

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ПЕДАГОГ
КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА
УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ
ТАРМОҚ МАРКАЗИ**



**ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАР
ВА ИШЛАБ ЧИҚАРИШНИ
АВТОМАТЛАШТИРИШ ВА
БОШҚАРИШ**

**ТЕХНОЛОГИК ЎЛЧАШЛАР
ВА АСБОБЛАР**

Мазкур ўқув –услугий мажмуа Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2020 йил 7- декабрдаги 648 сонли буйруғи билан тасдиқланган ўқув дастур асосида тайёрланди.

Тузувчи: Мухитдинов Д.П. - ТошДТУ, “Ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштириш” кафедраси профессори
Такризчи: ТДТУ, т.ф.д. профессори Юсупбеков А

Ўқув –услугий мажмуа Тошкент давлат техника университети Кенгашининг 2020 йил 18-декабрдаги 4-сонли йиғилишида кўриб чиқилиб, фойдаланишга тавсия этилди.

МУНДАРИЖА

<u>I. ИШЧИ ДАСТУР</u>	4
<u>II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ</u>	10
<u>III. НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР</u>	13
<u>IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ</u>	93
<u>V. КЕЙСЛАР БАНКИ</u>	116
<u>VI. ГЛОССАРИЙ</u>	121
<u>VII. ФОЙДАЛАНГАН АДАБИЁТЛАР</u>	128

Ў ИШЧИ ДАСТУР

Кириш

Дастур Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чоратадбирлари тўғрисида” ги ПФ-4732-сонли, 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги ПФ-4947-сонли, 2019 йил 27 августдаги “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сонли Фармонлари, шунингдек 2017 йил 20 апрелдаги “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чоратадбирлари тўғрисида”ги ПҚ–2909-сонли Қарорида белгиланган устувор вазифалар мазмунидан келиб чиққан ҳолда тузилган бўлиб, у замонавий талаблар асосида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларининг мазмунини такомиллаштириш ҳамда олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касбий компетентлигини мунтазам ошириб боришни мақсад қилади.

Ушбу ўқув-услубий-мажмуа саноат корхоналарида қўлланиладиган технологик ўлчашлар ва асбоблар, ўлчаш хатоликлари, ўлчаш воситаларининг структуравий схемаси, ҳароратни назорат қилиш, ҳарорат ўлчаш воситаларининг таснифи ва босимни ўлчаш бўйича маълумотлар берилган.

Модулнинг мақсади ва вазифалари

Олий таълим муассасалари педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини ошириш курсининг **мақсади** педагог кадрларнинг инновацион ёндошувлар асосида ўқув-тарбиявий жараёнларни юксак илмий-методик даражада лойиҳалаштириш, соҳадаги илғор тажрибалар, замонавий билим ва малакаларни ўзлаштириш ва амалиётга жорий этишлари учун зарур бўладиган касбий билим, кўникма ва малакаларини такомиллаштириш, шунингдек уларнинг ижодий фаоллигини ривожлантиришдан иборат.

Модулнинг вазифалари:

- “Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ва бошқариш” йўналишида педагог кадрларнинг касбий билим, кўникма, малакаларини такомиллаштириш ва ривожлантириш;

- педагогларнинг ижодий-инновацион фаоллик даражасини ошириш;

- мутахассислик фанларини ўқитиш жараёнига замонавий ахборот-коммуникация технологиялари ва хорижий тилларни самарали татбиқ этилишини таъминлаш;

- махсус фанлар соҳасидаги ўқитишнинг инновацион технологиялари ва илғор хорижий тажрибаларини ўзлаштириш;

- “Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ва бошқариш” йўналишида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларини фан ва ишлаб чиқаришдаги инновациялар билан ўзаро интеграциясини таъминлаш.

Модул бўйича тингловчиларнинг билими, кўникмаси, малакаси ва компетенцияларига қўйиладиган талаблар
“Технологик ўлчашлар ва асбоблар” курсини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида:

Тингловчи:

- ўлчаш турларини;
- ўлчаш усулларини;
- метрология ҳақида тушунчани;
- халқаро (СИ) бирликлар тизимини;
- . бирликларнинг каррали ва улушли қийматларни;
- ўлчаш хатоликларини;
- ўлчашни табақаланишини;
- мунтазам хатоликлар ва уларни камайтириш усулларини;
- температура ўлчаш воситаларининг таснифини;
- ҳарорат ўлчаш воситаларининг таснифини;
- босимни ўлчаш усуллари ва бирликлари **билиши керек.**
- ***Тингловчи:***
- ўлчаш турларини фойдаланиш;
- ўлчаш усулларини таҳлил қилиш;

- ўлчашни табақаланиш;
- кенгайиш термометрларидан фойдаланиш;
- термоэлектр материаллар ва термоэлектр ўзгарткичларни таҳлил қилиш;
- техник суяқлик манометрларидан фойдаланиш;
- қаршиликли, сигимли ва пьезоэлектрик манометрларни ишлаш принципларини таҳлил қилиш **кўникма ва малакаларини эгаллаши керак.**

Тингловчи:

- ўлчаш хатоликларини келиб чиқиш сабаларин аниқлаш ва уларни бартараф этиш;
- технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш;
- оптималлаштириш масалаларини ечиш усулларини амалда қўллаш;
- техник ўлчашдаги хатоликларнинг олдини олиш;
- термоэлектр материаллар ва термоэлектр ўзгарткичларни таҳлил қилиш **компетенцияларига** эга бўлиши лозим.

Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар

“Технологик ўлчашлар ва асбоблар” курси маъруза ва амалий машғулотлар шаклида олиб борилади.

Курсни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий методлари, педагогик технологиялар ва ахборот-коммуникация технологиялари қўлланилиши назарда тутилган:

– маъруза дарсларида замонавий компьютер технологиялари ёрдамида презентацион ва электрон-дидактик технологиялардан;

– ўтказиладиган амалий машғулотларда техник воситалардан, экспресс-сўровлар, тест сўровлари, ақлий ҳужум, гуруҳли фикрлаш, кичик гуруҳлар билан ишлаш, коллоквиум ўтказиш, ва бошқа интерактив таълим усулларини қўллаш назарда тутилади.

Модулнинг ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва узвийлиги

“Технологик ўлчашлар ва асбоблар” модули ўқув режанинг матахасислик фанлар блокадаги “Замонавий бошқариш назарияси”, “Технологик жараёнларни моделлаштириш ва оптималлаштириш асослар” ва

“Технологик жараёнларни автоматлаштириш” “фани билан узвий боғлиқдир. Шу билан бир қаторда модулни ўзлаштиришда ўқув режанинг бошқа блоклари фанлари билан муайян боғлиқлик мавжуддир.

Модулнинг олий таълимдаги ўрни

Ўзбекистон Республикасининг ривожланишида Замонавий бошқариш назарияси фанининг ўрни юқори даражада бўлиб, ишлаб чиқаришни замонавий қурилмалар ҳисобига ривожлантириш, автоматик бошқариш тизимларни узатиш вазифалари, автоматик бошқариш тизимларнинг узлуксиз сифат таҳлили ўта долзарб масала ҳисобланади. Ушбу муаммони ҳал этишда биринчи навбатдаги вазифа замонавий талабларга жавоб берувчи мутахассисларни тайёрлаш ҳисобланади. Шу сабабли бундай мутахассисларни тайёрлаш учун ушбу соҳа бўйича таълим берувчи олий таълим тизими ўқитувчиларининг малакасини оширишда “Замонавий бошқариш назарияси” фани алоҳида ўринни эгаллайди.

Модул бўйича соатлар тақсимооти

№	Модул мавзулари	Тингловчининг ўқув юклариси, соат			
		Жами	Назарий	Амалий машғулот	Кўчма машғулот
1.	Саноат корхоналарида қўлланиладиган технологик ўлчашлар ва асбоблар.	4	2	2	
2.	Ўлчаш хатоликлари. Ўлчаш воситаларининг структуравий схемаси тўғрисида умумий тушунчалар	4	2	2	
3.	Ҳароратни назорат қилиш. Ҳарорат ўлчаш воситаларининг таснифи	6	2	4	
4.	Босимни ўлчаш	6	2	4	
	Жами:	20	8	12	

НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТ МАЗМУНИ

1-мавзу: Саноат корхоналарида қўлланиладиган технологик ўлчашлар ва асбоблар.

Ўлчашлар. Ўлчаш турлари. Ўлчаш усуллари. Метрология ҳақида тушунча. Ҳалқаро (СИ) бирликлар тизими. Бирликларнинг каррали ва улушли қийматлар.

2-мавзу: Ўлчаш хатоликлари. Ўлчаш воситаларининг структуравий схемаси тўғрисида умумий тушунчалар.

Ўлчаш хатоликлари, уларнинг табақаланиши. Мунтазам хатоликлар ва уларни камайтириш усуллари

3-мавзу: Ҳароратни назорат қилиш. Ҳарорат ўлчаш воситаларининг таснифи

Температура ўлчаш воситаларининг таснифи. Ҳарорат шкаласи. Ҳарорат ўлчаш воситаларининг таснифи. Кенгайиш термометрлари. Суюқликли, дилатометрик ва биметалли термометрлар. Термоэлектрик термометрлар. Магнитоэлектрик милливольтметрлар. Потенциометрлар. Автоматик потенциометрлар. Термоэлектр материаллар ва термоэлектр ўзгарткичлар.

4-мавзу: Босимни ўлчаш

Босимни ўлчаш усуллари ва бирликлари. Суюқликли манометрлар. Техник суюқлик манометрлари. Деформацион (пружинали) манометрлар. Қаршиликли, сигимли ва пьезоэлектрик манометрлар.

АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАЗМУНИ

1-амалий машғулот: Саноат корхоналарида қўлланиладиган технологик ўлчашлар ва асбоблар.

Саноат корхоналарида қўлланиладиган технологик ўлчашларга оид масалалар ечиш.

2-амалий машғулот: Ўлчаш хатоликлари. Ўлчаш воситаларининг структуравий схемаси.

Ўлчаш хатоликлари. Ўлчаш воситаларининг структуравий схемасига оид масалалар ечиш.

3-амалий машғулот: Ҳароратни назорат қилиш. Ҳарорат ўлчаш воситалари

Ҳароратни назорат қилиш. Ҳарорат ўлчаш воситалари оид масалалар ечиш.

4-амалий машғулот: Босимни ўлчаш.

Босимни ўлчаш мавзусига доир масалалар ечиш.

Таълимни ташкил этиш шакллари

Таълимни ташкил этиш шакллари аниқ ўқув материали мазмуни устида ишлаётганда ўқитувчини тингловчилар билан ўзаро ҳаракатини тартиблаштиришни, йўлга қўйишни, тизимга келтиришни назарда тутди.

Модулни ўқитиш жараёнида қуйидаги таълимнинг ташкил этиш шаклларидан фойдаланилади:

- маъруза;
- амалий машғулот;
- мустақил таълим.

Ўқув ишини ташкил этиш усулига кўра:

- жамоавий;
- гуруҳли (кичик гуруҳларда, жуфтликда);
- якка тартибда.

Жамоавий ишлаш – Бунда ўқитувчи гуруҳларнинг билиш фаолиятига раҳбарлик қилиб, ўқув мақсадига эришиш учун ўзи белгилайдиган дидактик ва тарбиявий вазифаларга эришиш учун хилма-хил методлардан фойдаланади.

Гуруҳларда ишлаш – бу ўқув топшириғини ҳамкорликда бажариш учун ташкил этилган, ўқув жараёнида кичик гуруҳларда ишлашда (2 тадан – 8 тагача иштирокчи) фаол роль ўйнайдиган иштирокчиларга қаратилган таълимни ташкил этиш шаклидир. Ўқитиш методига кўра гуруҳни кичик гуруҳларга, жуфтликларга ва гуруҳларора шаклга бўлиш мумкин. *Бир турдаги гуруҳли иш* ўқув гуруҳлари учун бир турдаги топшириқ бажаришни назарда тутди. *Табқалашган гуруҳли иш* гуруҳларда турли топшириқларни бажаришни назарда тутди.

Якка тартибдаги шаклда - ҳар бир таълим олувчига алоҳида- алоҳида мустақил вазифалар берилади, вазифанинг бажарилиши назорат қилинади.

II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ

Тушунчалар таҳлили методи

Тушунчалар таҳлили методи янги мавзунини ўқишдан олдин таълим олувчиларнинг бирламчи билимларини аниқлаш ва фаоллаштириш мақсадида, ёки асосий қисмдан кейин ўтилган мавзунини қай даражада ўзлаштирилганини аниқлаш мақсадида ишлатилади.

Методнинг амалга ошириши: Таълим олувчиларга карточкалар тарқатилади. Карточканинг бир томонида ўрганилиши лозим бўлган тушунчалар ва иккинчи томонида тушунчалар мазмуни. Ушбу методдан яқка тартибда, кичик гуруҳларда амалга ошириш мумкин.

Вазифанинг бажарилиши: берилган карточкалардаги тушунчаларнинг мазмунини таълим олувчилар тўлдириб чиқади ва таълим берувчи тўғри жавоби билан солиштирилади. Нечта тўри жавоб берилганига қараб вазифалар баҳоланилади.

Мазкур метод қўлланилганда таълим олувчиларнинг фаоллиги ошади, мавзуга бўлган қизиқиши юқори даражада бўлади ҳамда ўз билимларини баҳолаш имконияти бўлади.

Мавзуга қўлланилиши:

Тушунчалар	Мазмуни
Ўлчаш	физик катталиклар қийматларини тажрибада махсус техник воситалар ёрдамида аниқлаш
Ўлчаш натижаси	катталикнинг ўлчаш усули билан, масалан, катталикни ўлчов бирлиги билан таққослаш ёрдамида топилган қийматидан иборат. Ўлчаш натижасини тенглама кўринишида қуйидагича ёзиш мумкин
Бевосита ўлчаш	деб шундай ўлчашга айтиладики, унда ўлчанаётган катталикнинг изланаётган қиймати тажриба маълумотларидан бевосита аниқланади.

Билвосита ўлчаш	деб шундай ўлчашга айтиладики, унда ўлчаш натижаси ўлчанаётган катталиқ билан маълум муносабат ёрдамида боғланган катталиқлар
Бирлаштириб ўлчаш	бир неча бир номли катталиқларни бир вақтда ўлчашдан иборатки, унда изланган катталиқларнинг қийматлари бевосита ўлчашда ҳосил қилинган тенгламалар тизимидан топилади
Мутлақ ўлчаш	битта ёки бир неча асосий катталиқларни физик константалар қийматларидан фойдаланиб ёки фойдаланмасдан бевосита ўлчаш.

«Хулосалаш методи»

Методнинг мақсади: Бу метод мураккаб, кўптармоқли, мумкин қадар, муаммоли характеридаги мавзуларни ўрганишга қаратилган. Методнинг моҳияти шундан иборатки, бунда мавзунинг турли тармоқлари бўйича бир хил ахборот берилади ва айтилган пайтда, уларнинг ҳар бири алоҳида аспектларда муҳокама этилади. Масалан, муаммо ижобий ва салбий томонлари, афзаллик, фазилат ва камчиликлари, фойда ва зарарлари бўйича ўрганилади. Бу интерфаол метод танқидий, таҳлилий, аниқ мантиқий фикрлашни муваффақиятли ривожлантиришга ҳамда ўқувчиларнинг мустақил ғоялари, фикрларини ёзма ва оғзаки шаклда тизимли баён этиш, ҳимоя қилишга имконият яратади. “Хулосалаш” методидан маъруза машғулотларида индивидуал ва жуфтликлардаги иш шаклида, амалий ва семинар машғулотларида кичик гуруҳлардаги иш шаклида мавзу юзасидан билимларни мустаҳкамлаш, таҳлили қилиш ва таққослаш мақсадида фойдаланиш мумкин.

Кичик гуруҳларни шакллантириш. Вазифалар бериш.

Талабалар сонидан келиб чиқиб 3-4 гуруҳларга бўлиш ва вазифалар бериш. Берилган карточкаларни тўдириб беради ва тақдимот қиладилар

Методнинг қўлланилиши:

Суюқликли манометрлар		Деформацион (пружинали) манометрлар	
афзаллиги	камчилиги	афзаллиги	камчилиги

III. НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-мавзу: Ўлчаш тўғрисидаги умумий маълумотлар. Саноат корхоналарида қўлланиладиган технологик ўлчашлар ва асбоблар .

Режа:

1. Ўлчашлар.
2. Ўлчаш турлари.
3. Ўлчаш усуллари.
4. Метрология ҳақида тушунча.
5. Ҳалқаро (СИ) бирликлар тизими.
6. Бирликларнинг каррали ва улушли қийматлар.

Калит сўзлар: ўлчаш, технология, ўлчаш натижаси, бевосита ўлчаш, билвосита ўлчаш, бирлаштириб ўлчаш, мутлақ ўлчаш, нисбий ўлчаш.

1.1. Ўлчашлар.

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 инфор­мацион – 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 усуллари­нинг функционал имкониятлари ўз­гартирилмоқда. Ушбу асбоблар асосан саноатнинг

микропроцессорли бошқарув тизимлари ва илмий тадқиқотларнинг информацион – 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 информацион 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 такомиллашиш тезлигини юқорилигидан 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 талаба 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.

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

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

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

$$U = \frac{Q}{q} \quad \text{ёки} \quad Q = U * q \quad (2.1)$$

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

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

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

1.2. Ўлчаш турлари.

Бевосита ўлчаш деб шундай ўлчашга айтиладики, унда ўлчанаётган катталикнинг изланаётган қиймати тажриба маълумотларидан бевосита аниқланади. Масалан, ҳароратни термометр билан, босимни манометр билан, узунликни чизғич билан ўлчаш ва ҳоказо бевосита ўлчашдан иборат.

Бевосита ўлчаш тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$Q_{\text{бев.}} = C * n \quad (2.2)$$

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

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

$$Q_{бил} = f(Q_1, Q_2, \dots, Q_{бев}^n) \quad (2.3)$$

бу ерда, $Q_{бил}$ — ўлчанаётган катталиқнинг изланган қиймати; $Q_1, Q_2, \dots, Q_{бев}$ — бевосита ўлчанадиган катталиқларнинг сон қийматлари.

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

Бирлаштириб ўлчаш бир неча бир номли катталиқларни бир вақтда ўлчашдан иборатки, унда изланган катталиқларнинг қийматлари бевосита ўлчашда ҳосил қилинган тенгламалар тизимидан топилади.

Бир вақтда икки ёки бир неча номли турли катталиқларни, уларнинг орасидаги функционал муносабатларни топиш учун олиб борилган ўлчашлар биргаликда ўлчаш дейилади. Жумладан ўлчаш резисторининг 20°C даги электр қаршилиги ва ҳарорат коэффицентлари унинг қаршилигини турли ҳароратларда бевосита ўлчаш маълумотлари бўйича топилади.

1.3. Ўлчаш усуллари.

Ўлчашлар яна мутлақ ва нисбий ўлчашларга бўлинади.

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

Бирор катталиқнинг шу исмли бирлик вазифасини бажараётган катталиқка нисбатини ўлчаш ёки катталиқни шу исмли бирлик катталиқ деб қабул қилинган катталиқ бўйича ўлчаш **нисбий ўлчаш** деб аталади. Масалан, ҳароратни термоэлектр эффектдан фойдаланишга асосланган ўлчаш ёки массани тортиш усули билан, яъни массага мутаносиб бўлган оғирлик кучидан фойдаланиш усули билан ўлчаш нисбий ўлчашдан иборат. Нисбий ўлчашдан катта аниқлик зарур бўлган ҳолларда фойдаланилади.

1.4. Метрология ҳақида тушунча.

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

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

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

Бир-бирига муайян эрксизлик билан боғланган катталиклар йиғиндиси *физик катталиклар тизими* дейилади. Физик катталиклар тизими асосий, қўшимча ва ҳосила катталиклардан иборат. Тизимга кирган ва бошқа тизимларга нисбатан шартли равишда эркин ҳисобланган физик катталиқ *асосий физик катталиқ* деб аталади.

1.5.Халқаро (СИ) бирликлар тизими.

Халқаро бирликлар тизими — СИ (Системе Интернационал - СИ) фан ва техниканинг барча соҳалари учун физик катталикларнинг универсал тизими бўлиб, 1960 йилнинг октябрь ойида Ўлчов ва тарозилар ХИ Бош конференциясида қабул қилинган.

СИ нинг жорий этилиши шу тизимда назарда тутилган ва унинг таркибига кирмайдиган (аммо ҳозир ўлчов birlikлари сифатида қўлланилаётган) birlikларнинг илмий-тадқиқот натижаларини ҳисоблашда, ишлаб чиқариш воситалари ва асбоб ускуналарини лойиҳалашда, қурилиш ҳамда қурилган объектлардан фойдаланишда, шунингдек ўқув-таълим ишларида кўп қийинчиликлар туғдираётган ўлчов birlikларидаги турли ҳилликка барҳам беради. СИ нинг ҳозирги қўлланилаётган айрим ўлчов тизимларига нисбатан муҳим афзаллиги шундаки, у —универсал; ўлчов birlikларини бирхиллаштирган; асосий, қўшимча ва ўз ҳосилавий birlikларини амалиёт учун қулай ўлчамларга мужассамлаштирган; когерент, яъни ҳосилавий birlikлар ўлчамларини аниқловчи физик тенгламалардаги мутаносиблик коэффициентларини тугатган тизимидир. Унинг татбиқи билан ҳисоблаш тенгламаларининг ёзилиши анча соддалашди.

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

1.1 жадвал.

Халқаро (СИ) birlikлар тизими

Тартиб №	Катталиклар	Ўлчов бирлиги	Қисқартирилган белгилари		Ҳосила birlikлар ўлчови
			Ўзбекча	ҳалқаро	
Асосий birlikлар					
1	Узунлик	Метр	М	м	-
2	Масса	Килограмм	Кг	кг	-
3	Вақт	Секунд	С	с	-
4	Ток кучи	Ампер	А	А	-
5	Термодинамик	Кельвин градуси	К	К	-

6	Ёруғлик кучи	Кандела	Кд	сд	-
7	Модда миқдори	моль	Моль	мол	-
Қўшимча бирликлар					
1	Ясси бурчак	радиан	Рад	рад	-
2	Фазовий бурчак	стерадиан	Ср	ср	-
Ҳосила бирликлар					
1	Юза	метр квадрат	м ²	м ²	и (м) ²
2	Ҳажм	метр куб	м ³	м ³	И (м) ³
3	Частота	Герц	Гц	Ҳз	И:(с)
4	Зичлик	Килограмм тақсим метр куб	кг/м ³	кг/ м ³	(1кг):(1м ³)
5	Тезлик	метр тақсим секунд	м/с	м/с	(1м):(1с)
6	Бурчак тезлик	радиан тақсим секунд	рад/с	рад/с	(1рад):(1с)
7	Тезланиш	метр тақсим секунд квадрат	м/с ²	м/с ²	(1м):(1с) ²
8	Бурчак тезланиш	радиан тақсим секунд квадрат	рад/с ²	рад/с ²	(1рад):(1с) ²
9	Куч	Ньютон	Н	Н	(1кг):(1м): (1с) ²
10	Босим	ньютон тақсим метр квадрат	Н/м ²	Н/м ²	(1Н):(1м) ²
11	Динамик қовушоқлик	Ньютон кўпайтирилган секунд тақсим метр	Н·с/м ²	Н·С/м ²	(1Н)·(1с):(1м) ²
12	Кинематик	метр квад. тақсим	м ² /с	м ² /с	(1м) ² :(1с)

	қовушоқлик	секунд			
13	Иш, энергия, иссиқлик миқдори	жоуль	Ж	Ж	(1Ж):(1с)
14	Қувват	ватт	Вт	W	(1Ж): (1с)
15	Электр миқдори	кулон	Кл	Г	(1А):(1с)
16	Электр кучланиш, жлектр потенциаллар айирмаси, электр юритувчи куч	вольт	В	В	(1Вт):(1А)
17	Электр майдони нучланганлиги	вольт тақсим метр	В/м	В/м	(1В):(1м)
18	Электр қаршилик	Ом	Ом	Ω	(1Вт):(1А)
Тартиб №	Катгаликлар	Ўлчов бирлиги	Қисқартирилган белгилари		Ҳосила бирликлар ўлчови
			Ўзбекча	ҳалқа ро	
19	Электр сиғим	Фарада	Ф	Ф	(1К):(1В)
20	Магнит индукцияси оқими	Вебер	ВБ	Wб	(1к):(1Ом)
21	Индуктивлик	генри	Гн	Н	(1Вб):(1А)
22	Магнит индукцияси	тесла	Тл	Т	(1Вб):(1м) ²

23	Магнит майдони кучланганлиги	ампер тақсим метр	А/М	А/м	(1А):(1м)
24	Магнит юритувчи куч	Ампер	А	А	(1А)
25	Ёруғлик оқими	Люмен	Лм	Лм	(1кд):(1ср)
26	Равшанлик	кандела тақсим метр квадрат ёки нит люкс	кд/м ²	сд/м ²	(1кА):(1м) ²
27	Ёритилиш даражаси	Люкс	ЛК	Лк	(1лм):(1м) ²

1.6.Бирликларнинг каррали ва улушли қийматлар.

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

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

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

1.2-жадвал.

Бирликларнинг каррали ва улушли қийматлар

№№	Катталик номи	Белгилари		
		СИ бирликлари	СИ нинг каррали ва улушли	СИ га кирмаган бирликлар

			бирликлари	
1	Узунлик	м (метр)	км; см; мм; мкм; нм.	
2	Юза	м ² (метр квадрат)	км ² ; дм ² ; см ² мм ²	
3	Ҳажм ва сифим	м ³ (метр куб)	дм ³ ; см ³ ; мм ³	л (литр)
4	Ясси бурчак	рад (радиан)	мрад; мкрад	... ⁰ , (градус) ...' ['] (минут) ...'' ^{''} (секунд)
5	Вақт	с (секунд)	кс; мс; мкс;	Сут (сутка) Соат (соат, мин)
6	Тезлик	м/с	-	км/соат
7	Айланишлар такрорлиги	с ⁻¹	-	мин ⁻¹
8	Масса	кг (килограмм)	Мг; г; мг; мкг	т (тонна)
9	Куч, оғирлик	Н (ньютон)	МН; кН; мкН	
10	Куч моменти	Н·м	МН·м; кН·м; мкН·м	
11	Босим	Па (паскаль)	ГПа; МПа; кПа; мкПа	
12	Динамик қовушқоқлик	Па·с	мПа·с	
13	Кинетик қовушқоқлик	м ² /с	мм ² /с	
14	Энергия, иш	Ж (жоуль)	ГЖ; ГЖ; МЖ; кЖ; мЖ	ЭВ (электрон вольт)
15	Қувват	Вт (ватт)	ГВт; МВт; кВт; мкВт	
16	Ҳарорат	К (кельвин)	МК; кК; мкК	
17	Электр токи (электр токининг кучи)	А (ампер)	кА; МА; мкА; нА; пА	
18	Электр миқдори, эдектр заряд	Кл (Кулон)	МКл; мкКл; нКл; пКл	
19	Модда миқдори	моль	кмоль; ммоль; мкмоль	
20	Моляр масса	кг/моль	г/моль	

1.1 ва 1.2- жадвалларда фан, техника ва халқ хўжалигининг турли соҳаларида кенг қўлланиладиган бирликларнинг ўнлик қаррали ва улушли қийматлари келтирилган.

Назорат саволлари

1. Ўлчаш воситаси нима ва унга нималар киради?
2. Ўлчаш бирлиги эталони нима?
3. Шкала бўлимининг қиймати, интервали нима? Ўлчаш чегаралари, ўлчаш усули.
4. СИ тизими нима ва қандай мақсадларда ташкил этилди?
5. Деталларни контактли ва контактсиз ўлчаш.
6. Деталларни назорат қилиш нима дегани?
7. Узунликнинг ясси параллел уч ўлчовлари нима?
8. УЯПУЎ конструктив шакли ва уларнинг номинал ўлчамлари. Саноат ва қандай ўлчовлар тўпламлари чиқарилади?

Фойдаланилган адабиётлар

1. Алан С. Морис, Реза Лангари. Меасуремент анд Инструментатион.- УК: Асадемис Пресс, 2016-697п.
2. Юсупбеков Н.Р., Мухамедов Б.И., Гуломов Ш.М. Технологик жараёнлами назорат қилиш ва автоматлаштириш. -Тошкент: Ўқитувчи, 2011. -576 б.
3. Юсупбеков Ҳ.П., Мухамедов Б.Э., Гуломов Ш.М. Технологик жараёнларни бошқариш системалари. -Тошкент: Уқитувчи. 1997. -704 б.
4. Юсупбеков Н.Р., Мухитдинов Д.П., Авазов Ю.Ш. Автоматика ва назорат о_лчовасбобларининг тузилиши ва вазифаси. Касб-хунар коллежлари учун дарслик. - Т.: Иқтисод-молия, 2010. -224 б.
5. Зайцев С.А., Грибанов Д.Д., Толстов А.Х., Меркулов Р.В. Контрольно измерительные приборы и инструменты. -М.: Академия, 2002. -464с.
6. Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков Б.С. Теплотехнические измерения и приборы. -М.: МЭИ, 2005.-460с.
7. Гульятяев А.К. Визуальное моделирование в среде МАТЛАБ. Учебный курс. -СПб.: Питер. 2000. -432с.
8. СИМУЛИНК-моделирование в среде МАТЛАБ. Учебное пособие. -М.: МГУИЭ. 2002. -128с.
9. Калиниченко А.В. Справочник инженера по КИПиА. -М.: Инфра Инженерия, 2008. -564с.

- 10 П.Кузнецов Н.Д., Чистяков Б.С. Сборник задач и вопросов по «Теплотехнические измерения и приборы». -М.: МЭИ, 2005.
11. Бельдеева ЖИ.Х. Технологические измерения на предприятиях химической промышленности. Часть 1. -Алтай: АлтГТУ, 2002. -70с.
12. Бельдеева Л.Н. Технологические измерения на предприятиях химической промышленности. Часть 2. -Алтай: АлтГТУ, 2002. -100с.

2-маруза: Ўлчаш хатоликлари. Ўлчаш воситаларининг структуравий схемаси тўғрисида умумий тушунчалар.

Режа:

1. Ўлчаш хатоликлари, уларнинг табақаланиши.
2. Мунтазам хатоликлар ва уларни камайтириш усуллари.

Таянч сўз ва иборалар: ўлчаш хатоликлари, абсолют хатолик, ўлчаш асбобларининг хатолиги, статистик ва динамик хатоликлар, мунтазам хатоликлар.

1. Ўлчаш хатоликлари, уларнинг табақаланиши.

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

$$\Delta X = X - X_x \quad (2.1)$$

бу ерда, ΔX — мутлақ хатолик; X —ўлчаш натижаси; X_x — ўлчанаётган катталиқнинг ҳақиқий қиймати.

Ўлчаш мутлақ хатолигининг ўлчанаётган катталиқнинг ҳақиқий қийматиға нисбати ўлчашнинг *нисбий хатолиғи* дейилади.

Ўлчаш хатолиқлари уларнинг келиб чиқиши сабабларига кўра мунтазам, тасодифий ва кўпол хатолиқларга бўлинади.

Мунтазам хатолик дейилганда фақат битта катталиқни қайта-қайта ўлчаганда ўзгармас бўлиб қоладиган ёки бирор қонун бўйича ўзгарадиган ўлчаш хатолиғи тушунилади. Улар аниқ қиймат ва ишорага эга бўлади, уларни тузатмалар киртиш билан йўқотиш мумкин.

Катталиқни ўлчаш натижасида олган қийматга мунтазам хатолиқни йўқотиш мақсадида қўшиладиган қиймат тузатма деб аталади. Одатда, мунтазам хатолиқлар инструментал (ўлчаш асбоблари), ўлчаш усуллари, субъектив (ноаниқ ўқиш), ўрнатиш, услубий хатолиқларга бўлинади.

Инструментал хатолик дейилганда қўлланаётган ўлчов асбоблари хатолиқларига боғлиқ бўлган ўлчаш хатолиқлари тушунилади. Юқори аниқликда ўлчайдиган асбоблар қўлланганда ўлчов асбобларининг такомиллашмагани орқасида келиб чиқадиган инструментал хатолиқлар тузатма киритиш усули билан йўқотилади. Техник ўлчов асбобларининг инструментал хатолиқларини йўқотиб бўлмайди, чунки бу асбобларни текширилганда тузатмалар билан таъминланмайди.

Ўлчаш усули хатолиғи дейилганда усулнинг такомиллашмаганлиғи орқасида келиб чиқадиган хатолик тушунилади. Улар, кўпинча, янги усуллар қўллаганда, қийматлар орасидаги ҳақиқий боғланишни тахминий аппроксимация қилувчи тенгламалардан фойдаланилганда пайдо бўлади. Ўлчаш усули хатолиғи ўлчов воситаси, хусусан, ўлчаш қурилмаси, баъзида эса, ўлчаш натижаси хатолиқларини баҳолашда эътиборга олиниши лозим.

Субъектив хатолиқлар кузатувчининг шахсий хусусиятларидан масалан, бирор сигнал берилган пайтни кайд қилишда кечикиш ёки шошилишдан, шкала бир бўлими чегарасида кўрсатувни нотўғри ёзиб олишдан, параллаксдан ва ҳоказодан келиб чиқади. Параллаксдан ҳосил бўлган хатолик дейилганда санаш хатолиғига кирадиган, шкала сиртидан бирор масофада

жойлашган стрелка шу сиртга перпендикуляр бўлмаган йўналишда визирлаш (белгилаш) натижасида келиб чиқадиган хатолик тушунилади.

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

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

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

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

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

Ўлчашдан кўзда тутилган мақсад ва ўлчаш аниқлигига қўйиладиган талабларга қараб ўлчашлар *аниқ (лаборатория)* ва *техник ўлчашларга* бўлинади.

Ўлчаш натижасининг ўлча-наётган катталиқ ҳақиқий қийматига яқинлигини ифодаловчи ўлчаш сифати ўлчаш аниқлиги деб аталади. Аниқликни оширишга интилиб, биз ўлчаш хатолигини камайтиришимиз лозим. Аммо аниқликни ошириш усуллари, кўпинча, мураккаб бўлади ва қиммат туради. Шунинг учун, аввал ўлчашнинг конкрет шарт-шароитлари ва мақсадларга боғлиқ бўлган мақбул аниқликни баҳолаб олиш ва зарур бўлса, сўнгра аниқликни ошириш чораларини кўриш лозим. Ўлчашни бажарувчи асбобларнинг кўрсатиши ўлчанаётган катталиқнинг ҳақиқий қийматидан фарқ қилади. Шунинг учун, ўлчов асбобининг кўрсатиши ва ҳақиқий кўрсатиши деган тушунчалар мавжуд.

Катталиқнинг санокқа кўра топилган қиймати ўлчов асбобининг кўрсатиши дейилади. Бу катталиқнинг намуна асбоблар орқали аниқланган кўрсатиши ҳақиқий кўрсатиши дейилади.

Асбобнинг кўрсатиши ва ўлчанаётган катталиқнинг ҳақиқий қиймати орасидаги фарқ ўлчов асбобининг хатоси дейилади. Катталиқнинг ҳақиқий қийматини аниқлаш мумкин бўлмагани сабабли, ўлчов техникасида намуна асбобнинг кўрсатиши шу катталиқнинг ҳақиқий қиймати деб қабул қилинади.

Агар X_k билан санок кўрсатишидаги қийматни, X_x билан ҳақиқий қийматни белгиласак, қуйидаги ифодадан ΔX мутлақ хатоликни топамиз:

$$\Delta X = X_k - X_x \quad (2.2)$$

Ўлчов асбобининг мутлақ хатолиги деб, шу асбобнинг кўрсатиши билан ўлчанаётган катталиқнинг ҳақиқий қиймати орадаги фарққа айтилади. Бу ерда, хатоликлар плюс ёки минус ишораси билан катталиқнинг бирликларида ифодаланади. Мутлақ хатолик катталиқининг ҳақиқий қийматига нисбати нисбий хатолик деб аталади. Нисбий хатолик орқали ўлчашнинг аниқлик даражасини ифодалаш жуда қулай.

$$b = \pm \frac{\Delta X}{X_x} \cdot 100 \% = \pm \frac{X_k - X_x}{X_x} \cdot 100 \% \quad (2.3)$$

Одатда, ҳақиқий қиймат — X_x ва топилган қийматлар X_k га нисбатан ΔX жуда кичик бўлади, яъни

$$\Delta X \leq X_x \quad \text{ва} \quad \Delta X \leq X_k$$

Шунинг учун, қуйидаги ифодани ёзиш мумкин:

$$b = \pm \frac{\Delta X}{X_x} \cdot 100 \% \approx \pm \frac{\Delta X}{X_k} \cdot 100 \% \quad (2.4)$$

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

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

$$T = X_x - X_k \quad \text{ёки} \quad T = -\Delta X \quad (2.5)$$

бу ерда, T -тузатма.

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

$$j = \frac{\Delta X}{N} \cdot 100 \% \quad (2.6)$$

бу ерда, N — асбобнинг ўлчаш чегараси.

Мисол. Юқориги ўлчаш чегараси 3000 С бўлган потенциометрнинг кўрсатиши $X_k = 2400$ С ва ўлчанаётган ҳароратнинг ҳақиқий қиймати $X_x = 241,2$ °С бўлганидаги мутлақ, нисбий, келтирилган хатоликлари топилсин.

Мутлақ хатолик (2.2) ифода бўйича $\Delta X = -1,2$ °С, нисбий хатолик (2.4) ифода бўйича $b = -0,5\%$, келтирилган хатолик (2.6) ифода бўйича $j = 0,4\%$.

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

Асбоб кўрсатишининг стандарт йўл қўядиган энг катта хатолиги йўл қўйиладиган хатолик дейилади. Хатолик миқдори ўлчашлар олиб борилаётган ташқи муҳитга (атроф муҳит ҳарорати, атмосфера босими, тебраниш ва

бошқаларга) боғлиқ бўлгани сабабли асосий ва қўшимча хатоликлар тушунчалари киритилади.

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

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

$$V = \frac{\Delta N}{N_{\max} - N_{\min}} \cdot 100 \% \quad (2.7)$$

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

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

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

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

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

Ўлчовларга стандарт намуналар ва намуна моддалар ҳам киради.

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

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

Кузатувчи идрок қилиши учун қулай шаклдаги ўлчов ахбороти сигналинли ишлаб чиқувчи ўлчаш воситаси ўлчов асбоби дейилади. Ўлчов асбобида кузатувчи ўлчанаётган катталиқнинг сон қийматини ўқийди ёки санайди. Ўлчов асбоблари аналог ва рақамли бўлиши мумкин. Аналог ўлчов асбобларида асбобнинг кўрсатиши ўлчанаётган катталиқ ўзгаришининг узлуксиз функциясидан иборат бўлади, рақамли ўлчов асбобларида эса кўрсатишлар ўлчов ахбороти сигналинли дискрет ўзгартириш натижасидан иборат бўлган рақамли шаклда ифодаланган бўлади.

Кейинги вақтларда рақамли асбоблар борган сари кенгроқ қўллана бошланди, чунки уларнинг кўрсатувлари осонгина қайд қилинади, уларни ЭҲМ га киритиш қулай. Рақамли асбобларнинг тузилиши ўлчашда аналог асбобларга

қараганда катта аниқликка эришишга имкон беради. Шу билан бирга рақамли асбоблар қўлланганда ўқиш хатолиги бўлмайди. Аммо аналог асбоблар рақамли асбобларга қараганда анчагина содда ва арзондир.

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

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

Айрим ўлчов воситалари ва ўлчов тизимларидан ташқари мураккаб ахборот-ўлчов тизимлари ҳам қўлланади. Улар кўплаб технологик ускуналарда автоматик ўлчашни амалга оширишнигина таъминлаб қолмай (ўлчов каналлари сони минг-минглаб бўлиши мумкин), балки ўлчаш натижаларини берилган алгоритмлар бўйича зарур қайта ишлашни ҳам бажаради. Шу муносабат билан ўлчаш ўзгарткичларининг ахборот-ҳисоблаш машиналари ва қурилмалари киришига келадиган сигналларини унификациялаштириш (бир хиллаштириш) зарурати туғилади. Сигналларни унификациялаштириш ўлчов асбоблари турларини минимумга келтириш имконини беради.

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

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

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

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

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

Шкала асбобни текшириш бўлинмаларига қабул қилинган ўлчов бирликларида ифодаланган қийматлар бериш операцияси даражалаш деб аталади.

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

Физик катталиқни ўлчашда ўлчов қурилмаси (асбоби) физик катталиқни кўрсаткичнинг мутаносиб силжитади:

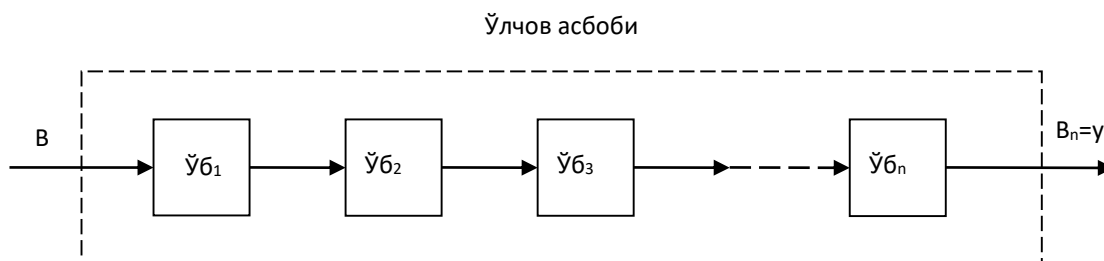
$$\varphi = f(B) \quad (2.8)$$

бу ерда, φ — асбоб кўрсаткичининг бурчакли ёки чизиқли силжиши, B — ўлчанаётган физик катталиқ.

(2.8) боғланиш асбоб шкаласининг тенгламаси ёки характеристикаси дейилади.

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

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



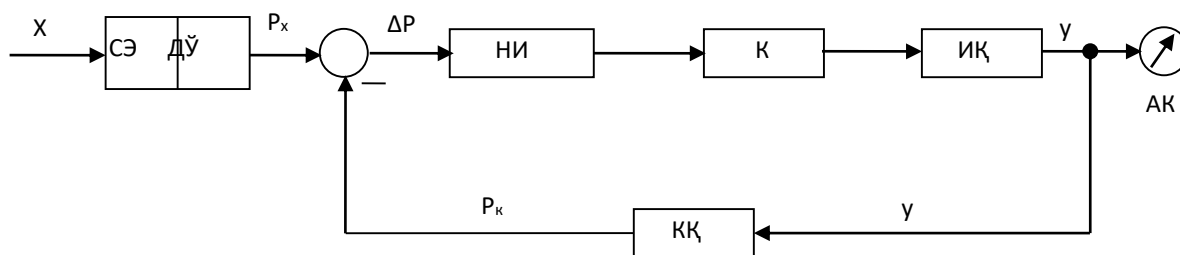
2.1– расм. Ўлчов асбобининг умумлашган структураси схемаси

Исталган ўлчов асбобининг структура схемаси, унинг ишлаш, принципдан қатъи назар, кетма-кет уланган ўлчаш бўғинлари ўБ1, ўБ2, ўБ3, ..., ўБn, (2.1-расм) қаторидан тузилган занжир каби тасвирланиши мумкин. Биринчи бўғин ўБ1 учун кириш қиймати бўлиб B катталиқ хизмат қилади. Ҳар бир бўғиннинг чиқиш қиймати кейинги бўғин учун кириш қиймати бўлиб хизмат қилади. Охирги ўБn бўғиннинг чиқиш қиймати кўрсаткичнинг $B_n = \varphi$ силжишини аниқлатади.

Умумий ҳолда ўлчов воситаларининг структура схемасини куриш принципига қараб икки гуруҳга бўлиш мумкин: тўғри ўзгартирадиган ўлчаш

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

Сигнални мувозанатлаштирадиган ўлчаш схемалари структураси 2.2-расмда келтирилган. Ўлчанаётган катталик X дастлабки ўзгарткич ДЎ га ёки унинг сезгир элементи СЭ га келади ва P_x сигналга айлантдирилади, бу сигнал компенсация қурилмаси КҚ дан чиққан P сигнал билан мослаштирилади. Компенсация қурилмаси КҚ чиқиш сигнали ϕ ни компенсация қилувчи P_k сигналга ўзгартиради.



2.2– расм. Сигнални мувозанатлаштирувчи ўлчов асбобларининг структура схемаси.

Нобаланс сигнали ΔP номувофиқлаштириш индикатори НИ орқали кучайтиргич К киришига берилади. Кучайтиргичнинг чиқиш сигнали интегралловчи қурилма ИҚ га (масалан, реверсив двигателига) таъсир қилади ёки чиқиш сигнали ϕ кучайтиргич чиқишидан олинadиган сигнал йўқ бўлганда ўзгармай қолаверади. Сигнал асбоб кўрсаткичи АК ва компенсация қурилмаси КҚ га берилади. Шундай қилиб, чиқиш сигнали ϕ ўлчанаётган X катталик

қийматини аниқлайди. Сигнални мувозанатлаштирувчи асбоблар юқори аниқликка эга бўлиб, кичик сигналларни ўлчаш имконини беради, аммо уларнинг тезкорлиги кам, баҳоси юқори, ишончилиги эса тўғри ўзгарткич асбоблариникига қараганда паст.

Назорат саволлари

1. Бевосита ўлчашлар билвосита ўлчашлардан нимаси билан фарқ қилади?
2. Бевосита ўлчаш усули билан солиштирганда дифференциал ва компенсацион ўлчаш усуллари 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?

Фойдаланилган адабиётлар

1. Алан С. Морис, Реза Лангари. Меасуремент анд Инструментатион.- УК: Асадемис Пресс, 2016-697п.
2. Юсупбеков Н.Р., Мухамедов Б.И., Гуломов Ш.М. Технологик жараёнлами назорат қилиш ва автоматлаштириш. -Тошкент: Ўқитувчи, 2011. -576 б.
3. Юсупбеков Ҳ.П., Мухамедов Б.Э., Гуломов Ш.М. Технологик жараёнларни бошқариш системалари. -Тошкент: Укитувчи. 1997. -704 б.
4. Зайцев С.А., Грибанов Д.Д., Толстов А.Ҳ., Меркулов Р.В. Контрольно измерительные приборы и инструменты. -М.: Академия, 2002. -464с.
7. Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков Б.С. Теплотехнические измерения и приборы. М.: МЭИ, 2005.-460с.
8. Гультияев А.К. Визуальное моделирование в среде МАТЛАБ. Учебный курс. - СПб.: Питер.2000. -432с.

9. СИМУЛИНК-моделирование в среде МАТЛАБ. Учебное пособие. -М.: МГУИЭ. 2002. -128с.
10. Калининченко А.В. Справочник инженера по КИПиА. -М.: Инфра Инженерия, 2008. -564с.
11. П.Кузнецов Н.Д., Чистяков Б.С. Сборник задач и вопросов по «Теплотехнические измерения и приборы». -М.: МЭИ, 2005.
12. Бельдеева ЖИ.Х. Технологические измерения на предприятиях химической промышленности. Часть 1. -Алтай: АлтГТУ, 2002. -70с.
13. Бельдеева Л.Н. Технологические измерения на предприятиях химической промышленности. Часть 2. -Алтай: АлтГТУ, 2002. -100с.

3-Мавзу: Ҳароратни назорат қилиш. Умумий тушунчалар. Ҳарорат шкаласи. Ҳарорат ўлчаш воситаларининг таснифи

Режа:

1. Умумий тушунчалар.
2. Ҳарорат шкаласи.
3. Ҳарорат ўлчаш воситаларининг таснифи.

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

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

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

$$E = \frac{3}{2} kT \quad (4.1)$$

бунда $K = 1,380 \cdot 10^{-25}$ Ж. К⁻¹ — Больцман доимийси; T — жисмнинг абсолют температураси, K.

Агар жисмнинг температураси турлича бўлса, улар бир-бирига тегиб турганида энергияларнинг тенглашуви рўй беради; юқорироқ температурага, яъни молекулалари кўпроқ ўртача кинетик энергиясига эга бўлган жисм ўз иссиқлигини (энергиясини) камроқ температурага, яъни молекулалари камроқ ўртача кинетик энергиясига эга бўлган жисмга беради. Шундай қилиб, температура иссиқлик алмашиш, иссиқлик ўтказиш жараёнларининг ҳам сифат, ҳам миқдорий томонларини характерлайдиган параметрдир. Аммо температура-ни бевосита ўлчаш мумкин эмас, уни жисмнинг температурага бир қийматли боғлиқ бўлган қандайдир бошқа физик параметрлари бўйичагина аниқлаш мумкин. *Температурага боғлиқ параметрларга* масалан, **ҳажм, узунлик, электр қаршилиқ, термоэлектр юритувчи куч, нурланишнинг энергетик равшанлиги** ва ҳоказолар киради.

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

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

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

$$1 \text{ градус} = \frac{t'' - t'}{n}. \quad (4.2)$$

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

Температура шкаласининг тенгламаси

$$t = t' + \frac{v - v'}{v'' - v'} \cdot (t'' - t'), \quad (4.3)$$

бу ерда ***t*** ва ***t''*** — модданинг таянч нуқталари (760 мм сим. уст. босимида ва оғирлик кучининг 980,665 см/с² тезланишида музнинг эриш ва сувнинг

қайнаш температуралари); v ва $v'' - m, m''$ температуралардаги модданинг (суюқликнинг) ҳажми; $v - m$ температурадаги модданинг (суюқликнинг) ҳажми.

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

$$T = \frac{Q}{Q_{100} - Q_0} \cdot 100 \% \quad (4.4)$$

бу ерда K_{100} ва K_0 – сувнинг қайнаши ва музнинг эриш температураларига мос иссиқлик миқдорлари; $K - T$ температурага мос иссиқлик миқдори.

Ўлчов ва вазнлар бўйича 1960 йил ўтказилган ХИ халқаро конференция қарорларида, ГОСТ 8550 – 61 да икки температура шкаласи; Кельвин градуси (К) ўлчов бирлиги билан ўлчанадиган термодинамик шкала ва Цельсий градуси (°С) ўлчов бирлиги билан ўлчанадиган халқаро амалий шкалаларнинг қўлланиши кўзда тутилган. Кельвин термодинамик шкаласидаги пастки нуқта – абсолют ноль нуқта (А) бўлиб, ягона экспериментал асосий нуқта эса сувнинг учлик нуктасидир. Бу нуктанинг сон қиймати 273.15 К. Сувнинг муз, суюқ ва газ фазаларидаги мувозанат нуктаси бўлган сувнинг учлик нуктаси муз эриш нуктасидан 0,01 К юқорироқ туради. Термодинамик температура T ҳарфи билан, сон қийматлари эса К билан ифодаланади.

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

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

$$T = t + 273,15; \quad (4.5)$$

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

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

$$t^{\circ}\text{C} = T^{\circ}\text{K} - 273,15 = 0,556 (n^{\circ}\text{F} - 32), \quad (4.6)$$

бу ерда n — Фаренгейт шкаласи бўйича градуслар сони.

Ҳозир 1968 йилда қабул қилинган ва 1971 йил 1 январдан мажбурий жорий эгилган Халқаро амалий температура шкаласи (МПТШ-68) қўлланилади. У абсолют термодинамик температура шкаласининг амалда қўлланишидан иборат. Бу шкала шундай танланганки, у бўйича ўлчанган температура термодинамик температурага яқин бўлади ва улар орасидаги айирма замонавий ўлчаш аниқлиги чегараларида бўлади. МПТШ-68 ўзгармас, аниқ тикланадиган турғунлик температуралари системасига асосланган бўлади. Уларнинг сон қийматлари берилган бўлади. МПТШ-68 нинг энг муҳим ўзгармас нуқталари (температуралари) 3.1-жадвалда берилган.

МПТШ- 68 нинг энг муҳим ўзгармас нуқталари

Мувозанат ҳолатлари	Халқаро амалий температураларга берилган қиймат	
	2	3
Водороднинг қаттиқ, суюқ ва газсимон фазалари орасидаги мувозанат (водороднинг учламчи нуқтаси)	13,81	— 253,34
3330,6 Па (25/76 нормал атмосфера босими) босимда водороднинг суюқ ва газсимон фазалари орасидаги мувозанат	17,042	— 256,108
Водороднинг суюқ ва газсимон фазалари орасидаги мувозанат (водороднинг қайнаш нуқтаси)	20,28	— 252,87
Неоннинг суюқ ва газсимон фазалари орасидаги мувозанат (неоннинг қайнаш нуқтаси)	27,102	— 246,048
Кислороднинг қаттиқ, суюқ ва газсимон фазалари орасидаги мувозанат (кислороднинг учламчи нуқтаси)	54,361	— 218,789
Кислороднинг суюқ ва газсимон фазалари орасидаги мувозанат (кислороднинг қайнаш нуқтаси)	90,188	— 182,962
Сувнинг қаттиқ, суюқ ва газсимон фазалари орасидаги мувозанат (сувнинг учламчи нуқтаси)	273,16	0,01
Сувнинг суюқ ва буғсимон фазалари орасидаги мувозанат (сувнинг қайнаш температураси нуқтаси)	373,15	100
Миснинг қаттиқ ва суюқ фазалари орасидаги мувозанат (рухнинг қаттиқлашиш нуқтаси)	692,73	419,58
Кумушнинг қаттиқ ва суюқ фазалари орасидаги мувозанат (кумушнинг қаттиқлашиш нуқтаси)	1235,08	961,93
Олтиннинг қаттиқ ва суюқ фазалари орасидаги мувозанат (олтиннинг қаттиқлашиш нуқтаси)	1337,58	1064,43

МПТШ-68 температурани 13,81 дан 6300 К гача ораликда ўлчашни таъминлайди.

МДХда МПТШ-68 дан ташқари температурани 0,01 дан 100 000 К чегарада бир хил ўлчашни амалга ошириш учун мўлжалланган амалий температура шкалалари (ГОСТ 8.157 – 75) ишлатилади.

Температура ўлчаш воситаларининг таснифи

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

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

Назорат қилинадиган муҳитлар ташқи шароитни ўзгартирганда физик хоссаларининг турли агрессивлиги ва турғунлиги даражаси билан суёқ, сочилувчан, газсимон ёки қаттиқ бўлиши мумкин.

Температурани назорат қилиш воситаларининг мавжудлиги назорат қилинаётган муҳит, объект, ишлатилиш шароитлари ва техник талабларнинг турли туманлигидадир.

ГОСТ 13417– 76 бўйича **температурани ўлчаш асбобларининг ишлаш принципага** қараб уларни қуйидаги группаларга бўлинади:

1. **Кенгайиш термометрлари.** Бу термометрлар температура ўзгариши билан суёқлик ёки қаттиқ жисмлар ҳажми ёхуд чизиқли ўлчамларнинг ўзгаришига асосланган;
2. **Манометрик термометрлар.** Бу асбоблар моддалар ҳажми ўзгармас бўлганда температура ўзгариши билан босимнинг ўзгаришига асосланган;
3. Температура таъсирида ўзгарган термоэлектр юритувчи кучнинг ўзгаришига асосланган **термоэлектр термометрлар**;
4. Ўтказгич ва ярим ўтказгичларнинг температураси ўзгариши сабабли электр қаршилиқнинг ўзгаришига асосланган **қаршилиқ термометрлари**;
5. **Нурланиш термометрлари.** Улар орасида энг кўп тарқалганлари: а) оптик пирометрлар – иссиқ жисмнинг равшанлигини ўлчаш асбоби; б) рангли пирометрлар (спектрал нисбат пирометрлари), жисмнинг иссиқликдан нурланиш спектридаги энергиянинг тақсимланишини ўлчашга асосланган; в) радиацион пирометрлар – иссиқ жисм нурланишининг қувватини ўлчашга асосланган.

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

4.2-жадвал

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

КЕНГАЙИШ ТЕРМОМЕТРЛАРИ. СУЮҚЛИКЛИ, ДИЛАТОМЕТРИК ВА БИМЕТАЛЛИ ТЕРМОМЕТРЛАР

Сууюқликли термометрлар. Сууюқликли термометрлар -200°C дан $+600^{\circ}\text{C}$ гача ораликдаги температуранинг ўлчаш учун ишлатилади. Шиша термометрларнинг ишлатилиш усули содда, аниқлиги етарли даражада юқори ва арзон бўлгани сабабли лаборатория ва саноатда кенг тарқалган. Сууюқликли термометрларнинг ишлаш принципи термометр ичига ўрнатилган термометр сууюқлигининг ҳажми температура кўтарилиши ёки пасайишида ўзгаришига асосланган. Шиша термометрларнинг сууюқлиги сифатида симоб, толуол, этил спирт (этанол), керосин, петролей эфир, пентан ва бошқалар ишлатилади. Уларнинг қўлланилиш чегаралари 5.1-жадвалда келтирилган.

Сууюқликли термометрлар орасида энг кўп тарқалгани симобли термометрлардир.

5.1-жадвал

Термометрларга солинадиган сууюқликлар

Сууюқлик	Қўлланилиш чегаралари, °С да	
	пастки	юқори
Симоб	-35	600

Толуол	-90	200
Этил спирти (этанол)	-80	70
Керосин	-60	200
Петролей эфир	-120	25
Пентан	-200	20

Симобнинг кенгайиш коэффициентини кичиклиги термометрия нуктаи назардан унинг камчилиги ҳисобланади. Суюқликнинг иссиқликдан кенгайиши ҳажмий кенгайиш коэффициенти билан характерланади. Бу коэффициент қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\beta_{t_1 t_2} = \frac{v_{t_2} - v_{t_1}}{v_0(t_2 - t_1)}, \quad 1 / \text{град} , \quad (5.1)$$

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

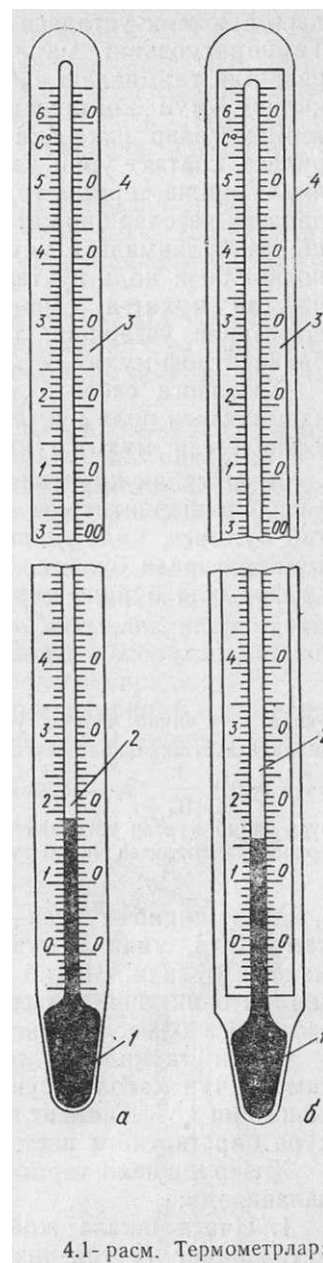
β коэффициент қанча катта бўлса, ҳажмий кенгайиш температурасининг 1°C га ўзгаришига шунча кўпроқ мослашади. Термометрларда ҳажмий кенгайиш температура коэффициенти юқори бўлган суюқликлардан фойдаланиш мақсадга мувофиқ. Ўлчашнинг мақсади ва диапазониға қараб термометрлар кенгайиш коэффициенти кичик бўлган турли маркали (ГОСТ 1224 —71) шишалардан тайёрланади. Техникада қўлланиладиган суюқликли шиша термометрлар қуйидаги **хилларға** бўлинади:

1. *Кўрсатишларига тузатиш киритилмайдиган термометрлар* (кенг миқёсда қўлланиладиган термометрлар): **а)** симобли термометрлар (-35 дан $+600^\circ\text{C}$ гача); **б)** органик суюқликли термометрлар (-200 дан $+200^\circ\text{C}$ гача);

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

гача)Конструкцияларининг хилма-хиллигига қарамай барча суюқликли термометрлар икки асосий турнинг бирига: *таёқча шаклидаги ёки шкаласи ичига ўрнатилган термометрлар* турига тегишли бўлади. Таёқча шаклидаги термометр (5.1-расм, а) қалин деворли, ташқи диаметри 6 ... 8 мм га тенг қилиб тайёрланган капилляр найчадан иборат. Найчанинг пастки қисми суюқлик сақланадиган резервуар ҳосил қилади. Уларнинг шкаласи бевосита капиллярнинг сиртида даражаланади.

Шкаласи ичига ўрнатилган термометрларда (5.1-расм, б) капилляр найчаси ингичка деворли бўлиб, симоб резервуари кенгайтирилган. Шкала даражалари сут ранг ясси шиша пластинкада жойлашган ва капилляр билан биргаликда резервуарга ёпишган шиша қобик ичига олинган. Ҳозирги вақтда шкаласи ичига ўрнатилган ёки бурчакли (термометрнинг пастки қисми 90° , 120° ва 135° ли бурчак ҳосил қилади) техник термометрлар тайёрланади. Юқори даражали термометрларда капиллярдаги суюқлик устидаги бўшлиқ инерт газ билан тўлдирилади. Температуранинг маълум даражада



4.1- расм. Термометрлар:

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

Хатоларга сабаб бўладиган келтирилган факторлардан энг аҳамиятлиси ноль нуқтасининг ўзгариши ҳамда термометрнинг ўлчанаётган муҳитга кириш чуқурлигининг ҳар хиллигидир.

Агар тўлиқ киритилганда даражаланган термометрни ишлатилиш шароитларига кўра ўлчанаётган муҳитга тўлиқ киритиб бўлмаса, унда унинг резервуари ва суюқлик устунни турли температурада бўлади. Чиқиб турган устунга тузатма қуйидаги формула бўйича киритилади:

$$\Delta t = n\beta_{t_1 t_2}(t_2 - t_1), \quad (5.2)$$

бунда n – чиқиб турган устундаги даражалар (градуслар) сони, $\beta_{t_1 t_2}$ — шишадаги суюқликнинг кенгайиш коэффициентлари (симоб учун 0,00016, спирт учун 0,001), $\frac{1}{^\circ\text{C}}$; t_2 — термометр кўрсатаётган температура $^\circ\text{C}$; t_1 — резервуар чиқиб турган устуннинг ўртасига бириктирилган ёрдамчи термометр орқали ўлчанадиган чиқиб турган устуннинг ўртача температураси.

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

Шуни таъкидлаш лозимки, чиқиб турган устун ҳисобига симоб учун хатолик суюқликларникига қараганда температура кенгайиш коэффициентлари қийматининг катта фарқ қилишига кўра бир тартибга паст.

Ҳозир шишали **термометрларнинг қуйидаги турларидан** фойдаланилади:

1. Ичига шкала жойлаштирилган техник симобли термометрларнинг (тўғри чизикли ва бурчакли) 11 хили чиқарилади:

-90 ... +30; -60 ... +50; -30 ... +50; 0 ... 100; 0...160; 0...200; 0... 300; 0.... 350, 0.... 450; 0.... 530 ва 0....600 $^\circ\text{C}$.

Шкала бўлинмасининг қиймати 0,5 $^\circ\text{C}$ (шкаласи -30... +50 $^\circ\text{C}$) дан 5 ва 10 $^\circ\text{C}$ гача (шкаласи 0 ... 600 $^\circ\text{C}$).

2. Таёқли, ичига шкала жойлаштирилган лаборатория симобли термометрлари -30 дан $+600^{\circ}\text{C}$ гача температурани ўлчашга мулжалланган, шкала бўлинмасининг қиймати $0,1$ ва 2°C ;

3. Сууюқликли (симобли эмас) термометрлар (ГОСТ 9177 — 74) таёқли, ўлчаш чегараларини -200 дан $+ 200^{\circ}\text{C}$ гача қилиб чиқарилади. Шкала бўлинмасининг қиймати $0,2$ дан 5°C гача.

4. Симобли юқори аниқликдаги ва намунавий (ГОСТ 13646—68) термометрлар ўлчаш чегараси тор (4 дан 59°C гача) ва шкала бўлинмасининг қиймати $0,01$ дан $0,1^{\circ}\text{C}$ гача қилиб чиқарилади.

5. Симобли электр контактли (ГОСТ 9871 —75) термометрлар -30 дан 300°C гача ўлчашга мўлжаллаб чиқарилади.

6. Махсус термометрлар: медицина (максимал), метеорологик (максимал, минимал, психометрик, тупроққа оид ва х,) ва бошқа мақсадларга мўлжалланган.

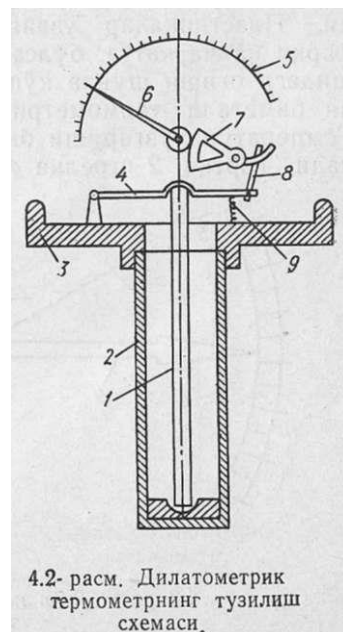
Сууюқликли шиша термометрларнинг камчилигига шкала бўйича ҳисоблаш ноқулайлиги, кўрсатишларни қайд қилиб, уларни масофага узатиб бўлмаслиги, иссиқлик инерциясининг катталиги (кўрсатишларнинг кечикиши) ва асбобларнинг механик нуқтаи назардан мустаҳкам эмаслиги киради.

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

$$L_m = L_0(1 + \beta_r t), \quad (5.3)$$

бу ерда L_m — t температурада қаттиқ жисмнинг узунлиги; L_0 — шу жисмнинг 0°C даги узунлиги; β_r — ўртача чизиқли кенгайиш коэффициент (0°C дан $t^\circ\text{C}$ гача бўлган температуралар оралиғида).

5.2- расмда дилатометрик термометрнинг тузилиш схемаси тасвирланган. Бу асбобда сезгир элемент сифатида катта чизиқли кенгайиш коэффициентига эга бўлган материалдан (жез ва мис) тайёрланган найча 2 қўлланилган. Корпус 3 га кавшарланган найча ичида стержень 1 жойлашган. Стержень чизиқли кенгайиш коэффициенти кичик бўлган материал (масалан, инвар) дан ишланган. Ўлчанаётган муҳитнинг температураси кўтарилиши билан найча 2 узаяди. Бу ҳол стержень 1 нинг силжишига олиб келади. Шунда пружина 9 шайн 4 нинг бўш томонини пастга туширади, ўз навбатида у тортқи 8 ва тишли сектор 7 орқали стрелка 6 ни унинг ўқи атрофида айлантиради. Стрелка эса шкала 5 да ўлчанаётган температура қийматини кўрсатади.



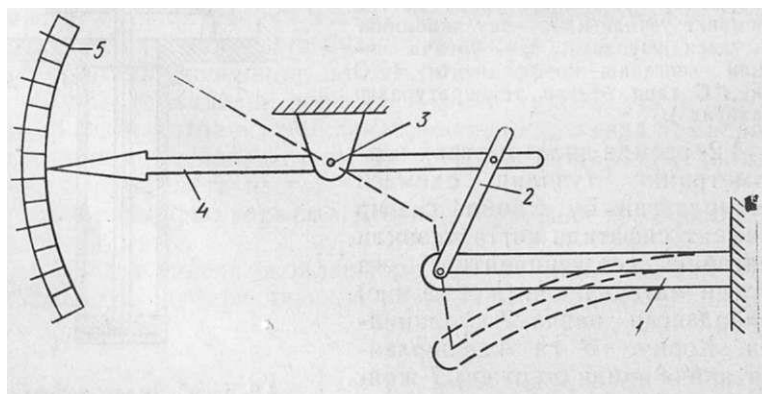
Дилатометрик термометрлар суюқликлар температурасини ўлчашда ҳамда температурани маълум даражада автоматик равишда сақлаш учун ва сигнализацияда қўлланади. Дилатометрик термометрлар 1,5 ва 2,5 аниқлик классларида чиқарилади, уларнинг юқориги ўлчаш чегараси 500°C гача. 150°C дан ошмаган температуралар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

Афзалликлари: ишончилиги ва сезгирлиги юқори.

Камчиликлари: асбоб ўлчамларининг катталиги, температуранинг бир нуқтада эмас, балки ҳажмда ўлчаниши, иссиқлик инерциясининг катталиги, кўрсаткичларни масофага узатиш мумкин эмас.

Биметалл термометрларнинг сезгир элементи кавшарланган иккита пластинкадан тайёрланган пружинадан иборат. Бу пластинкалар иссиқликдан кенгайиш температура коэффициенти турлича бўлган металллардан тайёрланади.

Температура ўзгарганда пластинкалар узаяди. Пластинкалар бир-бирига нисбатан силжий олмаганлиги сабабли пружина иссиқликдан кенгайиш температура коэффициентта кам бўлган пластинка томонга оғади. Пластинкалар узайишининг температура коэффициенти фарқи қанча катта бўлса, пружинанинг температура ўзгаришидаги оғиши шунча кўп бўлади. 4.3-расмда ясси пластинкали биметалл термометрнинг тузилиш схемаси кўрсатилган. Температура ўзгариши билан биметалл пружина 1 пастга эгилади. Тортқи 2 стрелка 4 ни ўқ 3 атрофида айлантиради.



5.3-расм. Ясси пластинкали биметалл термометрнинг тузилиш схемаси.

Стрелка шкала 5 да ўлчанаётган температура қийматини кўрсатади.

Биметалл пластинка қўлланилганда ўлчашнинг юқориги чегараси пастки пластинка тайёрланган материалнинг қайишқоқлиги чегараси билан чегараланади. Сезгир элементлар сифатида ёйсимон ёки винтсимон спираллар қўлланилади. Биметалл термометрлар билан температурани ўлчаш чегараси – 150°С дан +700°С гача, хатоси 1...1,5%. Бу турдаги термометрлар температурани маълум даражада автоматик равишда сақлаш ва сигнализация учун қўлланилади.

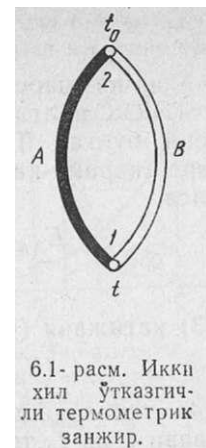
Термоэлектрик термометрлар. Магнитоэлектрик милливольтметрлар.

Потенциометрлар. Автоматик потенциометрлар.

Назарий асослар ва термоэлектр занжирлар

Температурани ўлчашнинг термоэлектр усули термоэлектр термометр (термопара) термо ЭЮК ининг унинг температурасига боғлиқлигига асосланган. Бу асбоб —200° С дан +2500° С гача бўлган температураларни ўлчашда техниканинг турли соҳалари ва илмий-текшириш ишларида кенг қўлланилади.

Термоэлектр термометрлар ёрдамида температуранинг ўлчаш 1821 йилда Зеебек кашф этган термоэлектр ҳодисасига асосланган. Бу ҳодисанинг температураларни ўлчашда қўлланилиши икки хил металл симдан иборат занжирда уларнинг кавшарланган жойида температуралар фарқи ҳисобига ҳосил бўладиган ЭЮК эффектига асосланган. Ҳар хил *A* ва *B* ўтказгичлардан иборат занжирни кўриб чиқамиз (6.1-



расм). Термопаранинг ўлчанаётган муҳитга тегиб турган жойи кавшарланган учи 1 (иссиқ уланма), ўзгармас t_0 температурали муҳитдаги жойи 2 эса эркин учи (совуқ уланма) дейилади. *A* ва *B* ўтказгичлар термоэлектродлар дейилади. Бундай кавшарланган ўтказгичлар эса термопара деб аталади, уларда ҳосил бўладиган электр юритувчи куч термоэлектр юритувчи куч (ТЭЮК) дейилади. ТЭЮК ҳосил бўлишининг сабаби эркин электронлар зичлиги кўпроқ металлнинг эркин электронлар зичлиги камроқ металлга диффузияси билан изоҳланади. Шу пайтда икки хил металлнинг бирикиш жойида пайдо бўладиган электр майдон диффузияга қаршилик кўрсатади. Электронларнинг диффузион ўтиш тезлиги электр майдон таъсирида уларнинг қайта ўтиш тезлигига тенг бўлганда ҳаракатли мувозанат ҳолати қарор топади. Бу мувозанатда *A* ва *B* металллар орасида потенциаллар айирмаси пайдо бўлади. Электронлар диффузиясининг жадаллиги ўтказгичлар бириккан жойининг температурасига ҳам боғлиқ бўлгани сабабли биринчи ва иккинчи уланмаларда ҳосил бўлган ЭЮК ҳам турлича бўлади.

Агар кавшарланган ўтказгичлар бир хил бўлса ва уларнинг икки учи турлича температурада қиздирилса, у ҳолда ўтказгичнинг иссиқроқ қисмидан совуқроқ қисмига бўш электронларнинг диффузияланиши тескари йўналишдаги диффузияси жадалроқ бўлади. Потенциаллар айирмаси электронларнинг иссиқлик диффузиясига тескари йўналишда таъсир қилади, бунинг натижасида мувозанат ҳолати қарор топгунча ўтказгичнинг иссиқроқ учи мусбат ишорада зарядланади. Бинобарин, ҳар хил *A* ва *B* ўтказгичлардан ташкил топган энг содда термоэлектр занжирда тўртта турлича ТЭЮК ҳосил бўлади. Яъни иккита ТЭЮК *A* ва *B* ўтказгичларнинг кавшарланган учида; битта ТЭЮК *A* ўтказгичнинг

учида; битта ТЭЮК B ўтказгичнинг учида. Шуни назарда тутиб, 6.1-расмда тасвирланган занжирдаги ТЭЮК катталиги аниқлаш мумкин. Занжирни соат стрелкаси ҳаракатига тескари йўналишда кузатсак, қуйидаги натижа чиқади:

$$E_{AB}(t_1 t_0) = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0), \quad (6.1)$$

бир ерда $E_{AB}(t_1 t_0)$ — иккала фактор таъсиридаги жамланган ТЭЮК; $e_{AB}(t)$ ва $e_{BA}(t_0)$ — A ва B ўтказгичлар учндаги потенциаллар ҳамда температуралар айирмаси натижасмда ҳосил бўлган ТЭЮК.

Агар кавшарланган учларининг температураси бир хил бўлса ТЭЮК нолга тенг бўлади, чунки иккала

кавшарда ҳам ҳосил бўлган ТЭЮК нинг қиймати бир-бирига тенг бўлиб, ўзаро қарам-қарши томонга йўналган бўлади. Демак, $t = t_0$ бўлса,

$$E_{AB}(t_1 t_0) = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0) = 0, \quad (6.2)$$

$$e_{BA}(t_0) = -e_{AB}(t_0). \quad (6.3)$$

(6.3) натижани (6.1) га қўйсак, қуйидагига эга бўламиз:

$$E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0), \quad (6.4)$$

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

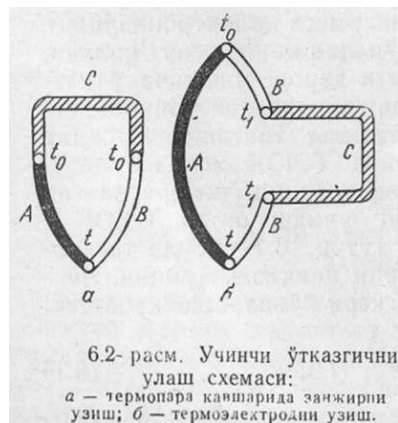
Уланмалардан бирининг температураси ўзгармас, масалан, $t_0 = \text{сонст}$ бўлса, унда

$$E_{AB}(t, t_0) = f(t). \quad (6.5)$$

(6.5) ифода мазкур термопара учун даражалаш йўли билан ТЭЮК ва температура нисбатини топиш, температуранинг ўлчаш масаласини тескари ечиш кераклигини, яъни термопаранинг ТЭЮК ни ўлчаш билан температуранинг қийматини аниқлаш мумкинлигини билдиради.

Ўлчаш асбобини улаш учун уланмалардан биридаги занжирни (6.2- расм, a) ёки термоэлектродлардан бирини узиш (6.2-расм, b) керак.

Термопара занжирига учинчи C ўтказгични улаш вариантларидаги жамланган ТЭЮК ни кўриб чиқамиз. 6.2-расм, a даги вариант учун:



$$E_{ABC}(t, t_1, t_0) = e_{AB}(t) + e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0), \quad (6.6)$$

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

$$E_{ABC}(t_0) = e_{AB}(t_0) + e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0) = 0, \quad (6.7)$$

бу теигламадан маълумки,

$$e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0) = -e_{AB}(t_0). \quad (6.8)$$

(6.8) тенглама натижасини (6.6) га қўйиб чиқсак, (6.4) тенглама келиб чиқади.

6.2- расм, б даги вариант учун:

$$E_{ABC}(t, t_1, t_0) = e_{AB}(t) + e_{BC}(t_1) + e_{CB}(t_1) + e_{BA}(t_0). \quad (6.9)$$

Агар $e_{BC}(t_1) = -e_{CB}(t_1)$ ва $e_{BA}(t_0) = -e_{AB}(t_0)$ ҳисобга олинса, (6.9) тенглама (6.4) тенгламага айланади.

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



Температурани термоэлектр термометр ёрдамида ўлчаш учун термометр ҳосил қиладиган термо ЭЮК ни ва эркин учларнинг температурасини ўлчаш керак. Агар температуранинг ўлчашда термометр учларининг температураси 0°C га тенг бўлса, унда ўлчанаётган температура даражалаш характеристикасидан (жадваллар, графиклардан) (6.3-расм) дарҳол

топилади. Бу даражалаш характеристикаси термо ЭЮК билан иш уланмаси (рабочий спай) температураси орасида муносабат ўрнатади. Термоэлектр термометрларнинг даражалаш характеристикаси, одатда, эркин учларининг температураси 0°C га тенг бўлганда аниқланади. Агар эркин учларнинг температураси амалда 0°C дан фарқ қилса-ю, аммо ўзгармас бўлса, унда иш уланмаси температурасини даражалаш характеристикасидан топиш учун термоэлектр термометр ҳосил қиладиган термо ЭЮК нигина эмас, балки эркин учлари температураси t_0 ни ҳам билиш зарур. Эркин учлари температураси t_0 га $t_0 \neq 0$ бўлганда тузагиш киритиш учун термоэлектр термометр ҳосил қиладиган

термо ЭЮК $E(t, t_0)$ га учун $E(t_0, 0)$ ни қўшиш лозим; шунда термо ЭЮК $E(t, 0)$ қийматини топилади:

$$E(t, t_0) + E(t_0, 0) = E(t, 0). \quad (6.10)$$

Термоэлектр термометр иш уланмаси температураси t ва эркин учлари температураси 0°C бўлганда, яъни даражалаш шarti бажарилганда шундай $E(t_0, 0)$ ЭЮКни ҳосил қилади.

Агар ўлчаш жараёнида эркин учлар температураси бирор янги t_0 қиймат қабул қилса, унда термометр ҳосил қиладиган термо ЭЮК $E(t, t'_0)$ га (6.3-расм) ва эркин учлар температурасига киритиладиган тузатиш $E(t'_0, 0)$ га, даражалаш шartига мос термо ЭЮК эса

$$E(t, t'_0) + E(t'_0, 0) = E(t, 0). \quad (6.11)$$

га тенг бўлади.

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

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

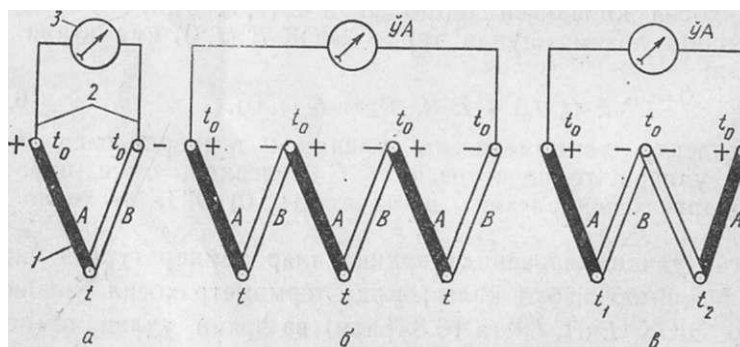
Температурани ўлчашга оид алоҳида масалаларни ечиш учун термоэлектр термометрларни ўлчаш асбоби билан улашнинг турли усуллари қўлланилади (6.4-расм).

6.4-расмда термоэлектр термометрии ўлчаш асбобига улаш схемаси кўрсатилган. Термометр комплектига термопара 1 улаш сими 2 ва ўлчов асбоби 3 киради.

Термоэлектр термометрни ўзгартиш коэффициентини орттириш учун бир неча термопараларни (термобатареяларни) кетма кет улашдан фойдаланилади (6.4-расм, б). Бунда термопаралар ҳосил қиладиган термо ЭЮК қўшилади, яъни n та

термопарадан тузилган термобатареялар термо ЭЮК и алоҳида олинган термопара термо ЭЮК идан катта. Бундай улашдан кам фарқ қилувчи иш температураси t ни ва эркин учлари t_0 ни ўлчашда фойдаланилади.

Икки нукта орасидаги температура фарқини ўлчаш учун дифференциал термоэлектр термометр қўлланилади. У иккита қарама-қарши уланган бир хил термометрдан тузилган (6.4- расм, в). Агар температуралари фарқи ўлчанаётган нукталарнинг температураси ўзаро тенг бўлса, унда ўша нукталарда



6.4- расм. Термоэлектр занжирлар: а - термометрни ўлчов асбобига улаш; б - термобатарея; в - дифференциал термометр.

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

Термоэлектр материаллар ва термоэлектр ўзгарткичлар

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

боғлиқлиги, қаршилик температура коэффициентининг катта бўлмаслиги ва катта электр ўтказувчанлик.

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

$$E(t, t_0) = a + bt + ct^2, \quad (6.12)$$

бунда а, б ва с сурма ($630,5^{\circ}\text{C}$), кумуш ($960,8^{\circ}\text{C}$) ва олтин ($1063,0^{\circ}\text{C}$) ларнинг қотиш температураси бўйича аниқланадиган доимийлар.

Металл термоэлектродли термоэлектр термометрларнинг қуйидаги турлари қўлланади. Уларнинг характеристикалари 6.1-жадвалда келтирилган.

Хромель-копелли ($56\% \text{Cu} + 44\% \text{Ni}$) термоэлектр термометрлар стандарт термометрлар орасида энг катта ўзгартиш коэффициентига эга ($70 — 90 \text{ мкВ}/^{\circ}\text{C}$).

Термоэлектрод диаметри 1 мм дан кам бўлган термометрлар учун чегаравий қўлланиш даври 600°C дан кам ва, масалан, диаметри 0,2...0,3мм бўлган термоэлектродлар учун фақат 400°C ни ташкил этади. Юқориги ўлчаш чегараси копелли электродлар характеристикаларининг барқарорлигига боғлиқ.

6.1-жадвал

Станларт термоэлектр термометрлар

Термоэлектр термометр термопараси тури	Даражалаш беягиси, янгиси (эскиси)	Ўлчаш чегараси, $^{\circ}\text{C}$	Юқориги ўлчаш чегараси, $^{\circ}\text{C}$	
			узок вақт қўлланиш- да	Қисқа вақт қўлланиш- да
Мис-копелли	—	-200	100	600
Мис-мис-никелли	Т	-200	400	600
Темир-мис-никелли	Ј	-200	700	900
Хромель-копелли	(ХК)	-50	600	800
Никельхром-мис-никелли	Е	-100	700	900
Никельхром-никель	К			
Алюминийли (хромель алюмелли)	(ХА)	-200	1000	1300
Платинородий (10%) — платинали	S(ПП)	0	1300	1600
Платинородий (30%) — платинородийли (6%)	B(ПР)	+300	1600	1800
Вольфрамрений (5%) — вольфрамренийли (20%)	(ВР)	0	2200	2500

Никельхром-никель алюминийли ($94\% Ni + 2\% Al + 2,5\% Mn + 1\% Si + 0,5\%$ кўшилма) термометрлар турли муҳит температураларини кенг чегараларда ўлчаш учун қўлланилади. Улар аввал хромель-алюмелли термометрлар деб юритилар эди. Никель-алюминий симдан тайёрланган термоэлектрод оксидланишга никель-хромга нисбатан камроқ чидамли. Қўлланишнинг юқориги чегараси термоэлектрод диаметрига боғлиқ. Диаметри 3—5 мм бўлган термоэлектродлар учун қўлланишнинг юқориги чегараси никель-хром-никель-алюминийли термометрларда 1000°C ни ташкил этади. 0,2 — 0,3 мм диаметр учун 600°C дам ортиқ эмас.

Платинородий (90% платина 10% родий)-платинали термоэлектр термометрлар узок вақт давомида 0 дан 1300°C температура оралиғида, қисқа вақт давомида 1600°C гача бўлган оралиқда ишлаши мумкин. Мазкур термометрлар оксидланадиган ва нейтрал муҳитларда даражалаш характеристикасининг барқарорлигини сақлайди. Тикланадиган атмосферада платинородий-платинали термометрлар ишлай олмайди, чунки термометр термо ЭЮКнинг кескин ўзгариши юз беради. Булар улардан фойдаланиш максадига қараб эталон, намуна ва иш термометрлари а бўлинади. Тўғри ишлатилганда даражалаш узок вақт давомида ўзгармайди. Камчиликларига термоэлектр термометрларнинг бошқа турлариникига нисбатан ТЭЮК камлигини киритса бўлади. Термоэлектрод сими диаметри 0,3 ёки 0,5 мм ни ташкил этади.

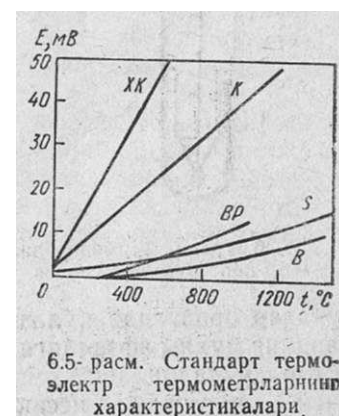
Платинородий (30% родийли)-платинородийли (6% родийли) термоэлектр термометрлар узок вақт давомида температураларнинг $+300^{\circ}$ дан то 1600°C гача оралиғида, қисқа вақт давомида 1800°C гача қўлланилади. Мусбат электрод — 30% родий ва 70% платина қотишмасидан, манфий электрод — 6% родий ва 94% платина қотишмасидан ташкил топган. Мазкур термометрлар платинородий-платинали термометрларга қараганда даражалаш характеристикаларининг барқарорлиги юқорилиги билан ажралиб туради, аммо бу термоэлектродлар ҳам тикланадиган муҳитда ёмон ишлайди. Платинородий-платино-родийли термометрларда термо ЭЮК температураларнинг $0 \dots \pm 3100^{\circ}\text{C} \pm 1000^{\circ}\text{C}$ интервалида озгина ҳосил бўладн, бу ҳол эса совуқ уланмалар температурасига тузатиш киритишни талаб этмайди.

Вольфрамрений-вольфрамренийли (ТВР — 5/20 ва ТВР — 10/20) термоэлектр термометрлар узок вақт давомида 0° дан 2200°C гача температураларни ва қисқа вақт давомида 2500°C гача, шунингдек, вакуумда, нейтрал ва тикланадиган муҳитларда температураларни ўлчашга мўлжалланган. Мусбат термоэлектрод 95% вольфрамдан ва 5% ренийдан ёки 90% вольфрамдан ва 10% ренийдан ташкил топган қотишма, манфий электрод 80% вольфрамдан ва 20% ренийдан ташкил топган қотишма.

Термопараларнинг баъзи турлари (мис-копелли, хромель копелли, вольфрамрений-вольфрамренийли БП 5/20 ёки БП 10/20) учун аввалги номлари ва даражалаш характеристикалари ҳам қолди. СЭВ стандарти бу термопаралар учун ҳеч қандай белгилашлар киритмади. Бошқа тур термопаралар учун янги номлар ва белгилашлар киритилди: никельхром-никельалюминийли термопара, К тури, аввалги номи хромель-алюмелли ва белгиланиши ХА; даражалаш характеристикаси ўзгармай қолди. Платинородий-платинали ва платинородий-платинородийли термопаралар учун белгилашлар ўзгаради (ПП ўрнига С, ПР ўрнига В киритилади) ва даражалаш характеристикаси ўзгаради. Бундан ташқари, аввалда серияли ишлаб чиқарилмаган қатор янги термопаралар жорий қилинади:

Мис—мис-никелли (мис-константан термопарасига яқин) Т тури, темир-мис-никелли (темирконстантан термопарасига яқин) Ж тури ва никаль-хром-мис никелли, Е тури.

6.5-расмда баъзи стандартлаштирилган термоэлектр термометрларнинг ЭЮКи билан температура орасидаги боғланиш кўрсатилган. ТХК туридаги термопара бошқа стандарт термопараларга қараганда анча катта ТЭЮК ҳосил қила олади.

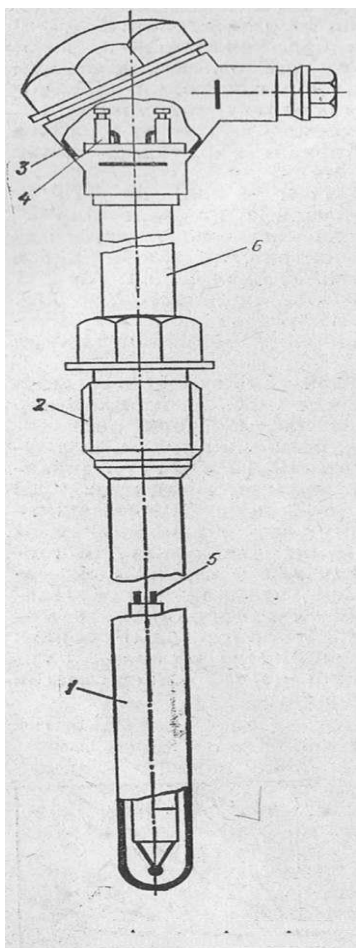


Термоэлектр генератор, термоэлектр совитгич ва турли ўлчов асбобларида ярим ўтказгичли термопаралар ишлатилади. Уларнинг ТЭЮКи металл ва металл қотишмаларидан ишланган оддий термопаралар ТЭЮКидан 5—10 марта катта. Бу

термопараларда термоэлектрод материаллар сифатида $ZnSb$ ва $CdSb$ қотишмалари ишлатилади.

Турли мухитлар температурасини ўлчайдиган термопаранинг схемаси 6.6-расмда кўрсатилган. У ғилоф 1, қўзғалмас ёки қўзғалувчан штуцер 2, қўзғалмас штуцер билан найча 6 орқали, штуцер ҳаракатда бўлганда эса ғилоф билан бевосита уланган каллак 3 дан иборат. Қопқоқда изоляцион материалдан ишланган розетка 4 жойлашган. Бу розетканинг термопарани ўлчов асбоби билан улайдиган термоэлектроди 5 ва симлар учун қисқичлари бор.

Ҳимоя ғилофлари кўпинча $+1000^{\circ}\text{C}$ гача температуралар учун пўлатнинг турли маркаларидан тайёрланади. Бундан ҳам юқорироқ температураларда қийин



эрийдиган бирикмалардан (ГОСТ 13403-77) тайёрланган махсус ғилофлар ишлатилади. Термоэлектр термометрларнинг ҳимоя арматурасининг кўпгина лойиҳаси ҳозирги вақтда бир шаклга келтирилган. Улар асосан турли босимга мўлжалланган ҳимоя ғилофлари лойиҳаси ва штуцерлар лойиҳаси билан фарқ қилади. Охириги вақтда кабелли турдаги термоэлектр термометрлар кенг тарқалмоқда. Улар босим 40 МПа бўлганда -50° дан $+1100^{\circ}\text{C}$ гача бўлган температуралар оралиғида қўлланилади. Кабелли турдаги термометрларнинг муҳим афзаллиги уларнинг АЭСларнинг энергетик реакторларида ишлашга имкон туғдирадиган радиацион чидамлилиги, шунингдек, иссиқлик зарбаларига тебранишга ва механик нагрузкаларга нисбатан оширилган чидамлилигидан иборат.

Сирт температураларини ўлчашга мўлжалланган термоэлектр термометрлар махсус конструкцияга эга. Бундай термопаралардан химия саноатида кенг фойдаланилади, улар турли аппарат, трубопровод, машиналарнинг айланувчи жўваси ва ҳоказоларнинг сирт температурасини ўлчашга хизмат қилади.

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

Термопараларнинг асосий камчилиги сифатида уларнинг инерционлигининг катталигини кўрсатиш мумкин (1,5 минутдан ҳам ошади).

УЗАТУВЧИ ТЕРМОЭЛЕКТРОД СИМЛАРИ

Термоэлектр термометрни ўлчов асбоби билан улайдиган симлар шундай материаллардан тайёрланадики, улар ўзаро жуфт бўлиб, ўзлари уланган термоэлектр термометрлар ҳосил қиладиган

ЭЮК ни (ўша температураларда) ҳосил қилади. Бундай талаб тахминан 100°C температура билан чегараланади, бундан юқори температурада термоэлектр термометр ва улайдиган симларнинг характеристикалари бириридан фарқ қилиши мумкин. Бундай бўлишига йўл қўйилади, чунки улайдиган симларнинг температураси, одатда, юқори бўлмайди. Кўрсатилган талаблар бажарилганда термокомпенсацион симлар термоэлектр термометри (термопарани) улайдиган симлар узунлиги қадар узайтиради, термопаранинг эркин учлари эса ТЭЮК ни ўлчашга мўлжалланган асбобнинг клеммаларида бўлиб қолади. Юқорида кўрсатилган талабга риоя қилмаслик термопаранинг эркин учларини ўлчаш симлари билан улайдиган жойларда уланмаларнинг пайдо бўлиши натижасида „паразит“ ТЭЮК ҳосил бўлишига олиб келиши мумкин. Агар узайтирувчи симлар термометрники каби даражалаш характеристикасига эга бўлса, „паразит“ ТЭЮК ҳосил бўлишидан халос бўлилади.

Узайтирувчи термоэлектр симлар бир ва кўп симли қилиб, изоляцияда ва ташқи қоплама ёки қобиклик қилиб ишлаб чиқарилади, бу монтаж қилиш ва ётқизишда қулай. Изоляциялаш учун поливинилхлорид, полиэтилентерефталат ва фторопласт плёнкалардан фойдаланилади. Изоляциядан ташқари симлар кўпинча поливинилхлорид қобик ёки лавсан ип ёхуд шиша ип билан чирмаб ўралади.

Агар ташқи электр магнит майдондан ва механик таъсирдан сақланиш талаб этилса, унда мис, пўлат симли (ГОСТ 24335-80) қоплама ёки экранлар қўлланилади.

Ҳар бир сим материали изоляциянинг ўз рангига ёки симларнинг ўрамасида ва қопламаси рангидаги симларга эга бўлади. 6.2-жадвалда термопаралар, тавсия этиладиган узайтирувчи термоэлектрод симлар, уларнинг белгилари ва ранглари келтирилган.

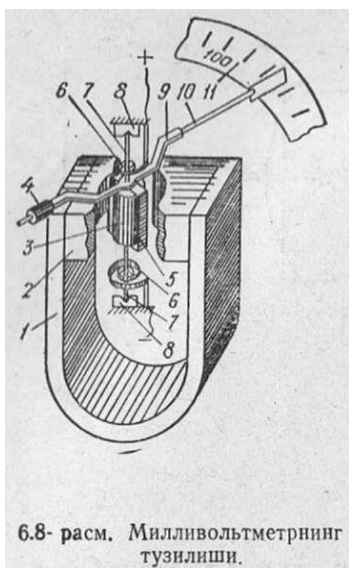
6.2- жадвал

Тавсия этиладиган узайтирувчи термоэлектрод симлари

Термопара	Узайтирувчи термоэлектрод симлари		
	белгилар	Жуфт — симлар	ранги
Мис- копелли	МК	Мис-копель	Қизил (пушти)-сарик (тўқ сарик)
Мис-мисникелли	М	Мис-константан	Қизил (пушти)-жигарранг
Хромел-копелли	ХК	Хромель-копель	бинафша (кора)- сарик (тўқ сарик)
Никельхром-никель алюминийли	М МТ-НМ	мис-константан, мис-титан — никель мис	Қизил (пушти)-жигарранг Қизил-яшил қизил-кўк
Платинородий-платинали	П	мис қотишма ТП	Қизил (пушти)-яшил
Вольфрамрений-вольфрамренийли	М-МН	мис-қотишма МН, 2,4	Қизил (пушти) — кўк(зангори)

Милливольтметрлар

Ҳозир термоэлектр термометрлар (термопаралар) даги ТЭЮК ни ўлчаш учун магнитоэлектр милливольтметрлар, потенциометрлар ва ўзгартгичлар кенг қўлланилмоқда.



Милливольтметр — магнитоэлектр ўлчаш асбоби бўлиб, уларнинг ишлаш принципи унинг қўзғалувчан рамкасида ўтаётган токнинг ўзгармас магнит майдони билан ўзаро таъсирга асосланган. Милливольтметрнинг тузилиши 6.8- расмда кўрсатилган. Доимий магнит 1 нинг қутб учлари 2 ва таянч товонослари 8 да айланадиган ўқларда жойланган ўзак 3 орасидаги ҳаво оралиғида рамка 5 бор. Рамканинг учлари ўқлар 7 га уланган Рамкага кронштейн 9, стрелка 10 уланган. Стрелканинг учи шкала 11 бўйлаб силжийди. Рамка термопара занжирига уланганда спираль-пружина 6 орқали келадиган ток рамкадан ўтади. Рамканинг чулғами орқали ток ўтганда ҳосил бўлган магнит майдони билан доимий магнит майдон ўртасидаги ўзаро таъсир натижасида айлантирувчи момент ҳосил бўлади, шу сабабли рамка стрелка 10 билан бирга айланади. Спираль 6 бу айланишга тескари таъсир қилади. Рамкада қарор топган ҳар бир токнинг қийматига, яъни термопара ТЭЮКига стрелканинг муайян бир вазияти тўғри келади. Ток ўтмаган пайтда эластик пружиналар 6 рамкани бошланғич вазиятга қайтаради, стрелканинг шкала 11 бўйича кўрсатиши эса нолга тенг бўлади. Кронштейн 9 стрелкани мувозанат ҳолатида сақлаш учун посанги 4 билан таъминланган. Асбоб шкаласи °С да даражаланган. Рамкадан ўтаётган ток билан доимий магнит майдон орасидаги ўзаро таъсир туфайли пайдо бўлган айлантирувчи момент куйидаги ифода орқали аниқланади.

$$M_{\text{айл}} = C_1 \cdot B \cdot J, \quad (6.13)$$

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

Айланишга тескари таъсир этувчи момент

$$M_{\text{тес}} = C_2 \cdot E \cdot \varphi, \quad (6.14)$$

бу ерда C_2 —эластик элемент (спираль-пружина ёки чўзилган толалар) ҳажмидан аниқланадиган доимий коэффициент; E —спираль пружиналарнинг эластиклик модули ёки чўзилган толаларнинг силжиш модули; φ — эластик элементнинг бурилиш бурчаги. Агар $M_{\text{айл}}=M_{\text{тес}}$ яъни мувозанат ҳолати бўлса,

$$C_2 \cdot E \cdot \varphi = C_1 \cdot B \cdot J. \quad (6.15)$$

У ҳолда

$$\varphi = \frac{C_1}{C_2} \cdot \frac{B}{E} \cdot J = C \cdot \frac{B}{E} \cdot J. \quad (6.16)$$

Асбоб конструкциялари параметрларига боғлиқ бўлган C , B , E катталиклар ўлчаш жараёнида ўзгармайди, шунинг учун

$$\varphi = K \cdot J, \quad (6.17)$$

Бу ерда

$$K = C \cdot \frac{B}{E}.$$

(6.17) ифодадан пирометрин милливольтметр шкаласи чизиқли эканлигини кўриш мумкин.

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

$$\varphi = KJ = K \cdot \frac{E_T}{R_T + R_C + R_M} \quad (6.18)$$

бу ерда E_T — ТЭЮК; R_T — термопара қаршилиги; R_C — улайдиган симлар қаршилиги; R_M — милливольтметрнинг ички қаршилиги.

(6.18) ифодадан асбоб стрелкасининг четга чиқиши ТЭЮК нинг ўзгармас қийматида занжирнинг турли қаршиликларига боғлиқ эканлиги кўриниб турибди. Шунинг учун асбобнинг даражаланиши занжир ташқи қисмининг муайян қаршилигида ($P_{\text{аш}} = P_T + P_C$)бажарилади ва қўшимча хатоларга йўл қўймаслик учун пирометрик милливольтметрни монтаж қилиш процессида шу қаршилик аниқ сақланиши шарт. Одатда, ташқи қаршиликнинг даражали миқдори 0,6; 1,6; 5; 15; 25 Омга тенг бўлиб, асбобнинг шкаласи ва паспортида

кўрсатилади. Ташқи қаршиликни милливольтметр шкаласида кўрсатилган қаршиликка тенглаштириш учун ўзгарувчи қаршиликдан фойдаланилади. Ўлчаш асбоби, сифатида ишлатиладиган милливольтметрли термоэлектрлар комплектининг камчилиги ўлчаш асбобида ток мавжудлигидир. Ток миқдорига, яъни милливольтметрнинг кўрсатишига ТЭЮКдан ташқари занжирнинг қаршилиги ҳам таъсир қилади:

$$\sum R = R_T + R_C + R_M.$$

Ҳар бир қаршиликнинг ўзгариши ўлчашда содир бўладиган хатога олиб келади. Ноқулай шароитда бу хато асосий хато миқдоридан (аниқлик классидан) ошиб кетиши мумкин.

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

Саноатда ва лабораторияларда қўлланиладиган милливольтметрлар кўрсатувчи, ўзи ёзувчи ва бошқариладиган бўлиши мумкин. Конструкциясининг бажарилиши нуқтаи назаридан асбоблар шчитда ўрнатиладиган ва кўчма бўлади. Кўчма асбоблар учун 0,2; 0,5 ва 1,0 (ГОСТ 9736 — 80), шчитда ўрнатиладиган 0,5; 1,0 ва 1,5 аниқлик класслари белгиланган.

Милливольтметр шкаласида у билан бир комплектда ишлайдиган термопара ёки тўла нурланиш пирометрнинг даражаланиши кўрсатилади.

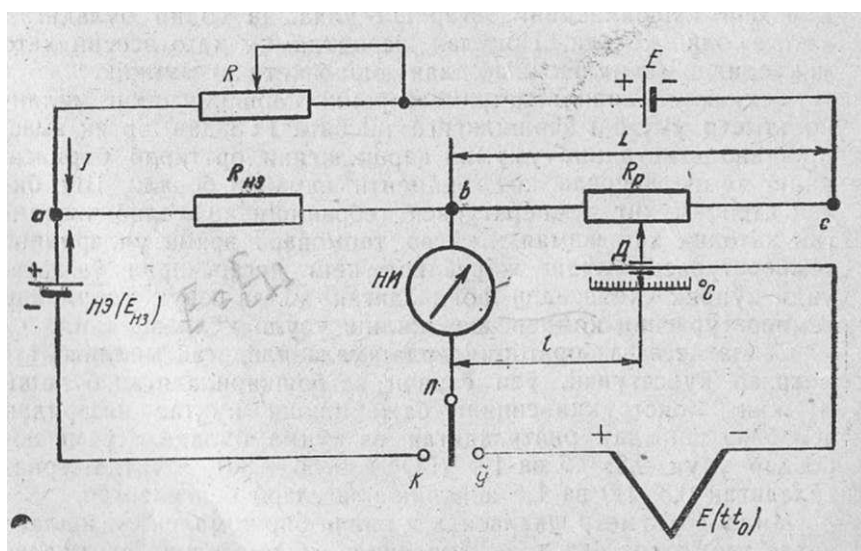
Потенциометрлар

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

Потенциометрик ўлчаш усули милливольтметр ёрдамида олиб бориладиган ўлчашдан анча афзалдир: потенциометрнинг кўрсатиши ташқи

занжир қаршиликларининг ўзгаришига, асбоб температурасига боғлиқ эмас. Потенциометрда термопара эркин учлари температурасининг ўзгаришига автоматик равишда тузатиш киритилади, шунинг учун ўлчаш аниқлиги юқори бўлади. Потенциометрик ўлчаш усули ўлчанаётган термопара ТЭЮК ни потенциаллар айирмаси билан мувозанатлаштиришга асосланган. Бу потенциаллар айирмаси калибрланган қаршилиқда ёрдамчи ток манбаларидан ҳосил бўлади. Потенциаллар айирмаси термопара ТЭЮК нинг тескари ишорали қийматига тенг.

Температура ёки ТЭЮК ни ўлчаш учун қўлланиладиган, қўл билан мувозанатлаштириладиган потенциометрнинг принципиал схемаси 6.9- расмда кўрсатилган. Ток ёрдамчи E манбадан занжирга ўтади. Бу занжирнинг b ва c нукталари ўртасида R_p ўзгарувчан қаршилиқ — реохорд уланган. Реохорд L узунликдаги калибрланган симдан иборат. b нукта ва ораликдаги реохорднинг сирпанувчи контактли сирпанғичи жойлашган ҳар қандай D нукта ўртасидаги потенциаллар айирмаси $R_{вд}$ қаршилиқка тўғри пропорционал бўлади. Кетма-кет уланган



6.9- расм. Қўл билан мувозанатлаштириладиган потенциометр схемаси.

термопара билан переключатель II орқали сезгир милливольтметра ноль индикатор HI уланади, термопара занжирида ток борлиги шу индикатор орқали аниқланади. Термопара унинг токи $R_{вд}$ тармоқда ёрдамчи манба токи билан бир йўналишда юрадиган қилиб уланади. ТЭЮК ни ўлчаш учун реохорд сирпанғичи ноль индикатор стрелкасини нолни кўрсатгунча суради. Айни пайгда $R_{вд}$

қаршиликдаги кучланишнинг камайиши ўлчанаётган ТЭЮК га тенг бўлади.

Қуйидаги тенглама бу ҳолатни характерлайди:

$$E(t, t_0) - J \cdot R_{\text{вд}} = 0. \quad (6.19)$$

ёки

$$E(t, t_0) = J \cdot R_{\text{вд}}, \quad (6.20)$$

бу ерда $J R_{\text{вд}}$ — Э манба кучланишининг тармоқдаги тушуви.

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

$$\frac{U_{\text{вд}}}{R_{\text{вд}}} = \frac{F}{R_{\text{вс}}} \quad (6.21)$$

бундан

$$U_{\text{вд}} = E \cdot \frac{R_{\text{вд}}}{R_{\text{вд}}} \quad (6.22)$$

Компенсация пайтида $U_{\text{вд}} = E(m, m_0)$ назарда тутилса,

$$E(t, t_0) = U_{\text{вд}} = E \cdot \frac{R_{\text{вд}}}{R_{\text{вс}}}. \quad (6.23)$$

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

$$E(t, t_0) = E \cdot \frac{l}{L}. \quad (6.24)$$

Шундай қилиб, $E(t, t_0)$ термопаранинг ТЭЮК реохорд қаршилиги $R_{\text{вс}}$ тармоғидаги кучланиш тушуви миқдори билан аниқланиб, қолган қаршиликларга боғлиқ эмас. $R_{\text{вс}}$ реохорд шкала билан таъминланиши ва шкала бўлинмалари милливольт ёки температура градусларига тенг бўлиши мумкин. ТЭЮК ни ўлчаш аниқлиги реохорд занжиридати J ток кучининг ўзгармаслигига боғлиқ. Ток компенсацион усул билан берилади ва назорат қилинади. Бунинг учун потенциометр схемасига нормал элементли қўшимча контур киритилади. Одатда, нормал элемент (НЭ) вазифасини симоб-кадмийли гальваник Вестон элемента бажаради. Бу элементнинг электр юритувчи кучи 20°C да $1,0183$ га тенг. НЭ переключатель Π орқали қаршилик $R_{\text{НЭ}}$ учларига уланади ва унинг ЭЮКи ёрдамчи ток манбаи E нинг ЭЮКи томон йўналган бўлади. Қаршилик R

ёрдамида компенсацион занжирдаги ток кучини ростлаш билан НИ нинг стрелкаси нолни кўрсатишига эришилади.

Бундай ҳолда компенсацион занжирдаги ток кучи қуйидагича ифодаланади:

$$J = \frac{E_{нэ}}{R_{нэ}}. \quad (6.25)$$

Термопаранинг ТЭЮК ини ўлчашда П переключатель К вазиятдаи Ў вазиятга ўтказилади. Реохорд P_n нинг D сирпанғичини силжитиб Б ва С нуқталар орасидаги потенциаллар айирмасини термопара ТЭЮК га тенглаштирилади. Шу пайтда термопара занжиридаги ток кучи 0 га тенг, шунинг учун

$$E(t, t_0) = J \cdot R_{вл} = \frac{E_{нэ}}{R_{нэ}} \cdot R_{вл}. \quad (6.26)$$

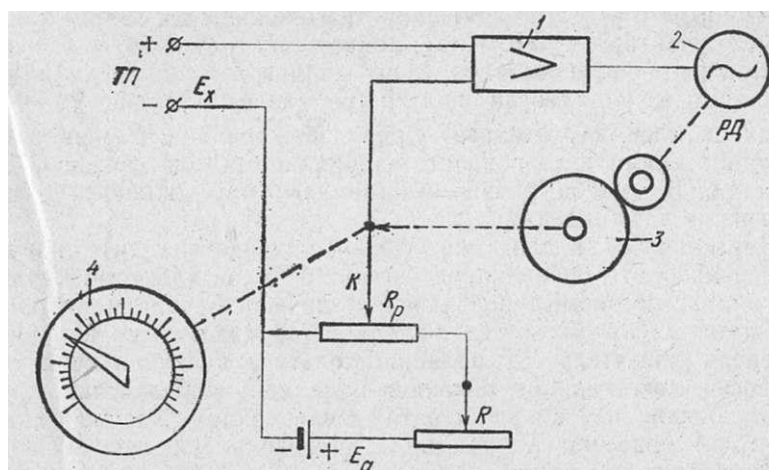
$E_{нэ}$ ва $R_{нэ}$ ларнинг миқдори ўзгармас бўлгани учун ТЭЮК ни аниқлаш қаршилик тармоғининг узунлигини аниқлаш билан баравардир.

ЭЮК ни компенсацион усул бўйича ўзгарувчан ток шароитида ҳам ўлчаш мумкин. Аммо бу ҳолда ўлчаш аниқлиги бирмунча пастроқ, ўзгарувчан токда ишлайдиган асбоблар эса бирмунча мураккаброқдир. Кўчма потенциометрлар цех ва лаборатория шароитларида текширув ва даражалаш ишларида ЭЮК ни компенсацион усул бўйича ўлчаш учун қўлланилади; намуна потенциометрлар аниқ ўлчашларни бажаришда ишлатилади. Бу асбобларнинг ўлчаш схемалари юқорида кўрилган схемага ўхшаш, фақат фарқи шундаки, ўлчов реохорди намуна қаршиликлардан ташкил топган секциялар шаклида тайёрланади. Юқорида кўрилган потенциометрларда ўлчаш занжирининг нобаланс токи ноль индикатор стрелкасини ҳаракатга келтиради, автоматик потенциометрларда эса бу асбоб йўқ. Унинг ўрнига ноль индикатор ишлатилади.

Кўчма потенциометрлардан фарқли ўлароқ автоматик потенциометрлардаги реохорднинг сирпанғичи қўл билан эмас, махсус қурилма орқали автоматик равишда силжийди. 6.10-расмда электрон автоматик потенциометрнинг тузилиш схемаси кўрсатилган.

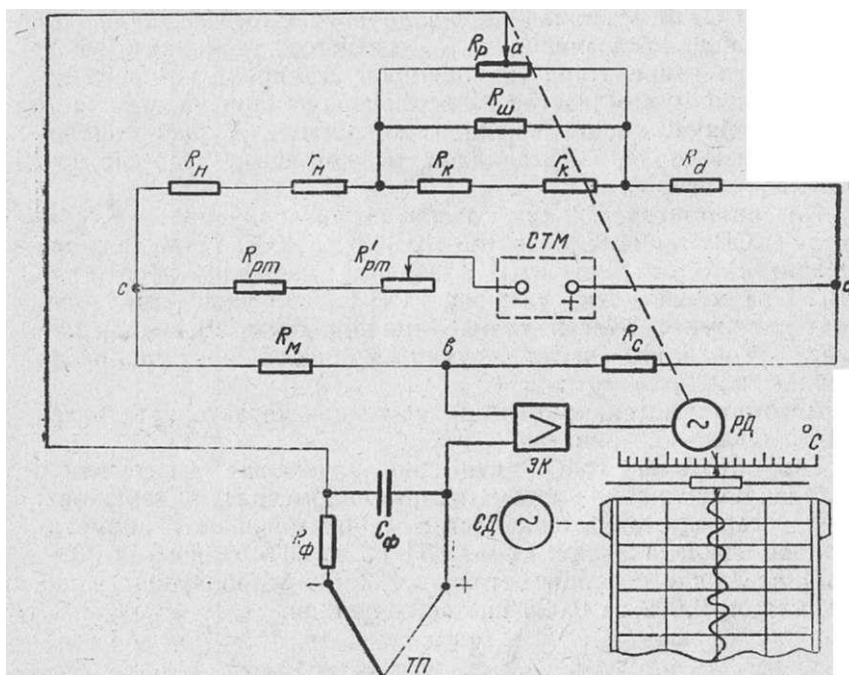
III термопарада ТЭЮК E_x ни ўлчаш уни калибрланган P_n реохорд кучланишининг камайиши билан таққослаш орқали бажарилади. Потенциометрнинг компенсацион схемаси сирпанғич K ли реохорд ўзгармас.

кучланиш E_x ни ўзгарувчан кучланишга айлантириб берувчи ўзгартгичли электрон кучайтиргич 1, реверсив электр двигатель 2 ва ток манбаи E_a дан иборат. Электр двигатель 2 редуктор 3 орқали сирпанғич K ва стрелка 4 билан боғланган. Компенсацион схеманинг иши сирпанғичи реохорд бўйлаб кучланиш тушуви томон автоматик силжийди. Бу силжиш реверсив электр двигатель $РД$ ёрдамида бажарилади ва номувозанат кучланиш нолга тенг бўлгунча давом этади. Шундай қилиб, сирпанғич K ва унга бириктирилган стрелканинг вазияти ТЭЮК нинг қийматини, демак, ўлчаниётган температуранинг миқдорини кўрсатади. Қаршилик R компенсацион занжирдаги иш токини ростлаш учун хизмат қилади.



6.10- расм. Электрон автоматик потенциометрнинг тузилиш схемаси.

6.11-расмда замонавий электрон автоматик потенциометр (КСП-4) ўлчаш қисмининг принципиал схемаси келтирилган.



6.11-расм. Электрон автоматик потенциометр ўлчаш қисминиинг принципиал схемаси

Потенциометр ўлчаш кўпригининг диагоналларида бирига электрон кучайтиргич ЭК ва термопара ТП кетма-кет уланган. Термопарани улаш электромагнит майдон таъсирини камайтириш учун мўлжалланган фильтр (расмда фильтрнинг $P_{\phi} - C_{\phi}$ содда схемаси кўрсатилган) орқали бажарилади. Ўлчаш кўпригининг иккинчи диагоналига стабиллашган ток манбаи СТМ уланади. Бу манба ўлчаш занжиридаги иш токининг ўзгармаслигини таъминлайди.

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

Булардан ташқари потенциометр ўлчаш схемасига қурилманинг умуман нормал ишини таъминловчи бир қатор элементлар киради. $P_{ш}$ қаршилиқлар $P_{к}$, $r_{к}$ реохорд қаршилиги $P_{п}$ ни ростлаш учун хизмат қилади: бунда асбобнинг даражаланиш ва ўлчаш диапазони, яъни ўлчаш чегаралари назарда тутилиши

лозим. Қаршилик P_n ва p_n лар ёрдамида шкала бошланиши ростланади. P_o балластли қаршилик $R_{рт}$, $R_{рт}$ ва P_c резисторлар СТМ таъминлаш манбаининг иш токини чеклаш ва ростлаш учун қўлланилади. P_m резистор термопара эркин учларидаги температура ўзгаришининг таъсирини компенсация қилиш учун мўлжалланган ва термопара учлари уланган жой, яъни асбобнинг кириш панелида жойлашган. P_m дан ташқари ҳамма резисторлар манганиндан, P_m резистор эса мис ёки никелдан тайёрланади.

Потенциометрлар 4 хил габаритда чиқарилади: тўла габаритли (КСП 4), кичик габаритли (КСП 3 ва КСП жуда кичик габаритли кўрсатувчи КПП1, айланма шкалали кўрсатувчи КВП 1 ва кўрсатувчи, ўзиюрар КСП 1. Асбобнинг ўртача ремонт қилишгача бўлган хизмат қилиши вақти 10 йилдан кам эмас. Асбоб ичига сигнал берувчи ва бошқарувчи қурилмалар жойлаштирилиши мумкин.

Автоматик потенциометрларнинг техник характеристикалари 6.3- жадвалда келтирилган.

Термопаранинг ТЭЮК ини аниқ ўлчаш ва магнитоэлектр милливольтметр ҳамда автоматик потенциометрларни текшириш учун ўзгармас токда ишлайдиган лаборатория потенциометрларидан фойдаланилади: кўчма ПП-63 ва ПП-70; намуна Р330, Р 371 ва бошқа потенциометрлар. Намуна асбобларнинг аннқлик синфи 0,002 ва 0,005 ни ташкил этади.

Автоматик потенциометрларнинг техник характеристикаси

Потенциометрлар тури (ўлчаш нуқталари сони)	Шкала характеристикаси Босган йўли вақти, с узунлик, мм	Қувватга чиқиш ВА	Асбобнинг габарит ўлчамлари, мм	Диаграмманинг сиёқлиги тезлиги, мм/соат	Хатолик% ўлчаш ёзувлар	Масса, кг
КСП-4 (1, 3, 6 ва 12)	1, 2, 5 ва 10 250	40	400 × 400 × 367	20; 60; 180; 240; 600; 720; 1800; 2400; 5400; 7200;	$\frac{0,5}{1,0}$	22
КСП-3 (бир нуқтали)	5 ва 16 600	60	320 × 320 × 380	24 соатда бир айланиш	$\frac{0,5}{1,0}$	15
КСП-2 (1, 3, 6 ва 12)	2,5 ва 10 160	30	240 × 320 × 450	20; 40; 60; 120; 240; 600; 1200; 2400;	$\frac{0,5}{1,0}$	17
КСП-1 (бир нуқтали)	2,5 ва 5,0 100	15	160 × 200 × 500	10; 20; 40; 60 ёки 120	$\frac{1,0}{1,0}$	12
КПП-1 (бир нуқтали, кўрсатувчи)	2,5 ва 5,0 300	12	160 × 200 × 500	—	$\frac{0,5}{—}$	12
КЪП-1 кўрсатувчи (1, 6 ва 12)	2,5 ва 10 500	20	240 × 160 × 535	—	$\frac{0,5}{1,0}$	15

Фойдаланиладиган адабиётлар рўйхати

1. Юсупбеков Н.Р. ва бошқалар. Технологик жараёнларни назорат қилиш ва автоматлаштириш. –Тошкент: Ўқитувчи. 2011.
2. Фарзани Н.Г. и др. Технологические измерения и приборы. –М.: Высшая школа. 1989.
3. Юсупбеков Н.Р. ва бошқалар. Технологик жараёнларни бошқариш системалари. –Тошкент: Ўқитувчи. 1997.
4. Юсупбеков Н.Р., Мухитдинов Д.П., Авазов Ю.Ш. Автоматика ва назорат ўлчов асбобларининг тузилиши ва вазифаси. Касб-ҳунар коллежлари учун дарслик. –Т.: Иқтисод-молия, 2010.
6. Зайцев С.А., Грибанов Д.Д., Толстов А.Х., Меркулов Р.В. Контрольно измерительные приборы и инструменты. -М.: Академия, 2002. -464с.
7. Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков Б.С. Теплотехнические измерения и приборы. -М.:МЭИ, 2005.-460с.
- 8.П.Кузнецов Н.Д., Чистяков Б.С. Сборник задач и вопросов по «Теплотехнические измерения и приборы». -М.: МЭИ, 2005.

12. Бельдеева ЖИ.Х. Технологические измерения на предприятиях химической промышленности. Часть 1. -Алтай: АлтГТУ, 2002. -70с.
13. Бельдеева Л.Н. Технологические измерения на предприятиях химической промышленности. Часть 2. -Алтай: АлтГТУ, 2002. -100с.

4 мавзу: Босимни ўлчаш

Режа:

- 1.Босимни ўлчаш усуллари ва бирликлари
- 2.Суёқликли манометрлар
- 3.Техник суёқлик манометрлари
4. Деформацион (пружинали) манометрлар
- 5.Қаршиликли, сигимли ва пьезоэлектрик манометрлар.

Суёқлик, газ, ёки буғнинг босими деб юза бирлигига бир текисда таъсир этаётган кучга айтилади. Юза бирлигига таъсир этаётган куч бирлиги босим бирлиги ҳисобланади.

Босим кимё-технология жараёнларининг асосий кўрсаткичларидан бири ҳисобланади.

Шундай мисолни кўрайлик: Буғлатгич чиқишида эритма концентрациясини 30% миқдорда ушлаб турилса жараён оптимал кетиши таъминланади. Босимнинг маълум қийматида аппарат чиқишидаги температура 85⁰С бўлса, босим ўзгариши билан эритманинг қайнаш температураси ўзгаради ва бу чиқишдаги эритма концентрациясини ўзгаришига олиб келади. Жараён оптимал режимдан четлашади. Яъни жараённи оптимал режимда олиб бориш учун фақат температурани 85⁰С да ушлаб туриш етарли эмас, балки босимни ҳам белгиланган қийматда ушлаш керак экан. Бундай мисолларни кимёвий технологияда кўплаб келтириш мумкин.

1.Босимни ўлчаш усуллари ва бирликлари

Босимни ўлчашда барометрик, абсолют ва ортиқча босимлар мавжуд. Ер атмосферасидаги хаво усутуни массаси ҳосил қилаётган босим барометрик босим ҳисобланиб, у босим ўлчанаётган жой баландлигига ва метрологик шароитларга боғлиқ. Мухит босимининг барометрик босимдан ортиғи, ортиқча

босим дейилади. Мухитнинг абсолют босими барометирик босимдан катта ҳам, кичик ҳам бўлиши мумкин.

$$P_{\text{изб}} = P_{\text{абс}} - P_{\text{бар}}; \quad P_{\text{раз}} = P_{\text{атм}} - P_{\text{абс}}$$

Халқаро СИ бирликлар тизимида босим бирлиги сифатида 1 м²юзага бир текис таъсир қилаётган 1 Ньютон куч ҳосил қилаётган босим қабул қилинган, яъни, 1н/м².

Бу босим бирлиги (н/м²)жуда кичик бўлиб, бошқа ўлчам бирликлари билан солиштирилганда:

0,1МПа=1кгс/см²=10⁴кгс/м²=10332мм.вод.ст=760мм.рт.ст.=9,8*10⁴н/м²=0,98066
5бар=14,5 англ.фунт/дюйм²(яъни, 6,451582 квадрат дюйм юзага таъсир
этаётган 1 фунт=0,453592кгс куч).

Босимни ўлчаш асбоблари қуйидагича таснифланади:

II. Ишлаш принципи бўйича:

1. суюқликли;
2. деформацион (пружинали);
3. юк поршенли;
4. электр.

III. Ўлчанаётган босим қийматига қараб:

1. Манометрлар;
2. Вакуумметрлар;
3. Моновакуумметрлар;
4. Напорамерлар;
5. Тягомерлар;
6. Тягонапорамерлар;
7. Барометрлар;
8. Дифференциал манометрлар.

2.Сууюқликли манометрлар

Ушбу ўлчов асбобларининг ишлаши ўлчанаётган босимни маълум бир баландликдаги сууюқлик устуни босими билан мувозанатланишига асосланган. Сууюқликли шиша манометрлар асосан лаборатория шароитларида ўлчашга қўлланилади. Саноатда камдан кам қўлланилади. У-симон, идишчали, эгилган трубкали идишчали, колоколли ва ҳалқали турлари мавжуд.

Икки труба У-симон шиша манометри

Бу ўлчов асбобларида ўлчанаётган босим сууюқлик устуни босими билан мувозанатланиб, сууюқлик устуни баландлиги бўйича аниқланади (рисм.4.1).

$$P = (\rho - \rho_c)gh = \rho gh - \rho_c gh$$

Бу ерда, $g = 9,80665 \text{ м/сек}^2$, ўртача эркин тушиш тезлиниши;

ρ и ρ_c – У-симон шиша манометридаги сууюқлик зичлиги ва бу сууюқлик тепасидаги мухит зичлиги;

h – мувозанатловчи сууюқлик устуни баландлиги.

Агар, $\rho \gg \rho_c$ лигини ҳисобга олсак, унда ёзиш мумкин,

$$P = \rho gh \quad \text{ёки} \quad P = kh$$

$$P_1 = P_0 + \rho gh; \quad P_2 = P_0 + P_{\text{изб}},$$

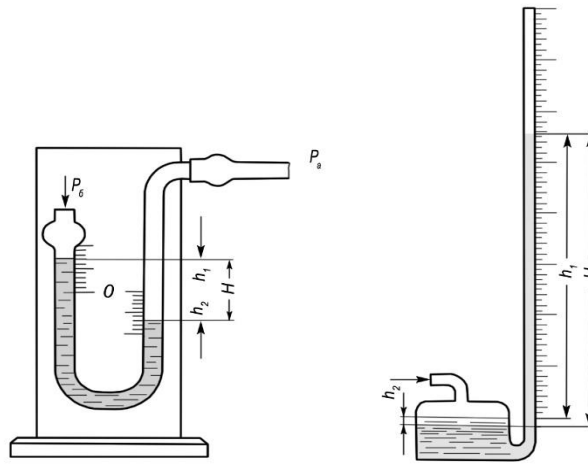
Мувозанат ҳолатида $P_1 = P_2$ лигини ҳисобга олинса, унда

$$P_0 + \rho gh = P_0 + P_{\text{изб}}$$

$$P_{\text{изб}} = \rho gh = \rho g(x_1 + x_2)$$

Бу манометрларнинг камчилиги икки ўлчамлилиги ҳисобланади.

Ўлчаш чегараси 0,2 МПа. Ўлчаш хатолиги 2 мм сууюқлик устуни бўлиши мумкин. Ишчи сууюқлик сифатида симоб, дистирланган сув ва спирт ишлатилиши мумкин.



Расм.4.1.

Бир трубали чашкали манометр

Бу ўлчов асбобларида ўлчаш тор ўлчаш трубкasiдаги сатхга қараб ўлчанади (бир ўлчамла ўлчаш). Бир трубали чашкали манометр пастки қисмига шиша труба уланган кенг металл идиш кўринишида бўлиб, шиша трубка ёнига миллиметрли шкала ўрнатилган бўлади. Ўлчаш трубкasiнинг иккинчи учи атмосфера билан уланган, металл идиш чиқиш трубаси эса объект билан уланади. Ўлчанаётган мухит босими таъсирида ($P = P_a - P_0$), шиша ўлчаш трубкasiдаги ишчи суюқлик сатхи x_1 баландликга кўтарилади, иккинчи идишда эса, x_2 баландликга тушади. Суюқлик устунининг умумий баландлиги ($x = x_1 + x_2$) ҳосил қилаётган босим, ўлчанаётган босимни мувозанатлайди.

Идишдан ўлчаш трубкasiга сиқиб чиқарилган суюқлик хажми қуйидагига тенг:

$$x_1 \phi = x_2 \Phi$$

бу ерда, ϕ ва Φ – трубка ва идиш кесим юзаси.

Қуйидагиларни ечамиз,

$$x = x_1 + x_2 = x_1 + \frac{f}{F} x_1 = x_1 \left(1 + \frac{f}{F}\right); \text{ ёки,}$$

$$x = x_1 \left(1 + \frac{d^2}{D^2}\right) = x_1 + x_1 \frac{d^2}{D^2}$$

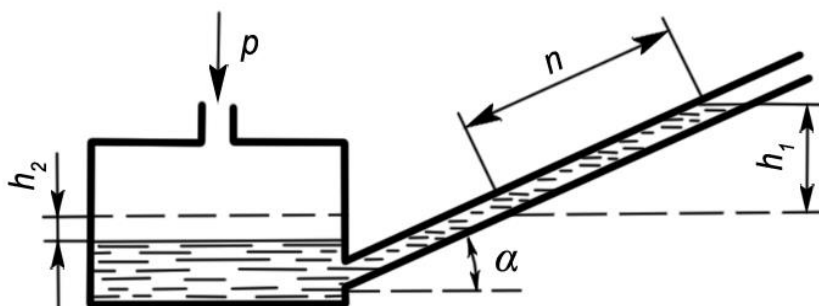
кўриниб турибдики, суюқлик устунининг умумий баландлиги ўлчов асбоби ёрдамида ўлчанган катталикдан $x_1 \frac{d^2}{D^2}$ қийматга катта бўлади. Одатда, $\frac{d^2}{D^2}$ нисбат 0,01 дан кичик бўлганлиги сабабли, ўлчанаётган босимни ўлчаш

трубкасидаги суюқлик сатхи бўйича ўлчаниши ($x \approx x_1$ ёки, $P = \rho g x_1$), амалда сезиларли қўшимча хатоликларга сабаб бўлмайди.

Эгилган (нишаб) трубкали микроманометр

Эгилган трубкали микроманометрларда ҳам, босимни суюқлик устунни баландлиги ($x_1 = n \sin \alpha$) бўйича ўлчанади, яъни

$$P = \rho g n \sin \alpha$$



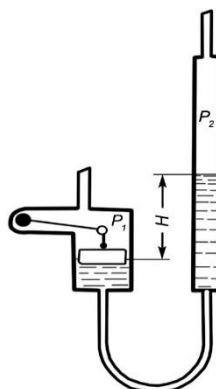
Расм.4.2.

3. Техник суюқлик манометрлари

Техник суюқлик манометрларига қалқовучли, қўнғироқли (колокольные) ва халқасимон манометрлар киради.

Қалқовучли суюқлик манометрлари

Бу манометрлар асосан дифманометр сифатида ишлатилади. Бу ўлчов асбобларининг бир тирсаги кенгроқ бўлиб, унга ўлчов асбоби стрелкаси билан уланган қалқовуч ўрнатилган. P_1 босим P_2 дан катта бўлганда, чап идишдаги суюқлик сатхи x_1 баландликга камаяди. Ўлчанаётган босимлар фарқи ($P_1 - P_2$), $H = x_1 + x_2$ баландликдаги суюқлик устунни ҳосил қилаётган босим билан мувозанатланади.



Расм.4.3.

Мувозанат шарти қуйидагича: $\Pi_1 - \Pi_2 = (\rho - \rho_1)gX$

Маълумки, сиқиб чиқарилган суюқлик хажми.

$$x_2 \frac{\pi D^2}{4} = x_1 \frac{\pi d^2}{4}$$

$$x_1 = x_2 \frac{D^2}{d^2}; \text{ унда } X = x_2 \left(1 + \frac{D^2}{d^2}\right)$$

Н қийматини қўйиб, топамиз,

$$\Pi_1 - \Pi_2 = x_2 \gamma \left(1 + \frac{D^2}{d^2}\right) (\rho - \rho_1)$$

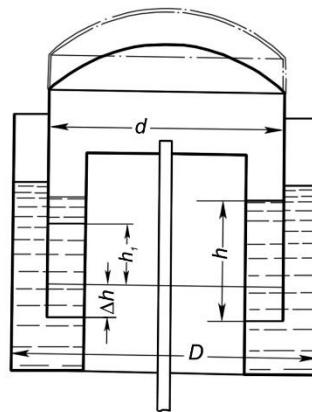
ёки, охирги тенгламадаги ўзгармас катталикларни белгилаб ёзиш мумкин

$$\Pi_1 - \Pi_2 = k_1 * k_2 * x_2$$

Яъни, босимлар фарқини қалқовучнинг силжиши бўйича ифодалаш мумкин.

Қўнғироқли (колокольные) манометрлар

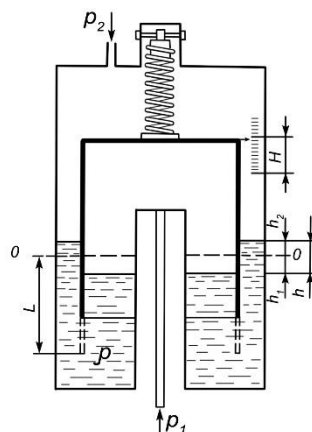
Қўнғироқли манометрлар кичик босим ва кичик вакуумни (тягомерлар ва напоромерлар) ўлчаш учун ва дифманометрлар сифатида қўлланилади.



Расм.4.4.

Ўлчов асбоби суюқлик солинган идишдан ва колоколдан ташкил топган бўлиб, унинг тагига трубка ёрдамида ўлчанаётган босим берилади ва ўлчанаётган босим ўзгариши билан колокол тепага ёки пастга силжийди. Икки хил колоколли манометрлар мавжуд бўлиб, биринчисиде, ўлчанаётган босим ҳосил қилаётган куч Архимед кучи билан мувозанатланса, иккинчисиде эса, юк ёки пружина билан мувозанатланади. Биринчисиде, босим ортиши билан колокол тепага кўтарилади ва бунда колокол чўкиш даражаси камайиб, Архимед

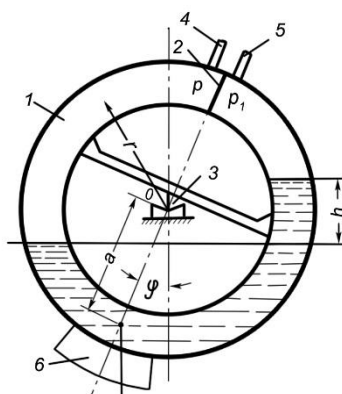
кўтариш кучи камаяди. Колокол силжиши бу кучлар мувозанатлашгунча давом этади. Иккинчисида, босим ҳосил қилаётган куч пружина бикирлиги билан мувозанатланади.



Расм.4.5.

Ҳалқасимон манометрлар

Кичик ортиқча босим, вакуум ва босимлар фарқини ўлчашга мўлжалланган.



Расм4.6.

Ўлчов асбоби геометрик марказда таянчга 3 (опорага) осиб қўйилган, тўсиқ 2 билан ажратилган ёпиқ ҳалқа 1 кўринишида бўлади. Тўсиқ 2 нинг икки томонидан босим берилиши учун патрубклар (4 ва 5) мавжуд. Ҳалқанинг пастки қисмига юк Г 6 осиб қўйилган. Ҳалқанинг ичи ярмигача ишчи суюқлик билан тўлдирилган. Ўлчанаётган босимлар фарқи ΔP ўзгариши билан, яъни, $P_1 > P_2$ бўлганда, ҳалқанинг чап томонидаги суюқлик сатхи пасаяди. Сатхлардаги фарқ бунда босимлар фарқига пропорционал бўлади, яъни,

$$P_1 - P_2 = \rho g x$$

Ҳалқадаги тўсиқга таъсир қилаётган босимлар фарқи $P_1 - P_2$, айлантириш моментини ҳосил қилади

$$M_{\pi} = (P_1 - P_2) C r$$

C - ҳалқадаги тўсиқ юзаси;

r – ҳалқанинг ўртача радиуси.

Бу айлантириш моменти таъсирида ҳалқа соат стрелкаси бўйича таянч атрофида айланади. Ҳалқанинг айланиши акс таъсир моментини ҳосил қилади.

$$M_{\Gamma} = \Gamma a \sin \varphi$$

Γ – юкнинг оғирлик кучи;

φ – ҳалқанинг буралиш бурчаги;

a – юк оғирлик маркази билан таянч орасидаги масофа.

Бу икки моментлар мувозанатланганда ҳалқа янги мувозанат ҳолатида

$$\text{тўхтайдди. } M_{\pi} = M_{\Gamma}$$

$$P_1 - P_2 = \frac{Ga}{Sr} \sin \varphi \quad \text{ёки, } P_1 - P_2 = k \sin \varphi$$

Яъни ўлчанаётган босимлар фарқи ҳалқанинг буралиш бурчаги синусига пропорционал бўлади.

Ўлчов асбоби шкаласи бир текис эмас. Айланиш бурчаги 60^0 дан ошмаслиги керак. Бу ўлчов асбоблари ёрдамида 250 мм. сим. уст. ва 250 мм. сув уст. Гача босимларни ўлчаш мумкин. Хатолиги, ўлчашнинг юқори чегерасидан 1,5

4. Деформацион (пружинали) манометрлар

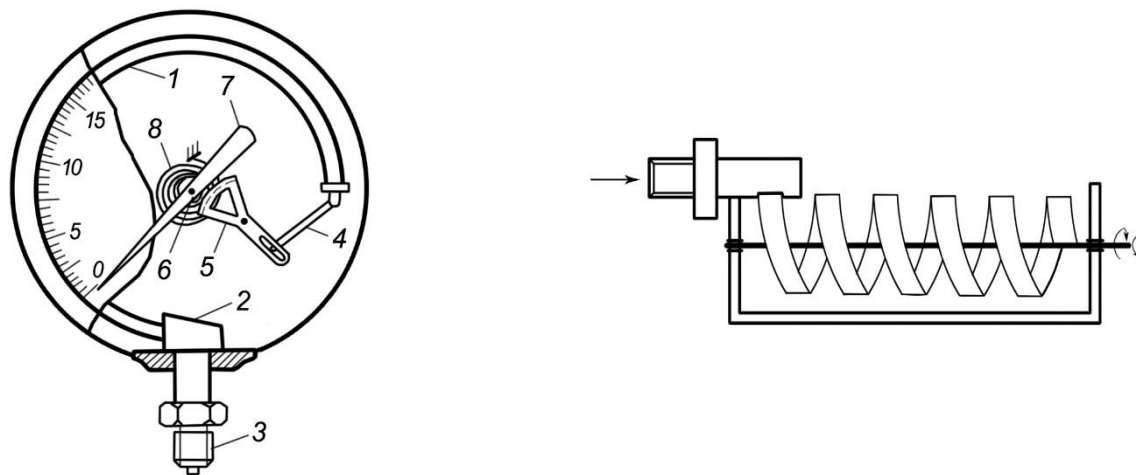
Пружинали манометрларнинг ишлаш принципи, ўлчанаётган босим таъсирида махсус пружиналарнинг бикир деформациясидан фойдаланишга асосланган. Яъни, ўлчанаётган босимни ҳар хил бикир элементларнинг деформацияланиш кучи билан мувозанатлашувига асосланган. Қўлланилаётган пружина турига қараб бу ўлчов асбоблари қуйидагича турланади:

1. Трубасимон пружинали асбоблар;
2. Мембранали асбоблар;
3. Сильфонли асбоблар.

Трубасимон пружинали асбоблар

Француз механиги Бурдон змеевикларни синашда, дефект змеевикларнинг ялпоқланган учлари босим ўзгариши билан силжиётганини тасодифан сезиб

қолади. Бу ҳолат унга думалоқ бўлмаган кесимга эга бўлган трубкалар ёрдамида босимни ўлчайдиган асбоб яратиш мумкинлиги фикрини берди. Бу асбоблар ҳозир Бурдон манометрлари деб номланадилар.



Расм.4.7.

Бу ўлчов асбоби (расм 4.7.), айлана ёйи бўйича эгилган, думалоқ бўлмаган, эллипсга ўхшаш кесим юзали 1-трубкадан ва 2-ушлагичдан иборатдир. Трубка ичидаги ўлчанаётган босимни ўзгариши, уни деформацияланиб, кесим юзаси думалоқ шаклни олишга интилади. Натижада пружина бикирлиги ортади, ва у трубканинг бу деформацияланишига акс таъсир қилади. Бунда, трубканинг эркин учи эгилади ва поводок 3, тишли сектор 4, шестеренка 5 орқали ўлчов асбоби стрелкасини ўлчанаётган босимга пропорционал бўлган маълум бурчакга силжитади.

Босим ўзгариши билан трубканинг эркин учининг силжишини трубканинг пастки ва тепа юзаларининг бир хил эмаслиги орқали тушунтириш мумкин. Ўлчанаётган босимнинг ортиши билан, трубканинг тепа юзасига таъсир этаётган куч (P_{C_B}) пастки юзага таъсир этаётган кучдан (P_{C_H}) катта бўлади, яъни $P_{C_B} > P_{C_H}$. Натижада трубканинг эркин учи, бу куч трубасимон пружина бикирлиги билан ўзаро мувозанатлангунча, силжий бошлайди.

Бу манометрларнинг ишлашини тушунтириш учун қуйидаги икки шартни қабул қиламиз:

- босим ортиши билан трубка кесим юзасининг кичик ўқи ёввё ўлчами ортади;

- деформацияланиш натижасида трубка узунлиги ўзгармайди, яъни, АВ ва А^бВ^б бошланғич узунлигини сақлаб қолади.

Қуйидагича белгиланишларни амалга оширамиз: трубка ўқидан трубканинг ички юзасигача масофани $OA = r$; трубка ўқидан трубканинг ташқи юзасигача масофани $OA^b = R$; манометрик қисм ушлагичидан трубка учигача ёйни $\angle AOB = \gamma$ бурчак деб, шу кўрсаткичларни деформациядан сўнгги қийматларини r^b ; R^b ; γ^b деб белгилаймиз.

Иккинчи шартга асосан: $R\gamma = R^b\gamma^b$ (деформациягача ва деформациядан сўнгги трубканинг ташқи ёйи узунликлари тенг) ва $r\gamma = r^b\gamma^b$ (деформациягача ва деформациядан сўнгги трубканинг ички ёйи узунликлари тенг) Уларни бир биридан айириб, қуйидагиларни оламиз,

$$(R-r)\gamma = (R^b-r^b)\gamma^b$$

Биринчи шартга асосан трубка кесим юзасининг кичик ўқи б^бв^б ўлчамининг деформациягача қиймати деформациядан сўнгги қийматидан кичиклигини ҳисобга олиб ($R-r < R^b-r^b$), қуйидагини ёзиш мумкин

$$v\gamma = v^b\gamma^b$$

агар, $v < v^b$ бўлса, унда, $\gamma > \gamma^b$ бўлади, яъни босим таъсирида трубка буралиш бурчаги камайиб, трубка тўғриланишга ҳаракат қилади.

Трубасимон пружинали манометрларнинг кўп ўрамли (6-ва 9 ўрамли) турлари ҳам мавжуд бўлиб, улар бир ўрамли манометрларга нисбатан сезгирлиги юқори бўлиб, паст босимларни ўлчашда ишлатилади (расм 9.).

Саноатда пружинали манометрларнинг қуйидаги модификациялари ишлаб чиқарилади:

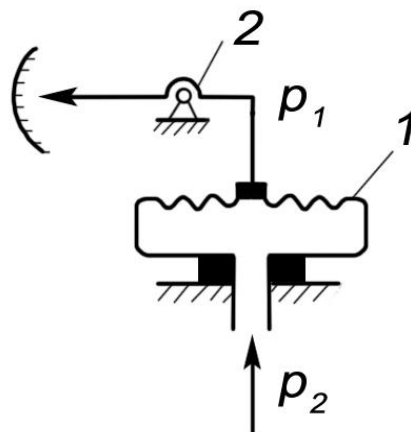
Ўлчаб, жойида назорат қилиш учун масалан: ОБМ: ОБВ: ОБМВ ва бошқалар.

Масофадан назорат қилиш учун масалан: МП-П ва МП-Э пневматик ва электр сигнал ўзгартиргичли пружинали манометрлар (0-0,1 МПа чегарадан 0-1000МПа чегарагача босимни ўлчаш учун ишлатилади), ҳамда ВП-П ва ВП-Э пневматик ва электр сигнал ўзгартиргичли пружинали вакуумметрлар ва бошқалар.

Мембранали манометрлар

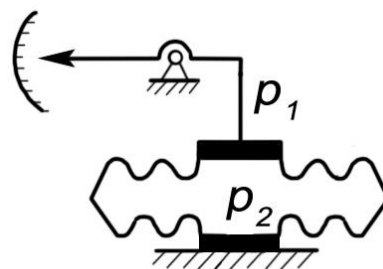
Мембранали манометрларнинг сезгир элементлари гофрали мембрана, мембранали коробка ҳамда мембрана блоклари кўринишида бажарилган бўлиши мумкин. Бу ўлчов асбоблари кичик ортиқча босимларни ва вакуумни ўлчашга мўлжалланган (манометрлар, напоромерлар ва тягомерлар). Бу ўлчов асбобларида босим ўзгаришига мос равишда сезгир мембрана деформацияланиб, эгилади. Сезгир гофрали мембранали манометр куйидаги кўринишга эга (расм 4.8.).

Ўлчанаётган босим P_2 ўзгариши билан мембрана деформацияланиб, эгила бошлайди. Мембрана деформацияланиши натижасида, унинг бикирлиги ортади. Деформацияланиш, босим мембрана юзасига текис тақсимланиб ҳосил қилаётган куч билан мембрана бикирлиги мувозанатлангунча давом этади. Мембрана эгилиши узатиш механизми ёрдамида ўлчов асбоби стрелкасига узатилади.



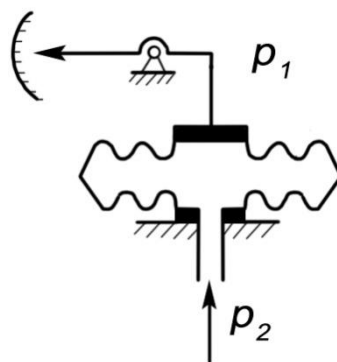
Расм.4.8.

Мембранали анероид манометри атмосфера босимини P_a (P_1) ўлчашга мўлжалланган. Анероид коробка ичидаги босим 0,01мм.с.м.уст. га тенг.



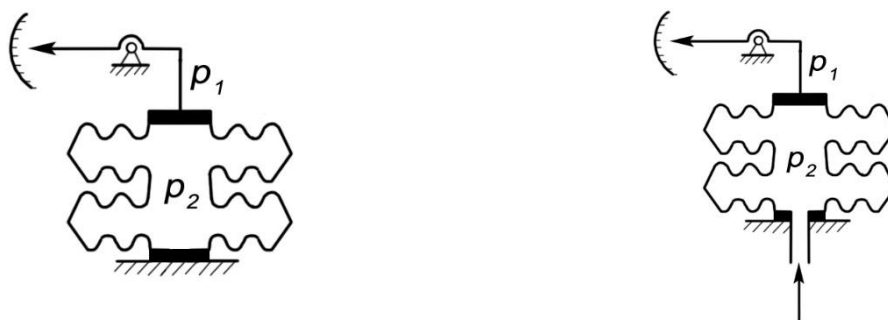
Расм.4.91.

Манометрик коробкали мембранали манометр кичик босимларни ўлчашга ишлатилади. Ўлчанаётган P_2 босим манометрик коробкага берилади.



Расм.4.10.

Блоклар кўринишидаги анероид ва манометрик коробкалар ҳам ишлаб чиқарилади.



Расм.4.11.

Мембранали манометрлар босимлар фарқини ўлчашга ҳам ишлатилиши мумкин. Бу ўлчов асбобларида ўлчанаётган босимлар фарқи $P_1 - P_2 = \Delta P$, сезгир мембрана бикирлиги билан мувозанатланади.

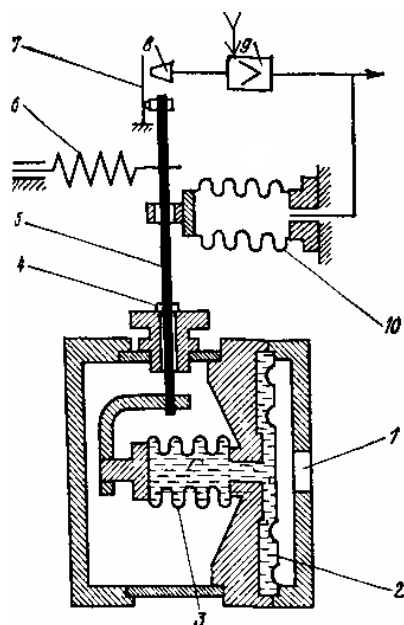
Мембранали асбобларнинг қуйидаги турлари ишлаб чиқилади: тягомерлар ТМ-П1 (25-0; ... 2500-0 мм.вд.ст.), напоромерлар ТН-Н1 (0-25; ... 0-2500 мм.вд.ст.), тягонапоромерлар ТНМ-П1- (-12,5-+12,5; ... -1250-+1250 мм.вд.ст.), дифманометрлар ДМ-П1; ДМ-П2 ва бошқалар.

Мембранали пневматик сигнал ўзгартиргич 13ДИ13

Пневматик сигнал ўзгартиргичларнинг чиқиш сигнали 20—100 кПа чегарада ўзгарувчи сиқилган хаво босими ҳисобланиб, унинг манбаа босими 140 кПа бўлади. Бу сигнал ўзгартиргичлар чиқиш сигналини 4 мм диаметри пневматик трубкалар ёрдамида 150 м масофагача ва 6 мм трубкали пневматик

трубкалар ёрдамида 300 м гача масофага узатиш мумкин. Хар бир ўлчов асбобига бунда 3 л/мин миқдорга яқин хаво сарфланади.

13ДИ13 типдаги пневматик сигнал ўзгартиргич (расм 44) ишлаши кучни компенсациялашга асосланган. Ўлчанаётган босим ўлчаш блокининг 1–камерасига берилиб, мембрана 2 ва сиффон 3 га таъсир этади ва рычаг 5 ни мембрана 4 атрафида маълум бурчакга айлантиради. Бунда заслонка 7 сопо 8 га нисбатан маълум масофага силжиши, пневмореле тизимида, ҳамда акс таъсир сиффонида ва пневмореле чиқишида босимни ўлчанаётган босимга пропорционал равишда ўзгаришига олиб келади. Ноль корректори пружинаси 6 ёрдамида сигнал ўзгартиргич чиқиш сигнадини 0,02 МПа га созланади (шкаланинг бошланғич қийматига).



Расм 4.12.

Сиффонли манометрлар

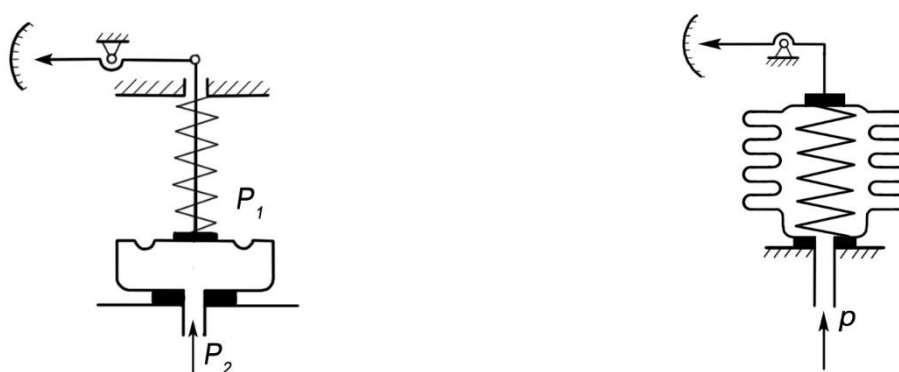
Сиффонли манометрларнинг сезгир элементи бўлиб, юпқа қалинликдаги халқасимон гофралик деворга эга бўлган цилиндрик идиш, сиффон тушунилади.



Расм.4.13.

Сильфон латундан, берилла бронзасидан ва зангламас пўлатдан тайёрланади (расм 45.). Ўлчанаётган босимнинг ортиши билан, сильфон (3) деформацияланишни бошлайди ва бу хол ўлчанаётган босим сильфон тубига (2) таъсир этиб ҳосил қилаётган куч билан сильфон бикирлиги ўзаро мувозанатлангунча давом этади. Сильфон тубининг силжиши узатиш қурилмаси ёрдамида стрелкага (1) узатилади.

Шунингдек, ўлчанаётган босим силфон тепасидаги герметик бўшлиқга бериладиган силфонли манометрлар ҳам ишлаб чиқарилади. Мембрана ёки силфон тубининг фақат босимга боғлиқ равишда силжишини таъминлаш учун бикир пружинали мембрана ва силфонли манометрлар ишлатилади.



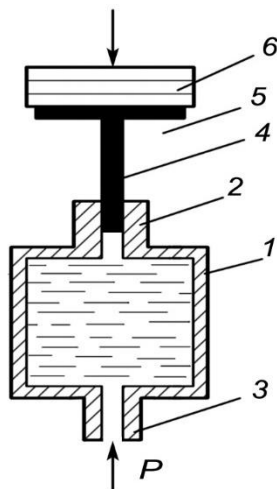
Расм.4.14.

Силфонли манометрларнинг қуйидаги турлари ишлаб чиқарилади: Пневматик ва электр сигнал ўзгартиргичли силфонли манометрлар МС-П, МС-Э (0-0,04 чегарадан, 0-2,5 МПа чегарагача), пневматик ва электр сигнал ўзгартиргичли силфонли вакуумметрлар ВС-П, ВС-Э, напоромерлар НС-П, НС-Э, тягомерлар ТС-П, ТС-Э, ҳамда моновакуумметрлар МВС-П МВС-Э.

Юк поршенли манометрлар

Юк поршенли манометрларнинг (расм 4.15) ишлаши, цилиндрда эркин ҳаракатланаётган поршенга, ўлчанаётган босим ҳосил қилаётган кучни қолдирилган юклар ҳосил қилаётган куч билан мувозанатланишига асосланган. Бу юкнинг оғирлигига қараб, поршенга таъсир этаётган босим қиймати аниқланади. Бу ўлчов асбоблари аниқлиги ва сезгирлиги жуда юқори бўлиб, бу манометрлар ёрдамида 2500 кгс/см^2 гача босимни ўлчаш мумкин. Асосан техник манометрлар градуировкасини текшириш учун ишлатилади.

Уловчи штуцер ёрдамида ўлчанаётган мухит билан уланган, ёғ билан тўлдирилган цилиндр колонкали (2) идишга (1) вертикал равишда кичик бўшлиқ билан (3-5мм) пўлат поршень (плунжер) 4 ўрнатилган.



Расм 4.15.

Ташқи томонидан поршень тарелка 5 билан уланган бўлиб, унга ўлчанаётган босим қийматига қараб қолибланган юклар 6 ўлчанаётган босим билан мувозанатлангунча қўйиб борилади.

$$\Pi = \frac{g(G_1 + G_2)}{F}$$

бунда, P – ўлчанаётган босим;

G_1 ва G_2 – тарелка билан поршень ва юкларнинг массаси;

F – поршень юзаси;

g – нормаль эркин тушиш тезланиши.

Юк поршенли манометрларнинг қуйидаги турлари мавжуд: МП-2,5; МП-6; МП-60; МП-600; МП-2500. Уларнинг аниқлик синфи 0,05.

5. Қаршиликли, сигимли ва пьезоэлектрик манометрлар.

Электр асбобларнинг ишлаш принципи босимни у билан функционал боғлиқ бўлган бирор электр катталиқка бевосита ёки билвосита ўзгартиришга асосланган. Буларга индуктив, сигимли, қаршиликли, пьезоэлектр ва бошқа манометрлар киради.

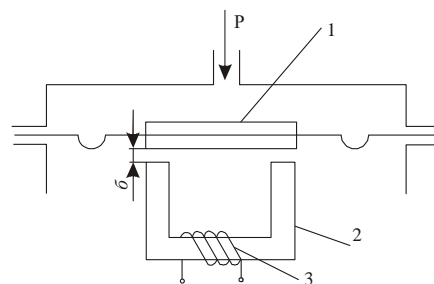
Босим ўлчашнинг энг кўп тарқалган воситалари куч компенсацияси асосида қурилган асбоблар ҳисобланади. Бироқ улар ҳарорат хатолиги, тез таъсирчанлиги, габарит ўлчамлари ва массаси бўйича анча мукамал индуктив, сиғимли, тензорезисторли, пьезоэлектрик ўзгарткичлардан орқада қолади. Бундан ташқари, куч компенсацияли ўзгарткичларнинг ва пишангли тизимларнинг тузилишида ҳаракатланувчи қисмларнинг бўлиши ўлчаш воситаларининг зарбга чидамлилигига қўйиладиган замонавий талабларнинг қондирилишини қийилаштиради.

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

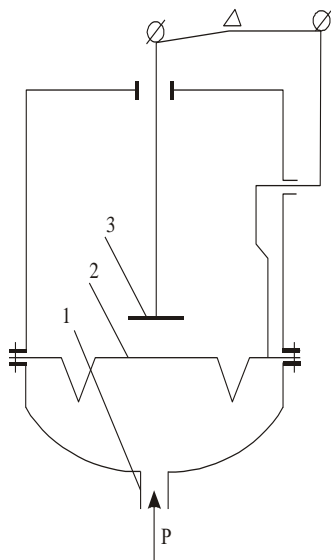
Индуктив асбобларнинг ишлаш принципи ғалтак индуктивлигининг ташқи босим таъсиридан ўзгаришига асосланган.

4.16-расмда индуктив ўзгартирувчи элемент билан жиҳозланган босимни ўлчаш ўзгарткичининг схемаси кўрсатилган. Босимни қабул қилувчи мембрана 1 ўрамли электромагнит 2 нинг ҳаракатланувчи якори ҳисобланади. Улчанаётган босим таъсирида мембрана силжийди, бу индуктив ўзгарткичли элементнинг электр қаршилигини ўзгариради. Агар ғалтакнинг актив қаршилиги, магнит оқимлари ҳисобга олинмаса ва ўзақда йўқотилса, ўзгарткич элементнинг L индуктивлигини қуйидаги тенглама бўйича аниқлаш мумкин.

$$L = W^2 \mu_0 \cdot C / \delta \quad (4.1)$$



4.16 – расм. Индуктив манометр схемаси



4.17 – расм. Сиғимли манометр схемаси

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

Мембрананинг деформация катталиги ўлчанаётган босимга мутаносиблигини эътиборга олиб,

$$\delta = K \cdot \Pi \quad (4.2)$$

(4.1) тенгламани қуйидаги кўринишга келтирамиз:

$$L = W^2 \cdot \mu_0 \cdot C / K \cdot \Pi \quad (4.3)$$

(3.23) тенглама босимни ўлчаш индуктив

ўзгарткичнинг статик характеристикасини ифодалайди.

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

Сиғимли манометрларнинг ишлаш принципи босим ўзгариши билан ясси конденсатор қопламалари орасидаги масофани ўзгартириши натижасида унинг сиғимининг ўзгаришига асосланган. Сиғимли манометрнинг принципиал схемаси 3.8-расмда келтирилган. Ўлчанаётган босим асбобга найча 1 орқали берилади ва мембрана 2 орқали қабул қилинади. Мембрана 2 ва электрод 3 конденсатор қопламаларини ҳосил қилади. Конденсатор эса ўлчаш схемасига улагич 4 лар орқали бажарилади. Конденсатор сиғимининг қопламалар ўртасидаги масофага боғлиқлиги қуйидаги тенглама бўйича аниқланади

$$C = \frac{S \cdot \varepsilon}{l} \quad (4.4)$$

бу ерда, C — қопламалар юзи; ε — қопламалар орасидаги муҳитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги; l — қопламалар орасидаги масофа.

Босим таъсирида мембрана эгилиб, электрод 3 га яқинлашади. Мембрананинг эгилиши натижасида l масофа ўлчанаётган босимга нисбатан

мутаносиб ўзгаради. Қопламалар юзи ва диэлектрик сингдирувчанлик ўлчаш жараенида ўзгармайди.

Шунинг учун, (3.24) ифодани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$C=K/l \quad (4.5)$$

буерда, $K=C \cdot \epsilon$

Шундай қилиб, конденсатор сиғими ўлчанаётган босимга мутаносибдир. Сни ўлчов ахбороти сигналига айлангириш учун, одатда, ўзгарувчан ток кўприкларидан ёки резонансли ЛС- контурлардан фойдаланилади. Сиғимли асбоблар 120 мПагача бўлган босимни ўлчашда қўлланадн. Мембрананинг қалинлиги 0,05...1 мм. Улардан тез ўзгарувчи босимларни ўлчашда фойдаланилади. Сиғимли манометрларнинг кўрсатишига атроф муҳитнинг ҳарорати таъсир қилади. Чунки ҳарорат ўзгариши натижасида қопламалар орасидаги масофа ўзгаради. Сиғимли манометрларнинг яна бир камчилиги паразит сиғимлар таъсиридир. Ўлчаш хатолиги асбоб шкаласининг $\pm 0,2...5\%$ идан ошмайди.

Қаршилик манометрларининг ишлаш принципи сезгир элемент қаршилигининг ташқи босим таъсирида ўзгаришига асосланган. Сезгир элементлар қаторига манганин, платина, константан, вольфрам, яримўтказгич ва ҳоказолар киради. Қаршилик манометрларида қўллаш учун энг қулайи манганиндир.

Манганин ΔR электр қаршилик орттирмасининг R босимга нисбатан чизикли боғланишига эга:

$$\Delta R=K_{\Pi} \cdot R \cdot \Pi \quad (4.6)$$

бу ерда, K_{Π} —манганин қаршилигининг ўзгариш коэффиценти, $1/\text{Па}$; R — қаршилик, Ом.

Манганин қаршилигининг чизикли боғланиши тажриба маълумотларидан 3000 мПа босимгача тасдиқланади. Бундан ташқари, манганин злектр қаршилигининг ҳарорат коэффиценти жуда кичик. Ўзгартгич сезгирлигининг кичиклиги бу манометрларни жуда юқори (100 мПа дан ортиқ) босимларни ўлчаш учун қўллашга йўл қўймайди. Манганин учун $K_{\Pi} = 22,95 \cdot 10^{-2}$ дан $24,61 \cdot 10^{-2} 1/\text{Па}$ гача.

Ўзгарткичдаги манганин қаршилигини ўлчаш учун, одатда, кўприклар, аниқ ўлчовлар учун эса потенциометрлар қўлланади. Манганин қаршиликли манометрларнинг йўл қўядиган асосий хатоси $\pm 1\%$ дан ошмайди. Асбобсозлик саноатида чиқарилаётган ММ-2500 манганинли манометрлар 2500 мПа гача босимни ўлчайди.

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

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

Деталига ёпиштирилган тензодатчиклар ўлчанаётган босим P ни электр қаршилик ўзгариши билан сезади. Бу тензосезгирлик коэффициенти K_T билан баҳоланади:

$$K_T = \frac{\Delta R / R}{\Delta l / l} \quad (4.7)$$

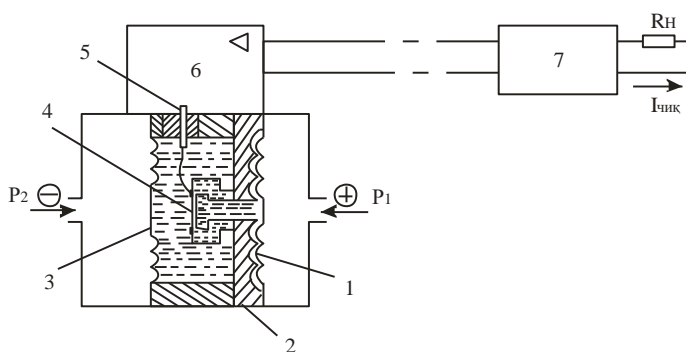
Бунда $\Delta R/R$ — тензометр қаршилигининг нисбий ўзгариши; $\Delta l/l$ — симнинг нисбий деформацияси; K_T — коэффициент қиймати металллар учун 0,5 ... 4,0 чегарасида бўлади.

Юқори метрологик ва фойдаланиш характеристикаларига эга бўлган тензорезисторли босимни ўлчаш ўзгарткичлари бир қатор афзалликларига кўра: габарит ўлчамлари ва массаси кичик, вақт бўйича юқори даражада барқарор, аниқлиги юқори, тебранишга чидамлилиги, турли агрессив муҳитлар билан контактда ишлаши мумкинлиги, учқунга ҳавфсиз қилиб ишлаганига кўра янада кенгроқ тарқалмоқда. Автоматик назоратнинг саноат тизимлари учун ва ўзгармас токнинг (0...5; 0...20 ёки 4...20 мА) стандарт чиқиш сигналлари билан ишловчи микропроцессор техникаси асосидаги ТЖАБТ таркибидаги тизимлар

учун Сапфир туркумидаги электр ўлчов тензометрик ўзгарткичлари мажмуаси ишлаб чиқарилмоқда: одатдагича ишланган Сапфир-22 ва портлашдан ҳимояланган турдаги Сапфир-22 Эх. Ўзгарткичларнинг аниқлик синфи 0,25 ва 0,5.

Сапфир туркумидаги ўлчов ўзгарткичлар мажмуаси мутлақ ва ортиқча босимни, сийракланишни, шунингдек суюқлик ва газларнинг сарфланишини, кимёвий актив, қовушоқ ва кристалланувчи суюқликларнинг сатҳ баландлигини, суюқ муҳит зичлигини ва босим билан боғлиқ бошқа катталикларни кенг доирада назорат қилишга имкон берувчи датчиклар қаторига киради. Сапфирнинг ишлаш принципи кремнийнинг гетероэпитаксиал плёнкаларидаги тензорезистив эффектдан фойдаланишга асосланган. Ўлчанаётган параметрнинг таъсири техноплёнкали ярим ўтказгичли тензорезисторли элементни деформациялайди. Тензорезисторлар деформацияси натижасида қаршиликнинг ўзгариши электрон қурилмалар ёрдамида меъёрлаштирилган токли чиқиш сигнаliga айланади.

Сапфир-22 ўзгарткичи комплекти кучайтирувчи қурилмаси бўлган ўлчов блокидан ва манба блокидан иборат. Сезгир элемент деформацияси, ўлчанаётган параметрнинг мутаносиб катталиги кремнийли тензорезисторларнинг қаршилигини ўзгартиради. Электрон қурилма қаршиликнинг бу ўзгаришини ўзгармас токнинг меъёрлаштирилган чиқиш сигнаliga алмаштиради.



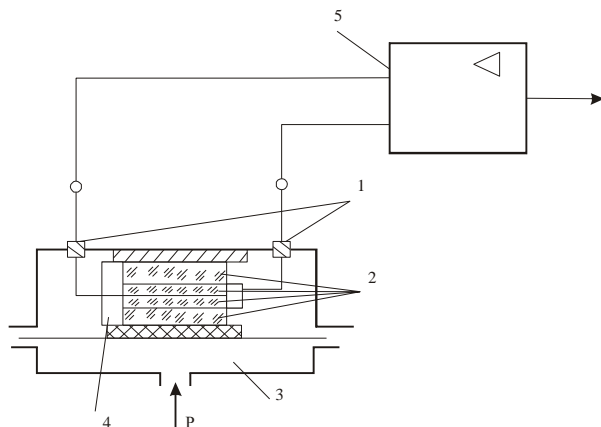
4.18 – расм. Сапфир – 22 ДД-ЕХ босимлар фарқини ўлчовчи ўзгарткичнинг схемаси.

4.18-расмда Сапфир-22 ДД-Ех босимлар фарқини ўлчовчи ўзгарткичнинг схемаси кўрсатилган. Тензоўзгарткич 4 металл мембранадан иборат бўлиб, унга

юқори томондан номувозанат кўприкнинг елкаларини ташкил этувчи тўртта кремнийли тензорезисторлар билан чанглатилган сапфирли мембрана кавшарланган. Тензоўзгарткич 2 асосга маҳкамланган ва ўлчанаётган муҳитдан иккита ажратувчи металл мембраналар 1 ва 3 билан бўлинган. Термоўзгарткич ва мембраналар орасидаги берк бўшлиқлар полиметилсилоксанли суюқлик билан тўлдирилган. Босимларнинг ўлчанувчи фарқи P1—P2—тензоўзгарткичларга мембрана ва суюқликлар орқали таъсир қилади. Тензоўзгарткич герметик чиқишлар 5 орқали электрон қурилма 6 га уланади. Шу қурилма ёрдамида тензорезисторлар қаршилигининг ўзгариши меъёрлаштирилган токчи чиқиш сигналига алмашади, у масофадан туриб узатиш учун ҳавфсиз уч ўтказгичли сим бўйича таъминот блоки 7 га узатилади. Таъминот блоки портлашга ҳавфсиз хонага ўрнатилади ва бирламчи ўзгарткичнинг икки ўтказгичли сим бўйича таъминотини таъминлайди. Шу линиянинг ўзидан чиқувчи токчи сигнал узатилади. Кўрсатилган вазифа билан бир қаторда таъминот блоки чиқиш сигналининг қувватини ташқи РХ юкланишни улаш учун зарур қийматгача оширади ва чиқиш сигналининг берилган қийматини шакллантиради (0...5, 0...20 ёки 4...20mA). Ортиқча босим, мутлақ босим ва сийракланишларни назорат қилишда тензорезисторли ўлчов ўзгарткичларидан фойдаланилади. Фарқи шундаки, ўлчовчи ўзгарткич, объектга «плюсли камера» билан, «минусли камера» орқали эса атмосфера билан уланади. Мутлақ босимни ўлчовчи ўзгарткичларда минусли камера вакуумланади.

Ортиқча босимни, сийраклашиш ва босимлар фарқини ўлчайдиган тензорезисторли ўлчовчи ўзгарткичларнинг аниқлик синфлари 0,6; 1,0; 1,5. Ўлчаш чегаралари: ортиқча босим—0...10-3дан 0...60 мПа гача; сийракланиш—1...0 дан — 10...0 кПа гача; мутлақ босим -0...2,5 кПа дан 0...2,5 мПа гача; босимлар фарқи 0...1 кПа дан 0...2,5 мПа гача.

Пьезоэлектрик манометрларнинг ишлаш принципи баъзи кристалл моддаларнинг механик куч таъсирида электр заряд ҳосил қилиш қобилиятига



4.19 – расм. Пьезоэлектрик манометр схемаси

асосланган. Бу ҳодиса пьезоэффект деб аталади. Пьезоэффект кварц, турмалин, сегнет тузи, барий титанат ва бошқа моддалар кристалларида кузатилади. Бу турдаги асбобларда кўпинча кварц ишлатилади. Кварцнинг пьезоэлектр эффекти $+500^{\circ}\text{C}$ гача бўлган ҳароратга боғлиқ эмас, лекин $+570^{\circ}\text{C}$ дан ошган ҳароратда бу эффект нолга тенг бўлиб

қолади.

Ғ куч таъсирида кристалл пластинка юзаларида пайдо бўладиган электр заряд ушбу тенглама билан топилади:

$$Q = K_p \cdot F \quad (4.8)$$

бу ерда, K_p —пьезоэлектрик доимий, Кл/Н. K_p нинг қиймати пластинанинг ўлчамига боғлиқ эмас ва кристаллнинг табиати билан белгиланади. Кварц учун $K_p = 2,1 \cdot 10^{-12}$ Кл/н.

11.4 - расмда пьезоэлектрик манометрнинг схемаси кўрсатилган. Ўлчанаётган босимни 4 мембрана кучга айлантиради, бу куч эса диаметри 5 мм ва қалинлиги 1 мм бўлган кварц пластиналар 2 нинг устунларини сиқилишга мажбур қилади. Вужудга келаётган Q электр заряд 1 чиқишлар орқали катта кириш қаршилигига (10^{13} Ом) эга бўлган электрон кучайтиргич 5 га узатилади. Заряднинг қиймати ўлчанаётган P босим билан қуйидагича боғланган:

$$Q = K_p \cdot S \cdot P \quad (4.9)$$

бу ерда, S — мембрананинг самарали юзи.

Асбобнинг инерционаллигини камайтириш учун камера 3 нинг ҳажми минималлаштирилади.

100 мПа (1000 кгк/см²) гача босимларни ўлчашга имкон берувчи пьезокварцли манометрлар тез ўзгарувчи босимларни ўлчашда кенг қўлланади. Пьезоэффектнинг афзаллиги унинг инерционсизлигидир. Бу асбоблар

босимлари тез ўзгарадиган жараёнларни (кавитация, портлаш) ўрганишда жуда қулай. Пьезоэлектр манометрларнинг аниқлик синфи 1,5; 2,0.

Назорат учун саволлар

1. Босимдеб нимага айтилади?
2. Босимнинг канака турлари мавжуд?
3. Босимнинг кандай ўлчов бирликлари мавжуд?
4. Дифференциал манометрлар хақида маълумот беринг?
5. Манометрлар ва дифманометрлар қайси заводларда ишлаб чиқилади?

Фойдаланилган адабиётлар

1. Алан С. Морис, Реза Лангари. Меасуремент анд Инструментатион.- УК:Асадемис Пресс, 2016-697п.
2. Юсупбеков Н.Р., Мухамедов Б.И., Ғуломов Ш.М. Технологик жараёнлами назорат қилиш ва автоматлаштириш. -Тошкент: Оўқитувчи, 2011. -576 б.
3. Зайцев С.А., Грибанов Д.Д., Толстов А.Х., Меркулов Р.В. Контрольно измерительные приборы и инструменты. -М.: Академия, 2002. -464с.
7. Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков Б.С. Теплотехнические измерения и приборы. М.:МЭИ, 2005.-460с.
8. Гульятёв А.К. Визуальное моделирование в среде МАТЛАБ. Учебный курс. - СПб.: Питер.2000. -432с.
9. СИМУЛИНК-моделирование в среде МАТЛАБ.Учебное пособие. -М.: МГУИЭ. 2002. -128с.
10. Калининченко А.В. Справочник инженера по КИПиА. -М.: Инфра Инженерия, 2008. -564с.
11. П.Кузнецов Н.Д., Чистяков Б.С. Сборник задач и вопросов по «Теплотехнические измерения и приборы». -М.: МЭИ, 2005.
12. Бельдеева ЖИ.Х. Технологические измерения на предприятиях химической промышленности. Часть 1. -Алтай: АлтГТУ, 2002. -70с.
13. Бельдеева Л.Н. Технологические измерения на предприятиях химической промышленности. Часть 2. -Алтай: АлтГТУ, 2002. -100с.

IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1 амалий машғулот: Саноат корхоналарида қўлланиладиган технологик ўлчашлар ва асбоблар

Ишдан мақсад: Саноат корхоналарида қўлланиладиган технологик ўлчашлар ва асбоблар бўйича топшириқлар бериш.

Ўлчаш ва ўлчов асбобларининг хатоликлари бўйича топшириқлар.

1.1. Термостатдаги ҳарорат 0-500⁰С шкалалаи, йўл қўйилиши мумкин бўлган асосий хатолиги ±4° С чегарасида бўлган техник термометр билан ўлчанар эди. Термометр кўрсатмаси 346⁰С ни ташкил этди. Техник термометр билан бир вақтда термостатга текширувдан ўтганлиги ҳақида гувоҳномага эга бўлган лаборатория термометри туширилди. Лаборатория термометрининг кўрсатмаси 352⁰С ни ташкил этди. Гувоҳнома бўйича тузатиш – 1⁰Сни. Чиқиб турган устун учун тузатиш +0,5° С ни ташкил қилади. Техник термометр кўрсатмасидаги хатоликнинг амалдаги қиймати йўл қўйилиши мумкин бўлган асосий хатоликнинг чегарасидан ошадими, шуни аниқланг.

1.2. Милливольтметр 50 интервалга ажратилган бир хил тенгликдаги шкалаларга бўлинган ўлчовнинг қуйи чегараси $U_K = -10$ мВ, юқори чегараси $U_{K\infty} = +10$ мВ. ни ташкил қилади. Милливольтметрнинг сезувчанлиги ва шкалалари бўлинишининг баҳосини аниқланг.

1.3. Мис ёки платина термометрининг ўзгариш коэффициентлари ҳароратга боғлиқми, агарда унинг қаршилиги қуйидаги ифодаларнинг ҳарорати билан боғлиқлиги маълум бўлса:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) - \text{мис термометри учун,}$$

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2) - \text{платина термометри учун.}$$

1.4. 0-500⁰С шкалалаи градуировка ХК автоматик потенциометри текширилганда шу нарса аниқландики, асбоб стрелкаси ва пероси ноль белгига нисбатан юқорилаш томонга 10⁰С силжиган. Қоғоз диаграммаси қайта ишланганда ҳарорат ўлчашдаги бу систематик хатолик қандай ҳисобга олиниши зарур? Масалан, 430⁰С белгисида.

1.6. Барометрик босими 760дан 723,3 гача мм.симв.уст.ни ташкил этган ўзгариш туфайли содир бўлган газли манометрик термометр кўрсаткичидаги абсолют ва нисбий ўзгаришларни аниқланг. Асбоб шкаласи 0—100°C, бу босимнинг 6,825 дан 9,325 гача кгс/см² га тенг. Асбоб 80°C ни кўрсатмоқда. Асбоб шкаласи бир меъёрда.

1.7. 1,5 синфдаги техник манометр учун атроф-муҳитнинг нормал ҳарорати 20±5°C, ишчи ҳарорат эса +5 дан + 50°C гача.

Агарда атроф-муҳит ҳарорати $t = 24^\circ\text{C}$, $t = 10^\circ\text{C}$ ва $t = 55^\circ\text{C}$ ни ташкил этган ҳолда қолган таъсир этувчи катталиклар нормал қийматга эга бўлса, бундай шароитда асбобнинг кўрсаткичлари хатоликлари бир ҳилда бўладими?

1.8. Автоматик потенциометр шкаласининг барча нуқталаридаги ўлчовларнинг йўл қўйилиши мумкин бўлган нисбий хатоликлари чегараси бир ҳилдами?

1.9. 200-600°C шкалали 0,5 градуировка синфли ХК автоматик потенциометри билан термо э.ю.книнг бир мартабалик ўлчови ўтказилди. Кўрсаткич 550°C белгисидан турибди. 550°C белгида турган потенциометр билан термо э.ю.к. ўлчангандаги максимал нисбий хатоликни баҳоланг. Ишлаш шароити нормал ҳолатда нисбий хатолик асбобнинг кўрсаткичи билан боғлиқми?

ЕЧИМЛАР ВА ЖАВОБЛАР

О1.1. Техник термометр учун фақатгина температуранинг ҳақиқий қиймати (346±4) °C ёки 34÷350°C бўлган интервални аниқлаш мумкин. Лаборатория термометри учун тузатишлар қиймати маълум, шунинг учун унинг кўрсатмалари бўйича температуранинг ҳақиқий қийматини аниқлаш мумкин

$$t_{\text{д}} = 352 + (-1) + (+0,5) = 351,5^\circ\text{C}.$$

Бундан осонликча пайқаш мумкинки, техник термометрнинг амалдаги хатолиги йўл қўйилган чегаралардан ошади

О1.2. Кўриб чиқиладиган ҳолатда стрелка шкаланинг бир белгисидан бошқасига кириш кучланиши ΔU :

$$\Delta U = \frac{U_{\text{к}} - U_{\text{н}}}{N} = \frac{10 - (-10)}{50} = 0,4 \text{ мВ},$$

Ўзгарганда силжийди, бундан келиб чиқадики, бўлиниш баҳоси – $k=0,4$ мВ

Агар асбобнинг чиқиш катталиги ўзгариши деб стрелканинг бир интервалга силжишини қабул қилсак, осонликча билиш мумкинки сезгирлик S ва бўлиниши баҳоси K тескари катталиклар экан:

$$S = 1/K = 1/0,4 = 2,5 \text{ 1/мВ.}$$

О1.3. Ўзгариш коэффициенти S сезгирликка ўхшаш, аммо сезувчанлик – ўлчов асбобининг характеристикасидир, ўзгариш коэффициенти эса – ўлчов ўзгартиргичининг характеристикасидир.

Термометрнинг кириш сигнали температурадир, чиқиш сигнали эса термометрнинг электрик қаршилигидир. Мис термометри учун ўзгариш коэффициенти

$$S_m = \frac{\Delta R}{\Delta t} = R_0 \alpha.$$

Платинали термометр учун

$$S_{\pi} = \frac{\Delta R}{\Delta t} = R_0 (A + Bt).$$

Бундан келиб чиқадики, мис термометрнинг ўзгариш коэффициенти температурага боғлиқ эмас, платинали термометр эса – температурага қараб ўзгаради.

О1.4. Систематик хатоликни ҳисоблаш учун диаграммани қоғозда градусларда ҳисобланган барча натижаларни градуировка жадваллари бўйича милливольтларга ўтказиш, милливольтларда тузатиш киритиш, сўнгра натижаларни яна градусларга ўтказиш зарур.

Стрелка ва перонинг 0 дан 10°C гача силжиши ХК градуировкаси учун термо э.ю.к. ини 0,65 мВ га ўзгаришига мос келади. Диаграммани қоғозда 430°C ҳисобланган ХК градуировка учун 430°C термо э.ю.к. ининг 34,12 мВ га тенг, тузатишни қўшиб ҳисобласак

$$34,12 + (-0,65) = 33,47 \text{ мВ.}$$

Температура қийматини аниқлаймиз

$$T = 422,75^{\circ} \text{ C.}$$

О1.6. Барометрик босим ўзгариши 36,7 мм сим.уст ёки $0,05 \text{ кгс/см}^2$ ни ташкил қилади. Манометрик термометрлар ошиқча босимни ўлчаганлиги

сабабли асбобнинг кўрсатиши $0,05 \text{ кгс/см}^2$ ошади. Газни манометрик термометр шкаласи бир текисда ва босим бўйича шкала диапазони $2,5 \text{ кгс/см}^2$ ни ташкил қилади. Шундай қилиб, термометр кўрсатишлари $100 \cdot \frac{0,05}{2,5} = 2^\circ\text{C}$ га ошади.

Абсолют хатолик $+2^\circ\text{C}$ ни ташкил қилади, нисбий хатолик эса 80°C белгида:

$$\delta = \frac{+2}{80} \cdot 100 = +2,5\%.$$

ни ташкил этади.

О1.7. Асбобнинг нормал ишлаш шароити $20 \pm 5^\circ\text{C}$ бўлса, температура $+24^\circ\text{C}$ да асосий хатолик бўлади. $+10^\circ\text{C}$ да асосий хатоликдан ташқари асбобнинг кўрсатиши унга таъсир этувчи катталиклар сабабли ҳам ўзгариши мумкин.

О1.8. Йўқ. Шкаланинг барча нуқталари учун ўлчов диапазони ва ўлчов воситасининг аниқлик синфи билан аниқланадиган абсолют хатолик Δ_0 нинг йўл қўйиладиган чегараси бир ҳилдир. Йўл қўйиладиган нисбий хатолик $\delta_0 = \Delta_0 / \chi_n$ шкаланинг χ_n белгисига боғлиқ. Асбобнинг шкала бўйича кўрсатиши қанчалик кам бўлса, нисбий хатолик шунчалик кўп бўлади. Шу сабабли асбобнинг ўлчов диапазонини шундай танлаш керакки, ўлчанаётган катталик шкаланинг охирида бўлсин.

О1.9. Агарда, потенциометрнинг синфидан бошқа ҳеч қандай метрологик характеристикаси бўлмаса, унда фақатгина йўл қўйиладиган хатоликнинг чегарасини баҳолаш мумкин. Бизнинг ҳолатда йўл қўйиладиган хатолик K синфи ва потенциометрнинг ўлчов диапазони ($\chi_k - \chi_n$) орқали аниқланади:

$$\Delta_0 = \frac{\chi_k - \chi_n}{100} K.$$

Потенциометрлар учун хатолик милливольтметрларда ифодаланади [12]:

$$\chi_k = E(600^\circ\text{C}, 0^\circ\text{C}) = 49,11 \text{ мВ};$$

$$\chi_n = E(200^\circ\text{C}, 0^\circ\text{C}) = 14,59 \text{ мВ};$$

$$\Delta_0 = \frac{49,11 - 14,59}{100} \cdot 0,5 = 0,1726 \text{ мВ}.$$

550°C белгида нисбий хатолик чегараси қуйидагига тенг:

$$\delta_0 = \frac{\Delta_0}{E(550^\circ\text{C}, 0^\circ\text{C})} \cdot 100 = \frac{0,1726}{44,71} \cdot 100 = 0,386\%.$$

Йўл қўйиладиган абсолют хатолик чегараси шкаланинг барча белгилари учун бир хил. Масалан, 300°C белгисига у тенг бўлади:

$$\delta_0 = \frac{0,1726}{22,88} \cdot 100 = 0,754\%$$

2-амалий машғулот: Ўлчаш хатоликлари

Ишдан мақсад: Ўлчаш хатоликлари мавзусига оид масалалар ечиш.

Мисол: Юқориги ўлчаш чегараси 300°C бўлган потенциометрнинг кўрсатиши $X_n = 240^{\circ}\text{C}$ ва ўлчанаётган температуранинг ҳақиқий қиймати $X_{hx} = 241,2^{\circ}\text{C}$ бўлганидаги абсолют, нисбий, келтирилган хатоликлари топилсин.

Абсолют хатолик (2.2) формула бўйича: $\Delta X = - 1.2^{\circ}\text{C}$, нисбий хатолик (2.4) формула бўйича $\delta = -0,5\%$, келтирилган хато (2.6) формула бўйича $\delta_c = - 0,4\%$.

2.1. Топшириқ: Оқим сарфини калориметрик сарф ўлчагич билан ўлчашда иситгич қуввати амперметр ва вольтметрнинг кўрсатишига мувофиқ ишлаб чиқилган. Ушбу иккала қурилма ҳам $K=0,5$ аниқлик синфига мансуб ҳамда улар нормал шароитда мос равишда $0-5 \text{ A}$ ва $0-30 \text{ V}$ оралиғида бўлган шкала бўйича ишлайдилар. Электр тармоқдаги ток кучи ва кучланишнинг номинал қийматлари $3,5 \text{ A}$ ва 24 V га тенг. Қурилма ишлаб чиқараётган қувватни ўлчашдаги хатони аниқланг ва у қандай номланади?

Жавоб 2.1: Бу ерда билвосита ўлчов хатолиги юзага келади, чунки қурилма хатолиги 2 та параметрга: амперметр ва вольтметр кўрсатишига боғлиқдир. Бу хатолик ΔW ни қуйидаги формула билан аниқлаймиз:

$$\Delta W = \sqrt{\left(\frac{\partial W}{\partial U} \Delta U\right)^2 + \left(\frac{\partial W}{\partial I} \Delta I\right)^2}$$

Ўлчов асбоблари ҳақида аниқлик синфидан бошқа метрологик тавсифларнинг ёъқлиги сабабли, қўшимча равишда, биз фақат рухсат этилган хато қийматлари чегараларини асбоблар синфи ва шкаласига асосланган ҳолда баҳолай оламиз.

$$\Delta U_0 = \frac{U_y - U_q}{100} * K = \frac{30-0}{100} * 0.5 = \pm 0.15 \text{ V}$$

$$\Delta I_0 = \frac{I_y - I_q}{100} * K = \frac{5-0}{100} * 0.5 = \pm 0.025 \text{ A}$$

Қувватни ўлчашнинг рухсат этилган мутлақ хатоси чегараси:

$$\Delta W = \sqrt{(3.5 * 0.15)^2 + (24 * 0.025)^2} = \pm 0.795 \text{ Вт}$$

Қувватни ўлчашнинг рухсат этилган нисбий хатоси чегараси:

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta W}{I * U} = \frac{\pm 0.795}{3.5 * 24} = \pm 0.95\%$$

2.2. Агар мис қаршилик термометрида $R_0^* = 49,95 \text{ } \Omega$ ва $\alpha^* = 4.25 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$ эканлиги маълум бўлса, ҳароратни ўлчаш хатосини қандай аниқлаш мумкин? Калибрлаш жадваллари $R_0 = 50 \text{ } \Omega$ ва $\alpha = 4.28 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$ учун тузилган.

Ж 2.2. $R_0^* = 49,95 \text{ } \Omega$ ва $\alpha^* = 4.25 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$ нинг систематик бўлишидан келиб чиқадиган хатолик ҳосил бўлади. Хатолик мунтазам бўлади ва шунинг учун биз ўлчанган ҳарорат қийматига тузатиш киритиш орқали ҳақиқий ҳароратни ҳисоблаймиз.

Калибрлаш жадваллари бўйича аниқланадиган ҳарорат: $t^* = \frac{R_t^* - R_0}{R_0 \alpha}$

Ҳақиқий ҳарорат: $t = \frac{R_t^* - R_0^*}{R_0^* \alpha^*}$

Бу ерда: $R_t^* = 71.4 \text{ } \Omega$ ва $t^* = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$, калибрлаш жадвалларидан олинади.

$$\Delta t = t - t^* = \frac{71.4 - 49.95}{49.95 * 4.25 \cdot 10^{-3}} - \frac{71.4 - 50}{50 * 4.28 \cdot 10^{-3}} = 1.04 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2.3 Мис термометр қаршилигининг ҳарорат билан боғлиқлиги $R_t = R_0 (1 + \alpha^* \Delta t)$ ифода орқали аниқланади. 100 ва $150 \text{ } ^\circ\text{C}$ ҳароратда ΔR_0 ва $\Delta \alpha$ нинг четга чиқиши сабабли ҳароратни ўлчашдаги мумкин бўлган хатоларни ИИИ даражали 50 М калибрлаш классига эга бўлган термоўзгартгич орқали баҳоланг?

Ж 2.3. Термоўзгартгичнинг ўзгартириш коэффициентини аниқлаймиз :

$$C = \frac{\Delta R_t}{\Delta t} = R_0 \alpha = 50 * 4.28 \cdot 10^{-3} = 0.214 \frac{\Omega}{\text{К}}$$

Бу ерда $R_0 = 50 \text{ } \Omega$ - $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ даги мис термометр қаршилиги, 21 -иловадан олинади.

Мумкин бўлган ҳароратни ўлчаш хатолиги қуйидаги формула бўйича билвосита ўлчаш хатоси сифатида баҳоланади:

$$\Delta y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} * \delta x_i \right)^2}$$

$$\Delta R_t = \sqrt{\left(\frac{\partial R_t}{\partial R_0} \Delta R_0 \right)^2 + \left(\frac{\partial R_t}{\partial \alpha} \Delta \alpha \right)^2} = \sqrt{(1 + \alpha * t)^2 * \Delta R_0^2 + (R_0 * t * \Delta \alpha)^2}$$

$\Delta R_0 = \pm 0.2 \text{ } \Omega$, $\Delta \alpha = 0.03 * 10^{-3} \text{ } K^{-1}$ 16-иловадан олинади ва рухсат этилган четланиш катталиклари ҳисобланади.

100 °C учун:

$$\Delta R_t = \sqrt{(1 + 4.28 \cdot 10^{-3} * 100)^2 * 0.2^2 + (50 * 100 * 0.03 * 10^{-3})^2} = \pm 0.316 \text{ } \Omega$$

$$\Delta t = \frac{\Delta R_t}{S} = \frac{\pm 0.316}{0.214} = \pm 1.48 \text{ } ^\circ C$$

150 °C учун:

$$\Delta R_t = \sqrt{(1 + 4.28 \cdot 10^{-3} * 150)^2 * 0.2^2 + (50 * 150 * 0.03 * 10^{-3})^2} = \pm 0.4 \text{ } \Omega$$

$$\Delta t = \frac{\Delta R_t}{S} = \frac{\pm 0.4}{0.214} = \pm 1.86 \text{ } ^\circ C$$

2.4. Ўлчов тизимини синовдан ўтказишда дифференциал босим ўлчагич – дифманометрдан иккиламчи ўлчаш асбоби сифатида фойдаланилган, нормал ишлаш шароитида ўлчов асбобининг ўлчаш қисмида қуйидаги ΔP_i дифференциал босим қийматлари олинди:

и , та	1	2	3	4	5	6	7	8
ΔP_i , кПа:	84,15	84,06	83,8	83,9	83,94	84,1	84,02	84,03

Кейин, ўлчаш тизимининг таъминот манбаида кучланиш даражаси + 10% $U_{ном}$ га ўзгартирилди, бу ҳолда ўлчов асбобининг охириги нуқтасида қуйидаги ΔP_i^* дифференциал босим қийматлари ҳосил бўлди:

и , та	1	2	3	4	5	6	7	8
ΔP_i^* , кПа:	83,85	83,75	83,82	83,76	83,84	83,82	83,83	83,75

Таъминот кучланишининг ўзгаришидан келиб чиққан ўлчов тизимидаги кўрсатишлар хатосини аниқланг ва бу хатоликнинг номи нима?

Ж 2.4. Нормал шароитда асбоб ўлчовининг охириги нуқтасига тўғри келадиган босимнинг ўртача қийматини $\Delta \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ формулага асосан аниқлаймиз:

$$\Delta \bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i = \frac{84,15+84,06+83,8+83,9+83,94+84,1+84,02+84,03}{8} = 84 \text{ кПа}$$

Ўлчаш тизимининг таъминот манбаида кучланиш даражаси + 10% U_{nom} га ўзгаргандаги асбоб ўлчовининг охириги нуқтасига тўғри келадиган босимнинг ўртача қийматини топамиз:

$$\overline{\Delta P_i^*} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta P_i^* = \frac{83,85+83,75+83,82+83,76+83,84+83,82+83,83+83,75}{8} = 83,8 \text{ кПа}$$

Шундай қилиб, ўлчов тизимининг таъминот кучланишининг ўзгариши натижасида келиб чиққан ўлчовнинг охириги нуқтасидаги хато қийматини топиш мумкин:

$$\Delta \Pi = \overline{\Delta P_i^*} - \Delta \bar{P} = 83,8 - 84 = -0.2 \text{ кПа}$$

Ушбу хато қўшимча хатолик деб аталади, чунки у таъсир қилувчи миқдорлардан бирининг (таъминот кучланишида) нормал қийматдан оғиши натижасида юзага келади.

2.5 Пентан билан тўлдирилган лаборатория шиша термометри шкала бўйича -40 °С ни кўрсатмоқда. Термометр ўлчанадиган муҳитга -100 °С ли белгигача туширилди. Чиқиб турган устуннинг ҳарорати 20 °С га тенг. Шиша ичидаги пентаннинг кўринадиган иссиқликдан ҳажмий кенгайиш коэффициентсиенти $\gamma=0.0012 \text{ K}^{-1}$ га тенг.

Ҳароратнинг ҳақиқий қийматини аниқланг?

Ж 2.5. Термометр кўрсаткичлари чиқиб турган устун туфайли ҳақиқий ҳароратдан фарқ қилади. Чиқиб турган устун учун тузатма қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$\Delta t = (t_{\text{ўлч}} - t_{\text{уст}}) * \gamma * n$$

Бу ерда: $t_{\text{ўлч}}$ – ўлчанган (термометр кўрсатаётган) ҳарорат, °С; $t_{\text{уст}}$ – чиқиб турган устун (атроф-муҳит) ҳарорати, °С; γ – ишчи муҳитнинг шиша ичида кўринадиган иссиқликдан ҳажмий кенгайиш коэффитсиенти, K^{-1} ; n – термометрнинг ўлчанаётган муҳитдан чиқиб турган ҳамда ишчи суюқлиги бор қисмининг баландлиги, яъни даражалар сони.

$$\Delta t = (-40 - 20) * 0.0012 * (-40 - (-100)) = -4.32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_x = t_{\text{ўлч}} + \Delta t = -40 - 4.32 = -44.32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2.6. Термометрик моддаларнинг иссиқликдан ҳажмий кенгайиш коэффитсиенти билан кўринадиган иссиқликдан ҳажмий кенгайиш коэффитсиенти қийматлари бир-бирига мос келадими?

Ж 2.6 Йўқ. Кўринадиган кенгайиш коэффитсиенти камроқ. Ушбу фарқни қуйидаги мисолда тушунтириш мумкин. Айтайлик, маълум миқдордаги симоб қиздирилганда диаметри ўзгармайдиган капиллярни ва шунча миқдордаги симоб аввалгиси билан бир хил ўлчамдаги. аммо иситиш билан унинг диаметри ошадиган шиша капиллярни тўлдиради. Агар иккала капилляр ҳам бир хил ҳароратга қиздирилса, иккала капилляр ичидаги симоб миқдори бир хил қийматга кўпаяди, аммо иккинчи шиша капиллярдаги симоб устунининг узунлиги биринчи капиллярникига қараганда камроқ бўлади, чунки симоб ҳажми кўпайган сари шиша капилляр ҳажми ҳам ошади.

Бир вақтнинг ўзида симоб ҳажмининг кўпайиши ва шиша капиллярининг диаметрининг кўпайишини ҳисобга оладиган кенгайтириш коэффитсиенти

пиша ичидаги симобнинг кўринадиган иссиқликдан ҳажмий кенгайиш коэффициентси деб аталади.

2.7 Газли манометрик термометр кўрсатишини капилляр ҳароратининг $40\text{ }^\circ\text{C}$ га ва пружина ҳарорати $10\text{ }^\circ\text{C}$ га кўтарилганлиги сабабли калибрлаш қийматига нисбатан ўзгаришини $20\text{ }^\circ\text{C}$ да қуйидаги шартларда аниқланг: капилляр ҳажми $V_k = 1,9\text{ см}^3$, манометрик пружинанинг ҳажми $V_n = 1,5\text{ см}^3$, термобаллон ҳажми $V_6 = 140\text{ см}^3$.

Ж 2.7 Термометр кўрсатишининг ўзгариши капилляр ва пружинада газнинг кенгайиши натижасида ҳосил бўлган тизимдаги босимнинг нисбий ўзгариши билан белгиланади. Шарл қонунини ҳисобга олган ҳолда $p_t = p_0 (1 + \beta \Delta t)$ кўрсатишининг ўзгаришини қуйидаги формула бўйича ҳисоблаш мумкин:

$$\Delta t = \frac{V_k \Delta t_k + V_n \Delta t_n}{V_k + V_n + V_6}$$

бу эрда Δt_k ва Δt_n мос равишда капилляр ва пружина ҳароратининг калибрлашдан оғиши ҳисобланади.

Шундай қилиб,

$$\Delta t = \frac{1,9 \cdot 40 + 1,5 \cdot 10}{140 + 1,9 + 1,5} = 0,63\text{ }^\circ\text{C}$$

Ушбу тахминий ҳисоблаш капилляр ва пружинанинг кенгайишини ҳисобга олмайди. Ўқишдаги ҳақиқий ўзгариш бироз камроқ бўлади.

2.8 Атроф муҳит ҳарорати $30\text{ }^\circ\text{C}$ га ўзгариши сабабли манометрик газ термометрининг кўрсаткичларини ўзгаришини баҳоланг, агарда капиллярлар V_k , пружина V_n ва термобаллон ҳажмлари V_6 нинг нисбати $\frac{V_k + V_n}{V_6} = 0,01$ маълум бўлса.

Ж 2.8 Олдинги 2.7 мисолни жавобида бўлгани каби кўрсатиш ўзгариши ўша формулага мувофиқ ҳисобланади:

$$\Delta t = \frac{(V_k + V_n) \Delta t_n}{V_k + V_n + V_6}$$

бу эрда Δt_{π} - капилляр ва пружина ҳароратининг ўзгариши.

Шунинг учун,

$$\Delta t = \frac{0.01 \cdot 30}{1.01} = 0.297 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2.9-топшириқнинг шартларига мувофиқ, кўрсатишдаги қандай нисбий ўзгариш 0 ва 500 ° С шкалалардаги барометрик босим p_6 нинг 0,005 МПа га ўзгаришига олиб келишини аниқланг?

Ж 2.9 Масалани ечиш учун 0 ° С даги нисбий ўзгаришларни аниқлаймиз:

$$\delta = \frac{0.005}{5.46} * 100\% = 0.092\%$$

Худди шундай, 500 ° С да ҳам:

$$\delta = \frac{0.005}{15.46} * 100\% = 0.032\%$$

3-амалий машғулот: Ҳароратни назорат қилиш.

Ишдан мақсад: Ҳароратни назорат қилиш мвзусига доир саволларга жавоб бериш ва топшириқларни бажариш.

Ҳароратни ўлчаш

3.1. Қайси ҳарорат диапазони учун халқаро амалий ҳарорат шкаласи 1968 (МПТШ-68) жорий этилади?

3.2. МПТШ-68 нинг амалий ишга киритиш қандай амалга оширилади?

3.3. Симобнинг қайнаш даражаси + 356,6° С бўлган ҳолда +500° С ҳароратни симобли шиша термометр билан ўлчаш мумкинми? Қандай қилиб симобли термометрларнинг ўлчовини юқори чегарасини кўтариш мумкин?

3.6. Манометрик симобли термометрнинг кўрсатмалари ўзгаришини аниқланг, агарда градуировка пайтида термобаллон ва кўрсатувчи асбоб бир сатҳда турган бўлиб, реал шароитда эса – кўрсатувчи асбоб термобаллондан 7,37 м баланд жойлашган бўлса, термометр шкаласи 0-500°С. Ҳарорат 0 дан 500°С гача ўзгарганда системадаги босим 4,47 дан 14,28 мПа гача ўзгаради. Симобнинг зичлиги $\rho=13595 \text{ кг/м}^3$.

3.9. Ҳарорат 0 дан 500°C га ўзгарганда системадаги босим 100 кгс/см^2 га ўзгариши учун 0°C даги манометрик газ термометри системасида қандай бошланғич босим ҳосил қилиниши зарурлигини аниқланг. Газ кенгайишининг термик коэффициентини $\beta = 0,00366 \text{ K}^{-1}$

3.10. ТХК типдаги термоэлектрик термометрнинг термо э.ю.ки ишчи учидеги ҳарорат ўзгарган, аммо ишчи учи ва эркин учларининг ҳароратини фарқи сақланиб қолганда ўзгарадими? Масалан, $E(300, 50^{\circ}\text{C})$ ва $E(600, 350^{\circ}\text{C})$?

3.11. Термоэлектрик термометр кўрсатмаларига тузатишлар киритинг ва ишчи учининг ҳароратини аниқланг, агарда ТПП типдаги термометрнинг термо э.ю.ки $3,75 \text{ мВ}$ ни, эркин учлари ҳарорати 32°C ни ташкил қилса.

3.12. ТПП типдаги термоэлектрик термометр ўлчов асбобига мис симлар ёрдамида уланди. Термометрнинг ишчи учи ҳарорати 700°C , эркин учлариники эса 20°C .

Мис симнинг платинародийли электродга уланган жойидаги ҳарорат 100°C гача ошса, мис симнинг платинали электродга уланган жойининг ҳарорати эса 20°C га тенг бўлса термо э.ю.к ўзгарадими?

ТПП типдаги термоэлектрик термометр учун бошланғич қийматлар $E(700, 0^{\circ}\text{C}) = 6,256 \text{ мВ}$, $E(20, 0^{\circ}\text{C}) = 0,112 \text{ мВ}$ платинародий – мис термоэлектрик термометрининг термо э.ю.ки ишчи ва эркин учларининг ҳарорати 100°C ва 20°C бўлганда қуйидагига тенг: $E_{\text{э}}(100, 20^{\circ}\text{C}) = 0,077 \text{ мВ}$.

3.13. 2-23 масаласидаги шарт учун қуйидагиларни тахмин қиламиз, ишчи учи температураси $t = 400^{\circ}\text{C}$, 1 ва 2 нуқталари температураси $t_{\text{э}} = 40^{\circ}\text{C}$ ва 3 ва 4 нуқталари температураси $t'' = 20^{\circ}\text{C}$ (2-7расм).

Миллифольтметрнинг кўрсатмалари қай тарзда ўзгаради, агарда термоэлектродли узайтирувчи симларни худди шундай суммар қаршиликли мис симлар билан алмаштирилса? Термоэлектрик термометр характеристикасини линияли деб ҳисоблаймиз. Ўлчов асбобининг кириш қаршилигини чексиз катта деб тахмин қиламиз.

3.14. 2-23 масаласидаги шарт учун тахмин қиламиз: 1,2,3,4 нуқталари доимо бир ҳил, фақатгина вақт бўйича ўзгариши мумкин. Агарда термоэлектродли

узайтирувчи симларни мис симлар билан алмаштирилса бу ҳолатда асбобнинг кўрсатмалари ўзгарадими?

2.26. 2-23 масаласи шарти учун КТ-54 компенсаторидан (2-7расм) даги милливольтметрга келувчи мис симларни худди шундай қаршиликка эга алюминий симларга алмаштирилса милливольтметрнинг кўрсатмалари ўзгарадими?

3.15. 2-23 масаласи шарти учун термоэлектрик термометрнинг йўл қўйиладиган ўзгаришлари диапазонида эркин учларининг барча температураларида термо э.ю.к. нинг ўзгариш тўлиқ компенсацияланадими?

3.16. Милливольтметрнинг сезувчанлиги ўзгарадими, агар пружинанинг ўзгармас каттиклигида унинг ўрамлари сони оширилса?

3.17. Ички қаршилиги жуда катта бўлган манбанинг э.ю.кни ўлчаш лозим. Масалан рН – метр электрод системасининг э.ю.кни.

Қандай потенциометр, кичикомлими ёки юқориомли ва нима учун бу мақсадда фойдаланиш керак?

3.18. КСП-4 типидаги 0-400⁰С шкалали ХК градуировкали автоматик потенциометрнинг ўлчов схемаси қуйидаги қаршиликлар ва ток қиймати билан характерланади. $R_k = 509,5 \text{ Ом}$; $R_6 = 330 \text{ Ом}$; $R_{II} = 12 \text{ Ом}$; $R_9 = 90 \text{ Ом}$; $I_1 = 3 \text{ мА}$; $I_2 = 2 \text{ мА}$.

Реохорднинг s ёки d нуқтасидан қайси бири ўлчовнинг юқори чегарасига мос келишини аниқланг?

3.19. Мис қаршилик термометрлари 20⁰С да қуйидаги қаршиликка эга:

$$R_{20} = 1,75 \text{ Ом.}$$

Унинг 100 ва 150⁰ С даги қаршилигини аниқланг. Температура коэффициенти $\alpha = 4,26 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$.

3.20. 23-24 градуировкали мис қаршилик термометрлари 0-150⁰С интервалдаги ўзгаришлар коэффициенти қиймати бир ҳилми?

ЕЧИМЛАР ВА ЖАВОБЛАР

3.1. Гост 8.157-75 га кўра [8] МПТШ-68 температурани 13,81 дан 6300 К гача ораликда ўлчашни таъминлайди. Бошқа температура диапазонлари учун бошқа

температура шкалалари ўрнатилиб, улар 0,01 дан 100000 К чегарада бир хил ўлчашни амалга ошириш учун мўлжалланган. Турли амалий температура шкалалари турли методлар билан реализация қилинди.

3.2. МПТШ-68 ўзгармас, аниқ тикланадиган турғунлик температуралари системасига асосланган бўлади. Уларнинг сон қийматлари берилган бўлади. МПТШ-68 репер точкалари температураси орасидаги интервалларда интерроляция эталон асбоблари ва температура кўрсатишлари ўртасида боғлиқликни ўрнатадиган формулалар бўйича амалга оширилади. Асосий репер нукталари баъзи бир соф моддаларнинг маълум бир фазавий мувозанат ҳолатлари сифатида реализацияланади.

13,81 дан 903,89 К гача температура учун эталон асбоб сифатида платинали қаршилик термометри ишлатилади. 630,74 дан 1064,43⁰С гача бўлган температуралари учун эталон асбоб сифатида платинали ва платинародийли (10% родийли) электроди бўлган термоэлектрик термометр ишлатилади. 1064,43⁰С дан юқори бўлган температураларда температурани Планк нурланиши қонунига мувофиқ аниқлайдилар.

3.3. Симобли шиша термометрларининг ишлатилиш чегаралари симобнинг суюқ ҳолатидаги температуравий чегараси ва шишанинг йўл қўйиладиган исиши чегараси билан аниқланади. Симобнинг қотиш темератураси -38,9⁰С, қайнаш температураси эса 356,6⁰С. Шу сабабли симобли термометр қўлланилишининг қуйи чегараси -35⁰С ни ташкил қилади. Симобнинг қайнаш чегараси термометр капилляридаги босим унинг инерт газ билан тўлиши туфайли ошиши ҳисобига ошиши мумкин. Шу сабабли симобли термометрларнинг юқори ўлчаш чегараси симобнинг қайнаш чегарасидан юқори бўлиши мумкин ва шиша капилляр ишлатилганида 600⁰с ни ташкил этади. Бунда капиллярдаги инерт газнинг босими 2,0 МПа (~20 кг/см²) дан ошади.

Кварц капиллярлардан фойдаланилганда симобли термометрларнинг юқори ўлчаш чегараси бирмунча баланд бўлиши мумкин.

3.4. Кўрсатадиган асбобга олиб борадиган босим термобаллондаги босимдан суюқлик устуни босими айирмаси сифатида аниқланади. Суюқлик

устуни босими кўрсатувчи асбоб ва термобаллон жойлашиши сатҳининг фарқи билан аниқланади:

$$\Delta p = \Delta H \rho g = 7,37 \cdot 13\,595 \cdot 9,81 = 0,98 \text{ МПа.}$$

Шундай қилиб, асбобнинг кўрсатиши термобаллондаги босимнинг ҳақиқий қийматига нисбатан 0,98 МПа га камаяди. Манометрик термометрнинг сезувчанлигини аниқлаймиз

$$S = \frac{p_k - p_n}{t_k - t_n} = \frac{14,28 - 4,47}{500 - 0} = 0,0196 \text{ МПа/}^\circ\text{С.}$$

Термометр кўрсатишининг термобаллон ва ўлчов апаратининг ўзаро жойлашувидаги фарқи туфайли ўзгаришини аниқлаймиз:

$$\Delta t = \frac{\Delta p}{S} = \frac{0,98}{0,0196} = 50^\circ \text{С.}$$

Демак, манометрик термометрнинг кўрсатишлари 50°С га кам бўлади.

3.5. Системада босим ўзгариши қуйидаги қонун бўйича бўлиб ўтади:

$$p_t = p_0 [1 + \beta (t - t_0)],$$

бу ерда β – газ кенгайишининг термик коэффициенти; t_0 ва t – температуранинг бошланғич ва ҳозирги пайтдаги температуралари; p_0 – ишчи модданинг t_0 температурадаги босим.

Шундай қилиб, босимнинг ўзгариши

$$\Delta p = p_0 \beta \Delta t.$$

Бундан бошланғич босимни аниқлаймиз.

$$p_0 = \frac{\Delta p}{\beta \Delta t_i} = \frac{100}{0,00366 \cdot 500} = 54,6 \text{ кгс/см}^2.$$

3.6. Термоэлектрик термометрнинг ишчи ва эркин учларининг температуралари фарқи бир хилда бўлса, термоэлектрик термометр ривожлантираётган термо э.ю.к. бир хил бўлиши мумкин, агарда термометрнинг характеристикаси линияли бўлса

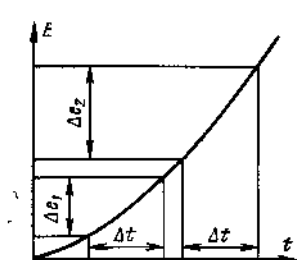


Рис. O2-1.

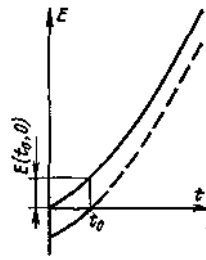


Рис. O2-2.

ТХК типигаги термоэлектрик термометр характеристикаси нолинияли термо э.ю.к. ҳам турлича бўлади буни [2, 11] жадваллари ёки O2-1 расм орқали осонликча тушунтириш мумкин.

$$\begin{aligned}
 E(300^{\circ}\text{C}, 50^{\circ}\text{C}) &= E(300^{\circ}\text{C}, 0^{\circ}\text{C}) - E(50^{\circ}\text{C}, 0^{\circ}\text{C}) = \\
 &= 22,88 - 3,35 = 19,53 \text{ мВ}; \\
 E(600^{\circ}\text{C}, 350^{\circ}\text{C}) &= 21,97 \text{ мВ}.
 \end{aligned}$$

3.7. Термоэлектрик термометрнинг термо э.ю.ки $E(t_0, 0)$ га камаяди. Бу унинг барча характеристикасини E ўқидан пастга $E(t_0, 0)$ га эквидистант араллишувига мос келади.

3.8. Ҳар иккала термометр ҳосил қиладиган э.ю.ки бир хил бўлади. Термоэлектрик термометрларининг теориясининг асосий ҳолатларидан маълумки, термометр занжирига учинчи ўтказгичнинг уланиши термо э.ю.ки ни ўзгартирмайди, агарда бу ўтказгич уланадиган жойнинг температураси бир хил бўлса.

3.9. [2, 11] $\mathcal{E}(32^{\circ}\text{C}, 0^{\circ}\text{C}) = 0,186 \text{ мВ}$ табица бўйича аниқлаймиз. Термоэлектрик термометрнинг термо э.ю.кини, тузатишни ҳисобга олиб аниқлаймиз.

$$E(t, 0) = E(t^{\circ}\text{C}, 32^{\circ}\text{C}) + E(32^{\circ}\text{C}, 0^{\circ}\text{C}) = 3,75 + 0,186 = 3,936 \text{ мВ}.$$

Жадвалдан $\mathcal{E}(t, 0) = 3,936 \text{ мВ}$ га мос келадиган t ни аниқлаймиз: $t = 471,3^{\circ}\text{C}$.

3.10. Учинчи ўтказгич ҳақидаги теоремага мувофиқ, термоэлектрик термометрнинг термо э.ю.ки эркин учларга уланган ўтказгичнинг материалига боғлиқ бўлмайди, агарда эркин учларининг температураси бир хилда бўлса.

3.11. Занжирда ҳаракатланувчи E'' термо э.ю.к. E'' га ўзгаради:

$$\begin{aligned}
 E'' &= E(700^{\circ}\text{C}, 20^{\circ}\text{C}) - E'(100^{\circ}\text{C}, 20^{\circ}\text{C}) = \\
 &= 6,256 - 0,112 + 0,077 = 6,221 \text{ мВ}.
 \end{aligned}$$

3.12. Ўлчов асбоби ИП нинг кириш кучланиши шунчалик каттаки, ташқи линиясидаги кучланишни йўқотилишини эътиборга олмаса ҳам бўлади. Бунда ўлчов асбобининг киришидаги кучланиш U_n қуйидагига тенг бўлади:

$$U_n = E(t, t_0) + U_{cd}(t'),$$

бу ерда $E(t, t_0)$ – термоэлектрик термометрнинг ишчи ва эркин учларидаги температура t ва t_0 ларда ҳосил бўладиган термо э.ю.к; U_{cd} – компенсаторнинг cd диаганалидаги кучланиши резисторнинг қаршилиги P_σ (2-7р.га қаранг) шундай танланадики, $t_0 = t''$ бўлсин (кўприк 0°C да мувозанатлашган ҳисобланади)

$$E(t_0, 0) = U_{cd}(t_0).$$

Бундан келиб чиқадиган тўғри тузатиш киритиш учун термометр эркин учларининг ва кўприкнинг мис резистори температуралари тенг бўлишига риоя қилиш керак. Бунга эришиш учун эркин учлар термоэлектродли узайтирувчи симлар ёрдамида кўприкнинг мис резистори ёнида жойлаштирилади.

Бунда ўлчов асбобининг киришидаги кучланиш қуйидагича тенг бўлади:

$$U_n = E(t, t_0) + U_{cd}(t_0) = E(t, 0)$$

қийматига боғлиқ бўлмайди.

Термоэлектродли симларни мис симларга алмаштирилса термометрнинг эркин учлари 1 ва 2 нуқталарда бўладилар, яъни $t_0 = t^b = 40^\circ$ $t^{bb} = 20^\circ$ Сда.

Бундан келиб чиқадикки, бу ҳолатда

$$U'_n = E(t, t'_0) + U_{cd}(t''),$$

шу билан бирга $U_{n'b} < U_n$ чунки $E(m_0b, 0) > U_{cd}(m'')$. Бошқача айтганда, кўприк эркин учлар температурасини 4°C га оширишга тузатиш киритиш лозим, у эса фақатгина 20°C га тузатиш киритади. Термоэлектрик термометрнинг линияси характеристикасида бу асбоб кўрсатишини 20°C га камайишига тенгдир

3.14. О2.24. асосида осонликга шундай хулосага келиш мумкинки, бу ҳолатда симларни алмаштириш асбобнинг кўрсатишига таъсир кўрсатмайди.

3.15. Милливольтметрнинг кўрсатиши ўзгармайди, чунки термоэлектрик термометр занжирига исталган ўтказгичнинг уланиши термо-э.ю.к. ини

ўзгартирмайди, агарда бу ўтказгич уланадиган жойнинг температураси бир ҳил бўлса.

3.16. Термо-э.ю.к. ини ўзгартириш компенсатори мувозанатланган кўприк бўлиб, у cd ўлчов диаганалида P_M қаршилик елкасидан U кучланишининг ночизқли боғлиқликка эга.

Барча стандарт термоэлектрик термометрлар у ёки бу даражада ночизқли. Аммо, кўприкнинг ва термометрнинг ночизқлиги турличадир. Шу сабабли термо-э.ю.к. нинг тўлиқ компенсациясига фақат эркин учларнинг иккидан ортиқ бўлмаган температурасида эришиши мумкин.

3.17. Милливольтметр рамкасининг айлантйрувчи моменти

$$M_1 = 2rlnBI,$$

бу ерда r – рамка радиуси; l – рамканинг фаол узунлиги; n – рамканинг чўлғамлари сони; B – тирқишдаги магнит индукцияси; I – рамкадаги ток кучи.

Пружиналар хосил қиладиган тескари таъсир этувчи момент,

$$M_2 = c\varphi,$$

бу ерда c – тескари таъсир этувчи пружинанинг таранглигини ҳисобга олувчи коэффициент; φ – рамка айланиши бурчаги (пружинанинг буралиши).

$M_1 = M_2$ бўлган ҳолатда рамканинг айланиши бурчаги Ҳамдамов Анвар Махмудович тенг бўлади:

$$\varphi = \frac{2rlnBI}{c}.$$

Сезгирлик S (1) ифода билан аниқланади

$$S = \frac{\Delta\varphi}{\Delta I}.$$

$\varphi = f(l)$ боғлиқлиги милливольтметр учун чизикли бўлганлиги боис қуйидагича ифодани ёзиш мумкин:

$$S = \frac{2rlnB}{c}.$$

Шундай қилиб, чўлғамлар n сони ошиши билан сезгирлик S ҳам ошиши мумкин, бир шарт билан, коэффициент ўзгармаган ҳолда

3.18. Юқори омма. Биринчи дақиқада расм оммадан фойдаланиш мумкиндай кўринади, чунки бу нарса схема мувозанати бузилганда пульс-индикатор орқали ўтадиган токни ошириши мумкин. Аммо шуни ёдда тутмоқ зарурки, ички қаршилиги катта бўлган манбанинг э.ю.к ни ўлчаётганда ундан минимал даражада ток ўтиши керак, чунки унинг чиқишидаги кучланиш э.ю.к дан фарқ қилмаслиги учун.

3.19. Потенциометрларда компенсацияловчи кучланиш ўлчанадиган кучланишга тенг бўлиши лозим. c ва a , ҳамда d ва a нуқталар орасидаги потенциаллар фарқи қийматини ҳисоблаб чиқамиз (2-9р). c ва a , ўртасидаги потенциаллари фарқи

$$U_{ca} = -I_1(R_6 + R_{np}) + I_2R_k = -3(330 + 10,59) + 2 \cdot 509,5 = -2,77 \text{ мВ},$$

$$\text{бу ерда } R_{np} = \frac{R_n R_3}{R_n + R_3}.$$

d ва a нуқталари ўртасидаги потенциаллар фарқи.

$$U_{da} = -I_1R_6 + I_2R_k = 3 \cdot 330 + 2 \cdot 509,5 = 29 \text{ мВ}.$$

КСПИ потенциометрининг ўлчов схемаси ҳисоби термоэлектрик термометр эркин учларининг қабул қилинган температурасидан келиб чиқиб қилинади, яъни шкаланинг бошланғич белгиси кириш кучланишига мос келади $\mathcal{E}(0^\circ\text{C}, 30^\circ\text{C}) = -1,98 \text{ мВ}$, охиригисига эса $\mathcal{E}(400^\circ\text{C}, 30^\circ\text{C}) = 29,51 \text{ мВ}$.

Кучланишларни таққослаб шуни аниқлаш мумкинки, d нуқтаси шкаланинг охиригисига мос келади.

Реал шароитларда тенгликка риоя қилиш мумкин, $U_{ca} = \mathcal{E}(0^\circ\text{C}, 30^\circ\text{C})$ ва $U_{da} = \mathcal{E}(400^\circ\text{C}, 30^\circ\text{C})$. Олинган фарқ реохорднинг ишламайдиган участкаларини ҳисобга олмасликдан келиб чиқади.

3.20. Мис термометрлар учун қаршилиқнинг температурага боғлиқлиги

$$R_t = R_0(1 + \alpha t).$$

Интервалдаги ўзгартириш коэффициенти қуйидаги ифодага мувофиқ аниқланади.

$$S = \Delta R_t / \Delta t.$$

Шу боис, барча температура интервалларида ўзгартириш коэффициенти

$$S = R_0 \alpha.$$

23 ва 24 градуировкалар температураси P_0 қиймати Билан фарқланади, α қиймати ҳар иккала градуировкалар учун бир ҳилдир. Шу сабабли 23 градуировка учун $C = 0,2258 \text{ Ом/К}$, 24 градуировкаси учун $C = 0,426 \text{ Ом/К}$.

4-амалий машулот: Босим ўлчаш

Ишдан мақсад: босим ўлчаш мавзусига доир саволларга жавоб бериш ва топшириқларни бажариш.

4.1. U – симобли манометрнинг кўрсатмаси қандай ўзгаради, агарда ўлчанаётган абсолют босим ўзгармаган ҳолатда барометрик босим 50мм сим.уст. га камайган бўлса? Атроф муҳит температураси ва оғирлик кучининг тезланиши нормада.

4.2. Микроманометр сезгирлиги ўлчов трубкаси қиялик бурчаги ўзгарганда ўзгарадими?

4.3. Тягомерларнинг сезгир элементи икки гофрировка қилинган мембранадан иборат мембрана каробкасидир. (3-2р)

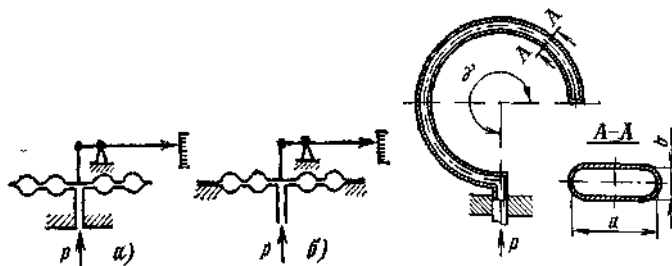


Рис. 3-2.

Рис. 3-3.

Бир ҳолатда каробка қутига штуцер ёрдамида (3-2,а) бириктирилган, бошқа ҳолатда каробка корпусга мембрана аланган жойда бириктирилган.

Бу ҳолатларда мембрана каробкаларнинг ўзгартириш коэффициенти бир ҳилми?

4.4. Манометрик трубади пружиналарнинг кесими ўлчамлари ва бошланғич ўрамларининг бурчаги γ турлича (3-3р). Қайси трубади пружинанинг ўзгартириш коэффициенти энг катта бўлади?

4.5. Токли чиқиш сигнали (0-5мА), ўлчов чегараси $0-40 \text{ кгс/см}^2$ бўлган манометрнинг хатолигини аниқланг, агарда 32 кгс/см^2 босим ўлчанаётганда чиқиш сигнали $I_d=3,93 \text{ мА}$ ни ташкил қилса.

4. 6. Пневматик чиқиш сигнали ($0,2—1 \text{ кгс/см}^2$) ва ўлчов чегараси $0—6 \text{ кгс/см}^2$ бўлган манометрнинг хатолигини аниқланг,

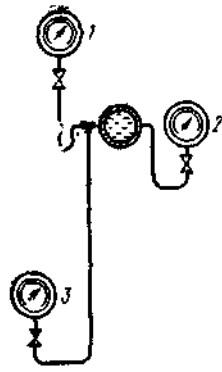


Рис. 3-4.

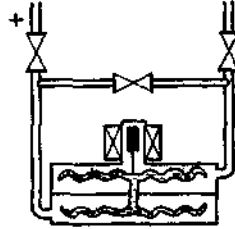


Рис. 3-5.

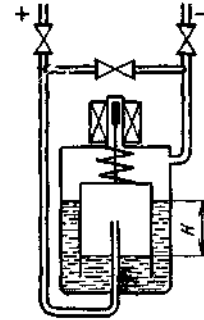


Рис. 3-6.

агарда $4,5 \text{ кгс/см}^2$ босимда чиқиш сигнали $0,84 \text{ кгс/см}^2$ ни ташкил этса.

4.7. Доимий босимни ўлчаш учун манометр шкаласини танланг (ўлчовнинг юқори чегарасини аниқланг):

а) 3 кгс/см^2 ; б) 260 кгс/см^2 .

4.8. Учта манометр турлича тарзда босими 8 кгс/см^2 бўлган сувли трубопроводга ўрнатилган. Уларнинг кўрсатишлари бир хил бўладими (манометрларнинг ўз хатоликларини эътиборга олмаслик мумкин)?

4. 9. Буғ босимини ўлчаш манометрининг танланган нуктасидан 5м паства ўрнатилган. Манометр $\rho=50 \text{ кгс/см}^2$ ни кўрсатмоқда, импульс линиясида конденсат температурасининг ўртача қиймати $t=60^\circ \text{C}$.

Паропроводдаги буғнинг амалдаги қийматини аниқланг.

4.10. Мембранали дифференциал манометрда (3-5р) температура хатоликларини камайтириш учун бир кути иккинчисига нисбатан қаттикли камроқ этиб тайёрланади.

Бу кути қайси камерада жойлашган бўлиши керак (манфий ёки мусбат)?

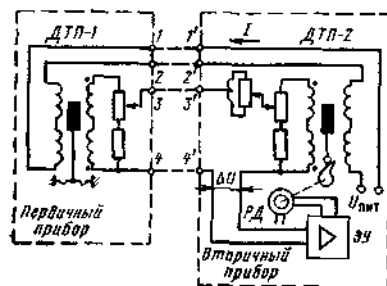


Рис. 3-7.

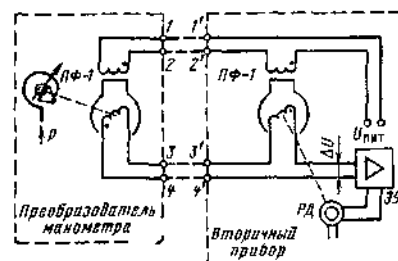


Рис. 3-8

4.11. Босимни ўлчаш кўрсатишларни дистанцион узатиш дифференциал-трансформатор системали манометр ёрдамида амалга оширилмоқда (3-7р). ДТП -1- манометр ўзгартиргичи, ДТП -2- иккиламчи асбобнинг ўзгартиргичи. Асбобнинг ўлчаш диапазони 0-160 кгс/см².

Иккиламчи асбобнинг кўрсатиши ўзгарадими, агарда ДТП-1 плунжери ўзгармас ҳолатда эканлигида ДТП-1 кўзғалиш ўраи энергияси фазасини алмаштириб қўйилса (1-сим 2ъсими билан боғланса; 2 симни 1ъ симга уланса)?

ЕЧИМЛАР ВА ЖАВОБЛАР

4.1. У-симон манометр ўлчанилаётган майдондаги босим ва атмосфера босими ўртасидаги фарқни ўлчайди. Агар барометрик босим 50мм сим.уст.га камайган, абсолют ўлчанаётган босим эса ўзгармай қолган бўлса, унда манометр кўрсатиши 50мм сим.уст.га ошиши керак.

4.2. Микроманометр ёрдамида сезгирлик ўлчов трубкисидаги суюқлик устунининг узунлигини ўзгаришини сатҳни ўзгартирган босим ўзгаришига нисбати билан аниқланади. Ўзгармас ўлчанаётган босимда эгилиш бурчагининг камайиши билан устуннинг узунлиги ошади ва, натижада сезгир ҳам ошади.

4.3. Биринчи ҳолатда мембрана қутисининг юриши (яъни, юқори мембрананинг марказини силжиши) икки баробар катта бўлади, чунки у ҳар иккала мембрананинг букилиши билан боғлиқ. Иккинчи ҳолатда фақатгина юқори мембрана ишлайди. Шунинг учун биринчи ҳолатда мембрана қутисининг ўзгартириш коэффициентини икки марта кўп бўлади.

4.4. Манометрик трубкисимон пружинанинг ўзгартириш коэффициентини пружина учининг силжишини босим ортишига нисбати билан аниқланади. Агарда босим бир ҳилда бўлса, унда сезгирлиги баландроқ бўлган найчасимон пружина катта бурчакка айланади, яъни унинг учи кўпроқ силжийди.

Найча учининг оғиш бурчаги $\Delta\gamma$ тахминан [8] ифодадан аниқланади.

$$\Delta\gamma = \frac{\Delta b}{b + \Delta b} \gamma,$$

бу ерда γ – бирламчи буралиш бурчаги; b – кесим эллипсининг кичик ўқи; Δb – b нинг босим таъсиридаги ўзгариши.

Бундан келиб чиқадики, бурчак ўзгариши $\Delta\gamma$ – қанчалик γ катта бўлса ва b кичик бўлса шунча катта бўлади.

Шундай қилиб, бурилиш бурчак γ катта ва $\Delta b / b$ нисбати катта бўлган найчасимон пружинали манометрнинг ўзгартириш коэффициентини юқори бўлади.

4.5. Манометрнинг токли чиқиш сигналини кириш сигнали (босим) билан боғловчи тенглама қуйидаги кўринишда бўлади:

$$I = \frac{I_{\max}}{p_{\max}} p_{\text{вх}}.$$

$p_{\text{вх}} = 32 \text{ кгс/см}^2$ даги чиқиш сигнали қийматини аниқлаймиз.

$$I = \frac{5}{40} \cdot 32 = 4 \text{ мА.}$$

Манометрнинг чиқишидаги абсолют хатоликни аниқлаймиз

$$\Delta I = I - I_{\text{д}} = 4,00 - 3,93 = 0,07 \text{ мА.}$$

Манометрнинг нисбий хатолигини аниқлаймиз

$$\delta = \frac{\Delta I}{I_{\text{макс}}} = \frac{0,07}{5} = 0,014, \text{ или } 1,4\%.$$

Манометр киришидаги абсолют хатоликни аниқлаймиз

$$\Delta p = \delta (p_{\text{макс}} - p_{\text{мин}}) = 0,014 \cdot 40 = 0,56 \text{ кгс/см}^2.$$

4.6.

Дифманометр

шундай конструкцияда бўлиши керакки, атроф-мухит температураси ўзгарганида (ўлчанадиган босим фарқи ўзгармас бўлганида) юқори мембрана марказига бириктирилган плунжер силжимаслиги керак. Бу фақатгина шундай ҳолатда мумкинки, мембрана блокини тўлдириб турувчи аралашманинг температура ошиши туфайли ҳажми ошиши юқори коробка ҳажмининг ўзгаришига олиб келмаса кўришиб турибдики, бунинг учун қуйи (мусбат) коробканинг ҳажмини катталаштириш керак. Бу эса фақат қуйи (мусбат) коробканинг қаттиқлиги юқори (манфий) коробканинг қаттиқлигидан камроқ бўлгандагина мумкин.

4.7. Ўзгаради, стрелка охиригача пул белгисига силжийди. Сигналлар тўғри ёқилганида ДТП-1 ва ДТП-2 тенг ва қарши фазага қуйидагича уланган

$$\Delta e_2 - \Delta e_1 = 0.$$

ДТП-1 таъминот фазаси 180° га ўзгарганида Δe_1 белгини карама-қаршисига ўзгартиради, шунинг учун кучайтиргичга қуйидаги сигнал келади

$$\Delta U = \Delta e_2 + \Delta e_1 \neq 0.$$

Кузатув системаси бу сигнални Δe_2 ни камайтириш йўли билан камайтиришга интилади. Бу эса стрелкани нулга силжиши орқали амалга ошади. Бироқ стрелканинг ҳолатида $\Delta e_2 = 0$, ammo $\Delta e_1 \neq 0$, шунинг учун кўрсаткич охиригача буралган бўлади.

V. “Кейс-стади” методи

Кейс-стади инглизча сасе – аниқ вазият, студй – таълим сўзларининг бирикувидан ҳосил қилинган бўлиб, аниқ вазиятларни ўрганиш, таҳлил этиш ва ижтимоий аҳамиятга эга натижаларга эришишга асосланган таълим методидир.

Мазкур метод муаммоли таълим методидан фарқли равишда реал вазиятларни ўрганиш асосида аниқ қарорлар қабул қилишга асосланади. Агар у ўқув жараёнида маълум бир мақсадга эришиш йўли сифатида қўлланилса, метод характериға эга бўлади, бирор бир жараённи тадқиқ этишда босқичма-босқич, маълум бир алгоритм асосида амалга оширилса, технологик жиҳатни ўзида акс эттиради.

Кейс-стади методининг келиб чиқиши ҳақида маълумот

Ушбу метод дастлаб 1920 йилда Гарвард бизнес мактабида қўлланилган. Гарвард бизнес мактабининг ўқитувчилари бизнес йўналишидаги аспирантура бўлими учун тўғри келадиган дарсликларнинг мавжуд эмаслигини тез англайдилар. Ушбу масалани ечиш учун бизнес мактабининг ўқитувчилари томонидан қўйилган дастлабки қадам етакчи бизнес амалиётчиларидан интервью олиш ҳамда мана шу менеджерларнинг фаолияти, унга таъсир этувчи омиллар юзасидан батафсил ҳисобот ёзиш бўлди.

Кейсда очик ахборотлардан ёки аниқ воқеа-ҳодисадан вазият сифатида таҳлил учун фойдаланиш мумкин. Кейс ҳаракатлари ўз ичига қуйидагиларни қамраб олади:

- Ким (Who),
- Қачон (When),
- Қаерда (Where),
- Нима учун (Why),
- Қандай/ Қанақа (How),
- Нима-натижа (What).

Кейс методини амалга ошириш босқичлари

1. Кейс билан танишув (индивидуал)
2. Асосий муаммони (ўқув муаммосини) ажратиб олиш ва ўрганиш (индивидуал ва кичик гуруҳларда)
3. Ғоялар йиғиш ва муаммонинг мақбул ечимини танлаш, моделлаштириш (кичик гуруҳларда)
4. Кейс ечими учун таклиф этилган ғояларни тақдимоти, таҳлил ва баҳолаш (ўқитувчи ва кичик гуруҳлар)
5. Кейс ечими ва тавсиялар
(ўқитувчи, кичик гуруҳлар ва индивидуал)

Кейс-методини амалга оширувчи ўқитувчи фаолиятининг босқичлари

- 1) тайёргарлик босқичи;
- 2) асосий босқич: кейс-стади методини амалга ошириш;
- 3) таҳлилий, баҳоловчи босқич.

1- босқич: Тайёргарлик босқичи. Аудиториядан ташқарида бажариладиган мураккаб илмий-тадқиқотчилик, услубий ва конструкциялаш фаолиятини ўз ичига олиб, ўқитувчи ҳаракатларининг қуйидаги изчиллиги билан боғлиқ бўлади:

- кейсни яратади (агар тайёр кейсдан фойдаланилмаса);
- таълим технологиясини лойиҳалаштиради ва режалаштиради;
- талабаларни тайёрлайди, уларнинг кейс билан мустақил ишлаши учун ўқув ва услубий таъминотни ишлаб чиқади.

2-босқич: Асосий босқич: кейс-стади методини амалга ошириш

Асосий босқичда ўқитувчи ҳаракатларининг изчиллиги қуйидаги тартибда амалга оширилади:

- ўқув машғулотига кириш;
- ўқув машғулотининг асосий босқичи;
- ўқув машғулотининг яқунловчи-баҳоловчи босқичи.

3-босқич: Таҳлилий, баҳоловчи босқич

Бу ўқитувчининг аудиториядан ташқари фаолияти бўлиб, у қуйидаги ҳаракатлар изчиллигидан иборат бўлади:

- ўтказилган машғулот таҳлили ва баҳоланиши;
- кейснинг таълимдаги самарадорлигини баҳолаш;
- таълим технологиясига ўзгартишлар киритиш (зарур бўлганида).

Талабалар томонидан кейсни ечиш босқичлари:

Жаҳон тажрибаси кўрсатишича, агар талабаларнинг кейсни ҳал этиш технологияси икки босқичдан иборат бўлса, таълимий мақсадларга эришишда янада кўпроқ самарага эришиш мумкин:

Биринчи босқич – кейсни ҳал этиш бўйича индивидуал (аудиториядан ташқари) иш.

Иккинчи босқич – кейс билан биргаликда жамоа бўлиб (аудиторияда) ишлаш.

Биринчи босқич – кейсни ҳал этиш бўйича индивидуал иш

талаба мустақил равишда:

- 1) кейс материаллари билан танишади;
- 2) тақдим этилган вазиятни ўрганади, изоҳлайди ва асослайди;
- 3) муаммо ва муаммо ости муаммоларни ажратади, вазиятни тадқиқ ва таҳлил қилиш усуллари танлайди;
- 4) берилган амалий вазиятни таҳлил қилади; ажратилган муаммони ҳал этиш усуллари ва воситаларини белгилайди ва асослайди;

5) таклиф этиладиган қарорни амалга ошириш бўйича тадбирларни ишлаб чиқади.

Иккинчи босқич – кейс бўйича жамоа бўлиб ишлаш

талабалар кичик гуруҳларга бўлиниб, биргаликда кейс устида ишлашади:

- 1) гуруҳ аъзоларининг вазият, асосий муаммолар ва уларни ҳал этиш йўллари ҳақидаги турли тасаввурларини мувофиқлаштиришади;
- 2) ечимнинг таклиф этилган вариантларини муҳокама қиладилар ва баҳолайдилар, қўйилган муаммо нуқтаи назаридан ушбу вазият учун энг мақбул вариантни танлашади;
- 3) муаммоли вазият ечимига олиб келадиган танланган ҳаракатлар йўлини амалга оширишнинг аниқ қадамба-қадам дастурини батафсил ишлаб чиқадилар;
- 4) тақдимотга тайёрланадилар ва намойиш этиладиган материални расмийлаштиришади.

Кейс ҳаракатлари ўз ичига қуйидагиларни қамраб олади: Ким (Wҳо), Қачон (Wҳен), Қерда (Wҳере), Нима учун (Wҳй), Қандай/ Қанақа (Xоw), Нима-натижа (Wҳат).

“Кейс методи”ни амалга ошириш босқичлари

Иш босқичлари	Фаолият шакли ва мазмуни
1-босқич: Кейс ва унинг ахборот таъминоти билан таништириш	<ul style="list-style-type: none">✓ яқка тартибдаги аудио-визуал иш;✓ кейс билан танишиш(матнли, аудио ёки медиа шаклда);✓ ахборотни умумлаштириш;✓ ахборот таҳлили;✓ муаммоларни аниқлаш

<p>2-босқич: Кейсни аниқлаштириш ва ўқув топшириғни белгилаш</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ индивидуал ва гуруҳда ишлаш; ✓ муаммоларни долзарблик иерархиясини аниқлаш; ✓ асосий муаммоли вазиятни белгилаш
<p>3-босқич: Кейсдаги асосий муаммони таҳлил этиш орқали ўқув топшириғининг ечимини излаш, ҳал этиш йўллари ишлаб чиқиш</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ индивидуал ва гуруҳда ишлаш; ✓ муқобил ечим йўллари ишлаб чиқиш; ✓ ҳар бир ечимнинг имкониятлари ва тўсиқларни таҳлил қилиш; ✓ муқобил ечимларни танлаш
<p>4-босқич: Кейс ечимини ечимини шакллантириш ва асослаш, тақдимот.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ яқка ва гуруҳда ишлаш; ✓ муқобил вариантларни амалда қўллаш имкониятларини асослаш; ✓ ижодий-лойиха тақдимотини тайёрлаш; ✓ якуний хулоса ва вазият ечимининг амалий аспектларини ёритиш

Кейс. Тизим синтезининг асосий вазифаси ўртача квадратик хатонинг минимал қийматини келтирадиган тизим параметрларини аниқлаш

Кейсни бажариш босқичлари ва топшириқлар:

- Кейсдаги муаммони келтириб чиқарган асосий сабабларни белгиланг (индивидуал ва кичик гуруҳда).
- Двигателнинг қувватини пасайиш сабабларини муҳокама қилинг (жуфтликлардаги иш).

VI. ГЛОССАРИЙ

Term / Термин	Пояснение на русском	Description in English
Курилманинг абсолютная хатолиги / The absolute error of the instrument	Разность между показанием прибора и истинным значением измеряемой величины.	The difference between the readings and the true value of the measured value.
Агрегатлаш / Hitching	Это метод создания и эксплуатации машин, приборов и оборудования из отдельных стандартных, унифицированных узлов, многократно используемых при создании различных изделий на основе геометрической и функциональной взаимозаменяемости.	This method of creation and operation of machines, devices and equipment of the individual standard, standardized units, repeatedly used in the creation of various products based on the geometric and functional interchangeability.
Назоратнинг фаол тури / The active type of control	Контроль, результаты которого вызывают изменение параметров технологического процесса и влияют на качество выпускаемой продукции.	Control, the results of which cause a change in process parameters and affect the quality of the products.
Бесконтактный метод измерений / Non-contact measurement method	Метод, при котором измеряемый размер определяют без механического контакта между измерительным наконечником и измеряемой деталью.	A method in which the measured size is determined without mechanical contact between the measuring tip and the work piece being measured.
Хамкорликдаги уўзарувчанлик / Interchangeability	Это свойство независимо изготовленных деталей, узлов и агрегатов обеспечивать беспрепятственную сборку машин или приборов и выполнять своё служебное назначение без нарушения технических требований, предъявляемых к данному изделию в целом.	This property is independently produced parts, components and assemblies to ensure smooth assembly of machines or appliances and to carry out his official appointment without breaking the technical requirements for this product as a whole.
Тусаддан рад етиш / Sudden failure	Отказ, вызванный случайной поломкой, выходом из строя какого-либо элемента средства измерения.	Failure caused by accidental breakage, failure of any means of measuring element.
Тизимдан ташқари бирлик / Common units	Единицы, которые не входят в какую-либо систему единиц.	Units that are not included in any system of units.
Ташқи хамкорлик ўзгарувчанлик / External interchangeability	Это взаимозаменяемость покупных и кооперируемых изделий и узлов по эксплуатационным показателям, а также по	This interchangeability of purchased and cooperative products and components for performance indicators, as well as the size and shape of

	размерам и формам присоединительных поверхностей, по которым взаимосвязанные узлы основного изделия соединяются между собой, а также с покупными и кооперируемыми изделиями.	connecting surfaces, which interconnected nodes of the main products are connected to each other, as well as to the purchase and cooperates products.
Ички хамкорлик ўзгарвучанлик / Internal interchangeability	Это взаимозаменяемость деталей, составляющих отдельные узлы, или составных частей и механизмов, входящих в изделие.	This interchangeability of parts that make up the individual components or component parts and tools included in the product.
Давлат эталони / The state standard	Официально утвержденный в качестве исходного для страны первичный или специальный эталон.	Approved as a source country for primary or special standard.
Градуировка / Graduation	Приписывание значений мерам и отметкам шкал отсчетных устройств средств измерений, в результате непосредственной передачи информации о размере единиц, выраженных в этих единицах.	Attributing values measures and scale marks indicating devices measuring instruments, as a result of direct transmission of information on the size of units, expressed in these units.
Ўлчаш диапазони / Measurement range	Область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средства измерений.	Область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средства измерений.
Динамик хатолик / Dynamic error	Погрешности, которые возникают из-за инерционности применяемых технических средств при достаточно быстрых изменениях измеряемой величины.	Errors that occur due to the inertia of the applied technical means at a sufficiently rapid change of the measured value.
Дифференциал ўлчаш методи / Differential measurement method	Метод определения отклонения известного значения от меры.	Method for determining the deviation of the known value of the measures.
Хатоликни ўлчашнинг кўшимча воситаси / Additional measuring instruments, error	Погрешность средства измерения, используемого в рабочих условиях, которая отличается от нормальных более широкими диапазонами влияющих величин	Error of measuring instruments used in the operating conditions that differ from normal broader ranges of influence quantities
Ўзоқ муддатли / Durability	Свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при	Property of an object remain operational until the limit state when the installed system maintenance and repairs

	установленной системе технического обслуживания и ремонтов	
Дол бирлиги / Additional errors	единица в целое число раз меньшая системной или внесистемной единицы, она образуется путем умножения основной или производной единицы на число 10 в соответствующей отрицательной степени.	Unit integer times less systemic or non-systemic unit, it is formed by multiplying the derivative or basic units in the number corresponding to negative 10 degrees.
Қушимча хатолик /	погрешности, которые обусловлены отклонением условий, в которых работает прибор, от нормальных.	errors that are caused by deflection conditions in which the device operates from the normal.
Единица физической величины / The unit of the physical quantity	Это физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное 1.	It is a physical quantity, which by definition was given a numeric value of 1
Физик микдор бирлиги / Traceability	Это состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности измерений известны с заданной вероятностью.	It is a condition of measurements at which their results are expressed in legalized units and errors of measurements are known with a given probability
Ўлчаш / Measurement	Процесс сравнения данной величины с некоторым ее значением, принятым за единицу измерений.	The process of comparing this value with some of its value received per unit of measurement.
Ўлчаш узаткичлари / Transmitters	Это средства измерений, вырабатывающие сигналы измерительной информации в форме, удобной для дальнейшего преобразования, передачи, хранения, обработки, но как правило, недоступной для непосредственного восприятия наблюдателем.	This measurement means producing signals measurement information in a form suitable for further conversion, transmission, storage, processing, but is generally inaccessible to the direct perception of the observer.
Бирон бир қийматни ўлчаш / Measure any value	Это значит сравнить ее значение с некоторым значением этой величины, принятым за единицу измерения.	It means to compare it with the value of a certain value this value taken as the unit of measurement.
Индикаторлар / Indicators	Технические устройства, предназначенные для обнаружения (индикации) физических свойств.	Engineering devices designed to detect (indicate) the physical properties.
Инструментал хатолик / Instrumental error	Погрешности, которые зависят от погрешностей применяемых средств измерения.	Errors, which errors depend on the used measurement equipment.

Интенсив \? (t) / Intensity (or hazard) bounce \? (T)	Вероятность того, что средство измерения, проработавшее безотказно в течение времени t, откажет в последующий малый промежуток времени ? t.	The likelihood that the measurement tool will work smoothly for a time t, refuses to follow a small period of time? t.
Интерскоп / Interskol	Прибор, преобразующий невидимые инфракрасные лучи в оптически видимые лучи.	Device that converts invisible infrared light in an optically visible rays.
Жисмоний микдорнинг хақиқий қиймати / The true value of a physical quantity	Это такое значение физической величины, которое идеальным образом отражало бы в качественном и количественном отношениях соответствующее свойство объекта.	It is the value of a physical quantity, which is the perfect way to reflect the qualitative and quantitative relationship corresponding property of the object.
Аниқлик синфи / Accuracy class	Обобщенная характеристика всех средств измерений данного типа, устанавливающая оценку снизу точности их показаний.	Generalized description of all measuring instruments of this type, which sets a lower bound for the accuracy of their readings.
Ўлчаш асбобининг аниқлик синфи / Accuracy of measurement tools	Его обобщенная характеристика, указывающая предельные значения допускаемой основной и дополнительной погрешностей.	It is generalized characteristic indicating the limits of permissible basic and additional errors.
Мажмуавий назорат / Complex control	Одновременная проверка комплекса элементов, определяющих качество контролируемого объекта.	Simultaneous verification of complex elements that determine the quality of the controlled object.
Ўлчаш усулининг контакти / Contact measurement method	Метод, при котором измерительный наконечник соприкасается с поверхностью измеряемой детали, причем характер контакта может быть точечным, линейным или поверхностным.	A method in which the probe tip comes into contact with the surface of the measured part, the contact may be a dot character, line or surface.
Лазер / Laser	Уникальный источник излучения, удачно сочетающий такие свойства, как высокая монохроматичность, малая расходимость луча и большая интенсивность, благодаря чему он (в сочетании с оптико-электронными устройствами) оказался	A unique source of radiation, successfully combines the properties such as high monochromatic, low beam divergence and high intensity, making it (in combination with optical-electronic devices) was one of the best ways to measure the length, speed and optical characteristics of the different environments.

	одним из лучших средств для измерения длин, скоростей и оптических характеристик различных сред.	
Аралаштириш методи / Substitution method	Метод, заключающийся в том, что измеряемая величина замещается известной величиной, получаемой при помощи регулируемой меры.	Method, which consists in the fact that the measured value is replaced with a known value obtained by means of an adjustable action.
Ўлчаш метод измерения / Method of measurement	Это совокупность приемов использования принципов и средств измерений, при которых происходит процесс измерений.	A set of principles and methods of use of measuring instruments, at which the measurement process.
Услубий хатолик / Methodical errors	Погрешности, которые произошли от несовершенства метода измерения, использования упрощающих предположений и допущений при выводе применяемых формул, а также от влияния измерительного прибора на объект измерения.	Errors that occurred on the imperfections of the method of measurement, the use of simplifying assumptions, and the assumptions used in the derivation of formulas, as well as from the influence of the measuring device on the measurement object.
Белгига қараб компенсация методи / Error compensation method in sign	Метод, который применяется для исключения систематических погрешностей, которые в зависимости от условий измерения могут входить в результат измерения с тем или иным знаком.	Method, which is used to eliminate systematic errors, which, depending on the measurement conditions are included in the result of measurement with a particular mark.
Метрологик ишончилилик / Metrological reliability	Это свойство средств измерений сохранять установленные значения метрологических характеристик в течение определенного времени при определенных режимах и условиях эксплуатации.	This property measuring means to maintain setpoints metrological characteristics for a certain time under certain conditions and environments.
Ўлчаш воситаларининг метрологик характеристикалари / The metrological characteristics of measuring instruments	Такие их технические характеристики, которые влияют на результаты и точность измерений.	Such their technical characteristics that affect performance and measurement accuracy.
Ўлчаш воситасининг метрологик носозлиги	"Выход" за допускаемые пределы.	"Output" of tolerance.

/ Metrological refusal measuring instruments		
Метрологик таъминот / Metrological support	Это обеспечение, необходимое для достижения единства и требуемой точности измерений.	This software required to achieve the unity and the required measurement accuracy.
Метрология / Metrology	Наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.	Science about measurements, methods and means to ensure their unity and ways to achieve the required accuracy.
Ишончилилик / Reliability	Свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующим заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования.	Property of the object to perform specified functions, keeping in time the value set of operating characteristics within the specified limits, the appropriate preset mode and conditions of use, maintenance, repair, storage and transportation.
Бевосита ўлчаш усули / Direct measurement method	Метод определения всего значения определяемой величины.	Method of determining the values of all determined values.
Намунавий ўлчаш воситалари / Standard gauges	Средства, служащие для определения по ним значений метрологических характеристик аттестуемого.	Means serving to define them values of metrological characteristics attestation.
Бир хил серия / uniform series	Серии, состоящие из значений, подчиняющихся одному и тому же закону распределения вероятности.	Series, consisting of the values that obey the same law of probability distribution.
Органик усулибй хатолик Organic (methodological) error	Систематические погрешности, появление которых обусловлено несовершенством метода измерений или формулой, по которой вычисляют результат, и другими аналогичными факторами и не зависящие от качества изготовления применяемых средств измерений.	Systematic errors, the occurrence of which is caused by the imperfection of the measurement method or the formula by which the result is calculated, and other similar factors, and do not depend on the quality of manufacturing of measuring instruments used.
Ўлчаш воситасининг асосий хатолиги / The basic error of measuring instruments	Погрешность средства измерения, используемого в нормальных условиях.	Error of measuring instruments used in normal conditions.
Ўлчашнинг асосий диапазони / The main measurement range	Диапазон, из которого с помощью входных элементов (делителей,	Range, from which with the help of input elements (dividers, shunts, measuring

	шунтов, измерительных усилителей) образуются все остальные диапазоны измерений.	amplifiers) are formed all the other measurement ranges.
Асосий бирликлар / Main unit	Единицы, выбранные произвольно при построении системы единиц.	Units selected at random in the construction of a system of units.
Воситанинг нисбий хатолиги / The relative error of the instrument	Отношение абсолютной погрешности к истинному (или измеряемому) значению величины.	The ratio of the absolute error to the true (or measured) value of the quantity.
Назоратнинг нафоал тури/ The passive type of control	Контроль, результаты которого не вызывают изменение параметров технологического процесса и не влияют на качество выпускаемой продукции.	Control, the results of which do not cause a change in process parameters and do not affect the quality of the products.
Бирламчи эталон / Primary standard	Эталон, воспроизводящий единицу с наивысшей в стране точностью.	Standard reproducing unit with the highest precision in the country.
Ўлчаш хатолик / Measurement error	Отклонения результата измерения от истинного значения измеряемой величины.	The deviation of the measurement result from the true value of the measured value.
Курилманинг кўрсаткич хатолиги/ Error readings	Разность между показанием прибора и истинным (действительным) значением измеряемой величины.	The difference between the readings and the true (real) value of the measured value.

ҮШ.АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

I. Ўзбекистон Республикаси Президентининг асарлари

1. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажакимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга курашимиз. – Т.: “Ўзбекистон”, 2017. – 488 б.
2. Мирзиёев Ш.М. Миллий тараққиёт йўлимизни қатъият билан давом эттириб, янги босқичга кўтарамиз. 1-жилд. – Т.: “Ўзбекистон”, 2017. – 592 б.
3. Мирзиёев Ш.М. Халқимизнинг розилиги бизнинг фаолиятимизга берилган энг олий баҳодир. 2-жилд. Т.: “Ўзбекистон”, 2018. – 507 б.
4. Мирзиёев Ш.М. Нияти улуг халқнинг иши ҳам улуг, ҳаёти ёруғ ва келажак фаровон бўлади. 3-жилд.– Т.: “Ўзбекистон”, 2019. – 400 б.
5. Мирзиёев Ш.М. Миллий тикланишдан – миллий юксалиш сари. 4-жилд.– Т.: “Ўзбекистон”, 2020. – 400 б.

II. Норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар

6. Ўзбекистон Республикасининг Конституцияси. – Т.: Ўзбекистон, 2018.
7. Ўзбекистон Республикасининг 2020 йил 23 сентябрда қабул қилинган “Таълим тўғрисида”ги ЎРҚ-637-сонли Қонуни.
8. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июнь “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПФ-4732-сонли Фармони.
9. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февраль “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги 4947-сонли Фармони.
10. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 20 апрель “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-2909-сонли Қарори.
11. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 май “Ўзбекистон Республикасида коррупцияга қарши курашиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5729-сон Фармони.
12. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 август “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сонли Фармони.
13. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 21 сентябрь “2019-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини инновацион ривожлантириш

стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-5544-сонли Фармони.

14. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 8 октябрь “Ўзбекистон Республикаси олий таълим тизимини 2030 йилгача ривожлантириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида” ги ПФ-5847-сонли Фармони.

15. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 29 октябрь “Илм-фанни 2030 йилгача ривожлантириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-6097-сонли Фармони.

16. Ўзбекистон Республикаси Президенти Шавкат Мирзиёевнинг 2020 йил 25 январдаги Олий Мажлисга Мурожаатномаси.

17. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2019 йил 23 сентябрь “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 797-сонли Қарори

III. Махсус адабиётлар

18. Юсупбеков Н.Р., Мухамедов Б.И., Ғуломов Ш.М. Технологик жараёнлами назорат қилиш ва автоматлаштириш. -Тошкент: Ўқитувчи, 2011. -576 б.

19. Юсупбеков Ҳ.П., Мухамедов Б.Э., Ғуломов Ш.М. Технологик жараёнларни бошқариш системалари. -Тошкент: Уқитувчи. 1997. -704 б.

20. Юсупбеков Н.Р., Мухитдинов Д.П., Авазов Ю.Ш. Автоматика ва назорат ўлчов асбобларининг тузилиши ва вазифаси.. - Т.: Иқтисод-молия, 2010. -224 б.

21. Зайцев С.А., Грибанов Д.Д., Толстов А.Ҳ., Меркулов Р.В. Контрольно измерительные приборы и инструменты. -М.: Академия, 2002. -464с.

22. Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков Б.С. Теплотехнические измерения и приборы. -М.:МЭИ, 2005.-460с.

23. . Гульятёв А.К. Визуальное моделирование в среде МАТЛАБ. Учебный курс. -СПб.: Питер.2000. -432с.

24. СИМУЛИНК-моделирование в среде МАТЛАБ.Учебное пособие. -М.: МГУИЭ. 2002. -128с.

25. . КалиниченкоА.В. Справочник инженера по КИПиА. -М.: Инфра Инженерия, 2008. -564с.

26. . П.Кузнецов Н.Д., Чистяков Б.С. Сборник задач и вопросов по «Теплотехнические измерения и приборы». -М.: МЭИ, 2005.

27. Бельдеева ЖИ.Ҳ. Технологические измерения на предприятиях

химической промышленности. Часть 1. -Алтай: АлтГТУ, 2002. -70с.

28. Бельдеева Л.Н. Технологические измерения на предприятиях химической промышленности. Часть 2. -Алтай: АлтГТУ, 2002. -100с.

IV.Интернет сайтлар

1. <http://edu.uz> – Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги
2. <http://lex.uz> – Ўзбекистон Республикаси Қонун ҳужжатлари маълумотлари миллий базаси
3. <http://bimm.uz> – Олий таълим тизими педагог ва раҳбар кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини оширишни ташкил этиш бош илмий-методик маркази
4. <http://ziyonet.uz> – Таълим портали Ziyonet
5. <http://natlib.uz> – Алишер Навоий номидаги Ўзбекистон Миллий кутубхонаси
6. www.infocom.uz- электрон журнал