая

ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ

11.1 - §. Визуальные средства измерений уровня	167
11.2 - §. Поплавковые средства измерений уровня	167
11.3 - §. Гидростатические средства измерений уровня	169
11.4 - §. Радиоволновые уровнемеры	179

Глава двенадцатая

ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ЖИДКОСТЕЙ, ГАЗА И ПАРА ПО ПЕРЕПАДУ ДАВЛЕНИЯ В СУЖАЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ

12.1 - §. Общие сведения	184
12.2 - §. Основы теории измерения расхода по перепаду давления в сужающих устройствах	186

Глава тринадцатая

РАСХОДОМЕРЫ ПОСТОЯННОГО ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ

13.1 - §. Ротаметры	199
13.2 - §. Тахометрические счетчики и расходомеры	202
13.3 - §. Принцип работы электромагнитные расходомеры.....	207
13.4 - §. Ультразвуковые, тепловые и ионизационные расходомеры	209
Использованная литературы.....	215

THE CONTENTS

The foreword	3
--------------------	---

The chapter first

THE GENERAL ITEMS OF INFORMATION ON MEASUREMENTS

1.1 - §. Measurements. Kinds of measuring	5
1.2 - §. Means of measurements and their elements	7
1.3 - §. Reading devices	9

The chapter second

ERRORS OF MEASUREMENTS AND THEIR ESTIMATION

2.1 - §. The general items of information on errors.....	11
2.2 - §. Metrological characteristic of means of measurements.....	13
2.3 - §. An estimation of errors at measurements	17

The chapter third

THE GENERAL ITEMS OF INFORMATION ON MEASUREMENT OF TEMPERATURES

3.1 - §. The international temperature scale IST-90	21
3.2 - §. Means of measurement of temperature	23

The chapter fourth

THERMOMETERS OF EXPANSION

4.1 - §. Liquid glass thermometers	26
4.2 - §. Manometric and bimetallic thermometers	28

The chapter fifth

THERMOREFORMERS OF RESISTANCE

5.1 - §. The general items of information	34
5.2 - §. Materials for making thermoreformers of resistance	35

The chapter sixth

THERMOELECTRIC CONVERTERS

6.1 - §. Theoretical bases of measurement of temperature τ by a method of thermoelectrics	39
6.2 - §. Compensatory devices	49

The chapter seventh

ANALOG SECONDARY MEASURING DEVICES AND CONVERTERS

7.1 - §. Means of measurement and transformation thermoresistance	54
7.1.1 - §. Method of potentiometric of measurement of resistance	54
7.1.2- §. Methods of carriage-way of measurement of resistance	58
7.1.3- §. Logometres	69
7.2- §. Means of measurement and transformation thermoEMF	73
7.2.1- §. Potentiometric millivoltmeters	73
7.2.2- §. Potentiometers	75
7.3- §. Secondary pneumatic devices	85

The chapter eighth

THE CONTROL STRUCTURE AND PHYSICAL PROPERTIES OF SUBSTANCES

8.1 - §. The general item of information. Classification of analyzers	88
8.2 - §. The analysis of structure of gases	89
8.3 - §. Thermoconductometrical gas- analyzers	90

8.4 - §. Thermomagnetic gas- analyzers	94
8.5 - §. Electrochemical gas- analyzers	97
8.6 - §. Chromatographical gas- analyzers.....	99
8.7 - §. Measurement of humidity of substances	102
8.7.1- §. Measurement of humidity of gases	103

The chapter ninth

AUTOMATIC CONTROL AND REGULATORS

9.1 - §. The basic concepts and rules.....	108
9.2 - §. Structure system of automatic control.....	109
9.3 - §. The circuits of systems of automatic control and their change.....	110
9.4 - §. The laws of regulation.....	113
9.5- §. Classification automatic regulators.....	125

The chapter tenth

METHODS BOTH MEANS OF MEASUREMENT OF PRESSURE AND DIFFERENCE OF PRESSURE

10.1 - §. The general items	139
10.2 - §. Liquid manometers and difmanometers	143
10.3 - §. Deformation manometers and difmanometers.....	149
10.4 - §. Deformation converters of pressure with remote transfer of readings	156
10.5 - §. Weight-piston manometers	162

The chapter eleventh

MEASUREMENT OF A LEVEL

11.1 - §. Visual means of measurements of a level	167
11.2 - §. Float-means of measurements of a level	167
11.3 - §. Hydrostatic means of measurements of a level	169
11.4 - §. Radiowave leveler	179

The chapter twelfth

**MEASUREMENT OF THE CHARGE OF LIQUIDS, GAS AND PAIR ON
SHALL COME PRESSURE IN THE NARROWING DEVICE**

12.1 - §. The general items of information	184
12.2 - §. Bases of the theory of measurement of the charge on shall come pressure in narrowing devices	186

The chapter thirteenth

EXPENSEVERS OF CONSTANT DIFFERENCE OF PRESSURE

13.1 - §. Rotametes	199
13.2 - §. Taxometrical counters and expansevers	202
13.3 - §. A principle of work electromagnetic expansevers.....	207
13.4 - §. Ultrasonic, thermal and ionization expansevers.....	209

Used literatures	215
-------------------------------	------------