

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАҲСУС ТАЪЛИМ
ВАЗИРЛИГИ**

ТАШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

**«Информатика, автоматлаштириш ва бошқарув»
кафедраси**

ТЕХНОЛОГИК ЎЛЧАШ УСУЛЛАРИ ВА АСБОБЛАРИ

фанидан

МАЪРУЗАЛАР МАТНИ

ТОШКЕНТ - 2013

«Технологик ўлчаш усуллари ва асбоблари» фанидан маърузалар матни «Автоматлаштириш ва бошқарув» таълим йўналиши талабалари учун ушбу фандан назарий билимларни эгаллашга ёрдам беради.

Тузувчи: доц. Юнусов И.И.

Тақризчи: доц. Бобоёров Р.О.

«Информатика, автоматлаштириш ва бошқарув» кафедраси мажлисида кўриб чиқилган ва ООМТ факултети Илмий-услубий Кенгашига тасдиқлаш учун тавсия этилган. Протокол № ____ 2016 й.

“ИА ва Б” кафедраси мудир

доц. Хасанов Ж.Ҳ.

Тошкент кимё-технология институти ООМТ факултети Илмий-услубий Кенгаши томонидан чоп этишга тавсия этилган.

Протокол № ____ « ____ » _____ 2016 й.

ООМТ факултети

Илмий-услубий Кенгаши раиси

доц. Юнусов О.

КИРИШ

Ўлчаш ва ўлчов асбоблари ҳақидаги фанни ўрганиш жараёнида бўлгучи мутахассис назарий билимлар олади ва ўлчашнинг фундаментал асослари ва технологик параметрларни (температурани, босимни, сарфни, сатҳни, зичликни, қовушқоқликни, материаллар намлигини, эритмалар концентрациясини ва газларни таҳлил қилишни) замонавий ўлчаш усуллари, ахборотни масофага узатиш усуллари тўғрисида тасаввурга эга бўлади, ҳамда, объект хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда, ўлчов асбобларини танлаш кўникмаларига эга бўлади.

Замонавий мутахассислар билимига қуйидаги талаблар қўйилади:

- кенг қўлланиладиган ўлчов асбобларини вазифасига ва ишлаш принципига қараб ишлатишни билиши;
- технология шарт-шароитларига қараб параметрларнинг ўлчаш усулларини танлашни билиши;
- ўлчов асбобларини технологиянинг ўлчаш аниқлиги бўлган талабларига мос равишда танлашни билиши;
- тизим талабларига жавоб берадиган сигнал ўзгартиргичларни танлашни билиши;
- ўлчов асбобларининг хатоликларини аниқлаб, уларга ушбу аниқлик синфи бўйича ишлатишга яроқлилиги тўғрисида боҳо беришни билиши;
- ўлчов асбобларини текшириб, уларнинг хатоликларини аниқлашни билиши;
- ўлчов асбобларининг принципаал чизмаларини ўқишни билиши ва тушунишни керак.

В современных измерительных приборах в качестве первичных преобразователей все большее применение находят микрокалориметры, IDC-элементы, емкостные и резисторные сенсоры, полевые транзисторы, масс чувствительные сенсоры, QCM-кварцевые микровесы, SAW-поверхностный акустический резонатор и другие.

ЎЛЧАШ ВА ЎЛЧОВ АСБОБЛАРИ ҲАҚИДА УМУМИЙ ТУШУНЧАЛАР

Ўлчаш деб, ўлчанаётган катталиқни шартли равишда ўлчам бирлиги деб қабул қилинган катталиқ билан солиштириб билиш жараёнига айтилади.

$$Q = U g$$

Бу ерда, Q – ўлчанаётган катталиқ;

U - ўлчанаётган катталиқда ўлчам бирлигидан қанча борлигини кўрсатувчи қиймат;

g – ўлчам бирлиги.

Ўлчанаётган катталиқни ўлчам бирлиги билан солиштиришга мўлжалланган техник қурилмага ўлчов асбоби дейилади.

Физик катталиқларни ўлчашнинг техник ва лаборатория усуллари мавжуд. Техник ўлчашлар саноатда қўлланилиб, уларнинг аниқлиги нисбатан паст бўлади, лаборатория ўлчашлари эса, аниқлига юқори бўлиб, улар илмий тадқиқот ишларида ва ўлчов асбобларини текширишда ишлатилади.

Ўлчов асбобини текшириш деганда, унинг кўрсатишини аниқлиги юқори бўлган ўлчов асбоби кўрсатуви билан солиштириб аниқлашга айтилади.

Ўлчанаётган катталик қийматини аниқлашда бевосита ва билвосита ўлчаш усулларидан фойдаланилади.

Бевосита ўлчаш усуллари ўлчанаётган катталикни тўғридан-тўғри ўлчам бирлиги билан солиштиришга асосланган. Масалан, бевосита ўлчаш усулига мисол қилиб узунликни метр билан ўлчашни, босимни манометр билан ўлчашни мисол қилиш мумкин.

Қуйидаги бевосита ўлчаш усуллари мавжуд: тўғридан-тўғри аниқлаш усули, компенсацион усул ва дифференциал усуллар.

Тўғридан-тўғри аниқлаш усулида, ўлчанаётган катталик тўғридан-тўғри ўлчов асбоби чиқиш сигналиган айлантиради ва ўлчов асбоби ўлчанаётган катталикни тўғридан-тўғри кўрсатади.

Компенсацион усулда, қиймати номаълум ўлчанаётган катталик қиймати маълум катталик билан мувозанатланиб ўлчанади. Ўлчанаётган катталик қиймати маълум мувозанатловчи катталик қийматига қараб аниқланади. Бу усул бўйича ўлчовчи ўлчов асбобларига потенциометрларни, мувозанат кўприкларини ва коромислоли торозларни мисол қилиш мумкин.

Дифференциал усулда қиймати ўлчанаётган катталик қиймати маълум катталик билан солиштирилиб, ўлчанаётган қиймат катталиги қиймати маълум катталик қийматига улар орасидаги фарқни қўшиб аниқлашга асосланган (мисол: гастрономик тороз).

Билвосита ўлчаш усулида ўлчанаётган катталик Q бевосита усул билан эмас, балки, у билан қандайдир функционал боғлиқликга эга бўлган бир нечта параметрларни ($A, B, C, \dots$) бевосита ўлчаш усулларидан фойдаланиб ўлчаб, ўлчанаётган параметрни функционал боғлиқлик бўйича аниқлашга асосланган. Бунда ўлчанаётган параметр қуйидаги формула бўйича ҳисобланади.

$$Q=f(A, B, C, \dots)$$

Масалан, идиш ичидаги модда миқдорини сатхни ўлчаб аниқлаш.

Ўлчов асбоблари деб, ўлчанаётган катталикни ўлчов бирлигига бевосита ёки билвосита солиштиришга мўлжалланган қурилмага айтилади.

Ўлчанаётган параметр турига қараб, ўлчов асбоблари қуйидагича таснифланади:

1. Термометрлар ва пирометрлар – температурани ўлчаш учун;
 2. Манометрлар, вакуумметрлар ва бошқа. – босимни ўлчаш учун;
 3. Сарф ўлчагичлар ва миқдор ўлчагичлари (Расходомерлар и счетчиклар) – сарф ва миқдорни ўлчаш учун;
 4. Сатх ўлчагичлар – сатхни ўлчаш учун;
 5. Газоанализаторлар – газ аралашмаси таркибидаги қиймати аниқланаётган компонентларнинг миқдорини аниқлаш учун;
 6. Концентратомерлар – эритмалар концентрациясини аниқлаш учун;
 7. Зичлик ўлчагичлар – эритмалар зичлигини аниқлаш учун;
 8. Вискозиметрлар – суюқликларнинг қовушқоқлигини ўлчаш учун;
 9. Намлик ўлчагичлари (Психрометрлар) – ҳаво ва газларнинг намлигини аниқлаш учун;
- ва бошқалар (тахометрлар, тутун ўлчагичлар ва бошқалар).

Бундан ташқари ўлчов асбоблари яна қуйидагича таснифланади:

I. Вазифасига қараб:

- а) Техник – ишчи (конструкцияси содда, пишиқ ва ишончли);
- б) Назоратчи - (аниқ ўлчашлар учун ва техник асбобларни текшириш учун);
- г) Намунали – ўлчов асбобларини текширишда ишларилади;
- д) Эталон – бирламчи ва иккиламчи эталонлар жуда аниқ бўлиб, улар ўлчам бирлигининг давлат эталонлари ҳисобланади.

II. Кўрсатишига қараб:

- а) Кўрсатувчи;
- б) Ёзиб боровчи;
- в) Жамловчи (счётчиклар).

III. Ишлаш принципи бўйича:

- а) Механик;
- б) Электрик;
- в) Пневматик;
- г) гидравлик;
- д) радиоактив.

IV. Жойлашишига қараб:

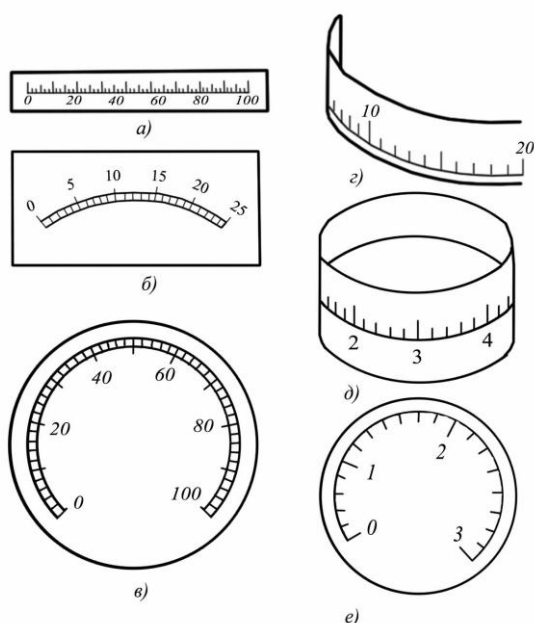
- а) жойидаги ўлчовчи – ўлчаш пунктларининг ўзида ўрнатилади;
- б) Ахборотни масофага узатувчи (марказлашган назорат учун қўлланилади).

V. Ўлчамларига қараб:

Нормаль, кичик габаритли ва жуда кичик ўлчамли.

Ўлчов асбобининг асосий элементи бўлиб ўлчаш механизми ҳисобланади ва у ўзининг сезгир элементи ва кўрсатиш қурилмаси ёрдамида (кўрсатувчи, ёзиб боровчи ва жамловчи), тўғридан-тўғри ўлчашни амалга оширади.

Ўлчов асбоби шкаласи қуйидаги кўринишларда бўлиши мумкин:



- а – тўғри чизикли;
- б – ёйсимон;
- в – айланма бир текисда;
- г – профил кўринишида;
- д – барабан кўринишида;
- е – айланма бир текисда эмас.

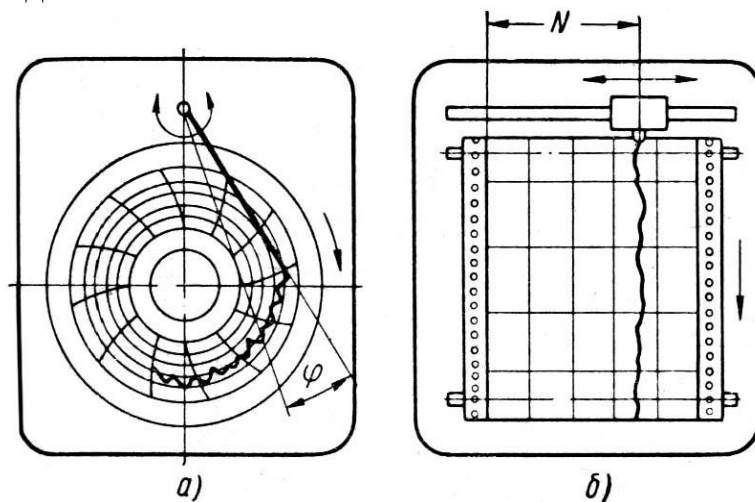
Расм 1.

Шкаладаги бўлинмалар градуировка ва ундаги рақамлар шкаланинг рақамланиши (оцифровка) дейилади. Ўлчам бирлигидаги шкаланинг энг кичик бўлинмаси бўлинма қиймати деб номланади. Шкаланинг бошланғич ва охириги бўлинмалари ўлчашнинг бошланғич ва охириги қийматларини ёки шкала диапазонини (ўлчаш диапазонини) белгилайди.

Шунингдек ўлчов асбоби шкаласи бир текисда ва бир текисдамас, ҳамда, бир томонлама ва икки томонлама бўлиши мумкин.

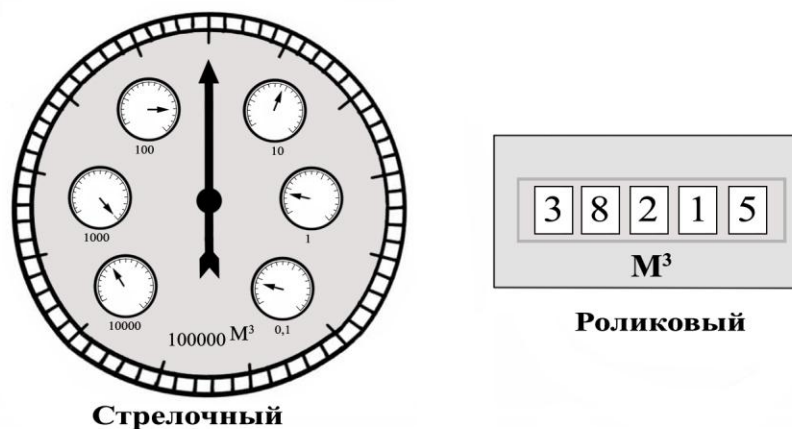
Ўлчов асбоби стрелкаси пона, найза ва пичоксимон (аниқ ўлчов асбобларида) кўринишда бўлиши мумкин.

Ўзиёзар ўлчов асбобларида одатда лентасимон ва дисксимон диаграмма қоғозлари ишлатилади.



Расм 2.

Ёзиш қурилмасида диаграммани юрғизиш учун соат механизмидан ёки синхрон электр юритмадан фойдаланилади. Жамловчи асбобларда стрелкали ёки роликли ҳисоблаш қурилмалари ишлатилади.



Расм 3.

Бир корпусдан ташкил топган ўлчов асбоби одатда жойида ўлчашга мўлжалланган бўлади. Ахборотни масофага узатишга мўлжаллаган ўлчов асбоби бирламчи ва иккиламчи ўлчов асбобларидан ташкил топган бўлади. Бирламчи ўлчов асбобидаги сезгир элемент ўлчаш объектига ўрнатилади. Иккиламчи ўлчов асбоби бирламчи асбобдан келган сигнални қабул қилиб олиб, уни ҳисоблаш қурилмаси силжишига айлантиради ва параметрни масофадан ўлчайди.

Бирламчи ўлчов асбоблари масофадан ўлчашда сигнал ўзгартиргичлар билан жихозланган бўлиб, уларда ўлчанаётган катталиқ пропорционал электр ёки пневматик сигналларга айлантирилади.

Ўлчов асбобларининг сифати ўлчов асбобининг ўлчаш аниқлиги, сезгирлиги ва тезкорлиги билан ифодаланади.

Ўлчов асбобларининг аниқлиги унинг қанчалик тўғри кўрсатаёгани билан белгиланади, яъни, ўлчаш натижалари ўлчанаётган катталикнинг ҳақиқий қийматидан қанчалик четлашаётганига боғлиқ.

Ўлчов асбоби сезгирлиги деганда уни ўлчанаётган катталикнинг кичик ўзгаришларини сезаолиш қобилияти тушунилади. Ўлчов асбоби сезгирлигини стрелкани чизикли ёки бурчак силжишини, бу силжишга сабаб бўлган ўлчанаётган катталик ўзгаришига нисбати орқали ифодалаш мумкин.

$$S = \frac{\Delta l}{\Delta A} \quad \text{ёки,} \quad S = \frac{\Delta \varphi}{\Delta A}$$

Бу, ўлчов асбоби ўлчанаётган катталикнинг қанча кичик ўзгаришини сезса, унинг сезгирлиги шунча катта дегани. Сезгирлик бўлинма қийматига тескари пропорционалдир ва шунинг учун ўлчов асбоби шкаласи қанча кичик бўлинма қийматига эга бўлса, унинг сезгирлиги шунча катта бўлади.

Ўлчов асбоби тезкорлиги унинг инерциясига, яъни ўлчашнинг кечикишига боғлиқ.

Хар хил ўлчов асбобларининг ишлатилишига маълум талаблар мавжуд (температура, намлик, тебранишлар ва бошқалар).

Ўзбекистонда ҳозир автоматлаштириш воситаларининг ва саноат асбобларининг ягона давлат тизими (ГСП) мавжуд бўлиб, у ўлчаш ва автоматлаштириш воситаларини унификациялаш ва стандартлашни назарда тутди. Сигналларни унификациялаштириш (пневматик сигнал 0,02- 0,1 МПа; электр аналогли сигнал 0-5 ма; 0-20ма) автоматлаштириш воситалари ва саноат асбобларининг ягона давлат тизимининг асоси ҳисобланади.

ЎЛЧАШ ХАТОЛИКЛАРИ

Ўлчаш усуллари ва ўлчов асбобларининг такомил эмаслиги ва ўлчаш шароитларининг таъсири натижасида физик катталикларни ўлчашни абсолют аниқ амалга ошириб бўлмайди. Бунда ҳосил бўлаётган хатоликларнинг сон қиймати ўлчаш хатоликлари дейилади. Шундай қилиб, ўлчаш хатолиги деб ўлчов асбоби кўрсатуви билан ҳақиқий қиймат орасидаги фарқга айтилади.

Ўлчаш хатолиги абсолют ёки нисбий катталикларда ифодаланиши мумкин.

Абсолют хатолик «а», ўлчанаётган параметр бирлигида ифодаланиб, ўлчов асбоби кўрсатиши A_n билан ўлчанаётган параметр ҳақиқий қиймати A_d орасидаги фарқга тенг бўлади,

$$a = A_n - A_d.$$

нисбий хатолик «b» эса, абсолют хатоликни ҳақиқий қийматга нисбати бўйича ҳисобланиб, процентда ифодаланади, яъни,

$$b = \frac{a}{A_0} 100\%$$

Ўлчанаётган катталикни ҳақиқий қийматини аниқлаш учун, ўлчов асбоби кўрсатишига, абсолют хатоликга тенг бўлган, "d" тузатиш тескари ишора билан киритилади.

Техникада, олдиндан белгиланган аниқликда, асосий йўл қўйилиши мумкин бўлган хатолик чегарасида ўлчайдиган ўлчов асбоблари ишлатилади.

Ўлчов асбоблари ишлашининг нормал шароитларида асосий йўл қўйилиши мумкин бўлган хатолик қийматлари стандартларда белгиланади. Асосий йўл қўйилиши мумкин бўлган хатолик қийматлари бўйича ўлчов асбоблари қуйидаги аниқлик синфларига бўлинади: 0.005; 0.02; 0.05; 0.2; (эталон, намунали ва лаборатория асбоблари), 0.35; (назорат асбоблари), 0.5; 1; 1.5; 2; 2.5; (техник асбоблар).

Аниқлик синфининг шартли белгиланиши асосий йўл қўйилиши мумкин бўлган абсолют хатоликни «а», шкаланинг ўлчаш диапазонида N нисбатини процентдаги ифодасига мос келади, яъни, $\frac{a}{N}100\%$. Бошқа томондан, абсолют хатоликни шкала диапазонида нисбатининг процентдаги ифодаси келтирилган нисбий хатолик дейилади, яъни,

$$\beta = \frac{a}{N}100\%$$

Шундай қилиб, ўлчов асбобининг аниқлик синфи ўлчов асбоби ўлчаш диапазонининг неча фоизи миқдорида хатоликга йўл қўйиши мумкинлигини кўрсатади.

Аниқлик синфи одатда ўлчов асбоби циферблатида кўрсатилади.

Ўлчов асбобини нормал шароитларда ишлатилганда йўл қўяётган хатоликлари асосий хатоликлар дейилади. Нормал шароитдан четлашганда пайдо бўладиган хатоликлар қўшимча хатоликлар дейилади. Ўлчов асбобининг асосий хатоликларини аниқлаш учун уни маълум муддатларда текшириб турилади, яъни, унинг кўрсатишларини аниқлиги юқори бўлган ўлчов асбоби кўрсатишлари билан солиштирилади. Одатда, текширишни аввал ўлчанаётган параметрни ошириб бориб (ортиб боришда), сўнггра, ўлчанаётган параметрни камайтириб текширилади.

Ташқи таъсир ўзгармаган ҳолатда ўлчанаётган параметрнинг бирхил қийматини бир неча маротаба ўлчагандаги (ортиб боришдаги ва камайтишдаги) энг катта фарқга ўлчов асбоби кўрсатишидаги вариация дейилади. Вариациянинг пайдо бўлишига сезгир элементларнинг бикирлик ва термик асоратлари, ўлчов асбоби кўзғалувчан қисмларидаги ишқалишлар, ўлчаш механизмларидаги люфтлар ва бошқалар сабаб бўлиши мумкин.

Ўлчов асбоби кўрсатишидаги вариация одатда процентда ифодаланиб, **келтирилган вариация** деб номланади ва унинг қиймати аниқлик синфи қийматидан кичик бўлиши керак.

$$\gamma = \frac{A_{np} - A_{обр}}{N} 100\%$$

Агар, ўлчов асбоби нормал шароитдан фарқли шароитларда ишласа, унда қўшимча хатоликлар пайдо бўлади.

Бундан ташқари, ўлчаш хатоликлари бу хатоликларнинг характерига қараб систематик, тасодикий ва қўпол хатоликларга бўлинади.

Хатоликларнинг пайдо бўлиш сабаблари яхши маълум бўлса, унда бундай хатоликлар **Систематик хатоликлар** дейилади.

Маълум бир қонуниятларга бўйсинмайдиган хатоликлар **тасодикий** хатоликлар дейилади.

Ўлчаш натижаларидан **қўпол** хатоликлар чиқариб ташланади.

Тасодифий хатоликлар

Тасодифий хатоликлар ўзининг қиймати ва табиати бўйича олдиндан ноаниқ бўлади. Қайта ўлчашларда уларнинг қийматлари ўзгармай қолмайди, чунки ўлчаш жараёнига биргаликда таъсир этаётган кўплаб сабаблар, бир-бирига боғлиқ бўлмаган холда, ҳар бири ўзини ҳар хил тутеди.

Бир маротаба ўлчашда тасодифий хатоликларни ҳисобга олиб бўлмайди. Лекин ҳар бир қийматни бир неча маротаба ўлчаб, ўлчаш натижаларидан систематик ва кўпол ўлчаш натижаларини чиқариб ташлаб, маълум бир эҳтимоллик билан уларнинг таъсирини аниқлаш мумкин.

Эҳтимоллар назарияси ва математик статистика усулларига асосланган тасодифий хатоликлар назарияси ёрдамида қайта ўлчашларни амалга ошириб, олинаётган натижага аниқлик киритиш мумкин. Шу сабабли, тасодифий хатоликлар назарияси ўлчаш аниқлигини ва ўлчов асбобларининг ишлашини ишончлилиги (**надежность**) баҳолашда кенг қўлланилади.

Бир хил ўзгармас катталикини кўп матра қайта ўлчашлар шуни кўрсатадики, бир хил қийматли ва ҳар хил ишорали тасодифий хатоликлар, маълум қонуниятларга бўйсинувчи турғун частотани сақлаб қолади. Амалга оширилган ўлчашлар сонини n десак ва m деб олинган бир хил тасодифий хатоликлар сонини белгиласак, унда, бу хатоликларнинг пайдо бўлиши эҳтимоллиги P қуйидаги формула бўйича аниқланади

$$P = \frac{m}{n}$$

Кўп сонли ўлчашлар натижасида ҳар хил тасодифий хатоликларни пайдо бўлиши эҳтимоллиги кўп ҳолатларда қуйидаги нормал тақсимланиш қонунига бўйсинади:

$$P(\Delta_c) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\Delta_c^2}{2\sigma^2}}$$

Бу ерда, $P(\Delta_c)$ – тасодифий хатоликни пайдо бўлиш эҳтимоллиги;

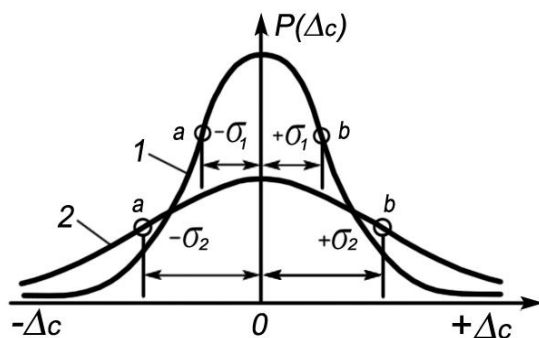
Δ_c – ўлчашдаги тасодифий хатолик ($\Delta_c = x - X$);

σ – ўлчаш натижасининг ўртача квадрат четлашуви;

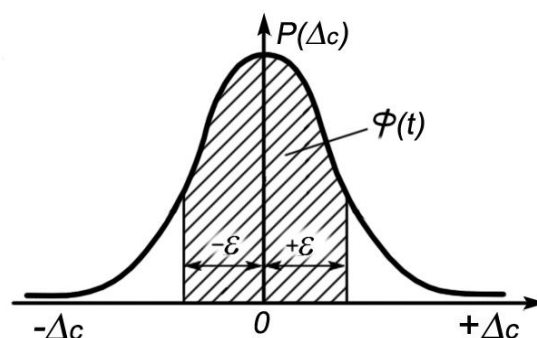
e – натурал логарифм асоси.

4-расмда ўрта квадрат четлашиш σ нинг икки қиймати учун нормал тақсимланиш қонуни бўйича қурилган 1 ва 2 тасодифий хатоликларнинг нормал тақсимланиш эгри чизиклари келтирилган. Бунда, 1 эгри чизикдаги четлашиш 2 чизикдагидан икки баробар кичик. Тақсимланиш эгри чизиклари ордината ўқига нисбатан симметрик равишда жойлашган ва бунда қийматлари бир-бирига тенг, лекин тескари ишорага эга бўлган тасодифий хатоликлар пайдо бўлиш эҳтимоллиги бир хил. Эгри чизиклар ўрта қисми бўртиб чиққан бўлиб, унинг икки томонида a ва b **перегиб** нуктаси мавжуд. Бу нукталардан пастда эгри чизик асимптотик равишда абцисса ўқига қараб кетади.

Бу икки эгри чизик учун ҳам тасодифий хатолик мавжудлигининг энг катта эҳтимоллиги $\Delta_c = 0$ бўлганда бўлади.. Унинг қийматининг ортиши (қандай ишорада бўлишига қарамасдан) тасодифий хатолик пайдо бўлиши эҳтимоллигининг камайишига олиб келади.



Расм.4



Расм.5

4- расмдан кўриниб турибдики, 1 ва 2 тақсимланиш эгри чизиқлари хар хил энг катта эҳтимолликларга $P(\Delta_c)$ ва хар хил a ва b перегиб нуқталар орасидаги масофага эга. Бу нуқталар ва ордината ўқи оралиғи ўлчаш натижасининг ўртача квадратик четлашишига $\pm\sigma$ тенг бўлиб, у тасодифий хатоликлар қийматларининг ёйилиш даражасини ифодалайди. Тасодифий хатоликлар қийматларининг ёйилиш даражаси, яъни тақсимланиш эгри чизиғи кенглиги бўлиб, дисперсия $D(\Delta_c) = \sigma^2$ хизмат қилади. σ қиймати қанча кичкина бўлса, хатоликларнинг ёйилиши шунча кичик бўлади, чунки, бунда тақсимланиш эгри чизиғи остидаги юзанинг ҳаммаси ордината ўқиға жуда яқин жойлашган бўлиб, бу кичик хатоликлар пайдо бўлиш эҳтимоллигини оширади ва катта хатоликлар пайдо бўлиш эҳтимоллигини камайтиради. Шундай қилиб, σ нинг кичрайиши ўлчаш аниқлигини ошишига олиб келади.

Тасодифий хатоликлари бўлган қайта ўлчашлар натижаларини қайта ишлашда, ўлчашнинг якуний натижаси ҳисобланган ўртача арифметик қиймат $\bar{x}$ аниқланади, яъни,

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

бу ерда, $x_1, x_2, \dots, x_n$ — шартли равишда x_i деб белгиланган n (ўлчашлар сони) та ўлчанган қийматлар қатори.

Тасодифий хатоликни аниқлаш учун ўлчаш натижасининг ўртача квадратик четлашиши σ , қуйидаги тенглама бўйича аниқланади:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Тасодифий хатоликларнинг нормал тақсимланиш эгри чизиғининг асосий характеристикалари 5—расмда келтирилган. Тасодифий хатоликлар қандайдир интервалдан чиқиб кетмасликлари эҳтимоллиги, шу интервалда абсцисса ўқи ва тақсимланиш эгри чизиғи билан чегараланган юза билан аниқланади. Ушбу интервал $\pm\epsilon$ ишонч интервали дейилади ва унга мос келувчи тасодифий хатоликларнинг пайдо бўлиш эҳтимоллиги (штрихланган юза) $\Phi(t)$ ишонч эҳтимоллиги дейилади.

Ўлчаш натижаларининг қайта такрорланиш даражасини ифодаловчи ишонч интервали хар хил қийматларга эга бўлиши мумкин. Катта ишонч интервалида катта ишонч эҳтимоллиги бўлади. Ўлчашда, агар ишонч интервали берилган бўлса, ишонч эҳтимоллиги аниқланади, ва агар ишонч эҳтимоллиги берилган бўлса, унда ишонч

интервалы аниқланади. Шундай қилиб, тасодифий хатоликларнинг қийматини таснифлаш учун икки катталиқ – ишонч интервалы ва ишонч эҳтимоллигини аниқлаш керак экан.

Ишонч интервалы ε одатда ўртача квадрат четлашишнинг бир қисми бўлган нисбий катталиқ t орқали ифодаланади, яъни,

$$t = \frac{\varepsilon}{\sigma}.$$

Ишонч эҳтимоллиги ($\Phi(t)$) ёки катталигини (t), тасодифий хатоликларни нормал тақсимланиши қонунига асосан тузилган 1-жадвал ёрдамида аниқланади.

Тахмин қилайлик, x катталигини маълум ўлчашлар сонида формулалар ёрдамида ҳисобланган қийматлари $x = 1,27$ ва $\sigma = 0,025$ бўлди. Алоҳида ўлчашнинг x_i тасодифий хатолиги Δ_c , $1,26 < x_i < 1,28$ тенгсизлик билан ифодаланган танланган ишонч интервалы $\varepsilon = \pm 0,01$ чегарасидан ўтмаслик эҳтимоллигини аниқлаш керак бўлсин. Унда,

$$t = \frac{\varepsilon}{\sigma} \text{ тенглама бўйича } t \text{ ни топамиз: } t = 0,01 : 0,025 = 0,4.$$

1-жадвал бўйича, ишонч эҳтимоллиги $\Phi(t) = 0,31$. Шундай қилиб, умумий ўлчашларнинг 30%, $\pm 0,01$ дан ошмайдиган тасодифий хатоликларга Δ_c эга бўлади.

Жадвал 1. Ўзгармас катталиқни қўп сонли ўлчашларидаги t ва $\Phi(t)$ ларнинг қийматлари.

t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$
0	0	1,4	0,84	2,8	0,995
0,2	0,16	1,6	0,89	3,0	0,997
0,4	0,31	1,8	0,93	3,2	0,9986
0,6	0,45	2,0	0,95	3,4	0,9993
0,8	0,57	2,2	0,972	3,6	0,9997
1,0	0,68	2,4	0,984	3,8	0,99986
1,2	0,77	2,6	0,990	4,0	0,99993

1-жадвалга биноан ишонч интервалынинг $\varepsilon = \sigma$ ($t = 1$) қийматида ишонч эҳтимоллигининг қиймати $\Phi(t) = 0,68$ бўлади. Бу эса, тасодифий хатоликларнинг тахминан 70% ўртача квадрат четлашиш σ қийматидан ошмаслигига мос келади. $\varepsilon = 2 \sigma$ ($t = 2$) бўлганда, $\Phi(t) = 0,95$ бўлади, $\varepsilon = 3 \sigma$ ($t = 3$) бўлганда эса, $\Phi(t) = 0,997$ бўлади. Амалдаги ўлчашлар учун, ишонч эҳтимоллигининг 0,9 ёки 0,95 қийматлари билан чекланилади.

Для предварительной оценки степени достоверности отдельных измерений ряда кроме среднего квадратического отклонения σ применяются также вероятная погрешность Δ_B и предельная погрешность $\Delta_{пр}$.

Вероятная погрешность соответствует значению $t = 0,675$ и доверительной вероятности $\Phi(t) = 0,5$ (таблица 1). Находится она по формуле

$$\Delta_B = 0,675 \sigma$$

Смысл определения этой погрешности состоит в том, что при многократном измерении постоянной величины 50% случайных погрешностей будет меньше вероятной погрешности и 50% - больше ее.

Предельная погрешность равна доверительному интервалу ε , т. е. определяется из равенства

$$\Delta_{\text{пр}} = \varepsilon = t \sigma.$$

1-жадвалдан фойдаланишда, унинг кўп сонли қайта ўлчашлар n учун мослигини эсдан чиқармаслик керак. Амалда, ўлчашлар сони чекланган бўлиши, бу тасодифий хатоликларнинг нормал тақсимланиш қонунини ҳамма вақт ҳам қўллаб бўлмаслигига сабаб бўлади.

Кам сонли такрорий ўлчашлар n учун, одатда Стьюдент томонидан таклиф қилинган тасодифий хатоликларнинг тақсимланишидан фойдаланилади. Бу тақсимланиш учун ишонч интервали ε ёки ишонч эхтимоллиги P_s 2-жадвалда келтирилган n қийматига қараб аниқланади. Бунда, t_s (Стьюдент коэффиценти ёки касри) қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади:

$$t_s = \frac{\varepsilon \sqrt{n}}{\sigma}$$

бу ерда, σ - ўртача квадратик четлашув.

2-жадвал. t_s нинг ўзгармас катталикини кўп сонли ўлчашлардаги P_s қиймати учун

n	t_s нинг хар хил P_s лардаги қиймати								
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999
2	0,16	0,51	1,00	2,0	6,3	12,7	31,8	63,7	-
3	0,14	0,45	0,82	1,3	2,9	4,3	7,0	9,9	31,6
4	0,14	0,42	0,77	1,3	2,4	3,2	4,5	5,8	12,9
5	0,13	0,41	0,74	1,2	2,1	2,8	3,7	4,6	8,6
6	0,13	0,41	0,73	1,2	2,0	2,6	3,4	4,0	6,9
8	0,13	0,40	0,71	1,1	1,9	2,4	3,0	3,5	5,4
10	0,13	0,40	0,70	1,1	1,8	2,3	2,8	3,3	4,8
12	0,13	0,40	0,70	1,1	1,8	2,2	2,7	3,1	4,5
14	0,13	0,39	0,69	1,1	1,8	2,2	2,7	3,0	4,2
16	0,13	0,39	0,69	1,1	1,8	2,1	2,6	2,9	4,0
18	0,13	0,39	0,69	1,1	1,7	2Д	2,6	2,9	4,0
20	0,13	0,39	0,69	1,1	1Д	2,1	2,5	2,9	3,9

Кўп сонли ўлчашлар n натижасида, t_s қиймати мос равишда 2-жадвалда келтирилган t қийматларига яқинлашиб боради.

$n = 6$ бўлганда, тенглама бўйича ҳисобланган ўлчанаётган катталикининг ўртача арифметик қиймати $\bar{x} = 35,4$ ва ўртача квадратик четлашув $\sigma = 0,25$ бўлсин. Агар $\bar{x}$, X нинг ҳақиқий қийматидан ишонч интервали $\varepsilon = \pm 0,2$ қийматга фарқ қилса (яъни, тенгсизлик $35,2 < X < 35,6$ бўлса), ишонч эхтимоллиги қийматини топиш керак бўлсин:

$$t_s = \frac{0.2\sqrt{6}}{0.25}$$

2-жадвалдан n ва t_s қийматига қараб $P_s = 0,9$ қийматни аниқлаймиз. Яъни, 90% алоҳида ўлчашлардаги тасодифий хатоликлар $\pm 0,2$ чегарадан чиқиб кетмайди.

ТЕМПЕРАТУРНИ ЎЛЧАШ

Температура ва температура шкалалари тўғрисида умумий тушунчалар

Температура деб жисмнинг иссиқлик даражасини белгиловчи катталиқга айтилади. Температуранинг бундай тасаввур қилиш иссиқлик контактида бўлган икки жисм орасидаги иссиқлик алмашинуви ходисасига асосланган. Иссиқлигини бераётган, иссиқлиги юқори жисм, иссиқликни қабул қилиб олаётган жисмдан температураси юқори бўлади. Иссиқлик алмашинуви бўлмаса, унда жисмлар температураси тенг бўлади.

Молекуляр кинетик назарияга асосан, жисм температурасини ортишига сабаб бўлувчи унга берилаётган иссиқлик энергияси, молекулалар ҳаракатланиши энергиясига айланади. Яъни, температура бу жисм заррачаларининг ўртача кинетик энергиясига тўғри пропорционал катталиқдир.

Температуранинг миқдорий баҳолашга ўтиш учун температура шкаласини қуриш керак бўлади, яъни, шкаланинг бошланишини қабул қилиш, ҳамда, температурани ўлчам бирлигини танлаш.

Биринчи температурани ўлчам қурилмаси Галилей томонидан 1597 йилда таклиф қилинган бўлиб, бу сув термометрининг ҳали шкаласи бўлмаганлиги сабабли уни температура индикатори деб аталса тўғри бўлади.

1641 йилда тахминий бўлинмаларга бўлинган қурилма яратилди. Ярим аср ўтгандан сўнг эса, Ренальдини ўзгармас репер нуқталардан фойдаланишни таклиф қилди, яъни, музнинг эриш нуқтаси ва сувнинг қайнаш нуқтаси. Аммо, ҳали температура шкаласи йўқ эди.

Биринчи температура шкаласи 1724 йилда Фаренгейт (Голландия) томонидан таклиф қилинган. У шиша асбобларини ясаш билан шуғулланар эди. У симоб барометрида температура ўзгариши билан симоб устунининг ўзгаришини сезиб қолиб, температура шкалали симоб термометрини таклиф қилди. Фаренгейт ўз температура шкаласини қуришда ўзгармас-репер нуқталарни асос қилиб олди:

1. Юқори совуқ нуқтаси (абсолю ноль), сув, муз ва нашатирнинг маълум пропорцияларида олинада (0°F , Цельсий шкаласи бўйича $-17,8^{\circ}\text{C}$);
2. Музнинг эриш нуқтаси (32°F , Цельсий шкаласи бўйича 0°C);
3. Инсоннинг нормал температураси 96°F ($+35,6^{\circ}\text{C}$).

Кейинчалик, сувнинг қайнаш температураси 212°F деб қабул қилинган.

1731 йили Реомюр шиша термометрларида спиртдан фойдаланишни таклиф қилди. У музнинг эриш нуқтасини 0° , сувнинг қайнаш температурасини эса 80° деб қабул қилди.

1742 йилда Цельсий, симобдан фойдаланиб ва музнинг эриш нуқтасини 100°C , ҳамда, сувнинг қайнаш нуқтасини 0°C деб қабул қилиб ўзининг температура шкаласини таклиф қилди. Бундай белгиланиш ноқулайлиги сабабли ўшанда музнинг эриш нуқтасини 0°C , ҳамда, сувнинг қайнаш нуқтасини 100°C деб қабул қилинди.

Булардан ташқари яна Ломоносов ва Ламбертлар ҳам ўз температура шкалаларини таклиф қилганлар.

Бу температура шкалаларини қуришда, температура ўзгариши билан суюқликларнинг ҳажмий кенгайиши чизиқли боғлиқликка эга деб қабул қилинган

ва 1 градус деб, $(t^{\text{II}} - t^{\text{I}})$ температура интервалининг n дан бир бўлаги деб қабул қилинган, яъни,

$$1 \text{ град} = \frac{t^{\text{II}} - t^{\text{I}}}{n}$$

t^{II} ва t^{I} – икки энгил олинадиган ўзгармас нуқталар.

Ўзгармас нуқталар деб, 101325 н/м^2 ёки $1,0332 \text{ кгс/см}^2$ га тенг бўлган нормал абсолют босимда, ҳар хил моддаларнинг қаттиқ ва суюқ ёки суюқ ва газ фазалари орасидаги мувозанат температураларига айтилади.

Масалан, Цельсий ва Фаренгейт шкалаларида ушбу икки ўзгармас нуқталар сифатида музнинг эриш температураси ва сувнинг қайнаш температуралари олинган. Цельсий музнинг эриш температурасини 0°C ва сувнинг қайнаш температурасини 100°C деб, бу интервални 100 га бўлиб, 100°C ли температура шкаласини таклиф қилди, Фаренгейт эса, музнинг эриш температурасини 32 ва сувнинг қайнаш температурасини 212 деб қабул қилиб, бу интервални 180 тенг бўлақларга бўлиб, 1°F ни олди. Шундай қилиб, ушбу интервал Цельсий бўйича 100°C бўлса, Фаренгейт бўйича 180°F га тенг (яъни, $1^{\circ}\text{C} = 1,8^{\circ}\text{F}$ га тенг). Фаренгейтдан Цельсийга ўтиш учун қуйидаги тенгламадан фойдаланиш мумкин:

$$t^{\circ}\text{C} = 0,556 (n^{\circ}\text{F} - 32)$$

Ушбу температура шкалаларини қуришда, шартли равишда, симобнинг ҳажмий кенгайиши температурага чизиқли пропорционал деб қабул қилинган, аслида, айниқса 100°C (212°F) дан юқори температураларда бундай эмас. Худди шундай, температура шкаласини қуришда бошқа ишчи моддаларнинг физик хусусиятларидан (электр қаршилигини ёки ТЭЮК ни ўзгариши) фойдаланилганда ҳам юқоридаги ҳолат кузатилади. Фан ва техниканинг ривожланиши билан термометрик модданинг қандайдир хусусиятларидан боғлиқ бўлмаган ягона температура шкаласини яратишга зарурат пайдо бўлди.

1848 йили Кельвин термодинамик температура шкаласини таклиф қилди.

Агар заррачанинг қайсидир ўртача кинетик энергияси қийматига маълум бир градус қиймати берилса (асосий ёки репер нуқта), унда у абсолют нолдан бошланадиган чизиқли узлуксиз температура шкаласини қуришга етарли бўлади. Абсолют нолга заррачаларнинг нолга тенг тезлиги ва нолга тенг ўртача кинетик энергияси мос келади.

$$T = \frac{mv^2}{3k}$$

m , v -заррачанинг массаси ва тезлиги;

k - Больцман коэффиценти.

Кельвин термодинамик шкаласида ягона асосий тажриба нуқтаси бўлиб сувнинг уч ҳолати нуқтаси ҳисобланади ва у $273,16^{\circ}\text{K}$ деб қабул қилинган. Сувнинг уч ҳолати нуқтаси – сувнинг қаттиқ, суюқлик ва газ фазаларидаги мувозанат нуқтаси. Термодинамик температура T ҳарфи билан ва $^{\circ}\text{K}$ белги билан белгиланади.

Термодинамик шкала идеал газ билан тўлдирилган газ термометри шкаласи билан мос келади. Идеал газлар хусусиятларига жуда яқин ҳисобланган газлар H_2 , N ва He (гелий).

Газ термометрлари ёрдамида температурани ўзгармас ҳажмдаги газ босимини ўзгариши бўйича ўлчанади. Ўлчаш аниқлиги жуда юқори, аммо жуда

мураккаб. Шунинг учун газ термометрлари термодинамик шкалага яқин бўлган Халқаро амалий температура шкалаларини куришда ишлатилган.

1877 йилда Халқаро ўлчов қўмитаси асосий температура шкаласи сифатида юз градусли водород шкаласини қабул қилди ($0-100^{\circ}\text{C}$, 760 мм рт. ст. босимда). Унда ўзгармас хажмдаги водород босими бўйича температурани аниқланарди. Бу температура шкаласи бўйича температура градуслари термодинамик шкалага жуда яқин бўлиб, унинг амалий қўлланиши тахминан -25°C дан $+100^{\circ}\text{C}$ гача чегарадаги температура билан чекланарди.

XX аср бошларида, ҳар хил давлатларда ҳар хил температура шкалалари қўлланилар эди (Цельсий, Фаренгейт, Реомюр, термодинамик и водород шкалалари) ва бу маълум қийинчиликлар туғдирар эди.

Шунинг учун, 1933 йилда VIII ўлчаш бўйича Генерал конференцияда Халқаро температура шкаласини (ХТШ) жорий қилиш бўйича қарор қабул қилди.

ХТШ юз градусли термодинамик шкаланинг амалий ифодаси бўлиб, унда нормал босимда музнинг эриш ва сувнинг қайнаш температураси 0°C ва 100°C деб қабул қилинди. Цельсий шкаласидан фарқли, халқаро шкала градусларини “халқаро градуслар” ёки “юз градусли шкала градуслари” деб атаётди.

ХТШ асосий нуқталари:

1. Суюқ ва газсимон кислороднинг мувозанат температураси $-182,97^{\circ}\text{C}$;
2. Музнинг эриш температураси -0°C ;
3. Сувнинг қайнаш температураси $-100,0^{\circ}\text{C}$;
4. Суюқ олтингугурт ва унинг буғининг мувозанат температураси $-444,6^{\circ}\text{C}$;
5. Қаттиқ ва суюқ кумушнинг мувозанат температураси $-960,5^{\circ}\text{C}$;
6. Қаттиқ ва суюқ олтиннинг мувозанат температураси $-1063,0^{\circ}\text{C}$.

ХТШнинг қўлланиш тажрибаси уни термодинамик шкалага яқинлаштириш учун баъзи аниқликлар ва ўзгартиришлар киритиш кераклигини кўрсатди.

1948 йилда ХТШ қайта қўриб чиқилди. 1960 йилда 1948 йил температура шкаласига баъзи тўғрилашлар қабул қилинди ва ХАТШ 48-60 тасдиқланди.

ХАТШ –48-60 да қуйидаги аниқликлар киритилди:

1. Музнинг эриш температураси ўрнига сувнинг уч нуқтаси таклиф этилди $+0,01^{\circ}\text{C}$ (музнинг эриш температураси $0,000^{\circ}\text{C}$ иккинчи даражали ўзгармас нуқталар тоифасига киритилди);

2. Олтингугуртнинг қайнаш температураси ўрнига цинкнинг қаттиқ ва суюқ ҳолатларининг мувозанат температураси киритилди $+419,505^{\circ}\text{C}$;

3. Кумушнинг қотиш температураси қийматига аниқлик киритилиб, унга янги қиймат берилган $960,8^{\circ}\text{C}$.

1968 йилда ўлчаш бўйича Халқаро қўмита ХАТШ-68 ни қабул қилди. Унда ўзгармас нуқталарнинг қийматларига аниқлик киритилиб, пастки температураларни ўлчаш диапазони кенгайтирилди ($13,81^{\circ}\text{K}$).

1. Водороднинг уч нуқтаси $\dots -259,34^{\circ}\text{C}$ ($13,81^{\circ}\text{K}$).
2. Кислороднинг қайнаш нуқтаси $\dots -182,962^{\circ}\text{C}$
3. Сувнинг уч нуқтаси $\dots 0,01^{\circ}\text{C}$
4. Сувнинг қайнаш нуқтаси $\dots 100^{\circ}\text{C}$
5. Цинкнинг қотиш нуқтаси $+419,58^{\circ}\text{C}$
6. Кумушнинг қотиш нуқтаси $+961,93^{\circ}\text{C}$
7. Олтиннинг қотиш нуқтаси $+1064,43^{\circ}\text{C}$.

ТЕМПЕРАТУРАНИ ЎЛЧАШ УСУЛЛАРИ

Модда температураси бошқа термометрик модда хусусиятининг ўзгаришини назорат қилиш йўли билан аниқланади.

Температурани ўлчашда модданинг шундай хусусиятлари танланадики, у температурага боғлиқ равишда ўзгарсин. Бу талабларга термометрик моддаларнинг қуйидаги хусусиятлари мос келади: хажмий кенгайиш, берк хажмдаги босимнинг ўзгариши, электр қаршилиқнинг ўзгариши, электр юритувчи кучнинг (Э.Ю.К.) пайдо бўлиши ва нурланиш интенсивлигининг ўзгариши. Бу хусусиятлардан фойдаланиб температурани ўлчаш усуллари ишлаб чиқилган.

Температурани ўлчовчи асбобларнинг таснифи

Температурани ўлчовчи асбобларни қуйидагича таснифлаш мумкин:

1. Кенгайиш термометрлари (температурани ўлчаш чегараси -190°C дан 500°C гача);
2. Манометрик термометрлар (ўлчаш чегараси -160°C дан 600°C гача);
3. Электр қаршилиқ термометрлари (ўлчаш чегараси -200°C дан 650°C гача);
4. Термоэлектрик пирометрлар (ўлчаш чегараси -50°C дан 1800°C гача);
5. Нурланиш пирометрлари (ўлчаш чегараси 100°C дан 6000°C гача).

Шундай қилиб, температурани ўлчовчи асбоблар шартли равишда икки турга бўлинади: Термометрия, -200°C дан $+600^{\circ}\text{C}$ гача чегарада температурани ўлчовчи асбоблар - термометрлар (биринчи уч тури) ва пирометрия, юқори температураларни ўлчовчи асбоблар, пирометрлар (охирги икки тури).

КЕНГАЙИШ ТЕРМОМЕТРЛАРИ

Бу ўлчов асбобларининг ишлаш принципи температура таъсирида жисмларнинг ҳажми ва чизиқли ўлчамларининг ўзгариши хусусиятига асосланган.

Суюқликли ва механик кенгайиш термометрлари мавжуд.

Суюқликли шиша кенгайиш термометрлари

Бу ўлчов асбоблари ишчи термометрик суюқлик билан тўлдирилган резервуар кичик диаметрли капилляр билан уланган бўлиб, температура ошганда суюқлик ҳажми ортиб капилляр трубка бўйича маълум бир баландликка кўтарилади. Суюқликнинг капилляр трубкадаги сатхи кўтарилиши бўйича температура аниқланади.

Бу термометрларда ишчи суюқлик сифатида симоб ва органик моддалар (этил спирти, толуол пентан ва бошқалар) қўлланилади. Симоб баъзи устунликларга эга – ўлчаш диапозонининг катталиги, -39°C дан (ртутнинг музлаш температураси) 357°C гача (ртутнинг қайнаш температураси); шишанинг ртут билан ҳўлланмаслиги; тоза ртутни олишнинг осонлиги.

Симобнинг ўртача ҳажмий кенгайиш температура коэффиценти $0,18 \cdot 10^{-3}$ град $^{-1}$.

Органик суюқликлар билан тўлдирилган кенгайиш термометрлари ёрдамида -190 дан 100°C гача диапозонда температурани ўлчаш мумкин. Ҳажмий кенгайиш температура коэффиценти $1,13 \cdot 10^{-3}$ град $^{-1}$.

Симоб термометрлари температурани -35°C дан 500°C гача чегарада ўлчашга ишлатилади. Юқори температураларни ўлчашда, симоб қайнашининг олдини олиш учун, капилляр тепасидаги бўшлиқ инерт газ билан ортиқча босимда тўлдирилади (симоб қайнаш температурасини ошириш мақсадида).

Симоб термометрлари икки турда ишланади: ўрнатилган шкалали ва капиллярли трубкага чизилган шкалали (палочный).

Капиллярли трубкага чизилган шкалали термометр ташқи диаметри 6-8 мм ли қалин деворли капилляр ва унга уланган резервуардан ташкил топган бўлади. Термометр шкаласи бевосита капиллярнинг ташқи юзасига чизилади. Ўрнатилган шкалали термометр ингичка капиллярдан ва бўлинмалар чизилган оқ шиша пластинкадан ташкил топган бўлади.

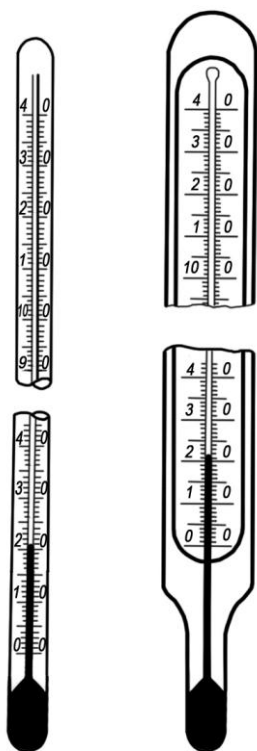
Вазифасига қараб, симобли термометрлар техник, намунали ва лаборатория турларига бўлинади.

ТТ типдаги техник термометрлар, пастки қисми узунлиги 60 дан 2000 мм гача ва юқори қисми узунлиги 110, 160 ва 220 мм, ҳамда диаметри 18 мм ли бўлиб, тўғри ва бурчакли (90° , 135°) қилиб тайёрланади.

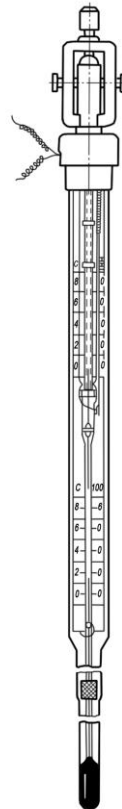
Бу ўлчов асбобларининг асосий хатолиги энг кичик бўлими қийматидан ошмайди ва $0,5$ дан до 10°C гача қийматларда ўзгаради.

Лаборатория термометрлари (ТЛ), бўлим қийматига қараб, 4 гуруҳга бўлинади (1 ; $0,5$; $0,5$ и $0,1$).

Температура қийматининг ошиши билан ўлчов асбобининг асосий хатолиги ортади.



Расм. 6.



Термосигнализатор с
магнитной перестановкой
контакта

Расм.7.

Шунингдек, суюқликли (симобли) контакт термометрлари ҳам ишлаб чиқарилади (расм). Улар одатда температуранинг сигналлаш учун ва автоматик ростлашда ишлатилади. Бу ўлчов асбобининг пастки ва юқори контактлари мавжуд бўлиб (платинали ёки вольфрам симлардан), улар туташганда электр занжири уланиб, реленинг бошқариш ўрамадан ток ўтади ва реле ишлаб, иситгични узади. Температура камайганда занжир узилади. Контактли термометрларнинг ўзгармас контактли ва контактни магнитли силжитгич ёрдамида ҳолатини ўзгартирувчи қурилмалари турлари мавжуд.

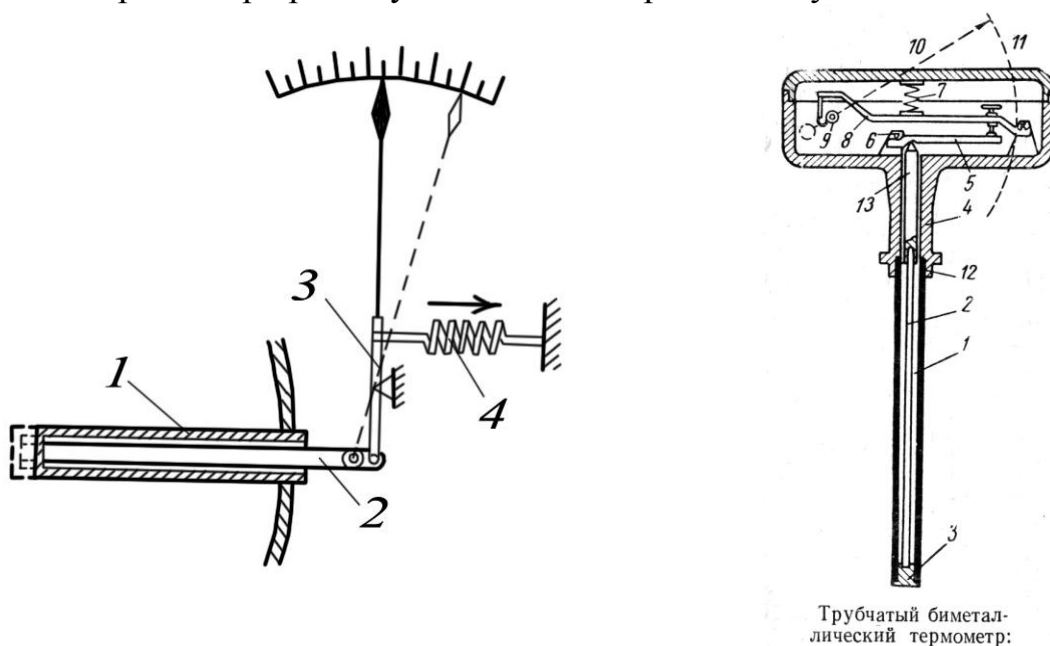
Механик кенгайиш термометрлари

Механик термометрларга дилатометрик ва биметаллик термометрлар киради. Уларнинг ишлаши ҳар хил чизиқли кенгайиш температура коэффициентига эга бўлган икки қаттиқ жисмнинг температура таъсирида ҳар хил кенгайишига асосланган. Қаттиқ жисм узунлигининг L унинг температурасига боғлиқлиги қуйидаги тенглама орқали ифодаланади

$$L = L_0 (1 + \alpha t);$$

L_0 -0°C да жисм узунлиги; α - жисмнинг ўртача чизиқли кенгайиш температура коэффициенти, град^{-1} .

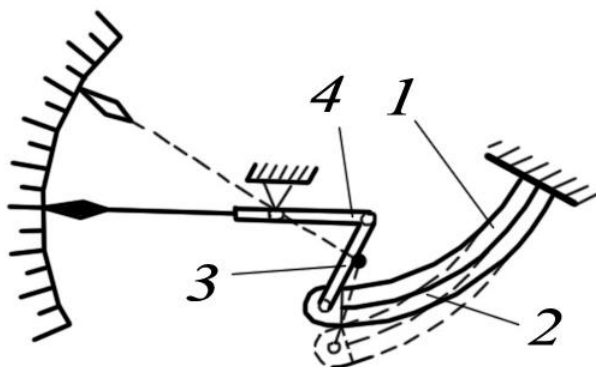
Дилатометрик термометр (расм.8), чизиқли кенгайиш температура коэффициенти катта бўлган (мис, латун ёки алюмин) материалдан ясалган ва ўлчанаётган муҳитга жойлаштирилган бир томони берк бўлган трубка 1 дан, ҳамда бу трубка ичига ўрнатилган ва пружина 4 ва рычаг 3 билан унинг тубига сиқиб турилган стержень 2 дан ташкил топган. Стержень чизиқли кенгайиш температура коэффициенти кичик бўлган материал (фарфор, кварц, ёки инвар қотишмаси)дан тайёрланади. Объектдаги температура ўзгариши билан трубка 1 узунлиги ўзгаради ва бу чизиқли ўлчамлари деярли ўзгармаган стерженьни силжишига сабаб бўлади. Бу силжиш рычаглар орқали ўлчов асбоби стрелкасига узатилади.



Расм. 8

Биметаллик термометр (расм.9) иккита эгилган ва ўзаро қовшарланган металл полоскалардан ташкил топган бўлиб, полоска 1, чизиқли кенгайиш температура коэффициенти (α) катта материалдан ва полоска 2, чизиқли кенгайиш

температура коэффиценти (α_2) кичик бўлган материалдан тайёрланган бўлади. Ушбу полоскалардан ташкил топган биметаллик пластинка, температура ўзгаришига қараб эгилиш даражасини ўзгартиради ва бу тяга 3 ва ричаг 4 орқали ўлчов асбоби стрелкасига узатилади. Температура ошганда биметаллик пластинка чизиқли кенгайиш температура коэффиценти кичик бўлган металл томонга қараб бурилади (α_2).



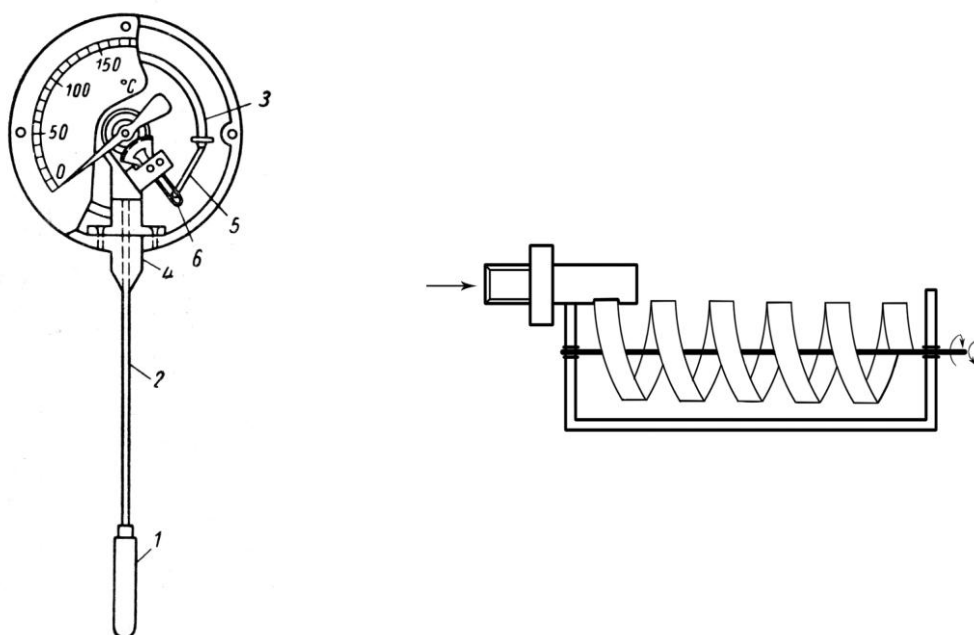
Расм.9

Механик термометрлар асосан сигналловчи асбоблар сифатида ишлатилади. Биметаллик термометрлар температура компенсаторлари сифатида, бошқа ўлчов асбобларига ўрнатилиб, уларнинг кўрсатишига атроф мухит температурасининг таъсирини компенсациялаш учун қўлланилади.

МАНОМЕТРИК ТЕРМОМЕТРЛАР

Манометрик термометрларнинг ишлаши берк хажмдаги газ, суюқлик ёки буғнинг босимини температура таъсирида ўзгаришига асосланган.

Ўлчов асбоби қандай ишчи модда билан тўлдирилганига қараб, манометрик термометрлар газли, суюқликли ва буғ-суюқликли турларга бўлинади.



Расм. 10.

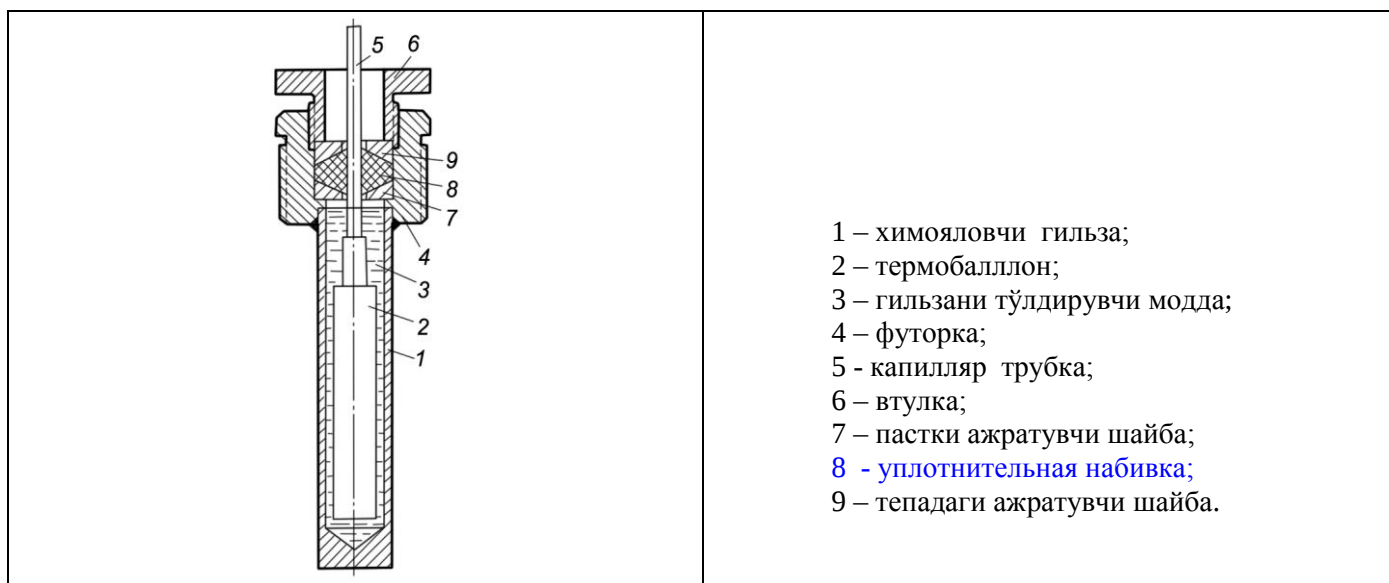
Ўлчов асбоби (расм.10) термобаллон 1, капилляр трубка 2 ва манометрик қисм 3-6 (трубасимон труба 3, ушлагич 4, узатгич (поводок) 5 ва тишли сектор 6) дан ташкил топган. Ўлчов асбобининг бутун тизими ишчи модда билан тўлдирилади. Термобаллон температурани ўлчаш объектига ўрнатилади. Температуранинг ортиши билан масалан, бутун берк тизимда босим ортиши кузатилади. Босим ортиши манометрик пружинани деформацияланишига ва унинг эркин учи узатиш механизми орқали ўлчов асбоби стрелкасини буришига сабаб бўлади.

Тизимда босимнинг ўзгариши билан трубасимон пружинага таъсир этаётган тизимдаги босим ва атроф мухит босимлари орасидаги фарқга пропорционал равишда ҳосил бўлаётган куч ўзгаришни бошлайди ва бу ўзгариш трубасимон пружина бикирлиги билан мувозанатлангунча давом этади.

Трубасимон пружина бир ўрамли ва кўп ўрамли кўринишда тайёрланиши мумкин (расм.10.). Термобаллон (расм.11.) одатда зангламас пўлатдан, капилляр трубка эса, ички диаметри 0,2-0,4 мм бўлган мис ёки пўлат трубкалардан тайёрланиб, ташқи томондан у металл ўрамлар билан химояланган бўлади.

Манометрик термометрларга қуйидаги қўшимча хатоликлар мансуб:

1. Атмосфера босими ўзгаришининг таъсири – барометрик хатолик;
2. Атроф мухит температураси ўзгаришининг таъсири – температура хатолиги;
3. Термобаллон ва трубасимон пружина ўрнатилишига қараб суюқлик гидростатик босимининг таъсири – гидростатик хатолик.



Расм.11.

Газли манометрик термометрлар термодинамик хусусиятлари идеал газларга яқин бўлган азот билан тўлдирилади. Бу ўлчов асбобларининг шкалалари бир текис бўлади, чунки, ўзгармас ҳажмда жойлашган газнинг босими температура ўзгаришига пропорционал ўзгаради, яъни,

$$P_t = P_0 [1 + \beta (t - t_0)] \text{ ёки,}$$

$$\Delta P = P_t - P_0 = P_0 \beta (t - t_0) \text{ бундан,}$$

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

бу ерда, β - газнинг температура кенгайиш коэффициенти;

t, t_0 – ўлчанаётган ва бошланғич (0°C) температура;

P_0 – бошланғич босим, t_0 температурада;

ΔP - температурани t_0 дан t гача ўзгаргандаги босимнинг ўзгариши.

P_0 – одатда 1,0-5,0 МПа ва баъзи ҳолларда 7,0 МПа гача чегарада бўлиши мумкин ва унинг қиймати қанча катта бўлса, барометрик хатолик шунча кам бўлади.

Атроф муҳит температурасининг ўзгариши билан ўлчашда маълум хатолик пайдо бўлади ва уни қуйидагича ҳисоблаш мумкин:

$$\Delta t_M = \frac{V_M}{V_0} (t_M - t_0); \quad \Delta t_K = \frac{V_K}{V_0} (t_K - t_0);$$

V_M, V_K, V_0 - манометрик пружина, капилляр ва термобаллон ҳажмлари;

t_M, t_K - манометрик пружина ва капилляр температураси;

t_0 - градуировка температураси (20°C).

Бу тенгламалардан кўриниб турибдики, капилляр узунлиги қанча катта бўлса, хатолик шунча катта бўлади. Атроф муҳит температураси ўзгаришининг таъсирини камайтириш учун, термобаллон ҳажмини ошириш керак.

Суюқликли манометрик термометрлар тўлдириладиган суюқликларга қуйидаги талаблар қўйилади: ҳажмий кенгайиш коэффициенти катта бўлиши керак; иссиқлик ўтказувчанлиги катта бўлиши керак; кичик иссиқлик сиғимига эга бўлиши керак; термометр материалига кимёвий инерт бўлиши керак. Бу талабларга симоб ва ксилол жавоб беради (симоб $-30 + 600^\circ\text{C}$; ксилол $-40 + 200^\circ\text{C}$).

Температура ўзгаришига мос равишда тизимдаги босимнинг ўзгаришини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\Delta P = \frac{\beta}{\mu} (t - t_0)$$

бу ерда, β - суюқликни ҳажмий кенгайиш коэффициенти;

μ - суюқликни сиқилиш коэффициенти.

Бу ўлчов асбобларининг шкаласи, босимнинг температурадан чизиқли боғлиқлиги сабабли бир текисда бўлади.

Суюқликли манометрик термометрларнинг температура хатолиги газли термометрларникидан юқориқ бўлганлиги сабабли уларнинг капиллярининг узунлиги 10 м дан ошмайди.

Барометрик хатоликни камайтириш мақсадида суюқлик $15\text{--}20 \text{ кгс/см}^2$ (баъзи ҳолларда 130 кгс/см^2 гача) босимда тўлдирилади. Гидростатик хатолик ўлчов асбоби пружинаси ва стрелкасини коррективроқлаш йўли билан йўқотилади (термобаллон пружинадан юқорида ўрнатилганда, суюқликнинг температура ўзгаришидан ҳосил бўлган босимига суюқлик устунининг гидростатик босими қўшилади, агар пастда бўлса, унда ўлчов асбоби шу миқдорга кам кўрсатади).

Пар-суюқликли манометрик термометрлар одатда термобаллоннинг $2/3$ ҳажми миқдорида паст температурада қайновчи суюқлик билан тўлдирилади (хлорли метил $0\text{--}150^\circ\text{C}$, ацетон $60 + 200^\circ\text{C}$, бензол $100\text{--}250^\circ\text{C}$). Уларнинг ишлаши Дальтон қонунига асосланган бўлиб, у модданинг критик температурасигача, тўйинган буғнинг босими ва температураси орасидаги боғлиқликни ифодалайди. Температуранинг ортиши билан суюқликнинг буғланиши ортади ва буғнинг босими (упругости) ортади, бу эса, буғнинг конденсацияланишининг ортишига сабаб

бўлади. Тўйинган буғ температурага мос равишда, маълум мувозанат босимигача ўзгаради.

Бу ўлчов асбобларида температура хатоликлари бўлмайди, лекин гидростатик, айниқса барометрик хатоликларнинг ўлчов асбоби кўрсатишига таъсири сезиларли бўлади. Чунки тизимдаги босимнинг қиймати нисбатан кичик бўлади. Бу ўлчов асбобларига қўйиладиган асосий талаблардан бири шуки, кичик температураларни ўлчаганда тизимда тўйинган буғ бўлиши керак, юқори температураларни ўлчаганда эса, термобаллонда суюқлик қолиши керак.

Бу ўлчов асбобларининг камчиликларига ўлчаш чегарасининг кичиклиги ва ўлчанаётган температура билан тўйинган буғ босими орасидаги чизиксиз боғлиқлик сабабли, шкаланинг бир текисда эмаслиги, яъни, шкала бошланишида бўлимларнинг зич жойлашгани ва охирига бориб, бўлимлар кенгайиб бориши киради.

Катта босимда ёки агрессив мухитда температурани ўлчаганда термобаллон объектга мой ёки мис қириндилари билан тўлдирилган химояловчи гилзада ўрнатилади.

Манометрик термометрларнинг камчиликларига қуйидагиларни киритиш мумкин: ўлчаш аниқлигининг юқори эмаслиги (аниқлик синфи 1-2,5); термобаллон ўлчамларининг катталиги сабабли инерциясининг катталиги; тизим герметикаси бузилганда таъмирлашнинг қийинлиги.

Иккиламчи ўлчов асбоблари билан ишлаш учун маълумотларни масофага узатиш тизими бор манометрик термометрлар ишлатилади. Бу ўлчов асбобларда температуранинг ўзгариши пропорционал унификацияланган (пневматик ёки электр) сигналга айлантирилиб иккиламчи асбобларга узатилади (масалан: пневматик ва электр сигнал ўзгартиргичли манометрик термометрлар ТПГ-189П, ТПГ-189Э ёки ТПЖ-189П, ТПЖ-189Э).

ЭЛЕКТР ҚАРШИЛИК ТЕРМОМЕТРЛАРИ

Қаршилик термометрларининг ишлаш принципи, металл ўтказгичларнинг электр қаршилигини температура ўзгариши билан ўзгаришига асосланган. Металларда температура ортиши билан уларнинг электр қаршиликлари ортади. Қаршилик термометрларининг афзаллиги қуйидагилардир: ўлчашдаги юқори аниқлиқ; температуранинг кичик диапазонда ўлчаш мумкинлиги; ахборотни масофага узатишни ва автоматик равишда ёзиб боришнинг мумкинлиги.

Қаршилик термометри материалига қуйидаги талаблар қўйилади:

1) Физик ва кимёвий хусусиятларнинг температура ўзгариши билан ўзгармаслиги (хусусан, термометр қаршилигини температурадан боғлиқлигини ўзгармаслиги);

2) Ўлчов асбоби сезгирлигини ошириш учун, қаршилик термометри материали электр қаршилиги температура коэффициентини юқори бўлиши керак;

3). Термометрнинг кичик размерда тайёрлаш мақсадида, ўтказгич катта солиштира қаршиликка эга бўлиши керак;

4). Тайёрланадиган термометрларни ўзаро алмашинувчанлигини таъминлаш мақсадда металлнинг тоза ҳолда олиш мумкин бўлиши керак.

Тоза ҳолда олиш мумкин бўлган металллардан қаршилик термометрлари тайёрлашга яроқлиги платина (pt) ва мис (Cu) ҳисобланади.

Энг яхши материал бўлиб платина ҳисобланади, чунки у оксидланиш муҳитида кимёвий инерт бўлиб, уни тоза ҳолда олиш мумкин. Платинининг электр қаршилиги температура коэффиценти $-3,94 \cdot 10^{-3} \text{ град}^{-1}$ ва солиштирма қаршилиги $-0,099 \text{ ом мм}^2/\text{м}$.

Платинали қаршилиқ термометри ёрдамида температурани $-200^{\circ}\text{C}+650^{\circ}\text{C}$ чегарада ўлчаш мумкин. Платинани R_t қаршилиги температурани $0^{\circ}\text{C}+650^{\circ}\text{C}$ чегарасида қуйидаги тенглама бўйича аниқланади

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

А ва В - ўзгармас коэффицентлар, уларнинг қиймати градуировкашда аниқланади;

R_0 - 0°C даги қаршилиқ.

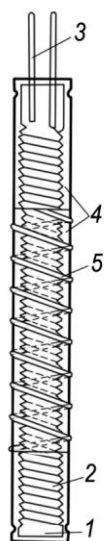
Платинали қаршилиқ термометри (ТСП-1, Гр21) қурилмасини кўрамиз (расм.12).

100x10x0,3 мм ўлчамли, ён томонида тиш кўринишида қирқилган, слюдали пластинкадан (1) тайёрланган каркасга бифилляр равишда 2 м узунликдаги, 0,007 диаметрли платина сими (2) ўралган. Платина ўрамлари учига улаш коробкасидаги латун қисқичларга улаш учун иккита чиқиш-кумуш симлари (3) қовшарланган.

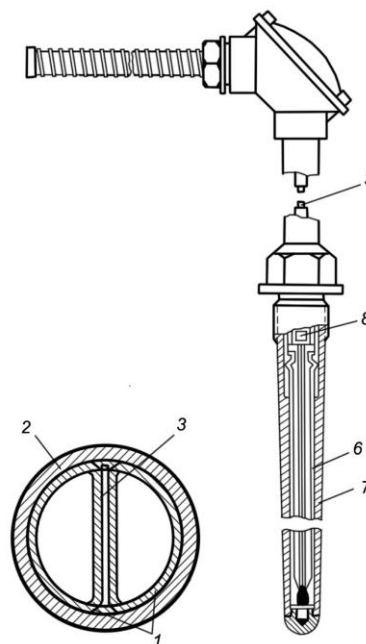
Слюдали пластинка ўрамлари билан ўзидан кенгроқ бўлган слюдали ёпқичлар (4) билан икки томондан изоляцияланиб умумий пакет кўринишида кумуш лента (5) билан боғланган.

Бу сезгир элемент алюмин идишга-вкладишга (6), у эса, алюминдан ясалган труба симон қобиғга (7) туширилади. Кумуш чиқиш симлари форфорли бусалар (8) билан изоляцияланган.

Сезгир элементли 7-қобиғ пўлат химоя идишига жойланади. Аппарат ва трубаларда ўрнатиш учун пўлат химоя идишига штуцер қовшарланади. Пўлат химоя идишининг тепа қисмида ташқи улаш симларини улаш учун қисқичлар жойлаштирилган коробка мавжуд



Расм.12.



Расм.13.

Мис қаршилик термометрлари ҳам баъзи афзалликларга эга: арзонлиги, тоза холда олишнинг онсонлиги, ҳамда юқори электр қаршилиги температура коэффициентига эгалиги ($4,26 \cdot 10^{-3} \text{град}^{-1}$).

Камчилиги – солиштирма қаршилигининг кичиклиги $0,017 \text{ ом мм}^2/\text{м}$ ва юқори температурада осон оксидланиши.

Шунинг учун мис қаршилик термометрларининг ишлатилиш диапазони чеклангандир ($-50^{\circ}\text{C} + 180^{\circ}\text{C}$).

$-50+180^{\circ}\text{C}$ интервалда мис қаршилигини температурадан t боғлиқлиги қуйидаги тенглама орқали ифодалади

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

α - электр қаршилиги температура коэффициенти (град^{-1}).

Платинали ва мисли стандарт қаршилик термометрлари (ТСП и ТСМ) ишлаб чиқарилади. 0°C даги бу термометрлар қаршилиги (R_0) хар хил қийматларга эга ва шу сабабли хар хил градуировкали қаршилик термометрлари ишлаб чиқарилади.

Платинали қаршилик термометрлари (ТСП), градуировкаси Гр 20, $^{\circ}\text{C}$ даги қаршилига $R_0=10 \text{ ом}$; Гр-21, $^{\circ}\text{C}$ даги қаршилига $R_0=46 \text{ ом}$ ва Гр22, $^{\circ}\text{C}$ даги қаршилига $R_0=100 \text{ ом}$, шунингдек 50П, $^{\circ}\text{C}$ даги қаршилига $R_0=50 \text{ ом}$ и 100П $^{\circ}\text{C}$ даги қаршилига $R_0=100 \text{ ом}$.

Мис қаршилик термометрлари (ТСМ) градуировкаси Гр23, $^{\circ}\text{C}$ даги қаршилига $R_0=53 \text{ ом}$ и Гр24, $^{\circ}\text{C}$ даги қаршилига $R_0=100 \text{ ом}$, шунингдек 50М, $^{\circ}\text{C}$ даги қаршилига $R_0=50 \text{ ом}$ ва 100М $^{\circ}\text{C}$ даги қаршилига $R_0=100 \text{ ом}$.

Конструкцияси хар хил қаршилик термометрлари ишлаб чиқарилади.

ТСП I - ўлчаш чегараси $-0+500^{\circ}\text{C}$, ишчи босим 40 бар (кгс/см^2)гача, қўзғалмас штуцерли кўринишда ишлаб чиқарилади.

ТСП III - ўлчаш чегараси $-0+500^{\circ}\text{C}$, атмосфера босимида қўзғалувчи штуцер кўринишида ишлаб чиқарилади. Инерцияси 4 минутгача.

Существуют и другие конструкции термометров сопротивлений (лепестковые, прессованные, стеклованные), которые менее инерционны по сравнению с предыдущими термометрами.

ТСП- XXI, ТСП-XXII ўлчаш чегараси $-0+500^{\circ}\text{C}$, ишчи босим 250 бар (кгс/см^2)гача, инерцияси – 1 мин. 20 сек;

ТСМ-Х (Гр23), ўлчаш чегараси $-50+100^{\circ}\text{C}$, ишчи босим 40 кгс/см^2 ;

ТСМ-XIV (Гр23), ўлчаш чегараси $-50+100^{\circ}\text{C}$, ишчи босим атмосфера босими;

ТСМ-XI (Гр23), ўлчаш чегараси $-50+100^{\circ}\text{C}$, ишчи босим 40 кгс/см^2 гача;

ТСМ-239 (Гр23), ўлчаш чегараси $-50+100^{\circ}\text{C}$, ишчи босим 25 кгс/см^2 гача;

ТСМ- XII (Гр23), ўлчаш чегараси $-50+100^{\circ}\text{C}$, ишчи босим атмосфера босими.

Қаршилик термометрларининг кўп модификациялари ишлаб чиқарилади. Улар бир биридан сезгир элемент конструкцияси, химоя идиши, ишлатилиш шарт-шароитлари билан фарқланади.

Шунингдек ярим ўтказгичли қаршилик термометрлари-терморезисторлар ҳам ишлаб чиқарилади. Улар, марганец, мис, кобальт ва никел оксидларини преслаб юқори температурада ишлов бериб тайёрланади. Терморезисторлар тескари электр қаршилиги температура коэффициентига эга, шунинг учун уларда температура ошганда уларнинг электр қаршиликлари камаяди.

Цилиндр кўринишида, цилиндр химояланган ва бусикли кўринишида ишлаб чиқарилади.

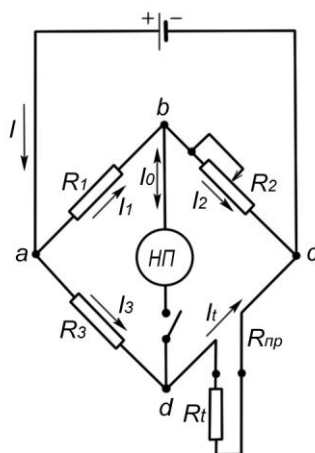
ММТ термисторларимарганец ва мис қотишмаларидан тайёрланади.

Термисторларнинг асосий камчилиги, характеристикаларининг хар хиллиги сабабли уларнинг ўзаро алмаштириш имконининг йўқлиги. Бунда, уларда номинал қийматдан четлашиш $\pm 20\%$ ни ташкил этади.

Қаршилик термометрлари билан ишлайдиган иккиламчи ўлчов асбоблари сифатида мувозанатланган автоматик ўлчаш кўприклари, мувозанатланмаган ўлчаш кўприклари ва логометрлар қўлланилади.

Мувозанатланган ўлчаш кўприклари

Мувозанатланган ўлчаш кўприклари (расм 14) «а b c» ва «а d c» икки параллел шахобчалар кўринишида уланган кўприк схемасининг 4 елкасидан ташкил топган.



Расм.14.

R_1 ва R_3 – ўзгармас қаршиликлар;

R_2 – градуировкаланган ўзгарувчи реохорд;

R_t – қаршилик термометри;

Б – ўзгармас ток манбаи;

НП – ноль гальванометр;

R_{np} – уловчи симлар қаршилиги.

Температурани ўлчашда, реохорд сургичини суриб кўприкни мувозанат холига келтиришимиз учун, «с d» диагоналидан ўтаётган токнинг (I_0) қийматини нольга тенгланади ($I_0=0$). Бунда, кўприкнинг b ва d чўққиларидаги потенциаллар бир-бирига тенг бўлади. Манба диагоналидан ўтаётган ток кўприкнинг «а» чўққисида иккига бўлинади (I_1 ва I_3) ва бунда R_1 и R_3 қаршиликлардаги кучланишлар тушиши бир хил қийматга эга бўлади. Яъни,

$$I_1 R_1 = I_3 R_3 \quad (1)$$

Бунда кўприкнинг қолган икки елкасидаги кучланишлар тушиши ҳам бир-бирига тенг бўлади, яъни,

$$I_2 R_2 = I_t (R_t + 2R_{np}) \quad (2)$$

(1) тенгламани (2) га бўлиб:

$$\frac{I_1 R_1}{I_2 R_2} = \frac{I_3 R_3}{I_t (R_t + 2R_{np})} \quad (3)$$

$I_0=0$: бўлганда $I_3=I_t$ ва $I_1=I_2$ бўлишини ҳисобга олиб (Кирхгоф қонунига асосан), математик ўзгартиришлардан сўнг қуйидагиларни оламиз,

$$R_2 R_3 = R_1 (R_t + 2R_{np}) \quad (4)$$

Шундай қилиб, ушбу тенглама ўлчаш кўпригининг мувозанат ҳолати учун мос келади (мувозанат тенгламаси) ва бунда, кўприкнинг қарама-қарши елкалари қаршиликларининг кўпайтмаси бир-бирига тенгдир. (4) тенгламадан математик ўзгартиришлардан сўнг олиш мумкин:

$$R_t = \frac{R_2}{R_1} R_3 - 2R_{np}$$

Агар, $\frac{R_2}{R_1}$ ва R_{np} – ўзгармас катталиклигини ҳисобга олсак, унда кўприкнинг мувозанат ҳолатида R_t нинг ҳар бир қийматига R_2 нинг маълум қийматлари тўғри келади ва унинг шкаласи қаршилиқ ёки температура бирликларида градуировка қилиниши мумкин.

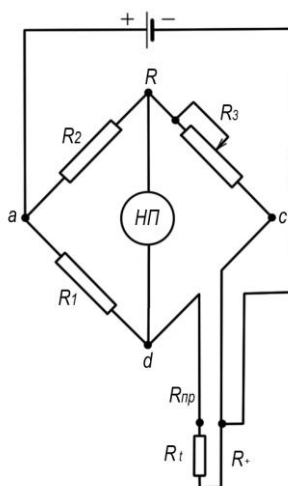
Атроф муҳит температурасининг ўзгариши билан уловчи симлар қаршилиги ўзгаради ва бу ўлчаш аниқлигига таъсир қилади.

Ушбу хатоликни йўқотиш учун қаршилиқ термометри кўприк схемасига уч симлик улаш схемаси бўйича уланади (расм 15). Бунда уловчи симлар кўприкнинг икки ёндош елкаларига уланади, яъни, $R_t + R_{np}$ ва $R_3 + R_{np}$.

Уч симлик улаш схемаси учун мувозанат тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади,

$$R_2(R_t + R_{np}) = R_1(R_3 + R_{np})$$

Тенгламадан кўриниб турибдики, уловчи симлар қаршиликларини (R_{np}) ўзгариши бир-бирини компенсациялайди. Айниқса, R_1 ва R_2 қаршилиқлар тенг бўлганда (симметрик кўприкларда), R_{np} ўзгариши тўлиқ компенсацияланади.



Расм 15.

Мувозанат кўприкларининг афзаллиги, манба кучланишининг кичик ўзгаришлари ўлчаш аниқлигига таъсир кўрсатмайди.

Мувозанат кўприклари техник (автоматик), кўчириб юриладиган (назорат) ва намунали бўлади.

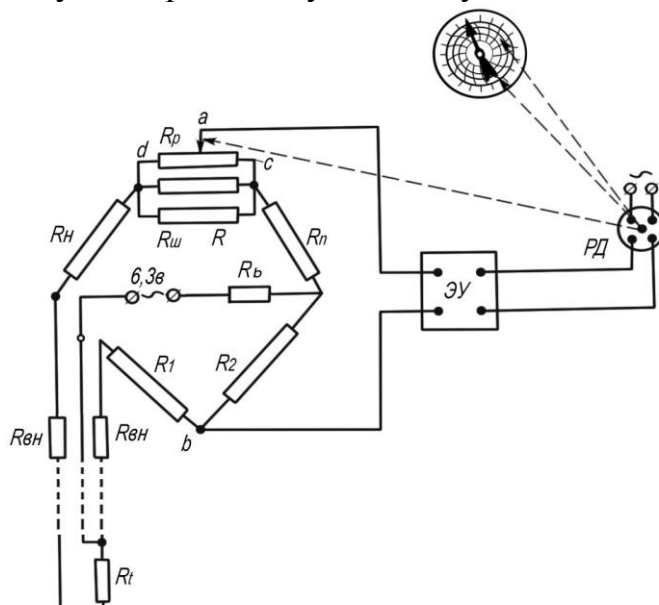
Автоматик мувозанат ўлчаш кўприклари КСМ-3

Ишлаб чиқаришда температурани ўлчашда қаршилиқ термометрлари билан кўрсатувчи ва ёзиб борувчи автоматик мувозанат кўприклари ишлатилади (расм 16).

Атроф муҳит температурасининг таъсирини камайтириш мақсадида қаршилиқ термометрлари кўприк схемасига уч симли схема бўйича уланади.

КСМ-3 ўзгармас қаршиликлар R_1 ва R_2 , R_p реохордан, реохорддан ўтаётган токни чеклашга мўлжалланган $R_{ш}$ шунтловчи резистордан, ўлчов асбобининг пастки ва юқори чегараларини ўзгартиришга мўлжалланган резисторлардан R_n ва R , ҳамда қаршилик термометри R_t лардан ташкил топган. R_{np}^I , R_{np}^{II} – резисторлар уловчи симлар қаршилигини градуировка қийматигача етказиш учун мўлжалланган.

Ноль гальванометр ўрнига автоматик мувозанат кўприкларида ўлчаш диагоналига электрон кучайтиргич ЭК уланган бўлади.

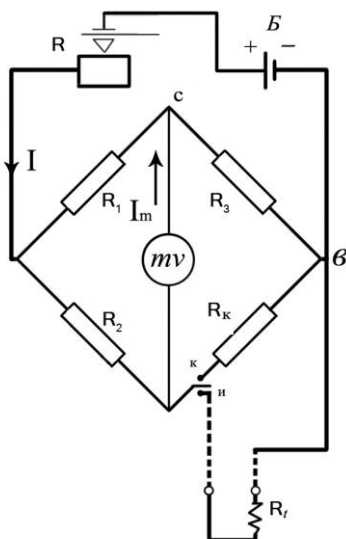


Расм 16.

АВтоматик кўприкларнинг қуйидаги турлари ишлаб чиқарилади: КСМ1, КПМ1, КВМ1 миниатюралли ўлчов асбоблари; КСМ2 – кичик габаритли кўприклар; КСМ3 – диск диаграммалли автоматик кўприклар; КСМ4 – лента диаграммалли автоматик кўприклар.

Номувозанат ўлчаш кўприклари

Номувозанат ўлчаш кўприклари (расм.17), ўлчаш аниқлиги пастлиги сабабли фақат техник ўлчашларда қўлланилади. Бу кўрикнинг учта елкасини ўзгармас манганиндан ясалган қаршиликлар R_1 - R_3 ташкил этиб, тўртинчи елкага қаршилик термометри R_t , ёки R_k (R_k - ўзгармас, назорат қаршилиги) уланади.



Расм.17.

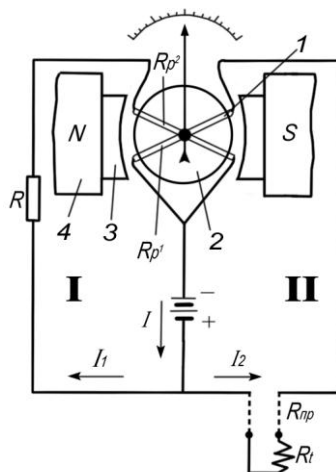
Фараз қилайлик, ўлчаш кўприги 0°C да мувозанат ҳолатида бўлсин. Температура ўзгариши билан кўприк мувозанати бузилади ва cd диагоналдан қаршилик R_t ўзгаришига, яъни температура ўзгаришига пропорционал ток ўтабошлайди. Агар бу диагоналга милливольтметр уласак, унда унинг стрелкасининг бурилиши ток I_m га пропорционал бўлади.

Ушбу ўлчаш усулининг афзаллиги температурани тўғридан-тўғри ўлчашидир. Камчилиги эса, манба кучланишининг ўзгариши билан бу ўзгаришга пропорционал равишда I_m токнинг ҳам ўзгаришидир. I_m ток ўзгаришини R_t га боғлиқ ўзгаришини таъминлаш учун, калит “К” ҳолатига ўтказилиб, тўртинчи елкага R_k - ўзгармас, назорат қаршилиги уланади. Бу қаршилик манганиндан ясалгани сабабли қаршилиги ўзгармас ҳисобланади ва унинг тўртинчи елкага уланиши билан милливольтметр стрелкаси қизил бўлинмагача бурилиши керак. Манба кучланиши ишчи қийматдан паст бўлган ҳолатда стрелка қизил бўлинмагача етмайди. Ўзгарувчан R қаршилиқни ўзгартириб, милливольтметр стрелкасини қизил бўлинмагача олиб борилганда, манба кучланиши яна ишчи қийматни эгаллайди. Манба кучланиши ишчи қийматга олиб келиш бир суткада икки маротаба амалга оширилади. Номувозанат кўприклари газларни анализ қилиш схемаларида ва эритмаларнинг концентрациясини ўлчаш схемаларида ишлатилади.

Логометр

Логометрлар магнитоэлектрик тизими ўлчов асбоблари туркумига киради.

Логометрлар ишлаши, ташқи электр манбаига уланган икки параллел электр занжирларидан ўтаётган тоқлар нисбатини ўлчашга асосланган бўлиб, уларнинг ҳар бирига ўлчаш рамкалари уланган бўлади.



Расм 18.

Ўлчов асбоби (расм 18) қаршилик термометри R_t , ўзгармас резистордан R ва манбаадан ташкил топган. Қутб **наконечник**лари 3 орасида цилиндр кўринишидаги пўлат ўзак 2 жойлаштирилган. У магнит **наконечник**лари билан бир хил бўлмаган ҳаво бўшлиғини ҳосил қилади. Бу бўшлиқда бир хил, бир бири билан маҳкамланган изоляцияси бор мис симлардан ясалган R_p^I ва R_p^{II} рамкалар ҳаракатланади.

Ўлчаш схемаси икки параллел занжирлардан ташкил топган. Агар I занжир қаршилиги II занжир қаршилигига тенг бўлса, унда иккала занжирдан ўтаётган тоқлар бир-бирига тенг бўлади, яъни $R + R_p^I = R_t + R_p^{II} + R_{np}$ бўлганда $I_1 = I_2$ бўлади.

Бу ҳолатда, айлантириш моментлари ($M_1 = M_2$) бир-бирига тенг бўлиб, ўлчов асбоби стрелкаси шкаланинг ўртасида бўлади. Температуранинг ўзгариши (ошиши) билан, R_t ўзгаради (ошади), бу I_2 ни (камаяди) ва натижада M_2 ни ўзгартиради. Бунда, R_p^{II} рамка айланиб, хаво бўшлиғи кичик бўлган томонга, яъни магнит куч чизиқлари зич томонга қараб бурилади. Рамкалар бир-бири билан маҳкамланганлиги сабабли, биринчи рамканинг магнит куч чизиқлари зич томонга қараб бурилиши, иккинчи рамкани магнит куч чизиқлари сийрак томонга қараб бурилишига сабаб бўлади. Бу эса ўз навбатида, моментларнинг бир-бирига қарама-қарши йўналганлиги сабабли, моментлар тенглашувига сабаб бўлади.

$$M_1 = M_2$$

Яъни, бундай ҳолат B_1 ва B_2 ларнинг ўзгариши сабабли рўй беради. Мувозанат ҳолатини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$2r_1 n_1 l_1 B_1 I_1 = 2r_2 n_2 l_2 B_2 I_2$$

Бу ерда, r - рамка радиуси;

n – ўрамлар сони;

l – рамка узунлиги;

B_1, B_2 - R_p^I ва R_p^{II} рамкалар жойлашган зонадаги магнит индукцияси қийматлари.

Рамкаларнинг ўрамлар сони ва уларнинг геометрик ўлчамлари бир хил ва шунинг учун қуйидагича ёзиш мумкин:

$$I_1 B_1 = I_2 B_2 \text{ ёки, } \frac{I_1}{I_2} = \frac{B_2}{B_1};$$

Магнит индукциялар нисбати $\frac{B_2}{B_1}$ бир-бирига маҳкамланган рамкаларнинг бурилиш бурчагига φ га ва қутб нақонечниклари формасига боғлиқдир. Шунинг учун,

$$\frac{I_1}{I_2} = f(\varphi) \text{ ёки, } \varphi = f\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$$

Маълумки,

$$I_1 = \frac{E_\delta}{R_p^I + R} \text{ ва } I_2 = \frac{E_\delta}{R_t + R_p^{II} + R_{np}}$$

Ўрнига қўйиб, қуйидагини оламиз

$$\varphi = f\left(\frac{R_t + R_p^{II} + R_{np}}{R_p^I + R}\right)$$

$R_p^I, R_p^{II}; R_{np}$ ва R катталиклар ўзгармаслигини ҳисобга олиб, ёзиш мумкин $\varphi = \psi(R_t)$.

Шундай қилиб, логометр стрелкасининг бурилиши фақат термометр қаршилигига R_t боғлиқдир.

Логометрларнинг Л-64, Л-64 И (учқундан хавфсиз), ЛР-64-02, икки позицияли ростлагичли турлари мавжуд бўлиб, уларнинг аниқлик синфи одатда 1,5 бўлади.

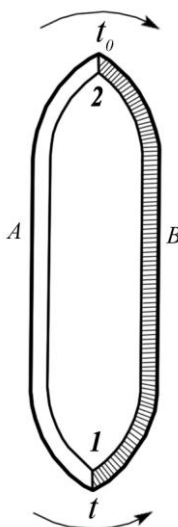
ТЕРМОЭЛЕКТРИК ПИРОМЕТРЛАР

Термоэлектрик пирометрлар

Температурани термоэлектрик пирометрлар билан ўлчаш термоэлектрик эффектга асосланган. Икки ёки бир нечта ҳар хил жинсли ўтказгичлардан ташкил топган берк занжирида, агар ўтказгичлар уланган (ковшарланган) жойларининг камида иккитасида температура ҳар хил бўлса, электр токи ҳосил бўлади.

Икки ҳар хил жинсли ўтказгичлардан ташкил топган занжирга термोजуфт дейилади. Ўзгарувчан температурага (t) эга бўлган ковшар иссиқ ишчи ковшар ва ўзгармас температурага (t_0) эга бўлган ковшар совуқ ковшар дейилади. А ва В ўтказгичлар термоэлектродлар дейилади.

Термоэлектрик эффект металлларда эркин электронлар мавжудлиги билан тушунтирилади. Эркин электронлар сони ўтказгич турига (жинсига) ва унинг температурасига боғлиқ бўлади.



19-расм

Фараз қилайлик, А металда В металдагидан кўпроқ эркин электронлар мавжуд (19-расм) ва шу сабабли А металдан В металга В металдан А металга нисбатан кўпроқ электронлар диффузияси кузатилади. Натижада А метал мусбат ва В метал манфий зарядлана бошлайди.

Ковшарда ҳосил бўлаётган электр майдони бу электронлар диффузиясига тўсқинлик қилади ва электронлар диффузияси тезлиги электронларнинг орқага қараб диффузияланиш тезлигига тенг бўлиб қолади (яъни, А дан В га қанча электрон ўтаётган бўлса В дан А га ҳам шунча электрон диффузияланиб ўтади). Бунда А ва В электродлар орасида қандайдир потенциаллар фарқи ҳосил бўлади.

$$E(t, t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0)$$

Бундан ташқари, термоэлектродларнинг ҳар хил температурага эга бўлган учлари орасида ҳам ТЭЮК ҳосил бўлади. Бунда, температураси катта бўлган ковшардан, температураси кичик бўлган ковшарга қараб электронлар диффузияси, температураси кичик бўлган ковшардан, температураси катта бўлган ковшарга нисбатан кўпроқ бўлади. Электронлар диффузияси электрод ковшарлари орасида ҳосил бўлган потенциаллар фарқи билан мувоzanатлангунча давом этади.

Термопараларда юқорида келтирилган икки фактор ишлаб, 1 ва 2 ковшарларда, уларнинг температураси ва термоэлектрод материалларига мос равишда икки ТЭЮК ($e_{AB}(t)$ ва $e_{BA}(t_0)$) ҳосил бўлади.

Термопарада ҳосил бўлаётган йиғинди термоэлектр юритувчи куч ТЭЮК $E_{AB}(tt_0)$, ковшарларда ҳосил бўлаётган потенциаллар фарқларининг алгебраик йиғиндисига тенг

$$E_{AB}(tt_0) = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0),$$

агар $e_{BA}(t_0) = -e_{AB}(t_0)$ лигини ҳисобга олсак, унда,

$$E_{AB}(tt_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0),$$

$t=t_0$ бўлганда $E_{AB}(tt_0)=0$. Яъни, иссиқ ковшар температурасини ўлчаш учун совуқ ковшар температураси ўзгармас қийматга эга бўлиши керак ($t_0=0$).

Термопара занжирига учинчи симни улаш

ТЭЮК ўлчаш учун термопара электр занжирини узиш керак бўлади. Термопара занжирини узиб, учинчи С симни улаганда, t ва t_0 ковшарлардаги температуралар ва С симнинг уланган жойларидаги температуралар тенг бўлса ТЭЮК қиймати ўзгармайди.



Расм.20.

Биринчи ҳолатда (расм 20), электр занжирини совуқ ковшарда узиб учинчи сим билан уласак:

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

$t=t_0$ бўлганда $E_{ABC}(tt_0 \ t_0) = 0$ яъни,

$$e_{AB}(t) + e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0) = 0;$$

унда, $e_{BC}(t_0) + e_{CA}(t_0) = -e_{AB}(t_0)$

ўрнига қўйиб оламиз,

$$E_{ABC}(tt_0 \ t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0).$$

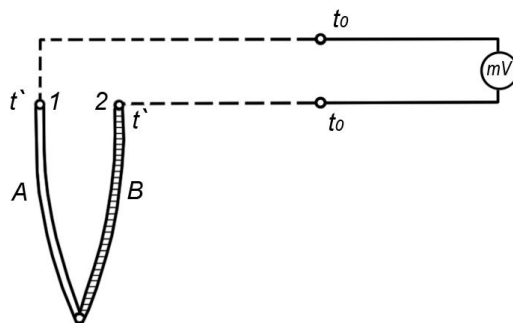
Иккинчи ҳолатда, агар электр занжирини В ўтказгичда узсак:

$$E_{ABC}(tt_1 \ t_0) = e_{AB}(t) + e_{BC}(t_1) + e_{CB}(t_1) - e_{BA}(t_0)$$

агар $e_{BC}(t_1) = -e_{CB}(t_1)$ ва $e_{BA}(t_0) = -e_{AB}(t_0)$ лигини ҳисобга олсак, унда

$$E_{ABC}(tt_1 \ t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0).$$

Юқоридагилардан қуйидагиларни хулоса қилиш мумкин: термопара ишлаб чиқараётган ТЭЮК қиймати, термопара занжирига учинчи симни улаганда, бу уланган нуқталар температуралари тенг бўлса ўзгармайди. Агар учинчи сим уланган нуқталардаги температура ўзгарса бу ўлчашда қўшимча хатоликларга олиб келади.



Расм.21.

Одатда тармопара градуировкаси совуқ ковшар температураси 0°C и 20°C да амалга оширилади. Аммо, ўлчашда совуқ ковшар температураси t_0 , градуировка қийматидан фарқли бўлиши мумкин. Бунда агар,

$$t_0 \geq t' \text{ бўлса, унда } E_{AB}(t_0) \leq E_{AB}(t'); \\ \text{агар, } t_0 \leq t' \text{ унда } E_{AB}(t_0) \geq E_{AB}(t');$$

Уларнинг фарқини совуқ ковшар температурасининг ўзгаришига тузатиш деб қабул қилиш мумкин, яъни, $E_{AB}(t_0) - E_{AB}(t') = \Delta$; (Δ - тузатиш).

Термоэлектрод материаллар ва термопаралар

Хар қандай ўтказгичлар жуфтлигидан термопара яшаш мумкин, аммо уларнинг ҳаммасини амалиётда ишлатиш мумкин эмас. Термоэлектрод материалларига қуйидаги талаблар қўйилади:

1. Вақт бўйича ТЭЮК ўзгармаслиги;
2. Иложи борица катта ТЭЮК;
3. ТЭЮКни температурадан бир хил боғлиқлиги;
4. Кичик электр қаршилиги температура коэффициентига эга бўлиши;
5. Катта электр ўтказувчанликка эга бўлиши;
6. Юқори температура таъсирига чидамлилиги;
7. Термопараларнинг ўзаро алмашинувчанлигини таъминлаш учун термоэлектрик хусусиятларининг такрорланиши.

Термоэлектрод материаллар сифатида қуйидаги материаллар ишлатилади: платина, платинородий (10% родий); хромель, алюмель, капель, темир, мис, константан, никель-кобальт қотишмаси, махсус алюмель.

Бу материаллардан тайёрланадиган стандарт ва ностандарт термопаралар мавжуд.

Давлат стандартига киритилган стандарт термопараларга қуйидагиларни киритиш мумкин:

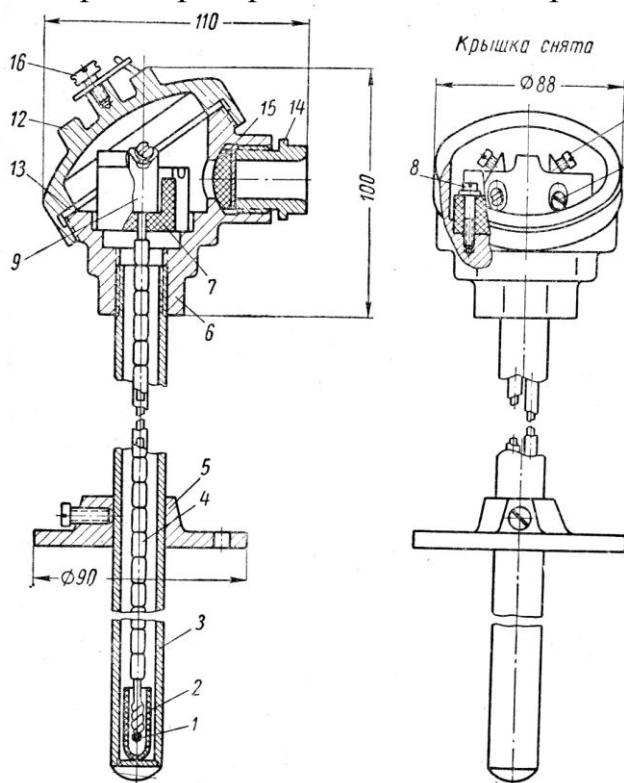
1. Платинородий - платинали термопара - ТПП (-20°C дан $1300-1600^{\circ}\text{C}$ гача);
2. Платинородий - платинородийли термопара - ТПР ($+300^{\circ}\text{C}$ дан $1600-1800^{\circ}\text{C}$ гача);
3. Хромель - алюмелли термопара – ТХА (-50°C дан $1000-1300^{\circ}\text{C}$ гача);
4. НК-СА қотишмасидан тайёрланган термопара ТНС ($+300^{\circ}\text{C}$ дан 1000°C гача);
5. Хромель - копелли термопара – ТХК (-50°C дан $600-800^{\circ}\text{C}$ гача).

Шунингдек ностандарт термопаралар ҳам мавжуд:

Темир - копель 0°C дан $600-800^{\circ}\text{C}$ гача;

Темир - константан 200°C дан $600 - 800^{\circ}\text{C}$ гача;
 Мис - копель 0°C дан $400 - 600^{\circ}\text{C}$ гача;
 Мис - константан -200°C дан $300 - 400^{\circ}\text{C}$ гача;
 Вольфрам – молибденли термопара 2300°C гача.

Термопаралар объектга химоя арматураси ёрдамида ўрнатилади.



- 1- термопарнинг иссиқ ковшари;
- 2- фарфорли наконечник;
- 3- химоя трубкаси;
- 4- фарфорли бусиклар;
- 5- термопарани ўрнатиш учун қўзғалувчи флянец;
- 6- улаш қутисининг корпуси;
- 7- фарфорли колодка;
- 8- колодкани қотириш винтлари;
- 9- қискичлар;
- 10- термоэлектрод қискичларидаги қотириш винтлари;
- 11-симларни қотириш винтлари;
- 12- қопқок;
- 13- прокладка;
- 14- чиқиш штуцери;
- 15-асбестли шнур;
- 16-винт .

Расм.22.

Совуқ ковшар температураси ўзгаришини компенсациялаш

Температурани ўлчашда совуқ ковшар температураси ўзгармаслиги керак, чунки унинг ўзгариши, ишчи ковшар температурасига қарамасдан, ТЭЮК ни ўзгаришига сабаб бўлади. Совуқ ковшар температурасини градуировка қийматидан (t_0) ошиши, ТЭЮКни камайишига сабаб бўлади.

Температурани аниқ ўлчаш учун совуқ ковшарни градуировка температурасида ушлаб туриш керак.

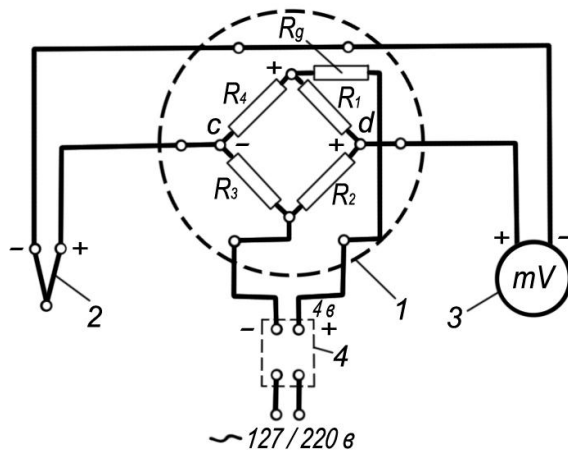
Совуқ ковшар температураси ўзгаришининг таъсирини йўқотишнинг бир неча усуллари мавжуд.

Биринчиси, совуқ ковшарлар термостатланади, яъни, совуқ ковшар температураси ўзгармас температурада (градуировка температурасида) ушлаб турилади. Бунинг учун совуқ ковшар, термопара материалга термоэлектрик ўхшаш бўлган термоэлектрод симлар (компенсацион симлар) ёрдамида узайтирилиб, совуқ ковшар температураси ўзгармас қийматда t_0 ушлаб турилади.

Шунингдек, компенсацион коробка КТ-54 ёрдамида, совуқ ковшар температураси ўзгаришига автоматик равишда тузатиш киритиш усули ҳам мавжуд.

Компенсацион коробканинг 1 (расм. 23) олти қискичига термопара 2, манбаа 4 ва электр ўлчов асбоби 3 уланган. Ушбу қурилма мувозанатланган ўлчаш кўприги схемаси кўринишида йиғилган. R_1-R_3 -ўзгармас манганин қаршиликлар, R_n – никелдан ясалган электр қаршилиги температура коэффиценти катта бўлган

резистор. Термопара ва электр ўлчов асбоби кўприк схемасининг cd диоганалига кетма кет уланган, манбаа эса, бошқа диоганалга уланган.



Расм.23.

Температура $t_0=20^{\circ}\text{C}$ бўлганда, кўприк мувозанат ҳолатида бўлади, ва бунда “с” ва “d” нуқталардаги потенциаллар тенг. t_0 , 20°C дан четлашса, R_n никелли резистор қаршилиги ўзгариши натижасида, кўприк мувозанатдан чиқади. Бунда «с» ва «d» диоганалда ҳосил бўлган потенциаллар фарқи катталиги термопарадаги ТЭЮКни совуқ қовшар температурасининг ўзгариши натижасидаги ўзгаришига тенг ва унга тескари ишорада бўлади. Натижада, ўлчов асбоби кўрсатиши фақат иссиқ қовшар температурасига боғлиқ ўзгаради.

Термопаралар билан биргаликда электр ўлчов асбоблари сифатида пирометрик милливольтметрлар ва потенциометрлар ишлатилади.

Пирометрик милливольтметрлар

Пирометрик милливольтметрлар магнитоэлектрик тизимга кирувчи ўлчов асбоблари ҳисобланади. Унинг ишлаши, термопара занжиридан ўтаётган ток, токли ўтказгич атрофида ҳосил қилаётган магнит майдони билан, ўлчов асбобида жойлашган ўзгармас магнит 2 (расм. 25) ҳосил қилаётган магнит майдонларининг ўзаро таъсирига асосланган. Ўз ўқи атрофида айланаоладиган, тўғри тўртбурчак кўринишидаги ўлчаш рамкасида (1) электр токи I ўтади.

Рамка ўзгармас магнит магнит майдонига жойлаштирилган. Магнит майдонларининг ўзаро таъсири натижасида рамкага, чап қўл қондасига биноан F кучи таъсир этади. Бу куч,

$$F = n \ell B I$$

бу ерда, n – ўрамлар сони;

ℓ - актив баландлиги;

B - магнит индукцияси;

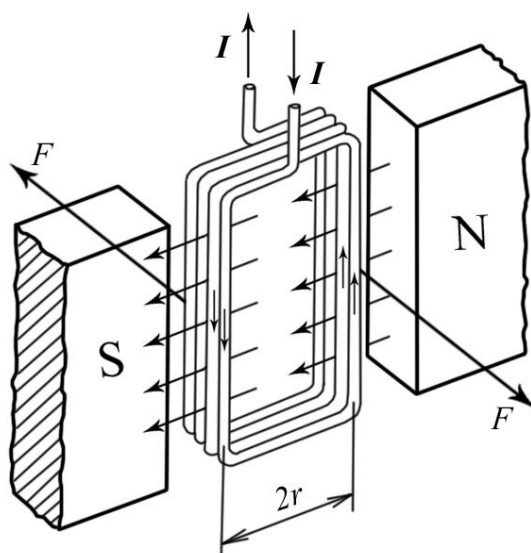
I – ток кучи.

Натижада рамкага айлантириш моменти M_b , таъсир этади,

$$M_b = 2 r F = 2 r n \ell B I = C_1 B I$$

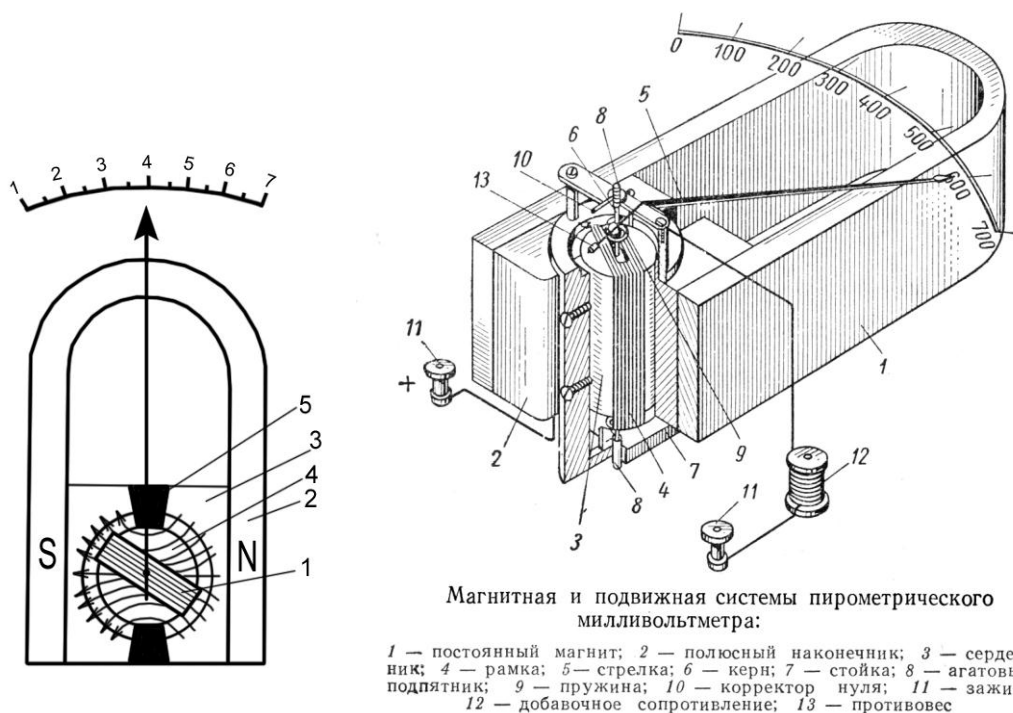
Аммо, рамкани ўзгармас магнит магнит куч чизикларига параллел бўлган текисликдан φ бурчакга четлашиши билан M_b қиймати камаяди яъни,

$$M_b = 2 r F \cdot \cos \varphi$$



Расм.24.

Айлантириш моменти M_v қийматини, φ -нинг хар хил қийматларида, ўзгармаслигини, ҳамда ўлчов асбоби шкаласининг бир текисда бўлишини таъминлаш мақсадида, ўлчаш рамкаси 1 ни, концентрлашган радиал магнит майдони ҳосил қилиш мақсадида, қутб **наконечник**лари 3 ва цилиндр кўринишидаги ўзак 4 орасига жойлаштирилади. Қутб наконечниклари бир биридан номагнит материалдан ясалган **вкладиш** 5 билан ажратилган. Шундай қилиб, ўлчаш рамкасида ўтаётган токнинг қиймати ўзгариши билан, айлантириш моменти M_v бу ўзгаришга пропорционал равишда ўзгаради ва рамкани ўз ўқи атрофида айлантиради. Рамканинг айланиши рамка атрофида ҳосил бўлаётган магнит майдонининг йўналиши ўзгармас магнит магнит майдони йўналишига мослашгунча давом этади.



Расм.25.

Рамканинг бу ҳаракати, у билан бир учи билан уланган, спирал пружинанинг рамка айланишига тескари таъсир этишига сабаб бўлади. Спирал пружинанинг буралишида ҳосил бўладиган акс таъсир этувчи моменти M_{Π} қуйидагига тенг:

$$M_{\Pi} = C_2 P \varphi$$

Бу ерда, C_2 – бикирликни ифодаловчи ўзгармас катталиқ (спирал геометрик ўлчамларига боғлиқ коэффициент);

P - модуль упругости материалнинг бикирлик модули;

φ - буралиш бурчаги.

Ўлчов асбоби қўзғалувчан қисмининг мувозанат ҳолатида

$$M_B = M_{\Pi} \text{ ёки, } C_1 B I = C_2 P I$$

$$\text{Бу ердан } \varphi = \frac{c_1}{c_2} \cdot \frac{B}{P} \cdot I \text{ ёки } \varphi = S \cdot I$$

Охирги тенгламадан кўриниб турибдики, ўлчов асбоби стрелкасининг қўзғалувчи қисмининг буралиш бурчаги фақат ўлчов асбоби ўлчаш рамкасида ўтаётган ток қийматига боғлиқ. М-64, МР-64-02 милливольтметрлари ишлаб чиқарилади.

ТЭЮК ни пирометрик милливольтметрлар билан ўлчашдаги хатоликлар:

Занжирдан ўтаётган токнинг қиймати

$$I = \frac{E_{(t_0)}}{R_M + R_{II} + R_t}$$

R_M , R_{II} , R_t – мос равишда, милливольтметр, уловчи симлар ва термोजуфт қаршилиги. Ёки,

$$\varphi = S I = S \frac{E_{(t_0)}}{R_M + R_{II} + R_t}$$

$E_{(t_0)} = \text{const}$ бўлганда, ўлчов асбоби қўзғалувчи қисмининг буралиш бурчаги R_M , R_{II} , R_t ларга ҳам боғлиқдир.

Шунинг учун, температурани ўлчашда, атроф муҳит температурасининг ўзгариши натижасида хатоликлар пайдо бўлиши мумкин (уловчи симлар ва милливольтметр қаршилиги ўзгариши натижасида).

Тенгламалар таҳлилидан,

$$E_{(t_0)} = I R_M + I R_{BH}$$

Бу ерда, $I R_M = I_{ав}$ - ўлчов асбоби ўлчаётган милливольтметр занжиридаги кучланишлар тушиши. Шундай қилиб,

$$I R_M = U_{ав} = E_{(t_0)} - I R_{BH}$$

Яъни, милливольтметр занжиридаги ўлчанаётган кучланишлар тушиши ҳамма вақт $E_{(t_0)}$ дан кичик бўлади. Буни қуйидагича исботлаш мумкин:

$$I = \frac{E_{t_0}}{R_M + R_{BH}};$$

$$I \cdot R_M = \frac{E_{(t_0)} \cdot R_M}{R_M + R_{BH}} = \frac{E_{(t_0)} \frac{R_M}{R_M}}{\frac{R_M + R_{BH}}{R_M}} = \frac{E_{(t_0)}}{1 + \frac{R_{BH}}{R_M}};$$

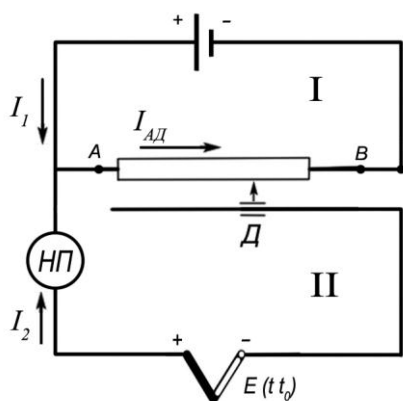
$$IR_M = U_{ab} = \frac{E_{(t_{t0})}}{1 + \frac{R_{BH}}{R_M}};$$

Охирги тенгламадан кўриниб турибдики, U_{ab} ҳамма вақт $E_{(t_{t0})}$ дан кичик бўлади. У R_M нинг қиймати R_{BH} дан катта бўлганда $E_{t_{t0}}$ га яқин бўлади. Ташқи занжир қаршилига R_{BH} қанча катта бўлса ва милливольтметр қаршилиги қанча кичик бўлса, ўлчашдаги хатолик шунча катта бўлади. Милливольтметр қаршилигини жуда ошириб юбориш натижасида, занжирдан ўтаётган ток қиймати камайиб кетади ва бу ўлчов асбобини кострукциялашда қийинчиликларга сабаб бўлади.

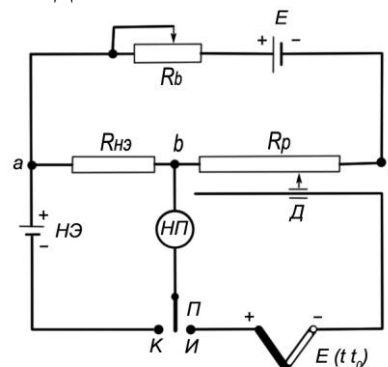
Потенциометрлар

Потенциометрларнинг ишлаш принципи қуйидагича:

Термопарада ҳосил бўлаётган ТЭЮК ($E(t_{t0})$), унга тенг бўлган кучланиш билан мувозанатланиб, кейин юқори аниқликда ўлчанади.



а



б

Расм 26.

Термопарани потенциометрик схемага улаганда (26-расм), унинг занжиридаги токнинг йўналиши R_{AD} қаршилиқ участкасида ёрдамчи манбадаги ток йўналишига мос бўлиши керак. Манба занжиридаги токнинг қиймати I_1 , термопара занжиридаги қиймати I_2 . R_{AD} участкадаги ток (I_{AD}) кирхгоффнинг 1-қонунига мувофиқ

$$I_{AD} = I_1 + I_2,$$

Ушбу потенциометр икки электр занжирдан ташкил топган: I-манба занжири; II-термопара занжири.

Кирхгоффнинг II – қонунига асосан, термопара ишлаб чиқаётган ТЭЮК II-термопара занжиридаги қаршилиқлардаги ($R_{НП}$; R_{BH} ; R_{AD}) кучланишлар тушишига тенг, яъни,

$$E_{(t_{t0})} = I_2(R_{НП} + R_{BH}) + I_{AD} R_{AD} = I_2(R_{НП} + R_{BH}) + I_1 R_{AD} + I_2 R_{AD} = I_2(R_{НП} + R_{BH} + R_{AD}) + I_1 R_{AD}$$

Ёки, ушбу тенгламани I_2 га нисбатан ечиб, қуйидагини оламиз:

$$I_2 = \frac{E_{(t_{t0})} - I_1 R_{AD}}{R_{НП} + R_{bh} + R_{AD}};$$

Бу тенгламадан кўриниб турибдики, суръат $I_2 = 0$ бўлганда нолга тенг бўлади.

Реахорд движоги (D)ни E_{AB} гача суриб ($E_{(tt0)} < E$ шарти бажарилганда) движокнинг шундай холатини топиш мумкинки, бунда термopара занжиридаги ток нолга тенг бўлсин ($I_2=0$), бунда,

$$\frac{U_{AD}}{R_{AD}} = \frac{E}{R_{AB}}; \text{ ба } \frac{R_{AD}}{R_{AB}} = \frac{l}{L}$$

ёЗИШ МУМКИН,

Охирги тенгламада ўзгарувчан катталиқ бўлиб ℓ ҳисобланади ва унинг қиймати реахорд сургичи ҳолатига (D) га боғлиқ ўзгаради. Шундай қилиб потенциометрларда компенсацион усул қўлланилади.

Ушбу схемада ҳам, манбаа занжиридаги токни ишчи қийматда ушлаб туриш учун компенсация ўсулидан фойдаланиш мумкин.

Автоматик потенциометрлар

Автоматик потенциометр схемасида (27-расм) ҳамма қаршиликлар манганидан тайёрланади, R_k қаршилиги эса, мис ёки никелдан тайёрланади.

Рис. 27.

Манба занжири икки шахобчадан ташкил топган: реохорд R_p уланган ишчи шахобча ва $R_{HЭ}$ и R_k қаршиликлар уланган ёрдамчи шахобча.

Ёрдамчи шахобча ёрдамида термopара совуқ ковшари температурасининг ўзгаришига, ҳамда эски автоматик потенциометрларда ишчи ток қийматига автоматик тузатишлар киритилади.

Ўлчанаётган термо ЭЮК реохорддаги R_p ва R_H и R_k қаршиликлардаги кучланишлар тушиши билан компенсацияланади, яъни,

$$E_{(tt_0)} = I_1 R_p + I_2 R_H - I_1 R_k = U_{ав}$$

Температура ўзгариши билан $E_{(tt_0)}$ ўзгаради ва у $U_{ав}$ га тенг бўлмай қолади. Бунда ЭК га ўзгартириш каскади ЎК орқали нобаланс кучланиши ΔU берилади.

$$\Delta U = E_{(tt_0)} - U_{ав}$$

ЎК да ўзгармас ток нобаланс кучланиши (ΔU) ўзгарувчан токга айлантирилади ва сўнгра ЭКда реверсив юритма (РЮ) роторини айлантиришга етарли даражада кучланиш ва қуввати бўйича кучайтирилади. РД ротори кинематик равишда ўлчов асбобининг ўлчаш қурилмаси ҳамда реохорд R_p сургичи билан кинематик равишда боғлиқ. нобаланс кучланиши ΔU пайдо бўлиши билан, РД ротори айланишни бошлайди ва реохорд R_p юритгичини суради, токи

$$\Delta U = 0 \text{ яъни, } E_{(tt_0)} = U_{ав}$$

Эски автоматик потенциометрларда схемада ишчи токни I_1 ўрнатиш учун тумблер назорат “К” ҳолатига қўйилади. Бунда, агар $R_{HЭ}$ қаршилигидаги кучланишнинг тушиши $I_1 R_{HЭ}$ нормал элемент ЭЮКга тенг бўлмаса, унда электрон кучайтиргич ЭК га бу кучланишлар фарқига тенг кучланиш $E_{HЭ} - I_1 R_{HЭ} = \Delta U_1$ берилади ва РД ротори айланиб $I_1 R_{HЭ}$ ни $E_{HЭ}$ га етказди. Бунда $I_1 = \frac{E_{HЭ}}{R_{HЭ}}$ бўлиб, РД га сигнал келмайди ва ишчи ток қиймати белгиланган қийматга етади. I_2

$R_{HЭ}$ – НЭ занжиридаги ўзгармас манганин қаршилик;

$R_{ш}$ - R_p реохорддан ўтаётган токни чеклашга мўлжалланган қаршилик;

Замонавий автоматик потенциометрларда стабиллашган манбаалар қўлланилганлиги сабабли, ишчи токни ўрнатишга мўлжалланган нормал элемент занжири олиб ташланган.

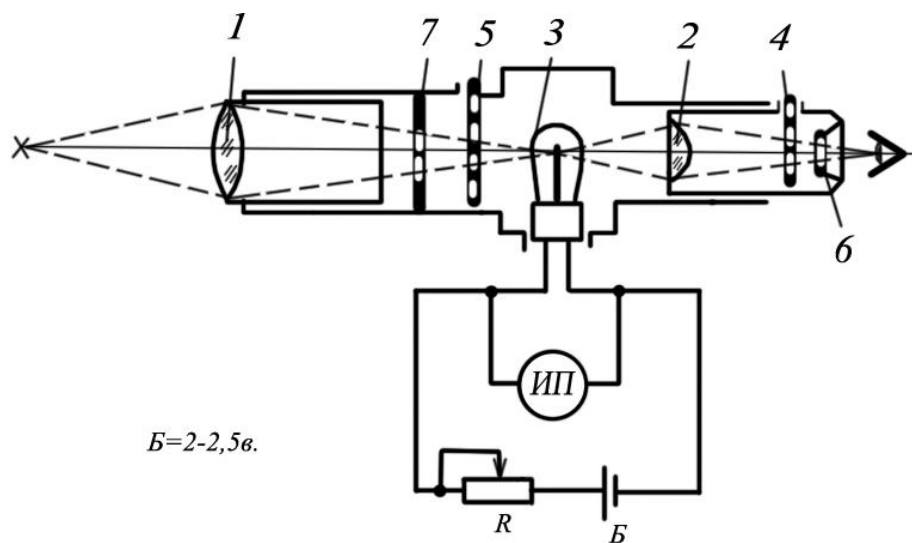
Автоматик потенциометрларда совуқ ковшар температурасини ошиши билан термopара ишлаб чиқаётган ТЭЮК $E_{(tt_0)} - E_{(tt_0^1)}$ қийматга камаяди. Шунингдек совуқ ковшар қиймати ўзгариши $U_{ав}$ нинг қийматини ҳам ўзгаришига сабаб бўлади, чунки R_k қаршилик совуқ ковшар билан бир хил температурада бўлади, яъни

$$E_{(tt_0)} - E_{(tt_0^1)} = I_2 R_p + I_2 R_H - I_1 (R_k + \Delta R_k)$$

Совуқ ковшар температурасини ўзгариши натижасидаги ТЭЮК нинг ўзгариши R_k қаршилик ўзгариши натижасидаги қўшимча кучланишлар тушиши $I_1 \Delta R_k$ билан компенсацияланади.

Шунингдек, лента диаграммали автоматик потенциометрлар (КСП-4) ҳам ишлаб чиқарилади. Бу ўлчов асбоблари битта, учта, олтига ва хатто ўн икки позициядаги температурани ўлчашда ишлатилиши мумкин. 28-расмда учта нуқтада температурани ўлчайдиган автоматик потенциометр схемаси келтирилган.

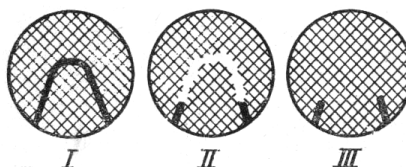
тўлқин узунлигидаги монохроматик (бир хил рангли) нурланишга эришиш учун окулярдан олдин қизил шиша ёруғлик фильтри 4 ўрнатилган.



Расм.29.

Оптик пирометр қуйидаги элементлардан ташкил топган: 1 - объектив линзаси; 2 - окуляр линзаси; 3 - пирометрик лампа; 4 – қизил ёруғлик фильтри; 5 – кул ранг ютувчи фильтр; 6 – чиқиш диафрагмаси; 7 – кириш диафрагмаси.

Объектив ва пирометрик лампа орасига ютувчи (кулранг) шиша ўрнатилган бўлиб, ундан пирометр юқори ўлчаш чегарасини ошириш учун қўлланилади. Шундай қилиб, оптик пирометрларнинг ишлаш принципи икки жисм яъни, температураси ўлчанаётган жисм ва вольфрам симининг ёруғлигини солиштиришга асосланган экан (расм 30).



Расм.30.

Бунда, вольфрам симининг ранги жисм рангидан тўқроқ бўлса (I-холат), симдан ўтаётган токни ошириш керак, агар, вольфрам симининг ранги жисм рангидан очроқ бўлса (II -холат), унда симдан ўтаётган токни камайтириш керак ва нихоят ранглار мос келганда, шкаласи $^{\circ}\text{C}$ да градуировкаланган амперметр (ИП) кўрсатуви бўйича жисм температураси аниқланади.

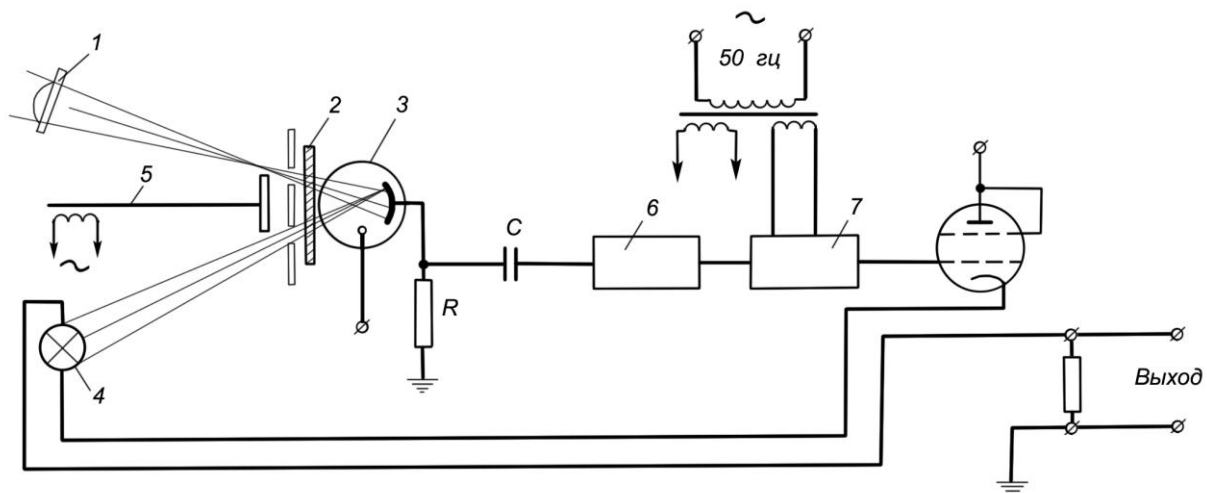
Вольфрам симини 1500°C дан ортиқ температурага қиздириш мумкин эмас. Бунда ортиқча қиздирилган лампадан майда заррачаларнинг сачраши натижасида лампанинг ички деворлари ифлосланиши мумкин ва бу ўлчов асбоби шкаласи градуировкасининг бузилишига олиб келиши мумкин.

Оптик пирометрларнинг афзалликларига юқори аниқлиги, компактлиги, соддалиги кирса, камчилигига алоҳида манбаага мухтожлиги, температура қийматини автоматик равишда ёзиб бориш имконининг йўқлиги ва ўлчаётган операторнинг спектрал сезгирлигига боғлиқ равишда ўлчаш усулининг субъективлиги.

Ишлаб чиқаришда ОППИР- 007 оптик пирометрлари ишлатилади.

Фотоэлектрик пирометрлар

Бу пирометрларнинг ишлаш принципи ҳам температурани монохроматик нурланишлар интенсивлигига қараб ўлчашга асосланган. Бунда нур оқимиға пропорционал равишда фототок микдори ўзгаради. Температурани 500-4000⁰С чегарада ўлчашга мўлжалланган. Визуал равишда қисман нурланиш пирометрларига нисбатан улар қуйидаги афзалликларга эга: ўлчашнинг узлуксизлиги, нисбатан инерциясизлиги ва ўлчашнинг объективлиги.



Расм.31.

800-1300⁰С чегарада температурани ўлчовчи ФЭП-4 фотоэлектрик пирометри (расм 31) нурларни йўналтирувчи фокусловчи объектив 1 ва қизил ёруғлик фильтри кассетасининг юқори тирқиши орқали фотоэлемент 3 га йўналтиради. Пастки тирқиш орқали эса, ёруғлик оқими бўйича акс таъсир сигналини ҳосил қилиш мақсадида куч блокининг чиқиш каскадининг анод занжирига уланиб қиздирилаётган лампадан чиқаётган нурлар берилади. Ўзгарувчан ток манбаидан ўрамга берилаётган манбаа таъсирида кассета тирқиши 50 гц частота билан нурларни узиб тебранади.

Кассета тирқишининг танланган формасига қараб, фотоэлементга синусоидал равишда ўзгарувчи ёруғлик оқими юборилади. Натижада, электрон кучайтиргичга, фотоэлементга келаётган нурлар фарқига мос равишда, ҳосил бўлаётган фототоклар фарқига мос амплитудали ўзгарувчан кучланиш берилади. Шу сабабли, лампа занжиридаги ток автоматик равишда фотоэлементнинг иккала ёруғлик манбаидан берилаётган нурлар тенглашгунча ўзгаради. Ушбу токнинг ўзгармас қаршилиқда ҳосил қилган кучланишлар тушиши, ўлчанаётган температурага мос бўлади.

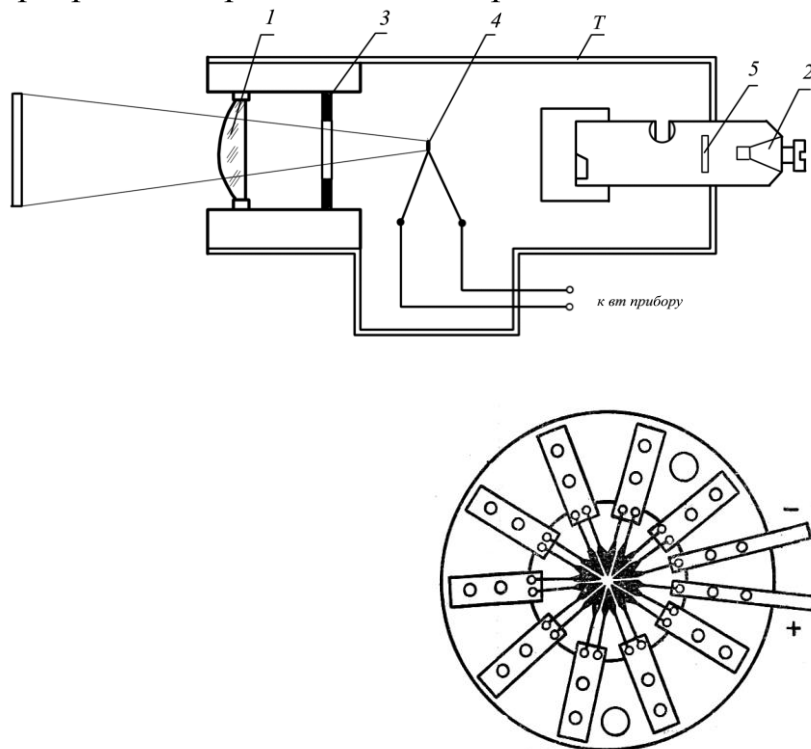
Бу ўлчов асбобларининг аниқлик синфи 1.

ФЭП-3 фотоэлектрик пирометрларида, температурани фототок қийматига қараб тўғридан-тўғри ўлчанади.

Тўла нурланиш пирометрлари. Радиацион пирометрлар. Бу пирометрлар ёрдамида температурани ўлчаш иситилган жисмларни иссиқлик нурланишларидан фойдаланишга асосланган. Пирометр (расм 32) ёрдамида ушлаб қолинаётган иссиқлик нурлари йиғувчи линза 1 ёрдамида термобатарея кўринишидаги термо сезгир элемент (4) да (кетма-кет уланган термопаралар) концентрлашади. Нур оқими

йиғувчи линза ёрдамида термопаралар ишчи ковшарларига йўналтирилади ва уларни иситилиш даражасига қараб нур таратувчи жисм теператураси аниқланади. Иккиламчи ўлчов асбоби сифатида пирометрик милливольтметрлар ёки автоматик потенциометрлар ишлатилади.

Тўла нурланиш пирометрларининг афзаллиги ўлчаш усулининг объективлиги, алохида манбаанинг керакмаслиги, ҳамда ўлчаш натижаларини масофага узатиш имконининг мавжудлиги. Аммо уларнинг аниқлиги олдинги пирометрлардан пастроқ. Шкаласи бир текис эмас.



Расм.32.

Радияцион пирометр РАПИР телескоп-объектив линза 1, рангли шишали (5) окуляр 2 ва нурларни камерада жойлашган тармобатарея 4 га йўналтирувчи диафрагма 3 дан ташкил топган. Термобатарея ишчи ковшарларига йўналтирилган нур оқими электр сигналига айлантирилиб, иккиламчи ўлчов асбобига узатилади.

Ушбу ўлчов асбоби ўлчаш чегараси 400 - 2500⁰С.

БОСИМНИ ЎЛЧАШ

Суюқлик, 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 жараёни оптимал режимда олиб бориш учун фақат температурани 85°C да ушлаб туриш етарли эмас, балки босимни ҳам белгиланган қийматда ушлаш керак экан. Бундай мисолларни кимёвий технологияда қўлаб келтириш мумкин.

Босимни ўлчаш усуллари ва бирликлари

Босимни ўлчашда барометрик, абсолют ва ортиқча босимлар мавжуд. Ер атмосферасидаги ҳаво 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 барометрик босимдан катта ҳам, кичик ҳам бўлиши мумкин.

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

Ҳалқаро СИ бирликлар тизимида босим бирлиги сифатида 1 м^2 юзага бир текис таъсир қилаётган 1 Ньютон куч ҳосил қилаётган босим қабул қилинган, яъни, 1 Н/м^2 .

Бу босим бирлиги (Н/м^2) жуда кичик бўлиб, бошқа ўлчам бирликлари билан солиштирилганда:

$0,1 \text{ МПа} = 1 \text{ кгс/см}^2 = 10^4 \text{ кгс/м}^2 = 10332 \text{ мм.вод.ст} = 760 \text{ мм.рт.ст.} = 9,8 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2 = 0,980665 \text{ бар} = 14,5 \text{ англ.фунт/дюйм}^2$ (яъни, $6,451582$ квадрат дюйм юзага таъсир этаётган $1 \text{ фунт} = 0,453592 \text{ кгс}$ куч).

Босимни ўлчаш асбоблари қуйидагича таснифланади:

I. Ишлаш принципи бўйича:

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

II. Ўлчанаётган босим қийматига қараб:

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

СУЮҚЛИКЛИ МАНОМЕТРЛАР

Ушбу ўлчов асбобларининг ишлаши ўлчанаётган босимни маълум бир баландликдаги суюқлик устуни босими билан мувозанатланишига асосланган.

Суюқликли шиша манометрлар асосан лаборатория шароитларида ўлчашга қўлланилади. Саноатда камдан кам қўлланилади. U-симон, идишчали, эгилган трубкали идишчали, колоколли ва ҳалқали турлари мавжуд.

Икки трубаги U-симон шиша манометри

Бу ўлчов асбобларида ўлчанаётган босим суюқлик устуни босими билан мувозанатланиб, суюқлик устуни баландлиги бўйича аниқланади (расм 33).

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

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

ρ и ρ_c – U-симон шиша манометридаги суюқлик зичлиги ва бу суюқлик тепасидаги мухит зичлиги;

h – мувозанатловчи суюқлик устуни баландлиги.

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

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

$$P_1 = P_6 + \rho gh; \quad P_2 = P_6 + P_{\text{изб}},$$

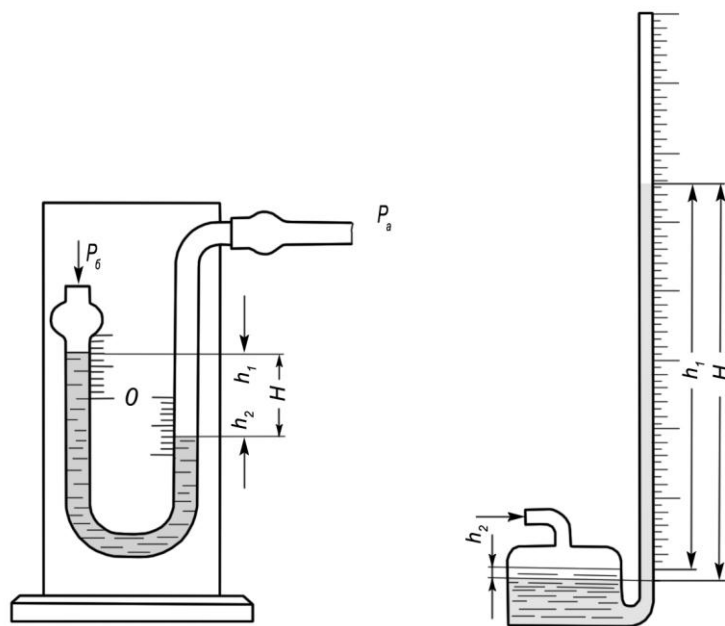
Мувозанат ҳолатида $P_1 = P_2$ лигини ҳисобга олинса, унда

$$P_6 + \rho gh = P_6 + P_{\text{изб}}$$

$$P_{\text{изб}} = \rho gh = \rho g(h_1 + h_2)$$

Бу манометрларнинг камчилиги икки ўлчамлилиги ҳисобланади.

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



Расм.33.

Бир трубаги чашкали манометр

Бу ўлчов асбобларида ўлчаш тор ўлчаш трубкасидаги сатхга қараб ўлчанади (бир ўлчамла ўлчаш). Бир трубаги чашкали манометр пастки қисмига шиша труба уланган кенг металл идиш кўринишида бўлиб, шиша трубка ёнига миллиметрли шкала ўрнатилган бўлади. Ўлчаш трубкасининг иккинчи учи атмосфера билан уланган, металл идиш чиқиш трубаesi эса объект билан уланади. Ўлчанаётган мухит босими таъсирида ($P = P_a - P_6$), шиша ўлчаш трубкасидаги ишчи суюқлик сатхи h_1 баландликга кўтарилади, иккинчи идишда эса, h_2 баландликга тушади. Суюқлик устунининг умумий баландлиги ($h = h_1 + h_2$) ҳосил қилаётган босим, ўлчанаётган босимни мувозанатлайди.

Идишдан ўлчаш трубкасига сиқиб чиқарилган суюқлик ҳажми қуйидагига тенг:

$$h_1 f = h_2 F$$

бу ерда, f ва F – трубка ва идиш кесим юзаси.

Қуйидагиларни ечамиз,

$$h = h_1 + h_2 = h_1 + \frac{f}{F} h_1 = h_1 \left(1 + \frac{f}{F}\right); \quad \text{ёки,}$$

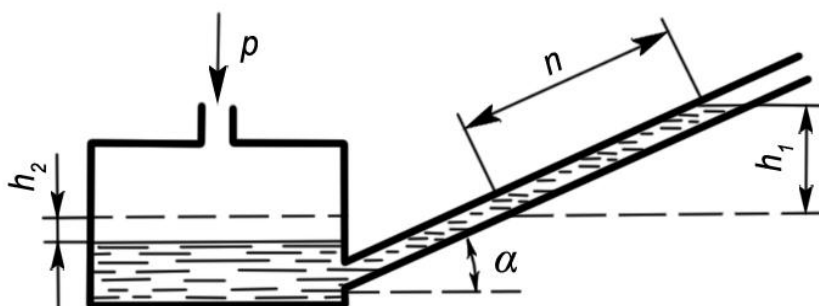
$$h = h_1 \left(1 + \frac{d^2}{D^2}\right) = h_1 + h_1 \frac{d^2}{D^2}$$

кўриниб турибдики, суюқлик устунининг умумий баландлиги ўлчов асбоби ёрдамида ўлчанган катталиқдан $h_1 \frac{d^2}{D^2}$ қийматга катта бўлади. Одатда, $\frac{d^2}{D^2}$ нисбат 0,01 дан кичик бўлганлиги сабабли, ўлчанаётган босимни ўлчаш трубкасидаги суюқлик сатхи бўйича ўлчаниши ($h \approx h_1$ ёки, $P = \rho g h_1$), амалда сезиларли қўшимча хатоликларга сабаб бўлмайди.

Эгилган (нишаб) трубкали микроманометр

Эгилган трубкали микроманометрларда ҳам (расм 34), босимни суюқлик устуни баландлиги ($h_1 = n \sin \varphi$) бўйича ўлчанади, яъни

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



Расм.34.

Техник суюқлик манометрлари

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

Қалқовучли суюқлик манометрлари

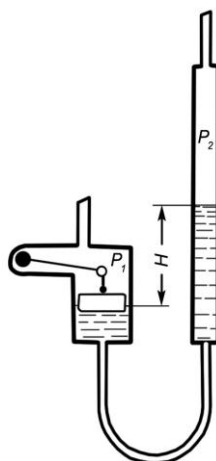
Бу манометрлар (расм 35) асосан дифманометр сифатида ишлатилади. Бу ўлчов асбобларининг бир тирсаги кенгроқ бўлиб, унга ўлчов асбоби стрелкаси билан уланган қалқовуч ўрнатилган. P_1 босим P_2 дан катта бўлганда, чап идишдаги суюқлик сатхи h_1 баландликка камаяди. Ўлчанаётган босимлар фарқи ($P_1 - P_2$), $H = h_1 + h_2$ баландликдаги суюқлик устуни ҳосил қилаётган босим билан мувозанатланади.

Мувозанат шарти қуйидагича: $P_1 - P_2 = (\rho - \rho_1)gH$

Маълумки, сиқиб чиқарилган суюқлик хажми.

$$h_2 \frac{\pi D^2}{4} = h_1 \frac{\pi d^2}{4}$$

$$h_1 = h_2 \frac{D^2}{d^2}; \quad \text{унда } H = h_2 \left(1 + \frac{D^2}{d^2}\right)$$



Расм.35.

Н қийматини қўйиб, топамиз,

$$P_1 - P_2 = h_2 g \left(1 + \frac{D^2}{d^2}\right) (\rho - \rho_1)$$

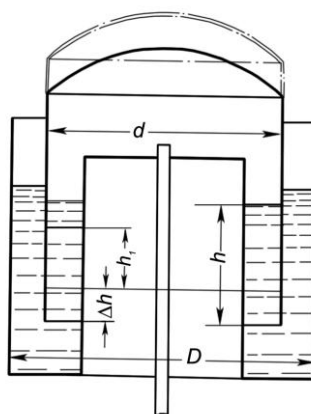
ёки, охирги тенгламадаги ўзгармас катталикларни белгилаб ёзиш мумкин

$$P_1 - P_2 = k_1 \cdot k_2 \cdot h_2$$

Яъни, босимлар фарқини қалқовучнинг силжиши бўйича ифодалаш мумкин.

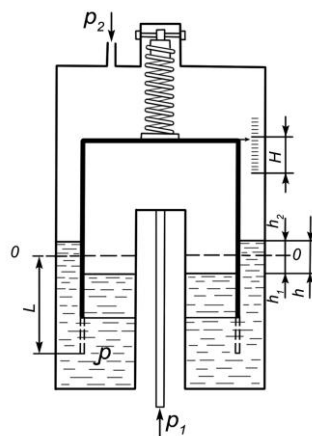
Қўнғироқли (колокольные) манометрлар

Қўнғироқли манометрлар (расм 36) кичик босим ва кичик вакуумни (тягомерлар ва напоромерлар) ўлчаш учун ва дифманометрлар сифатида қўлланилади.



Расм.36.

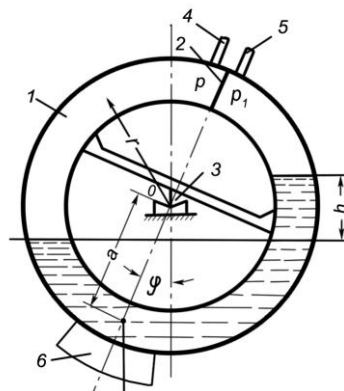
Ўлчов асбоби суяқлик солинган идишдан ва колоколдан ташкил топган бўлиб, унинг тагига трубка ёрдамида ўлчанаётган босим берилади ва ўлчанаётган босим ўзгариши билан колокол тепага ёки пастга силжийди. Икки хил колоколли манометрлар мавжуд бўлиб, биринчисида, ўлчанаётган босим ҳосил қилаётган куч Архимед кучи билан мувозанатланса, иккинчисида эса (расм 37), юк ёки пружина билан мувозанатланади. Биринчисида, 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 биқирлиги билан мувозанатланади.



Расм.37.

Ҳалқасимон манометрлар

Кичик ортиқча босим, вакуум ва босимлар фарқини ўлчашга мўлжалланган.



Расм.38.

Ўлчов асбоби (расм 38) 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 G 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,

$$P_1 - P_2 = \rho gh$$

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

$$M_p = (P_1 - P_2) S r$$

S - ҳалқадаги тўсиқ юзаси;

r – ҳалқанинг ўртача радиуси.

Бу айлантериш momenti таъсирида ҳалқа соат стрелкаси бўйича таянч атропоида айланади. Ҳалқанинг айланиши акс таъсир моментини ҳосил қилади.

$$M_G = G a \sin \varphi$$

G – юкнинг оғирлик кучи;

φ – ҳалқанинг буралиш бурчаги;

a – юк оғирлик маркази билан таянч орасидаги масофа.

Бу икки моментлар мувозанатланганда ҳалқа янги мувозанат ҳолатида

$$M_p = M_G$$

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

Яъни ўлчанаётган босимлар фарқи халқанинг буралиш бурчаги синусига пропорционал бўлади.

Ўлчов асбоби шкаласи бир текис эмас. Айланиш бурчаги 60° 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

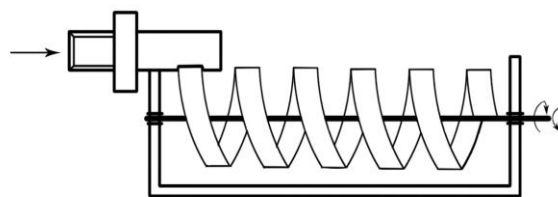
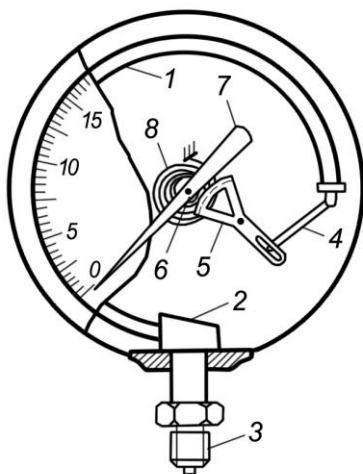
ДЕФОРМАЦИОН (ПРУЖИНАЛИ) МАНОМЕТРЛАР

Пружинали манометрларнинг ишлаш принципи, ўлчанаётган босим таъсирида махсус пружиналарнинг бикир деформациясидан фойдаланишга асосланган. Яъни, ўлчанаётган босимни хар 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.39.

Бу ўлчов асбоби (расм 39.), 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 (PS_v) пастки юзага таъсир этаётган кучдан (PS_n) катта бўлади, яъни $PS_v > PS_n$. 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 "в" ўлчами ортади;
- деформацияланиш натижасида трубка узунлиги ўзгармайди, яъни, АВ ва А'В' бошланғич узунлигини сақлаб қолади.

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

Иккинчи шартга асосан: $R\gamma = R'\gamma'$ (деформациягача ва деформациядан сўнгги трубканинг ташқи ёйи узунликлари тенг) ва

$r\gamma = r'\gamma'$ (деформациягача ва деформациядан сўнгги трубканинг ички ёйи узунликлари тенг)

Уларни бир биридан айириб, қуйидагиларни оламиз,

$$(R-r)\gamma = (R'-r')\gamma'$$

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

$$v\gamma = v'\gamma'$$

агар, $v < v'$ бўлса, унда, $\gamma > \gamma'$ 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:

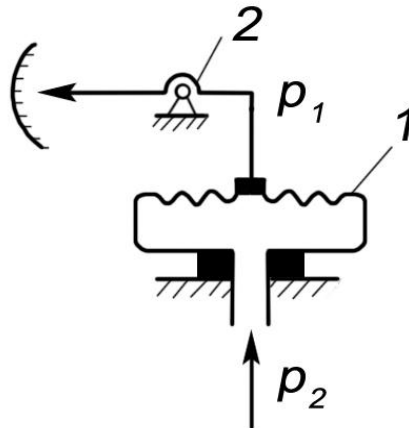
Ўлчаб, жойида назорат қилиш учун масалан: ОБМ: ОБВ: ОБМВ ва бошқалар.

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

Мембранали манометрлар

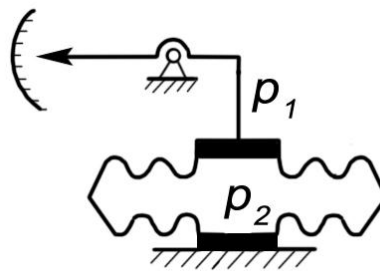
Мембранали манометрларнинг сезгир элементлари гофрли мембрана, мембранали коробка ҳамда мембрана блоклари кўринишида бажарилган бўлиши мумкин. Бу ўлчов асбоблари кичик ортиқча босимларни ва вакуумни ўлчашга мўлжалланган (манометрлар, напорометрлар ва тягомерлар). Бу ўлчов асбобларида босим ўзгаришига мос равишда сезгир мембрана деформацияланиб, эгилади. Сезгир гофрли мембранали манометр қуйидаги кўринишга эга (расм 40.).

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.



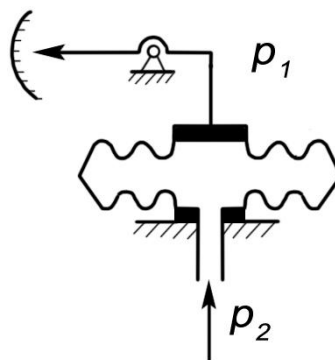
Расм.40.

Мембранали анероид манометри (расм 41) атмосфера босимини P_a (P_1) ўлчашга мўлжалланган. Анероид коробка ичидаги босим 0,01мм.сим.уст. га тенг.



Расм.41.

Манометрик коробкали мембранали манометр (расм 42) кичик босимларни ўлчашга ишлатилади. Ўлчанаётган P_2 босим манометрик коробкага берилади.



Расм.42.

Блоклар кўринишидаги анероид ва манометрик коробкалар (расм 43) ҳам ишлаб чиқарилади.

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.

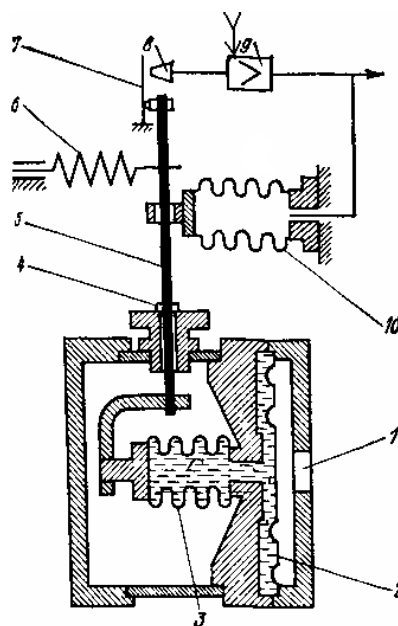


Расм.43.

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 сигнаlines 4 мм диаметрли 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.



Расм 44.

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

Сильфонли манометрлар

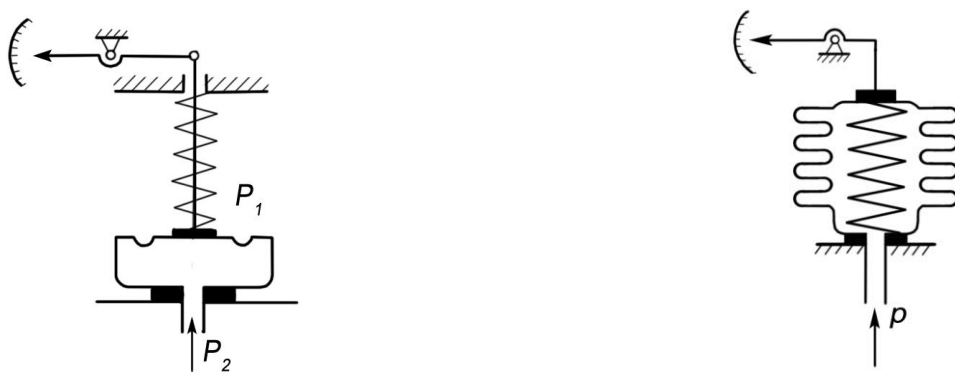
Сильфонли манометрларнинг сезгир элементи бўлиб, юпқа қалинликдаги халқасимон гофралик деворга эга бўлган цилиндрик идиш, сильфон тушунилади.



Расм.45.

Сильфон латундан, берилла бронзасидан ва зангламас пўлатдан тайёрланади (расм 45.). Ўлчанаётган босимнинг ортиши билан, сильфон (3) деформацияланишни бошлайди ва бу ҳол 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 бўшлиққа 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 46).



Расм.46.

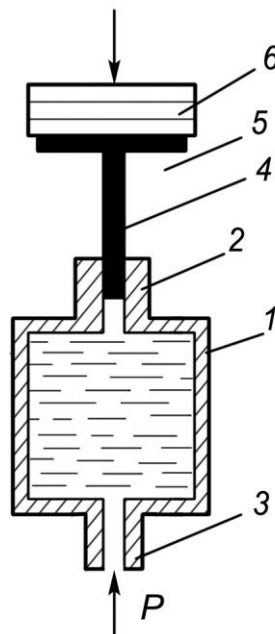
Силфонли манометрларнинг қуйидаги турлари ишлаб чиқарилади: Пневматик ва электр сигнал ўзгартиргичли силфонли манометрлар МС-П, МС-Э (0-0,04 чегарадан, 0-2,5 МПа чегарагача), пневматик ва электр сигнал ўзгартиргичли силфонли вакуумметрлар ВС-П, ВС-Э, напоромерлар НС-П, НС-Э, тягомерлар ТС-П, ТС-Э, ҳамда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

Юк поршенли манометрлар

Юк поршенли манометрларнинг (расм 47) ишлаши, цилиндрда эркин ҳаракатланаётган поршенга, ўлчанаётган босим ҳосил қилаётган кучни колибрланган 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 47.

Ташқи томонидан поршень тарелка 5 билан уланган бўлиб, унга ўлчанаётган босим қийматиға қараб колибрланган юklar 6 ўлчанаётган босим билан мувозанатлангунча қўйиб борилади.

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

бунда, P – ўлчанаётган босим;

G_1 ва G_2 – тарелка билан поршень ва юklarнинг 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.

Электр манометрлари ва вакуумметрлари

Бу гуруҳ ўлчов асбобларининг ишлаши, ўлчанаётган босимни бевосита ёки билвосита равишда босим билан функционал боғлиқ бўлган қандайдир электр катталиқга айлантиришга асосланган. Бундай ўлчов асбобларига қаршилик манометрлари, сиғим манометрлари, пьезоэлектрик манометрлар, иссиқлик ўтказиш манометрлари ва ионизацион манометрлар киради.

Қаршилик манометрлари

Ушбу ўлчов асбобларининг ишлаши ташқи босим таъсирида ўтказгич электр қаршилигининг ўзгаришига асосланган. Электр ўтказгич сифатида одатда манганин олинади. Бу ўлчов асбобларида қаршиликнинг ўзгариши чизиқли қонуниятга бўйсинади, яъни,

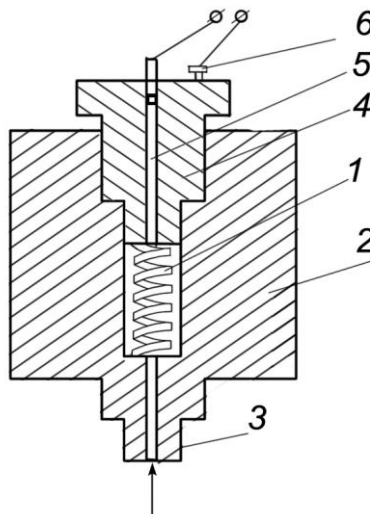
$$\Delta R = k R P$$

ΔR - қаршиликнинг ўзгариши;

R - ўтказгич қаршилиги;

P – ўлчанаётган босим;

k - пьезокоэффициент, унинг қиймати ўтказгич материалга боғлиқ.

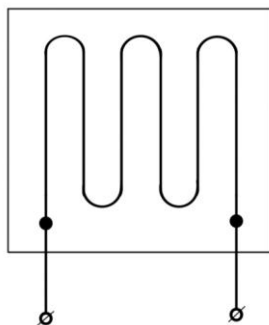


Расм.48.

Ўлчанаётган босим ўлчов асбобига (расм 48) патрубок 3 орқали берилади. Бунда ўлчов асбоби корпуси 2 да жойлашган ўтказгич 1 қаршилиги ўзгаради. Ўтказгич бифиляр равишда ўралган бўлиб, бу катушканинг бир учи қисқичи (6) бор гайка 4 га қовшарланган, иккинчи учи эса, мис стержен 5 га уланган. Ушбу сезгир элемент, кўприк схемасининг бир елкасига уланиб ўлчаниши мумкин. Босимни ўлчашда шунингдек тензометрлар ҳам ишлатилиши мумкин. Бу асбобларда ҳам, қаршиликнинг босимга боғлиқ ўзгариши шу қонуниятга бўйсынади, яъни,

$$\Delta R = k R P$$

K - тензосезгирлик коэффициенти.



Расм. 49.

Тензометрнинг ишлаш принципи (Расм.49.), кучни ёки унга пропорционал бўлган деформацияни, деформацияланаётган жисм юзасига қойилган ўтказгич қаршилигига айланишига асосланган (сим диаметри $d=0,02-0,05\text{мм}$).

Сигим манометрлари

Бу ўлчов асбобларининг ишлаши ўлчанаётган босим таъсирида, текис конденсатор сигимини электродлар орасидаги масофанинг ўзгариши натижасида ўзгаришига асосланган (расм 50). Ўлчанаётган босим ўзгариши билан текис конденсатор сигими қуйидаги боғлиқлик асосида ўзгаради:

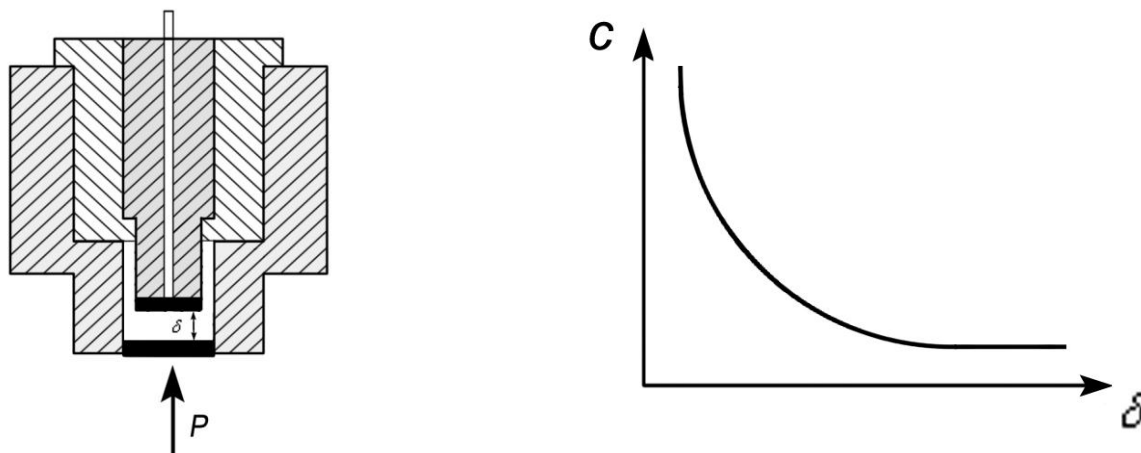
$$C = \frac{ES}{\delta}$$

бу ерда, C – сигим;

E – диэлектрик ўтказувчанлик;

S – конденсатор юзаси;

δ - конденсатор электродлари орасидаги масофа.



Расм.50.

Ўлчанаётган босим P ўзгариши билан, конденсатор электродлари орасидаги масофа δ ўзгаради ва бу электр сиғимини C ўзгаришига олиб келади.

Пьезоэлектрик манометрлар

Пьезоэлектрик манометрларнинг ишлаши баъзи кристал моддаларнинг механик куч таъсирида электр зарядларини ҳосил қилиш хусусиятига асосланган. Бу ҳодиса пьезоэффект деб номланади. Пьезоэффект кварц, барий титанит ва баъзи бошқа моддаларкристалларида кузатилади. Пьезоэффектнинг ўзига хос хусусияти, унинг инерциясизлигидир. Зарядлар, куч таъсир этиши билан бир зумда ҳосил бўлади. Кристал қирраларида ҳосил бўлаётган электр зарядлари, куч таъсир қилаётган вақтда сақланиб туради ва унинг таъсири тўхташи билан йўқолади.

Иссиқлик ўтказувчан манометрларда газларнинг иссиқлик ўтказувчанлигини босимга боғлиқ ўзгаришидан фойдаланилади. Босимни (0,0001-10мм.рт.ст) чегарада ўлчаганда, босим ўзгариши билан газнинг иссиқлик ўтказувчанлиги ўзгаради, натижада, кўприк схемасининг бир елкасига уланган қаршилик термометрининг қаршилиги ўзгаради.

Ионизацион манометрларнинг ишлаши босимга боғлиқ равишда ўзгарувчи ион токини ўлчашга асосланган. Босимга боғлиқ равишда электронлар кўп ёки кам молекулаларни ионлаштиради. Ионлар ўз зарядларини коллекторга бериб, ион токини ҳосил қилади.

СИГНАЛ ЎЗГАРТИРГИЧЛАР ВА МАСОФАГА УЗАТИШ ТИЗИМЛАРИ

Хар хил физик катталиқдаги чиқиш сигналли сигнал ўзгартиргичларнинг жуда кўп турларининг мавжудлиги, хар хил номенклатурадаги ўлчов асбобларини, ростлагичларни ишлатилишини талаб қилади ва бу албатта, уларни ишлатиш ва таъмирлашда маълум қийинчиликларга сабаб бўлади. Бундан ташқари, марказлаштирилган назорат ва бошқариш тизимларини яратишда, хар хил физик катталиқларни бир хил катталиқга келтириш учун қўшимча хар хил оралиқ сигнал

ўзгартиргичлардан фойдаланиш керак бўлади. Шунинг учун, рационаллаш (кулайлаштириш) мақсадида, алоҳида тизим ва ўлчов асбоблари **Давлат ўлчов асбоблари тизими**га (ДАТ) бириктирилган.

ДАТ электр, пневматик ва гидравлик тармоқлардан ташкил топган бўлиб, улар ўзаро ҳар хил сигнал ўзгартиргичлар орқали боғлангандир. ДАТ ҳар хил ўлчанаётган параметрларни, масофага узатишга қулай бўлган, бир хил маълумот шаклига келтиради. Кириш ва чиқиш параметрларини унификациялаш йўли билан ўлчов асбобларини ўзаро алмашинувчанлигига эришилади ва ДАТнинг ушбу тармоғига кирувчи бирламчи сигнал ўзгартиргичларни ҳар хил ўлчов асбоблари билан бирга ишлай олиши таъминланади.

ДАТ уч тармоқдан ташкил топган: электр токли сигналли (аналог сигналли) асбоблар; электр частотали (дискрет сигналли) асбоблар; пневматик чиқиш сигналли асбоблар.

Қуйидаги унификацияланган сигналлар қабул қилинган:

1. электр аналог тармоқ учун: 0-5мА; 0-20 мА; 4-20 мА; 0-10 В; 0-2 В;
2. электр частотали тармоқ учун: 1500-2500Гц;
3. пневматик тармоқ учун: 0,02 – 0,1 МПа (0,2-1,0 кгс/см²).

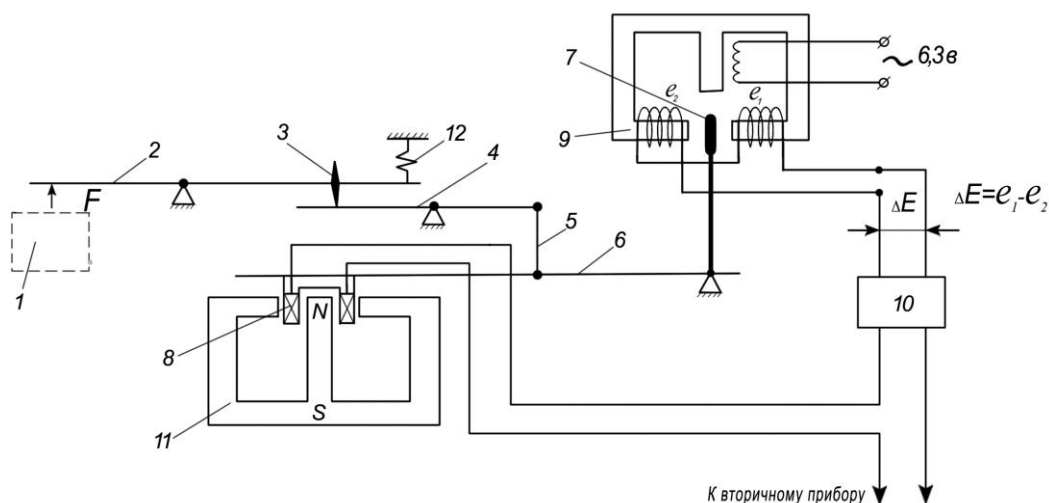
Сигнал ўзгартиргичларнинг электр аналог тармоғи

Сигнал ўзгартиргичларнинг электр аналог тармоғи кучни компенсациялашга ёки силжишни компенсациялашга асосланган бўлиши мумкин.

Кучни компенсациялашга асосланган сигнал ўзгартиргичлар

Ўлчанаётган параметр ўлчаш блоки 1 сезгир элементига таъсир этиб, пропорционал куч F га айланади ва у рычаг 2 га узатилади (Расм 51).

Ушбу рычагнинг айланиши ролик 3 орқали оралик рычаг 4 га ва лентали тяга 5 орқали компенсацион рычаг 6 га узатилади. Компенсацион рычаг 6 нинг бир томонига дифференциал-трансформаторли мувозанат индикатори ўзаги 7 ва иккинчи томонига магнитоэлектрик куч механизмининг ўрами 8 маҳкамланган.



Расм.51.

Дифференциал-трансформаторли мувозанат индикатори ўзаги 7 аввалги мувозанат ҳолатидан силжиши, бир-бирига қарама-қарши уланган иккиламчи ўрамлар 9 чиқишида саноат частотасидаги ўзгарувчан ток ҳосил қилади. Бу сигнал

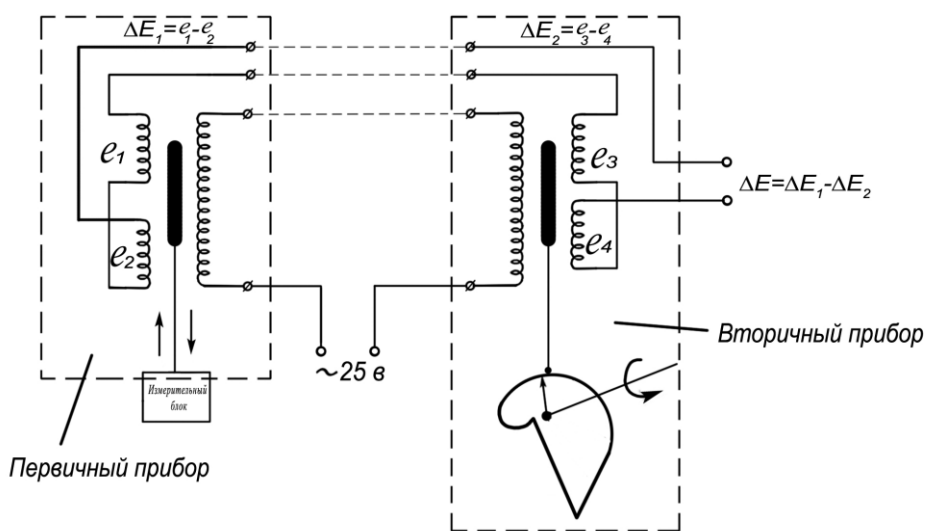
электрон кучайтиргич ЭК киришига берилади. Кучайтирилиб, ўзгармас токга тўғриланган сигнал масофага узатиш тизимига ва унга кетма-кет уланган магнитоэлектрик куч механизмининг ўраи 8 орқали узатилади. Катушка 8 да ток ҳосил қилаётган магнит майдонини ўзгармас магнит майдони 11 билан ўзаро таъсири натижасида ричаг 6 га таъсир этаётган куч ўзгариб, ўлчанаётган (кириш) кучни мувозанатлайди.

Ўлчов асбобини нолга созлаш созлаш пружинаси 12 ёрдамида амалга оширилади. Берилган диапазонга созлаш учун ролик 3 ва сурилувчи лентали тяга 5 дан фойдаланилади. Чиқиш сигнали 0-5ма, 0-20ма ва 4-20ма чегараларда ўзгариши мумкин ва ахборотни 10 км масофагача узатиши мумкин.

Силжишни компенсациялашга асосланган сигнал ўзгартиргичлар

Бу ўлчов асбобларига дифференциал-трансформаторли, ферродинамик ва сельсинли сигнал ўзгартиргичлари кирази.

Дифференциал-трансформаторли сигнал ўзгартиргичларда (расм 52) бирламчи асбоб ўзагининг силжиши иккиламчи асбоб ўзагининг силжиши билан мувозанатланади. Бу сигнал ўзгартиргичлар босим, сарф, сатх ва бошқа параметрларни ўлчашда параметр ўзгариши сезгир элементда ўрамлар ўртасидаги ўзак силжишига айлантирилиши мумкин бўлган ҳолларда ишлатилади.



Расм.52.

Сигнал ўзгартиргичнинг бирламчи ўрамлари кетма-кет уланган бўлиб, унга ўзгарувчан ток кучланиши электрон кучайтиргич электрон кучайтиргич (ЭК) куч трансформатори ўрамлари орқали берилади. Ўзгартиргичнинг иккиламчи ўрамлари бир-бирига қарама-қарши уланган ва чиқиш сигнали ЭК га берилади. Ўрамлар ўртасида ўзақлар жойлаштирилган.

Агар, иккала ўрам орасидаги ўзақлар ўрта ҳолатда жойлашган бўлса, унда,

$$\Delta E_1 = e_1 - e_2 = 0; \quad \Delta E_2 = e_3 - e_4 = 0; \quad \text{и} \quad \Delta E = \Delta E_1 - \Delta E_2 = 0.$$

Ўлчанаётган параметр қиймати ўзгариши билан, бирламчи асбоб ўзаги силжишни бошлайди, ўрамларда нобаланс кучланиши пайдо бўлади. Бунда ΔE_1 нолга тенг бўлмай қолади ва унинг қиймати ўзакнинг силжиш қийматига боғлиқ бўлади. ΔE_1 ни пайдо бўлиши билан, ўрамлар чиқишида нолга тенг бўлмаган

$\Delta E = \Delta E_1 - \Delta E_2$, фарқ сигнал пайдо бўлади. Бу фарқ сигнали кучланиши ЭКда реверсив юритма (РЮ) роторини айлантираолиш даражасига кучайтирилади.

РЮ ротори ўлчов асбоби стрелкаси ва профили диск билан кинематик равишда боғланган бўлиб, профили диск айланиши билан иккиламчи асбоб ўрамлари орасидаги ўзак ҳам силжийди. Бу силжиш, иккиламчи асбоб ўрамларида индуктивланаётган ЭЮК ΔE_2 бирламчи асбоб ўрамларидагига ΔE_1 тенг бўлгунча давом этади.

Яъни, $\Delta E = \Delta E_1 - \Delta E_2 = 0$.

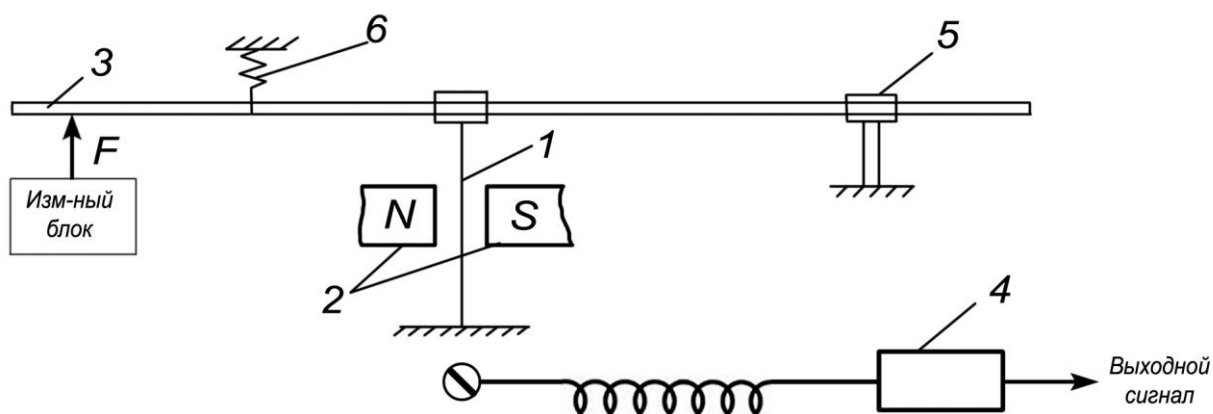
Бунда ЭЮ ротори тўхтаб, тизим мувозанат ҳолатига келади.

Частотали, электр дискрет рақамли тармоқ сигнал ўзгартиргичлари

Бу тармоқ сигнал ўзгартиргичларидан энг кўп ишлатиладигани торли сигнал ўзгартиргичлар ҳисобланади. Улар, ўзгармас магнит магнит **наконецники** 2 орасига ўрнатилган (расм 53), электр **изоляцияли** (қобиғли) металл тор кўринишида тасаввур қилинади. Торнинг бир учи қаттиқ маҳкамланган бўлиб, иккинчи учи эса, силжувчи ричаг 3 билан боғланган.

Пропорционал куч F га айлантирилган ўлчанаётган параметр ричаг 3 га ва у орқали тор 1 га таъсир этади. Агар тор орқали ток ўтказилса, унда, бу токнинг ўзгармас магнит ҳосил қилаётган магнит майдони билан ўзаро таъсири натижасида торнинг кўндаланг тебранишлари пайдо бўлади ва бу тебранишлар частотаси торнинг F кучи таъсиридаги таранглашувига боғлиқдир.

Торнинг кўндаланг тебранишлари хусусий частотаси кучайтириш қурилмаси 4 ёрдамида ўзгарувчан ток частотасига айлантирилади ва у сигнал ўзгартиргичнинг чиқиш сигнали ҳисобланади.



Расм.53.

Торнинг хусусий тебранишлари частотасини f_0 , F кучга боғлиқлигини қуйидагича ёзиш мумкин,

$$f_0 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\rho * S}}$$

l – тор узунлиги;

S – торнинг кўндаланг кесим юзаси;

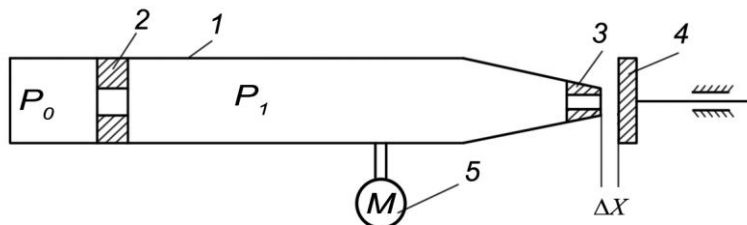
ρ – тор материали зичлиги.

Тор одатда вольфрам симдан тайрланади. Симнинг диаметри $d=0.05$ мм ва узунлиги 20мм. Сигнал ўзгартиргични сошлаш тор узунлигини ўзгартириш билан

амалга оширилади. Чиқиш сигналининг бошланғич қиймати 1500гц, пружина 6 ёрдамида созланади. 10км гача масофага маълумотни узатаолади.

Пневматик тармоқ сигнал ўзгартиргичлари

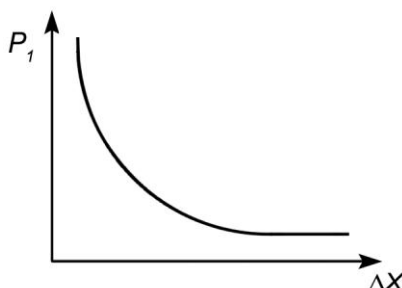
Пневматик сигнал ўзгартиргичларнинг асосий элементи бўлиб, сопло-заслонка (тўсик) элементи ҳисобланади (расм 54).



Расм.54.

- 1 - трубка;
- 2 – ўзгармас кесим юзали дроссел;
- 3,4 - сопло, заслонка;
- 5 - манометр;

Агар сопло ва заслонка орасидаги масофани (Δx) ўзгартирсак, унда икки дроссел орасидаги (ўзгармас кесим юзали дроссел 2 ва ўзгарувчан дроссел 3 ва 4 ораси) босим P_1 ўзгаради. Δx ни P_1 га боғлиқлик графиги расм 55 да келтирилган. Бунда, Δx ни 0,08ммга ўзгариши натижасида, сигнал ўзгартиргич чиқишидаги босим (P_1) 0,01 – 0,11 КПа (0,1-1,1 кгс/см²) га ўзгаради..



Расм.55.

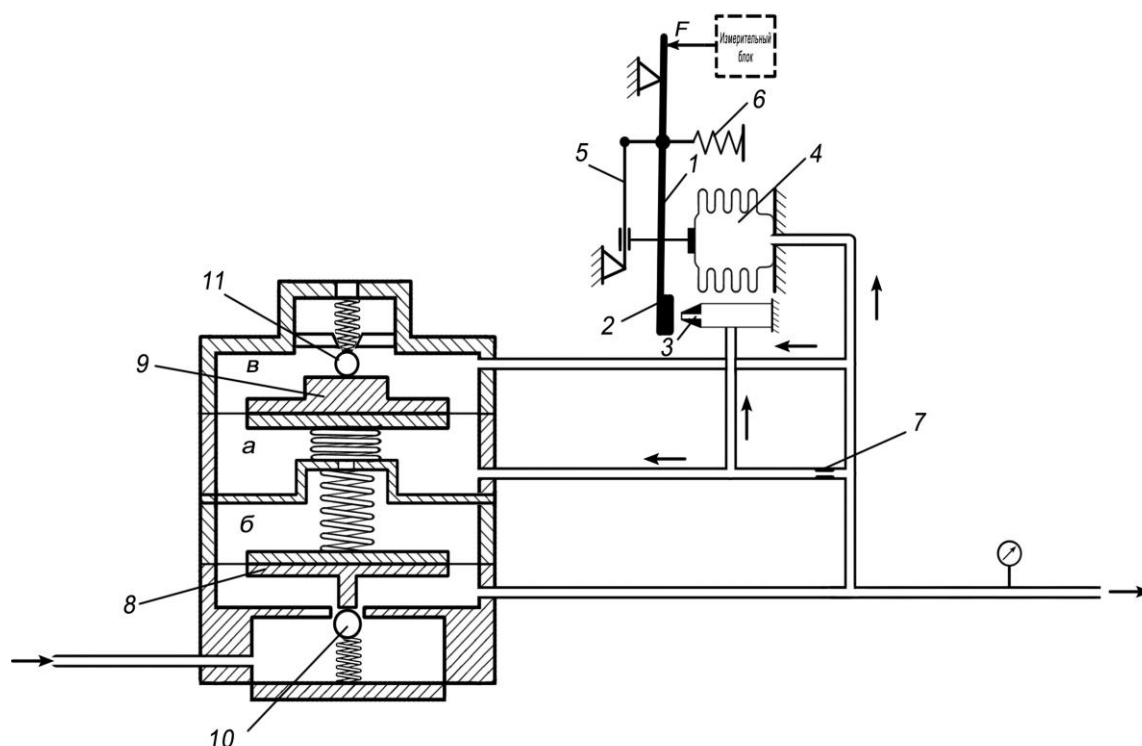
Кучни компенсациялашга асосланган пневматик сигнал ўзгартиргичлар

Пропорционал кучга айлантирилган ўлчанаётган параметр, рычаг 1 ни силжитиб, заслонка 2 ни соплога 3 нисбатан силжитади (расм 56) ва бунда сопло ва заслонка орасидаги масофа Δx ўзгаради.

Сопло ва заслонка орасидаги масофани ўзгариши икки дроссел орасидаги (хусусан камера “а” да) босимни ўзгаришига сабаб бўлади. Натижада 8 ва 9 мембраналар эгилиб, киритиш ва чиқариш клапанлари ҳолатига таъсир кўрсатади. Бу эса ўз навбатида «б» ва «в» камералардаги босимларни ҳам ўзгаришига сабаб бўлади. Бу ўзгариш, акс таъсир силфони 4 таъсирида заслонка 2 ҳолатини ўзгартиради ва у сопло 3 га нисбатан шундай ҳолатни эгаллайдики, бунда акс таъсир силфонида ҳосил бўлаётган куч, F кучга тенг бўлиб, уни компенсациялайди.

Сигнал ўзгартиргични керакли диапазонга созлаш учун силфонни рычаг 5 бўйича силжитилади. Чиқиш сигналининг бошланғич қийматини аниқ созлаш учун

пружина 6 дан фойдаланилади. Сигнал ўзгартиргич ёрдамида пневматик сигнални 300м гача масофага узатиш мумкин.



Расм.56.

1, 5 - рычаглар; 2, 3 - заслонка, сопло; 4 - сильфон; 6 - пружина; 7 – ўзгармас дроссел; 8, 9 - мембраны; 10 - киритиш клапани; 11 - чиқариш клапани;

Электропневматик ва пневмоэлектрик сигнал ўзгартиргичлар

Автоматик назорат қилиш, ростлаш ва бошқариш тизимларида тоқли электр сигналларни пневматик сигналларга айлантиришда электропневматик сигнал ўзгартиргичлар ва пневматик сигналларни аналогли тоқли сигналларга айлантиришда пневмоэлектрик сигнал ўзгартиргичлардан фойдаланилади.

Электропневматик сигнал ўзгартиргичлар

Мисол тариқасида кичик габаритли ЭПН-М электропневматик сигнал ўзгартиргични кўриб чиқамиз. Ушбу сигнал ўзгартиргич 0—5 мА чегарада ўзгарувчи ўзгармас тоқли электр сигналини пропорционал равишда унификацияланган пневматик сигналга (0,2—1 кгс/см²; 0,02—0,1 МПа) айлантиришга мўлжалланган.

Электропневматик сигнал ўзгартиргичнинг принцинал чизмаси 57-расмда келтирилган. Кириш қурилмаси сифатида магнитоэлектрик куч механизмидан фойдаланилган. У, ўзгармас магнит 1, магнит ўтказгич 2 ва таянч нуқтаси мавжуд бўлган рычаг 4 га ўрнатилган рамка 3 дан ташкил топган. Четлашиш индикатори сифатида сопло 6 ва шарик 7 дан фойдаланилади. Акс таъсир қурилмаси 8, сопло-шарик куч элементи кўринишида ифодаланган. Сопло поршенга ўхшаб ишлайди. Пневматик кучайтиргич 9, расмда кўрсатилганидек уланади.

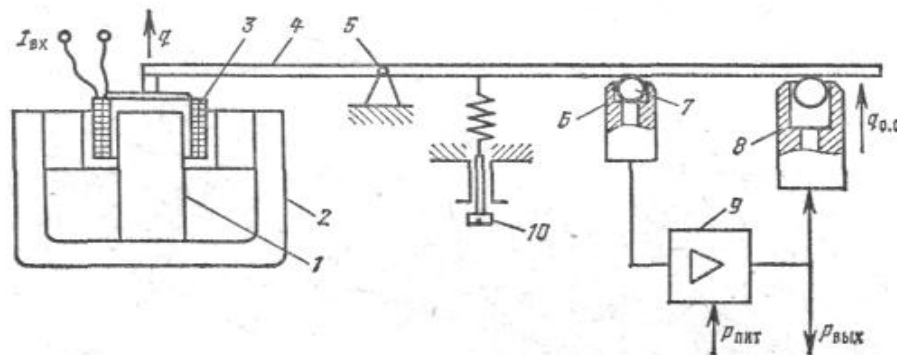


Рис. 8-12-1. Принципиальная схема устройства электропневматического преобразователя типа ЭПП-М.

Акс таъсир куч элементини ричаг т бундан силжитиб, сигнал ўзгартиргич диапазони 50% гача қайта сошлаш мумкин. Ўзгартириш диапазонининг бошланғич қиймати, кириш қийматининг нолга тенг бўлган ҳолатида, нолга сошлаш пружинаси 10 ёрдамида созланади. ЭПП-М электропневматик сигнал ўзгартиргичнинг аниқлик синфи 0,6.

Пневмоэлектрик сигнал ўзгартиргичлар

Пневмоэлектрик сигнал ўзгартиргичлар узлуксиз кириш ва чиқиш сигналлари учун сигналларни тўғридан тўғри ўзгартирадиган ва ташки энергия манбаидан фойдаланиб компенсация усулида ўзгартирадиган бўлиши мумкин. Тўғридан тўғри ўзгартирадиган сигнал ўзгартиргичлар, компенсация усулидан фойдаланиб ўзгартирадиган сигнал ўзгартиргичларга нисбатан аниқлиги пастроқ бўлади, лекин уларнинг нархи нисбатан арзонроқ. 58-расмда тўғридан тўғри ўзгартирадиган пневмоэлектрик сигнал ўзгартиргич ППЭ-6 қурилмасининг чизмаси келтирилган. У узлуксиз равишда пневматик сигнални 0,2—1 кгс/см² (0,02—0,1 МПа) пропорционал равишда электр сигналига айлантириб беради.

Сигнал ўзгартиргич икки асосий элементлардан ташкил топган: кириш пневматик сигнални $p_{кир}$ қабул қилиб олувчи ўлчаш блоки 1 ва кириш пневматик

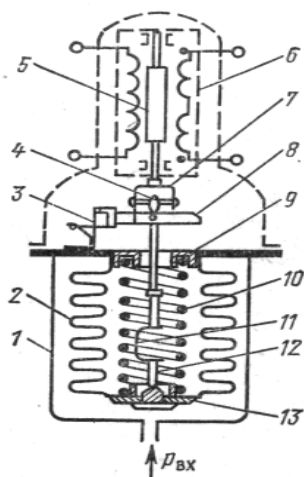


Рис. 8-12-2. Схема устройства пневмоэлектрического преобразователя прямого действия типа ППЭ-6.

сигнали $p_{кир}$ ни электр чиқиш сигналига айлантирувчи дифференциал-трансформаторли сигнал ўзгартиргич 6. Ўлчаш блокада бикир сезгир элемент сифатида винт пружинали 10 сиффон 2 ишлатилади. Пружинанинг паст томони втулка 13 га, тепаси эса, пружинани марказлашга ва созлашга мўлжалланган втулка 9 га маҳкамланган.

Шток 12 сиффон тубига туташган бўлиб, унинг тепа қисми ричаг 8 туташган. Бикир шарнир 3 ричагнинг ўқи вазифасини бажаради. Ричаг айланиши билан, скоба 7 га маҳкамланган ролик 4 силжийди ва дифференциал-трансформаторли сигнал ўзгартиргич ўзаги 5 ни силжитади. Натижада, сигнал ўзгартиргич иккиламчи ўрамида индуктивланаётган электр юритувчи куч ўзгаради. Температура таъсиридаги хатоликни камайитириш мақсадида сиффон штоки биметаллик компенсатор 11 билан таъминланган. Сигнал ўзгартиргични созлашни қулайлаштириш мақсадида, сиффон штоки ва ўзак узунлигини ўзгартириш имконияти назарда тутилган.

Ўлчанаётган пневматик сигнал $p_{\text{кпр}}$ штуцер орқали пневмоэлектрик сигнал ўзгартиргичнинг ўлчаш блоки 1 ичига берилади. Ўлчанаётган босим таъсирида сильфон 2 деформацияланиб сиқилади, натижада шток босим ўзгаришига пропорционал равишда силжиб, дифференциал-трансформаторли сигнал ўзгартиргич ўзаги 5 ни ҳам силжитилади.

ППЭ-6 сигнал ўзгартиргичининг асосий хатолиги $\pm 1\%$. Ўзакнинг максимал силжиши кўрсаткичи 5 мм.

Нормалловчи сигнал ўзгартиргичлар

Нормалловчи сигнал ўзгартиргичлар бирламчи сигнал ўзгартиргичларларнинг

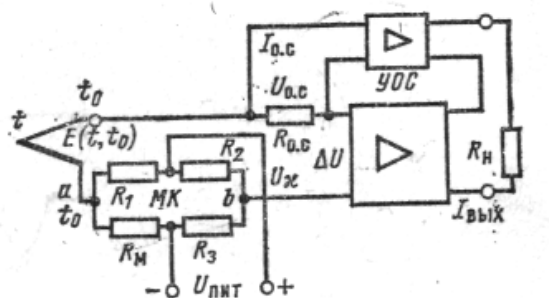


Рис. 8-13-1. Упрощенная схема нормирующего преобразователя типа А ПТ-ТП-68.

чиқиш сигналларини (стандарт термоэлектрик термометрларнинг ва қаршилик термометрларнинг) ва ўлчаш қурилмаларининг ўзгарувчан ток кўринишидаги чиқиш сигналларини (манометрлар, дифманометрлар ва бошқалар) унификацияланган ўзгармас ток кўринишидаги сигналга айлантириб беришга мўлжалланган. Бирламчи сигнал ўзгартиргичларларнинг чиқиш сигналларини ўзгартиришга мўлжалланган нормалловчи сигнал ўзгартиргичларни оралиқ сигнал ўзгартиргичлар деб ҳам аташади.

Расм 59

Термоэлектрик термометрлар билан ишлайдиган сигнал ўзгартиргичлар.

ПТ-ТП-68 нормалловчи сигнал ўзгартиргичини кўриб чиқамиз.

59- расмда ПТ-ТП-68 нормалловчи сигнал ўзгартиргичининг термо ЭЮКни, ташқи юклама қаршилиги $R_{\text{ю}} = 2,5 \text{ кОм}$ бўлганда, 0—5 мА чегарада ўзгарувчи ўзгармас ток сигналига айлантиришнинг соддалаштирилган чизмаси келтирилган. Сигнал ўзгартиргич коррекцияловчи кўприкдан МК, токли чиқиш сигналига $I_{\text{чик}}$ айлантирувчи кучайтиргичдан, акс таъсир сигналини кучайтириш қурилмаси ва акс таъсир резистори $R_{\text{а.т.р.}}$ дан ташкил топган акс таъсир этувчи қурилмадан ташкил топган. Коррекцияловчи кўприк МК резисторлари R_1 , R_2 ва R_3 манганиндан тайёрланган, резистор R_m эса, мисдан ясалган бўлиб, у термоэлектрод симлар эркин учларига яқин жойда жойлашган бўлади.

ПТ-ТП-68 сигнал ўзгартиргичи статик автокомпенсациялаш чизмаси бўйича тайёрланган. Термоэлектрик термометрнинг чиқиш сигнали, коррекцияловчи кўприкда МК ҳосил бўлган коррекцияловчи кучланиш U_{ab} билан тўғриланиб $[U_x = E(t, t_0) + U_{ab}]$, акс таъсир кучланиши $U_{o.c.}$ билан солиштирилади. Компенсацияланмаган сигнал $\Delta U = U_x - U_{o.c.}$ токли чиқиш сигналли кучайтиргичда кучайтирилади. Токли чиқиш сигнали $I_{\text{вых}}$ ташқи занжир қаршилиги R_n орқали акс таъсир этувчи кучайтиргич УОС қурилмасига берилади. Акс таъсир этувчи кучайтиргич кириш ва чиқиш токлари ўзаро қатъий пропорционал бўлади Акс таъсир этувчи кучайтиргич чиқиш токи $I_{o.c.}$ резистор $R_{\text{а.т.р.}}$ да акс таъсир сигналини ҳосил қилади.

$$U_{o.c.} = I_{o.c.} R_{o.c.} = k_{o.c.} R_{o.c.} I_{\text{вых}}$$

Бу ерда, $k_{o.c}$ акс таъсир этувчи кучайтиргичнинг узатиш коэффиценти УОС.
Акс таъсир этувчи кучайтиргич учун

бундан

откуда

$$\Delta I_{\text{вых}} = k_y (\Delta U_x - k_{o.c} R_{o.c} \Delta I_{\text{вых}}),$$

$$\Delta I_{\text{вых}} = \frac{k_y}{1 + k_y k_{o.c} R_{o.c}} \Delta U_x = k \Delta U_x,$$

Қаршилик термометрлари билан ишлайдиган сигнал ўзгартиргичлар.

Қаршилик термометри қаршилигини унификацияланган ўзгармас ток 0—5 мА сигнаliga айлантирувчи нормалловчи сигнал ўзгартиргичнинг соддалаштирилган

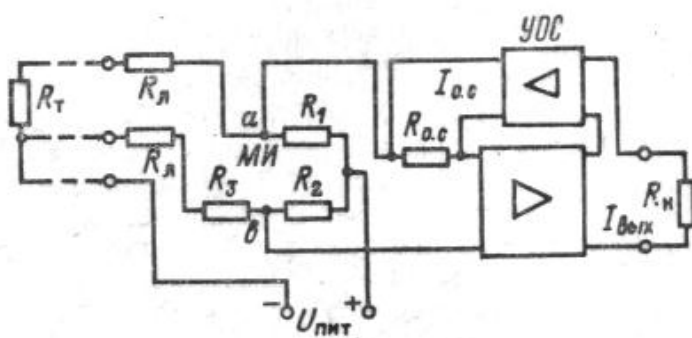


Рис. 8-13-3. Упрощенная схема нормирующего преобразователя типа ПТ-ТС-68.

чизмаси 60-расмда келтирилган. Сигнал ўзгартиргич ўлчаш кўпригидан МИ, токли чиқиш сигнаliga $I_{\text{чик}}$ айлантирувчи кучайтиргичдан, акс таъсир сигнаlinи кучайтириш қурилмаси ва акс таъсир резистори $R_{a.t.p.}$ дан ташкил топган акс таъсир этувчи қурилмадан ташкил топган. Номувозанат режимда ишловчи ўлчаш кўприги, қаршилик

термометри қаршилиги R_T ўзгаришини, ўлчаш кўприги чўққиларидан олинаётган ўзгармас ток кучланишига айлантиришга мўлжалланган. Ўлчаш кўпригига стабиллашган манбаага уланган. Ўлчаш кўприги елкаларининг балласт резисторлари R_1 R_2 ва R_3 манганиндан ясалган. Қаршилик термометри R_T кўприк схемасига уч симли уланиш схемаси бўйича уланган.

МОДДА МИҚДОРИНИ ВА САРФИНИ ЎЛЧАШ

Модда миқдори хажм ёки масса бирлигида ($[м^3]$ ёки $[кг]$) ифодаланади. Модда миқдорини ўлчайдиган ўлчов асбобларини миқдор ўлчагич дейилади.

Қандайдир вақт оралиғида оқиб ўтган модда миқдорини шу вақтга нисбати модда сарфи дейилади.

Сарфнинг хажмий ва массавий турлари мавжуд. Сарфнинг ўлчам бирлиги: $м^3/сек$ ва $кг/сек$.

Модда миқдорини ўлчовчи тезлик миқдор ўлчагичлари

Ишлаш принципи суқлик миқдорини паррак ва бурама винтли парракнинг айланиш сонига қараб аниқлашга асосланган бўлиб, унинг айланиш тезлиги ўлчов асбобидан ўтаётган суюқлик тезлигига пропорционал бўлади.

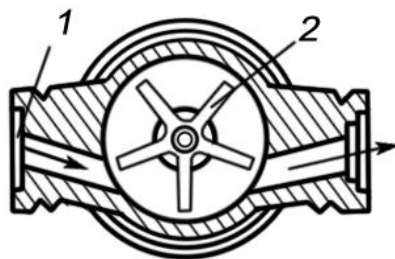
Паррак ёки бурама винтли парракнинг айланиши редуктор қурилмаси ёрдамида, ўлчанаётган суюқликни хажм бирлигида ($м^3$) градуировка қилинган ҳисоблаш-ўлчаш қурилмасига узатилади.

Қовушқоқлиги паст бўлган суюқликларнинг (сув) миқдорини ўлчашда қўлланилади. Тезлик миқдор ўлчагичлари қуйидаги гуруҳларга бўлинади:

1. Суюқлик оқими парраклар ўртасига тангенциал йўналтирилган вертикаль парракли миқдор ўлчагичлар;

2. Суюқлик оқими бурама винтли парракларга аксиал равишда (бурама винтли паррак ўқиға параллель) йўналтирилган миқдор ўлчагичлар.

Биринчи гуруҳ миқдор ўлчагичлари кичик сарфлар учун, иккинчи гуруҳ эса катта сарфлар учун мўлжалланган.



Расм 61.

1 – химояловчи сетка; 2- паррак

Миқдор ўлчагичнинг узлуксиз, кўп вақт давомида ишлашини характерловчи асосий кўрсаткич бўлиб номинал сарф миқдори ҳисобланади. Бу сарф трубанинг шартли диаметрининг (D_y) 15мм дан 50 мм чегараси учун $1\text{ м}^3/\text{соат}$ дан $9,5\text{ м}^3/\text{соат}$ гача қийматга эга бўлади.

Парракли сув миқдор ўлчагичлари (водомерлар) (расм 61) бир оқимли (одноструйный) қуруқ юрувчи (сухоходы) ВКОС ва ҳўлда юрувчи (мокроходы) ВКОМ, ҳамда, кўп оқимли (многоструйный) қуруқ юрувчи (сухоходы) ВКМС ва ҳўлда юрувчи (мокроходы) ВКММ турлари ишлаб чиқарилади. Қуруқда юрувчи миқдор ўлчагичларда ўлчаш қурилмаси ва циферблат суюқликдан ташқарида бўлиб, у суюқликдан герметик тўсиқ билан химояланган бўлади, ҳўлда юрувчи ўлчагичларда эса, ҳисоблаш қурилмаси ўлчанаётган муҳитда жойлаштирилган бўлиб, шиша билан беркитилган бўлади.

Йўл қўйилиши мумкин бўлган хатолик - 2%.

Ўлчов асбобини тайёрлашда эбонит ва пластмассадан кенг фойдаланилади. Узатиш механизми кўп шестерналар жуфтлигидан ташкил топган бўлади. Бу миқдор ўлчагичларда парраклар жуда оғир шароитларда ишлагани туфайли, уларнинг кафолат вақти 18 ойдан ошмайди.

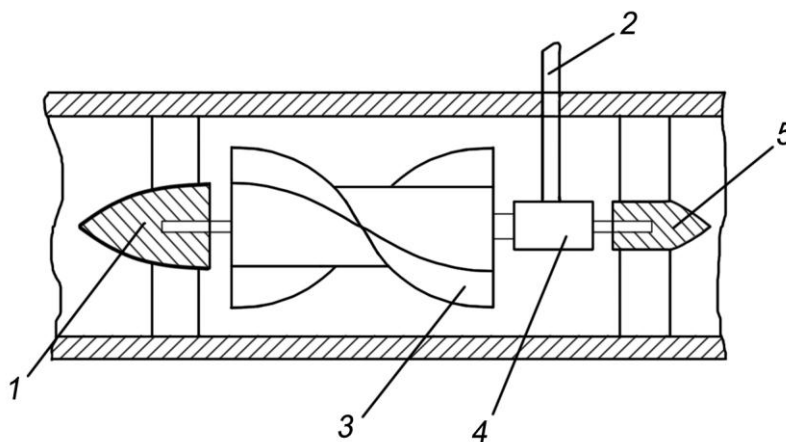


Рис.62.

Бурама винт парракли - турбинали миқдор ўлчагичлар (расм 62) $D_y \geq 50\text{ мм}$ учун катта сарфларда ишлатилади. Хатолиги, ҳақиқий қийматга нисбатан - 5%. Бурама винт парраклар одатда тўрт-олти киришли винтлар формасида тайёрланади.

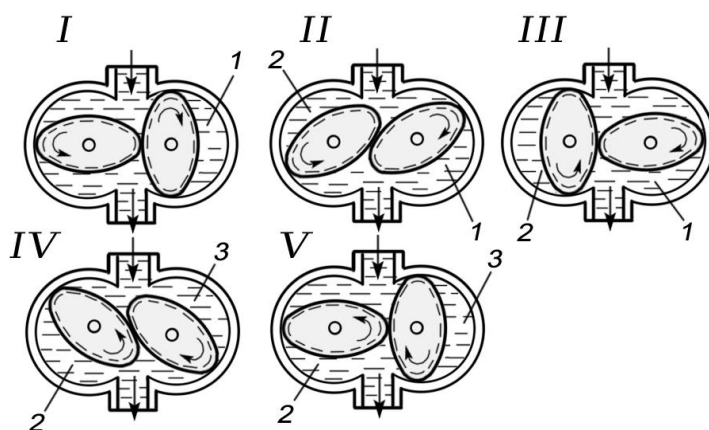
Бурама винт парракдан олдин ва кейин 1 ва 5 йўналтирувчилар ўрнатилган. Бу йўналтирувчилар оқимни бурама винт парракларига йўналтиради ва парракни айлантиради. Паррак айланишини ҳисоблаш қурилмасига узатиш учун червяк жуфтлигидан (4 ва 2) фойдаланилади.

Бу микдор ўлчагичларда шкаласи труба ташқарисида бўлганлиги сабабли, курукда юрувчи ҳисобланиб, 80 °С гача температурада ва 1 МПа босимда ишлатилиши мумкин. Ўлчов асбобидан олдин ва кейинги тўғри участка 8-10 труба диаметридан кам бўлмаслиги керак.

Суюқлик микдорининг хажм микдор ўлчагичлари

Хажм микдор ўлчагичларининг ишлаш принципи ўлчаш камерасидан босимлар фарқи таъсирида сиқиб чиқарилаётган маълум хажмдаги суюқлик хажмини ўлчашга ва бу ўлчаш натижаларини жамлашга асосланган. Механик қўшимчалари йўқ бўлган мухит микдорини ўлчашда қўлланилади. Қовушқоқлиги жуда катта бўлган маҳсулотларнинг микдорини ўлчашда, одатда, бу асбоблар буғ қобиғига эга бўлади.

Хажм микдор ўлчагичлари сифатида овал тишли ғилдираклари бор микдор ўлчагичлардан фойдаланилади (расм 63). Уларда, суюқлик микдор ўлчагичдан ўтиши жараёнида, овал ғилдиракларни айлантириш учун ўзининг маълум микдордаги энергиясини йўқотади. Кираётган оқимга нисбатан овал ғилдиракларнинг жойлашишига қараб, улар навбатма-навбат бошловчи ёки эргашувчи бўлиши мумкин. Овал ғилдиракларнинг айланиши натижасида эса, овал ғилдирак ва микдор ўлчагич деворлари орасида даврий равишда маълум хажмдаги суюқлик ажратилиб олинади. Бунда, ғилдиракнинг бир матра айланишида шундай хажмдан тўрттаси ажратиб олинади.



Расм 63.

Микдор ўлчагичдан ўтган суюқлик микдори, овал ғилдираклар айланиш сонига қараб аниқланади. Ғилдиракларнинг I ҳолатида, суюқлик ўнг ғилдиракни соат стрелкаси йўналиши бўйича айлантиради, у эса, чап ғилдиракни соат стрелкаси йўналишига тесқари йўналишда айлантиради. Бу ҳолатда ўнг ғилдирак маълум (G_T) хажмдаги суюқликни ажратади.

Ғилдиракларнинг **II** ҳолатида чап ғилдирак янги G_2 ҳажмни ажратабошлайди, ўнг ғилдирак эса, ажратилган суюқлик ҳажмини G_1 микдор ўлчагичдан сиқиб чиқаришда давом этади. Бу ҳолатда айлантириш моменти иккала ғилдиракга берилади. Ғилдиракларнинг **III** ҳолатида энди чап ғилдирак бошловчи бўлади. Бунда у G_2 ҳажмдаги суюқликни ажратиб бўлиб, ўнг ғилдиракни соат стрелкаси йўналиши бўйича айлантиради. Ғилдиракларнинг кейинги айланишлари аввалги ҳолатларга ўхшаш бўлиб, G_2 ва G_3 суюқлик ҳажмлари ажратиб олинади ва ҳақозо.

Хар хил трубапровод диаметрлари учун ва босимлар (1,6 МПа) учун мўлжалланган турлари ишлаб чиқилади. Ўлчаш хатолиги-0,5%.

САРФНИ ЎЛЧАШ УСУЛЛАРИ

Модда сарфи деб вақт бирлигида ўтаётган модда микдорини шу вақт бирлигига нисбати тушинилади.

Ҳажмий ва массавий сарфлар мавжуд. Сарф ўлчам бирлиги: $\text{м}^3/\text{сек}$ ва $\text{кг}/\text{сек}$.

Ишлаб чиқаришда қуйидаги сарфни ўлчаш усуллари қўлланилади.

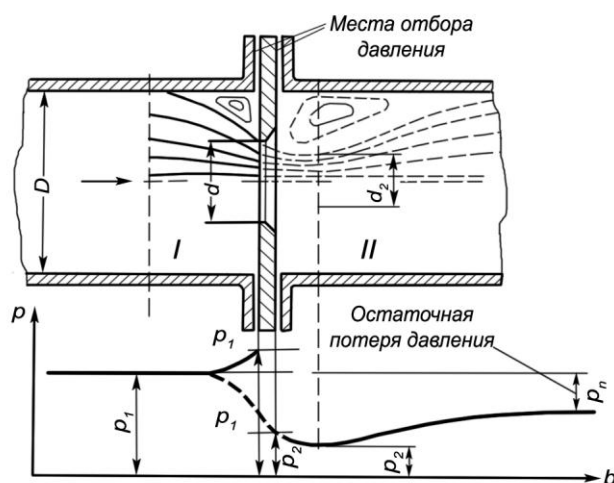
- 1) Босимлар фарқи ўзгарувчан сарф ўлчагичлар;
- 2) Сатхи ўзгарувчан сарф ўлчагичлар;
- 3) Босимлар фарқи ўзгармас сарф ўлчагичлар;
- 4) Тезлик напори сарф ўлчагичлари;
- 5) Электромагнит (индукцион) сарф ўлчагичлар.

Босимлар фарқи ўзгарувчан сарф ўлчагичлар

Бу усул бўйича сарфни ўлчаш, торайтириш қурилмасида, оқимнинг потенциал энергиясини кинетик энергияга айланиши сабабли сарф ўзгаришига пропорционал равишда босимлар фарқи ҳосил бўлишига асосланган.

Ўлчаш техникасида торайтириш қурилмаси сифатида нормал диафрагмалар ва соплолар ишлатилади.

Диафрагма, d диаметр тирқишли юпқа диск бўлиб (расм 64), у трубага концентрик равишда ўрнатилган бўлади.



Расм 64.

Оқимнинг торайиши диафрагмагача бошланиб, сўнгра, ундан сўнг маълум масофагача инерция кучи таъсирида торайиш давом этиб, оқим энг кичик юзагача тораяди. Шундан сўнг, оқим секин трубанинг тўлиқ юзасигача кенгаяди. Оқимнинг

труба деворлари яқинидаги босими диафрагмадан олдин бироз ортади ва диафрагмадан сўнг оқимнинг энг торайган жойида минимумгача камаяди. Сўнгра, оқим кенгайиб, труба деворлари яқинидаги босим ортиб боради, лекин у бошланғич қийматига етиб бормайди. Босимнинг бир қисмини йўқолиши (P_{Π}), энергиянинг ишқаланиш ва уюрмаларни енгишга сарфланиши орқали тушунтирилади. Босимнинг труба ўқидаги ўзгариши труба деворлари ёнидаги қийматига мос келади (диафрагма зонаси бундан истисно). Торайтириш қурилмасида ҳосил бўлаётган босимлар фарқи $P_1^1 - P_2^1$ трубадан ўтаётган модда сарфига боғлиқ катталик ҳисобланади.

Сиқилмайдиган суюқликлар учун хажм ва масса бирлигидаги сарф тенгламаси қуйидагича бўлади:

$$G_{\text{хажм}} = \alpha S_0 \sqrt{\frac{2(P_1^1 - P_2^1)}{\rho}} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$G_{\text{мас}} = \alpha S_0 \sqrt{2\rho(P_1^1 - P_2^1)} \text{ кг/с};$$

Бу ерда α - сарф коэффиценти (S_0 , S_1 кўндаланг кесимга ва v , v_1 тезликларга боғлиқ);

S_0 – диафрагма тирқиши кўндаланг кесим юзаси;

ρ – суюқлик зичлиги.

Сарф коэффиценти α оқим кесим юзаси бўйича тезликнинг суюқлик қовушқоқлигига ва уни труба деворларига ишқаланишига боғлиқлиги сабабли бир текис тақсимланмаганлигини, ҳамда босимни оқим марказида эмас труба деворлари ёнида ўлчанаётганлиги ва ноаниқ оқимнинг энг кичик кесим юзаси S_2 ўрнига S_0 кесим юзасини қабул қилинишини ҳисобга олади.

Газлар ва буғлар учун сарф тенгламаси қуйидагича бўлади:

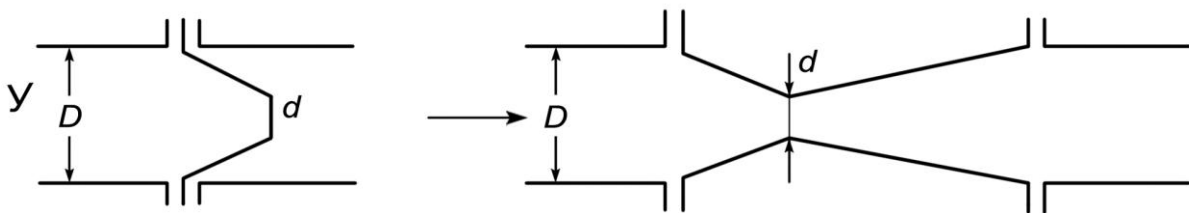
$$G_{\text{об}} = \alpha \varepsilon S_0 \sqrt{\frac{2(P_1^1 - P_2^1)}{\rho}} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$G_{\text{мас}} = \alpha \varepsilon S_0 \sqrt{2\rho(P_1^1 - P_2^1)} \text{ кг/с};$$

ε - ўлчанаётган муҳитнинг кенгайишини ҳисобга олувчи коэффицент (кенгайиш коэффиценти);

ρ - диафрагма олдидаги муҳит зичлиги.

Оқим характери ва босимларнинг тақсимланиши ҳамма торайтириш қурилмаларида ҳам бир хил бўлади (расм 65). Соплоларда босимнинг камайиши фақат соплодан кейин бўлганлиги сабабли улардаги босимнинг йўқолиши P_{Π} диафрагмалардагидан кам бўлади. Сопло Вентуридаги босимнинг йўқолиши ундан ҳам кам бўлади, чунки уларнинг профили торайтириш қурилмасидан ўтаётган оқим кесим юзасига яқин бўлади.



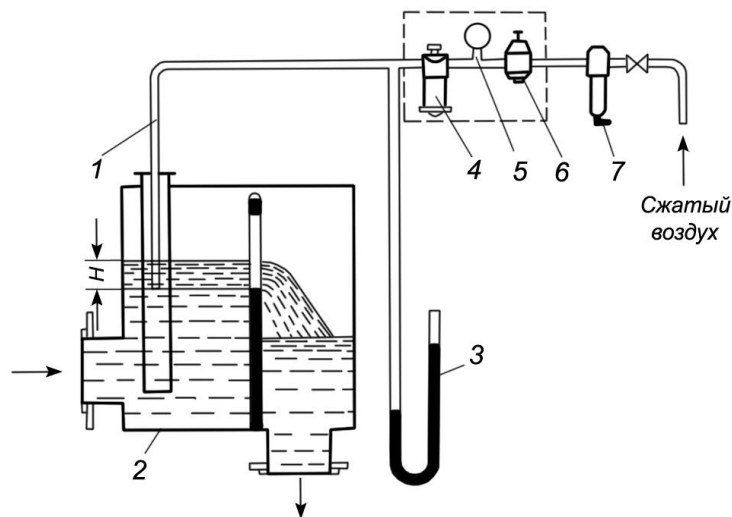
Расм 65.

Ҳамма торайтириш қурилмалари учун босимлар фарқи ўзгарувчан сарф ўлчаш усулларнинг асосий тенгламалари ва назарияси бир хил. Фақат тенгламалардаги баъзи коэффицентлар қийматлари бир-биридан фарқлидир. Бу торайтириш қурилмалари труба диаметри 50 мм ($D > 50\text{мм}$) дан катта бўлган ҳолларда ўрнатилади.

Бу усул билан сарфни ўлчашда торайтириш қурилмаси билан 8; 10; 12мм диаметрли уловчи трубкalar ёрдамида уланган дифманометрлар ишлатилади. Ўлчаш комплектига ўлчанаётган муҳит турига, унинг хусусиятига қараб қўшимча қурилмалар киритилади. Масалан, бу сарфини ўлчашда конденсацион идишдан, агрессив муҳит сарфини ўлчашда ажратувчи идишдаш фойдаланилади. Бундан ташқари, дифманометр қайерга ўрнатилишига қараб (трубадан пастдами ёки тепадами), газ йиғичлар ва тиндиргич (отстойник)лар ишлатилади.

Сатх ўзгариши бўйича сарфни ўлчаш

Бу сарф ўлчагичларнинг ишлаши идиш ўртасидаги тирқишдан суюқликнинг эркин оқиб ўтишида суюқлик сатҳини сарф ўзгариши билан ўзгаришига асосланган. Ўта актив (агрессив) моддалар, пульсацияланувчи оқимлар ва газлар билан аралаш суюқликларнинг атмосфера босимида сарфини ўлчашда ишлатилади. Ушбу сарф ўлчагич (расм 66) тўғри тўртбурчак кўринишидаги, ўлчанаётган суюқликнинг кириш ва чиқиш штуцерлари бор идиш 2 кўринишида бўлади. Бу идиш ўртасидан тирқиши бор тўсиқ билан бўлинган. Тирқишдан тошиб ўтаётган суюқлик сатҳи одатда, пьезометрик сатх ўлчагич ёрдамида ўлчанади. Пьезометрик трубка 1 химоя чехолида тирқишдан олдин ўрнатилиб, ундан мунтазам равишда ҳаво ўтказилиб турилади.



Расм 66.

Пьезометрик трубкага берилаётган ҳаво миқдори назорат стакани 4 ёрдамида назорат қилинади, босими эса, редуктор 6 ёрдамида ушлаб турилади ва фильтр 7 ёрдамида тозаланади.

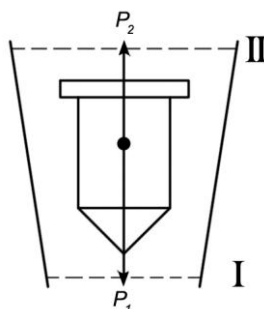
Тошиб ўтаётган суюқлик сатҳи суюқлик сарфи ўзгариши билан ўзгаради ($Q=kh$, бу ерда, k – пропорционаллик коэффиценти; H – тошиб ўтаётган суюқлик сатҳи). Пьезометрик трубкадаги босим тирқиш олдидаги суюқлик сатҳи ва зичлигига боғлиқ равишда ўзгаради ва шунинг учун у массавий сарфга ҳам

боғлиқдир. Шундай қилиб, суюқликнинг гидростатик босими пьезометрик трубка ва дифманометр 3 ёрдамида ўлчанади.

Босимлар фарқи ўзгармас сарф ўлчагичлар

Бу ўлчов асбобларининг ишлаши сарф ўзгариши билан қалқовучни вертикал силжишига ва бунда халқасимон ўтиш кесим юзасини ўзгариши натижасида қалқовучдаги босимлар фарқи ўзгармас бўлиб қолишига асосланган. Ротаметрларнинг шкаласи бир текис деса бўлади ва улар ёрдамида кичик сарфлар ўлчанади. Улардаги босимнинг йўқолиши кичик ва у сарфга боғлиқ эмас.

Ротаметрдан ўтаётган суюқлик ёки газ сарфи ўзгариши (расм 67), қалқовучни халқасимон тирқиш юзасини (қалқовуч ва конус трубка деворлари орасидаги тирқиш юзаси) ўзгариши ҳисобига таъсир этаётган кучлар мувозанатлангунча силжитади ва қалқовуч сарфга мос ҳолатда муаллақ туради. Қалқовуч ҳолатига қараб сарф аниқланади.



Расм 67.

Ротаметр қалқовучига қарама-қарши йўналган кучлар таъсир этади. Тепадан пастга:

1. Оғирлик кучи $V_n \rho_n g$,

Бу ерда, V_n – қалқовуч хажми;

ρ_n – қалқовуч материали зичлиги;

g – эркин тушиш тезланиши.

2. Қалқовуч тепа юзасига оқим босими ҳосил қилаётган куч $P_2^1 S$.

Бу ерда, P_2^1 – қалқовуч тепа юзаси бирлигига оқимнинг ўртача босими;

S – қалқовуч юзаси.

Пастдан тепага ҳам қалқовучга икки куч таъсир этади:

1) Қалқовучнинг пастки юзасига оқим босими ҳосил қилаётган куч $P_1^1 S$;

2) Оқимнинг қалқовучга ишқаланиш кучи $k V_k^n S_0$;

Бу ерда, k -Рейнольдс сонига Re ва юзанинг ғадир-будирлик даражасига боғлиқ қаршилиқ коэффиценти;

V_k - халқасимон каналда, қалқовуч ён сирти юзасини эгаллаган, оқимнинг ўртача тезлиги;

S_0 - қалқовучнинг ён сирти юзаси;

n – оқим тезлиги қийматига боғлиқ даража кўрсаткичи.

Агар қуйидаги шарт бажарилса, қалқовуч мувозанатда бўлади:

$$V_n \rho_n g + P_2^1 S = k V_k^n S_0 + P_1^1 S \quad \text{ёки}$$

$$P_1^1 - P_2^1 = \frac{V_n \rho_n g - k V_k^n S_0}{S}$$

Агар сарфнинг ҳамма қийматларида V_k ўзгармаса (сарф ўзгариши билан ҳалқасимон канал юзаси ўзгарса), унда, охириги тенгламанинг ўнг томон қисми ўзгармайди, яъни, $P^1_1 - P^1_2 = \text{const}$

Сарф тенграмаси

$$G = \alpha S_k \sqrt{\frac{2gV_n(\rho_n - \rho)}{\rho S}} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$G = \alpha S_k \sqrt{\frac{2gV_n(\rho_n - \rho)\rho}{S}} \text{ кг/с}.$$

Илдиз остидаги катталиклар ўзгармаслигини ҳисобга олиб,

$$G = \alpha S_k k$$

Сарф коэффиценти α ротаметрлар учун кўп катталикларга боғлиқ. Шунинг учун ҳар бир ротаметр алоҳида экспериментал градуировкаланади.

Ротаметрларнинг шкаласи тўғридан-тўғри шиша трубкага чизилган (РС-3; РС-5 и РС-7) турлари ишлаб чиқилган бўлиб, улар 0,6 МПа гача босимда ва нисбатан паст температураларда ишлатилиши мумкин.

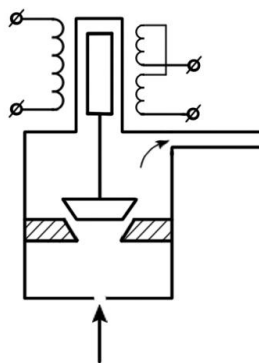


Рис. 68.

Ишлаб-чиқаришдаги ўлчашлар учун электр ёки пневматик сигнал ўзгартиргичли металл ротаметрлар ишлатилади (рис. 68). Бу ротаметрлар 6,4 МПа босимга ҳисобланган.

Электромагнит (индукцион) сарф ўлчагичлар

Электромагнит сарф ўлчагичларнинг ишлаши электр ўтказувчан суюқлик оқимида ташқи магнит майдони таъсирида сарфга пропорционал равишда индуктивланаётган электр юритувчи кучни (ЭЮК) ўлчашга асосланган.

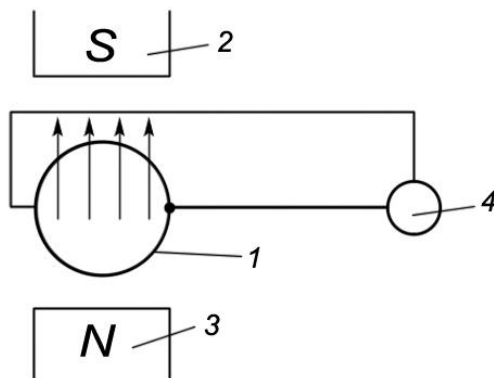


Рис. 69.

Номагнит материалдан тайёрланган **трубопровод** 1 (расм 69), унда ҳаракатланаётган суюқлик билан бирга ўзгармас магнит кутблари 2 ва 3 орасига ўрнатилган. **Трубапровод** деворларига диаметриал қарама-қарши равишда ўлчаш электродлари ўрнатилган. Магнит майдони таъсирида суюқликдаги ионлар ҳаракатланиб, ўз зарядларини ўлчаш электродларига беради ва унда суюқлик тезлигига пропорционал ЭЮК (Е) ҳосил қилади. Бу электродлар ўлчов асбобига (4) уланади.

ЭЮК қиймати қуйидаги тенглама бўйича топилади:

$$E = B V d$$

Бу ерда, В - магнит индукцияси;

d - трубопровод диаметри;

V – оқимнинг ўртача тезлиги.

Тезликни хажмий сарф орқали ифодалаб, қуйидагини олиш мумкин,

$$E = \frac{4B}{\pi d G};$$

Тенгламадан кўриниб турибдики, ҳосил бўлаётган ЭЮК сарфга боғлиқ бўлади.

Ушбу усулнинг камчилиги сифатида кутбланиш ЭЮК ва гальваник ЭЮКларни ҳосил бўлиши, ҳамда, кичик ўзгармас ток ЭЮКини кучайтиришнинг қийинлигини келтириш мумкин.

Тезлик напори сарф ўлчагичлари

Сарфни ушбу усул бўйича ўлчаш динамик напорни ўлчанаётган мухит оқими тезлигига боғлиқлигига асосланган. Бернулли тенгламасига биноан тўлиқ ва статик напорлар фарқи

$$P_n - P_c = V^2 \rho / 2$$

Маълумки, динамик напор, $P_v = P_n - P_c$

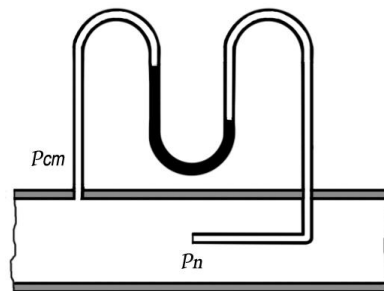
Бундан,

$$V = \sqrt{\frac{2P_v}{\rho}}$$

Бу ерда, P_n ; P_c ; P_v - тўлиқ, статик ва динамик босимлар;

V – оқим тезлиги (**площадь**);

ρ – зичлик.



Расм 70.

Динамик напорни тезлик трубкалари ёрдамида, дифманометр билан комплектда, ўлчаш мумкин (расм 70). Чап томондаги трубка ёрдамида статик босим,

ўнг томондаги трубка ёрдамида эса, тўлиқ босим ўлчанади. Дифманометр динамик босимни, яъни, тўлиқ босим ва статик босимлар фарқини ўлчайди.

$P_v = P_{\pi} - P_c$, ёки, $P_v = \rho g h(\rho_1 - \rho)$, ёки,

$$V = \sqrt{\frac{2gh(\rho_1 - \rho)}{\rho}}$$

Бу трубкалар трубка Пито деб номланадилар. Асосан, лаборатория ўлчашларида ва тажриба ишларида қўлланилади.

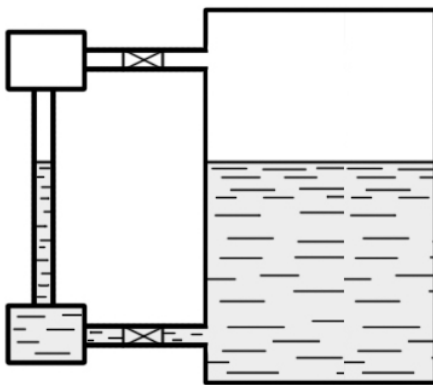
Бундан ташқари бошқа сарф ўлчагичлар ҳам ишлаб чиқилган: ультратовуш (товуш тебранишларини сарф ўзгаришига мос равишда силжишига асосланган), иссиқлик ва бошқа турлари.

САТХНИ ЎЛЧАШ

Сатхни ўлчашдан мақсад, идишдаги модда миқдорини аниқлаш ва технологик жараён кетишида, ишлаб чиқариш қурилмаларида суюқлик ва сочилувчан моддалар сатхини назорат қилиш ҳисобланади. Энг кўп тарқалган сатх ўлчагичлардан бу кўрсатувчи шишалар, қалқовучли, гидростатик, электр, радиоизотоп ва ультратовуш сатх ўлчагичлардир.

Кўрсатувчи шишалар

Суюқликлар сатхини кўрсатувчи шишаларнинг (расм 71) ишлаши туташ идишлар принципига асосланган. Улар объектнинг, очиқ идишларда тубига ва босимда ишлайдиган идишларда эса, туб қисмига ва тепасига уланади. Бу шишалар, уларни тизимдан узиш учун ва ҳаво хайдаб тозалаш учун, қўшимча кранлар билан таъминланадилар. Сатхни кўрсатувчи шишалар 3,0 МПа гача босимда ва 300°C гача температурада ишлатилиши мумкин.



Расм 71.

Қалқовучли сатх ўлчагичлар

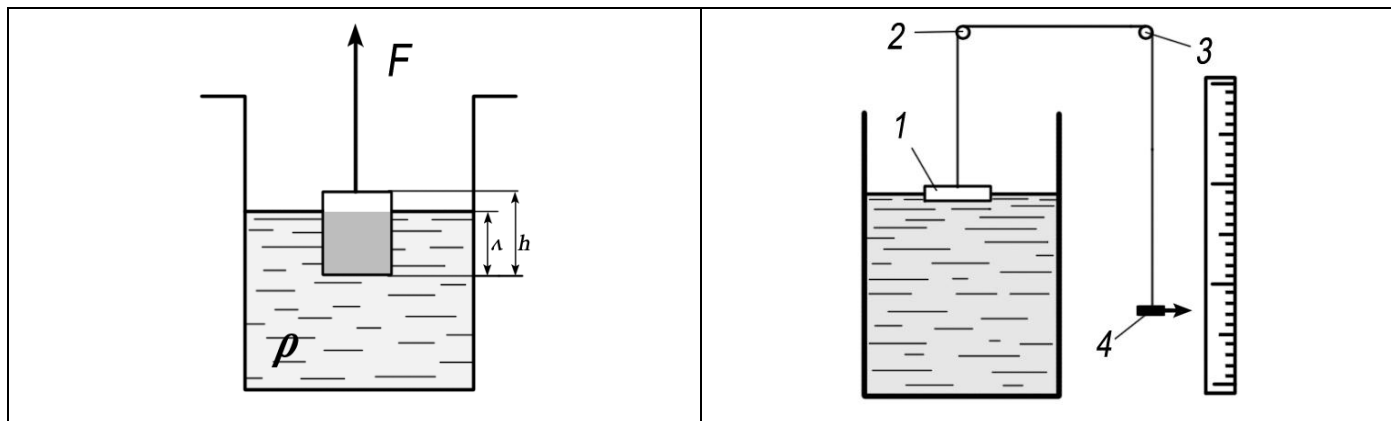
Қалқовучли сатх ўлчагичларда сатх ўзгариши билан қалқовуч сатхнинг кетидан силжийди ва унинг бу силжиши ўлчаш қурилмасига узатилади ёки кучни ёки силжишни компенсацияловчи сигнал ўзгартиргичда чиқиш сигналига айлантирилади. Икки хил қалқовучли сатх ўлчагичлар мавжуд. Биринчисида (расм 72), акс таъсир кучи қалқовучни кўтариш кучига тенг бўлиб, у қалқовучнинг

оғирлик кучига G тенг, яъни $G=F=\text{const}$; (Архимед қонунига мувофиқ $F=\rho s x g$, бу ерда, ρ - суюқлик зичлиги; s - қалқовучнинг кўндаланг кесим юзаси; x – чўкиш баландлиги; g - эркин тушиш тезланиши).

Қалқовучнинг чўкиш даражаси,

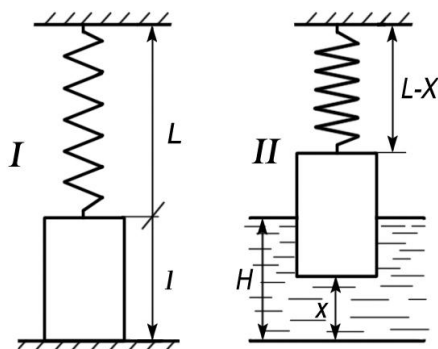
$$X = \frac{G}{s g \rho}$$

яъни, қалқовуч суюқлик сатхининг ўзгаришини қайтаради.



Расм 72.

Иккинчи ҳолатда (расм 73), акс таъсир этувчи куч пружина ёрдамида ҳосил қилиниб, унинг қиймати сатх ўзгариши билан ўзгаради.



Расм 73.

Бир хил чўкиб турувчи қалқовучли сатх ўлчагичнинг энг содда чизмаси эгилувчан тросга осиб қўйилган ва роликлар (2 ва 3) ёрдамида қалқовучга (1) уланган кўриниши ...расмда келтирилган. Троснинг иккинчи учига тросни таранг ушлаб туриш учун юк 4 ва сатхни шкала 5 да кўрсатиб туриш учун стрелка ўрнатилган. Ушбу сатх ўлчагичнинг камчилиги унда шкаланинг тескарилигидир, яъни, шкаланинг ноли тепада, максимуми пастдалиги. Бу сатх ўлчагичларнинг масофага узатиш тизимида сельсинли сигнал ўзгартиргичлардан фойдаланилади.

Цилиндрик қалқовучли (буёкли) сатх ўлчагичларда сатх ўзгариши билан қалқовучнинг чўкиш даражаси ўзгаради ва бунда қалқовучга таъсир этаётган кучлар мувозанати қуйидаги тенгламалар ёрдамида ёзилиши мумкин: биринчи ҳолат учун (35-расмнинг I ҳолати учун),

$$s l \rho g = L Z$$

Z – пружинанинг қаттиқлиги (бикирлиги).

Иккинчи ҳолатда эса (35-расмнинг II ҳолати учун), ,

$$Slpg - (H - x) sp_1g = (L-x) Z$$

Биринчи холат тенгламасидан иккинчини айириб оламиз:

$$(H-x) sp_1g = LZ - (L-x) Z$$

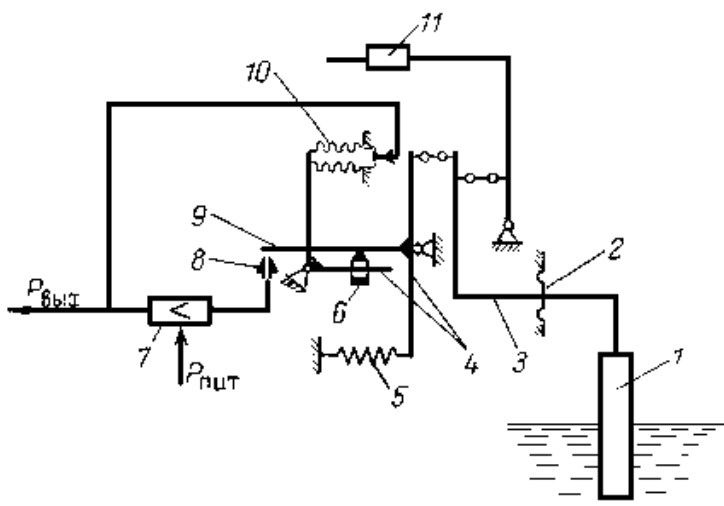
Бу тенгламани X га нисбатан ечиб, топамиз

$$x = \frac{H}{1 + \frac{Z}{sg\rho_1}}$$

Ушбу тенгламадан кўришиб турибдики, қалқовучнинг силжиши сатх ўзгаришига пропорционал равишда бўлади. Пружина бикирлигининг ошиши билан қалқовучнинг нисбий силжиши камаяди.

Пневматик қалқовучли (буёкли) сатх ўлчагич УБ-П

Бу ўлчов асбобларида (расм 74) сезгир элемент бўлиб, зичлиги суюқлик зичлигидан катта бўлган суюқликка бутунлай чўкиб турувчи қалқовуч ишлатилади. Ушбу ўлчов асбобининг ишлаши, суюқлик сатхи ўзгариши билан қалқовучга таъсир этаётган Архимед кўтариш кучининг ўзгаришига асосланган.



74-расм. Қалқовучли сатх ўлчагич УБ-П

Сатх ўлчагич ўлчаш қурилмасидан ва унификацияланган пневматик кучни компенсацияловчи сигнал ўзгартиргичдан ташкил топган. Ўлчаш қурилмасининг сезгир элементи пўлатдан ясалган цилиндр кўринишидаги қалқовуч (буёк) 1 бўлиб, у сатх ўлчанаётган қурилма ичига ўрнатилади.

Сатх ўзгариши билан, қалқовучга таъсир этаётган Архимед кўтариш кучининг ўзгариши ричаг 3 ва ўлчов асбобини сатхи ўлчанаётган мухитдан ажратиб турувчи мембрана орқали ричаглар 4 тизимига узатилиб, тўсиқ (заслонка) 9 ни сопло 8 га нисбатан силжитади. Сопло 8 ва тўсиқ 9 орасидаги масофанинг ўзгариши билан пневматик кучайтиргич 7 чиқишидаги босим ва акс таъсир сильфонидаги босим ўзгаради. Бу акс таъсир сильфонидаги босимнинг ўзгариши ричагга таъсир этаётган кучлар мувозанатлангунча давом этади. Пневматик сигнал ўзгартиргич чиқишидаги босимнинг ўзгариши сатхга пропорционал ўзгаради. Ўлчов асбоби диапазони

силжувчи таянч 6 ёрдамида ва бошланғич қийматни нолга созловчи пружина 5 ёрдамида созланади. Шунингдек, қўшимча юк 11 ёрдамида тизим мувозанатланади.

Ўлчов асбобиغا берилаётган сиқилган хаво босими 0,14 МПа, хаво сарфи 3 л/мин, Чиқиш сигнали 0,02-0,1 МПа. Чиқиш сигнадини 300 м гача масофага узатиши мумкин. Ўлчанаётган мухит зичлиги 0,45—2,5 г/см³. Ўлчанаётган сатхнинг юқори чегараси 0,02—16 м. Аниқлик синфи 1,0; 1,5.

Электр қалқовучли (буёкли) сатх ўлчагич УБ-Э, сатхни ўлчаб токли электр сигналга айлантириб масофага узатишга мўлжалланган. Ўлчов асбоби УБ-П га ўхшаб, ўлчаш қурилмасидан ва кучни компенсациялашга асосланган электр сигнал ўзгартиргичдан ташкил топган. Ушбу сигнал ўзгартиргич узатиш қурилмасидан ва акс таъсир этувчи электромагнит куч механизмидан ташкил топган. Сатх ўзгариши билан суюқликга чўкиб турган қалқовуч (буёк) силжийди. Бунда, ўлчаш қурилмасида ҳосил бўлаётган куч кучни компенсациялашга асосланган электр сигнал ўзгартиргичга узатилади ва у ричаглар тизимини силжитиб мувозанат индикатори плунжерини силжитади. Бу сигнал сигнал кучайтиргичи ёрдамида кучайтирилиб, ўзгармас токли аналогли сигналга айлантирилади ва у масофада жойлашган иккиламчи ўлчов асбобиغا узатилади.

Ўлчов асбобиغا ўзгарувчан ток тизимидан 220 В кучланишли манбаа берилади. Чиқиш сигнали 0—5; 0-20; 4-20 мА. Ўлчанаётган мухит зичлиги 0,6—2,5 г/см³. Ўлчанаётган сатхнинг юқори чегараси 0,02—16 м. Аниқлик синфи 1,0; 1,5.

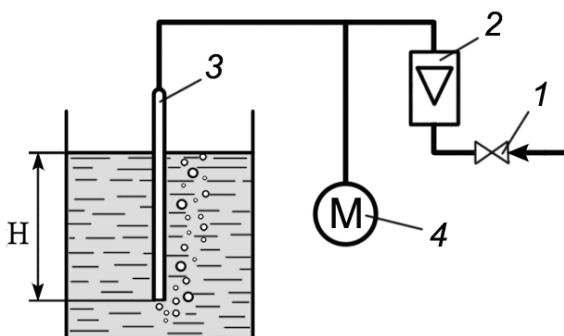
Гидростатик сатх ўлчагичлар

Гидростатик сатх ўлчагичлар ёрдамида сатхни ўлчаш учун суюқлик устуни ҳосил қилаётган босимни ўлчаб сатх ўлчанади, яъни

$$P = \rho gH; \quad (\rho = \text{const бўлганда})$$

Пьезометрик ва дифманометрик . гидростатик сатх ўлчаш усуллари мавжуд.

Пьезометрик сатх ўлчагичлар (расм 75) агрессив ва ўта агрессив мухитларнинг сатхини ўлчашда қўлланилади.



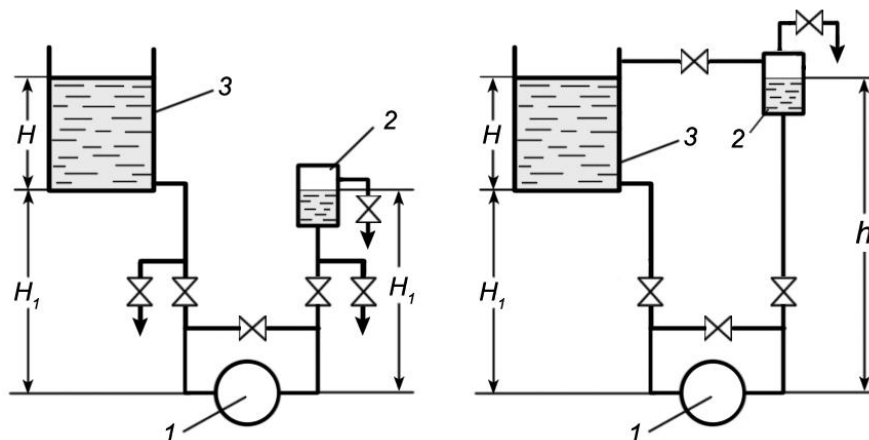
Расм 75.

Ушбу сатх ўлчагич ўлчаш комплектига қуйидагилар кирази: 1 – ростланувчи дроссель; 2 – ротаметр; 3 – пьезометрик трубка; 4 – манометр (иккиламчи асбоб).

Хаво берилиши билан тизимдаги босим суюқлик устуни (H) босимига тенглашгунча ортиб боради, яъни, ρgH . Босим тенглашиши билан пьезометрик трубкадан (3) хаво чиқишга бошлайди. Бу хаво сарфи минутага 60-100 пуфакча қилиб ростловчи дроссель (1) ва стаканча ёрдамида созланади. Шундай қилиб,

пъезометрик трубкадаги босимни ўлчайдиган ўлчов асбоби (4) шкаласи, ўлчанаётган сатх бирлигида градуировкаланиши мумкин.

Гидростатик сатх ўлчагичларнинг (расм 76) иккинчи тури дифманометрик сатх ўлчагичлардир.



Расм 76.

Тенглаштирувчи идиш тирсагидаги суюқлик устуни баландлиги ўзгармас, дифманометрнинг бошқа тирсагидаги босим эса, резервуардаги суюқлик сатхи ўзгариши билан ўзгаради, яъни, сатхнинг хар бир қийматига маълум бир босимлар фарқи тўғри келади. Биринчи ҳолатда, аппаратдаги босим атмосфера босимига мос бўлса, унда , тенглаштирувчи идиш аппарат тубига мослаб ўрнатилади ва унда ўлчанаётган босимлар фарқи қуйидагича бўлади:

$$\Delta P = \rho g(H - H_1) + P_{\text{атм}} - P_{\text{атм}} - \rho gH = \rho gH$$

Агар аппаратдаги босим атмосфера босимидан катта бўлса, унда,

$$P_{\text{изб}} + \rho gh - [P_{\text{изб}} + \rho g(H + H_1)] = \Delta P$$

Электр сатх ўлчагичлар

Сатхни ўлчашда энг кўп тарқалган электр усуллардан сиғимли сатх ўлчагичлар ҳисобланади. Бундан ташқари электр ўтказувчан мухитлар учун омик усуллар ҳам қўлланилади.

Сиғимли сатх ўлчагичларда назорат қилинаётган мухитнинг диэлектрик хусусиятидан, омик сатх ўлчагичларда эса назорат қилинаётган мухитнинг электр ўтказиш хусусиятидан фойдаланилади.

Сиғимли сатх ўлчагич. Цилиндрик (I) ва призматик (II) сиғимли сатх ўлчагичлар мавжуд. Сиғимли сатх ўлчагичнинг (расм 77) сиғими унинг икки участкаси сиғимлари йиғиндисига тенг бўлади. Датчикнинг чўкиб турган қисмидаги мухит диэлектрик ўтказувчанлиги $E_{\text{ж}}$ ва чўкмаган қисми диэлектрик ўтказувчанлиги $E_{\text{ср}}$ (хаво учун бирга тенг) деб белгиласак, унда:

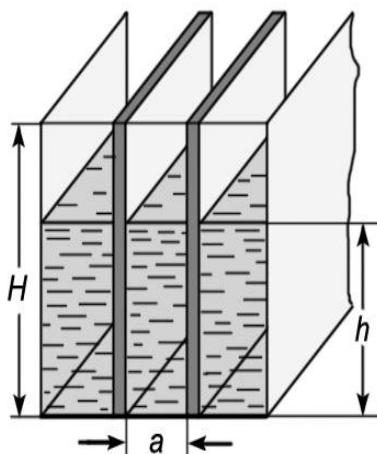
Цилиндрик сиғимли сатх ўлчагич ўзгартиргичи сиғими

$$E = C_h + C_{H-h} = 0,24 \frac{E_{\text{ж}} \cdot h + E_{\text{ср}}(H - h)}{\lg \frac{D}{d}} n\Phi$$

Текис юзали сиғимли сатх ўлчагич ўзгартиргичи сиғими

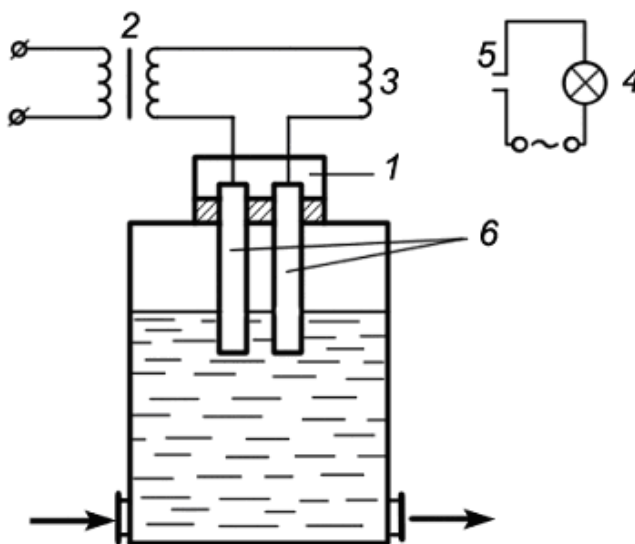
$$C = C_h + C_{H-h} = \frac{0,088 b}{a} [E_{\text{ж}} \cdot h + E_{\text{ср}}(H - h)] n\Phi$$

яъни, $C=f(h)$. Электр сифимини одатда резонанс схемалар ёрдамида (сатх сигнализаторларида) ва кўприк схемалар (сатх ўлчагичларида) ёрдамида ўлчанади.



Расм 77.

Омик сатх ўлчагичлар. Асосан сигнализатор сифатида ишлатилади. Омик сатх ўлчагичларнинг (расм 78) ишлаши манбаа электр занжирини назорат қилинаётган мухит орқали уланишига асосланиб, бунда назорат қилинаётган мухит электр занжирининг бир қисми бўлиб, у маълум омик қаршиликга эга бўлади.

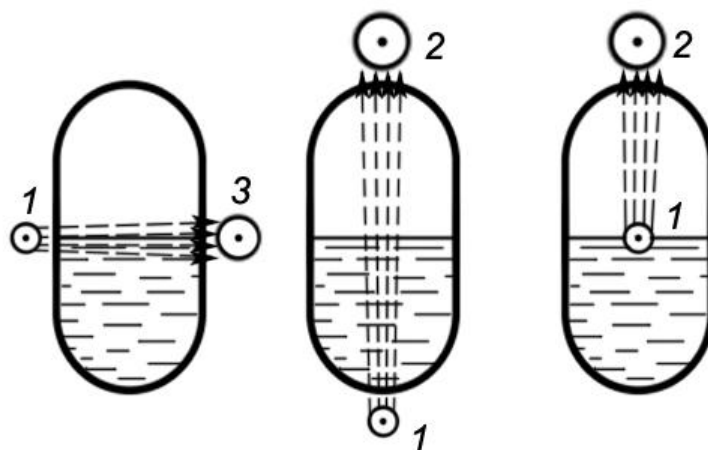


Расм 78.

Сигнализатор икки қисмдан иборат: сигнал ўзгартиргич ва манбаа Сигнал ўзгартиргич манбаа блокидаги пасайтирувчи трансформаторнинг иккиламчи ўрамларига уланган, икки бир-биридан изоляция қилинган электродлардан 6 ташкил топган ва бу занжирга реле 3 ҳам улангандир. Сатх ортиб бориб электродларга етганда, улар орқали электр занжири уланиб, занжирдан ток ўтабошлайди. Бунда реле 3 нинг бошқариш ўрамларидан ток ўтиб, у ишлайди ва нормал очик контактлари уланиб, сигнал лампочкаси ёнади ва сатхнинг чегара қийматга етганидан хабар беради.

Радиоизотоп сатх ўлчагичлар

Сатхни ўлчаш γ -нурларни ўлчанаётган мухит катламидан ўтишида ютилишига асосланган. Радиоизотоп сатх ўлчагичларнинг (расм 79) уч тури мавжуд.



Расм 79.

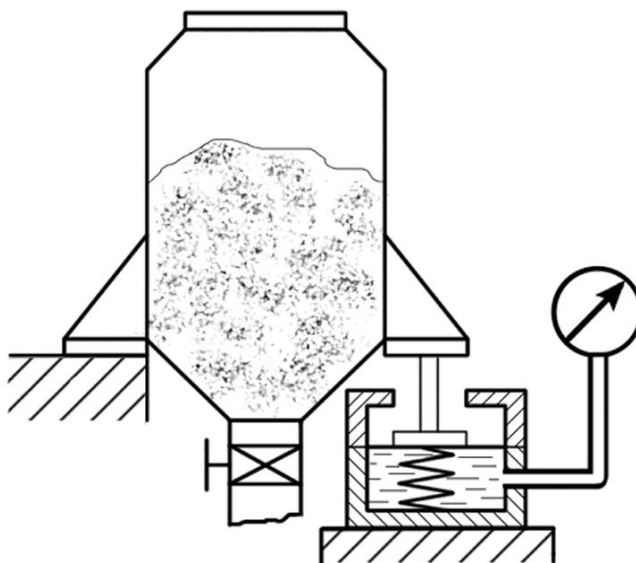
Сатх ўзгариши билан γ -нурлар интенсивлиги ўзгариб, бу нурларни қабул қилувчи қурилмага γ -нурлар интенсивлиги сатхга пропорционал равишда етиб боради. Одатда бу сатхни ўлчаш усули бошқа усулларни қўллаш мумкин бўлмаган ҳолларда ишлатилади.

Ультратовуш сатх ўлчагичлар

Ультратовуш сатх ўлчагичлар муҳит билан контактсиз равишда сатхни ўлчаш имкониятига эгадирлар. Уларда, одатда товуш тўлқинларини суяқлик ва газни ажратиб турувчи чегарадан қайтиш принциpidан фойдаланилади. Сатхни ўлчаш, қайтган товуш тўлқинларининг кечикиши бўйича аниқланади. Вақт ўлчагичида олинган, кечикиш вақтига пропорционал бўлган ўзгармас кучланиш, иккиламчи ўлчагичга юборилади.

Сочилувчан моддалар сатҳини ўлчаш

Сочилувчан моддалар сатҳи одатда қалқовучли, радиоизотоп, электр сиғимли ва оғирлик сатх ўлчагичлари ёрдамида ўлчанади. Оғирлик сатх ўлчагичларининг қўлланилиши, бункерни осиб қўйиш конструктив мураккабликлар келтириб чиқармаса, мумкин ҳисобланади.



Расм 80.

Сигнал ўзгартиргич сифатида ҳар хил тортиш (тороз) қурилмаларидан фойдаланиш мумкин. Чегара ёқиб-ўчиргичлар сигнал ўзгартиргич сифатида ишлатилиши мумкин. Бункер юкланганда таянч пружиналар сиқилиб, бункер вертикал бўйича чизиқли силжийди. Маълум сатхга етганда чегара ёқиб ўчиргичлар ишлайди. Сигнал ўзгартиргич сифатида месдозалардан (расм 80) фойдаланиш мумкин. Бунда, бункер таянчига берилаётган босим ўлчанади. Бу босим бункерни материал билан тўлишига мос босим бўлади.

Ўлчов асбоби комплектига, сатх бирлигида градуировкаланган манометр 3 билан уланган гидравлик месдоза 1 киради. Бункернинг бир тирсаги, эгилувчан мембрана ёрдамида герметикаланган, поршенли металл корпус кўринишидаги таянч ҳисобланган месдозага босади. Месдоза-манометр тизимидаги босим бункернинг ва уни тўлдириб турувчи материалнинг оғирлик кучини, месдоза поршени юзаси нисбатига тенг.

ГАЗЛАРНИ ТАХЛИЛ ҚИЛИШ УСУЛЛАРИ

Замонавий бошқариш тизимларини тузишда, технологик оқимда автоматик равишда газларни тахлил қилаоладиган усуллар ва асбобларни ишлаб чиқиш талаб қилинади. Бу эса, ўз навбатида янги такомиллашган аналитик ўлчов асбобларини ишлаб чиқиш бўйича янги масалаларни қўяди. Газ аралашмаларини тахлил қилувчи аналитик асбобларга газоанализаторлар, масспектрометрлар ва хроматографлар киради.

ГАЗОАНАЛИЗАТОРЛАР

Биринчи газоанализаторлар XIX асрнинг охирларидан бошлаб ишлб чиқилган.

Газоанализаторлар ёрдамида миқдор ва сифат тахлиллари амалга оширилади. Биринчиси ёрдамида, газ аралашмаси таркибидаги тахлил қилинаётган компонент миқдори аниқланса, иккинчиси ёрдамида эса, газ аралашмаси таркибидаги маълум бир компонентнинг мавжудлиги ёки чегара қийматлари сигналланади.

Технологик назоратда асосан биринчиси ишлатилади.

Газларни тахлил қилиш усулларига қараб, газоанализаторлар уч хил бўлади: кимёвий, физик-кимёвий ва физик.

Ушбу газоанализаторлардан ташқари ҳозирги вақтда кўп компонентли газ аралашмаси таркибидаги бир нечта компонентни бароварига тахлил қилишда масспектрометрлар ва газ хроматографлари ишлатилади.

Қуйидаги жадвалда газларни тахлил қилиш усуллари таснифи келтирилган:

Газоанализаторлар			Масс-спектрометрлар	Газ Хроматографлари
Кимёвий газоанализаторлар	Физик-кимёвий газоанализаторлар	Физик газоанализаторлар		
1. Абсорбциометрик 2. Ёндириш усули 3. Комбинацияли	1.Электрокондуктометрик 2. Деполяризацион 3. Гальваник 4. Термокимёвий	1.Термокондуктометрик 2. Магнитли 3. Оптик 4. Радиацион	1. Магнит майдонида ионларни ажратиш усули 2. Учиш вақти бўйича ионларни ажратиш усули	1. Газоадсорбцион 2. Газ-суюқликли 3. Капилляр

КИМЁВИЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОРЛАР

Кимёвий усулнинг моҳияти шундаки, унда газ аралашмаси таркибидан аниқланаётган компонент чиқариб ташланади ва унинг миқдори газ аралашмаси миқдорининг камайиши бўйича аниқланади.

Қуйидаги кимёвий усул мавжуд:

1. Кимёвий реактивлар ёрдамида аниқланаётган компонентнинг ютилиши натижасида газ ҳажмининг камайишига асосланган абсорбциометрик усул;

2. Газ аралашмаси таркибидаги ёнувчи компонентни ёқиб юбориш натижасида газ ҳажмининг камайишига асосланган усул;

3. Комбинацияли усул.

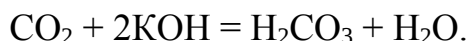
Кимёвий газоанализаторлар ностационар (кўтариб юриладиган) - ноавтоматик ва стационар - автоматик кўринишда ишлаб чиқилади.

Ностационар (кўтариб юриладиган) кимёвий газоанализаторлар

Газ аралашмаси таркибидаги CO_2 , O_2 ва CO ларни аниқлашга асосланган ностационар (кўтариб юриладиган) кимёвий газоанализатор ГХП-3М ишлашини кўриб чиқамиз. Бу газоанализаторнинг ишлаши аниқланаётган компонентни реактивлар ёрдамида ютилиб, сўнгра унинг миқдорини ҳажм камайиши бўйича аниқлашга асосланган. Масалан:

1. CO_2 ни ютиш учун калий ишқорининг (KOH) сувдаги эритмаси ишлатилади (33% KOH и 67% H_2O).

Ютиш реакцияси:



(Конвертирланган газ таркибидаги CO_2 ни аниқлаш учун реактив сифатида 15-20% ли моноэтаноламин эритмаси ишлатилади).

2. O_2 ни ютиш учун реактив сифатида пирогалл кислотанинг ишқорий эритмаси ишлатилади (яъни, 13% $\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})_3$, 29% KOH 58 H_2O).

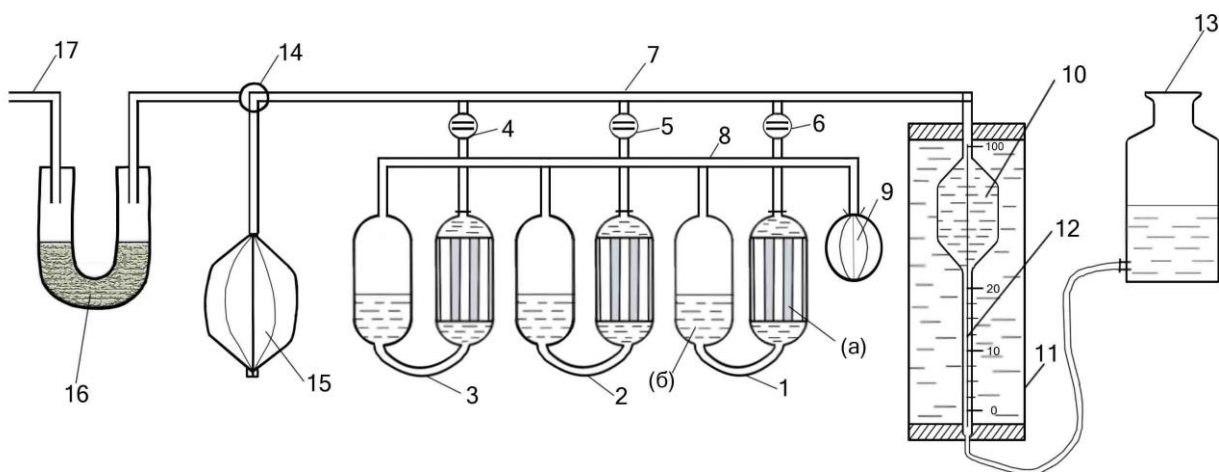
(Конвертирланган газ таркибидаги O_2 ни аниқлаш учун реактив сифатида мис-аммиакли эритма ишлатилади).

3. CO ни ютиш учун яримхлорли миснинг ишқорий эритмаси (Si_2Cl_2), [17% Si_2Cl_2 ; 21% NH_4Cl (Хлорли аммоний) и 62% H_2O]. Шунингдек мис-аммиакли эритма ишлатилади.

Газоанализатор (Расм 81) сув тўлдирилган цилиндрик идиш 11 га жойлаштирилган ўлчаш бюреткасида 10 ва у билан 4, 5, 6 кранлар, ҳамда тақсимлагич 7 ёрдамида уланган учта шиша ютиш идишларидан (1, 2, 3) ташкил топган. Реактивни қабул қилувчи ҳамма баллонларнинг тепа қисми шиша трубка 8 орқали, эритмани атмосферадан **изоляциялаш** мақсадида резина қопчага 9 уланган. Газ намунасини ажратиб олиш ва уни ўлчов асбобида юришини таъминлаш учун бу газоанализаторда тенглаштирувчи идиш 13 мавжуд.

14 кранни атмосферага очиб 13 идиш кўтарилади ва шу йўл билан, ўлчаш бюреткаси суюқлик билан тўлдирилади. Шундан сўнг, гребенкани кран 14 ёрдамида филтр 16 орқали газни келиш трукасига 17 уланади.

Ўлчаш бюреткасидаги суюқлик сатҳини маълум бир ҳолатга ўрнатиб 10-15 минут давомида тизим **герметикага** текширилади. Сўнгра гребенка ичига бир неча маротаба янги намуна газ тартилади ва сўнгра атмосферага чиқариб ташланади ва ҳақозо.



Расм. 81.

Ушбу дастлабки ишларни амалга ошириб бўлингандан сўнг, бюреткага 100 мл бўлимигача эритма тортилади ва 14 кран очилиб, ўлчов асбобида газ намунаси тортилади. Бунда газ бюреткадаги суюқликни сиқиб чиқара бошлайди. 100 мл газ бюреткага тортилганда суюқлик ўлчаш бюреткасининг 0 бўлимида бўлади. Шундай қилиб, ўлчаш бюреткасига 100 мл газ намунаси тортиб олинади.

Масалан биринчи бўлиб CO_2 миқдорини таҳлил қилишдан бошлаймиз. Бунинг учун 1-ютиш идишининг крани 6 очилади ва секин аста тенгловчи идишни кўтариб, газни бюреткадан бу идишга хайдалади.

Силжиётган газ босими таъсирида моноэтанолламин реактиви газни ютиш баллонидан реактивни қабул қилувчи баллонига сиқиб чиқарилади. Бунда, эритма билан намланган шиша трубкалар орқали газ юриб, аниқланаётган компонент бу эритма билан ўзаро таъсирга кириб ютилади. Сўнг 13 идишни пастга тушириб газни қайта бюреткага қайтарилади. CO_2 ни тўлиқ ютилишини таъминлаш учун, газ намунасини 4-5 маротаба 10 бюреткадан 1 идишга ва орқага 1 идишдан 10 бюреткага хайдалади. Шундан сўнг реактив сатҳини ютиш идишидаги назорат нуқтасига келтирилиб, кран 6 ёпилади. Ўлчаш бюреткасидаги суюқлик сатҳини шкала 12 бўйича ўзгаришига қараб газ таркибидаги CO_2 ни ютилган хажми аниқланади. Кейин яна бир бора назорат ўлчаши амалга оширилади. Агар охириги икки ўлчаш натижалари бир хил бўлса, унда ўлчаш шу ерда тўхтатилади, бир хил бўлмаса, унда ўлчашни охириги икки ўлчаш натижалари бир хил қийматга эга бўлгунча давом эттирилади.

Газ намунаси таркибида яна O_2 ва CO ларни аниқлаш керак бўлса, унда газ намунасини аввал 2 ва сўнг 3 ютиш идишларига навбатма-навбат хайдаб уларнинг миқдорлари аниқланади. Ушбу асбоб ёғоч футлярга ўрнатилган.

Ўлчашнинг асосий хатолиги ўртача $\pm 0,2\%$.

Автоматик кимёвий газоанализаторлар

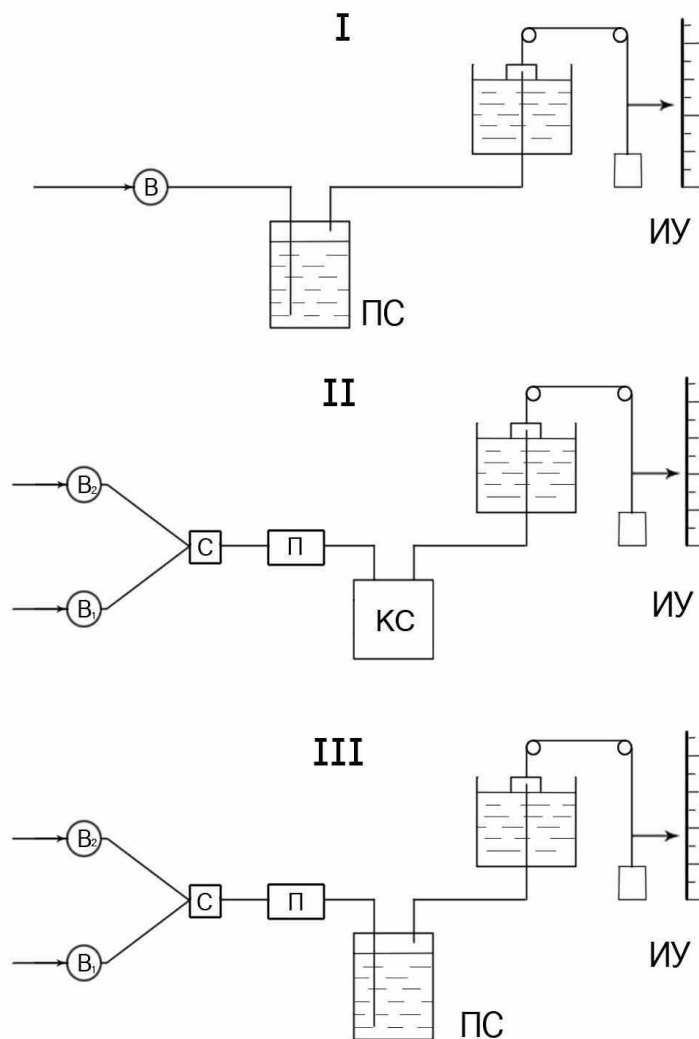
Ҳамма автоматик газоанализаторларнинг, конструкцияси қандай бўлишига қарамасдан, ишлаш принципи бир хил. Даврий равишда газ намунаси ўлчаш идишига (валюметрда) берилиб, ўлчаб олинган 100 мл газ намунаси, куч механизми ёрдамида валюметрдан ютиш идишига (ПС) хайдалади. Бу ерда, газ таркибидаги қиймати аниқланаётган компонент ютилади. Қолган газ хажми ўлчаш қурилмасига ўлчаниб, бошланғич ва охириги ўлчанган хажмлар солиштирилади (Расм 82). Уларнинг фарқи бўйича ўлчанаётган компонент миқдори аниқланади.

Агар, аниқланаётган компонент учун ютувчи компонент бўлмаса (H_2 , CH_4 , CO , ва бошқалар) унда, кислород қўшиб, ёқиш усулини қўллаш керак бўлади. Газ намунаси аралашмаси ёқиш печидан ўтказилиб, аниқланаётган компонент ёқиб юборилади. Ҳосил бўлган углекислота (CO_2) ва сув буғлари конденсацион идишда ёки ютиш идишида ютилади ва ўлчаш қурилмасида қолдиқ газ хажми ўлчанади.

I – қурилмада бошланғич (100 см^3) ва ютиш қурилмасида ютилгандан қолган газ хажмлари солиштирилиб, уларнинг фарқи бўйича аниқланаётган компонент (CO_2 , NH_3 , SO_2 , CL_2 ва бошқалар) миқдори аниқланади.

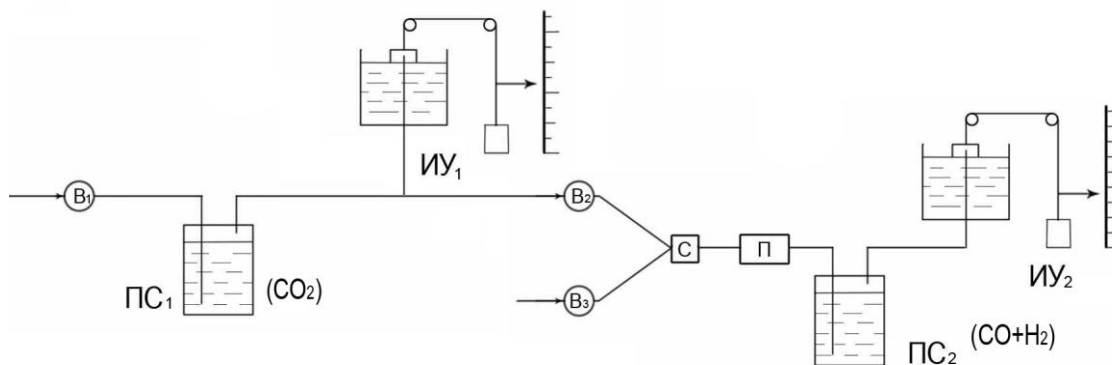
II – қурилмада аниқланаётган компонент (H_2 , CH_4 ва юошқалар) ёқиш печида (П) ёқилиб, конденсациялаш идишида (КС) конденсацияланади. Қолган газ хажми ўлчаш қурилмаси ИУ ёрдамида аниқланади.

Учинчи қурилмада газ таркибидаги икки компонент йиғиндиси ($\text{CO} + \text{H}_2$) аниқланади. Бунда, газ печдан сўнг ютиш идишидан ўтиб, унда CO ва H_2 ёниш натижасида ҳосил бўлган CO_2 ва H_2O лар ютилади.



Расм 82.

Юқоридагилардан ташқари газоанализаторларнинг бошқа турлари ҳам мавжуд. Масалан, CO_2 ва $\text{CO} + \text{H}_2$ йиғиндисини аниқлаш (Расм 83).



Расм 83.

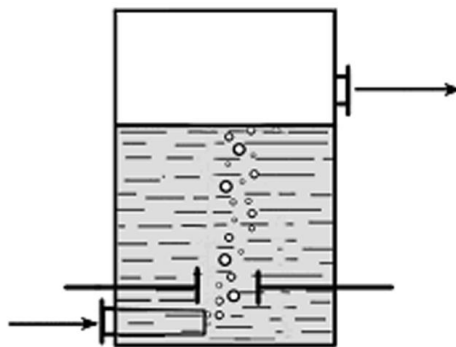
ФИЗИК-КИМЁВИЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОРЛАР

Газларни таҳлил қилишнинг физик-кимёвий усулларида, ўлчанаётган компонентнинг кимёвий реакцияга кириши уларнинг қайсидир физик хусусиятлари ўзгаришига сабаб бўлади. Электрокондуктометрик, деполяризацион, гальваник ва термокимёвий физик-кимёвий газоанализаторлар мавжуд.

Электрокондуктометрик газоанализаторлар

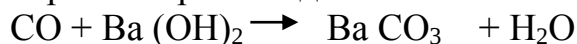
Бу газоанализаторларнинг ишлаши газ таркибидаги компонентни абсорбциялаб олган эритманинг электр ўтказувчанлигининг ўзгаришига асосланган.

Ўлчаш ячейкасига берилаётган эритма (расм 84), газ таркибидан аниқланаётган компонентни абсорбциялаб олиши натижасида, унинг электр ўтказувчанлиги ўзгаради.



Расм. 84.

Электр ўтказувчанлигининг ўзгариши эритмага ютилган ўлчанаётган компонент миқдорига пропорционал бўлади. Абсорбцияловчи эритма сифатида одатда, қиймати аниқланаётган компонент билан қайтмас кимёвий реакцияга кирувчи эритмалар олинади. Масалан:



Диссоциацияланган молекулалар сони ўзгариши натижасида, электр ўтказувчанлиги ўзгаради

Газ аралашмаси таркибидаги аниқланаётган компонентнинг процент миқдори, электр ўтказувчанлик ўзгаришининг шу вақт ичида ўтган газ аралашмаси хажмига нисбатига пропорционалдир, яъни:

$$C = a_1 \frac{\Delta R}{\Delta V} = a_1 \frac{\Delta R}{V \cdot \Delta t} = a_2 \frac{\Delta R}{\Delta t}$$

ΔR – Δt вақт ичида қаршиликнинг ўзгариши; __

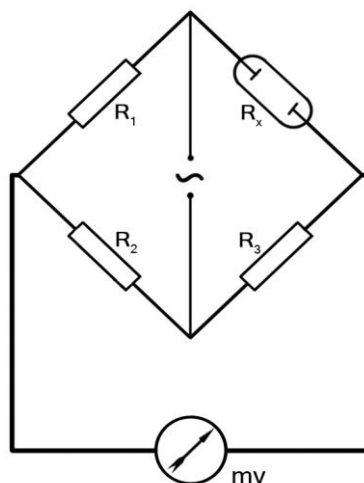
ΔV – Δt вақт ичида ўтказилган газ аралашмаси хажми;

V – газ тезлиги.

Тенгламадан кўриниб турибдики, ўлчанаётган компонентнинг миқдорини аниқ ўлчаш учун газ сарфини стабиллаш ва уни ютувчи эритма сарфи билан маълум нисбатда ушлаб туриш керак. Шуниндек, эритмаларнинг электр ўтказувчанлиги температура ўзгариши билан ўзгаришини инобатга олиб, температура компенсациясини амалга ошириш керак.

Ушбу электрокондуктометрик ячейкани ўлчаш кўпригининг бир елкасига улаб, концентрация ўзгариши ўлчанади (расм 85). Электрокондуктометрик газоанализаторлар ёрдамида CO_2 , SO_2 , NH_4 ва бошқа компонентларнинг газ таркибидаги миқдорини ўлчаш мумкин. Ўлчаш кўприги манбаъси сифатида, ўлчаш

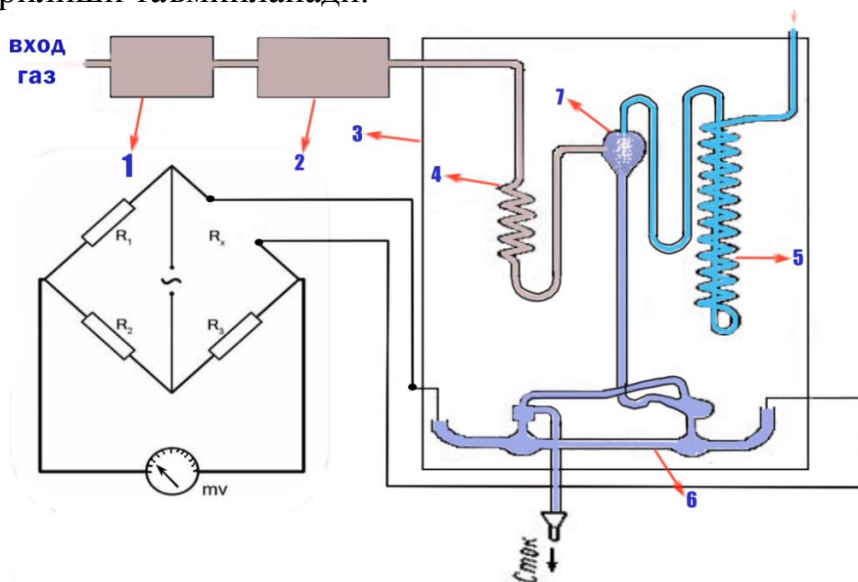
ячейкаси электродларининг қутбланишининг олдини олиш мақсадида, ўзгарувчан ток олинади.



Расм 85.

Газ таркибидаги NH_4 миқдорини, уни ютган эритманинг электр ўтказувчанлигини ўлчаб аниқлайдиган газоанализаторни кўриб чиқамиз.

Таҳлил қилинаётган газ технологик қувирдан газни тайёрлаш қурилмаларидан ўтиб, яъни, филтрловчи қурилма (1), филтрлаш ва ростлаш блоки (2) орқали газоанализатор датчигига берилади (расм 86). Газоанализатор датчиги (3) термостатланган. Газ белгиланган босимда ва сарфда, термостатда жойлашган иситгич (4)дан ўтиб, насос дозатор (7)га берилади. Насос дозаторга шунингдек термостатланган (иситгич 5да) кичик концентрацияли водород хлорид **кислотаси (соляная кислота) берилади**. Насос дозаторда ютувчи эритма ва газ аралашмаси яхши аралашishi билан бирга, уларни маълум бир нисбатда электрокондуктометрик ячейка (6)га берилиши таъминланади.



Расм 86.

Эритма газ аралашмасидаги аниқланаётган компонентни ютиши натижасида, эритманинг электр ўтказувчанлиги ўзгаради. Бу ўзгариш электрокондуктометрик ячейкани номувозанат кўпригининг бир елкасига улаб ўлчанади. Ўлчаш хатолиги ўлчаш диапазонининг 5% миқдорида бўлади.

Термохимёвий газоанализаторлар

Термохимёвий газоанализаторларда тахлил қилинаётган компонент миқдорини аниқлаш учун, бу компонентнинг каталитик оксидланиш реакцияси иссиқлик эффектидан фойдаланилади, яъни химёвий реакция иссиқлик эффектидан фойдаланилади.

Бу газоанализаторларнинг икки хил тури мавжуд:

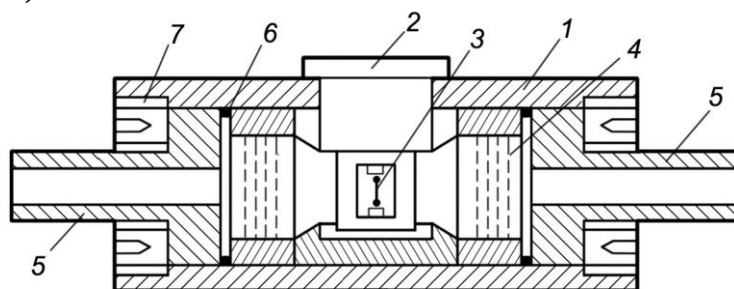
1. Аниқланаётган ёнувчи компонент каталитик актив платина симида ёнувчи асбоблар;
2. Аниқланаётган ёнувчи компонент сочиluvчан катализатор қатламида ёнади ва ёнишдан ҳосил бўлган иссиқлик эффекти алоҳида сезгир элемент ёрдамида ўлчанади.

Биринчи турдаги газоанализаторларда, ўлчаш ячейкасига жойлаштирилган платина сими, бир вақтнинг ўзида газ аралашмасини ёниш температурасигача иситиш манбаъси, катализатор ва сезгир элемент вазифасини бажаради.

Бу газоанализаторлар асосан ёнувчи газларнинг хаводаги портлаш хавфи бор концентрацияларини индикаторлари ва сигнализаторлари сифатида ишлатилади.

Конструкцияларининг соддалиги билан, ҳамда ўлчаш ячейкаларини – елка элементларини ўлчов асбоби градуировкасини бузмасдан алмаштириш имконининг борлиги билан фарқланади.

Термохимёвий газоанализатор ўлчаш ячейкаси конструкцияси қуйидаги кўринишга эга (расм 87):



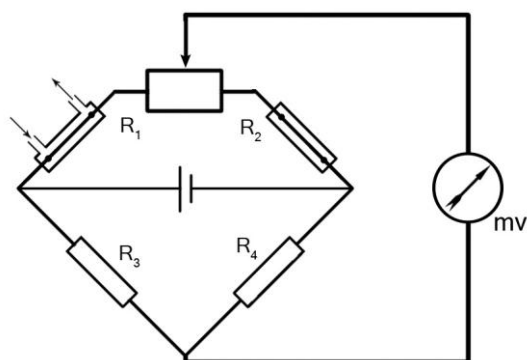
Расм 87.

1-корпус; 2- елка элементи; 3- платина сими; 4- сетка из олов тускич; 5-штуцер; 6- прокладка; 7- гайка.

Ушбу ўлчаш ячейкаси (R_1) номувозанат кўпригининг бир елкасига уланади (расм 88). Кўрсаткичлари ва конструкцияси бўйича ишчи ячейкага эквивалент (ўхшаш) бўлган иккинчи, хаво билан тўлдирилган солиштириш ячейкаси (R_2), кўприк схемасининг ёндош елкасига уланади. Кўприк схемасининг қолган икки елкасига манганиндан ясалган ўзгармас қаршиликлар уланган.

Газ таркибидаги аниқланаётган компонент ўзгариши билан, каталитик реакция натижасида елка элементи температураси ўзгаради ва бу кўприк схемаси ўлчаш елкасидан ўтаётган ток миқдорининг ўзгаришига олиб келади. Бу газоанализаторларнинг иккиламчи асбоблари сифатида автоматик потенциометрлар ишлатилади.

Саноатда ПГФ-11-54 ва ПГФ 2- ВЗГ турларидаги кўчма газоанализаторлар ва СГГ туридаги хаво таркибидаги ёнувчи газларни аниқловчи автоматик газоанализаторлар ишлаб чиқарилади.



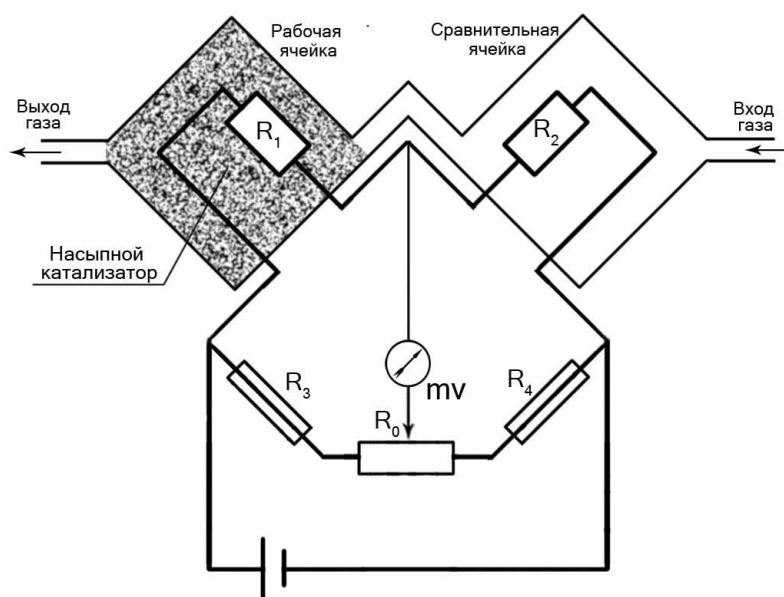
Расм 88.

Бу ўлчов асбобларини олтингугурт бирикмалари мавжуд газларни таҳлил қилишда ва агрессив газлари бор газларни таҳлил қилишда қўллаш мумкин эмас.

Бу газоанализаторларнинг асосий хатоликлар манбалари қуйидагилар:

1. Атроф муҳит температурасининг ўзгариши;
2. Ўлчаш кўприги манба кучланишининг ўзгариши;
3. Газнинг ўлчаш ячейкасига берилаётган тезлигининг ўзгариши;
4. Катализатор активлигининг кимёвий фаол компонентлар билан захарланиши натижасида пасайиши;
5. Газ таркибидаги компонентларнинг нисбати ўзгариши натижасида газнинг солиштирма иссиқлик ўтказувчанлигининг ўзгариши таъсири.

Иккинчи турдаги термокимёвий газоанализаторларда (расм 89), таҳлил қилинаётган аниқланаётган ёнувчи компонент сочиловчан катализатор қатламида ёнади ва ёнишдан ҳосил бўлган иссиқлик эффекти алоҳида сезгир элемент ёрдамида ўлчанади. У биринчи турдаги газоанализаторларга нисбатан баъзи афзалликларга эга:

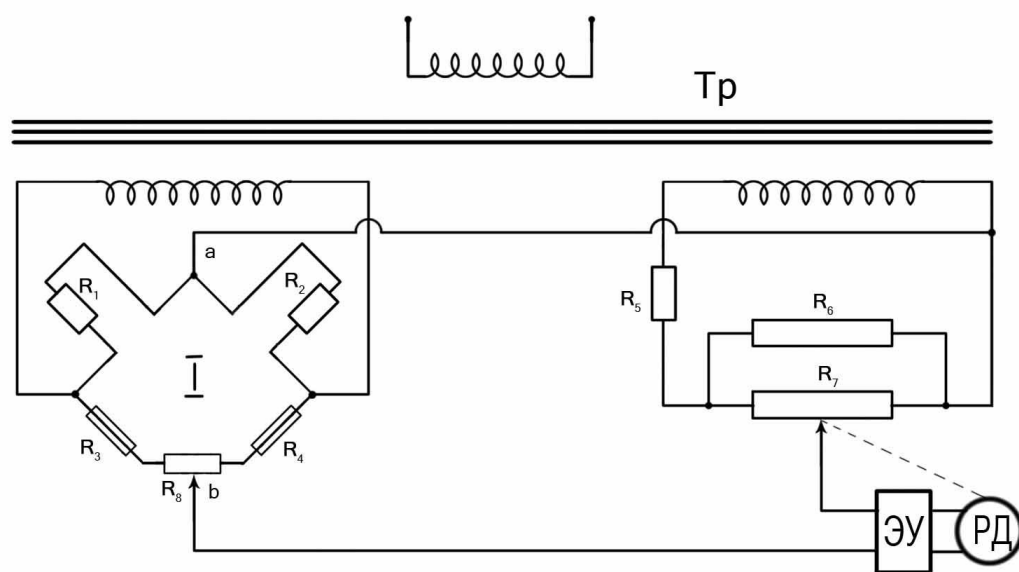


Расм 89.

Сочиловчан катализатор қатлами юзаси платина сими юзасидан анча катталиги сабабли, унинг сезгирлиги юқори бўлади;

Баъзи ҳолларда пастроқ температураларда, иситмасдан ҳам ишлаши мумкин.

Манбаа кучланиши ўзгаришининг таъсирини камайтириш учун турли феррорезонанс стабилизаторлардан ёки замонавий автоматик кучланиш компораторларидан фойдаланилади (расм 90).

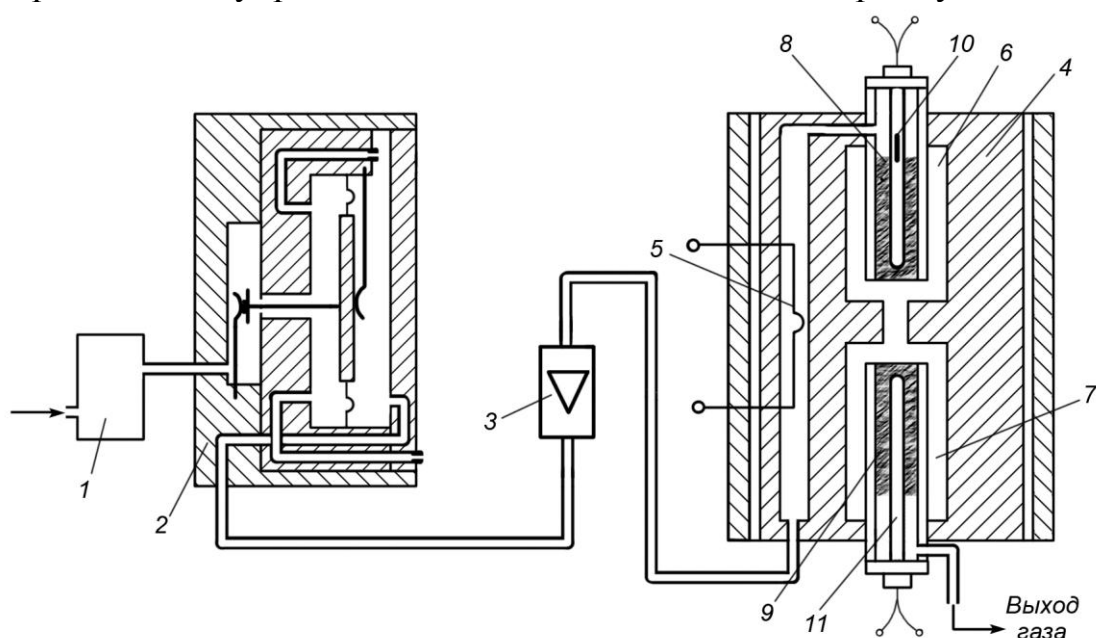


Газнинг ўлчаш ячейкасига берилаётган тезлигининг ўзгариши таъсирини камайтириш учун газни тайёрлаш блокларидан фойдаланилади.

Термохимический газоанализатор ТХГ-5

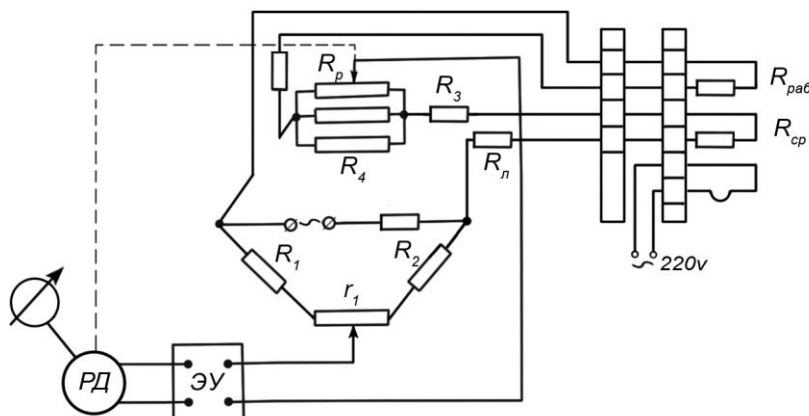
Ушбу газоанализатор кислород таркибидаги ёнувчи компонентларни аниқлашга мўлжалланган. Ўлчов асбобининг ишлаши ёнувчи газларнинг кислород билан каталитик реакцияси натижасидаги иссиқлик эффектини ўлчашга асосланган.

ТХГ-5 термохимёвий газоанализаторнинг газ схемаси 91- расмда келтирилган. Газ аралашмаси газни тайёрлаш блоки 1, мембранали сарф ростлагичи 2 ва ротаметр 3 орқали моноблок шаклида ишланган ўлчаш блокига 4 берилади. Газ заруратга қараб электр иситгичда иситилиб, аввал солиштириш камерасига 6 берилади ва бу ердан у инерт масса билан тўлдирилган стакан 8 орқали ишчи камерага 7 ўтади. Бу ерда каталитик оксидланиш реакцияси кетмайди. Температура солиштириш қаршилиқ термометри 10 ёрдамида ўлчанади. Газ ишчи камера 7 орқали катализатор билан тўлдирилган стакан 9га ўтади. Бу ерда каталитик оксидланиш реакцияси кетади ва ёнувчи модда микдорига пропорционал равишда температура ўзгаради. Температура ишчи қаршилиқ термометри 11 ёрдамида ўлчанади. Қаршилиқ термометрлари 10 ва 11 кўприк схемасининг икки ёндош елкаларига уланган.



Расм 91.

ТХГ-5 термохимёвий газоанализаторнинг электр схемаси 92-расмда келтирилган. ТХГ-5 термохимёвий газоанализаторида автоматик мувозанат кўприги ишлатилган.



Расм 92.

Ушбу термохимёвий газоанализаторлар электролитик водород таркибидаги кислородни аниқлашда, электролитик кислород таркибидаги водородни аниқлашда ва сувли генератор газидаги кислород миқдорини аниқлашда ишлатилади.

Асосий хатолиги ўлчаш чегарасининг 5% миқдорида.

ФИЗИК ГАЗОАНАЛИЗАТОРЛАР

Физик газоанализаторларга, газларнинг таркибига кирувчи компонентнинг қайсидир физик хусусиятининг боршқа компонентларнинг шу физик хусусиятларидан сезиларли фарқланишидан фойдаланиб аниқлашга асосланган ўлчов асбоблари киради.

Уларга термокондуктометрик, магнит и оптик газоанализаторлар киради.

ТЕРМОКОНДУКТОМЕТРИК ГАЗОАНАЛИЗАТОРЛАР

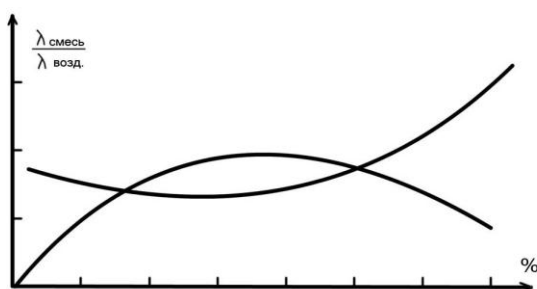
Термокондуктометрик газоанализаторларнинг ишлаши, камерага жойлаштирилган ва ток билан иситилаётган ўтказгичнинг электр қаршилигини шу камерадаги тахлил қилинаётган газнинг иссиқлик ўтказувчанлигига боғлиқлигига асосланган.

Агар газ таркибидаги бир компонентнинг иссиқлик ўтказувчалиги бошқа компонентларнинг иссиқлик ўтказувчанлигидан катта фарқ қилса, унда газ аралашмасининг иссиқлик ўтказувчанлиги газдаги шу компонент миқдори билан аниқланади. Хар хил газларнинг солиштирма иссиқлик ўтказувчанлиги хар хил бўлади. Масалан: N - 0,996; H_2 -7,13; Cl -0,322 ва шундай газлар аралашмаларини топиш мумкинки, унда аралашманинг иссиқлик ўтказувчанлигининг ўзгариши аниқланаётган компонент миқдорининг ўзгаришига боғлиқ бўлсин.

Газларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги температура ўзгариши билан ўзгаради (расм 93). Бази бир газлар учун теипература ортиши билан уларнинг иссиқлик ўтказувчанликлари яқинлашиб боради ва маълум температураларда улар тенглашади. Баъзи газларнинг хаво билан аралашмалари учун солиштирма иссиқлик ўтказувчанлиги бир хил бўлган температуралари куйидагича:

H_2O	NH_3	C_2H_2	C_2H_4	SO_2
$200^{\circ}C$	$63^{\circ}C$	$100^{\circ}C$	$120^{\circ}C$	$450^{\circ}C$

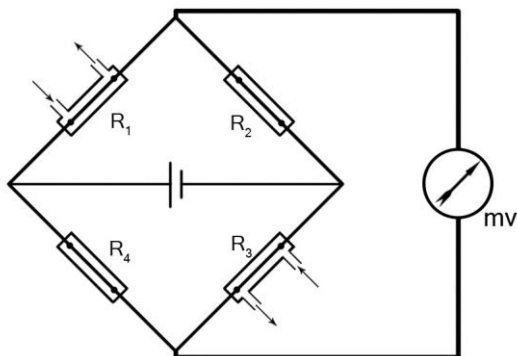
Шундай қилиб, ушбу температураларда бу бинар аралашмаларни тахлил қилиб бўлмайди. Аммо, бу температураларда уч компонентли аралашмаларни тахлил қилиш мумкин ва бунда, аралашма иссиқлик ўтказувчанлигининг ўзгариши учинчи компонент миқдорининг ўзгаришига боғлиқ бўлади. Масалан: $200^{\circ}C$ да хаво таркибидаги хар хил газларнинг миқдорини унинг намлиги қандай бўлишига қарамай аниқлаш мумкин.



Расм 93.

Лекин ҳамма вақт ҳам бу усулни қўллаш мумкин эмас. Газларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги ўзгариши ошиб бориб, қайсидир нуқтадан бошлаб у камайишни бошласа, ёки тескари, камайиб бориб кейин ортса, бунда газ аралашмаси иссиқлик ўтказувчанлигининг бир хил қийматига ҳар хил концентрациялар тўғри келади (расм 93). Бундай газ аралашмалари учун ушбу усулдан қисқа ўлчаш диапазонларида фойдаланиш мумкин.

Термокондуктометрик газоанализаторларнинг ўлчаш камераси, ўқи бўйича металл сим тортилган металл цилиндри кўринишидаги камера бўлиб, бу сим бир вақтнинг ўзида ҳам иситгич ва ҳам сезгир элемент вазифасини бажаради (расм 94). Таркиби аниқланаётган газ ўтказилаётган икки ишчи камералар (R_1 ва R_3) кўприк схемасининг қарама-қарши томонларига уланган бўлиб, қолган икки елкасига ҳаво билан тўлдирилган камералар (R_2 ва R_4) уланган.



Расм 94.

Агар газ аралашмасининг иссиқлик ўтказувчанлиги ҳавонинг иссиқлик ўтказувчанлигидан фарқли бўлса, унда, ишчи камералардаги симларнинг температураси ва электр қаршиликлари улардан фарқли бўлади. Бунда, кўприк схемаси диоганалидан ўтаётган ток газ аралашмасидаги ўлчанаётган компонент миқдорининг ўзгаришига боғлиқ бўлади:

$$I = \frac{I_0}{2} \frac{\Delta R}{R + R_{mv}}$$

Бу ерда:

I – кўприк ўлчаш диоганалидаги ток миқдори;

I_0 – кўприк манбаа занжиридаги ток миқдори;

R – кўприк елкалари қаршилиги;

ΔR – электр қаршилиги ўзгариши;

R_{mv} – милливольтметр қаршилиги.

Бу тенгламадан кўриниб турибдики, ўлчаш диоганалидан ўтаётган токнинг миқдори фақат ΔR га, яъни газ аралашмасидаги аниқланаётган компонент миқдорига боғлиқ бўлиши учун, $I_0 = \text{const}$ бўлиши керак.

Бундан ташқари, ўлчаш диоганалидан ўтаётган токнинг миқдорини ўлчаш ячейкаси девори ва симнинг температурасидан боғлиқлигини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$I = k [(T_H - T_{CT}) - (T_{H0} - T_{CT0})];$$

Бу ерда,

k – ўлчов асбоби ўзгармас коэффициент;

T_H , T_{CT} – ишчи камера девори ва симнинг температураси;

T_{H0}, T_{CT0} – солиштириш камераси девори ва симининг температураси.

Ёки, бу тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин,

$$I = k[(T_H - T_{H0}) - (T_{CT} - T_{CT0})]$$

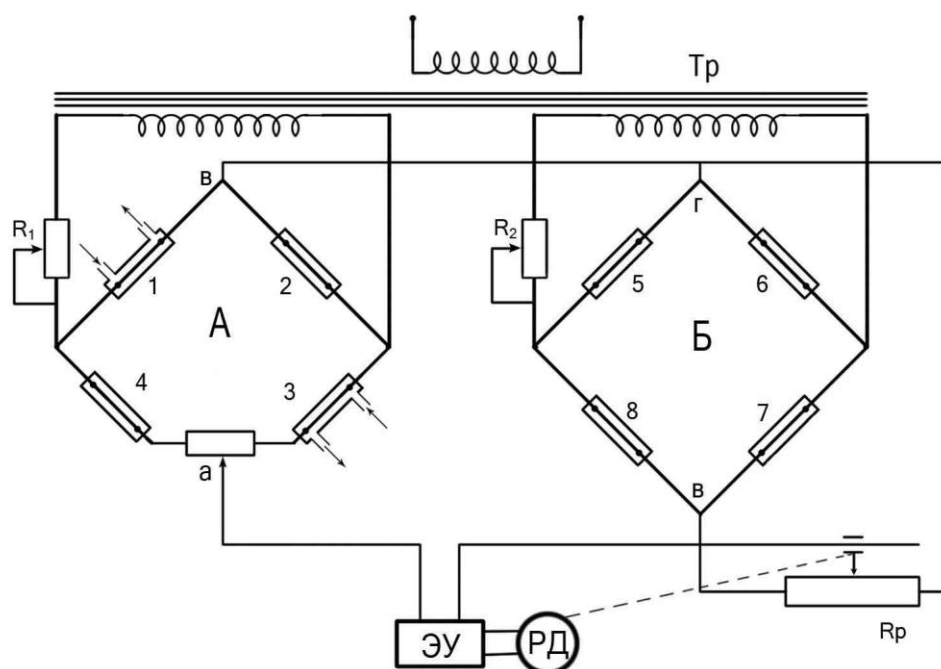
Ушбу тенгламадан кўриниб турибдики, ўлчаш диогналидан ўтаётган токнинг миқдори газ аралашмасидаги аниқланаётган компонент миқдорига боғлиқ ($I = F(T_H)$) бўлиши учун, ишчи ва солиштириш камералари деворлари температуралари бир хил бўлиши керак, яъни, $(T_{CT} - T_{CT0}) = 0$.

Термокондуктометрик газоанализаторларнинг асосий хатолик манбаалари қуйидагилар:

1. Атроф мухит температурасининг ўзгариши (ишчи ва солиштириш камералари деворлари температураларининг ўзгаришига сабаб бўлади);
2. Кўприк манбаа кучланишининг ўзгариши;
3. Газнинг берилиш тезлигининг ўзгариши;
4. Аниқланмаётган компонентлар миқдорлари нисбатларининг ўзгариши.

Атроф мухит температураси ўзгаришини газоанализатор кўрсатишига таъсирини йўқотиш учун моноблок термостатланади. Манбаа кучланиши феррорезонанс стабилизаторлар ёрдамида стабилланади ёки нисбатан мукамал бўлган компенсацион схемалардан фойдаланилади. Газ аралашмаси сарфи ҳам стабилланади. Ушбу газоанализаторларда замонавий мукамал компенсацион схемалардан фойдаланилади.

Бу схема икки (А ва Б) номувозанат кўприкларидан ташкил топган бўлиб, уларга манбаа ўзгармас ток занжиридан трансформатор Тр орқали берилади (расм 95). Кўприк елкалари платина симлари жойланган баллончалардан ташкил топган. Икки ишчи елкалар (1 ва 3) орқали таркиби аниқланаётган газ аралашмаси ўтказилади. Қолган 2, 4, 6, 8 елкаларга шкала бошланишига мос бўлган концентрацияли газ тўлдирилган ва 5 ва 7 елкаларга шкаланинг охирига мос бўлган концентрацияли газ тўлдирилган бўлади.

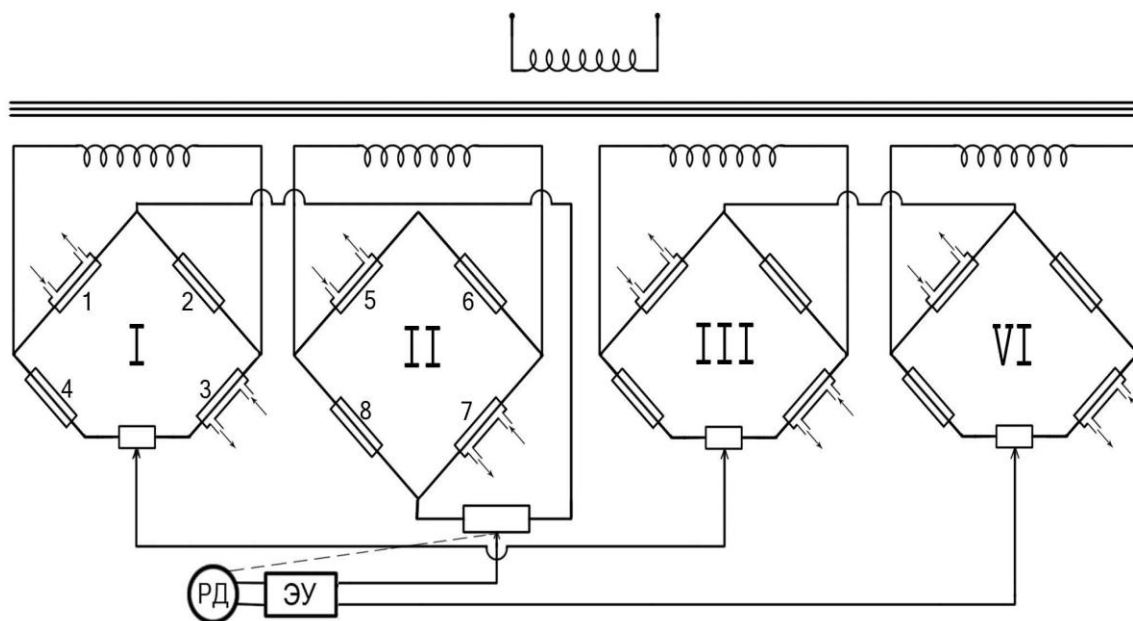


Расм 95.

Солиштириш кўпригининг ўлчаш диагоналига реохрд R_p уланган бўлиб, унинг движоги ва А кўприкнинг «а» чўққиси потенциометрнинг электрон кучайтиргичига ЭУ уланган. ЭК га келаётган фарқ сигнал таъсирида реверсив двигател (юритгич) ротори айланиб реохрд R_p сургичини А кўприк чўққиларидаги («а» ва «в») кучланишни Б кўприк чўққиларидаги («в» ва «г») потенциаллар фарқининг бир қисми билан мувозанатлагунча силжитади. Ўлчашда солиштириш принципи қўллангани учун газоанализатор кўрсатишига манбаа кучланишининг ва атроф мухит температураси ўзгаришининг таъсири йўқ.

Газ аралашмасидаги ўлчанаётган компонент миқдорини унинг солиштирма иссиқлик ўтказувчанлиги бўйича ўлчаш асосан бинар газ аралашмалари учун яроқли. Кўп компонентли газ аралашмалари учун бу усулни агар миқдори аниқланмаётган компонентларнинг ҳаммасининг солиштирма иссиқлик ўтказувчанлиги бир хил (бир-бирига жуда яқин) ўлчанаётган компонентнинг солиштирма иссиқлик ўтказувчанлиги эса улардан фарқли бўлганда, ёки миқдори аниқланмаётган компонентларнинг миқдорлари нисбати ўзгармаганда қўлланилади. Газ намлигининг ўзгариши ҳам солиштирма иссиқлик ўтказувчанлигининг ўзгаришига сабаб бўлади. Шунинг учун газлар таҳлил қилишдан аввал қурилади.

Аналитик ўлчов асбоблари ГСКБ да қиймати аниқланмайдиган компонентлар миқдорларининг нисбатининг ўзгаришини компенсацияловчи ўлчаш схемаларини ишлаб чиқди (расм 96).



Расм 96.

I ва II кўприклар аввалги чизмага ўхшаш. III ва IV кўприклар I кўприкга ўхшаш, аммо уларнинг ўхшаш елкаларидан оқаётган тоқлар бир-биридан фарқли. III ва IV кўприкларнинг шундай ишлаш режимларини топиш мумкинки, уларнинг ўлчаш диагоналларида ҳосил бўлаётган потенциаллар фарқи миқдорлари аниқланмаётган компонентлар концентрациялари билан аниқлансин. Бу фарқни компенсацияловчи сигнал сифатида фойдаланиб, миқдорлари аниқланмаётган компонентлар концентрациялари ўзгариши таъсирини йўқотиш мумкин.

Агар I кўприкда ҳосил бўлаётган, миқдорлари аниқланаётган ва аниқланмаётган компонентлар концентрациялари ўзгаришига мос потенциаллар фарқини қуйидагича ифодаласак,

$$\Delta U_I = a C_{\text{ук}} + b C_{\text{нк}}$$

III ва IV кўприklar учун шундай режимларни топсак,

$$\Delta U_{III} = \Delta U_I = a C_{\text{ук}} + b C_{\text{нк}}$$

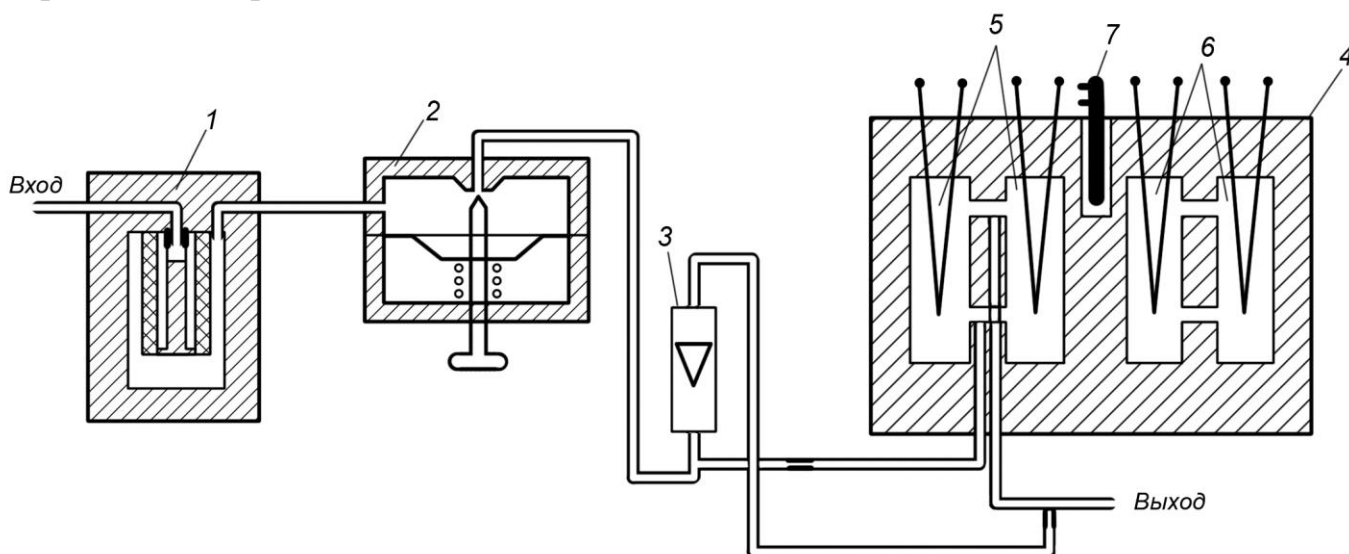
$$\Delta U_{IV} = a C_{\text{ук}} + 2b C_{\text{нк}}$$

Унда, уларнинг фарқи, $\Delta U_{IV} - \Delta U_{III} = b C_{\text{нк}}$ бўлади, яъни, у аниқланмаётган компонентлар концентрацияларига мос бўлади. Ўлчанаётган катталиқ:

$$\Delta U_I - (\Delta U_{IV} - \Delta U_{III}) = a C_{\text{ук}}$$

Электрон кучайтиргичга миқдори аниқланаётган компонент концентрацияси ўзгаришига мос сигнал беоилади.

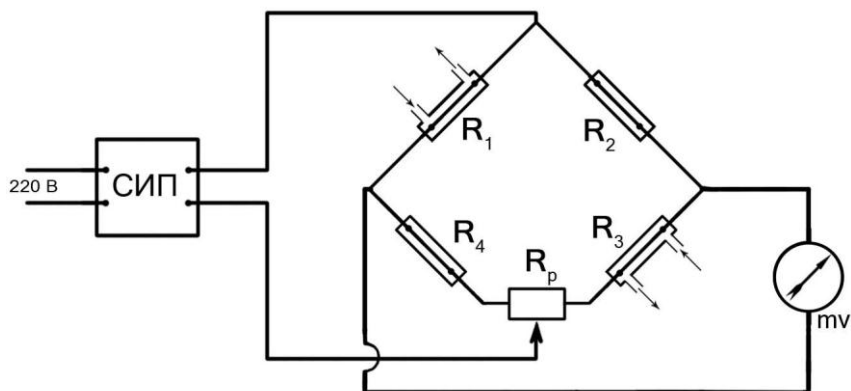
Термокондуктометрик газоанализатор ТХГ–4, газлар таркибидаги H_2 ; O_2 ; NH_3 ; SO_2 миқдорини аниқлашда ишлатилади. Ушбу газоанализаторнинг газ схемаси 97-расмда келтирилган.



Расм 97.

1- тозалаш фильтри; 2 – нинали вентиль; 3 – ротаметр; 4 – ўлчаш моноблоки; 5 – ишчи ячейка; 6 – солиштириш ячейкаси; 7 – контактли термометр.

Ўлчаш моноблоки термостатланган. Контактли термометр ёрдамида моноблокда белгиланган температура ушлаб турилади. Газоанализаторнинг электр схемаси куйида келтирилган (расм 98).



Расм 98.

Синтетик аммиак ишлаб чиқаришда водородни азот ва водород аралашмаси таркибидаги миқдорини аниқлашда ишлатилади. Асосий хатолиги $\pm 2\%$;

Водородни карбит печи газ таркибидаги микдорини (0-20%) аниқлашда ишлатилади. Асосий хатолиги $\pm 5\%$;

NH_2 ни аммиак-хаво аралашмаси таркибидаги микдорини аниқлашда ишлатилади. Асосий хатолиги $\pm 5\%$;

SO_2 ни сульфат кислотаси ишлаб чиқаришдаги печи газ таркибидаги микдорини аниқлашда ишлатилади (0-10; 0-15%). Асосий хатолиги $\pm 5\%$;

Термокондуктометрик газоанализатор ТКГ-5

Азот ва водород аралашмаси таркибидаги аммиакни аниқлашда ишлатилади. Бу газоанализаторнинг ишлаши дифференциал усул ёрдамида газ аралашмаси иссиқлик ўтказувчанлигини шу газ аралашмасидан аммиакни ювиб ташлангандан кейинги иссиқлик ўтказувчанлиги билан солиштириб аниқлашга асосланган.

Термокондуктометрик газоанализатор ТКГ-5 электр чизмаси ТКГ-4 га ўхшаш, фақат, ТКГ-5 да моноблокнинг ҳамма ячейкалар **проточный**.

Ўлчаш чегараси 0-25% NH_3 ; Асосий хатолиги ўлчаш диапазонининг $\pm 5\%$ микдорида.

Термокондуктометрик газоанализатор ТП 1110

Хаво таркибидаги ёки CO , CO_2 , CH_4 , N и O_2 аралашма таркибидаги водород микдорини аниқлашда ишлатилади. Газ схемаси ТКГ-4 га ўхшаш, электр чизмасида эса, автоматик кучланиш компараторидан фойдаланилган. ТП 1120 нинг метрологик кўрсаткичлари ТП 1110 га нисбатан яхшиланган бўлиб, унинг асосий хатолиги $\pm 2,5\%$ (ТП 1110 да эса $\pm 5\%$).

Термокондуктометрик газоанализатор ГАХ-239 газ аралашмаларидаги хлор микдорини ўлчашда ишлатилади. Ўлчаш чегараси 0-80%.

МАГНИТ ГАЗОАНАЛИЗАТОРЛАРИ

Кислород парамагнит хусусиятларга эга бўлиб, унинг юқори магнит хусусиятларини магнитланиш интенсивлиги – I , хажмий магнит қабул қилиш кўрсаткичи – k_m ва солиштирма магнит ўтказувчанли – μ белгилайди.

Хажмий магнит қабул қилиш кўрсаткичи:

$$k_m = \frac{I}{H}$$

бу ерда, k_m - хажмий магнит қабул қилиш кўрсаткичи;

I – магнитланиш интенсивлиги;

H – магнит майдони кучланганлиги.

Шунингдек, хажмий магнит қабул қилиш кўрсаткичинини қуйидагича ифодалаш мумкин,

$$k_m = \rho \chi$$

где, χ -Солиштирма магнит қабул қилиш;

ρ - газнинг зичлиги.

$$\mu = 1 + 4 \pi k_m$$

μ - магнит ўтказувчанлиги.

Бу катталикларни тўғридан-тўғри ўлчаш жуда мураккаб бўлганлиги сабабли, газ аралашмаларидаги кислород миқдорини ўлчашда кислороднинг магнит хусусиятлари таъсирида рўй берадиган билвосита ходисалардан фойдаланилади. Кислороддан ($k_{n(O_2)} = 146 \cdot 10^{-9}$) ташқари парамагнит хусусиятларга азот оксиди ($k_{n(NO)} = +53 \cdot 10^{-9}$) ва азот икки оксиди ($k_{n(NO_2)} = +9 \cdot 10^{-9}$) эга.

Парамагнит хусусиятларга эга бўлган компонент миқдорини ўлчашнинг қуйидаги усуллари мавжуд:

1. Магнито-физик газоанализаторлар:

а) магнито-вискозиметрик;

б) магнито-термокондуктометрик.

2. Магнито-механик газоанализаторлар;

3. Термомагнит газоанализаторлар.

Ушбу газоанализаторларда қуйидаги физик ходисалардан фойдаланилади:

1. Парамагнит газлар қовушқоқлиги магнит майдонида ўзгаради;

2. Парамагнит газлар иссиқлик ўтказувчанлиги магнит майдонида ўзгаради;

3. Хар хил кутбли магнит майдонида жойлаштирилган жисмга, унинг атрофидаги муҳит магнит хусусиятларининг ўзгариши билан, тортувчи ёки итарувчи куч таъсир қилади.

4. Парамагнит газ муҳитида температура градиенти ва магнит майдони мавжуд бўлса, конвектив оқимлар пайдо бўлади.

Бу газоанализаторлар қуйидаги мақсадларда қўлланилади:

1. Олинаётган кислороднинг тозалигини ёки хар хил газлар таркибида кислороднинг мавжудлигини назорат қилиш учун;

2. Сув ости кемаларида ва самолетларда кислород миқдорини ўлчашда;

3. Газлар таркибидаги кислород миқдорини ёниш ёки портлаш олдини олиш мақсадида назорат қилиш;

4. Печлардаги ёниш жараёнининг назорат қилишда;

5. Кимёвий саноатининг хар хил жараёнларида кислород миқдорини назорат қилишда;

6. Медицинада, кислородни инсон ўпкасида фаол ўзлаштиришини назорат қилишда ва бошқалар.

Магнито-физик газоанализаторлар

Агар газ аралашмасини магнит майдонидан ўтказсак, унинг тезлиги газ молекулаларининг қисман ориентацияланиши натижасида эркин ҳаракатининг камайиши натижасида камаяди. Агар, газнинг қовушқоқлиги ва иссиқлик ўтказувчанлиги унинг ҳаракатланиш тезлигининг камайиши билан камайишини ҳисобга олсак, унда, айтиш мумкинки, газлар магнит майдонига кирганда уларнинг қовушқоқлиги ва иссиқлик ўтказувчанлиги ўзгаради.

Молекуляр кинетик назарияга асосан маълумки, газларнинг қовушқоқлиги:

$$\eta = \frac{1}{3} \rho v \ell$$

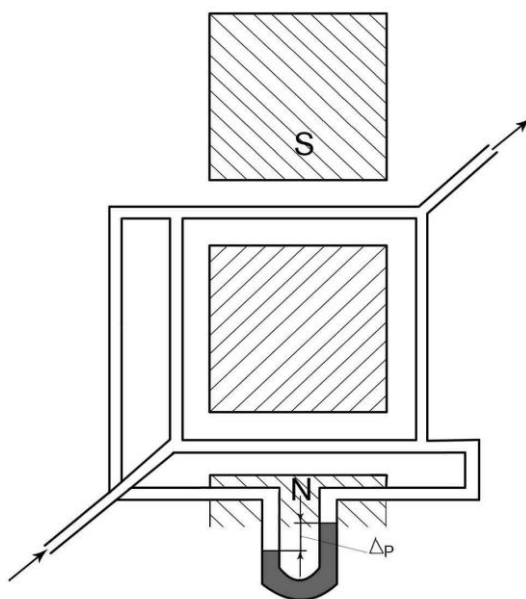
Бу ерда, ρ - газнинг зичлиги; v - молекулаларнинг ўртача ҳаракатланиш тезлиги; ℓ – молекуланинг эффектив диаметрига (σ) боғлиқ бўлган, молекулаларнинг ўртача эркин ўтиш узунлиги:

$$\ell = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma^2 n_0}$$

n_0 – хажм бирлигидаги молекулалар сони.

Парамагнит газга магнит майдони таъсир этганда, газ молекулалари майдон йўналишига қараб ўзларининг магнит моментлари ёрдамида ориентацияланади. Бунда, газ молекуласи эффектив диаметри катталашиб, газ молекулаларнинг ўртача эркин ўтиш узунлиги ва қовушқоқлигининг камайишига олиб келади.

Биринчи, магнитовискозиметрик газоанализаторларда, кислороди бор газ аралашмасининг, магнит майдонида қовушқоқлигининг ўзгариш ҳодисасидан фойдаланилади.



Расм 99.

Ушбу ўлчаш қурилмаси капилляр трубкалардан ташкил топган гидродинамик кўприк кўринишига эга (расм 99). Бу гидродинамик кўприкнинг икки елкаси ўзгармас магнит магнит майдонига жойлашган бўлиб, ушбу капиллярларда газнинг қовушқоқлиги ўзгаради ва натижада, молекулаларнинг ўртача ҳаракатланиш тезлиги ва ундаги босимнинг камайиши (йўқолиши) рўй беради. Гидродинамик кўприк ўлчаш диагонали чўққиларида ҳосил бўлган босимлар фарқи, газ аралашмаси таркибидаги кислород миқдорига пропорционал бўлади.

Ҳосил бўлган босимлар фарқи $\Delta P = 0,5 \text{ мм в.ст.} = 5 \text{ н/м}^2$ гача қийматга эга. Босимлар фарқининг жуда кичиклиги сабабли бу усул ҳозирча ишлаб чиқаришда қўлланилмаяпти.

Иккинчи, магнитотермокондуктометрик газоанализаторларда, кислороди бор газ аралашмасининг, магнит майдонида иссиқлик ўтказувчанлигининг ўзгариш ҳодисасидан фойдаланилади.

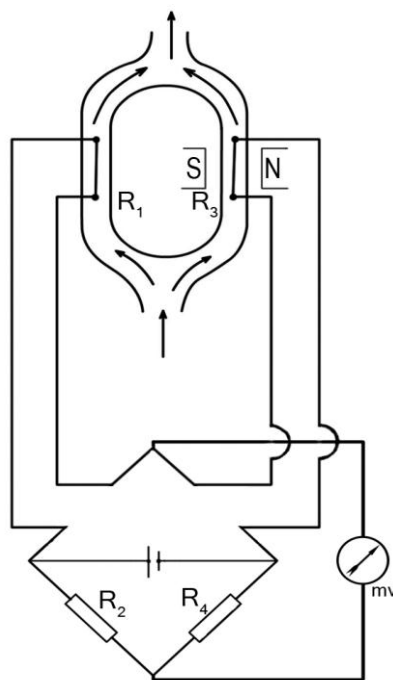
Газларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги молекулаларнинг тўқнашуви натижасида энергиянинг узатилиши билан аниқланиб, газларнинг қовушқоқлиги билан тўғридан-тўғри функцияга эга,

$$\lambda = \varepsilon \eta C_v$$

бу ерда, ε - ўзгармас коэффициент;

C_v – ўзгармас ҳажмдаги газнинг иссиқлик сиғими.

Ўлчаш схемаси, номувозанат кўприк схемаси (расм 100) кўринишида бўлиб, унинг икки елкаси ўзгармас қаршиликлардан (R_2 ва R_4), қолган икки ёндош елкаларга (R_1 ва R_3) қаршиликлар уланган ва улар орқали газ аралашмаси узлуксиз ўтиб туради. Аралашмадаги кислород миқдори ўзгариши билан, магнит майдони таъсирида газнинг иссиқлик ўтказувчанлиги ўзгаради ва бу R_3 қаршиликнинг ўзгаришига сабаб бўлади. Номувозанат кўприк ўлчаш диагонали чўққиларида газ аралашмасидаги кислород миқдори ўзгаришига пропорционал разбаланс сигнали пайдо бўлади.



Расм 100.

Аммо, магнит майдонининг нисбатан катта кучланганлигида, газнинг иссиқлик ўтказувчанлиги фақат 1% гача ўзгариши мумкин ва бу ўзгаришни ўлчаш мураккабдир.

Магнитомеханик газоанализаторлар

Агар бир текис бўлмаган магнит майдонига, магнит хусусияти уни ўраб турган атроф мухит магнит хусусиятларидан фарқли бўлган жисм жойлаштирилган бўлса, унда бу жисмнинг ёки атроф мухитнинг ҳажмий магнит қабул қилиш кўрсаткичи катталигига қараб, бу жисмни катта ёки кичик куч чизиқлари томон сиқиб чиқарувчи куч ҳосил бўлади.

Бу кучнинг катталиги,

$$dF_x = (k_{m1} - k_{m2}) H_y \frac{dH}{dx} dv$$

бу ерда, F_x – x ўқи бўйича таъсир этувчи итарувчи куч;

k_{m2} , k_{m1} – жисмнинг ва мухитнинг ҳажмий магнит қабул қилиш кўрсаткичлари;

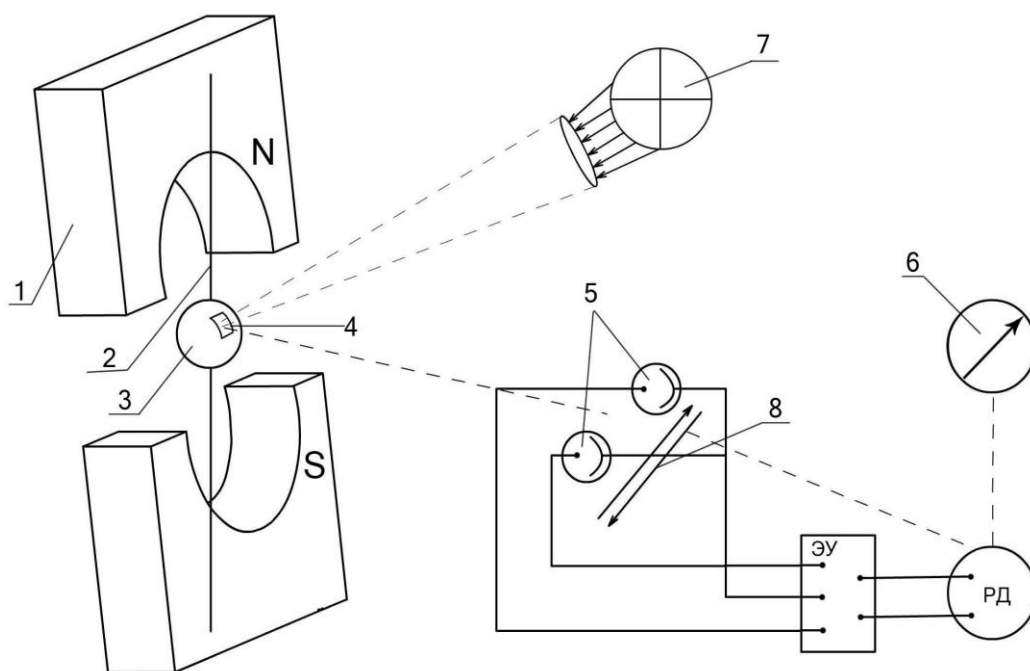
H_y – y ўқи бўйича магнит майдони кучланганлиги;

$\frac{dH}{dx}$ – F_x кучи йўналиши бўйича магнит майдонининг кучланганлик градиенти;

V – жисм (ротор) ҳажми.

Фотоэлектрик кузатув тизимли магнито-механик газоанализаторнинг чизмаси 101-расмда келтирилган.

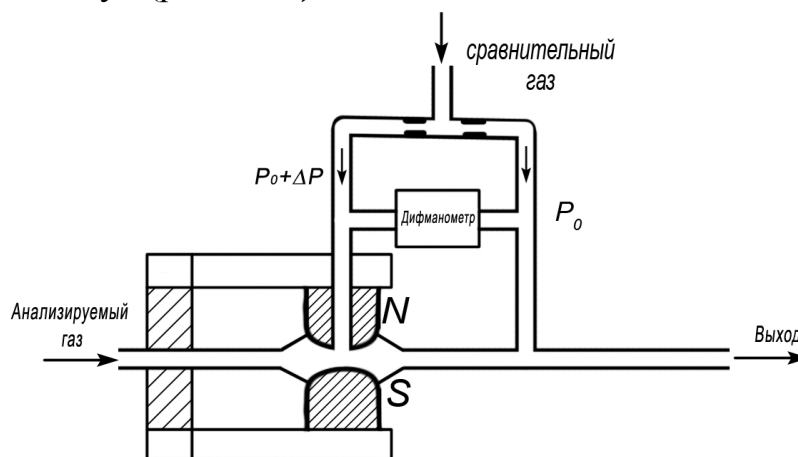
Бу магнитомеханик газоанализаторда, ўзгармас магнит 1 ёрдамида ҳосил бўлган бир жинсли бўлмаган (неоднородное) магнит майдонида ойнача 4 ўрнатилган ротор 3, симлар 2 ёрдамида осиб қўйилган. Роторни ўраб турган газ аралашмаси таркибидаги кислород миқдорининг ўзгариши натижасида ҳосил бўладиган куч dF_x таъсирида ротор маълум бурчакга бурилади. Бунда, ойнача 4 дан қайтиб фотоэлементларга 5 йўналтирилган ёруғлик нури силжийди ва электрон кучайтиргич (ЭК)га икки фотоэлемент чиқиш сигналларининг фарқи, нобаланс токи берилади. Кучайтирилган сигнал реверсив юритгич (РД) роторини айлантиради. Ротор кинематик равишда ўлчов асбоби стрелкаси билан ва фотоэлементлар ўрнатилган коретка билан боғланганлиги сабабли уларни ёруғлик нури четлашган томонга қараб, мувозанат тиклангунча силжитади.



Расм 101.

Шундай қилиб, фотометрик кузатув тизими ҳолати, ҳамма вақт ҳажмий магнит қабул қилиш кўрсаткичи қийматига, яъни газ аралашмасидаги кислород миқдорига пропорционал бўлади.

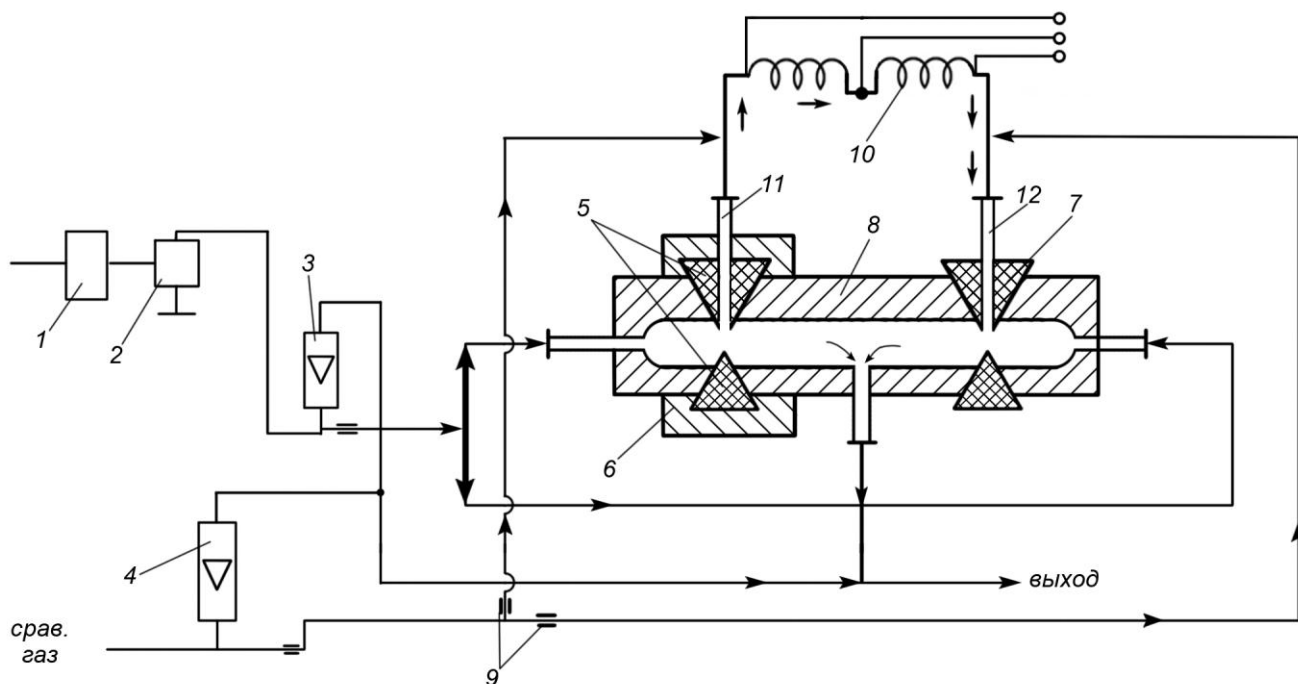
Икки газ магнит хусусиятларини солиштиришга асосланган магнитомеханик газоанализаторлар мавжуд (расм 102).



Расм 102.

Магнит тирқишига икки хил газ берилади. Биринчиси, таркибида кислород бор бўлган тахлил қилинадиган газ ва иккинчиси, солиштириш газ (одатда, ундаги кислород миқдори шкаланинг бошланғич қийматига мос келади). Тахлил қилинаётган газ таркибидаги кислород миқдори ортиши билан, бу газнинг ўзгармас магнитга тортилиш кучи ортади. Натижада, солиштириш газининг магнит нақонечнигидан чиқиши камаяди ва бу дифманометрдаги босимлар фарқининг ортишига сабаб бўлади.

МГК–3 газоанализаторининг ишлаши шу асосда ташкил этилган (расм 103).



Расм 103.

Газ аралашмаси, газни тайёрлаш блоки (фильтр 1, вентиль 2 ва ротаметр 3) орқали маълум бир сарфда ўлчаш камерасининг икки томонидан берилади. Солиштириш газ маълум сарфда (ротаметр 4 орқали) ўлчаш камерасига магнит нақонечники 5 канали орқали ва ёлғон нақонечник 7 каналлари орқали берилади. Тахлил қилинаётган газ таркибидаги кислород миқдори ўзгариши билан бу газ магнит қутбларига тортилиши ортади ва шу билан бирга, бу каналдан ўтаётган солиштириш газининг ўлчаш камерасига чиқишига қаршилиқ ортади. 11-каналдага босим 12-каналга нисбатан ортиши натижасида термоанемометр 10 орқали оқим пайдо бўлади ва натижада, номувозанат кўприкнинг икки ёндош елкаларига уланган, термоанемометрга ўралган икки ўрам температуралари ўзгаради. Бунда, биринчи ўрам совуйди, иккинчиси эса, исийди ва кўприк мувозанати бузилади. Иккиламчи асбоб сифатида потенциометрлардан фойдаланилади.

Ўлчаш диапозони: 0-5; 0-10; 0-21; 0-50 и 15-45% O₂.

Асосий хатолик, ўлчаш диапозонининг $\pm 5\%$ миқдорида.

Термомагнит газоанализаторлар

Ишлаб чиқаришда қўллаш учун энг қулай усул бўлиб, термомагнит конвекция ҳодисасига асосланган усул ҳисобланади.

Агар электр токи ёрдамида қизитилган ўтказгични бир жинсли бўлмаган магнит майдонига жойлаштирилган бўлса, унда, газ аралашмасини бу ўтказгич

яқинида қизиши натижасида кислороднинг хажмий магнит қабул қилиш кўрсаткичи камаяди ва бунда магнит майдонининг катта кучланганлигидан кичик кучланганлиги томонга мажбурий газ оқими ҳосил бўлади. Бу оқимни термомагнит конвекция оқими дейилади.

Тортиш куч катталиги қуйидаги тенглама бўйича аниқланади:

$$dF_x = a \cdot k \cdot H \frac{dH}{dX} \cdot dV$$

бу ерда, a – ўзгармас коэффициент;

k – хажмий магнит қабул қилиш кўрсаткичи;

H – магнит майдони кучланганлиги;

$\frac{dH}{dX}$ – F_x кучи йўналиши бўйича магнит майдонининг кучланганлик градиенти;

V – газ хажми.

Хажмий магнит қабул қилиш кўрсаткичи қуйидаги тенглама бўйича аниқланади

(Кюри қонунига асосан):

$$k = \frac{CM}{R} \cdot \frac{P}{T^2}$$

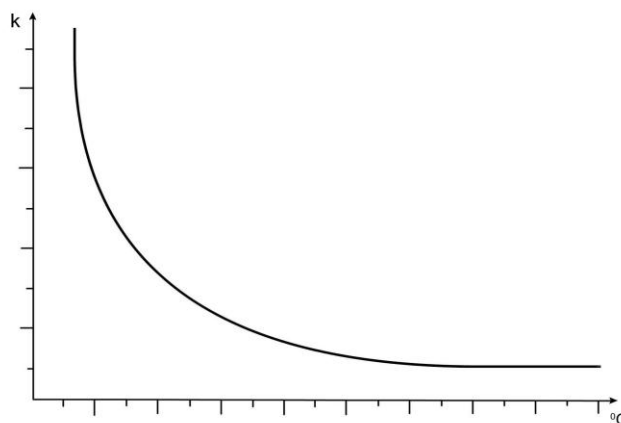
R – ўзгармас газ катталиги;

C – ўзгармас Кюри катталиги;

M – молекуляр оғирлик;

P – газ босими;

T – газнинг абсолют температураси.



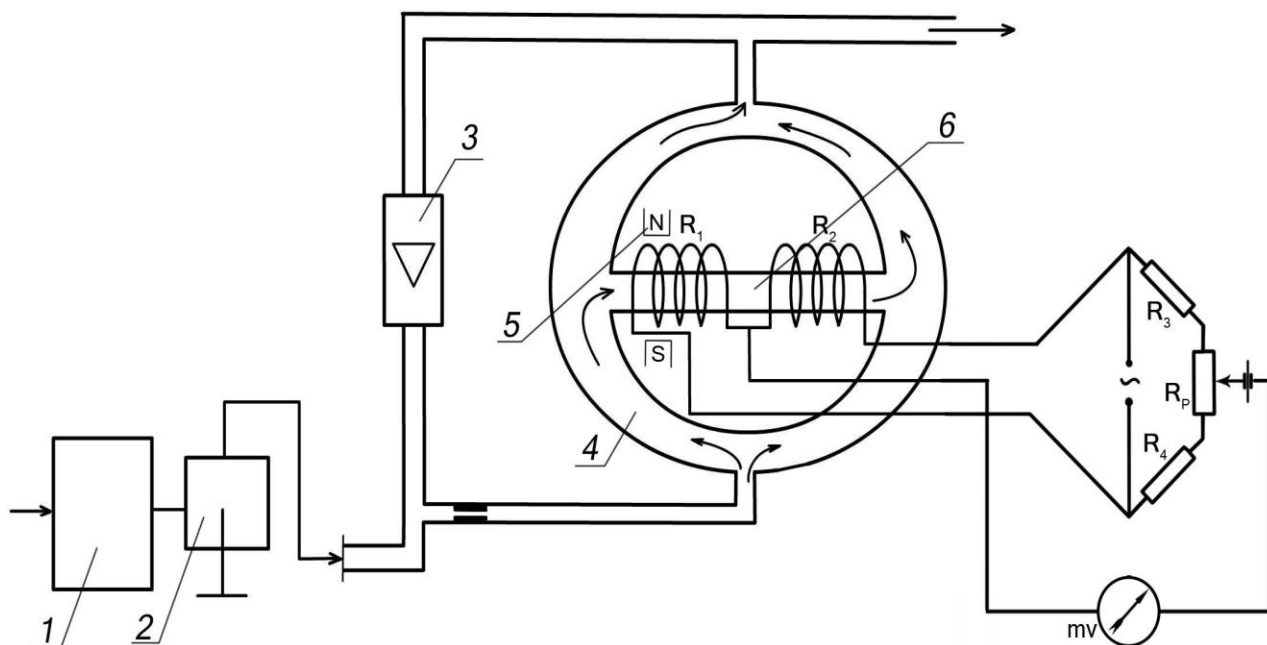
Расм 104.

Ушбу тенгламадан кўриниб турибдики, газ температураси ортиши билан унинг хажмий магнит қабул қилиш кўрсаткичи камаяди (расм 104). Бунинг натижасида, совуқ газ иссиқ газни сиқиб чиқара бошлайди ва мажбурий газ оқими пайдо бўлади. Бу оқим термомагнит конвекция оқими деб номланади. Газ аралашмаси оқими электр қаршилиги температура коэффициенти катта материалдан ясалган сезгир элементни совутиб, унинг электр қаршилигини ўзгартиради ва бу ўзгариш кўприк схема ёрдамида ўлчанади.

Бу газоанализаторлар қаторига кислороднинг магнит газоанализатори МГК-2 киради. Унинг газ схемаси қуйидагича (расм 105):

Газ аралашмаси фильтр 1, нинасимон вентиль 2 ва ротаметр 3 орқали маълум сарфда газоанализатор датчигига берилади. Газоанализатор датчиги трубасимон шиша **перемичкаси** бор халқасимон камерадан ташкил топган. **Перемичканинг** бир томонига ўзгармас магнит ўрнатилган. Трубасимон шиша **перемичкага** икки секцияли иситиладиган ингичка платина симлари ўралган. Ўрам секциялари номувозанат кўприк елкаларига уланган, кўприкнинг қолган икки елкасига эса, манганиндан ясалган ўзгармас қаршиликлар уланади. Газ аралашмаси таркибида кислород пайдо бўлиши билан, газ оқимининг бир қисми **перемичкага** бўлинади ва

газ оқими ҳосил бўлади. Конвектив оқим иссиқликни R_1 ўрамдан R_2 ўрамга олиб ўтади ва бунда, R_1 совиб, R_2 исиб, уларнинг қаршиликлари ўзгаради. Ушбу қаршилиқлар фарқининг ўзгариши газ аралашмасидаги кислород миқдorigа функционал боғлиқ бўлганлиги сабабли, кўприк разбалансини иккиламчи асбоб билан ўлчаб, кислород миқдорини аниқлаш мумкин.



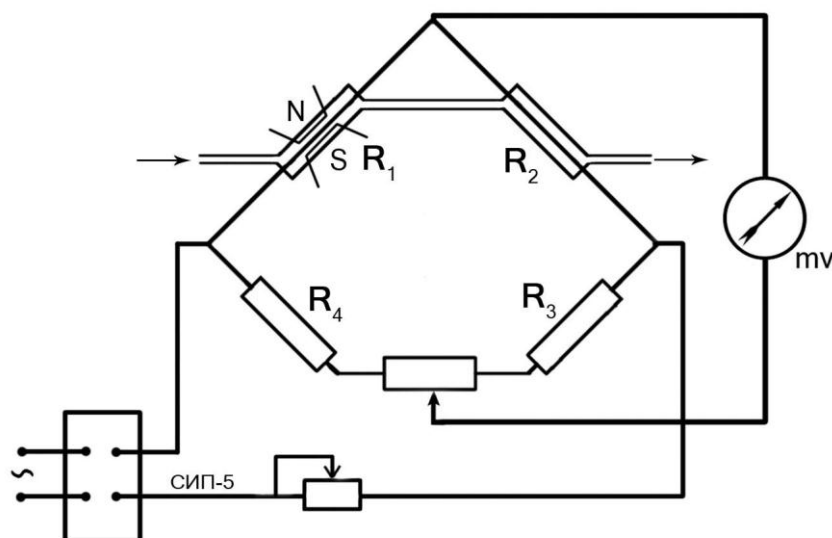
Расм 105.

1- фильтр; 2 – нинасимон вентиль; 3 – ротаметр; 4 – халқасимон ўлчаш камераси; 5 – ўзгармас магнит; 6 – **перемычка**.

Датчик термостатланган ($\pm 1^\circ\text{C}$).

Ўлчаш чегераси 0-5; 0-10; 0-21; 20-35%. Асосий хатолиги шкала диапазониининг $\pm 2,5\%$ миқдорида.

Кислороднинг магнит газоанализатори МГК-2 электр схемаси қуйидагича (расм 106):



Расм 106.

Кислороднинг катта концентрацияларини ўлчашда МГК -4 дан фойдаланилади.

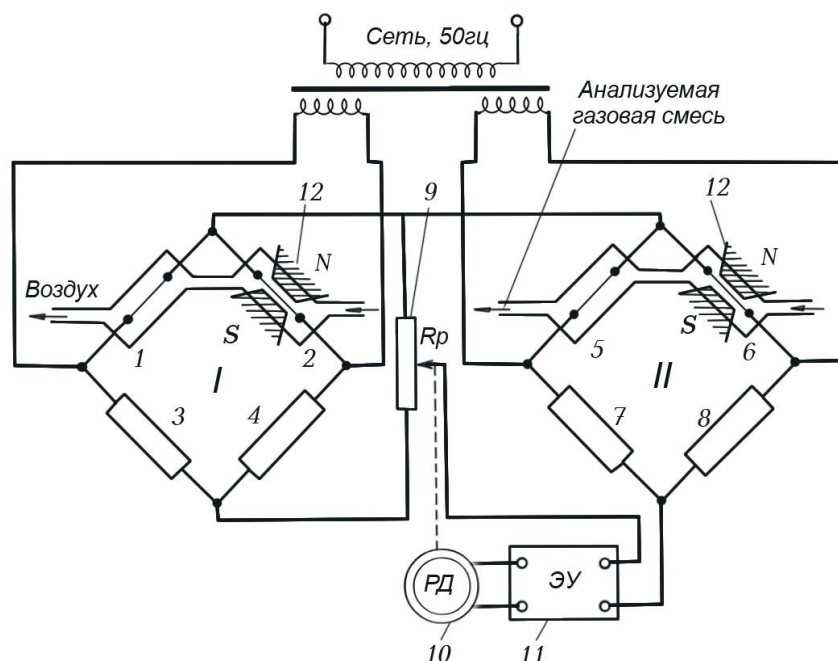
Ўлчаш чегараси: 95-100; 90-100; 80-100; 50-100 ва 20-80% O₂. Хатолиги ±5%.

Термомагнит газоанализаторларда қуйидаги хатоликлар манбаи мавжуд:

1. Атроф мухит температурасининг ўзгариши натижасида ўрам қаршиликларининг ўзгариши;
2. Газ аралашмаси босими ёки атмосфера босимининг ўзгариши;
3. Манбаа кучланишининг ўзгариши натижасида сезгир элемент температурасининг ўзгариши;
4. Магнит эскириши натижасида магнит майдони кучланганлигининг ўзгариши.

Бу хатолик манбаалари таъсирини термостатлаш, босим ва сарфни ростлаш ва хар хил стабилизаторладан фойдаланиш йўли билан йўқотиш мумкин.

Аналитик асбобсозликда яратилаётган термомагнит газоанализаторларда кучланишнинг автоматик компараторларидан фойдаланилмоқда (расм 107).



Расм 107.

ОПТИК ГАЗОАНАЛИЗАТОРЛАР

Бу газоанализаторларнинг ишлаши газлар ёки газни ютган суюқ сорбент томонидан кўринмас қисмлардаги спектрларнинг ютилиш даражасини, нурлар энергиясини ўлчаб аниқлашга асосланган. Инфрақизил ва ультрабинафша нурларни ютувчи газоанализаторлар ва фотоколориметрик газоанализаторлар мавжуд.

Инфрақизил нурларни ютувчи газоанализаторлар

Инфрақизил нурларни ютувчи газоанализаторларнинг ишлаши газлар ва буғларни нурларнинг инфрақизил қисмидаги спектрларини ютиши ҳодисасига асосланган.

Бу ҳодиса Ламберт Бер тенгламаси бўйича ифодаланади ва y λ тўлқин узунлигидаги монохроматик нурланиш учун қуйидаги кўринишга эга,

$$\Phi_{\lambda} = \Phi_{0\lambda} \cdot e^{-\epsilon_{\lambda} \cdot C \cdot \ell} \quad \text{ёки,}$$

$$D_{\lambda} = L n \frac{\Phi_{0\lambda}}{\Phi} \varepsilon_{\lambda} \odot C \odot \ell$$

Бу ерда, Φ_{λ} ва $\Phi_{0\lambda}$ – ютувчи моддага кираётган ва чиқаётган нурланиш оқимлари;

D_{λ} – модданинг оптик зичлиги;

ε_{λ} – ютишнинг молекуляр натурал кўрсаткичи;

C – ютувчи модда концентрацияси;

ℓ – ютувчи модда қатлами қалинлиги.

Бу ходисага асосланган асбоблар, қуйидагича ишлайдилар: Узилувчан инфрақизил нурлар оқими тахлил қилинаётган газ аралашмаси қатлампидан ўтиб, энергиясининг газ таркибидаги аниқланаётган компонент миқдорига пропорционал қисмини йўқотади. Энергиянинг қолгани нурни қабул қилгичга келиб тушади ва унда нурнинг қолган энергияси ўлчанади. Инфрақизил нурларни ютувчи газоанализаторларда ишлатиладиган нурни қабул қилгичларда, одатда фақат аниқланаётган компонент ютиш спектрлари энергиясини ўлчайдиган нурни қабул қилгичлар ишлатилади.

Нурни қабул қилгич берк хажмида газ босимининг ўзгариш пулсациясини бу газга товуш частотаси даражасида инфрақизил нурлари оқимини узиб бериш, акустик эффект номини олди. Газ босими пулсацияси частотаси (овоз чиқариш даражаси) нурларни узилиш частотасига боғлиқ, пульсация қуввати (овоз кучи) эса, нур энергияси оқими қувватига ва газнинг ютиш қобилиятига боғлиқ.

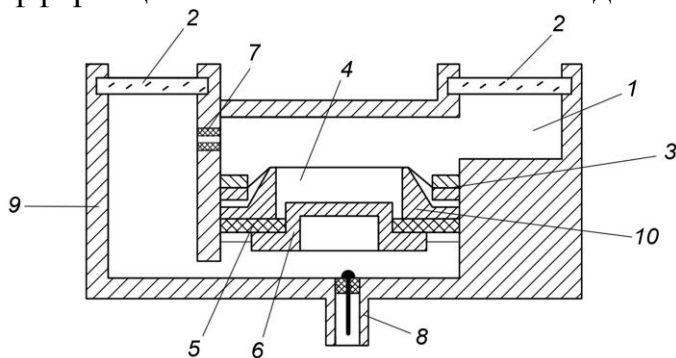
Бу эффектни 1881 йилда Белл, Тиндалл и Рентген кузатишган.

Хозирги замонавий газоанализаторларда нурларнинг узилиш частотаси 6 гц га камайтирилган (эскиларида 200 гц гача эди), амма хозиргача бу асбобларни оптико-акустик газоанализаторлар деб номлашади.

Миқдори аниқланаётган компонент билан тўлдирилган 1-камерада (расм 108) узиб берилаётган инфрақизил нурлар ютилиб, камерадаги газ температураси ўзгаришига ва бунинг натижасида камерадаги босимнинг ўзгаришига сабаб бўлади. Бу босимнинг ўзгаришлари нур қабул қилгичнинг ўлчаш схемасига уланган кондексаторли микрофонининг мембранасига (4) берилади.

Инфрақизил нурларни ютишга асосланган усулнинг афзаллиги, унинг универсаллигидадир, чунки ҳар хил модаларнинг (газларнинг) ютиш спектрлари бир-биридан фарқли бўлади. Фақат кислород O_2 , водород H_2 ва азот N инфрақизил нурларни ютмайди, хлор Cl ва бром Br учун эса, ютиш спектри нур спектрининг кўринадиган қисмида жойлашган бўлади.

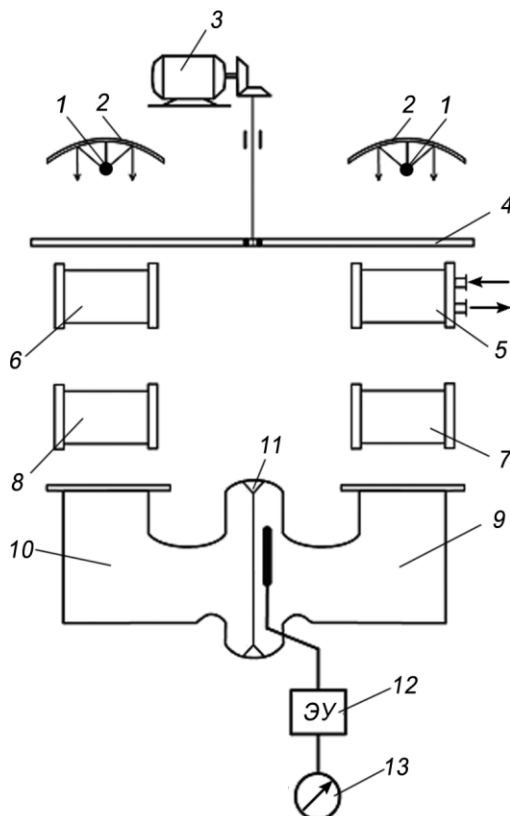
Инфрақизил нурларни ютишга асосланган саноат газоанализаторларининг ўлчаш қисми асосини дифференциал оптик схема ташкил этади.



Расм 108.

1-нур қабул қилгич камераси; 2- дарчалар; 3- қисқич халқа; 4- алюмин фальгали мембрана; 5 – изоляцияловчи халқа; 6 –конденсаторнинг қўзғалмас электроди; 7 – компенсационный канал; 8 –коаксиаль кабель учун чиқиш клемниги; 9 – нур қабул қилгич корпуси; 10 – таянч халқа.

Бу асбоблар икки ўхшаш оптик каналлардан ташкил топган бўлиб, улар дифференциал нур қабул қилгичлардан (9 ва 10) ва эгилган ойналар (2) ёрдамида нурларини оптик каналларга йўналтирувчи икки инфрақизил нурлар манбаасидан (1) иборат (расм 109).



Расм 109.

Радияция оқими обтюратор 4 ёрдамида 6 гц частота билан узилади.

5- ишчи камера; 6 – азот ёки хаво билан тўлдирилган солиштириш камераси; 7,8 – газ аралашмасининг аниқланмайдиган компонентлари билан тўлдирилган филтрловчи камералар; 9,10 – нур қабул қилгичнинг камералари газ аралашмасининг аниқланаётган компоненти билан тўлдирилади.

Инфрақизил нурлар оқими ишчи камерадан ўтишида, бу нурлар камерадан ўтаётган анализ қилинаётган газ аралашмасида қисман ютилади, солиштириш камерасидан ўтганда эса, ютилмайди. Нур қабул қилгичнинг камераларига икки каналдан нурлар оқими келади. Уларнинг қийматларининг фарқи, ишчи камерадан ўтаётган газ таркибидаги аниқланаётган компонент миқдорида боғлиқ.

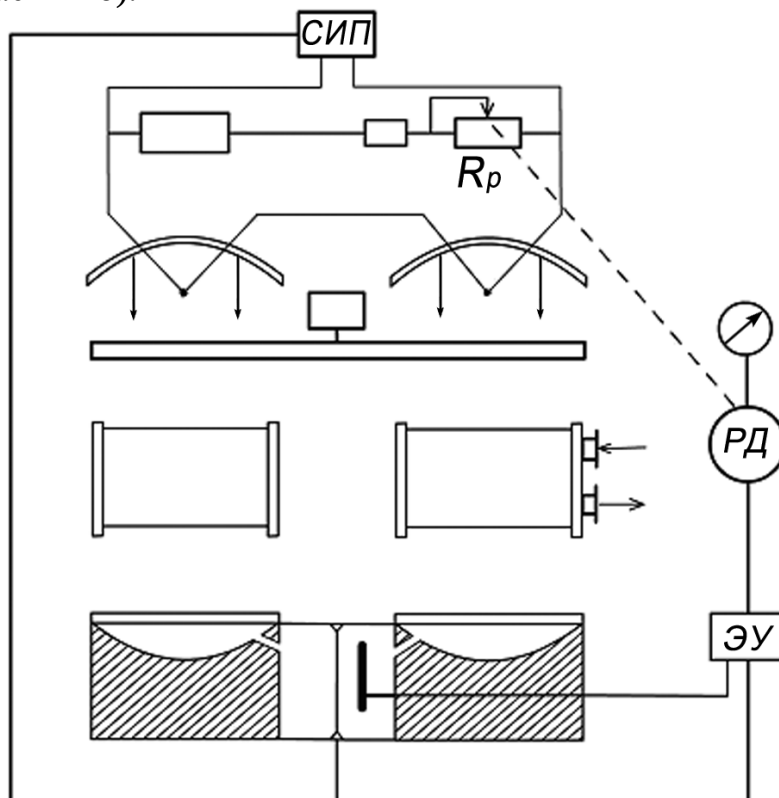
Нур қабул қилгич камераларига узилиб берилаётган нур оқими таъсирида, миқдори аниқланаётган компонент билан тўлдирилган камерада газ температураси ўзгаришига ва бунинг натижасида камерадаги босимнинг ўзгаришига сабаб бўлади. Бу эса, ўлчаш камерасига ўрнатилган конденсаторли микрофон ёрдамида ўзгарувчан ток кучланишига айлантирилиб, кучайтирилади ва ўлчанади. Миқдори аниқланмайдиган компонентлар таъсирини камайтириш мақсадида филтрловчи камералар миқдори аниқланмайдиган компонентлар билан тўлдирилади ва бу икки камералардан ўтаётганда нурларнинг уларнинг ютиш спектрларига тўғри келган

спектрлари ютилади, натижада, нур қабул қилгичга бу спектрдаги нурлар етиб келмайди.

Бу газоанализаторда тўғридан-тўғри ўлчаш усулидан фойдаланилган. Бундан ташқари, солиштириш йўли билан оптик, электр ва газли компенсациялаш усулларида ишловчи газоанализаторлар мавжуд.

Электр компенсация схемали инфрақизил нурларни ютувчи газоанализаторлар

Бундай схемани қўллаш натижасида ўлчов асбоби сезгирлиги ортадига ўлчаш хатолиги камаяди (расм 110).



Расм 110.

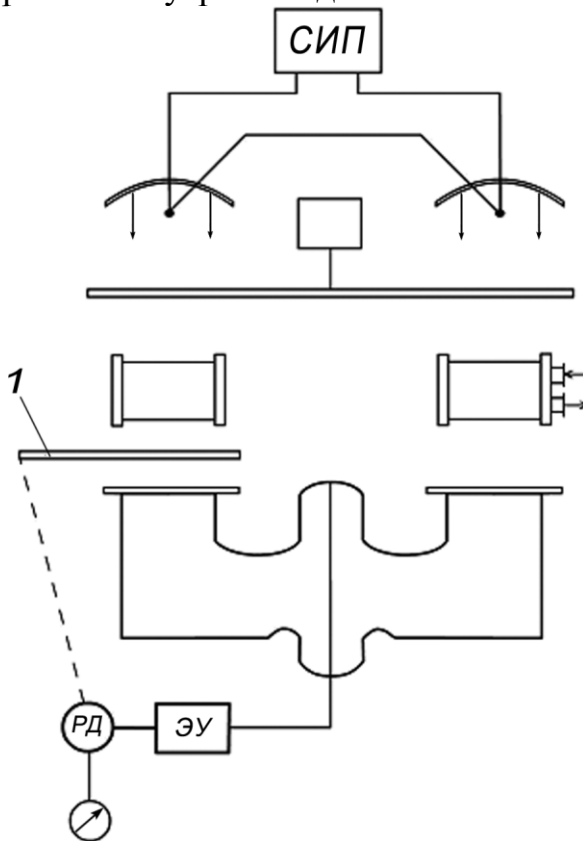
Электрон кучайтиргичдан чиқаётган ўзгармас ток кучланиши, кузатиш тизими принципида ишловчи, электрон компенсатор кучайтиргичига берилади ва унинг реверсив юритгичи (РД), инфрақизил нурлар манбаасидан бирининг занжирига уланган, реохорд сургичини силжитади. Бунда, бу оптик каналдаги инфрақизил нурларнинг ютилиши, инфрақизил нурлар манбаасига берилаётган кучланишни ўзгартириб компенсацияланади.

Ўлчанаётган компонентнинг ҳар бир миқдорида реохорд сургичининг ва ўлчов асбоби стрелкасининг маълум бир ҳолати мос келади.

Оптик компенсация схемали инфрақизил нурларни ютувчи газоанализаторлар

Ушбу компенсация схемасида, ишчи камерада газ аралашмаси нур радиациясини ютиши натижасида радиация оқимлари тенглигининг бузилиши, солиштириш каналига киритилаётган оптик клин 1 ёрдамида тикланади (расм 111).

Газ аралашмаси таркибидаги аниқланаётган компонентнинг ҳар бир қийматига оптик клиннинг маълум бир ҳолати тўғри келади.



Расм 111.

Ушбу ГИП-7 газоанализатори хаво таркибидаги углерод оксидини ва аммиакни аммиак ва хаво аралашмасидаги микдорларини ўлчашда ишлатилади.

Ультрабинафша нурларни ютувчи газоанализаторлар

Бу газоанализаторларда баъзи газлар ва буғларни нурларнинг ультрабинафша қисмидаги спектрларини ютишидан фойдаланилади. Бу газоанализаторлар хлор, H_2S , азот икки оксиди ва симоб буғлари микдорини аниқлашда ишлатилади.

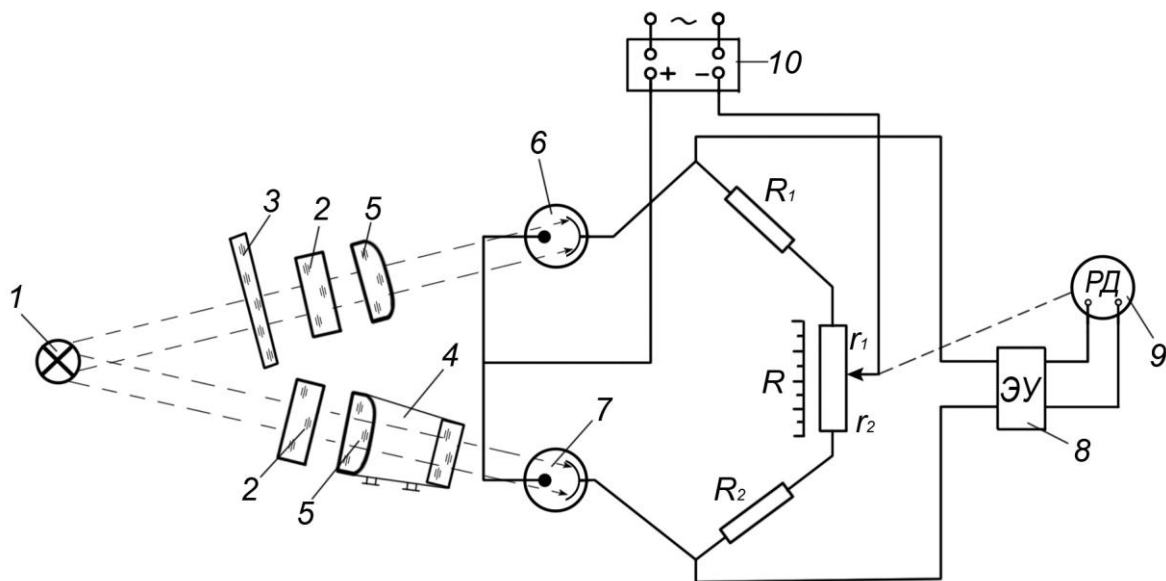
Ушбу газоанализатор принципиал схемасини кўриб чикамиз (расм 112).

Схема, электр компенсацияли ноль усулга асосланган бўлиб, у икки оптик каналга эга (оптик компенсация схемаси ҳам мавжуд):

Биринчи ишчи канал - ультрабинафша нури манбаи 1, нур фильтридан 2, анализ қилинувчи газ ўтиб турувчи линзали (5) ишчи камера 4 ва ишчи фотоэлемент 7 дан ташкил топган; иккинчи солиштириш канали ҳам ультрабинафша нури манбаи 1, нур фильтридан 2, йўналтирувчи линза 5, ярим ўтказувчи пластина 3 ва солиштириш фотоэлементи 6 дан ташкил топган.

Газ аралашмасидаги аниқланаётган компонент миқдори ўзгариши билан фотоэлементларга келаётган нурларнинг ёруғлиги ҳар хил бўлади ва натижада, икки елкасига фотоэлементлар 6 ва 7 уланган кўприк схемаси мувозанат ҳолатидан чиқади. Кўприкнинг қолган икки елкаларини ўзгармас қаршилиқлар R_1 ва R_2 ва реохрд R ташкил этади. Ўлчаш диогналидан, газ аралашмасидаги аниқланаётган компонент миқдорига пропорционал бўлган разбаланс токи ўтади. Разбаланс сигнали электрон кучайтиргичда (ЭУ) кучайтирилиб, реверсив юритгичга (РД) берилади ва унинг ротори айланиб, реохрд R сўргичини мувозанат тиклангунча

суради. Бунда, кўприк схемасидаги мувозанатга пастки ва юқори шахобчаларга берилаётган кучланишларни реохорд сургичи ёрдамида ўзгартириб эришилади (яъни, бунда, кўприк схемасининг икки ёндош елкаларига уланган r_1 ва r_2 қаршилиқлар нисбати ўзгартирилади).



Расм 112.

Шундай қилиб, кўприк схемаси мувозанат ҳолатини реохорд сургичининг ҳолати белгилайди, аниқроғи, ишчи кювета 4 дан ўтаётган газ аралашмаси таркибидаги аниқланаётган компонент миқдорига боғлиқ равишда ишчи фотоэлемент 7 ёритилганлиги ўзгаради ва кўприк схемаси мувозанат ҳолатидан чиқади. Ярим ўтказувчан пластина 3 ёрдамида, маълум вақт оралиғида, кювета 4 дан аниқланаётган компонент миқдори нольга тенг бўлган аралашма ўтказилиб, шкалани нольга текшириб турилади.

Шунингдек, оптик компенсацияли ультрабинафша нурларни ютувчи газоанализаторлар мавжуд.

Бу ультрабинафша нурларни ютувчи газоанализаторлар ўлчаш схемаларининг камчилиги бўлиб, схемада иккита ҳар хил характеристикали фотоэлементларнинг ишлатилиши ҳисобланади (иккита бир хилдаги характеристикага эга бўлган фотоэлементларни топиш қийин).

Ультрабинафша нурларни ютувчи газоанализаторларнинг УФ 6201 ва УФ 6202 турлари мавжуд бўлиб, уларда битта фотоэлемент ишлайди ва унинг чиқиш сигнали 50 гц ли пульсацияланувчи фототок бўлади.

Фотоколориметрик газоанализаторлар

Фотоколориметрик газоанализаторларнинг ишлаши газ аралашмаси таркибидаги аниқланаётган компонент билан танланган, кюветага тўлдирилган эритма рангли реакцияга киришишига асосланган.

Газоанализатор даврий ёки узлуксиз ишлаши мумкин.

ФК газоанализаторлари (масалан ФК-4501) икки оптик каналдан ташкил топган бўлиб, уларда, ишчи ва солиштириш кюветалари ўрнатилган (расм 113).

Бу газоанализаторлар ёрдамида NO нинг кокс газидаги миқдорини, ҳаво таркибидаги H_2S , $NO + NO_2$ миқдорларини аниқлаш мумкин. Асосий хатолиги ўлчаш чегарасининг 10% миқдорида бўлади.

МАСС-СПЕКТРОМЕТРЛАР

Масс-спектрометрлар ёрдамида газларни анализ қилишда моддаларнинг асосий физик кўрсаткичи, молекула ёки атомнинг массасидан фойдаланилади, бу эса, модда таркибини, уларнинг физик ва кимёвий хусусиятларидан қатъий назар, аниқлаш имконини беради.

Масс-спектрометрлар ишлаши, бир биридан фарқли бўлган, аниқланаётган модда мусбат зарядланган ионларининг массасини унинг зарядига нисбатига қараб ($\frac{m}{e}$), ҳар хил троекторияларда ҳаракатланишига ёки ҳар хил тезликда ҳаракатланишига қараб аниқлашга асосланган. Масс-спектрометрлар ёрдамида кўп компонентли газларни тез ва аниқ таҳлил қилиш мумкин (газ таркибидаги, асосий газ таркибга нисбатан, 0,001% қўшимчаларни аниқлаш мумкин).

Анализ учун жуда кам миқдордаги модда намунаси етарли бўлади. Нур энергияси спектрларини олиш нисбатан қийин эмас, аммо, моддий заррачалар спектрини олиш учун мураккаб ва ҳар хил қурилмалар талаб қилинади. Масс-спектрометрларда анализ юқори вакуумда ($10^{-7} - 10^{-6}$ мм.рт.ст) амалга оширилади. Юқори вакуум шароитида аниқланаётган модда молекула ва атомлари ионизацияланади ва бунинг натижасида мусбат зарядланган ионлар ҳосил бўлади. Ионлар, тезликни электр майдони таъсирида олиб, магнит майдонида ажратилади ёки белгиланган масофани ўтиш вақтига қараб аниқланади. Ҳаракатланаётган ионларнинг электр зарядларининг йиғиндиси ион токини ҳосил қилади, уни ўлчаб компонентларнинг газ аралашмасидаги миқдорини аниқлаш мумкин.

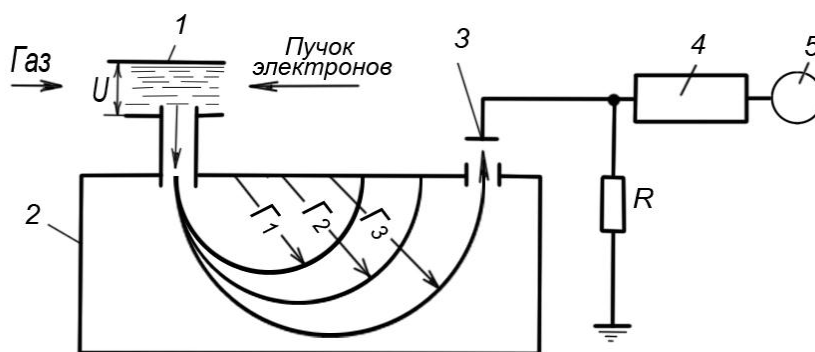
Масс-спектрометрларнинг асосий қисми бўлиб, массанализатор ҳисобланади. Унда анализнинг асосий жараёни кетади: ионизациялаш, ион нуруни ҳосил қилиш, заррачаларнинг массасига қараб ион нурларини ажратиш ва уларни кетма-кет ионлар коллекторида қабул қилиб олиш.

Магнит майдони ва электр майдонларининг тузилишига (ориентациясига) ва ўзаро ориентациясига қараб, ҳамда, бу майдонларни вақт бўйича ўзгартириш характерига қараб масс-спектрометрларнинг қуйидаги турлари мавжуд:

1. ионларни бир жинсли магнит майдонида ажратувчи;
2. ионларни бир жинсли бўлмаган магнит майдонида ажратувчи;
3. ионларни учиш вақтига қараб ажратувчи;
4. Радиочастотали.

Ионларни магнит майдонида ажратувчи масс-спектрометрлар

Ионларни магнит майдонида ажратувчи масс-спектрометрларнинг принципиал схемаси 110- расмда келтирилган.



Расм 114.

1- ионизация камераси; 2- анализатор камераси; 3- коллектор; 4- ўзгармас ток кучайтиргичи; 5 – ўлчов асбоби.

Ушбу чизмада (расм 114) ионларни 180° бир жинсли магнит майдони ёрдамида ажратилиши яхши кўрсатилган. Ионизацион камерага (1), юкори вакуумда газ аралашмаси тахлил учун берилади. Газ молекулалари, электронлар ёрдамида бомбардимон қилинади. Бунда ҳосил бўладиган мусбат зарядланган ионлар бир хил зарядга («e»), аммо хар хил массага «m» ва кичик бошланғич энергияга эга бўлади. Ионлаш камераси деворларига берилган потенциаллар фарқи U таъсирида ҳосил бўлган электр майдони таъсирида ионлар тезланиш олиб, маълум бир тезликда ионизация камераси тирқишидан учиб чиқади. Ионлар анализатор камерасига (2) ўтганда, уларга, кучланганлик вектори чизма юзасига перпендикуляр йўналган бир жинсли магнит майдони таъсир этади.

Магнит майдони кучланганлиги ва берилаётган потенциаллар фарқига боғлиқ бўлган ионларнинг камерага кириш тезлигига ва массасига қараб, хар хил ионлар хар хил радиусли (r_1, r_2, r_3, r_4 ва бошқалар) троекторияларда ҳаракатланади.

Кучланганлик (H), потенциаллар фарқи (U) ва заряднинг (e) ўзгармас қийматларида, камера 2 нинг чиқиш тирқишидан ионлар коллекторига маълум бир массали ионлар келиб ўз зарядини беради. Ион токи R қаршилиқда кучланишлар тушишини ҳосил қилади. Ушбу сигнал кучайтиргичда (4) кучайтирилиб, ўлчов асбобига (5) узатилади.

H ва U ни ўзгартириб, ионлар коллекторига хар хил массали ионларни йўналтириб, газ намунасидаги компонентларнинг миқдорларини ўлчаш мумкин.

Ионлар троекториясининг радиуси (r), марказдан қочма кучнинг (F_1) магнит майдони томонидан ионга таъсир этаётган куч (F_2) билан мувозанатланиши шартига қараб аниқланади.

$$F_1 = \frac{mV^2}{r}; \quad F_2 = HeV; \quad V - \text{ион тезлиги}$$

$$\text{яъни, } \frac{mV}{r} = H \cdot e; \quad V = \frac{Her}{m}; \quad V = r \cdot H \cdot \frac{e}{m};$$

Бу масспектрметрларда U потенциалга эга бўлган электр майдони таъсирида тезлигини олган ионлар потенциал энергияси eU га тенг. Ионларнинг олган потенциал энергияси унинг кинетик энергиясига тенг. Яъни,

$$eU = \frac{mV^2}{2}; \text{ бундан, } V = \sqrt{\frac{2e}{m}U};$$

V ни олдинги тенгламага қўйиб оламиз,

$$\frac{Her}{m} = \sqrt{\frac{2e}{m}U};$$

r га нисбатан ечиб, топамиз,

$$r = \frac{1}{H} \sqrt{2U \frac{m}{e}}$$

Ушбу тенгламадан кўриниб турибдики, H ва U ни ўзгартириб, газ аралашмасидан маълум $\frac{m}{e}$ нисбатга эга бўлган ионларни маълум радиусли троектория бўйича ҳаракатланишига эришиш мумкин.

$MX - 1302$ массспектрометрлари ишлаб чиқарилади.

Ионларни учиш вақтига қараб ажратувчи масс-спектрометрлар

Бу массспектрометрларнинг ишлаши ионларни электр ва магнит майдонлари бўлмаган муҳитда учиш вақтига қараб ажратишга асосланган.

Хар хил массали ионлар йиғувчи коллекторга фокусловчи ва тезлатувчи тизимлар ёрдамида хар хил вақт оралиғида етиб келади.

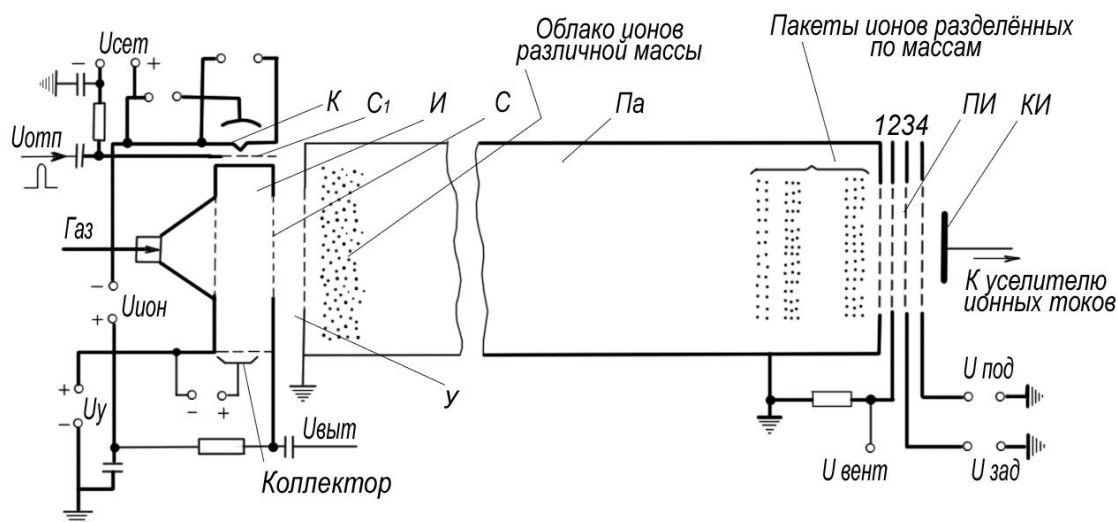
Ионларни маълум масофани ўтиш вақти қуйидаги аниқланади:

$$\text{Ионлар тезлиги, } V = \frac{\ell_0}{\tau};$$

$V = \sqrt{2U \frac{e}{m}}$ ни ҳисобга олиб, уни олдинги тенгламага қўйиб, τ га нисбатан ечиб топамиз,

$$\tau = \ell_0 \sqrt{\frac{1}{2U} \frac{m}{e}}$$

Ушбу тенгламадан кўриниб турибдики, хар хил массали заррачаларнинг учиш вақти хар хил, бир хил массага эга бўлган заррачалар учун эса, ўзгармас L_0 ва U учун учиш вақти ўзгармас бўлади. Бу массспектрометрлар 4 қисмдан иборат: ионлар манбаи И, дрейф майдони ПД, ионлар қабул қилгичи КИ ва ёрдамчи қурилмалар (расм 115).



Расм 115.

Газ аралашмаси ионлар манбаига берилиб, у ерда қиздирилган катод (К) дан чиқаётган электронлар оқими билан ионизацияланади. Ионлаштириш сетка C_1 га 1 микросекунд давомида берилган $U_{отп}$ кучланиши импулси берилганда, $U_{ион}$ кучланиши таъсирида амалга оширилади. Электронлар оқимини ёпиш учун сеткага ёпувчи кучланиш U сет берилади.

Сетка C га берилаётган ионлаштирувчи сигналнинг охирида, ионларни тезлатиш бўшлиғига (У) ўтишига мажбур қилувчи, итарувчи манфий кучланиш импулси U выт 1.5 микросекунд давомида берилади. Уу тезлатувчи кучланиш таъсирида ионлар кўшимча энергия олиб, дрейф майдонида (ПД) учиш чиқади ва бу майдонни ўтиш жараёнида учиш тезлиги бўйича тақсимланади. Бунда, ҳар хил массали ионлар ионлар коллекторига (К) ҳар хил вақтда етиб келади.

Ионлар қабул қилгичи ионлар коллектори КИ ва сеткалар тизими 1, 2, 3, 4 дан ташкил топган. Сетка 1, дрейф майдонини қабул қилгич ПИ томонидан электр майдонларидан саклайди. 2-сеткага қиска муддатли вентиль эффектини берувчи итарувчи кучланиш импулси $U_{вент}$ берилади. Бу импулс таъсирисиз белгиланган массали ионлар 2- ва 3- сеткалар орасида ҳосил бўладиган, 3-сеткага берилаётган мусбат тўхтатувчи потенциал $U_{зад}$ нинг тормозловчи майдонини енгиб ўтаолмайдилар.

Сетка 4 иккиламчи электронларни ушлаб қолади, шунинг учун унга юқори (подавляющее) кучланиш $U_{под}$ берилади. Сетка 2 га берилаётган вентиль эффекти вақтини ўзгартириб, ионлар коллекторига ҳар хил массали ионларни ўтказиб, газ аралашмасидаги аниқланаётган компонент миқдорида пропорционал бўлган ион токи ўлчанади.

Ионларни дрейф майдонида ПД учиш вақти ионлар манбаида итарувчи манфий кучланиш импулси U выт берилган вақтдан қабул қилгичда берилган вентиль импулсигача бўлган вақт ҳисобланади.

Ионларни учиш вақтига қараб ажратувчи масс-спектрометрларнинг $MX - 5201$ тури ишлаб чиқилади. У газ намунасидаги олти компонент миқдорини ўлчаши мумкин. Хатолиги $\pm 5\%$.

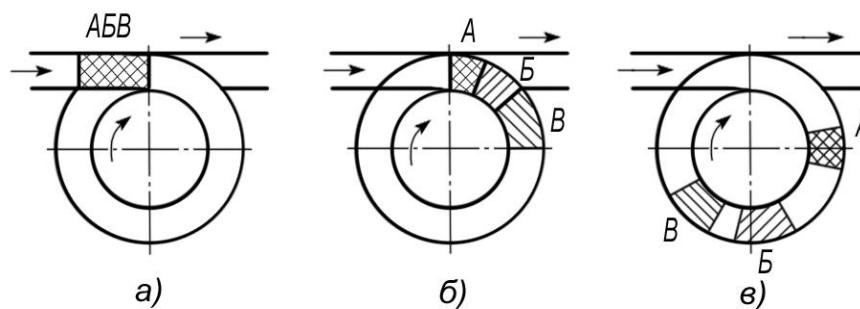
ГАЗЛАР ХРОМАТОГРАФИЯСИ

Газлар хроматографияси ҳам кўп компонентли газларни таҳлил қилишда ишлатилади.

Газлар хроматографияси деб сорбент қатламида компонентларнинг ҳар хил тезликда ҳаракатланишига асосланиб, мураккаб газлар аралашмаларини ажратиш усулларида айтилади. Сорбент турига қараб, газoadсорбцион, газтақсимлаш (газсуюқликли) ва капилляр хроматография турлари мавжуд.

Газoadсорбцион хроматографияда сорбент сифатида ғовак моддалардан (актив кўмир, силикогель, алюминий оксид ва шунга ўхшашлардан) фойдаланилади. Бунда газ аралашмасининг ажратилиш тезлиги танланган сорбентни алоҳида компонентларга селективлигига боғлиқ. Газтақсимлаш (газсуюқликли) хроматографиясида, катта юзага эга бўлган қаттиқ ғовак материалларга учмайдиган эритмалар суртиб чиқилади. Капилляр хроматографияси газтақсимлаш хроматографиясининг бир тури ҳисобланиб, унда капилляр ички юзасига учмайдиган эритмалар суртилиб, ундан анализ қилинаётган газ ўтказилади.

Хроматографик ажратиш принципини кўрамиз (расм 116).



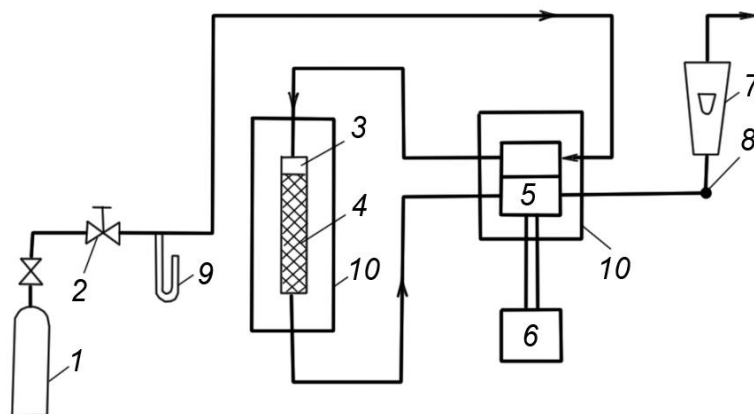
Расм 116.

Уч компонентдан ташкил топган газ намунаси, юритувчи газ ёрдамида ажратиш колонкасида ҳаракатланади. Бунда ҳар хил сорбцияланиш хусусиятига эга бўлган аралашмадаги компонентлар ҳар хил тезликда ҳаракатланади ва улар бир-биридан ажралабошлайдилар. Маълум вақт ўтгандан кейин, тезликдаги фарқга қараб компонентлар бутунлай бир-биридан ажраладилар. Хроматографнинг тақсимлаш колонкасида газ юритувчи билан ажратилган алохида компонентлар чиқади ва улар навбатма-навбат хроматограф детекторида ўлчанади.

Газлар хроматографияси қурилмаси қуйидаги асосий элементлардан ташкил топган. Қурилма кўзғалмас фазали ажратиш колонкасида, кўзғалувчан газ фазаси манбаидан ва ажратилган газ компонентларини ўлчаш қурилмаси-детектордан ташкил топган. Бу асосий қурилмалардан ташқари ёрдамчи мосламалар мавжуд: намунани киритиш қурилмаси; газ босимини назорат қилиш ва ростлаш қурилмалари; колонка ва детектор температурасини бир хил ушлаб туриш учун термостатлар.

Газахроматографик қурилма блок схемасини қуйидагича тасаввур қилиш мумкин (расм 117).

Кўп бўлмаган газ аралашмаси намунаси, махсус мослама ёрдамида ажратиш колонкасига (4) киритилади. Колонка орқали узлуксиз равишда инерт газ оқими ўтказилади ва у газ аралашмаси таркибидаги компонентларни ҳар хил тезликда юргзади. Натижада, газ аралашмаси компонентлари колонкани алохида-алохида, газ юритгич билан ажратилган ҳолда тарк этадилар. Газ намунаси таркиби детектор 5 ёрдамида аниқланади.



Расм 117.

1- газ баллони; 2- аниқ ростловчи вентиль; 3- манометр; 4- ажратиш колонкаси; 5 – детектор; 6 – термостат; 7- ротаметр; 8- регистрация қилувчи асбоб.

Газохроматографик қурилма асосий элементлари

Хроматографик колонка шиша, мис, латун ва зангламас пўлатдан ясалган трубка кўринишида бўлиб, унинг ички диаметри 4-8 мм, узунлиги бир неча метр бўлиб, тўғри, U- симон, W- симон ва спираль формасида бўлиши мумкин. Капилляр колонкаларда диаметри 0,2 – 0,35 мм, ва узунлиги 300 м ли капиллярлар ишлатилади. Оддий колонкаларга нисбатан капилляр колонкаларда анализ қилиш вақти кам бўлади ва уларда ажратиш эффективлиги жуда юқори бўлади, шунинг учун уларда селективлиги паст бўлган суюқликлардан ҳам фойдаланилса бўлади. Аммо, уларнинг хажмлари ғовак материалларнинг хажмидан 2-3 тартибга кам бўлганлиги сабабли, уларда ишлатиладиган детекторлар сезгирлиги 2-3 тартибга юқори бўлиши кераклиги учун капилляр хроматографларнинг қўлланилиши чекланган.

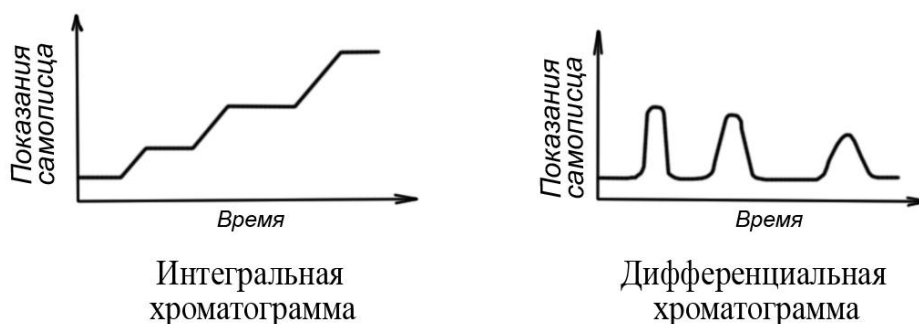
Детекторлар.

Детектор хроматографнинг асосий элементларидан бири ҳисобланади. У колонкадан чиқаётган газ таркиби ўзгаришини электр ёки пневматик сигналга айлантириб беради. Детектордан хроматограф сезгирлиги, аниқлиги, хроматографик колонна параметрлари, намуна хажми, анализни ўтказиш шарт-шароитлари ва қурилманинг ажратиш қобилиятлари боғлиқ бўлади.

Детекторларнинг интеграл ва дифференциал турлари мавжуд (расм 118).

Интеграл детекторлар ёрдамида таҳлил цикли давомида ўтган компонентнинг йиғинди миқдори аниқланади. Уларга ишлаши эритмаларни титрлашга, ажралиб чиқаётган модда хажмини тўғридан тўғри аниқлашга асосланган детекторлар киради. Интеграл детекторларнинг чиқиш эгри чизиқлари бир нечта поғоналардан ташкил топган бўлади.

Асосан дифференциал детекторлар ишлатилади ва улар ёрдамида шу вақтдаги концентрация аниқланади. Улар концентрацияни узлуксиз равишда оқимнинг физик ёки физик-кимёвий хусусиятларига қараб ўлчайдилар.



Расм 118.

Оқимнинг икки **полосаси** орасидаги физик хусусиятлари тоза газ юритувчи хусусиятларига яқинлашиши билан, горизонтал чизиқда жойлашган эгри чизиқ **пик** формасини олади.

Детекторларга қуйидаги талаблар қўйилади:

1. Микромикдорларни аниқлаш учун ва кичик миқдордаги намунани анализ қилиш учун юқори сезгирликка эга бўлиш;
2. Кичик инерцияга, кичик хажмга ва кўрсатишларнинг такрорланишига (воспроизводимости) эга бўлиш;

3. Детектор кўрсатишини анализ қилинаётган модда хусусиятларига чизикли боғлиқлиги;

4. Кўрсатишни газнинг босими, температураси ва хажмига боғлиқ бўлмаслиги;

5. Ўлчашнинг узлуксизлиги;

6. Конструкциянинг соддалиги.

Термокондуктометрик детектор. (иссиқлик ўтказувчанлик бўйича) Универсаллиги, соддалиги, хроматограммани ёзишнинг ва ўқишнинг осонлиги туфайли энг кўп тарқалган ҳисобланади.

Детекторнинг ўлчаш схемаси номувозанат кўприк кўринишида бўлиб, уларнинг икки елкасидаги қаршиликлар платина ёки вольфрамдан ясалган, қолган икки елкаси эса, манганиндан ясалган бўлади.

Детекторлар диффузион, **проточный ва полупроточный** бўлиши мумкин.

Асосан **полупроточный** детекторлар қўлланилади, чунки диффузион детекторлар инерционлиги юқори бўлади, **проточный** детекторларда эса, оқим тезлигининг ўзгариши ўлчаш натижасига таъсир қилади.

Полупроточный термокондуктометрик детектор схемасида ярим ўтказгичли қаршилиқ термометрлари ишлатилиши мумкин.

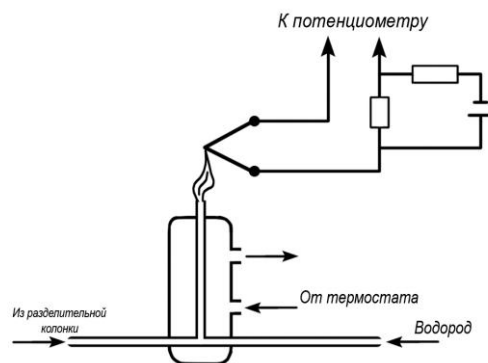
Термокондуктометрик детекторларни ишлатганда газнинг температурасини, босимини ва сарфини ўзгармас ушлаб туриш керак.

Термокимёвий детекторлар. Ёнувчи компонентларни ёнишидаги иссиқлик эффектини ўлчашга асосланган. Иссиқлик эффекти икки платина симлари ёрдамида ўлчанади. Симларнинг биттаси хроматографик колоннадан чиқаётган оқим йўлида ўрнатилган бўлиб, унда ёнувчи компонентлар ёнади, иккинчиси (солиштириш) эса, газ аралашмаси билан контактдан химояланган бўлади. Детекторнинг ўлчаш схемаси термокимёвий газоанализатор схемасига ўхшаш бўлади. Иккала платина симлари 500-600°C гача қиздирилган битта металл блокда жойлашган бўлади. Бу детекторларнинг афзаллиги уларнинг юқори сезгирлиги ва газ юритувчи сифатида хавони ишлатиш мумкинлиги.

Камчилиги: ёнмайдиган компонентларни детектрлаб бўлмаслиги ва платинанинг каталитик активлигининг пасайиши ҳисобига елка элементларини тез-тез алмаштирилиши.

Аланга детекторлари. Аланга детекторларининг (расм 119) ишлаши термопара ёрдамида водород алангасида ёқилаётган анализ қилинаётган газ аралашмаси компонентларининг ёниш температурасини ўлчашга асосланган. Водород газ юритувчи вазифасини бажаради ёки газ оқимида қўшимча колонка ва детектор орасига киритилади. Температуранинг ўзгариши анализ қилинаётган модда миқдорида тўғри пропорционал бўлади ва унинг моляр ёниш иссиқлигига чизикли боғлиқ бўлади.

Бу детекторларда термопара ва горелка орасидаги масофани бирхилда ушлаб туриш керак, чунки, детектор сезгирлиги бунга боғлиқ бўлади.



Расм 119.

Алангали детекторлар кам инерцияли бўлади.

Камчилиги: водород билан ишлаш кўшимча қийинчиликларга сабаб бўлади, газ юритувчи сарфининг ўзгариши ўлчаш натижасига таъсир кўрсатади.

Бундан ташқари **пневматик детекторлар** ҳам мавжуд.

Дозаторлар, хроматографик курилмага бериладиган газ намунасининг ўзгармас хажмини ўлчаб беришга ишлатилади ва у асосан, хроматографик курилмада олинаётган натижаларнинг қанчалик тўғрилигини белгилайди. которые используются в хроматографической установке, предназначены для отмеривания постоянного объема вводимой пробы. Газ намунаси одатда, автоматик бошқариладиган олти қадамли кран ёрдамида, маълум бир хажмда, хроматографик колонкага киритилади.

Хроматографик колонка ва детекторни термостатлаш олинаётган натижаларнинг аниқлигини таъминлаб, хроматограмма чўққилари бўйича микдорий тахлил қилиш имконини беради. Термостатлаш температураси газ аралашмаси компонентлари хусусиятларига боғлиқ. Температурани тахлил қилиш жараёнида оширилиши, оғир компонентларни тахлил қилиш вақтини сезиларли даражада қисқартириш имконини беради.

Термостатлаш учун хаво ва ёғ термостатларидан фойдаланилади. Термостатлаш аниқлиги одатда $0,05 - 0,1^{\circ}\text{C}$.

Газ хроматографлари

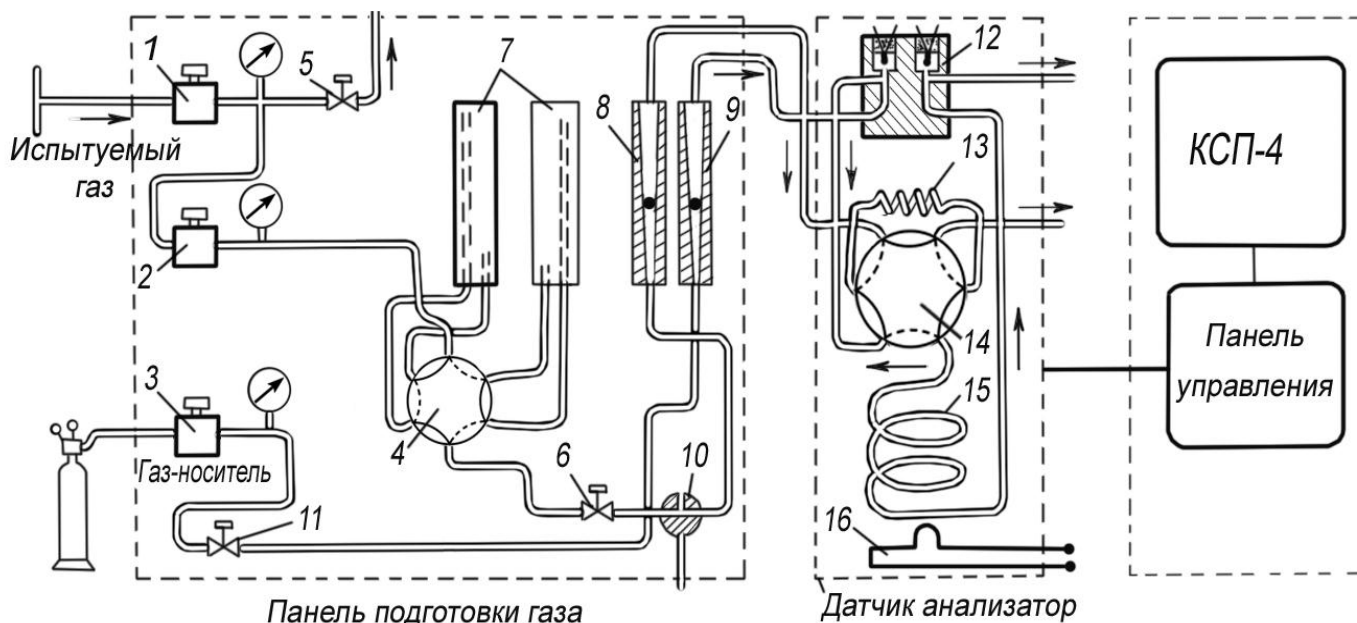
Автоматик саноат хроматографи ХПА -2.

Хроматограф аралашма таркибидаги углеводород газларни саноат технологик курилмаларида узлуксиз равишда аниқлашга мўлжалланган.

Бу хроматограф тўрт асосий қисмлардан иборат (расм 120): датчик, газни тайёрлаш панели, регистратор ва бошқариш панелидан.

Анализ қилинаётган газ, намунани олиш курилмасидан, газни тайёрлаш панелига берилади. Юқори (1) ва паст (2) босим редукторлари орқали газ босими $0,12 - 0,16$ МПа гача пасайтирилади. Газнинг бир қисми нинасимон вентиль 5 ёрдамида атмосферага чиқариб юборилади.

Кейин газ аскарит билан тўлдирилган фильтр 7 нинг биридан ўтиб, олтингугурт бирикмалари ва намликдан тозаланади. Фильтрлар олти қадамли кран 4 ёрдамида қўлда алмаштирилади. Нинасимон вентиль 6 ва уч қадамли кран 10 ёрдамида анализаторга эталон газни берилиб, унинг кўрсатиши текширилади ва градуировкаланади. Анализ қилинаётган газ сарфи ротаметр 8 ёрдамида ўлчанади.



Расм 120.

Датчикга кирган газ аввал киздирилади ва сўнгра, намунани ажратиб олиш крани 14 га берилиб, у ерда маълум хажмда газ намунаси ажратиб олиниди. Газ дозировкаловчи спираль 13 орқали атмосферага чиқарилиб юборилади. Ўлчаб ажратиб олинган намуна ажратиш колонкасига газ юритувчи ёрдамида дозировкаловчи спиральдан сиқиб чиқарилиб киритилади. Газ юритувчи редуктор 3, нинасимон вентиль 11 ва ротаметр 9 орқали детектор (12) нинг солиштириш ячейкасига берилади. Газ юритувчи босими 0,2-0,3 МПа, сарфи 0,0007 см³/сек. Намунани олиш крани автоматик равишда бошқариш панели ёрдамида бошқарилади. Кран бошқа ҳолатга ўтказилганда, газ аралашмаси дозировкаловчи спирал (13) га кирмасдан атмосферага чиқарилиб юборилади. Дозировкаловчи спиралда ажратиб олинган газ намунаси газ юритувчи ёрдамида ажратиш колонкаси (15) га сиқиб чиқарилади. Алохида компонентларга ажратилган газ аралашмаси детекторнинг ўлчаш ячейкасига берилади.

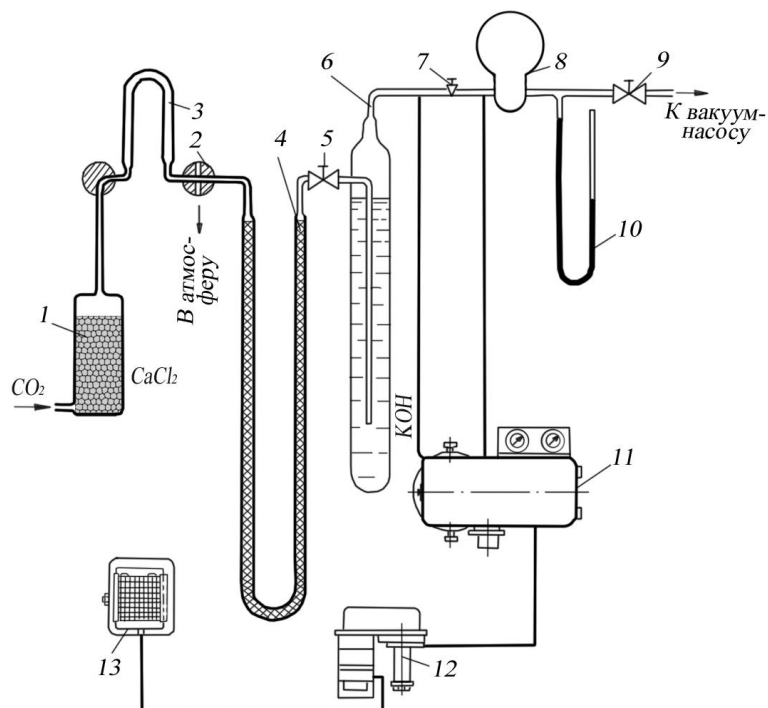
Датчикдаги температура бошқариш панелида жойлашган электрон ростлагич ёрдамида электр иситгич (16) ни ёқиб ёки ўчириб ушлаб турилади.

Ажратиш колонкаси диаметри 6-8 мм., узунлиги 2-8 м зангламас трубадан тайёрланган. Ёзиб борувчи асбоб сифатида автоматик потенциометр ишлатилади.

Вакуумли автоматик хроматограф ХВА-2

Ушбу усул бўйича газ юритувчи СО₂, ўлчаш идишида КОН эритмасида ютилади, газ аралашмаси компонентлар эса, кетма-кет ишқор тепасида йиғилади. Компонентларнинг миқдори уларнинг хажми бўйича аниқланади.

Газ намунасини киритишдан аввал тизимга СО₂ гази берилиб, хаводан тозаланади (расм 121). Шундан сўнг, вентиль 9 очилади ва вакуумметр 10 ёрдамида назорат қилиб белгиланган вакуум ўрнатилади. Сўнгра, дифманометр (11) нинг мусбат ва манфий камераларини ажратувчи вентиль 7 беркитилади. Вентиль 9 беркитилади. Дозатор 3 ёрдамида, ажратувчи колонкага газ юритувчи ёрдамида маълум бир миқдорда анализ қилинувчи газ берилади.



Расм 121.

1-куритгич; 2- дозатор крани; 3-дозатор; 4- ажратувчи колонка; 5 ва 7 вентиллар; 6 –ишқорли идиш; 8-форвакуум баллони; 9- вакуумга улаш вентили; 10-вакуумметр; 11- дифманометр; 12- иккиламчи асбоб.

Газ ажратиш колонкаси (4) дан ўтганда алохида компонентларга ажралади ва ишқорли (KOH) идиш (6) га компонент ёки ишқорда ютилувчи газ юритувчи CO_2 берилади. Ишқорли идишдан ютилмай чиққан газ компонентлари идиш (6) тепасида йиғилади. Ажралиб чиққан компонентлар ҳосил қилган босим дифманометр 11 билан ўлчаниб, пропорционал сигналга айлантирилади ва иккиламчи асбоб 12 ёрдамида ёзиб борилади. Олдиндан газ аралашмасининг алохида компонентларининг сорбцияланиш хусусиятларини билган ҳолда, интеграл хроматограмма зиналари бўйича аниқланаётган компонент миқдорларини билиш мумкин.

Анализларни вакуумда ўтказилиши детектор сезгирлигини оширади, колонка ва детекторнинг термостатланиши эса, ўлчаш натижаларини яхшиланишига олиб келади.

ПОТЕНЦИОМЕТРИЯ

Потенциометрияга эритмалар концентрацияларини электродлар потенциалларини ўлчашга асосланган усуллар киради. Потенциометрик концентратомер ўлчаш ячейкаси гальваник элемент ҳисобланиб, унинг электр юритувчи кучи (ЭЮК) анализ қилинаётган эритмадаги ўлчанаётган модда концентрациясига боғлиқ бўлади. Потенциометрия усули электролит эритмаларидаги ҳар хил ионларнинг актив концентрацияларини ўлчашда қўлланилиши мумкин. Бунда ҳар гал, аниқланаётган ион учун потенциал-аниқловчи бўлган, индикатор электродини танлаш керак бўлади.

Электрод эритмага чўкканда, катионлар эритмага ўтиши натижасида, металл ва эритма орасида иккиланган (двойной) электр қатлами ҳосил бўлади. Манфий зарядланган металл электроди юзаси мусбат зарядланган эритма қатламига тегиб туради. Иккиланган (двойной) электр қатлами ичида (орасида) потенциаллар фарқи ҳосил бўлади.

Металл электродни эритмага чўктирилганда, электрод ва эритма чегарасида қандайдир потенциаллар фарқи (сакраши) ҳосил бўлади ва унинг қиймати ва ишораси металл ва эритма табиатига, катионларнинг эритмадаги концентрациясига боғлиқ бўлиб, Нернст қонуни бўйича аниқланади.

$$E = \frac{RT}{nF} \ln \frac{P}{p}$$

Бу ерда, R- универсал газ доимийси;

T – эритманинг абсолют температураси;

n – металл валентлиги;

F – Фарадей сони;

P – электрод металлининг элетролитик эриш **упругости**;

p – металл катионларининг эритмадаги осматик босими.

Агар, P ва p катталикларни электроддаги металл атомлари концентрацияси C ва металл катионларининг эритмадаги концентрацияси c га пропорционал деб қараш мумкинлигини ҳисобга олсак, унда,

$$E = \frac{RT}{nF} \ln \frac{C}{c} = \frac{RT}{nF} \ln C - \frac{RT}{nF} \ln c$$

Электроддаги металл атомлари концентрацияси ўзгармаслигини ҳисобга олсак,

$$E = E_0 - \frac{RT}{nF} \ln c$$

Шундай қилиб, электрод ва эритма чегарасида ҳосил бўлаётган потенциал сакраши металл катионларининг эритмадаги концентрацияси (c) га пропорционал бўлади.

Электрод потенциалини гальваник занжир тузиб ўлчаш мумкин. Бунинг учун иккинчи, потенциали, концентрация ўзгарганда, ўзгармай қоладиган солиштириш электродидан фойдаланиш керак. Ўлчаш ячейкаси ЭЮК қуйидаги алгебраик йиғиндига тенг:

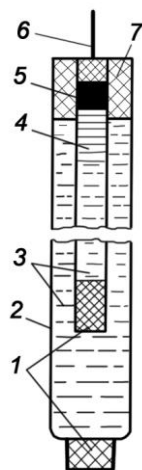
$$E_{\text{яч}} = E_{\text{изм}} + E_{\text{ср}} \quad \text{ёки} \\ E_{\text{яч}} = E_{\text{ср}} + E_0 + \frac{RT}{nF} \ln c \quad \text{яъни, } E_{\text{яч}} = f(c)$$

Солиштириш электродлари сифатида коломель ва хлор кумушли электродлар ишлатилади.

Потенциометрик ўлчашларда стандарт солиштириш электроди бўлиб коломель электроди ҳисобланади (расм 122).

Бу электродни кам эрувчи тоза коломель солинган идиш кўринишида тасаввур қилиш мумкин. Идишнинг қолган қисми хлорли калий билан тўлдирилган.

Симоб билан контакт учун идиш тубига платина сими ковшарланган. Бу электродда потенциал сакраши симоб ва коломель чегарасида пайдо бўлади ва у коломель эритмасидаги симоб ионлари концентрациясига боғлиқ.



Расм 122.

1- яримўтказувчи пробка; 2- корпус; 3- KCl эритмаси; 4- каломель қатлами (Hg_2Cl_2); 5- ртуть қатлами; 6 – чиқиш контакти; 7 – пробка;

Коломель учун диссоциацияланиш константаси қуйидаги тенглама бўйича аниқланади:

$$K_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2} = \frac{a_{\text{Hg}^+}^2 \cdot a_{\text{Cl}^-}^2}{a_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2}}$$

Каломель кам эрийди ва диссоциацияланади, шунинг учун унинг диссоциацияланмаган молекулалари концентрациясини ўзгармас деб қараш мумкин. Шунинг учун каломельнинг ион кўпайтмаси ҳам ўзгармас катталиқ бўлади ва ртут потенциални хлор иони концентрацияси орқали ифодалаш мумкин

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln a_{\text{Hg}^+} = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{K_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2}}{a_{\text{Cl}^-}}$$

a_{Cl^-} концентрацияси яхши эрийдиган KCl тузи концентрациясига боғлиқ. Одатда, a_{Cl^-} ни ўзгармас ушлаб туриш учун, KCl нинг тўйинган эритмасидан фойдаланилади.

Хлоркумушли солиштириш электродлари нисбатан кам ишлатилади. Асосан, каломель электродларини қўллаш тавсия этилмаган ҳолатларда қўлланилади.

Потенциометрик усул водород ионларининг актив концентрациясини ўлчашда кенг қўлланилади. Водород ҳамма металлларга ўхшаб, фақат мусбат ионлар ҳосил қилади. Шунинг учун унга Нернст қонунининг ҳамма хулосаларини қўллаш мумкин. Водород ва металлларнинг бундай ўхшашлиги, водород ионларининг актив концентрациясини, яъни, эритмаларнинг ишқорий ва кислота хусусиятларини ифодаловчи, pH катталиқни ўлчашда Нернст қонунидан фойдаланиш имконини беради. Амалда, эритмаларнинг ишқорий ва кислота хусусиятларини водород ионларининг актив сони (концентрациялари) орқали эмас, балки, бу соннинг манфий ишорали логарифми орқали ифодаланади. Бунда, 1 дан 14 гача бўлган сонлар қатори ҳосил бўлади.

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = \lg \frac{1}{[\text{H}^+]}$$

Водород ионларининг актив концентрациясини ҳисобга олганда,

$$\text{pH} = -\lg f_{\text{H}^+} \text{H}^+$$

Эритмаларда рН икки усул бўйича аниқланади: калориметрик ва потенциометрик. Калориметрик усулда баъзи моддаларнинг водород ионлари концентрацияси ўзгариши билан ранги ўзгариши хусусиятидан фойдаланилади. Бу усулда рН қиймати тахминан аниқланади (сифат анализи).

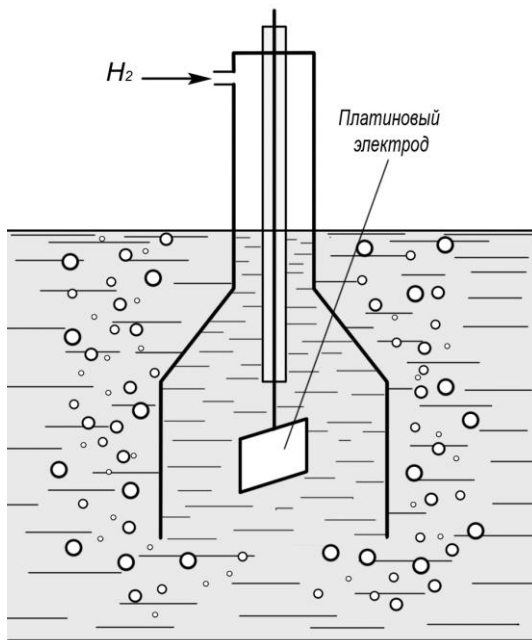
Потенциометрик усул текшириладиган эритмага туширилган икки махсус электродларда ҳосил бўладиган электр потенциаллари фарқини ўлчашга асосланган. Бу электродларнинг бири солиштириш электроди бўлиб, у ўлчаш жараёнида ўзгармас потенциалга эга бўлади. Ўлчаш ва солиштириш электродларини улаганда гальваник элемент ҳосил бўлади ва ундаги ЭЮК қийматига қараб эритманинг рН қиймати аниқланади.

$$E = \frac{RT}{nF} \ln H^+ f_{H^+}$$

20° С даги R, T, F сон қийматларини қўйиб, топамиз:

$$E = - 0.058 \text{ рН}$$

Ушбу тенгламадан кўриниб турибдики, электрод занжиридаги кучланиш чизикли равишда рН қийматига боғлиқ ва 20° С температурада, рН нинг ҳар бир бирлигига кучланишнинг 58 мВ ўзгариши тўғри келади.



Расм 123.

рН ни ўлчашда, газ кўринишидаги водород узлуксизравишда бериб туриладиган, платина қуруми билан қопланган платина пластинаси кўринишидаги водород электродидан фойдаланилади (расм 123). Бундай электрон ёрдамида рН ни 1дан 14 гача чегарада ўлчаш мумкин. Лекин бу электроддан ишлаб чиқариш шароитларида фойдаланиш ноқулай, чунки платина пластинкасини мунтазам газ кўринишидаги водород билан тўйинтириб туриш керак бўлади ва яна электродни платина қуқуни эритма таркибидаги баъзи компонентларни абсорбциялаб олиши натижасида ишдан чиқиши мумкин. Шунинг учун бу электродлар лаборатория ўлчашлари учун қўлланилиши мумкин.

Ишлаб чиқаришдаги ўлчашларда хусусиятлари водород электродларига яқин бўлган шиша ва сурма электродлари ишлатилади.

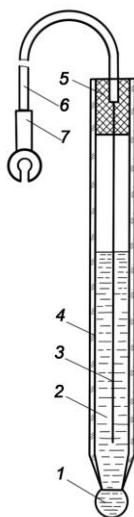
Шиша электродлари

Тажрибаларда аниқланишича, баъзи махсус шиша сортларидан тайёрланган электродлар, электролитларнинг сувдаги эритмаларига туширилганда, водород электродларига ўхшаш хусусиятлар кузатилади. Эритма ва шиша чегарасида потенциаллар сакраши пайдо бўлади ва унинг қиймати:

$$E = - 0.058 \text{ рН}$$

Шиша электроди (расм 124) оддий шишадан ясалган трубка 4 дан иборат бўлиб, унинг бир учига текис, конуссимон ёки шар кўринишига эга бўлган, махсус электрод шишасидан тайёрланган, сезгир мембрана 1 уланган бўлади.

Сезгир мембрана бир вақтнинг ўзида икки электрод вазифасини бажаради: ўлчанаётган эритмага тегиб турган ташқи ва ўзгармас рН га эга бўлган эритмага тегиб турган ички электродлар. Шиша электроди потенциали мембрананинг ички ва ташқи юзаларида пайдо бўлаётган потенциалларнинг алгебраик йиғиндисига тенг бўлади. Ўлчаш натижаларини шиша электроди ташқарисидаги эритма рН ига боғлиқлигини таъминлаш учун электрод ичидаги эритма рН қиймати ўзгармас бўлиши керак.



Расм 124.

Ўлчашдаги асосий хатолик манбаалари қуйидагилар бўлиши мумкин:

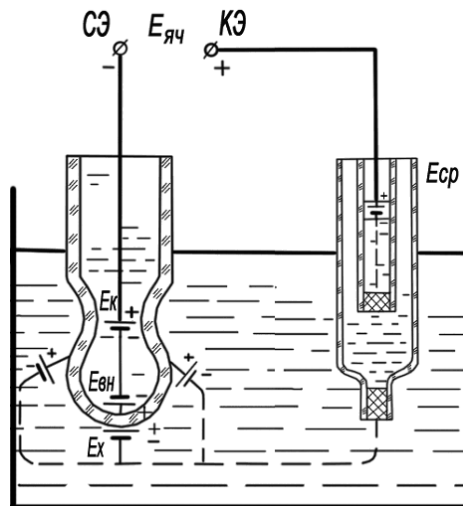
1. Ўлчанаётган эритма температурасининг ўзгариши. Шиша электроди электр потенциали эритма температураси 1°C га ўзгарганда 2 мВ га ўзгаради;

2. Ўлчашда асимметрия потенциали деб номланган ҳодиса ҳисобига хатолик пайдо бўлиши мумкин, яъни, бунда мембрананинг икки томонида жойлашган бир хил эритмалар ҳар хил потенциаллар ҳосил қилади.

Шундай қилиб, водород ионлари актив концентрациясига пропорционал бўлган сезгир мембрана юзасида ҳосил бўлаётган электр потенциалини ўлчаш учун ўлчаш (шиша) ва солиштириш (каломель) электродларидан ташкил топган гальваник занжир тузиш керак экан. Ўлчаш ва солиштириш электродлари биргаликда рН-метр датчигини ташкил этади. Датчиклар чўкиб турувчи, **проточний** ва **переносной** бўлади.

рН – метр ўлчаш ячейкаси ва ячейка ЭЮК ни ўлчаш

рН–метр ўлчаш ячейкаси (расм 125) шиша индикатор (СЭ) ва каломель солиштириш (КЭ) электродларидан ташкил топган.



Расм 125.

Шиша электрод ички юзасидан потенциални олиш учун ёрдамчи контактли хлор кумушли электроддан фойдаланилади. Электр занжири 4 та мустақил элементлардан ташкил топган. Ўлчаш ячейкасининг йиғинди ЭЮК қиймати

$$E_{яч} = E_k + E_{вн} + E_x + E_{ср}$$

Бу ерда, E_x - ўлчанаётган рН қийматига боғлиқ бўлган, ўлчаш шиша мембрана электроди ташқи юзаси ва ўлчанаётган эритма орасидаги потенциаллар фарқи;

$E_{ср}$ – солиштириш электродида симоб ва каломель чегарасидаги потенциаллар фарқи;

$E_{вн}$ - ўлчаш шиша мембранаси ички юзаси ва шиша электрод ичига қуйилган хлорид кислота эритмаси орасидаги потенциаллар фарқи;

E_k - ёрдамчи контакт электродидаги хлорли кумуш ва кумуш орасидаги потенциаллар фарқи.

Ўлчаш жараёнида E_k , $E_{ср}$ ва $E_{вн}$ ларнинг қийматлари ўзгармас бўлганлиги сабабли, ячейканинг йиғинди ЭЮК ни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$E_{яч} = E_{сум} + \frac{RT}{nF} \ln (H^+) \quad \text{бу ерда}$$

$$E_{сум} = E_k + E_{ср} + E_{вн}$$

Электродлар жуфтлиги электр юритувчи кучини (ЭЮК) ўлчашда, ўлчанаётган кучланиш қиймати, ячейкадан ўтаётган ток $I_{яч}$, ячейка қаршилигида ҳосил қилган кучланишлар тушиши миқдорига камаяди, яъни

$$E_{изм} = E_{яч} - I_{яч} R_{яч}$$

$E_{изм}$ – иккиламчи асбоб ёрдамида ўлчанаётган кучланиш қиймати;

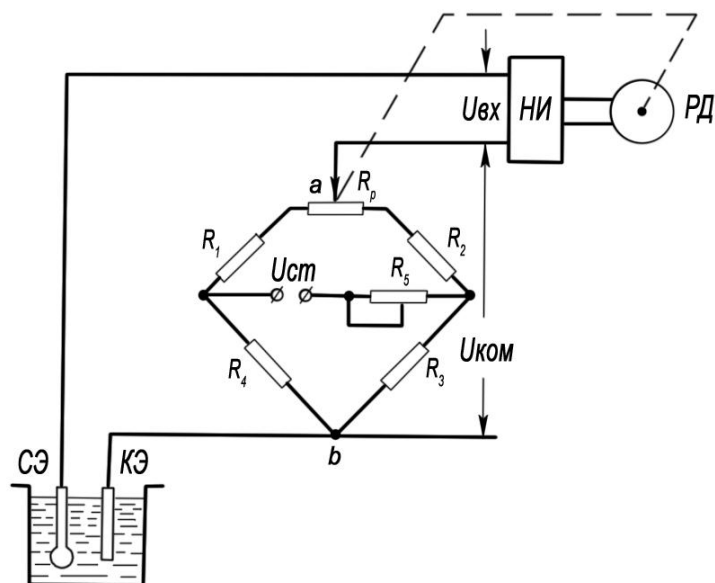
$R_{яч}$ – ўлчаш ячейкаси қаршилиги (солиштириш электроди ва эритма қаршилиги (тахминан 10 КОМ) ва сезгир шиша электроди мембранаси қаршилиги (тахминан 100 МОМ)).

Шундай қилиб, ўлчаш ячейкасидан ўтадиган кичик ток ҳам ($I_{яч}$), катта кучланишлар тушишига ($I_{яч} R_{яч}$) сабаб бўлади ва бу ўлчашда катта хатоликларга сабаб бўлади.

Ўлчаш хатолигини камайтириш учун ўлчаш схемасидан ўтаётган токни 10^{-10} - 10^{-12} а гача камайтириб берадиган ўлчаш схемаларидан фойдаланилади.

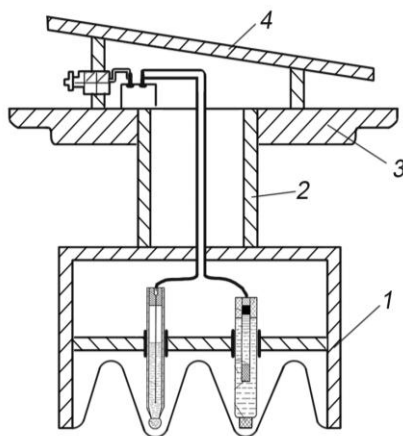
Айниқса, компенсацион ўлчаш усуллари кўллаганда яхши натижаларга эришиш мумкин (расм 126). Ўлчаш ячейкасининг ўлчанаётган ЭЮК, қиймати

маълум бўлган, потенциаллар фарқи ($U_{ав}$) билан мувозанатланади. Назарий жихатдан, компенсация вақтида ток кучининг нолгача камайиши кузатилади. Бунда, $E_{изм} = E_{яч}$.



Расм 126.

рН-метрнинг чўкиб турувчи датчиги қурилмаси (расм 127): 1- шиша ва солиштириш электродларини ўрнатиш қурилмаси; 2- уловчи труба; 3- технологик қурилмага датчикни монтаж қилиш фланеци; 4 – улаш бўлинмаси.



Расм 127.

КОНДУКТОМЕТРИЯ

Кондуктометрик усул электр ўтказувчан эритмалар концентрациясини унинг электр ўтказувчанлиги-кондуктометрияси бўйича ўлчашга асосланган.

Электролитларнинг сувдаги эритмалари электр токини ўтказди. Аррениус назариясига асосан, эритмаларни сувда эритилганда уларнинг молекулалари ионларга диссоциацияланади. Эритмада ионларнинг мавжудлиги уларни электр ўтказувчанлигига сабаб бўлади.

Солиштирма электр ўтказувчанлик ионлар ҳаракатланувчанлигига ҳам тўғри боғлиқликда бўлади. Водород ионлари (H^+) энг катта ҳаракатланувчанликка эга

$316 \frac{\text{см}}{\text{сек}} / \frac{\text{в}}{\text{см}}$, гидроксил ионлари (OH^-) харакланувчанлиги эса, $175 \frac{\text{см}}{\text{сек}} / \frac{\text{в}}{\text{см}}$. (Кольрауш қонуни).

$$\sigma = \alpha \cdot \eta (V_k + V_a)$$

V_k , V_a – катион ва анионларнинг харакланувчанлиги;

η – эриган модда эквивалент концентрацияси;

α – λ / λ_0 нисбат бўйича аниқланиладиган катталиқ;

Бу ерда, λ – эквивалент электр ўтказувчанлиги;

λ_0 – концентрациянинг нол қийматидаги чегара эквивалент электр

ўтказувчанлиги;

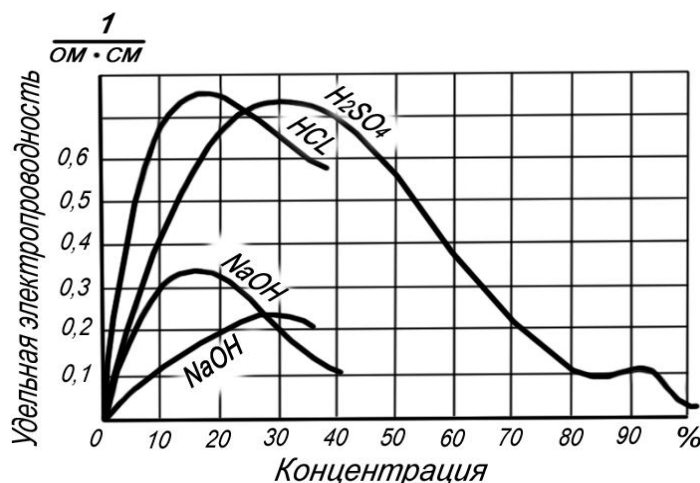
σ – эритманинг электр ўтказувчанлиги.

Ионлар харакатланувчанлиги шунингдек эритма температурасига ҳам боғлиқ, яъни,

$$V_t = V_{18} [1 + \alpha_v (t - 18)]$$

Шундай қилиб, эритма электр ўтказувчанлиги эриган модда концентрациясига, унинг диссоциацияланиш даражасига, модданинг кимёвий турига (табиатига) ва эритма температурасига боғлиқ.

Хар хил эритмалар учун солиштирма электр ўтказувчанликни уларнинг концентрацияларига боғлиқлиги хар хил (расм 128).



Расм 128.

Эгри чизикдан кўриниб турибдики, экстремум нуқтасидан чап томонда боғлиқлик тикроқ, шунинг учун концентрациянинг бу областида кондуктометриқ усул яхши сезгирликни таъминлайди ва бу чегарада солиштирма электр ўтказувчанликнинг концентрацияга боғлиқлиги чизикликга яқиндир.

Эритмаларнинг электр ўтказувчанлигини ўлчаш

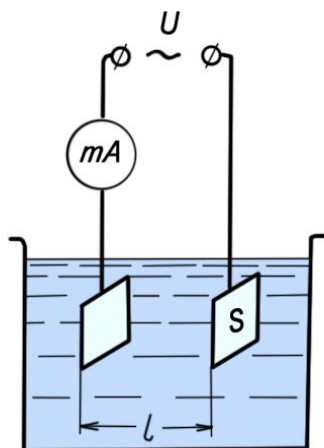
Эритмаларнинг электр ўтказувчанлигини ўлчаш учун, ўлчанаётган эритма солинган идишда бир-биридан маълум масофада жойлашган икки электроддан ташкил топган ўлчаш ячейкаларидан фойдаланилади (расм 129).

Эритма концентрациясининг ўзгариши билан унинг солиштирма электр ўтказувчанлиги, яъни қаршилиги ўзгаради, натижада, ўлчаш ячейкаси қаршилиги ўзгаради.

Бу ҳолатда ячейка қаршилиги эритмадаги ионларнинг электрни ўтказиши, яъни, электр ўтказувчанлик билан аниқланади.

$$\sigma = \frac{1}{R} \cdot \frac{\ell}{S}$$

Бу ерда, ℓ – электродлар орасидаги масофа;
 S – электрод юзаси;
 R – ўлчаш ячейкаси қаршилиги.

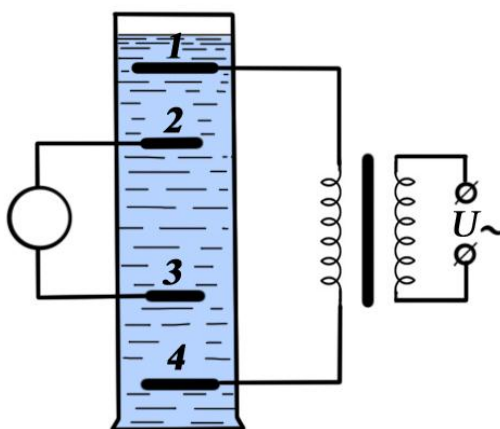


Расчм 129.

$\frac{\ell}{S}$ нисбат ўлчаш ячейкаси константаси дейилади. Уни ўзгартириб, танланган эритма учун ўлчаш ячейкаси қаршилигини топиш мумкин.

Ўлчаш ячейкаси электр ўтказувчанлигини ўзгармас ва ўзгарувчан токдан фойдаланиб ўлчаш мумкин. Аммо, ўзгармас токдан фойдаланилганда, ўлчаш натижаларига электрохимёвий ҳодисалар, айниқса, ўлчанаётган эритманинг электролизи ва электродларнинг қутбланиши таъсир кўрсатади. Шунинг учун, электр ўтказувчанлик асосан саноат ёки юқори частотали (1000 гц) токни қўллаб ўлчанади. Ўзгарувчан ток частотаси қанча юқори бўлса, эритма электролизини ва электродлар поляризацияси таъсирини шунча кўп йўқотиш мумкин.

Замонавий кондуктометрияда 4-электродли ўлчаш ячейкаларидан фойдаланилмоқда (расм 130).



Расм 130.

Тоқли электродларга (1 ва 4) кучланиш ташқи манбаадан берилади ва улар орасидаги эритмадан ток ўтади. Потенциометрик электродлар 2 ва 3 ёрдамида, назорат қилинаётган эритманинг маълум бир ҳажмидаги, эритма электр

ўтказувчанлигига ва концентрациясига пропорционал бўлган кучланишлар тушиши ўлчанади.

Бундай ўлчаш ячейкани кучланишни компенсацион ўлчаш усули билан биргаликда қўлланилиши, кутбланиш таъсирини деярли бутунлай йўқотиш имконини беради.

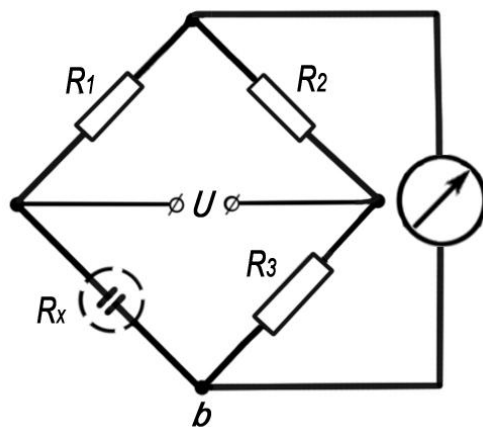
Ўлчаш электродларига (2 ва 3) токли юклама берилмаганлиги сабабли, ҳамма электрохимёвий жараёнлар токли электродларда (1 ва 4) кетади.

Кондуктометрик концентратомерларнинг ўлчаш схемалари

Бу асбобларда электр ўтказувчанлигини ўлчаш учун электрод ўлчаш ячейкаси қаршилигини ўлчаш керак бўлади. Шунинг учун кондуктометрик концентратомерларда маълум бўлган ҳамма қаршиликни ўлчаш усулларидадан фойдаланиш мумкин.

Биринчи таклиф қилинган кондуктометрик концентратомерларда ўлчов асбоблари сифатида лагометрлар ишлатилган эди, кейинчалик уларнинг ўрнига ўлчаш кўприк схемалари таклиф қилинди.

Концентратомернинг номувозанат кўприкдан ташкил топган содда схемаси куйидаги кўринишга эга (расм 131):



Расм 131.

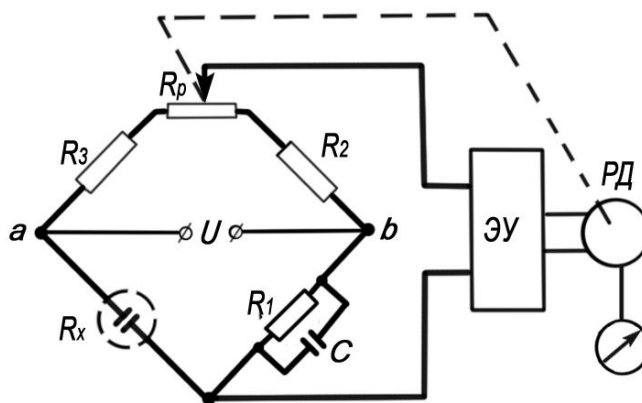
R_1, R_2, R_3 – ўзгармас қаршиликлар;

R_x – ўлчаш ячейкаси қаршилиги.

Эритма концентрацияси ўзгариши билан, кўприк диагоналидан ўтаётган ток бу ўзгаришга пропорционал равишда ўзгаради ва у милливольтметр ёрдамида ўлчанади. Бунда, эритма концентрациясини ўлчаш аниқлиги, кўприкга берилаётган манбаа кучланишига ва милливольтметрнинг ўлчаш аниқлигига боғлиқ бўлади.

Шунинг учун, замонавий кондуктометрик концентратомерларда мувозанатланган кўприк схемаларидан фойдаланилади (расм 132).

Эритма концентрацияси ўзгариши билан ячейка қаршилиги R_x ўзгаради ва кўприк схемаси мувозанатдан чиқади. Ўлчаш диагонали кучланиши электрон кучайтиргич ЭУ га берилиб, реверсив юритгич РД роторини айлантиришга етарли даражада кучайтирилади. Ротор кинематик равишда реохорд сургичи билан боғланган. У реохорд R_p сургичини кўприк схема мувозанатга келгунча суради, ҳамда, ўлчов асбоби ўлчаш қурилмаси стрелкасини буриб, ўлчанаётган параметр қийматини кўрсатади.



Расм 132.

Бундай кўприк схемалар актив қаршиликларни ўлчашга мўлжалланган. Ўлчаш ячейкаси қаршилиги комплекс катталиқ бўлиб, унда реактив қаршилик ҳам мавжуд бўлади. Унинг ўлчашдаги таъсирини йўқотиш учун, кўприк схеманинг ёндош елкасига, қаршиликга параллел равишда конденсатор С уланади. Конденсатор сифимининг қиймати, ўлчов асбобини созлашда, экспериментал равишда аниқланади.

Автоматик температура компенсацияси

Солиштирма электр ўтказувчанлик ионларнинг ҳаракатланувчанлигига боғлиқ, унинг қиймати эса, температура ортиши билан ортади. Яъни,

$$V_t = V_{18} [1 + \alpha_v (t - 18)],$$

Бу ерда, α_v —ионлар ҳаракатланувчанлигининг температура коэффициентини.

Аниқланишича, температуранинг 1°C га ўзгариши билан, солиштирма электр ўтказувчанлиги ўртача 1,5 -2,5% га ўзгаради.

Температура компенсациясини қуйидагича амалга ошириш мумкин:

- 1) электр типдаги автоматик температура компенсаторлари;
- 2) биметаллик температура компенсаторлари;
- 3) ўлчаш ячейкасини термостатлаш.

Асосан компенсаторларнинг биринчи тури кўп ишлатилади. Буларда температура компенсацияси суюқлик компенсаторлари ва қаршилик термометрлари ёрдамида амалга оширилади.

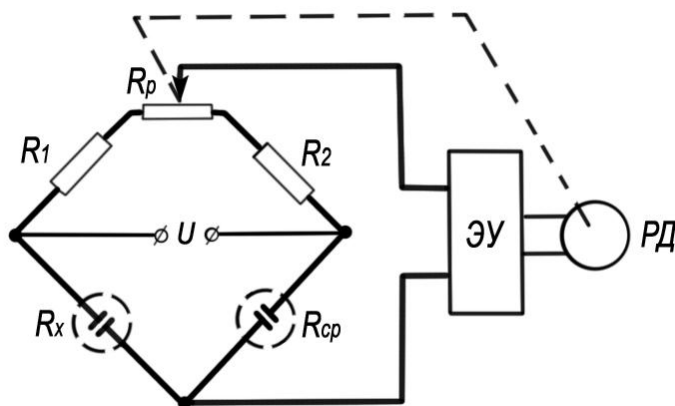
Суюқлик температура компенсаторлари, параметрлари асосий ўлчаш ячейкаси параметрларига ўхшаш (аналогик) бўлган электрод датчик бўлади. Компенсаторни электр ўтказувчанлик температура коэффициентини ўлчанаётган эритманикига яқин бўлган суюқлик билан тўлдирилади.

Компенсатор герметик равишда беркитилиб, текшириляётган эритмага туширилади. Кўприк схемасида компенсатор (R_{cp}) R_x га ёндош елкага уланади (расм 133).

Эталон ва ўлчанаётган эритма электр ўтказувчанлик температура коэффициентлари яқинлиги сабабли, температура ўзгариши натижасидаги ўлчаш ячейкаси қаршилиги ўзгариши, суюқлик компенсатори қаршилиги ўзгариши билан компенсацияланади.

Аммо, суюқлик компенсаторининг қўлланилиши датчик конструкциясини мураккаблаштиради ва яна, эталон суюқлик хусусиятларининг вақт ўтиши билан

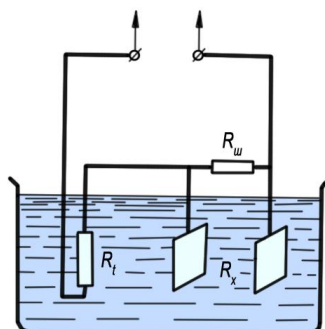
ўзгариши мумкинлигини ҳисобга олиб, ўлчаш схемасини маълум давр оралиғида созлаб, текшириб туриш керак бўлади.



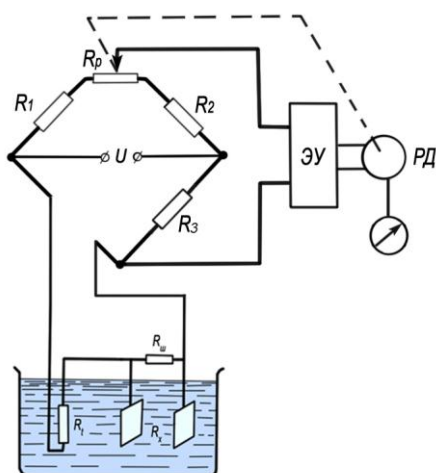
Расм 133.

Бу компенсация усули КСО-3 кондуктометрик концентратомерида қўлланилган.

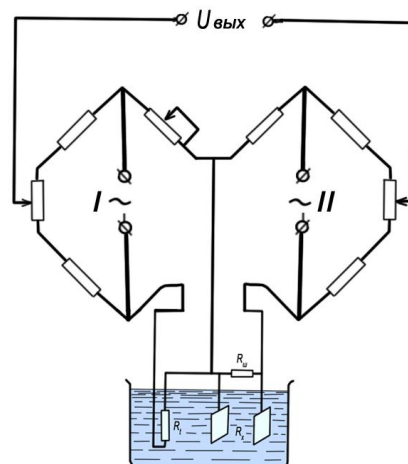
Автоматик температура компенсациясида металл қаршилик термометрларидан кенг қўлланилади. Маълумки, металл ўтказгичларнинг қаршилиги температура ортиши билан ортади, электролит эритмаларида эса, камаяди ва бу температура компенсацияси учун уларни (R_t ва R_x) қуйидагича (расм 134) кетма-кет улаш схемасидан фойдаланиш имконини беради.



Расм 134.



Расм 135.

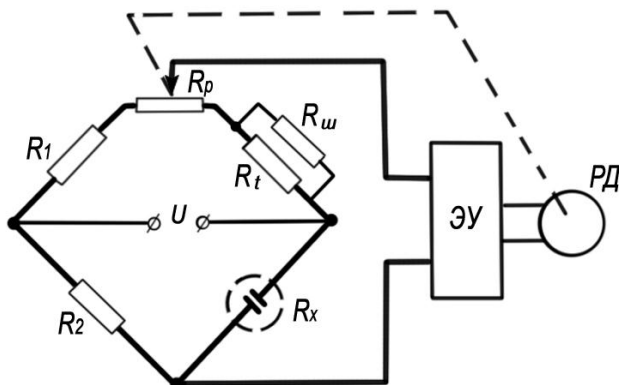


Расм 136.

Температура ўзгаришидан ҳосил бўлган хатоликни компенсациялаш учун ўлчаш ячейкаси электр қаршилиги R_x ва металл қаршилик термометри R_t

температура коэффициентларининг тенглигини (бир хиллигини) таъминлаш керак бўлади. Бунинг учун R_x га параллел равишда, электр қаршилик температура коэффициенти кичик бўлган, шунтловчи қаршилик $R_{ш}$ уланади. Шундай қилиб, эритма температураси ўзгариши билан занжирнинг умумий қаршилиги ўзгармайди. Бу ячейка кўприк схемасининг бир елкасига уланади (Расм 135 ёки расм 136):

Баъзи концентратомерларда куйидаги схемадан фойдаланилади (расм 137).

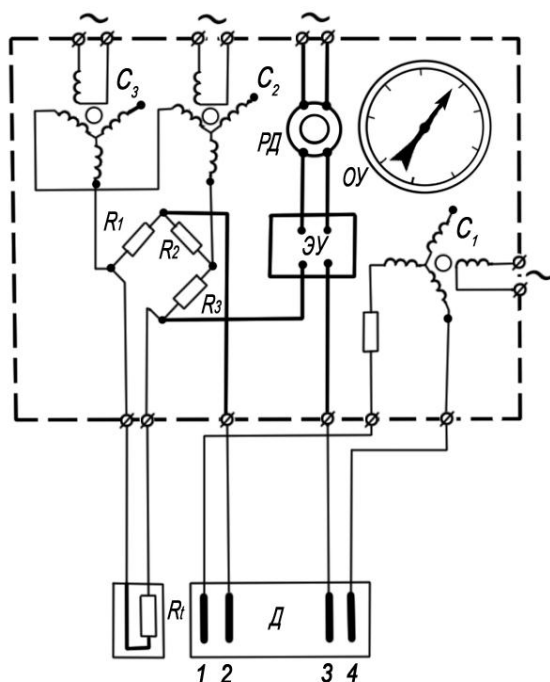


Расм 137.

Қаршилик термометрлари афзалликлари билан бирга камчиликлари ҳам мавжуд (ўлчамларининг ва инерциясининг катталиги). Шунинг учун, замонавий кондуктометрларда ярим ўтказгичли қаршилик термометрлари – термисторлардан кенг фойдаланилмоқда.

Тўрт электродли ўлчаш ячейкали кондуктометрик концентратомер

Датчик Д да тўртта графит электродлар бор (расм 138). Иккита (1 ва 4) токли электродларга, бурама трансформатор режимида ишловчи сельсин C_1 дан манбаа кучланиши берилади. Сельсин C_1 ротори реверсив юритгич РД ротори билан боғланган.



Расм 138.

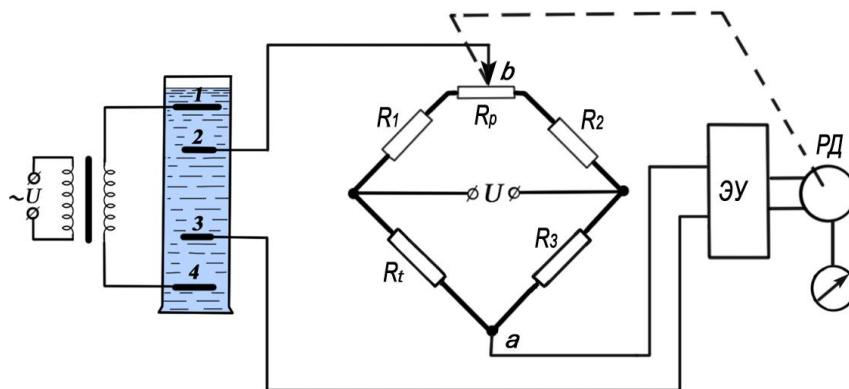
Эритма концентрациясига пропорционал бўлган, 2 ва 3 потенциометрик электродлар орасидаги кучланишлар тушиши, компенсацион усулда ўлчанади. Фарк сигнали ($\Delta U = U_{23} - U_{ab}$) электрон кучайтиргич ЭУ киришига берилади.

Кучайтирилган сигнал реверсив юритгич роторини айлантиради. Ротор кинематик равишда сельсинлар C_1 ва C_2 роторлари билан боғланганлиги сабабли, уларнинг айланиши ўлчаш схемасини мувозанат ҳолатига олиб келади.

Температура компенсацияси қуйидагича амалга оширилади:

Концентрацияси ўлчанаётган эритма температурасига боғлиқ равишда R_t қаршилиги ўзгаради ва натижада компенсацияловчи кучланиш ўзгаради ($\Delta U_x = U_{23} - U_{ab}$). Автоматик температура компенсацияси схемасини $R_1 - R_3$ қаршилиқлар қийматини танлаш йўли билан ва ёрдамчи сельсин C_3 роторини бураб соланади.

U_{23} кучланишлар тушишини ўлчаш учун қуйидаги (расм 139) потенциометрик схемадан ҳам фойдаланиш мумкин:



Расм 139.

Контактсиз электрокондуктометрия

Электродсиз кондуктометрия икки йўналишда ривожланмоқда: паст частотали; юқори частотали. Биринчи бўлиб паст частотали электродсиз кондуктометрия усули ёрдамида концентрацияни ўлчаш Проскурин томонидан 1932 йилда таклиф қилинган эди. Чех тадқиқотчилари Шаломон ва Свитоклар 1956 йилда бу усулни амалиётда қўллади. Бизда, автоматлаштиришнинг тажриба конструкторлик бюроси (ОКБА) контактсиз кондуктометрия бўйича биринчи асбобни яратди.

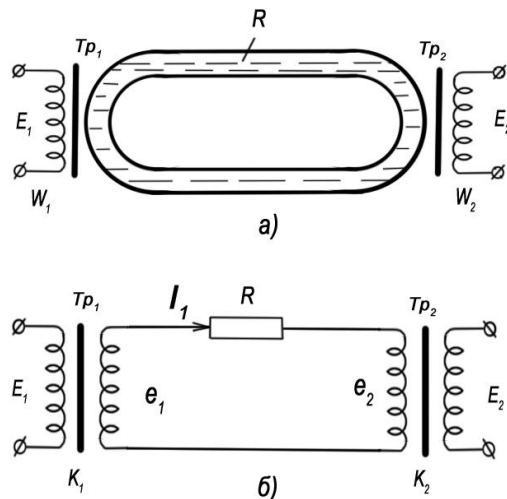
Паст частотали электродсиз кондуктометриянинг физик асослари қуйидагилардан иборат:

Ўлчанаётган электролит эритмаси билан тўлдирилган, диэлектрикдан ясалган труба, берк ўрамни ҳосил қилади (расм 140). Труба сиртига (ташқарисига) икки трансформатор ўрамлари ўралган: ғалаёнловчи (чўлғанувчи) (возбуждения) T_{p1} ва ўлчовчи T_{p2} .

Электролитнинг суюқлик ўрами, T_{p1} трансформаторининг иккиламчи ўрами вазифасини бажаради. T_{p1} ўрамлари орасидаги электромагнит ўзаро таъсирлар натижасида суюқлик ўрамида ЭЮК e_1 ва ток I_1 индуктивланади.

Токнинг қиймати $I_1 = \frac{e_1}{R}$ га тенг. $e_1 = K_1 E_1$ ҳисобга олиб,

$$I_1 = \frac{K_1 E_1}{R}.$$



Расм 140.

Ушбу тенгламадан кўриниб турибдики, ток I_1 эритма қаршилигига тескари пропорционал ва эритма концентрациясига боғлиқ бўлган электр ўтказувчанлигига тўғри пропорционалдир. Эритма концентрациясини ўлчаш, суюқлик ўрамида **чўлғанган** токни ўлчаш орқали амалга оширилади.

Бунинг учун иккинчи, ўлчаш трансформаторидан (T_{p2}) фойдаланилади ва унинг учун суюқлик бирламчи ўрам ҳисобланади. Унинг иккиламчи ўрамида чўлғанаётган ЭЮК $E_2 = I_2 \odot R_{\text{общ}}$ га тенг, трансформатор T_{p2} иккиламчи ўрамида чўлғанаётган ток I_2 қийматини эса, трансформациялаш шартига кўра, яъни, трансформатор T_{p2} кучайтириш коэффициентидан фойдаланиб аниқлаш мумкин.

$$I_2 = K_2 I_1 \quad (I_1 W_1 = I_2 W_2; I_2 = \frac{W_1}{W_2} I_1)$$

Ўрнига қўйиб,

$$E_2 = I_2 \odot R_{\text{общ}} = K_2 R_{\text{общ}} I_1 = K_1 K_2 R_{\text{общ}} \frac{E_1}{R}$$

Бу ерда, $K_1 \odot K_2 \odot R_{\text{общ}} = \text{const} = K$, шунинг учун,

$$E_2 = K \frac{E_1}{R}$$

Охирги тенгламадан кўриниб турибдики, T_{p2} иккиламчи ўрамида индуктивланаётган ЭЮК E_2 суюқлик ўрами қаршилигига R , яъни, ўлчанаётган эритма концентрациясига пропорционал бўлади.

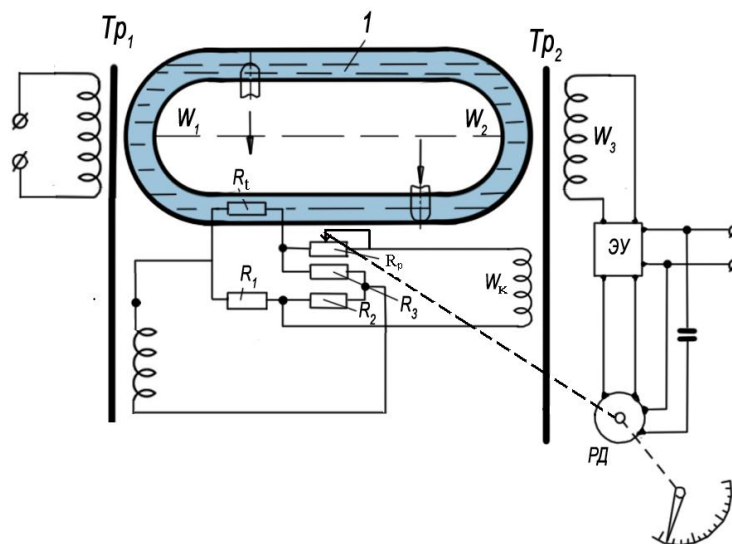
Кўп ҳолларда E_2 ни ўлчашда компенсацион усул қўлланилади (расм 141), бунинг учун ампер ўрамлари эритма ампер ўрамларидан айриладиган, қўшимча компенсацион ўрам W_k ишлатилади.

Компенсацияланиш шarti:

$$I_k W_k = I_p W_2 \quad W_2 = 1, \text{ шунинг учун, } I_2 = \frac{I_p}{W_k};$$

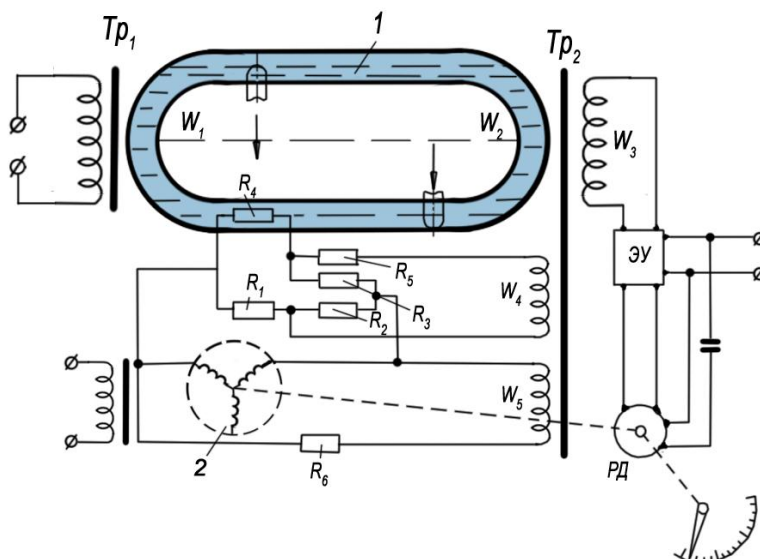
Компенсацион ўрамдан ўтаётган ток кучини ўзгартириш учун реохорд R_p сургичи силжитилади.

Реохорд сургичи ва ўлчов асбоби стрелкаси ҳолати ўлчанаётган эритма концентрациясига пропорционал бўлади. Температура хатолигини компенсациялаш, ўлчанаётган эритмага ўрнатилган ва кўприк схемасининг бир елкасига уланган, қаршилик термометри ёрдамида амалга оширилади.



Расм 141.

Қуйидаги ўлчаш схемалари ёрдамида ҳам эритма концентрациясини ўлчаш мумкин (расм 142).



Расм 142.

Кондуктометрик концентратомерларнинг қуйидаги турлари ишлаб чиқарилади:.

КСО-3 – суюқлик компенсаторили икки электродли датчикдан фойдаланиб сульфат кислота ва олиум концентрациясини ўлчаш учун; тўрт электродли ўлчаш ячейкали КП типидagi кондуктометрик концентратомерлар; солемерлар СС1 ва СС2, ҳамда буғ қозонига бериладиган сувдаги туз миқдорини ўлчаш учун КСКВ ва КК типидagi кондуктометрик концентратомерлар.

АВТОМАТИК ТИТРЛАШ

Титрлаш йўли билан модда концентрациясини ўлчаш учун, аралашмадаги аниқланаётган компонент билан ўзаро таъсирга кирувчи, титрловчи эритма деб номланадиган махсус реагент танланади.

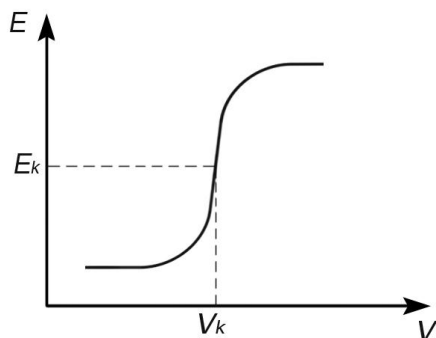
Титрлаш қуйидагича амалга оширилади: аралашманинг маълум миқдорига секин аста титрловчи модда, аралашмадаги моддалар миқдори эквивалент нисбатга етгунча қўшиб борилади.

Эквивалент нукта ҳар хил билвосита (косвенним) белгилар бўйича аниқланади, масалан, индикатор рангини ўзгариши бўйича.

Титрлашнинг тамомланиш нуктасини аниқлаш бўйича потенциометрик, кондуктометрик, фотометрик ва термохимёвий титрлаш усуллари мавжуд. Бу титрлаш номлари уларда ишлатиладиган концентратометрлар типларига мос бўлиб, улар ёрдамида титрлаш жараёни назорат қилинади.

Потенциометрик титрлаш

Кислота-ишқорли мухитларни титрлашда (нейтраллаш реакциялари) рН-метрлар ишлатилади. Датчик ЭЮК ни концентрациядан боғлиқлиги логарифмик функция бўлади. Шунинг учун потенциометрик титрлаш эгри чизиғи ўзига хос кўринишга эга бўлади (расм 139). Потенциометрик титрлашда эквивалент нуктани топиш 139- расмда кўрсатилган.

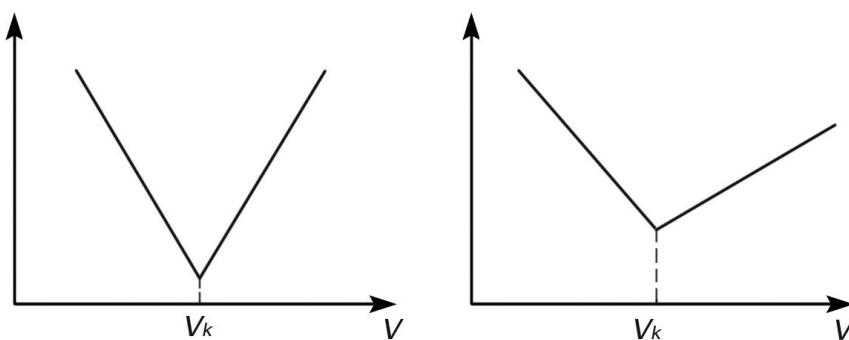


Расм 139.

Бу усулда ЭЮК сакраши ҳисобига титрлашнинг охириги нуктасини топишда (V_k ва E_k) юқори сезгирликга ва аниқликга эришилади (бу ерда V-титрловчи эритма хажми).

Бу усулда ортиқча титрлаш ҳолатлари кузатилиши мумкин.

Кондуктометрик титрлаш



Расм 140.

Титрлаш жараёни бу усулда титрланаётга аралашманинг электр ўтказувчанлигининг ўзгариши бўйича назорат қилинади. Бунинг учун ҳар хил кондуктометрик концентратометрлардан фойдаланилади. Кондуктометрик титрлашнинг типик эгри чизиғи 140-расмда келтирилган.

Камчилиги: эквивалент нуктани аниқлашда температура ўзгаришининг таъсири катталиги.

Фотометрик титрлаш

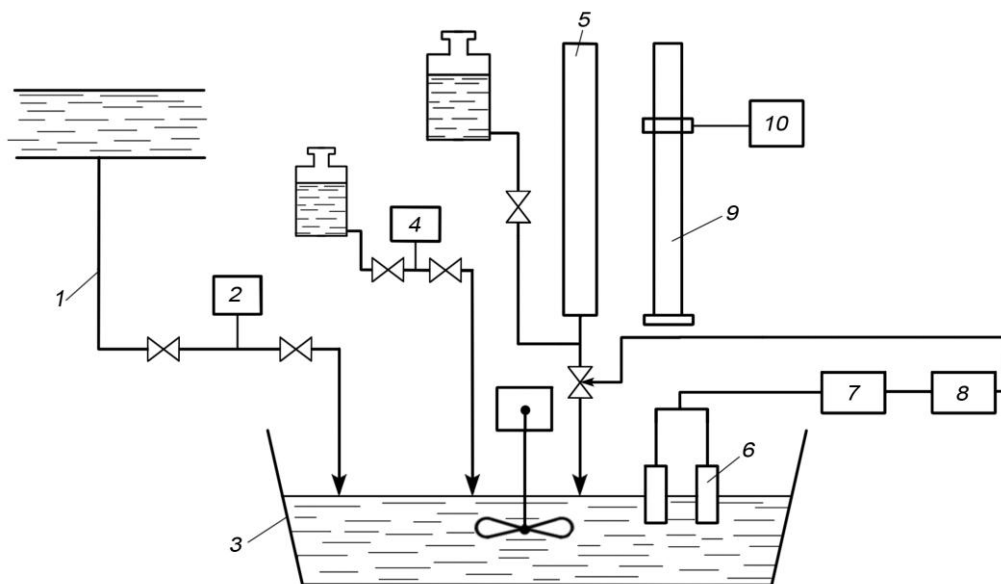
Титрлашнинг бу усулида титрлаш жараёнининг кетиши фотоколориметр ёки спектрофотометр ёрдамида маълум тўлқин узунлигидаги ёруғлик нурини ютилиши бўйича назорат қилинади.

Термохимёвий титрлаш

Титрлашда баъзи ҳолатларда кимёвий реакциялар иссиқлик ажралиши ёки иссиқлик ютилиши бўйича кетади. Титрлашда экзотермик реакция кетса, унда титрловчи модда берилиши билан титрланувчи модда температураси ортади ва энг юқори температурага титрлашнинг охириги нуктасида етади. Агар титрловчи моддани беришни давом эттирсак, унда эритма температураси камайишни бошлайди. Температуранинг юқори сезгир датчиклар ёрдамида ўлчаб, эквивалент нуктани, натижада ўлчанаётган аралашма концентрациясини, юқори аниқликда топишимиз мумкин.

Дискрет ишлайдиган автоматик титрометр

Назорат қилинаётган эритма, намунани олиш труба (1) орқали (расм 141) дозатор (2)га берилиб, ўлчанган модда миқдори титрлаш учун идиш (3)га солинади. Агар титрлаш учун яна қандайдир реагент берилиши керак бўлса, бу модда ёрдамчи дозатор (4) ёрдамида идиш (3)га солинади.



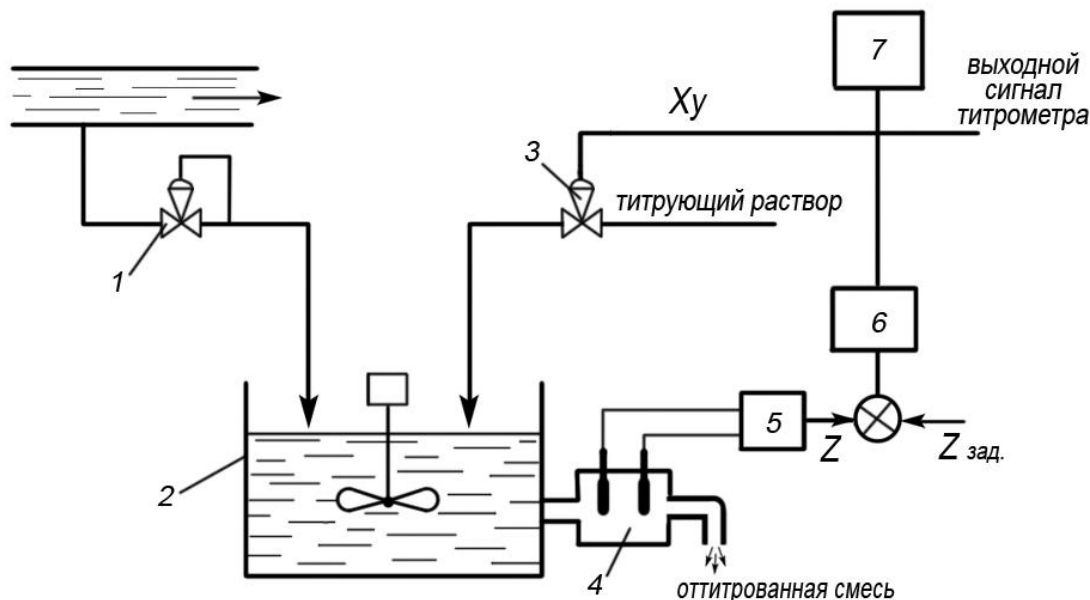
Расм 141.

Шундан сўнг, автоматик бюретка 5 ёрдамида титрловчи эритма берилади. Титрланаётган модда таркибининг ўзгариши билвосита концентрация ўлчагичи (7) датчиги 6 ёрдамида ўлчанади. Автоматик бюреткадан титрловчи эритма берилиши ростловчи қурилма 8 ёрдамида бошқарилади. Титрланувчи эритма эквивалент нуктага келиши билан ростловчи қурилма 8 титрловчи модда берилишини тўхтатади ва титрловчи модданинг сарфланган қийматини ҳисоблаш тизимини 9 ишга

туширади. Ҳисоблаш қурилмаси сигнали, шкаласи концентрация бирлигида градуировкаланган иккиламчи асбоб 10 ёрдамида ёзиб борилади.

Узлуксиз автомати титрометр

Технологик оқимдан олинаётган намуна узлуксиз равишда сарф стабилизатори 1 орқали аралаштиргич 2 га берилади. Аралаштиргичга яна, ростлаш органи 3 ёрдамида бошқарилиб, маълум сарфда титрловчи эритма берилади.



Расм 142.

Яхши аралаштирилган эритма автоматик концентромер 5 датчиги 4 ўрнатилган камерада ўтади. Концентромер аралашмадаги титрловчи ва титрланувчи моддалар миқдорлари нисбатини назорат қилади. Датчикнинг чиқиш сигнали Z , титрлашнинг охири нуқтасига мос келадиган, белгиланган қиймат $Z_{\text{бел}}$ билан солиштирилади. $Z = Z_{\text{бел}}$ бўлганда, титрловчи модда сарфи ўзгармас бўлиб, у ўлчанаётган эритма намунаси концентрациясига мос бўлади. Акс холда ($Z \neq Z_{\text{бел}}$), ростлагич 6 да маълум қонуният асосида қайта ишланган фарқ сигнал ростлаш органи 3 га берилиб, титрловчи эритма сарфини ўзгартиради.

Ростлаш органининг чизиқли характеристикасида титрловчи эритма сарфи бошқариш сигналига пропорционал бўлади ва шунинг учун ўлчов асбобини ўлчанаётган модда концентрацияси бирлигида градуировкалаш мумкин.

СУЮҚЛИКЛАРНИНГ ЗИЧЛИКЛАРИНИ ЎЛЧАШ УСУЛЛАРИ ВА АСБОБЛАРИ

Зичлик саноатнинг ҳар хил ишлаб чиқаришларида технологик жараёнларни хусусиятларини ва параметрларини ифодаловчи асосий физик катталикларнинг бири ҳисобланади. 1934 йилгача зичлик ўлчагичларининг шкалалари бу асбобни муаллифи номи билан номланган шартли зичлик бирликларида - градусларда градуировкаланган эди (Масалан Баллинг, Бек, Боме, Брикс, Гей-Люссак, Траллес градусларида). 1934 йилдан бошлаб бу шартли зичлик бирликлари ишлатишдан олиб ташланди. Ҳозир зичлик ўлчагичлари зичлик бирлигида (г/см^3) ёки эритмадаги моддани ҳажмий ёки массавий миқдорининг процент қийматида градуировкаланади.

Модда зичлигини автоматик равишда, оқимда узлуксиз ўлчаш, ишлаб чиқариш жараёнларини ва маҳсулот сифатини автоматлаштирилган бошқариш тизимларини яратишда катта аҳамиятга эга.

Зичлик, жисм массасини (m) унинг ҳажмига (V) нисбати билан аниқланади, яъни,

$$\rho = \frac{m}{V} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

СИ тизимида зичликнинг ўлчам бирлиги, кг/м^3 .

Суюқликларнинг зичлиги температурага боғлиқ равишда ўзгаради. Зичликни температурадан боғлиқлигини қуйидаги тенглама бўйича аниқлаш мумкин.

$$\rho_t = \rho_{t^1} (1 - \beta(t - t^1))$$

ρ_t, ρ_{t^1} – суюқлик зичлигининг қандайдир температурадаги (t^1) ва нормал температурадаги ($t=20^\circ\text{C}$) қиймати;

β – t дан t^1 гача (20°C дан t^1 гача) чегарада суюқлик ҳажмий иссиқлик кенгайиши ўртача коэффициент.

Ишлаш принципи бўйича суюқлик зичлигини ўлчовчи асбоблар қалқовучли (ареометрик), оғирлик бўйича (пикнометрик), гидростатик, радиоактив ва бошқа турларга бўлинади.

Бундан ташқари зичликни ўлчовчи асбобларни икки турга бўлиш мумкин: бевосита ўлчаш усуллари – қалқовучли, пикнометрик ва пьезометрик зичлик ўлчагичлари; суюқлик зичлигига боғлиқ равишда ўзгарувчи физик ҳодисалардан фойдаланишга асосланган билвосита ўлчаш усуллари.

Қалқовучли зичлик ўлчагичлари

Қалқовучли зичлик ўлчагичлари икки гуруҳга бўлинади:

- 1) сузиб турувчи қалқовучли;
- 2) суюқликга тўла чўкиб турувчи қалқовучли.

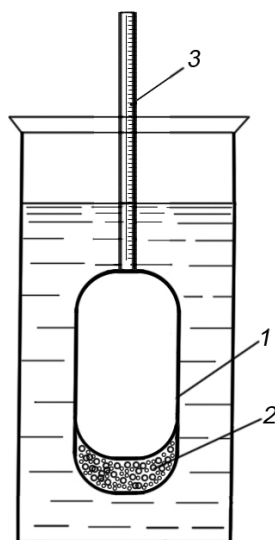
Сузиб турувчи қалқовучли зичлик ўлчагичларда, зичликнинг ўзгариши билан, маълум форма ва массага эга бўлган қалқовучнинг чўкиб турган қисмининг чўкиш даражаси ўзгаради.

Бу зичлик ўлчагичларнинг ишлаши Архимед қонунига асосланган бўлиб, суюқликга туширилган жисм, ўзининг оғирлигига тенг бўлган ҳажмдаги суюқликни сиқиб чиқаради. Зичлик ўзгариши билан қалқовучни чўкиш даражаси ўзгаради, яъни, қалқовуч оғирлигига тенг бўлган сиқиб чиқарилган суюқлик ҳажми ўзгаради.

Зичлик ортиши билан қалқовуч тепага қараб силжийди, чунки, энди нисбатан кам ҳажмдаги суюқлик ҳажми оғирлиги қалқовуч оғирлигига тенг бўлади.

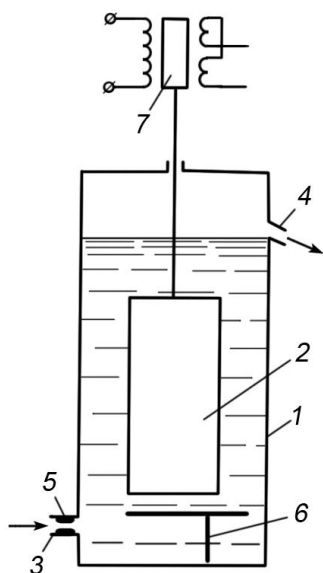
Бу қалқовучли зичлик ўлчагичларга ареометрларни мисол қилиш мумкин. Бу асбоблардан ҳар хил эритмалар зичлигини лаборатория шароитида ўлчаш учун фойдаланилади (экспрес-усул).

Ареометр – бу шкалали (3) шиша қалқовуч (расм 143). Бу қалқовучнинг чўкиш даражаси қалқовуч оғирлигига (шиша цилиндри 1 кўринишидаги қалқовучга солинган дроблар (2) миқдорига) ва ўлчанаётган эритма зичлигига боғлиқ бўлади. Қалқович оғирлиги ўзгармас бўлганлиги сабабли, қалқовучнинг чўкиш даражаси фақат эритма зичлигига боғлиқ бўлади.

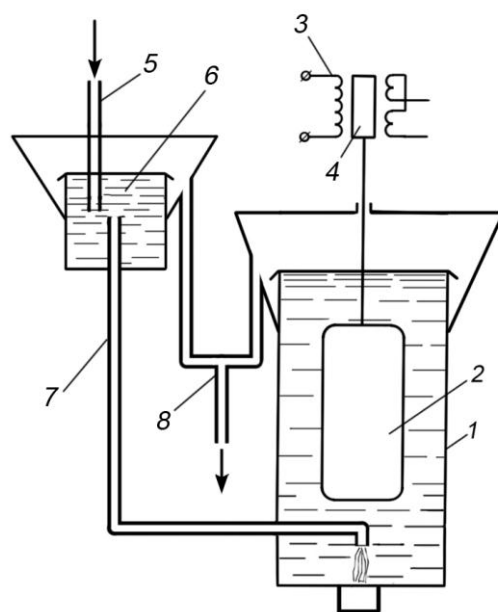


Расм 143

Ишлаб чиқаришда зичликни ўлчаш учун, ахборотни масофага узатишга мўлжалланган дифференциал трансформатор схемали сузиб турувчи қалқовучли зичлик ўлчагичлардан фойдаланиш мумкин (расм 144).



Расм 144.



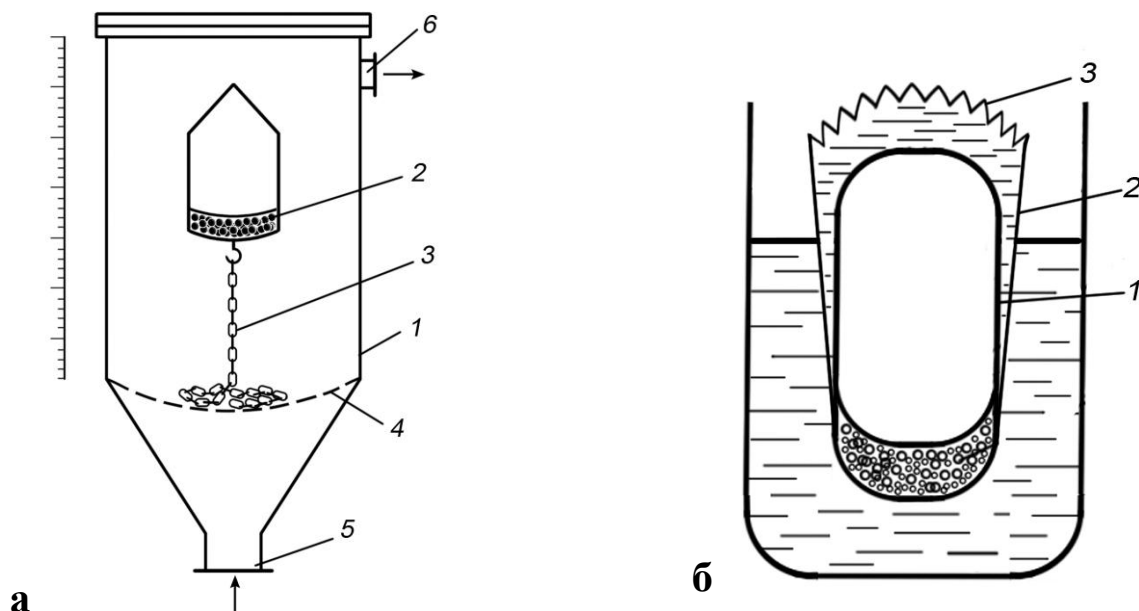
Расм 145

Зичлик ўлчагич, металдан ясалган қалқовуч 2 сузиб турувчи ўлчаш идишидан 1 ташкил топган. Ўлчанаётган суюқлик, сарфни стабиллашга мўлжалланган ўзгармас дроссель 5 ўрнатилган патрубок 3 орқали берилиб, патрубок 4 орқали чиқариб юборилади. Зичликнинг ўзгариши қалқовучни (2) ва у билан уланган ўзакни (7) силжишига сабаб бўлади. Ўзакни ўрамлар орасидаги силжиши, дифференциаль – трансформатор схемали сигнал ўзгартиргич чиқиш электр сигналини ўзгартиради. Идиш ичида оқим тўлқинларининг таъсирини камайтириш мақсадида тўлқин қайтаргичлар (6) ўрнатилган.

Ўлчов асбоби хатолиги $\pm 1\%$. Камчилиги – ўлчанаётган мухит сарфининг ўзгариши билан, патрубок 4 орқали тошиб ўтаётган суюқлик сатхининг ўзгариши натижасида қўшимча хатоликларнинг пайдо бўлиши ва ўлчамларининг катталиги.

145-расмда келтирилган сузиб турувчи қалқовучли зичлик ўлчагичи конструкциясида ўлчов асбоби кўрсатишига сарф ўзгаришининг таъсири, тошиб ўтувчи идишда (6) суюқлик устуни босими ўзгармас бўлиши сабабли, йўқотилади. Бу ерда: 1-идиш; 2-қалқовуч; 3-силжишнинг электр сигнал ўзгартиргичи; 4-ўзак; 5 ва 7 –трубка; 8-чиқарувчи трубка.

146-расмда Юсупбеков Н.Р. ва Тошпўлатов Х.П. муаллифлигида яратилган қалқовучли зичлик ўлчагичларнинг чизмаси келтирилган.



Расм 146.

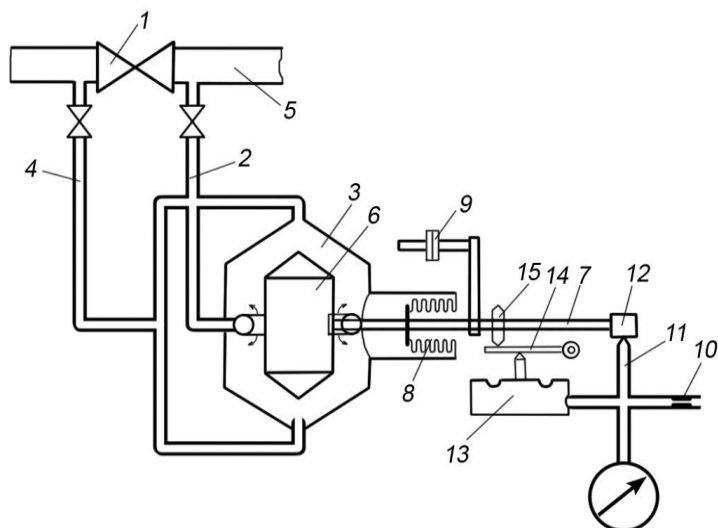
Қалқовучли зичлик ўлчагичларнинг асосий камчиликларидан бири бу уларнинг ўлчамларининг катталиги. Бу камчилик тўла чўкиб турувчи қалқовучли зичлик ўлчагичларда йўқ, чунки уларда қалқовучнинг чўкиш чуқурлиги амалда ўзгармайди ҳисоб.

Тўла чўкиб турувчи қалқовучли зичлик ўлчагичларнинг ишлаши, сузиб турувчи қалқовучли зичлик ўлчагичларнинг ишлаши каби, Архимед қонунига асосланган. Фарқи шундаки, биринчи ҳолатда қалқовуч ўлчанаётган мухитга тўла чўкиб туради, иккинчи ҳолатда эса, қисман.

Суюқлик зичлиги ўзгариши билан, қалқовучга таъсир қилаётган Архимед кўтариш кучи ўзгаради. Сузиб турувчи қалқовучли зичлик ўлчагичларда, бу куч унинг чўкиб туриш даражасига қараб, қалқовуч оғирлиги билан мувозанатланади. Тўла чўкиб турувчи қалқовучли зичлик ўлчагичларда чўкиш даражаси ўзгармай қолади ва суюқлик зичлигига пропорционал бўлган Архимед кўтариш кучи қалқовуч оғирлигидан ташқари **махсус қурилма** билан мувозанатланади.

Пневматик сигнал ўзгартиргичли зичлик ўлчагич 147-расмда келтирилган.

Веньтиль 1 да ёки торайтриш қурилмаси ёрдамида ҳосил қилинган босимлар фарқи таъсирида суюқлик труба 2, айланма тақсимлагич орқали ўлчаш камераси 3 га бир текисда тақсимланади ва чиқиш патрубкालари ва труба 4 орқали яна технологик трубапроводга (5) берилади. Ўлчанаётган модда сарфи $0,75 \text{ м}^3/\text{соат}$.



Расм 147.

6-қалқовуч; 7-коромысло; 8- сильфон; 9-қарши оғирлик; 10-ўзгармас дроссель; 11-сопло; 12-заслонка; 13-мембранали коробка; 14-ричаг; 15-ролик.

Суюқлик зичлиги ўзгариши билан, қалқовучга таъсир этаётган кўтариш кучи ўзгаради, ва қалқовуч бу куч таъсирида у ёки бу томонга қараб ҳаракатланади. Қалқовуч силжиши натижасида сопло ва заслонка орасидаги масофа ўзгаради. Бунда, дросселлар орасидаги ораликда ва мембрана коробкasiдаги босим ўзгаради. Бу ўзгариш, ричаг 14 ва ролик 15 орқали коромислога (7) таъсир этаётган акс таъсир кучи зичлик ўзгариши натижасида ҳосил бўлган Архимед кўтариш кучи билан мувозанатлангунча давом этади. Шундай қилиб, сигнал ўзгартиргич чиқишидаги босимнинг ўзгариши қалқовучга таъсир этаётган кўтариш кучига пропорционал бўлади, яъни, ўлчанаётган суюқлик зичлигига мос бўлади.

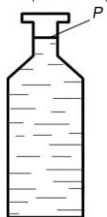
Ўлчаш чегараси 50 кг/м^3 дан бошланади.

Бошқа зичлик ўлчагичлари каби, қалқовучли зичлик ўлчагичларда ҳам, ўлчанаётган эритма температурасининг ўзгариши ўлчаш натижасига таъсир кўрсатади. Температуранинг таъсирини йўқотиш учун ҳар хил температурани компенсациялаш схемаларидан фойдаланилади.

Оғирлик (пикнометрик) зичлик ўлчагичлари

Зичликни ўлчашда энг кўп тарқалган ва аниқ усуллардан бири бўлиб оғирлик усули ҳисобланади.

Оғирлик зичлик ўлчагичларининг ишлаши ўзгармас ҳажмдаги модда оғирлигини ўлчаб зичликни аниқлашга асосланган. Бу зичлик ўлчагичларининг энг соддаси лаборатория пикнометри ҳисобланади (расм 148). Бу ўзгармас ҳажмга эга бўлган идишга, маълум ҳажмда (масалан, 2 см^3), ўлчанаётган суюқлик қуйилади (идиш тепа қисмидаги чизиқгача “р”) ва унинг оғирлиги торозида тортиб аниқланади.

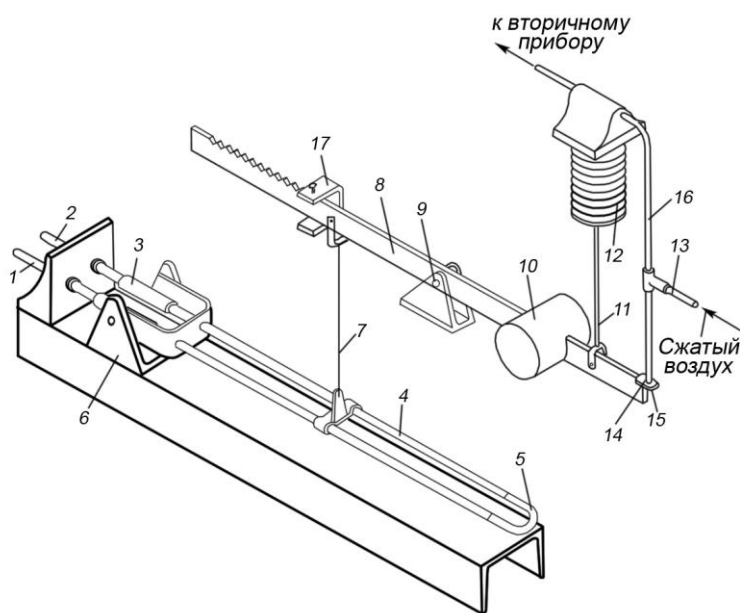


Оғирлик зичлик ўлчагичларининг саноат намуналарида, бу асбобдан узлуксиз ўтаётган маълум ҳажмдаги суюқликнинг оғирлиги автоматик равишда ўлчаб борилади.

Расм 148.

Пневматик сигнал ўзгартиргичли оғирлик зичлик ўлчагичи (ДУВ- 1) чизмаси 149-расмда келтирилган.

Ўлчанаётган эритма ўлчов асбобига 2-трубадан берилиб, 1-трубадан чиқариб юборилади. Бунда, эритма зичлиги ўзгариши билан, халқасимон труба 4 даги ўзгармас хажмдаги эритманинг оғирлиги ўзгаради ва кириш ва чиқиш трубаларини (1 ва 2) халқасимон трубага (4) сиффон 3 ёрдамида уланганлиги сабабли, у скоба 6 атрофида айланишни бошлайди. Трубанинг силжиши таяга 7 орқали рычаг (8) га берилади ва унинг ўқ (9) атрофида айланиши натижасида сопла 14 ва заслонка 15 орасидаги масофа ўзгаради. Натижада, пневматик сигнал ўзгартиргич чиқишидаги, яъни, иккиламчи асбобга ва акс таъсир сиффони (12) берилаётган босим ўзгаради. Чиқишдаги босим ўзгариши рычаг (8) га пастдан таъсир қилаётган кучни (зичлик ўзгариши ҳисобига ҳосил бўлган куч), тепадан таъсир этаётган акс таъсир кучи (чиқишдаги ва акс таъсир сиффонидаги босимнинг ўзгариши натижасида ҳосил бўлган куч) билан мувозанатлангунча давом этади. Бунда, заслонка 15 сопло (14) га нисбатан маълум ҳолатни эгаллайди ва чиқишдаги босим, ўлчанаётган эритма зичлиги ўзгаришига пропорционал бўлади.



Расм 149.

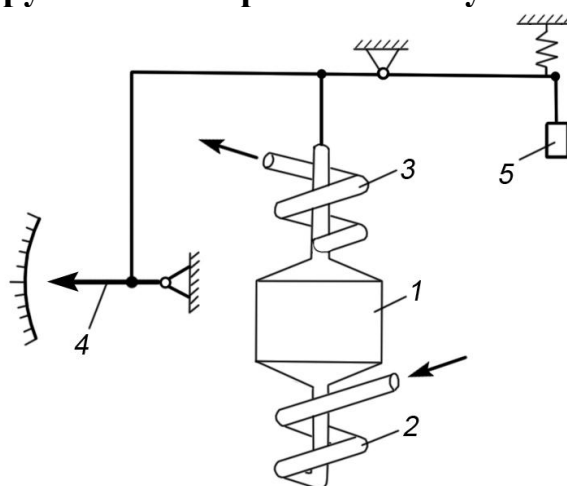
1,2-трубалар; 3-сиффон; 4-халқасимон труба; 5-ечиладиган тирсак; 6-скоба; 7,11-таягалар; 8-рычаг; 9-ўқ; 10-қарши юк (**противовес**); 12-акс таъсир сиффони; 13-16-трубкалар; 14-сопла; 15-заслонка; 17-**упор**.

Ўлчаш чегарасини рычагнинг чап қисмидаги кесилган жойларга ҳар хил оғирликдаги юкларни қўйиб ўзгартирилади ($500-2500 \text{ кг/м}^3$). Ўлчов асбобининг аниқлик синфи $\pm 1\%$. Эритма температураси ўзгариши билан унинг зичлиги ўзгаради ва бу қўшимча хатоликларга сабаб бўлади. Термокомпенсацияли оғирлик зичлик ўлчагичлари ҳам ишлаб чиқилган (ДУВ-ТК-101). Бу ўлчов асбобларида температуранинг ўзгариши билан суюқлик зичлиги ўзгаради, натижада халқасимон

труба 4 оғирлиги ўзгариб, рычаг (8) га берилаётган куч ўзгаради. Эритма температураси ўзгариши билан, труба киришига ўрнатилган термобаллон, капилляр трубка ва сильфондан ташкил топган берк хажмидаги босим ҳам ўзгаради. Ушбу берк тизим хажмини, ундаги босим ўзгариши ҳосил қилаётган куч, температура ўзгариши натижасидаги зичликни ўзгариши ҳосил қилган кучни компенсациялашга етарли бўладиган қилиб ҳисоблаш керак бўлади.

Устройство термокомпенсации представляет собой монотрический термометр, манометрическая трубка, которого связана с рычагом, несущим компенсационный груз. При изменении температуры жидкости этот груз, перемещаясь относительно оси вращения трубы, изменяет момент сил на величину, равную изменению момента (на противоположно направленную к нему), вызванного температурным отклонением плотности контролируемой среды. Величина термокомпенсации настраивается перемещением груза вдоль рычага и подбором его массы (Авторы: Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Мавлянова Б.А.).

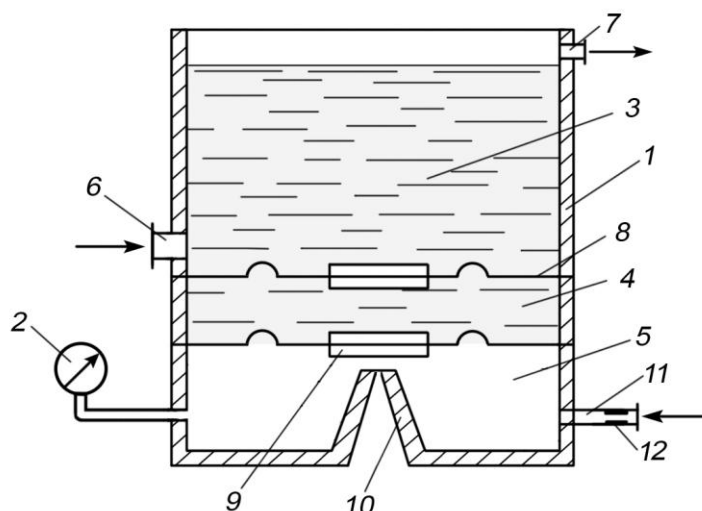
Пружинали оғирлик зичлик ўлчагичи



Расм 150.

Бу ўлчов асбобида (расм 150) ўлчанаётган эритма узлуксиз равишда, спирал кўринишида ўралган, 2 ва 3 эластик трубкаларга осиб кўйилган 1-идишдан ўтказилади. Спирал эластик трубкалар орқали берилаётган ўлчанаётган суюқлик зичлиги ўзгариши билан ўлчаш идиши 1 оғирлиги ўзгаради ва спираль трубкаларнинг эластиклиги сабабли, зичликнинг ўзгариши идишнинг пропорционал силжишига сабаб бўлади. Бу силжиш, силжишни компенсацияловчи сигнал ўзгартиргичга ёки рычаглар тизими орқали ўлчов асбоби стрелкасига узатилиши мумкин. Зичлик ўлчагич ўлчаш диапазони юк 5 ни алмаштириб ўзгартириш мумкин.

Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Мухаммедов Б.И., Хакимов Р.А. лар таклиф қилган оғирлик зичлик ўлчагичи (расм 151) корпус 1 ва иккиламчи асбобдан (2) ташкил топган. Зичлиги ўлчанаётган суюқлик узлуксиз равишда 6-штуцердан берилиб, камера 3 орқали ўтади ва чиқиш штуцери 7 орқали асбобдан чиқиб кетади. Суюқлик зичлиги ўзгариши билан 3-камерадаги суюқлик оғирлиги ўзгаради ва оғирлик кучи таъсирида мембрана 8 деформацияланиб эгилади.



Расм 151.

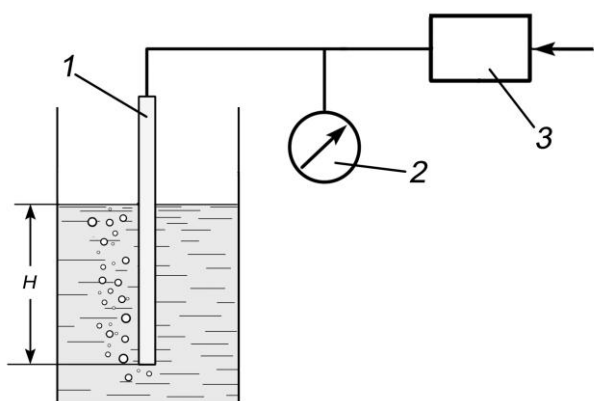
Мембрана 8 эгилиши, буфер суюқлик билан тўлдирилган камера 4 орқали мембрана 9 га таъсир этади ва уни ҳам деформацияланишига сабаб бўлади. Натижада, мембрана 9 туби ва сопло 10 орасидаги масофа ўзгаради ва бу ўзгармас дроссель 12 ва сопло 10 – заслонка 9 орасидаги бўшлиқдаги (камера 5), ҳамда, чиқишдаги хаво босимини ўзгаришига сабаб бўлади. Бу суюқлик зичлигига пропорционал бўлган босим, масофадан ўлчаш учун иккиламчи асбобга узатилиб, ўлчанади.

Гидростатик зичлик ўлчагичлари

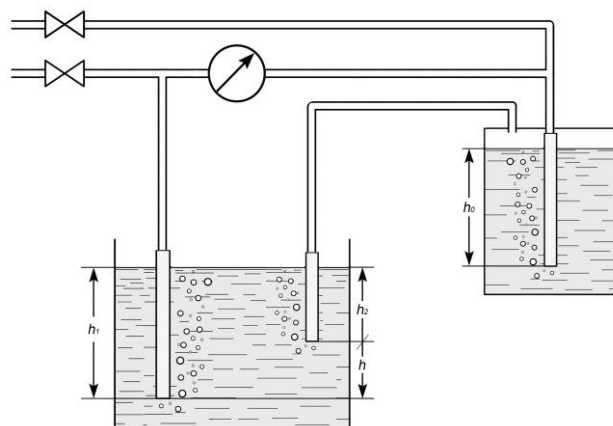
Бу зичлик ўлчагичларнинг ишлаши, эритма зичлиги ўзгаришини суюқлик устуни босими ўзгаришини ўлчаб аниқлашга асосланган (сатх ўзгармас бўлганда).

$$P = \rho g H$$

Гидростатик зичлик ўлчагичларда суюқлик устуни босими билвосита усул билан пьезометрик трубкага берилаётган хаво босимини ўлчаб аниқланади. Пьезометрик трубкадаги босим суюқлик устуни босими билан бир хил ўзгаради (расм 152).



Расм 152.



Расм 153.

Суюқлик сатхи ўзгариши билан кўшимча хатолик пайдо бўлади. Бу хатоликни йўқотишга 153-расмда келтирилган схема ёрдамида эришиш мумкин.

Бунда, икки идишдаги суюқлик устунлари босимлари фарқи дифманометр ёрдамида ўлчанганлиги сабабли сатх ўзгаришининг ўлчаш натижаларига таъсири йўқотилади. Ўлчанаётган босимлар фарқи,

$$\Delta P = P_1 - P_2 \quad \text{бу ерда,}$$

$$P_1 = h_1 \rho g = (h + h_2) \rho g;$$

$$P_2 = h_0 \rho_0 g + h_2 \rho g, \quad \text{бундан,}$$

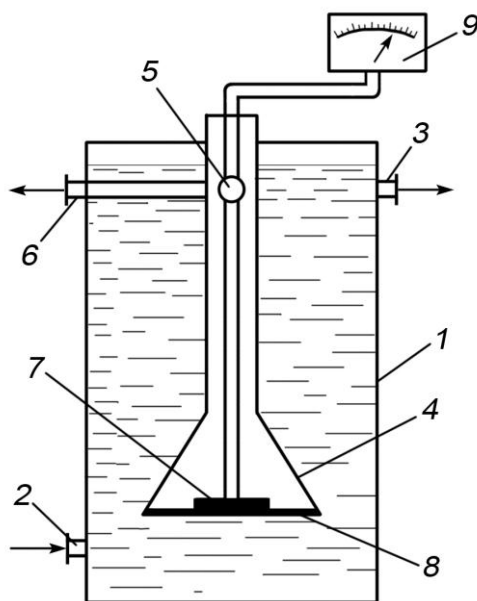
$$\Delta P = h_2 \rho g + h \rho g - h_0 \rho_0 g - h_2 \rho g = h \rho g - h_0 \rho_0 g \text{ где,}$$

$h_0 \rho_0 g = \text{const}$, бўлганлиги сабабли $\Delta P = f(\rho)$. Пьезометрик трубкага хаво хавони тайёрлаш қурилмаси (БПВЦ) орқали берилади. Бу қурилмага редуктор, манометр ва назорат стаканчаси киради. Редуктор ва назорат стаканчаси ёрдамида хаво секундига 1-2 тадан (минутига 60-100) пуфакча чиқишига созланади.

Пьезометрик зичлик ўлчагичларнинг тўла чўкиб турувчи ДПМ-6 ва **проточный** ПМ типлари ишлаб чиқарилади. Проточный датчикларнинг КМ-1, КМ-3 и КМ-4 типлари трубапроводларга ўрнатишга мўлжалланган.

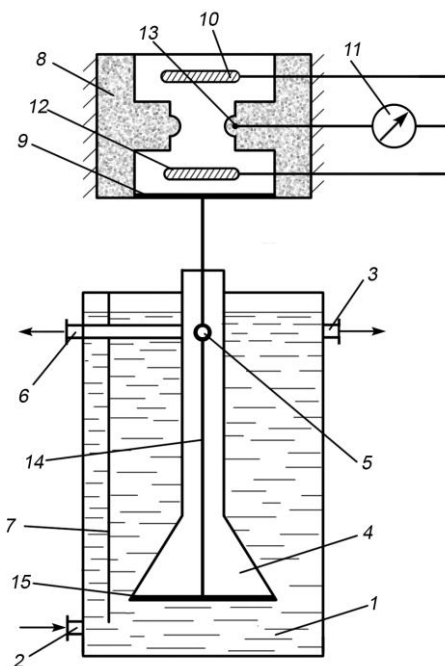
Зичлик ўлчагичларининг ўлчаш диапазони 400-800 кг/м³. Хатолиги $\pm 4\%$.

Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Мухаммедов Б.И., Хакимов Р.А. лар таклиф қилган тензодатчикли гидростатик зичлик ўлчагичда ўлчанаётган суюқлик узлуксиз равишда идиш (1) га штуцер 2 орқали берилиб, штуцер 3 орқали чиқариб юборилади (расм 154). Бунда, зичлиги ўлчаш учун берилаётган суюқлик сарфи ўзгармас бўлганда, гидростатик зичлик ўлчагичдаги суюқлик сатхи ўзгармас бўлади. Ўлчанаётган суюқлик зичлигига температура ўзгариши таъсирини компенсациялаш мақсадида идиш 1 ичига, зичлиги ўлчанаётган суюқлик зичлигининг энг кичик қийматида тенг бўлган эталон суюқлик билан тўлдирилган термокомпенсатор (идиш) 4 ўрнатилган. Эталон суюқлик тирқиш 5 орқали берилиб, штуцер 6 орқали чиқриб юборилади. Шу йўл билан **сатхни ўзгармаслигига, балласт босимни ва** ўлчанаётган суюқлик температураси ўзгаришининг зичликка таъсири компенсацияланишига эришилади. Ўлчанаётган суюқлик зичлиги (концентрацияси) ўзгариши тензодатчик 7 қаршилигининг ўзгаришига сабаб бўлади. Тензодатчик автоматик кўприк 9 схемасининг бир елкасига уланиб ўлчанади.



Расм 154.

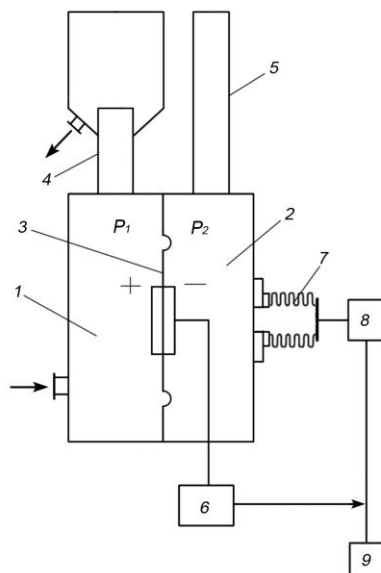
Химотрон датчikli гидростатик зичлик ўлчагич (расм 155). Ушбу қурилма олдинги қурилмага ўхшаш бўлиб, ундан фарқи, тензодатчик ўрнига химотрон датчик ўрнатилган бўлиб, унинг мембранаси 9 эталон суюқлик тўлдирилган идишдаги (4) бикир элемент 15 билан шток 14 ёрдамида уланган. Ўлчанаётган эритма зичлиги ўзгариши билан бикир элемент 15 деформацияланиб эгилади ва шток 14 ёрдамида эластик мембрана 9 ни силжитади. Мембрананинг эгилиши натижасида электронлар анод камерасидан катод камерасига ўтишни бошлайди ва бу амперметр занжиридаги токнинг ўсишига олиб келади. Амперметр шкаласини зичлик бирлигида градуировкалаш мумкин.



Расм 155.

1-идиш; 2,3,6-потрубкaлар; 4-эталон суюқлик узлуксиз ўтиб турадиган ички идиш; 5-дарча; 7-тўсиқ; 8-химотрон датчик; 9-эластик мембрана; 10-қўшимча катод; 13-асосий катод; 14-шток; 11-батарея; 12-анод; 15-бикир элемент.

Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Мавлянкариев Б.А. лар таклиф қилган гидростатик дифманометрик зичлик ўлчагичлар 156 ва 157-расмларда келтирилган.

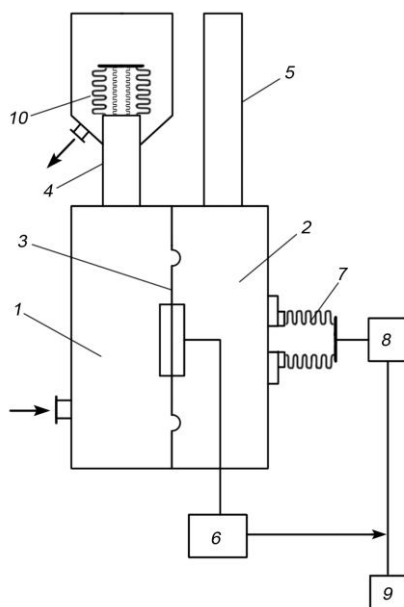


Расм 156.

1-ишчи камера; 2-эталон суюқликли камера; 3-мембрана; 4-ишчи труба; 5-компенсацион труба; 6-пневматик сигнал ўзгартиргич; 7-сильфон; 8-ижрочи механизм; 9-иккиламчи асбоб.

Бу зичлик ўлчагичнинг ишлаши зичлиги ўлчанаётган ўзгармас сатхли суюқлик устуни босимини эталон суюқлик устуни билан мувозанатланишига асосланган. Зичлик ўзгариши тўғрисидаги сигнал, пневматик сигнал ўзгартиргич 6, ижрочи механизм 8 ва сильфон 7 ни ўз ичига олган компенсациялаш схемаси киришига берилади. Компенсациялаш схемаси чиқиш сигнали, сатхи ўзгарувчи эталон суюқлик камерасига (2) уланган. Ундаги сатх ўзгариши мембранага таъсир қилаётган босимни ўлчанаётган суюқлик босимига тўғри пропорционал равишда ўзгаришига сабаб бўлади ва бу ўзгариш мембрана силжиши компенсациялангунча давом этади. Иккиламчи асбоб 9, бу зичлик ўзгариши натижасидаги мембрана 3 силжишини эталон суюқлик устуни ўзгариши билан компенсацияловчи босимни ўлчайди. Ишчи труба узунлигини ва эталон суюқлик зичлигини ўзгартириб, ўлчаш диапозонини ўзгартириш мумкин.

Ишлаб чиқаришда температуранинг ўзгариши, зичликни ўлчашда маълум хатоликларга сабаб бўлади. Шунинг учун температура ўзгаришини компенсациялаш схемаларини ишлаб чиқиш талаб қилинади. Масалан, ишчи камера 1 киришида газли манометрик термометр термобаллони ўрнатилади. Температура ўзгариши билан термобаллон ичидаги газ босими ўзгариши оралиқ сильфонга таъсир этади ва у узатиш механизмлари орқали ишчи сильфонга (7) таъсир этади. Бу таъсир натижасида сильфон кўшимча деформацияланиб, эталон суюқлик сатхи ўзгаради. Натижада, температура ўзгариши (20°C дан) таъсири сатхнинг ўзгариши билан компенсацияланади.



Расм 157.

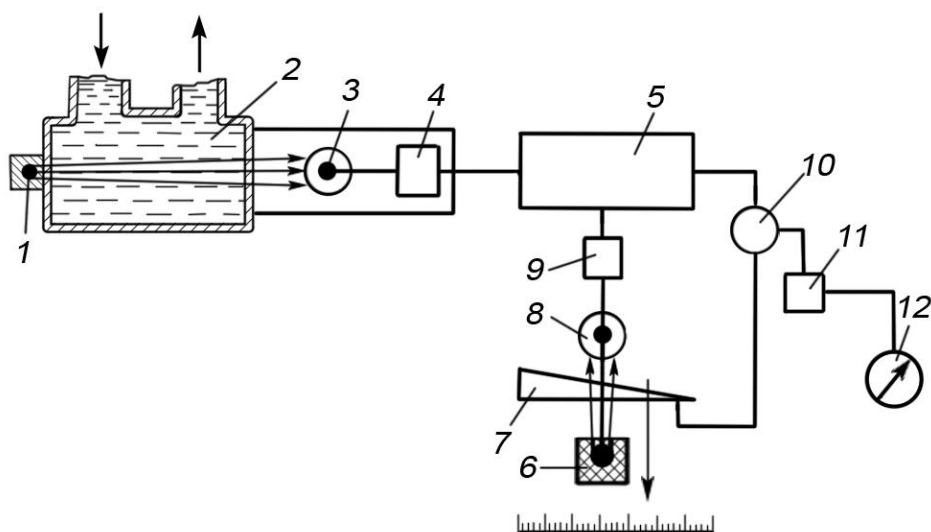
Гидростатик дифманометрик зичлик ўлчагичнинг бошқа термокомпенсацияли конструкциясида, ишчи трубканинг бир қисми термокомпенсатор ҳисобланади (расм 157). Термокомпенсаторни (10), бир-бирига киритилган икки сильфон кўринишида тасаввур қилиш мумкин. Сильфонлар

орасидаги бўшлиқ хажмий кенгайиш коэффиценти белгиланган қийматга эга бўган суюқлик билан тўлдирилади. Термокомпенсатор ички юзаси ўлчанаётган суюқлик билан контактда бўлганлиги сабабли, ўлчанаётган суюқлик температурасининг ўзгариши, термокомпенсатор ичидаги суюқлик температурасини ўзгаришига сабаб бўлади. Сильфонлар орасидаги суюқликнинг хажмий кенгайиши натижасида ишчи трубкадаги суюқлик сатхи, термокомпенсатор чўзилиши сабабли ўзгаради.

Радиоизотоп зичлик ўлчагичлари

Зичликни ўлчаш ўлчанаётган мухитдан ўтаётган γ -нурларнинг интенсивлигини ўзгаришини аниқлашга асосланган.

ПЖР-2 радиоизотоп зичлик ўлчагичнинг принципаал блок схемаси 158-расмда келтирилган.



Расм 158.

1 ва 6- γ - нурланиш манбааси; 2- ўлчаш объекти; 3 ва 8 – γ - нурланишни қабул қилгич; 4 ва 9 – **формирующий** блоклар; 5 – электрон кучайтиргич – сигнал ўзгартиргич; 7 – металллик клин; 10 – реверсив юритма (РД); 12 – иккиламчи асбоб (ВП); 11 – дифференциал – трансформаторли сигнал ўзгартиргич.

Бу зичлик ўлчагичларида γ - нурланиш манбааси (C_0^{60} , C_5^{137}) ва γ - нурланишни қабул қилгич (3) тўғридан-тўғри технологик трубапроводда ўрнатилиши мумкин. Нурланиш манбаи (1) дан чиқаётган γ - нурлар объект 2 деворларидан ва суюқлик қатламидан ўтиб, 3 – γ - нурланишни қабул қилгичга келиб тушади. Ўлчанаётган зичликга пропорционал бўлган электр сигнали блок (4) дан ўтиб электрон кучайтиргич (5) га узатилади (ишчи канал). Электрон кучайтиргичга яна қўшимча қурилмалардан (6, 7, 8, 9) ҳам сигналлар келиб тушади (солиштириш канали). Уларнинг фарқлари электрон кучайтиргичда кучайтирилиб, реверсив юритма (10) га узатилади. Реверсив юритма 10 ротори кинематик равишда оптик клин 7 билан, ҳамда, дифференциал трансформаторли сигнал ўзгартиргич ўзаги ва иккиламчи асбоб 12 билан боғланган. Реверсив юритмага берилаётган сигнал катталигига ва ишорасига қараб, РД металл клинни фарқ сигнал нолга тенг бўлгунча суради. Клиннинг сурилиш даражаси ўлчанаётган зичликга пропорционал бўлади. Ўлчаш чегараси 600 - 2000 кг/м³. Ўлчаш хатолиги $\pm 2\%$.

МАҲСУЛОТЛАРНИНГ ҚОВУШҚОҚЛИГИНИ ЎЛЧАШ УСУЛЛАРИ ВА АСБОБЛАРИ

Ўз вақтида Ньютон, қовушқоқлик бу суюқликларнинг унинг заррачаларини силжишига сабаб бўлган кучларга қаршилиқ қилиш хусусияти деб айтган эди.

Кўп маҳсулотлар учун қовушқоқлик уларнинг таркиби ва сифатини белгиловчи катталик ҳисобланиб, қовушқоқлик бўйича маҳсулот тайёрлиги аниқланади.

Қовушқоқликни ўлчаш заруратини қуйидаги мисоллардан кўриш мумкин:

- мазутнинг қовушқоқлиги ГРЭС блокларида мазутнинг ёниш эффективлигини белгилайди. Мазут қовушқоқлиги юқори бўлса, захарли газларнинг чиқиши ва тутун ажралишининг ортиши атроф муҳитни ифлослайди;

- пластмасса ва бошқа синтетик маҳсулотлар учун қовушқоқлик асосий сифат кўрсаткичи ҳисобланади;

- суюқ совун, бўёқлар, клей, олиф ва лаклар тайёрлашда уларнинг қовушқоқлигини билиш керак;

- керамик маҳсулотлар ишлаб чиқаришда клинкернинг ва глазурилларнинг қовушқоқлиги ўлчанади;

- ювувчи порошок композицияларининг тайёрлиги қовушқоқликга боғлиқ;

- кимёвий толаларни ишлаб чиқаришда ишлатиладиган эритмаларни тайёрлашда уларнинг қовушқоқлиги ўлчанади;

- ёғ-мой саноатида ёғ ва мой кислоталарининг қовушқоқлигини ўлчаб назорат қилинади;

- виноларни тайёрлашда узум суслосини қовушқоқлиги ўлчанади;

- ҳар хил мевалар сокининг сифатини қовушқоқликни ўлчаб аниқланади;

- фармацевтикада ҳар хил мазларни ва экстрактларнинг қовушқоқлигини ўлчаш керак бўлади ва ҳақозо.

Динамик (μ) ва кинематик (ν) қовушқоқлик мавжуд. Бирликларнинг Халқаро тизимида динамик қовушқоқлик (μ) ўлчам бирлиги, $\frac{Н \cdot сек}{М^2}$, ёки, Па сек (**пуаз**), кинематик қовушқоқлик (ν) ўлчам бирлиги, $М^2/сек$, ёки $Ст = 10^{-4} м^2/С$ (стокс; санти стокс).

Қовушқоқликни ўлчаш учун, қуйидаги ўлчаш усулларига асосланган вискозиметрлардан (қовушқоқлик ўлчагичлари) фойдаланилади:

- 1) (метод истечения);
- 2) эркин тушиш усули;
- 3) айлантириш моменти усули (ротацион);
- 4) вибрацион усул;
- 5) ультротовуш усули.

Қовушқоқликни ўлчашда, материалларнинг қовушқоқлиги температура ўзгариши билан ўзгаришини ҳисобга олиш керак бўлади. Шунинг учун, қовушқоқликни ўлчашда, материалларнинг температурасини ўзгармас қийматда ушлаб туриш керак.

Капилляр вискозиметрлар

Бу вискозиметрларнинг ишлаши суюқликларнинг капилляр трубкалардан оқиш қонунига (Пуазейл қонуни) асосланган.

$$G = k \frac{\pi d^4 \cdot g}{\mu l} \cdot \Delta p$$

Бу ерда, G - трубкадан оқиб ўтаётган суюқлик сарфи;

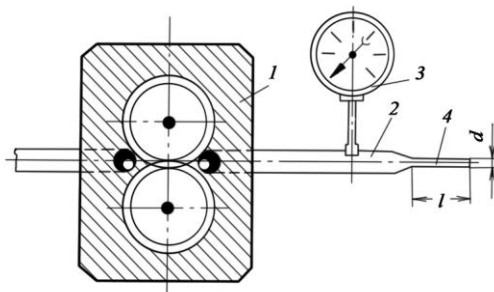
d - трубка диаметри, L – капилляр узунлиги;

μ - суюқликнинг динамик қовушқоқлиги;

g – эркин тушиш тезланиши; k – ўзгармас коэффициент;

ΔP – трубканинг боши ва охиридаги босимлар фарқи.

Тенгламадан кўриниб турибдики G , k , d , L , g ларнинг ўзгармас қийматларида $\mu = k_1 \Delta P$ бўлади, яъни, капилляр трубканинг ўзгармас диаметри ва узунлигида, ўлчанаётган маҳсулот қовушқоқлиги ўзгаришига пропорционал равишда капилляр трубкадаги босимлар фарқи (ΔP) ўзгаради.

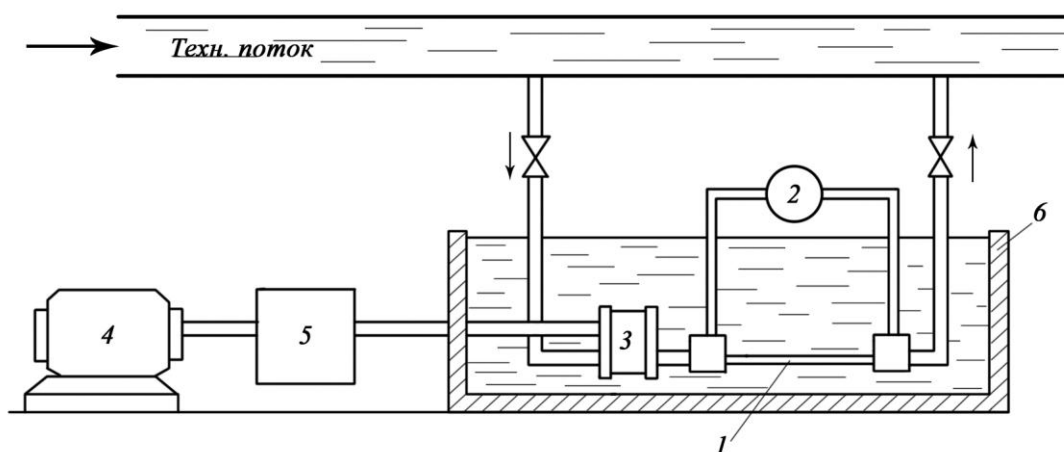


Расм 159.

Синхрон электр юритма ёрдамида шестеренкали насос 1 ишлатилиб, қовушқоқлиги ўлчанаётган суюқлик ўзгармас сарф билан, капилляр 4 билан тугайдиган напор трубка 2 га берилади (расм 159). Напор трубка 2, шкаласи қовушқоқликда градуировкаланган манометр (дифманометр) 3 билан уланган. Суюқлик қовушқоқлиги ўзгариши билан напор трубкадаги босим ўзгаради ва у манометр 3 (дифманометр) ёрдамида ўлчанади. Капиллярнинг узунлиги ва диаметри суюқлик қовушқоқлигининг ўлчаш диапазонида қараб танланади (0,001÷10 Па.с). Ўлчов асбоби хатолиги ±2%.

Температуранинг рухсат этилган ўзгариши ± 1°C.

Автоматик капилляр вискозиметри



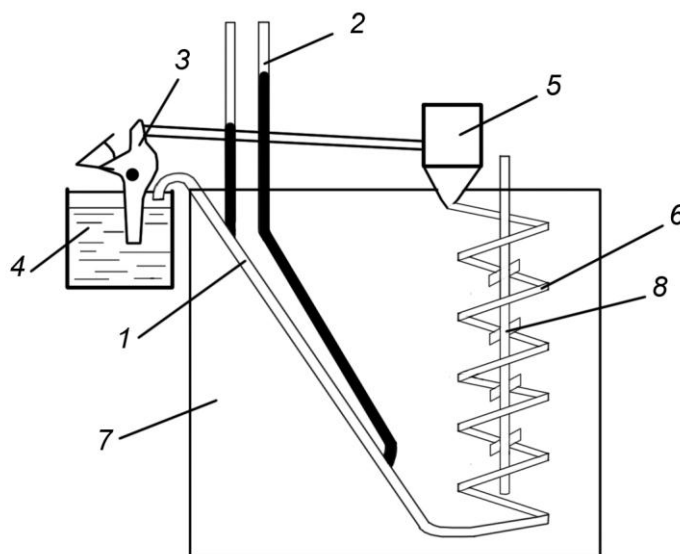
Расм 160.

1- капилляр трубка; 2-дифмонометр; 3-шестеренкали насос; 4-синхрон электр юритма; 5-редуктор; 6-ёғли термостат.

Технологик оқимдан ўлчанилаётган суюқлик намунаси шестеренкали насос ёрдамида ажратиб олинади (расм 160). Капилляр трубка 1 дан ўтаётган ўлчанилаётган суюқлик сарфи ва температурасининг ўзгармаслиги сабабли капилляр трубка боши ва охиридаги босимлар фарқи фақат қовушқоқлик ўзгаришига боғлиқ бўлади.

Бу вискозиметрда олдинги вискозиметрга ўхшаб капилляр трубкага кираверишдаги напор эмас, балки, капилляр трубканинг боши ва охиридаги босимлар фарқи ўлчанади. Шунинг учун ўлчаш аниқлиги ортади.

Ташпулатов вискозиметри



Расм 161.

1-капилляр трубка; 2- капилляр трубка боши ва охиридаги босимни ўлчовчи трубкалар; 3-насос; 4- резервуар; 5- компенсацияловчи идиш; 6- змеевик кўринишидаги иситгич; 7- термостат; 8- аралаштиргич.

Вискозиметр (расм 161), босимлар фарқини ўлчашга мўлжалланган пьезометрик трубка (2) лар уланган, асосий ўлчаш (капилляр) трубкадан (1) ташкил топган.

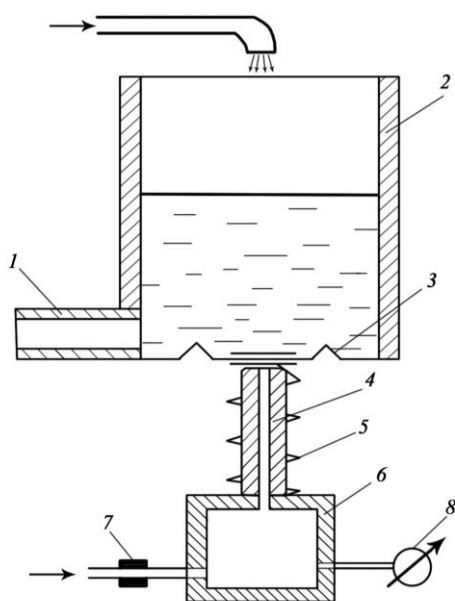
Суюқлик насос 3 ёрдамида резервуардан (4) компенсацияловчи идишга ва сўнгра змеевик кўринишидаги иситгич ва капилляр трубка 1 орқали яна резервуарга (4) қайтиб тушади. Термостат 7 иситиш қурилмаси, термометр, терморегулятор ва аралаштиргич билан жихозланган. Пьезометрик трубкалар шкаласи қовушқоқлиги маълум бўлган суюқликлар ёрдамида градуировкаланади. Ўлчаш хатолиги 0,5 – 4,0%.

Оғирлик вискозиметрлари

Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Хакимов Р.А. лар таклиф қилган оғирлик вискозиметрида (расм 162), Пуазейл қонунига асосан, ўзгармас сарфда ўлчаш идишига (2) берилаётган суюқлик қовушқоқлигининг ўзгариши билан, бу идишдаги суюқлик сатхи ўзгаради ва шу сабабли, капилляр трубкадаги (1) босимлар фарқи, қовушқоқликга мос равишда ўзгаради. Суюқлик сатхининг ўзгариши қовушқоқлик ўзгаришига пропорционал бўлади ва бу ўзгариш, мембранага (3) таъсир қилаётган суюқлик устуни босимининг ўзгаришига сабаб бўлади. Мембрана эгилиб, сопло 4 ва заслонка 3 орасидаги масофани ўзгартиради, натижада пневматик сигнал ўзгартиргич чиқишидаги босим, гига пропорционал равишда ўзгаради.

Ўлчаш усулида қўлланилаётган конструкциянинг соддалиги ва оригиналлигига қарамасдан, бу вискозиметр камчиликлардан холи эмас. Масалан, унда қовушқоқликни ўлчашда иккиламчи асбоб кўрсатувиغا суюқлик температураси ўзгаришининг таъсири ҳисобга олинмаган. Бу камчиликни йўқотиш учун қуйидаги термокомпенсация усуллари қўллаш мумкин:

1. ўлчанилаётган эритма температурасини стабиллашга асосланган усул;
2. ўлчанилаётган эритма температурасининг ўзгариши бўйича ўлчов асбоби кўрсатувиغا коррекция киритишга асосланган усул.



- 1 – капилляр трубка;
- 2 – ўлчаш идиши;
- 3 – мембрана – заслонка;
- 4 – сопло;
- 5 – пружина;
- 6 – ҳаво камераси;
- 7 – ўзгармас дрессель;
- 8 – иккиламчи асбоб – манометр.

Расм 162.

Эркин тушувчи шарча вискозиметри

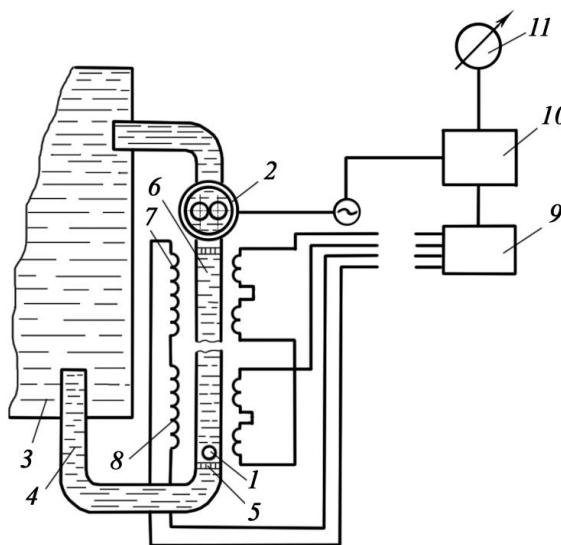
Қовушқоқликни эркин тушувчи шарча усулида ўлчаш Стокс қонунига асосланган бўлиб, унда, қаттиқ жисмни суюқликдаги эркин тушиш тезлиги унинг қовушқоқлигига боғлиқлиги кўрилган, яъни,

$$\mu = \kappa \frac{(\rho - \rho_0) \cdot g \cdot r^2}{v}$$

Бу ерда, $\rho - \rho_0$ - шарча материали ва ўлчанилаётган суюқлик зичлиги; r – шарча радиуси; v - шарчанинг эркин тушиш тезлиги; κ - ўзгармас коэффициент.

Бу тенгламани қуйидаги шартлар бажарилганда қўллаш мумкин:

1. шарча силлиқ бўлиши керак;
2. шарча, кичик тезликда ҳаракатланиши учун, кичик бўлиши керак;
3. суюқлик бир жинсли бўлиши керак.



Расм 163.

Шарча ва суюқлик орасида сирпаниш бўлиши мумкин эмас. Қаттиқ жисмни суюқликдаги эркин тушиш тезлигининг унинг қовушқоқлигига боғлиқлигидан фойдаланиб кўп эркин тушувчи шарчали вискозиметрлар яратилган. Улардан бири, дискрет равишда ишловчи эркин тушувчи шарчали автоматик вискозиметрни кўрамиз (расм 163).

Шарча 1 ишчи бўлмаган пастки чекловчи сетка 5 ёнида турган ҳолатда, насос 2 ёқилиши билан тепага кўтарилишни бошлайди ва тепадаги чекловчи сетка (6) га етганда тўхтайтиди. Шарча сетка 6 га тегиши билан насос автоматик равишда ўчади ва шарча 1 кўзғалмас муҳитда эркин тушишни бошлайди. Қовушқоқликни шарча белгиланган масофани ўтишига кетган вақт бўйича аниқланади.

Номагнит материалдан ясалган ўлчаш труба (4) га 7 ва 8 катушкalar ўралган. Катушкalar бирламчи ва дифференциал-трансформатор схемаси бўйича уланган иккиламчи ўрамлардан ташкил топган. Шарикни ўрамлар орасидан ўтишида, ўлчаш схемасининг чиқишида разбаланс сигнали пайдо бўлади ва у кучайтиргич (9) да кучайтирилади.

Релели блок 10 ва иккиламчи асбоб 11 автоматик равишда насос (2) ни ёқади ва шарчанинг эркин тушиш вақтини ҳисоблайди.

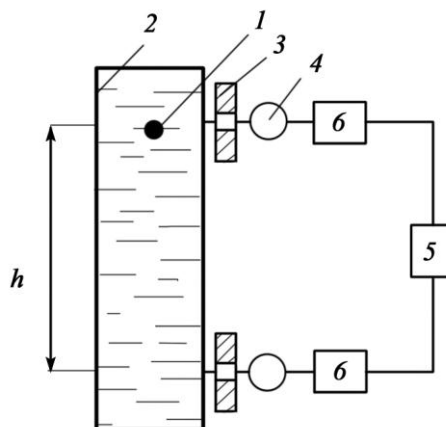
Иккиламчи асбоб сифатида дифференциал трансформатор схемали автоматик асбоб ёки, электрон секундомер қўлланилиши мумкин.

Ўлчаш диапазодини шарча ўлчамларини ўзгартириб, ўзгартирилади.

Бу ўлчов асбоблари ёрдамида фақат идишлардаги қовушқоқликни ўлчашда эмас, балки трубапроводлардаги қовушқоқликни ҳам ўлчаш мумкин.

Бу усул ёрдамида қовушқоқликни $100 \text{ Н} \cdot \text{сек}/\text{м}^2$ гача бўлган қийматларини ўлчаши мумкин.

Қовушқоқликни эркин тушувчи шарча усулида ўлчашнинг бошқа усулида, шарчанинг тушиш тезлиги радиактив усулни қўллаб ўлчанади (расм 164). Бу асбобларда гамма нури манбаи шарча ичига жойлашган бўлади.



Расм 164.

1-шарча; 2-вертикал труба; 3-экран; 4 –гамма нурлар тушганда электр импулси ишлаб чиқувчи счетчик (хисоблагич); 5-ўлчаш қурилмаси; 6-релели блок.

Ротацион вискозиметрлар

Бу асбобларнинг ишлаши суюқлик орқали узатилаётган айлантириш моменти ўлчашга асосланган.

Агар, икки коаксиал жойлашган труба оралиғи ўлчанилаётган суюқлик билан тўлдирилган бўлса (расм 165) ва бу икки цилиндрдан бирини (1) бир хил тезликда айлантирилса, унда суюқлик ҳам стационар айланма ҳаракатга келади ва бу ҳаракатни иккинчи (2) цилиндрга узатишга ҳаракат қилади.

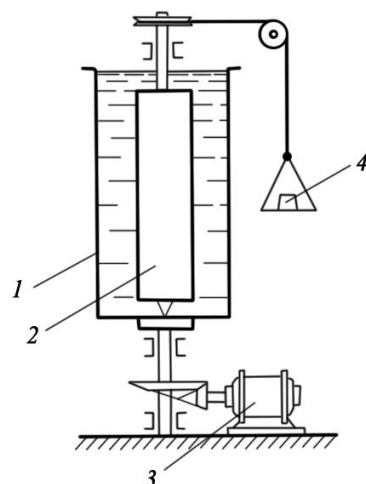
Иккинчи цилиндрни ўз ҳолатида ушлаб туриш учун, унга суюқлик орқали узатилаётган моментга тенг ва тескари йўналган моментни бериш керак.

Айлантириш моменти қиймати қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$M = K \cdot \mu \cdot \Omega$$

Бу ерда, Ω - бурчак (айланма) тезлиги; K – ўлчов асбоби геометрик ўлчамларига боғлиқ бўлган константа.

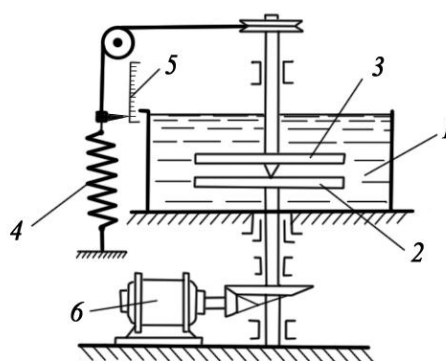
Айлантириш моментини бикир пружинанинг буралиш бурчагига қараб аниқлашга мўлжалланган вискозиметрларни айланма (крутильный-айлантирувчи) вискозиметр деб номлашади.



Расм 165.

1-ташқи цилиндр; 2-юк платформасига гирялар (4) қўйиш йўли билан ушлаб турилувчи ички цилиндр; 3-синхрон электр юритгич.

Параллел диски вискозиметрларда эгилувчан ип ва цилиндрик торировкаланган пружинадан ташкил топган ўлчаш тизимидан фойдаланилади (расм 166).



Расм 166.

1- қовушқоқлиги ўлчанилаётган суюқлик; 2 ва 3 – параллел дисклар; 4- тарировкаланган пружина; 5-шкала; 6-синхрон электр юритма.

ГАЗЛАР ВА СОЧИЛУВЧАН МОДДАЛАР НАМЛИГИНИ ЎЛЧАШ

Газлар намлигини хавони кондициялашда (кондиционирование), қуришти ва совушти қурилмаларида ва бошқа кўплаб ҳолатларда ўлчаш керак бўлади. Қаттиқ материаллар учун ҳам намлик материалларнинг технологик хусусиятларига таъсир этувчи, унинг сифатини белгиловчи асосий параметрлардан бири ҳисобланади.

Ишлаб чиқаришда ҳар хил материалларнинг маълум бир намлигини ушлаб туриш керак бўлади. Газларнинг намлигини автоматик равишда ўлчаш учун қуйидаги усуллардан фойдаланилади: психрометрик усул, шудринг усули ва электр усул (гигрометрлар).

Психрометрик усул

Бу усулда нисбий намликни психрометрик температуралар фарқидан боғлиқлигини ҳисобга олувчи психрометрик эффектдан фойдаланилади, яъни

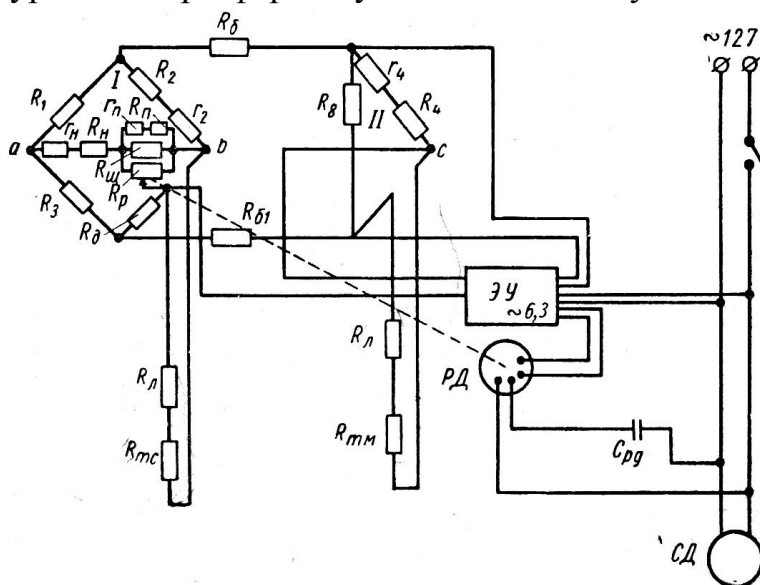
$$y = \frac{P_c - A(t_c - t_b)}{P_c}$$

P_b – текширилаётган мухитни нам термометрнинг t_b температурада тўйинтирувчи буғларнинг упругости;

P_c – текширилаётган мухитни куруқ термометр температурасида тўйинтирувчи буғларнинг упругости;

A – психрометр конструкциясига ва нам термометрдан ўтаётган ҳаво тезлигига боғлиқ бўлган психрометрик коэффицент.

Тенгламадан кўриниб турибдики, газнинг нисбий намлигини икки, нам ва куруқ термометрлар кўрсатишлари фарқи бўйича аниқлаш мумкин.



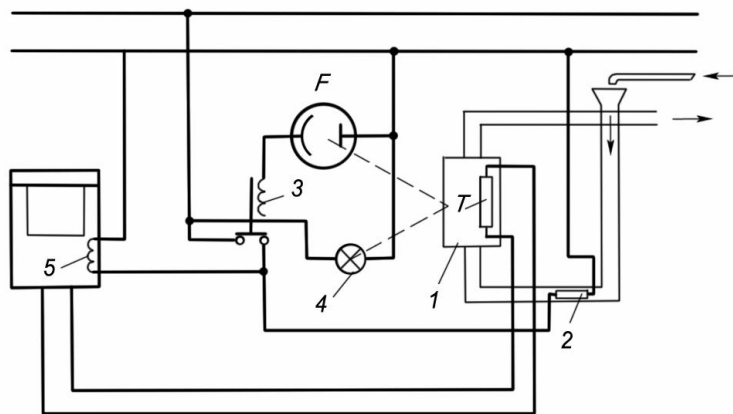
Расм 167.

Психрометрнинг электр схемасини кўрамиз (расм 167). Схема икки кўприк схемасидан ташкил топган. Кўприк схемаларига манбаа электрон кучайтиргич (ЭУ) нинг трансформаторидан олинади. Газ намлигининг ўзгариши билан, нам ва куруқ қаршилик термометрлари температуралари фарқи ўзгаради. Бу фарқга пропорционал бўлган кучланишлар тушиши схеманинг в ва с нукталаридан олиндиб, электрон кучайтиргичга берилади. Кучайтирилган сигнал реверсив юритгичга берилади ва унинг роторининг айланиши реохорд юритгичини силжитади, ҳамда ўлчов асбоби стрелкасини маълум бурчакга буради. Ўлчаш хатолиги $\pm 3\%$.

Шудринг нуктаси усули

Бу усулда, намлиги ўлчанаётган газ тўйиниш ҳолатигача, яъни шудринг нуктасигача совутилади. Шудринг нуктаси усули ёрдамида газларнинг намлигини ҳар хил босимларда ўлчаш мумкин. Шудринг нуктаси моментини аниқлаш учун совутиладиган металл ойнадан фойдаланилади ва конденсат пайдо бўлиш momentiдаги унинг температурасини шудринг нуктаси сифатида белгиланади.

Автоматик намлик ўлчагичларда металл ойна юзасида шудринг нуктасининг пайдо бўлиши, ундан қайтаётган ва фотоэлемент F қабул қилаётган ёруғлик нурунини камайиши билан аниқланади (расм 168).



Расм 168.

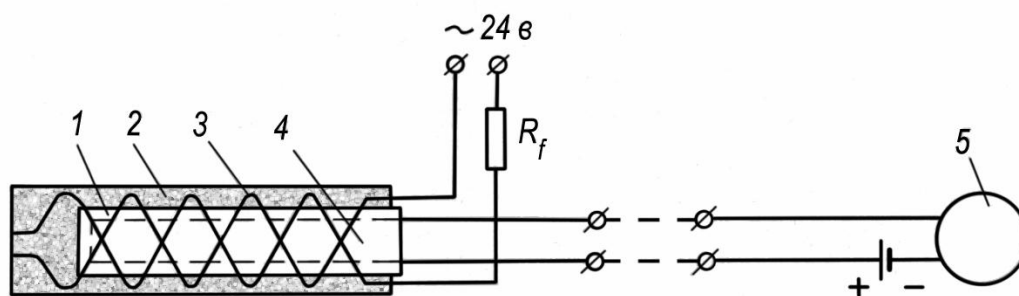
Металл цилиндр 1 деворларини шудринг нуктасигача совутилганда, унинг ойна юзасида туман пайдо бўлиб, ундан фотоэлемент F га қайтаётган ёруғлик нурлари камаяди. Натижада фототок қиймати камаяди ва реле 3 ишлаб электр иситгич 2 занжирини улайди. Иситгич занжирининг уланиши совутувчи суюқлик температурасининг ошишига сабаб бўлади ва туман йўқолади. Яна фототок ортади, иситгич занжири узилади ва шундай қилиб металл ойна юзаси ҳамма вақт шудринг нуктаси атрофида ушлаб турилади.

Цилиндр юзаси температураси қаршилик термометри ёки термopара ёрдамида ўлчанади. Иккиламчи асбоб сифатида лагометр ёки милливольтметр ишлатилади. Реле 5 ва реле 3 ларнинг ишлаши синхронлаштирилган бўлиб, металл ойна юзасида шудринг йўқ бўлганда, ундан қайтган ёруғлик нури фототокни ортишига сабаб бўлади ва реле 3 ишлаб иситгич занжирини узади. Иситгич ўчиши билан суюқлик температураси пасаяди ва ойна юзасида шудринг пайдо бўлади. Фототок камаяди ва иситгич занжири уланиб, цилиндр юзасидаги шудринг йўқолади ва ҳақозо. Шундай қилиб, металл ойна юзаси температураси уни ўраб турган газ намлигига мос равишда, шудринг пайдо бўлиш температурасида, шудринг нуктасида ушлаб турилади.

Электр гигрометрлар

Иситилиб турувчи электролитик гигрометрларда намликни сезгир элементи сифатида хлорли литийдан (LiCl) фойдаланилади.

Кумуш спиралларга кучланиш берилганда, хлорли литийдан электр токи ўтади ва уни иситади (расм 169). Эритма хлорли литий кристаллангунча иситилади. Бунда, оғир тузларнинг пайдо бўлиши, электродлар орасидаги қаршиликнинг кескин ортишига олиб келади, натижада ток камаяди ва датчик температураси пасаяди. Температуранинг пасайиши билан, атроф муҳитдан намлик ютилиши натижасида электродлар орасидаги эритманинг ўтказувчанлиги яна ортади ва бу токнинг ортишига, ҳамда датчик температурасининг ортишига олиб келади. Шундай қилиб, датчикдаги температура автоматик равишда датчик атрофидаги газ намлигига мос равишда мувозанат қийматда ушлаб турилади.



Расм 169.

Қаттиқ жисмларнинг намлигини ўлчаш

Қаттиқ жисмларнинг намлигини ўлчашнинг икки усули мавжуд: бевосита ва билвосита.

Бевосита ўлчаш усулларида намлиги ўлчанаётган материал оғирлиги аввал тортиб олиниб, кейин оғирлиги ўзгармас қийматга келгунча қуритилади. Кейин материал намлиги бошланғич оғирлик билан, қуритилгандан кейинги оғирликлар фарқи бўйича юқори аниқликда аниқланади. Аммо, бу усул бўйича намликни аниқлаш вақти жуда катта.

Билвосита намликни ўлчаш усулларида намликни аниқлаш вақти кам бўлишига қарамасдан, уларнинг аниқлиги паст бўлади. Хозирги вақтда билвосита намликни узлуксиз ўлчаш усулларида кондуктометриқ усул, электр сифими бўйича ўлчаш усули ва ўта юқори частотали нурларни ютиш усуллари кенг қўлланилмоқда.

Асосий адабиётлар

1. Мухаммедов Б.Э. Метрология. Методы и приборы для измерения технологических параметров Т. 1991.
2. Юсупбеков Н.Р. Мухаммедов Б.И. Гуломов Ш.Н. «Технологик жараёнларни бошқариш системалари». Т. Ўқитувчи 1997 й.
3. Преображенский В.П. «Теплотехнические измерения и приборы», М., Энергия, 1978.
4. Под редакцией проф. Карибского В.В. Автоматизация и средства контроля производственных процессов, М, Недра, 1979.
5. Петров И.К. Технологические измерения и приборы в пищевой промышленности М Агропромиздат 1995.
6. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств. Машиностроение 1983 г.
7. Фарзана Н.Г. и др. Технологические измерения и приборы -М.: «Высшая школа», 1989.
8. Алиев Т.М. и др. Измерительная техника. М.: «Высшая школа», 1991.

Қўшимча адабиётлар

1. Юнусов И.И. Технологик ўлчаш усуллари ва асбоблари. Маърузалар матни. ТКТИ, 2010 й.
2. Сергеев А.Г., Крохан В.В. Метрология М Логос 2002.

3. Юсупбеков Н.Р. Мухаммедов Б.И. Гуломов Ш.Н. «Автоматика ва ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш». Т. Ўқитувчи 1982 й.
4. Гончаров А.А. Копылев В.Д. Метрология, стандартизация и сертификация. М Академия 2005 г.
5. Обновленский П.А. и др. Основы автоматизации химических производств. Ленинград: «Химия», 1975.
6. Прусенко ВС. Пневматические системы автоматического регулирования технологических процессов. -М.: «Машиностроение», 1987.
7. Данилов А.И. Компьютерный практикум по курсу «Теория управления». SIMULINK моделирование в среде MATLAB. Учебное пособие. -М.: «МГУИЭ», 2002.
7. Мурин Г.А. Теплотехнические измерения, М., Энергия 1979.
8. Приборы КИПиА, книги, пособие, справочники, рефераты
<http://tyrbo.far.ru/page1.html>
9. Технологические измерения и приборы для химических производств...
<http://www.toroid.ru/kulakov.html>
10. А. В. Калиниченко, Н. В. Уваров, В. В. Дойников Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике издательство: Винфра-инженерия, 2008 Г
<http://www.ozon.ru/context/detail/id/4346098/>