

СЎЗБОШИ

Ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштириш техника тараққиётининг асосий йўналишларидан бири бўлиб, ишлаб чиқариш самарадорлигини муттасил ошириш ва маҳсулот сифатини юқори даражага кўтариш учун хизмат қиладиган асосий омил ҳисобланади. Автоматлаштириш борасидаги энг масъулиятли ишлар эса, шубҳасиз, инженер-техник кадрлар зиммасига тушади.

Бугунги кун инженерлари янги технология ва техникадан фойдаланишга, технологик жараёнларни автоматлаштиришни кенг жорий этишга, ишлаб чиқариш резервларини аниқлаш ва уни жадаллаштиришга қодир бўлишлари керак. Хусусан, инженерлар олдида фан-техника тараққиётининг йўл бошловчиси бўлишдек масъулиятли вазифа туради.

Ўлчаш техникаси халқ хўжалигининг барча соҳаларида фан-техника тараққиётининг муҳим омилларида биридир. Кейинги йилларда технологик жараёнларнинг ўтиш тезлиги ўсди, бир агрегатда ўлчанадиган параметрлар сони кўпайди. Шу боисдан ўлчаш воситаларининг ва ахборот-ўлчов системаларининг ишончилиги кўп ҳолларда агрегатнинг умуман ишончилигини белгилайди. Параметрларнинг тўғри қийматларини билмасдан туриб ва бу қийматларни автоматик назорат қилмасдан туриб, технологик жараёнларни ёки агрегатларни тўғри бошқариб бўлмайди, ўлчов воситаларисиз эса автоматлаштириб бўлмайди.

Ўлчаш техникасини ишлаб чиқаришга кенг жорий этиш учун ҳар бир инженер-техник ходим, қайси соҳа мутахассиси бўлишидан қатъи назар, метрология асосларидан, технологик ўлчаш усуллари ва воситаларидан, ҳисоблаш техникасидан ўлчаш жараёнларини автоматлаштиришда фойдаланиш имкониятларидан хабардор бўлиши зарур.

Ушбу китоб муаллифининг Абу Райҳон Беруний номли Тошкент политехника институтида „Метрология, технологик параметрларни ўлчаш усуллари ва асбоблари“ курси бўйича олиб борган кўп йиллик педагогик тажрибалари асосида ёзилди.

Уни ёзишда ўзларининг қимматли фикр ва мулоҳазалари билан яқиндан ёрдам берган Халқлар дўстлиги ордени Тошкент политехника институтининг „Ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштириш“ кафедраси аъзоларига чуқур миннатдорчилик изҳор этишни муаллиф ўзининг фахрли бурчи деб ҳисоблайди. Шунингдек, китоб қўлёзмаси билан танишиб, унинг сифатини яхшилашга қўшган ҳиссалари учун техника фанлари докторлари, профессорлари К. Аҳметов, Д. Н. Муҳиддиновга, техника фанлари кандидатлари, доцентлар С. М. Мажилов, Ш. Ш. Зоҳидов, Ҳ. А. Оллониезов, А. А. Аъзамовга ва жатта ўқитувчи Ш. Ш. Шоюнусовга муаллиф самимий ташаккур билдиради.

Дарсликнинг сифатини яхшилашга қаратилган барча таклиф ва мулоҳазаларни муаллиф мамнуният билан қабул қилади. Уларни қуйидаги адресга юборишингизни сўраймиз: 700129 Тошкент, Навоий кўчаси, 30, „Ўқитувчи“ нашриёти, илмий-техника адабиёти редакцияси.

Биринчи бўлим

МЕТРОЛОГИЯ АСОСЛАРИ ВА ЎЛЧАШ ВОСИТАЛАРИ

1-боб. ЎЛЧАШЛАР ҲАКИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТЛАР

1.1-§. ЎЛЧАШЛАР. ЎЛЧАШ ТУРЛАРИ

Метрология — ўлчашлар, уни таъминлаш усуллари ва воситалари ҳамда талаб этилган аниқликка эришиш йўллари ҳақидаги фан.

Ўлчаш — физик катталикларнинг қийматларини махсус техник воситалар ёрдамида тажриба усули билан топишдир.

Кўп ҳолларда ўлчаш жараёнида ўлчанаётган катталикни шундай физик катталик билан таққосланадики, унга 1 га тенг бўлган қиймат берилади ва у физик катталик бирлиги ёки *ўлчов бирлиги* дейилади. *Ўлчаш натижаси* — катталикнинг уни ўлчаш усули билан, масалан, катталикни ўлчов бирлиги билан таққослаш усули ёрдамида топилган қийматидан иборат. Ўлчаш натижасини тенглама кўринишида қуйидагича ёзиш мумкин:

$$U = \frac{Q}{g} \text{ ёки } Q = Ug, \quad (1.1)$$

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

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

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

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

Бевосита ўлчаш тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$Q_n = Cn, \quad (1.2)$$

бунда Q_n — ўлчанаётган катталикнинг унинг учун қабул қилинган ўлчов бирликларидаги қиймати; C — рақамли ҳисоблаш қурилмаси шкаласи бўлинмаларининг ёки бир марта кўрсатишининг ўлчанаётган катталик бирликларидаги қиймати; n — шкала бўлинмалари ҳисобида индикаторли қурилма бўйича олинган санок.

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

$$Q_k = f(Q_1, Q_2, \dots, Q_n), \quad (1.3)$$

бунда Q_k — ўлчанаётган катталикнинг изланган қиймати; $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ — бевосита ўлчанадиган катталикларнинг сон қийматлари.

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

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

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

Ўлчашлар яна абсолют ва нисбий ўлчашларга бўлинади.

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

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

даги кўрсаткич нолга тенг бўладиган қилиб соزلанади, сўнгра ўлчанадиган детални жойлаштирилади ва санок олинади, яъни стрелка деталь ўлчамининг охириги ўлчов ёки блокнинг маълум ўлчамидан четга чиқишини кўрсатади. Температурани термо-электр эффектдан фойдаланишга асосланган ўлчаш ёки массани тортиш усули билан, яъни массага пропорционал бўлган огир-лик кучидан фойдаланиш усули билан ўлчаш ҳам нисбий ўл-чашдан иборат. Нисбий ўлчашдан катта аниқлик зарур бўлган ҳолларда фойдаланилади.

Ўлчашлар ўлчаш принципини аниқлаб берадиган физик ҳо-дисаларга асосланиб олиб борилади. Масалан, модданинг кен-гайиши бўйича температурани ўлчаш, мувозанатлаштирувчи суюқлик устунининг кўтарилиши бўйича вакуумни ўлчаш. Ўлчашнинг бирор принципини амалга ошириш учун турли техник воситалар қўлланилади. Ўлчашларда қўлланиладиган ва нормалашган метрологик ҳоссаларга эга бўлган техник воситалар ўлчаш воситаси дейилади. Ўлчаш принципини ва воситасини белгилаб берадиган усуллар мажмуи ўлчаш усули дейилади.

Ўлчашларда бевосита (тўғридан-тўғри) баҳолаш, диффе-ренциал, ўлчов билан таққослаш ва ноль (компенсацион) усул-лар кенг тарқалган.

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

Дифференциал (айирмал) усул ўлчанаётган ва маъ-лум катталиқларнинг айирмасини ўлчашни характерлайди. Ма-салан, газ аралашмаси таркибини ҳавонинг иссиқ ўтказувчан-лигига таққослаш йўли билан иссиқ ўтказувчанлик бўйича ўлчаш.

Ғоятда аниқ ўлчашларда ўлчов билан таққослаш усули қўлланилади. Бунда ўлчанаётган катталиқ ўлчов ёр-дамида топилган катталиқлар билан таққосланади. Масалан, ўзгармас токнинг кучланишини электр юритувчи кучи нормал элемент ЭЮК ига тенг бўлган таққослаш компенсаторида ўл-чаш ёки массани пишангли тарозиларда мувозанатлаштирувчи тошлар билан ўлчаш. Бу усул таъсир этувчи катталиқларнинг ўлчаш натижасида таъсирини камайтиришга имкон беради, чунки улар ўлчанаётган катталиқларни ўзгартириш занжирида ҳам, ўлчов натижасида топилган катталиқлар занжирида ҳам ўлчашга доир сигналларни кўпми ёки озми текис бузади.

Ноль (компенсацион) усул ўлчанаётган катталиқни қий-мати маълум бўлган катталиқ билан таққослашдан иборат, аммо улар орасидаги айирма маълум катталиқни ўзгартириш

усули билан нолга келтирилади. Потенциометрлар, мувоза-натлаштирилган кўприклар ва бошқалар ноль усулга асослан-ган асбобларга мисол бўла олади. Ноль усул ўлчашнинг юқори аниқлигини таъминлайди.

1.2-§. ЎЛЧАШ ВОСИТАЛАРИ, УЛАРНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИ ВА ПАРАМЕТРЛАРИ

Ўлчаш воситалари ўлчашларда ишлагилади ва улар нор-малашган метрологик хоссаларга, яъни катталикларнинг маъ-лум сонли қийматларига ҳамда ўлчаш натижаларининг аниқлиги ва ишончилигини ифодаловчи хоссаларга эга бўлади.

Ўлчаш воситаларининг асосий турларига ўлчовлар, ўлчаш асбоблари, ўлчаш ўзгарткичлари ва ўлчаш қурилмалари кира-ди.

Ўлчов — берилган ўлчамдаги физик катталиқни қайта ўл-чаш учун мўлжалланган ўлчаш воситаси. Масалан, қадоқтош — масса ўлчови; ўлчов резистори — электр қаршилик ўлчови; ёритиш лампаси — ёруғлик ўлчови ва ҳ.

Бир хил ўлчамли физик катталиқни қайта ўлчайдиган бир қийматли ҳамда турли ўлчамдаги қатор бир номли катталиқ-ларни қайта ўлчайдиган кўп қийматли ўлчовлар бор. Кўп қий-матли ўлчовларга бўлинмалли чизғичлар, индуктивлик варио-метри ва бошқалар мисол бўла олади. Махсус танланган, фақат алоҳидагина эмас, балки турли бирикмаларда турли ўлчамли қатор бир номли катталиқларни қайта ўлчаш мақсадида қўл-ланиладиган ўлчовлар комплекти ўлчовлар тўпламини ташкил этади. Масалан, қадоқтошлар тўплами, учликли узунлик ўл-човлари тўплами, ўлчов конденсаторлари тўплами ва ҳ. Ўлчовлар магазини — саноқ қурилмалари билан боғланган махсус қайта улагичларга эга бўлган битта конструктив бутун қилиб бир-лаштирилган ўлчовлар тўплами. Ўлчовлар магазини электро-техникада тенг қўлланилади: қаршилик магазини, сифимлар магазини, индуктивликлар магазини.

Ўлчовларга стандарт намуналар ва намуна молдалар ҳам киради.

Стандарт намуна — модда ва материалларнинг хосса-ларини ёки таркибини характерловчи катталикларнинг бирли-гини қайта тиклаш учун ўлчов. Масалан, таркибидаги химия-вий элементлари кўрсатилган ферромагнит материаллар хос-саларининг стандарт намунаси.

Намуна модда — тасдиқланган спецификацияда кўрса-тилган тайёрлаш шартларига риоя қилинганда тикланадиган маълум хоссаларга эга бўлган моддадан иборат ўлчов. Маса-лан, „тоза“ газлар, „тоза“ металлар, „тоза“ сув.

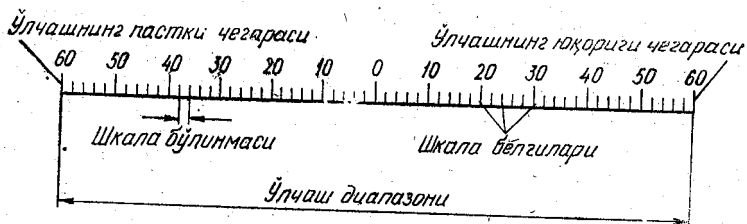
Кузатувчи идрок қилиши учун қулай шаклдаги ўлчов информацияси сигналини ишлаб чиқишга хизмат қиладиган ўлчаш воситаси ўлчов асбоби дейилади. Ўлчов асбобида

кузатувчи ўлчанаётган катталикнинг сон қийматини ўқиши ёки санаши мумкин. Ўлчов асбоблари аналог ва рақамли бўлиши мумкин. Аналог ўлчов асбобларида асбобнинг кўрсатиши ўлчанаётган катталик ўзгаришининг узлуксиз функциясидан иборат бўлади, рақамли ўлчов асбобларида эса кўрсатишлар ўлчов информацияси сигналини дискрет ўзгартириш натижасидан иборат бўлган рақамли шаклда ифодаланган бўлади.

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

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

Ўлчашга доир ахборотни узатиш, ўзгартиш, ишлов бериш ва сақлаш учун қулай бўлган, аммо кузатувчи бевосита идрок қилиши мумкин бўлмайдиган шаклдаги сигнални ишлаб чиқиш учун хизмат қиладиган ўлчаш воситаси ўлчаш ўзгарткичи деб аталади. Инсон ўзининг сезги органлари билан ўлчаш ўзгарткичи сигналларини қабул қила олмайди. Ўзгартирилдиган физик катталик кириш катталиги, унинг ўзгартирилгани эса чиқиш катталиги дейилади. Кириш ва чиқиш катталиклари орасидаги боғланишни ўзгарткич функцияси қарор топтиради. Ўлчаш ўзгарткичлари ўлчов асбобларининг, турли ўлчов системаларининг, бирор жараёнларни автоматик назорат қилиш ёки бошқариш системаларининг таркибий қисми ҳисобланади. Ўлчанаётган катталик келтирилган ўлчаш ўзгарткичи бир ламчи ўзгарткич дейилади. Бирламчи ўлчаш ўзгарткичлари, кўпинча, датчик деб юритилади. Унинг бевосита ўлчанаётган катталик таъсиридаги қисми сезувчан элемент дейилади. Масалан, термоэлектрик термометрда термомпара, манометрик термометрда термобаллон ана шундай элементлардир. Ўлчов асбоблари ва ўзгарткичлари ўлчанаётган катталикнинг турига қараб тегишли номларга эга бўлади.



1.1- расм. Ўлчов асбоби — шкаласи.

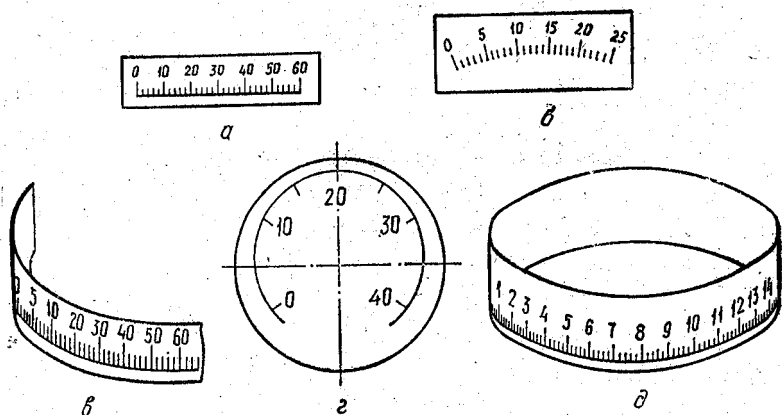
масалан, термометрлар, манометрлар, дифманометрлар, сарф ўлчагичлар, сатҳ ўлчагичлар, газ анализаторлари, концентратомерлар, нам ўлчагичлар ва ҳ.

Кўрсатувчи аналог ўлчов асбобларининг санок қурилмаси шкала ва (стрелкали ёки нурли) кўрсаткичдан тузилган. 1.1-расмда ўлчов асбобининг шкаласи кўрсатилган. Шкаладаги сонли қийматлар кўрсатилган белгилар шкаланинг сонли белгилари дейилади. Шкаланинг икки қўшни белгилари орасидаги оралиқ шкаланинг бўлинмаси дейилади. Шкаланинг икки қўшни белгиси мос келган катталик қийматлари айирмаси шкала бўлинмасининг қиймати дейилади. Ўзгармас бўлинмали ва ўзгармас қийматли шкала текис шкала дейилади.

Ўлчанаётган катталикнинг санок қурилмаси билан аниқланадиган ҳамда ўлчанаётган катталик учун қабул қилинган бирликларда ифодаланган қийматлари ўлчов асбобининг кўрсатишлари дейилади. Ўлчанаётган катталикнинг шкалада кўрсатилган энг кичик қиймати шкаланинг бошланғич қиймати, энг катта қиймати эса шкаланинг охириги қиймати дейилади. Шкаланинг унинг бошланғич ва охириги қийматлари билан чегараланган қийматлари соҳаси (оралиғи) кўрсатувлар диапозони дейилади. Ўлчанаётган катталикнинг ўлчов воситалари учун йўл қўйиладиган хатоликлар нормаланган қийматлари соҳаси ўлчов асбоби еки ўлчов ўзгарткичининг ўлчов диапозони дейилади. Техник асбобларда, одатда, ўлчов диапозони билан кўрсатувлар диапозони мос келади. Ўлчов диапозонининг энг кичик ва энг катта қийматлари ўлчов чегаралари дейилади.

Шкаладан санок олишда шкала қўзғалмас ва қўзғалувчан бўлиши мумкин. Шкалаларда белгилар тўғри чизиқ бўйлаб ёки ясси ёхуд цилиндрсимон сиртдаги айлана ёйи бўйлаб жойлашган бўлади. 1.2-расмда ўлчов асбоблари шкалаларининг энг кўп учрайдиган турлари кўрсатилган

Асбобларнинг шкалалари бир томонлама, икки томонлама ва нолсиз бўлиши мумкин. Бир томонлама шкалаларда ўлчов асбоби чегараларидан бири нолга тенг бўлади (масалан, кўрсатувлар чегараси 0 дан 100° С гача бўлган симоб термометри). Агар шкалада ноль белгиси унинг бошланғич ва охириги че-



1.2- расм. Шкалалар:

а — тўғри чизиқли; б — ёйсимон (ёй бурчаги 180° гача); в — ясси; г — ёйсимон (ёй бурчаги 180° дан юқори); д — цилиндрсимон.

гараси билан устма-уст тушмаса, у икки томонлама шкала дейилади (масалан, кўрсатувлар чегараси $-0,1 \dots 0 \dots 0,15$ МПа бўлган манометр). Агар шкала ноль белгисига эга бўлмаса, у нолсиз шкала дейилади (масалан, кўрсатувлар чегараси 200 дан 400°C гача бўлган термометр).

Кўрсаткичнинг вазияти унинг шкала бошидан чизиқли ёки бурчакли силжиши билан аниқланади. Кўрсаткич вазияти билан саноқ орасидаги боғланиш шкала характеристикаси дейилади. Кўрсаткичи бурчакли силжийдиган асбобларнинг шкала характеристикаси қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$n = f(\varphi), \quad (1.4)$$

бунда φ — кўрсаткичнинг шкала бошидан бурилиш бурчаги.

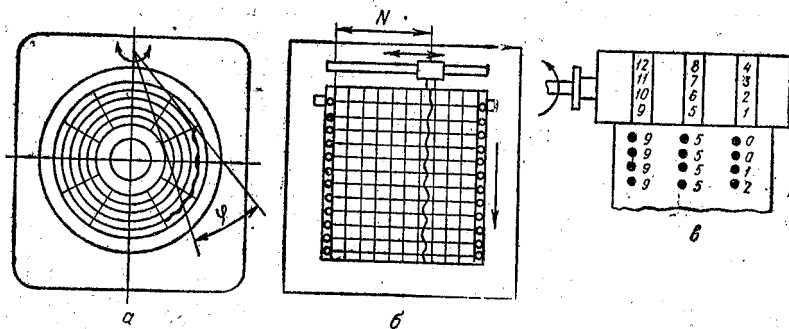
Тўғри чизиқли шкалали асбоблар учун

$$n = f(L), \quad (1.5)$$

бунда L — кўрсаткичнинг шкала бошидан чизиқли силжиши.

1.3- расмда шкалали саноқ қурилмалари схематик кўрсатилган.

Қайд қилувчи ўлчов асбоблари қоғоз ленталарга ёки дискка ўлчанаётган катталиқнинг ҳозирги қийматини вақт бўйича автоматик ёзиб берувчи мослама билан таъминланади. Бир ҳолда қоғоз лентада (дискда) узлуксиз чизиқ перо билан чизилади, бошқа ҳолда лентада даврий равишда саноқларнинг сонли қийматлари чоп этилади. Битта қоғоз лентада бир неча эгри чизиқ ёзилиши (чизилиши) мумкин. Бу ҳолда ўлчов асбобининг ичига автоматик узгич-улагич ўрнатилади, у ўлчовнинг бир неча нуқталарида жойлашган бирламчи ўзгарт-



1.3- расм. Қайд қилувчи қурилмалар:
 а—қутб координаталарида; б—тўғри чизиқли координаталарда; в—даврий қайд қилувчи.

кичлардан бирини ўлчов системасига навбат билан улайди. 1.3-расмда қайд қилувчи типик қурилмаларнинг схемалари келтирилган.

Қайд қилувчи қурилмаларнинг характеристикаси шкалалик санок қурилмалари характеристикасига ўхшаш ва (1,4), (1,5) тенгламалар билан ифодаланади. Қайд қилувчи қурилмалар учун (1.3-расм, а, б) бу тенгламаларда φ ва L тегишли бурилиш бурчагини ҳамда перо ушлагичнинг диаграмма тўри чизиғининг нолли белгисидан силжишини, U —эса тўр бўйича олинган санокни англатади. Даврий чоп этувчи қайд қилувчи қурилма учун характеристика (1.3-расм, в) (1.4) тенглама билан тасвирланади, унда φ —кириш валчасининг бурилиш бурчаги, U —чоп этилган сон (санок).

Дисксимон диаграммалар текис ва нотекис бўлинмالي бўлиши мумкин. Лентасимон диаграммалар ҳам икки турли бўлади: ўлчаш асбоби пероси тўғри чизиқли ҳаракат қиладиган ва пероси айлана ёйи бўйлаб ҳаракат қиладиган. Кўрсаткичи-кам куч билан силжитиладиган асбобларда (масалан, ўзи ёзувчи милливольтметрларда) ёзиш ёрдамчи қурилма ёрдамида амалга оширилади.

Айрим ўлчов воситалари ва ўлчов системаларидан ташқари мураккаб информацион-ўлчов системалари ҳам қўлланилади. Улар кўплаб нуқталарда автоматик ўлчашни амалга оширишига таъминлаб қолмай (ўлчов каналлари сони минг-миглаб бўлиши мумкин). Балки ўлчаш натижаларини берилган алгоритмлар бўйича зарур қайта ишлашни ҳам бажаради. Шумуносабат билан ўлчаш ўзгарткичларининг информацион-ҳисоблаш машиналарининг ва кириш қурилмаларининг киришига келадиган сигналларни унификациялаштириш зарурати туғилди. Сигналларни унификациялаштириш ўлчов асбоблари тур-

ларини минимумга келтириш имконини беради, ўлчов воситаларининг ўзаро алмашинувчанлигини таъминлайди.

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

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

Намуна ўлчов воситалари иш ўлчов асбобларини текшириш ва уларни ўзлари бўйича даражалашга хизмат қи-лади.

Эталонлар физик катталик бирликларини қайта тиклаш ва сақлаш, уларнинг ўлчамларини намуна ўлчов асбоблари орқали халқ хўжалигида қўлланадиган иш ўлчов воситаларига ўтка-зишга хизмат қилади. Физик катталикларнинг бирликлари ўл-чами шу усул билан эталонлардан намуна ўлчов асбоблари ёрдамида бошқа ўлчов асбобларига ўтказилади.

Ўлчаш воситаларининг кўрсатишларидаги хатоликларни аниқ-лаш ёки уларнинг кўрсатишларига тузатиш киритиш мақсадида ўлчов воситалари кўрсатишларини намуна ўлчов асбоблари-нинг кўрсатишларига таққослаш асбобни текшириш деб атала-ди.

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

1.3-§. АСБОБЛАРНИНГ ДАВЛАТ СИСТЕМАСИ (АДС)

Мамлакатимизда саноат асбоблари ва автоматлаштириш во-ситаларининг Давлат системаси (АДС — русча ГСП — государ-ственная система приборов) яратилган бўлиб, у блок-модуль принципи бўйича тузилади ҳамда пневматик, гидравлик, элект-рик (токли, кучланишли, частотали ва импульсли) кириш ва чиқиш сигналларига эга бўлган асбобларни бирлаштирувчи тармоқларга бўлинади. Улар учун ГОСТ 26.010 — 80, 26.011 — 80, 26.012 — 80, 26.013 — 81, 26.014 — 81 ва 26.015 — 81 бўйича унификацияланган қийматлар белгиланган. АДС нинг тузили-ши маълум системали-техник принципларни қўллашга асос-ланган. Улар технологик жараёнларни назорат қилиш, созлаш ва бошқаришнинг турли-туман системаларини техник восита-лар билан таъминлаш муаммоларини энг қулай усул билан ҳал этиш имконини беради. АДС томонидан ечиладиган муҳим масалалардан бири — халқ хўжалиги талабларини энг тўла қон-дирадиган текширилган қурилмаларнинг чекли номенклатура-сини яратишдир. АДС унга қирадиган ихтиёрий қурилма йиғилиши мумкин бўлган максимал сондаги блок-модульлардан тузилган текширилган блокларнинг, асбоб ва узелларнинг нормаллашган қаторлари мажмуасидан иборат.

Блокли принципдан фойдаланиш асбобларнинг универсал

қўлланиш чегарасини кенгайтириш имконини беради ва уларни текширилган узелларнинг минимал сондагисини алмаштиришда энг кўп сондаги параметрларни ўлчашга яроқли ҳолга келтиради.

АДС ўлчанаётган параметрларни (температура, босим ва ҳ.) масофага узатишга қулай бўлган ягона ахборот тарзида ўзгартиришни назарда тутати. АДС буюмларига уларнинг автоматлаштирилган бошқариш системасига мос келишини таъминлайдиган асосий талаблар давлат ва тармоқ стандартларида кўрсатилган. АДС да яна буюмларнинг метрологик характикаси нормаланади (хатолик турлари, алоҳида қурилмалар хатоларини нормалаш, звено ва системалар мажмуаси хатоларини нормалаш, аниқлик синфлари ва аттестация усуллари).

Ишлатишда фақат бир турдаги энергиядан фойдаландиган қурилмалар ўлчаш асбобларининг давлат системасида ягона структурали группани ёки АДС тармоғини ташкил этади.

Пневматик тармоқдаги асбоблар осон ёнадиган ва портлайдиган муҳитларда беҳавотир қўлланиши: оғир шароитли ишларда, айниқса агрессив муҳитда ишончлилиги юқорилиги билан харақтерланади. Уларни осонгина бирини иккинчиси билан алмаштириш мумкин. Аммо пневматик асбоблар технологик жараёнлар катта тезликни талаб этганда ёки сигналларни узоқ масофага узатишда электрон асбоблардан қолиб келади.

Гидравлик ўлчаш асбоблари катта зўриқишларда ижрочи механизмларнинг аниқ силжишини аниқлашга имкон беради. Амалда автоматик системаларда уларнинг тармоқларини турли комбинацияларда ёки алоҳида қурилмаларини биргаликда қўллаш анча самаралидир.

Электр асбоблар тармоқларидан ташкил этилган автоматлаштирилган бошқариш системалари қуйидаги афзалликларга эга. Электроника системага юқори сезгирлик ва аниқлик, тезкорлик, узоқ масофалар билан алоқа боғлашга имкон беради, асбобларнинг схема ва конструкция жиҳатдан юқори унификациясини таъминлайди. Ярим ўтказгич техникадан интеграл схемаларни қўллашга ўтиш асбобларнинг габаритларини ва оғирлигини камайтиришга олиб келиш билан бирга уларнинг мустақкамлигини ошириш ва функционал имқониятларини кенгайтиришга имкон туғдиради. Бошқаришнинг замонавий автоматлаштирилган системаларида электроникани қўллаш айниқса назорат-ўлчов асбоблари группасида муҳим аҳамият касб этади, чунки уларнинг бошқариладиган электрон ҳисоблаш машиналари билан бевосита алоқасини таъминлаш имконини беради.

АДС буюмлари функционал белгилари бўйича ГОСТ 12997 — 76 га кўра қурилмаларнинг қуйидаги группаларига бўлинади: жараён ҳолати ҳақида ахборот олиш учун;

алоқа каналлари бўйича ахборот қабул қилиш, ўзгартиш ва узатиш учун;

ахборотни ўзгартиш, сақлаш ва қайта ишлаш ҳамда бош-қариш командасини тузиш учун;

команда ахборотидан жараёнга таъсир этиш ва оператор билан боғланиш мақсадида фойдаланиш учун.

АДС блоклари, асбоблари ва қурилмалари орасида информацион боғланишни таъминлаш учун унификацияланган сигналлар (УС) ишлатилади. АДС нинг унификацияланган сигналли бир хил параметрли ахборотни масофага узатиш сигналларидир.

АДС УС нинг унификацияланган параметри дейилганда унинг ахборот элтувчи параметри, яъни ўзгармас ёки ўзгарувчи ток кучи, кучланиш, частота, код, пневматик сигнал ҳавосининг босими тушунилади.

Унификацияланган параметрларнинг турига қараб АДС да УС ларнинг тўрт группаси қўлланилади:

- 1) электрик узлуксиз ток ва кучланиш сигналлари;
- 2) электрик узлуксиз частотали сигналлар;
- 3) электрик кодланган сигналлар;
- 4) пневматик сигналлар.

Электрик узлуксиз ток ва кучланиш сигналлари ГОСТ 9895-78 да белгиланган. Шу группа сигналларидан турли узлуксиз ўзгарувчи физик катталикларнинг сон қийматларини тасвирлаш учун фойдаланилади. Ахборот параметр турига қараб УС нинг шу группаси ўзгармас токнинг ток сигнали, ўзгармас токнинг кучланиш ёки ўзгарувчи токнинг кучланиш сигналдан иборат бўлиши мумкин.

Ўзгармас ток кириш ва чиқиш сигналларининг ўзгариш чегаралари қуйидагича:

$$0 - 5 \text{ мА}; - 5 - 0 - + 5 \text{ мА}; 0 - 20 \text{ мА}; \\ - 20 - 0 - + 20 \text{ мА}; - 100 - 0 - + 100 \text{ мА}.$$

Ўзгармас ток кучланиши кириш ва чиқиш сигналларининг ўзгариш чегаралари қуйидагича:

$$0 - 10 \text{ мВ}; - 10 - 0 - 10 \text{ мВ}; 0 - 20 \text{ мВ}; - 20 - 0 - + 20 \text{ мВ}; \\ 0 - 50 \text{ мВ}; 0 - 100 \text{ мВ}; 0 - 1 \text{ В}; - 1 - 0 - + 1 \text{ В}; 0 - 10 \text{ В}; \\ - 10 - 0 - + 10 \text{ В}.$$

Ўзгарувчан ток (50 ёки 400 Гц частотали) кучланиш сигналларининг номинал ўзгариш чегаралари;

$$0,25 - 0 - 0,25 \text{ В}; 0 - 0,25 \text{ В}; 1 - 0 - 1 \text{ В}; 0 - 2 \text{ В}.$$

Электрик узлуксиз частотали сигналлар ГОСТ 26,010 — 80 да белгиланган. АДС бу группда физик катталик ҳақидаги ахборотни элтувчи сигналнинг унификацияланган параметри сифатида ўзгарувчи ток частотасидан ёки импульслар частотасидан фойдаланилади.

Турғун режимда частотали чиқиш сигналларининг номинал қийматлари ГОСТ 10938 — 75 („Дискрет ўзгарувчи параметрли АДС нинг импульсли кириш ва чиқиш электр сигналлари

параметрлари“) да белгиланган ва қуйидаги катталикларга эга бўлиши мумкин: 0,6; 1,2; 3; 4; 6; 8; 12; 24; 48; 60; 110 ёки 220 В.

АДСнинг узлуксиз частотали кириш сигналли ўлчов асбоблари амплитудаси қуйидаги диапазонларнинг бирида бўлган сигналларни қабул қилишга мўлжалланган: 2,5 — 10; 10 — 40; 40 — 160 мВ; 160 — 600, 0,6 — 2,4, 2,4 — 12В; 12 — 36В; 36 — 120В.

Электрик кодланган сигналлар ГОСТ 12814 — 74 да белгиланган. Бу группа сигналларидан турли хил электрон ҳисоблаш ва бошқариш машиналарида, рақамли автоматика ва телемеханиканинг рақамли қурилмаларида фойдаланилади.

Функционал асбоб ва системаларда катталиклар қиймати саккизга каррали иккилик хоналарда (байтларда) тасвирланади.

Пневматик сигналлар ГОСТ 26.015 — 81 да белгиланган. Шу группа УСдан ўзгарткичлар, иккиламчи асбоблар, функционал ва тўғриловчи блоklar ҳамда ижрочи қурилмалар орасида ахборот узатишда фойдаланилади. Пневматик чиқиш сигналлари ўзгаришининг иш диапазони таъминлаш босимининг номинал қиймати 140 кПа бўлганда 20 — 100 кПа чегарасида бўлади.

2- БОБ. ЎЛЧАШ ХАТОЛИКЛАРИ ВА УЛАРНИ БАҲОЛАШ

2.1-§. ЎЛЧАШ ХАТОЛИКЛАРИ ВА ЎЛЧОВ АСБОБЛАРИ ҲАҚИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТЛАР

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

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

бунда ΔX — абсолют хатолик; X — ўлчаш натижаси; X_x — ўлчанаётган катталиклнинг ҳақиқий қиймати.

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

Ўлчаш хатоликлари уларнинг келиб чиқиши сабабларига кўра мунтазам, тасодифий ва қўпол хатоликларга бўлинади. Мунтазам хатолик дейилганда фақат битта катталикни қайта-қайта ўлчаганда ўзгармас бўлиб қоладиган ёки бирор

қонун бўйича ўзгарадиган ўлчаш хатолиги тушунилади. Улар аниқ қиймат ва ишорага эга бўлади, уларни тузатмалар кири-тиш билан йўқотиш мумкин.

Катталикни ўлчаш натижасида олинган қийматга мунтазам хатоликни йўқотиш мақсадида қўшиладиган қиймат тузатма деб аталади. Одатда, мунтазам хатоликлар инструментал (ўлчаш асбоблари), ўлчаш усуллари, субъектив (ноаниқ ўқиш), ўрнатиш, методик хатоликларига бўлинади.

Инструментал хатолик дейилганда қўлланаётган ўлчов асбоблари хатоликларига боғлиқ бўлган ўлчаш хатолик-лари тушунилади. Юқори аниқликда ўлчайдиган асбоблар қўл-ланганда ўлчов асбобларининг тақомиллашмагани орқасида келиб чиқадиган инструментал хатоликлар тузатма киритиш усули билан йўқотилади. Техник ўлчов асбобларининг инст-рументал хатоликларини йўқотиб бўлмайди, чунки бу асбоб-лар уларни текширилганда тузатмалар билан таъминланмайди.

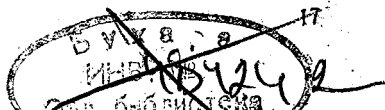
Ўлчаш усули хатолиги дейилганда усулнинг тақомил-лашмаганлиги орқасида келиб чиқадиган хатолик тушунилади. Улар, кўпинча, янги усуллар қўлланганда, миқдорлар ораси-даги ҳақиқий боғланишни тахминий аппроксимация қилувчи тенгламалардан фойдаланилганда пайдо бўлади. Ўлчаш усули хатолиги ўлчов воситаси, хусусан, ўлчаш қурилмаси, баъзида эса, ўлчаш натижаси хатоликларини баҳолашда эътиборга олиниши лозим.

Субъектив хатоликлар кузатувчининг шахсий хусу-сиятларидан масалан, бирор сигнал берилган пайтни қайд қилишда кечикиш ёки шошилишдан, шкала бир бўлими че-гарасида кўрсатувни нотўғри ёзиб олишдан, параллаксдан ва ҳоказодан келиб чиқади. Параллаксдан ҳосил бўлган хатолик дейилганда санах хатолигига кирадиган, шкала сиртидан бирор масофада жойлашган стрелкани шу сиртга перпендикуляр бўл-маган йўналишда визирлаш (белгилаш) натижасида келиб чи-қадиган хатолик тушунилади.

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

Ўлчаш методикаси хатоликлари катталикларни (босим, температура ва б. ни) ўлчаш шартлари (методикаси) билан боғлиқ бўлган ва қўлланаётган ўлчаш асбобларига боғ-лиқ бўлмаган хатоликлардан иборат.

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



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

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

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

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

Агар X_n билан санок кўрсатишдаги қийматни ифодалаб, X_{nx} билан ҳақиқий қийматни белгиласак, қуйидаги формуладан ΔX абсолют хатоликни топамиз:

$$\Delta X = X_n - X_{nx} \quad (2.2)$$

Ўлчов асбобининг абсолют хатолиги деб, шу асбобнинг кўрсатиши билан ўлчанаётган катталикининг ҳақиқий қиймати орасидаги фарққа айтилади. Бунда хатолар плюс

ёки минус ишораси билан катталиқнинг бирликларида ифодаланади. Абсолют хатолиқнинг катталиқ ҳақиқий қийматига нисбати нисбий хатолиқ деб аталади. Нисбий хатолиқ орқали ўлчашнинг аниқлиқ даражасини характерлаш жуда қулай:

$$b = \pm \frac{\Delta X}{X_{нх}} \cdot 100\% = \pm \frac{X_n - X_{нх}}{X_{нх}} \cdot 100\%. \quad (2.3)$$

Одатда, $X_{нх}$ — ҳақиқий қиймат ва X_n топилган қийматларга нисбатан " ΔX " жуда кичик бўлади, яъни

$$\Delta X \ll X_{нх} \quad \text{ва} \quad \Delta X \ll X_n$$

Шунинг учун қуйидаги формулани ёзиш мумкин:

$$b = \pm \frac{\Delta X}{X_{нх}} \cdot 100\% \approx \pm \frac{\Delta X}{X_n} \cdot 100\%. \quad (2.4)$$

Шундай қилиб, нисбий хатолиқни ҳисоблашда абсолют хатолиқнинг асбобнинг кўрсатишига нисбатини олиш мумкин. Нисбий хатолиқ % ларда ифодаланади.

Катталиқнинг асл қийматини аниқлаш учун ўлчов асбобининг кўрсатишига тузатиш киритилади. Унинг сон қиймати тескари ишора билан олинган абсолют қийматга тенг:

$$d = X_{нх} - X_n$$

ёки

$$d = -\Delta X, \quad (2.5)$$

бу ерда d — тузатма.

Асбобнинг хатолиғи шкала диапазониинг процентларида ифодаланади. Бундай хатолиқлар келтирилган хатолиқ дейилади ва абсолют хатолиқнинг диапазониға бўлган нисбатига тенг бўлади, яъни

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

бу ерда N — асбобнинг ўлчаш чегараси (диапазони).

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

Абсолют хатолиқ (2.2) формула бўйича: $\Delta X = -1,2^\circ\text{C}$, нисбий хатолиқ (2.4) формула бўйича $b = -0,5\%$, келтирилган хато (2.6) формула бўйича $j = -0,4\%$.

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

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

Ўлчаш асбоби учун техник шароитлар имкон берган, махсус яратилган нормал иш шароитида йўл қўйилган хато асосий хатолик дейилади. Атроф-муҳитнинг нормал ҳолати деб 20°C температура ва 101325 Н/м^2 (760 мм сим. уст.) атмосфера босими қабул қилинган. Ташқи шароит ўзгаришининг асбобларга бўлган таъсиридан келиб чиққан хато қўшимча хатоликдир. Ўлчов асбобларининг сифати уларнинг хатоликларидан ташқари асбоблар вариацияси, сезгирлиги ва сезгирлик чегараси билан характерланади.

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

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

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

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

$$S = \frac{\Delta n}{\Delta Q}, \quad (2.8)$$

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

Сезгирлиги юқори бўлган асбоблар асосан аниқ ўлчашлар учун ишлатилади.

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

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

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta n}, \quad (2.9)$$

бунда C — шкала бўлинмасининг қиймати.

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

Баъзан катталиқнинг ҳақиқий қийматини топиш учун асбоб кўрсатишини тузатиш коэффициентини K га кўпайтирилади:

$$X_{\text{пх}} = K \cdot X_n \quad (2.10)$$

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

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

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

Ўлчаш асбобининг аниқлик синфи процентларда ҳисобланган энг катта келтирилган ҳаголикка тенг:

$$K_n = j_{\text{max}} = \frac{\Delta X_{\text{max}}}{N} \cdot 100\% = \frac{\Delta X_{\text{max}}}{N_{\text{max}} - N_{\text{min}}} \cdot 100\%. \quad (2.11)$$

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

Шкаласи белгиси: °C ...	0	20	40	60	80	100
Абсолют хатолик: ΔX, °C ...	0,4	1,6	1,0	0,4	0	— 0,6

Бунда логометрнинг келтирилган хатоли

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

Юқорида келтирилган маълумотларга кўра аниқлик синфи-

ни 2,0 га тенг деб оламиз (яхлитлаш катталаштириш ҳисоби-га олиб борилади).

Йўл қўйиладиган хатоликлари чегаралари процентларда ифодаланадиган нисбий хатоликлардан иборат асбобларнинг аниқлик синфлари қавс ичида ёзилган сонлар билан белгиланади (масалан, 5%), бу сонлар йўл қўйиладиган асосий нисбий хатоликлар қиймати билан устма-уст тушади. Масалан, 2,5 аниқлик синфидаги шкаласи 0 — 100 мВ бўлган милливольтлар учун шкаланинг ихтиёрий белгисида асосий нисбий хатолик $\pm 2,5\%$ дан ошмайди, яъни шкаланинг ихтиёрий белгисида абсолют хатолик (мВ ларда)

$$\Delta X \leq \pm \frac{2,5}{100} \cdot X_n,$$

бунда X_n — асбобнинг кўрсатиши.

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

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

$$X_n = \pm \frac{2,5 \cdot N_n}{100} = \pm \frac{2,5 \cdot 45}{100} = \pm 1,1$$

бунда $N_n = N_{max} - N_{min}$; N_{max} ва N_{min} —

асбоб шкаласининг охириги ва бошланғич қийматлари.

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

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

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

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

Нисбий хатоликни камайтириш мақсадларида ўлчаш асбоби шкаласининг юқориги чегарасини шундай танлаш лозимки, ўлчанаётган катталиқнинг кутиладиган қиймати (кўрсатиши)

унинг охирги учинчи қисмида (ёки охирги ярмида) жойлашган бўлсин.

Ўлчаш воситаларининг хатоликлари статистик ва динамик хатоликларга бўлинади. Статистик хатолик ўзгармас катталикини ўлчаш учун фойдаланиладиган ўлчаш воситаси хатолигидир. Агар ўлчанаётган катталик вақтнинг функцияси бўлса, унда ўлчаш воситаларининг инерционлиги оқибатида ўлчаш воситаларининг динамик хатолиги деб аталадиган умумий хатоликнинг ташкил этувчиси ҳосил бўлади. Динамик режимда умумий хатолик статистик ва динамик хатоликлар йиғиндисига тенг.

2.2 §. ХАТОЛИКЛАРНИНГ СТАТИСТИК ХАРАКТЕРИСТИКАСИ

Ўлчаш воситалари (ЎВ)нинг статистик хатолиги Δ ни мунтазам Δ_m ва тасодифий Δ_t хатоликлардек ташкил этувчилар йиғиндисига кўринишида тасвирлаш мумкин:

$$\Delta = \Delta_m + \Delta_t. \quad (2.12)$$

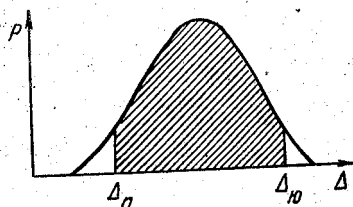
бунда Δ_m — ўзгармас ёки секин ўзгарадиган катталик; Δ_t — ўрта қиймати нолга тенг бўлган тасодифий катталик.

(2.12) муносабат ЎВ хатолиги моделини тавсифлайди, Δ хатолик ўзгармас ва тасодифий катталиклар йиғиндисига сифатида яна тасодифий катталик бўлади. Шунинг учун ЎВ аниқ хоссаларини тўла ва объектив характерлашда тасодифий катталиклар (миқдорлар) назарияси аппарати — эҳтимоллар назариясидан фойдаланиш зарур. Тасодифий миқдор деб шундай миқдорга айтиладики, у тажриба натижасида аввалдан маълум бўлмаган бирор қийматни қабул қилади. Узлуксиз тасодифий миқдор Δ эҳтимоллик нуқтаи назаридан тақсимот зичлиги (эҳтимоллар зичлиги) $P(\Delta)$ билан тўла характерланади. Геометрик нуқтаи назардан тақсимот зичлигининг шакли тақсимлаш характериға боғлиқ бўлган эгри чизиқ билан тасвирланади (2.1-расм). $P(\Delta)$ функцияни билиш, хусусан, Δ хатолик йўл қўйиладиган қийматлар майдонига тегишлилиги эҳтимolini баҳолаш имконини беради (2.1-расмда штрихланган юза).

$$P(\Delta_n < \Delta < \Delta_{ю}) = \int_{\Delta_n}^{\Delta_{ю}} P(\Delta) d\Delta, \quad (2.13)$$

бунда Δ_n ва $\Delta_{ю}$ — Δ хатоликнинг йўл қўйиладиган қийматлари майдонининг пастки ва юқориги чегаралари.

$P(\Delta)$ функциянинг кўринишини топиш кўп ҳолларда катта қийинчиликлар туғдиради. Кўпгина метрологик масалалар-



2.1-расм. Тақсимот зичлиги эгри чизиғи.

ни ечиш унун $P(\Delta)$ тақсимотнинг алоҳида сонли характеристикаларини билиш етарли. Бу характеристикалар Δ нинг ўрта қийматини аниқлайдики, унинг атрофида хатоликнинг мумкин бўлган қийматлари группаланади. Бу характеристикалардан яна бири нисбий ўрта қиймаг хатолигининг тақсимои даражасидир. Хатоликлар тақсимои қонунининг баъзи муҳим сонли характеристикаларини киритамиз.

Биринчи ҳол (математик кутилма)

$$M\{\Delta\} = \int_{-\infty}^{\infty} \Delta P(\Delta) d\Delta = m \quad (2.14)$$

Δ нинг ўрта қийматини ёки (2.12) га кўра хатоликнинг мунтазам ташкил этувчиси Δ_m ни аниқлайди.

Иккинчи марказий ҳол (дисперсия)

$$\delta^2 = \int_{-\infty}^{\infty} [\Delta - M\{\Delta\}]^2 P(\Delta) d\Delta = \int_{-\infty}^{\infty} \Delta^2 P(\Delta) d\Delta \quad (2.15)$$

тасодифий хатоликнинг мунтазам хатолик Δ_m яқинида тарқалишини характерлайди. Дисперсиянинг ўлчов бирлиги хатолик квадратагига тенг, шунинг учун у хатолик тақсимот қувватини ифодалагандек бўлади. Тақсимлаш миқдорининг аниқ характеристикаси учун хатоликнинг дисперсиядан олинган квадрат илдизга тенг бўлган ўрта квадратик четга чиқишидан фойдаланилади.

Ўлчаш амалиётида тасодифий хатоликлар тақсимотининг турли қонунлари учрайди, аммо тақсимотнинг нормал қонуни (Гаусс қонуни) энг катта аҳамиятга эга. Нормал қонуннинг муҳим хусусияти унинг лимит қонун эканидир, яъни ўлчаш учун бир хил шароитлардаги бошқа тақсимот қонунлари унга яқинлашади. Эҳтимоллар назариясида эркин ёки кучсиз бўлган, бир текис кичик (яъни тахминан бир хил роль ўйнайдиган) қўшилувчилар йиғиндиси эҳтимолининг зичлиги қўшилувчилар сонини истаганча орттириб борилганда, бу қўшилувчилар қандай тақсимот қонунига эга бўлишидан қатъи назар, тақсимотнинг нормал қонунига исталганча яқинлашиши исботланган. Агар хатолик кўп сондаги факторлар таъсири нагжасидан иборат эканини, бу факторлар роли аниқ ўлчашлар амалга оширилганда унча катта эмаслигини назарда тутсак, у ҳолда ўлчашлар назариясидан нормал қонун аҳамияти тушунарли бўлади.

Нормал қонун бўйича тақсимланган Δ хатолик эҳтимолликларини зичлигини аниқловчи формула қуйидаги кўринишга эга:

$$P(\Delta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} \exp\left\{-\left[\frac{(\Delta - M\{\Delta\})^2}{2\delta^2}\right]\right\}. \quad (2.16)$$

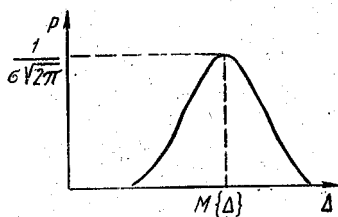
2.2-расмда нормал тақсимот $P(\Delta)$ графиги кўрсатилган. Кўрииб турибдики, Гаусс эгри чизиғи $M\{\Delta\}$ нуқтага нисба-

тан симметрич. Эҳтимолнинг максимал зичлиги $1/\delta\sqrt{2\pi}$ га тенг бўлиб, унга $M\{\Delta\}$ нуқтада эришилади. $M\{\Delta\}$ нуқтадан чапга ва ўнгга узоқлашиш билан $P(\Delta)$ нолга асимптотик яқинлашади. Бу шуни кўрсатадики, кичик тасодифий хатоликлар $\Delta_T = \Delta - M\{\Delta\}$ нинг пайдо бўлиши эҳтимоли Δ_T нинг катта қийматлари пайдо бўлиши эҳтимолидан катта.

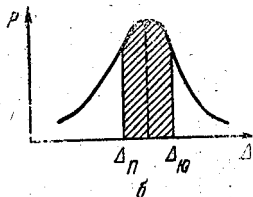
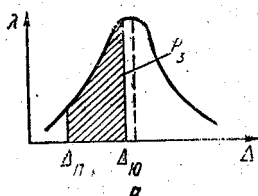
Ўлчаш асбоблари хатоликларининг ишончли чегаралари Δ хатолик берилган P_B эҳтимол билан тушадиган интервалнинг пастки ва юқори чегараларидир. P_B миқдор ишончли эҳтимол дейилади. Хатоликнинг ишончли чегараларини топиш учун (2.13) муносабатдан фойдаланиш керак, бунда эҳтимолнинг тақсимот зичлиги $P(\Delta)$ ва хатоликнинг изланган ишончли чегарага тушиш эҳтимоли Δ берилиши лозим. Агар қўшимча шартлар киритилмаса, масала жуда кўп ечимларга эга бўлади. Бунга 2.3-расмдаги мисолда ишонч ҳосил қилиш мумкин. Унда масала шартига кўра берилган ишончли эҳтимол P_B ишончли интервал деб аталувчи $\Delta_P - \Delta_{\text{Ю}}$ участкада $P(\Delta)$ эгри чизик билан чегараланган штрихланган юза билан аниқланади. Кўриниб турибдики, битта ишончли эҳтимолга турли ишончли чегаралар мос келяпти. Ягона ечимга олиб келувчи қўшимча шарт берилган P_B эҳтимол билан тушиладиган ишончли интервал $\Delta_{\text{Ю}} - \Delta_{\text{П}}$ ни минималлашдан иборат. Тақсимотнинг симметрич қонунлари учун (шу жумладан нормал қонун учун) шу шартнинг (талабнинг) бажарилишига ишончли чегаралар $M\{\Delta\}$ нуқтага нисбатан симметрич жойланиши ҳисобига эришилади (2.2-расмга қаранг). Бу ҳолда ўлчаш асбобларининг берилган ишончли эҳтимолига мос хатоликлар ишончли интервал δ қисмларида қуйидаги муносабат билан аниқланади:

$$M\{\Delta\} - K \cdot \delta \leq \Delta \leq M\{\Delta\} + K \cdot \delta, \quad (2.17)$$

бунда K — берилган ишончли эҳтимол P_B га ҳамда тақсимот зичлиги $P(\Delta)$ га боғлиқ бўлган коэффициент.



2.2-расм. Тасодифий хатоликлар нормал тақсимотининг эгри чизиги.



2.3-расм. Ўъл қўйиладиган хатолик майдони чегараларининг $M\{\Delta\}$ га нисбатан носимметрич (а) ва симметрич (б) жойланиш вариантлари.

Шундай қилиб, тасодифий хатоликнинг характеристикаси учун икки сонни: хатоликнинг ўз миқдорини (ёки ишончли интервални) ва ишончли эҳтимол миқдорини бериш лозим. Ишончли эҳтимол маълум бўлганда олинган натижанинг ишончлилик даражасини баҳолаш мумкин. Масъулиятли ўлчашларда ишончлиликнинг юқори даражаси талаб этилади, шунинг учун каттароқ ишончли интервал танланади. Одатдаги ўлчашларда (ишончлиликнинг юқори даражаси талаб этилмаганда) 0,9 ёки 0,95 ишончли эҳтимол билан чекланилади.

(2.13 — 2.16) муносабатлар назарий жиҳатдан $M\{\Delta\}$, δ^2 параметрларни аниқлаш ва уларнинг маъноларини ойдинлаштириш имконини беради. $P(\Delta)$ функциянинг кўринишини аниқлаш ва унинг тақсироти параметрларини ҳисоблаш тасодифий миқдор ҳақидаги тўлиқ статистик материал асосидагина ёки математик статистика термини тилида, чексиз катта ўлчамда танлаш асосидагина мумкин. Аммо реал шароитларда хатоликни ва унинг статистик параметрларини танлашда танлаш ўлчами доимий чегараланган бўлади. Чекланган тажриба материали асосида ўлчаш асбоблари хатолигининг характеристикасини фақат тақрибан аниқлаш мумкин.

Тақсирот параметрларининг тажриба ёрдамида топилган тақрибий қийматлари уларнинг баҳолари дейилади.

Мунтазам хатолиги бўлмаган ($\Delta_m = 0$) ўлчов воситалари ёрдамида номаълум X катталикини n марта ўлчаш бажарилган бўлсин. Кузатиш натижалари $X_1, X_2, \dots, X_n$ — n ўлчовли танлашни ташкил этади. Ҳар бир X_i натижа Δ_i тасодифий хатоликка эга. Эҳтимоллар назариясидаги катта сонлар қонунига кўра танлаш ўлчами ортиб бориши билан ўрта қиймаглар турғунлиги ортади. Шу қонундан фойдаланиб ўлчанаётган катталикининг математик кутилма ва дисперсияси баҳоси учун қуйидаги формулалар билан ҳисобланадиган ўрта қийматлар қабул қилинади:

$$\tilde{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = X_0 + \tilde{\Delta}_T; \quad (2.18)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \tilde{X})^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta_{Ti} - \tilde{\Delta}_T)^2, \quad (2.19)$$

бунда $X_i = X_0 + \Delta_{Ti}$ — i — кузатиш натижаси; X_0 — ўлчанаётган катталикининг ҳақиқий қиймати; $\tilde{\Delta}_T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_{Ti}$ — тасодифий хатоликнинг танланган ўртача қиймати; $\tilde{X}$ — ўлчанаётган катталик учун математик кутилма (ҳақиқий қийматнинг) баҳоси; σ^2 — кузатишлар натижасининг дисперсия баҳоси.

(2.19) дан кўринадики, кузатишлар натижасининг танланган дисперсияси хатоликнинг тасодифий ташкил этувчиси билан аниқланади ва тасодифий хатоликнинг танланган дисперсиясига тенг.

Тарқалиш даражасининг характеристикаси учун σ^2 билан бирга тасодифий миқдорнинг ўрта квадратик четга чиқишидан ҳам фойдаланилади:

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta_i^2 - \tilde{\Delta}_T^2)}. \quad (2.20)$$

Юқорида (2.18) — (2.20) баҳолар тақрибийдир ва уларнинг аниқлиги n ортиши билан ортиб боради. Хусусан, $n \rightarrow \infty$ да $\tilde{\Delta}_T \rightarrow 0$; $\tilde{X} \rightarrow X_0$, $\tilde{\sigma}^2 \rightarrow \sigma^2$. Чекли n лар учун $\tilde{X}$, $\tilde{\sigma}^2$ баҳолар ушбу X_i , Δ_{Ti} тасодифий миқдорлар функцияси сифатида яна тасодифий миқдор бўлади. Шу баҳоларнинг аниқлик даражаси уларнинг дисперсияларидан иборат. Масалан, $\tilde{X}$ нинг баҳо-си учун танланган ўрта қиймат дисперсияси

$$\sigma_{\tilde{X}}^2 = \frac{\sigma^2}{n} \approx \frac{\tilde{\sigma}^2}{n} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (X_i - \tilde{X})^2. \quad (2.21)$$

Шундай қилиб, танланган ўрта қиймат $\tilde{X}$ (кўп қаррали ўлчашлар натижаси) n катта бўлганда, X_0 миқдорнинг алоҳида олинган ўлчаш натижасиникига қараганда анчагина аниқ баҳо-сидан иборат. Кўп қаррали ўлчаш натижасининг дисперсия-си n марта кам, ўрта квадратик хато эса бир қаррали ўлчаш натижаси дисперсиясига нисбатан $\sqrt{n}$ марта кичик. (2.20) дан келиб чиқадики, кўп қаррали ўлчашларда ўлчаш воситалари хатоликларининг тасодифий ташкил этувчисигина камаяр экан.

Тажриба маълумотларига асосланиб, аввалдан тақсимот қо-нуни $P(\Delta)$ ни топмасдан ўлчаш воситаларининг қуйидаги нор-маловчи метрологик характеристикасини топиш мумкин:

1. Ўлчаш воситаси конкрет нусхаси хатолигининг мунта-зам ташкил этувчиси

$$\tilde{\Delta}_M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i, \quad (2.22)$$

бунда n — тажрибалар сони; Δ_i — ЎВ хатолигининг i -реализацияси.

Агар асбоб ўлчаш диапазонининг x нуқтасига ўлчанаётган катталикнинг катта ва кичик қийматлари томонидан яқинлаш-ганда $\tilde{\Delta}_M$ қийматлар бир хил бўлмаса, у ҳолда мунтазам ха-толик

$$\tilde{\Delta}_M = (\tilde{\Delta}_{cm} + \tilde{\Delta}_{co}) / 2, \text{ бунда } \tilde{\Delta}_{cm} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_{mi};$$

$$\tilde{\Delta}_{co} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_{oi} \quad (\Delta_{oi} - \text{ўлчанаётган катталикнинг кичик қиймат})$$

ларидан X қийматигача ўзгаришида хатоликнинг i -қиймати; Δ_{6i} — ўшанинг ўзи, фақат катта қийматларидан X қийматигача ўзгаришида).

3. Айирманинг абсолют қиймати каби аниқланадиган вариация:

$$E = |\Delta_{cm} - \Delta_{cb}|. \quad (2.23)$$

Ўлчаш воситаси конкрет нусхаси хатолигининг тасодифий ташкил этувчисининг ўрта квадратик чегга чиқиши баҳоси:

$$\sigma(\Delta_T) = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_{mi} - \tilde{\Delta}_{cm})^2 + \sum_{i=1}^n (\Delta_{6i} - \tilde{\Delta}_{cb})^2}{2n - 1} \right]^{1/2} \quad (2.24)$$

2.3-§. ЎЛЧОВ ВОСИТАЛАРИ СТРУКТУРАСИ

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

Физик катталиқни ўлчашда ўлчов қурилмаси (асбоби) физик катталиқни кўрсаткичининг пропорционал силжишига ўзгартади:

$$\varphi = f(B), \quad (2.25)$$

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

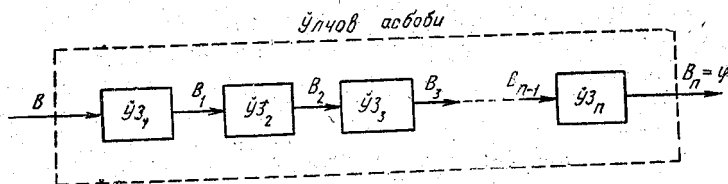
(2.25) боғланиш асбоб шкаласининг тенгламаси ёки характеристикаси дейилади.

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

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

Исталган ўлчов асбобининг структура схемаси, унинг ишлаш принциpidан қатъи назар, кетма-кет уланган ўлчаш бўғинлари $УЗ_1, УЗ_2, УЗ_3, \dots, УЗ_n$ (2.4-расм) қаторидан тузилган занжир каби тасвирланиши мумкин.

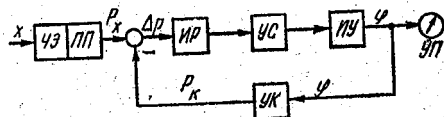
Биринчи бўғин $УЗ_1$ учун кириш миқдори бўлиб B катталиқ хизмат қилади. Ҳар бир бўғиннинг чиқиш миқдори кейинги бўғин учун кириш миқдори бўлиб хизмат қилади. Охириги $УЗ_n$ бўғинининг чиқиш миқдори кўрсаткичининг $B_n = \varphi$ силжишини англатади.



2.4-расм. Ўлчов асбобининг умумлашган структураси схемаси.

Умумий ҳолда ўлчов воситаларининг структура схемасини қурилиш принципига қараб икки гурппага бўлиш мумкин: тўғри ўзгартирадиган ўлчаш схемалари ва сигнални мослаштирадиган ўлчаш схемалари. Тўғри ўзгартириш принципи бўйича қурилган ўлчов воситаларида ўлчанаётган катталиқ дастлабки ўзгарткичга ёки унинг ўлчаш занжири қисмидан иборат бўлган сезгир элементига келади. Ўлчаш занжирида, одатда, ўлчанаётган катталиқни ахборотнинг бирор элтувчиси (электр тоқининг кучи ёки кучланиши, сиқилган ҳаво босими ва бошқалар) сигналига ўзгартиш амалга оширилади. Мазкур сигнал сўнгра кучайтирилади ва санаш қурилмасига узатилади. Энг содда вариантла шу схемалардан фақат сезгир элемент ва санаш қурилмаси қолиши мумкин. Тўғри ўзгарткич схемалари содда, ишончли, етарли тезкорликка эга ҳамда унча қиммат эмас. Аммо улардан амалда кичик энергия сигналларини ўлчашда фойдаланиб бўлмайди. Дифференциал ўзгарткичлар ва улар билан ўлчаш схемалари сигнали тўғри ўзгартиш схемалари турларидан биридир.

Сигнални мувозанатлаштирадиган ўлчаш схемалари структураси 2.5-расмда келтирилган. Ўлчанаётган катталиқ X дастлабки ўзгарткич ППга (ПП — первичный преобразователь) ёки унинг сезгир элементи ЧЭ (ЧЭ — чувствительный элемент) га келади ва P_x сигналга айлантирилади, бу сигнал компенсация қурилмаси УК (устройство компенсации) дан чиққан P_k сигнал билан мослаштирилади. Компенсация қурилмаси УК чиқариш сигнали ϕ ни компенсация қилувчи P_k сигналга ўзгартади. Нобаланс сигнали ΔP номувофиқлаштириш индикатори ИР (ИР — индикатор рассогласования) орқали кучайтиргич УС (УС — усилитель) киришига берилади. Кучайтиргичнинг чиқиш сигнали интегралловчи қурилма ИУ га (масалан, реверсив двигателига) таъсир қилади ёки чиқиш сигнали ϕ кучайтиргич чиқишдан олинadиган сигнал йўқ бўлганда ўзгармай қолаверади. ϕ сигнал асбоб кўрсаткичи УП (УП — ука-



2.5-расм. Сигнали мувозанатлаштирувчи ўлчов асбобларининг структураси схемаси.

затель прибора) ва компенсация қурилмаси УҚ га берилади. Шундай қилиб, чиқиш сигнали фўлчанаётган X катталик қийматини аниқлайди. Сигнални мувозанатлаштирувчи асбоблар юқори аниқликка эга бўлиб, кичик сигналларни ўлчаш имконини беради. Аммо уларнинг тезкорлиги кам, баҳоси юқори, ишончлилиги эса тўғри ўзгарткич асбоблариникига қараганда паст.

2.4-§. ТЕХНИК ЎЛЧАШЛАРДА ЎЛЧАШ СИСТЕМАЛАРИ ХАТОЛИКЛАРИНИ БАҲОЛАШ

Техник ўлчашларда, одатда, бир неча ўлчов воситаларидан тузилган ўлчаш занжирлари ёки системаларидан фойдаланилади. Шунинг учун ўлчаш хатолигини баҳолашда ўлчаш системаси хатолигини баҳолаш зарур. Умумий кўринишда ўлчаш схемасини кетма-кет уланган дастлабки ўлчаш ўзгарткичи, алоқа линияси (ёки оралик ўзгарткич) ва иккиламчи ўлчаш асбоби (ёки ҳисоблаш қурилмаси ёхуд машинасига кириш олдидаги аналог-рақамли ўзгарткич) каби тасвирлаш мумкин.

Ўлчаш системаси ҳар бир ўзгарткичининг Давлат характеристикаси $X_{\text{чик}} = f(X_{\text{кир}})$ кўринишга эга. Хусусий ҳолда у $X_{\text{чик}} = K \cdot X_{\text{кир}}$ кўринишида бўлиши мумкин (K — ўзгартиш коэффициенти).

Ҳар бир ўзгарткич кириш сигнали $X_{\text{кир}}$ ни чиқиш сигнали $X_{\text{чик}}$ га Δ хатолик билан ўзгартади. Бунда шу Δ хатоликни мунтазам Δ_m ва тасодикий Δ_r хатоликлар каби ташкил этувчилардан тузилган деб қараш мумкин. Мунтазам ташкил этувчи унинг математик кутилмаси $M[\Delta_m]$, тасодикий ташкил этувчиси эса ўрта квадратик четга чиқиши $\sigma(\Delta_r)$ билан характерланиши мумкин.

Ўлчаш системаси хатоликларини баҳолашнинг икки усули мавжуд. Биринчи усулда ўлчаш схемаси хатоликлари чегаралари системага кирувчи ўлчов воситаларининг йўл қўйиладиган асосий ва қўшимча хатоликлари чегаралари бўйича баҳоланади, яъни аслида хатолик юқоридан баҳоланади, система хатолигининг максимал қиймати аниқланади. Ўлчаш системасининг бу йўл қўйиладиган хатолиғи хатоликларнинг йўл қўйиладиган қийматлари чегараларининг квадратлари йиғиндисидан олинган квадрат илдиз сифатида баҳоланади:

$$f_{y.c} = \sqrt{f_1^2 + f_2^2 + \dots + f_n^2}. \quad (2.26)$$

(Ў. с. — ўлчаш системаси). Агар хатоликлар чегаралари (лимит хатоликлар) $f_1, f_2, \dots, f_n$ ўзаро боғлиқ бўлмаса ва уларнинг қийматлари бир турли тақсимот қонунлари учун бир хил ишончли эҳтимолларга мос келса, у ҳолда бу усул етарлича аниқ натижа беради. Қолган ҳолларда (2.26) ифодадан фойдаланиш ноўрин бўлади.

Хатоликларни баҳолашнинг иккинчи эҳтимолли-статистик усули анча мураккаб, аммо у жиддийроқ ва тўғрироқдир. Бу усул алоҳида ўлчов воситалари ва ўлчаш системалари хатоликларининг хусусиятларини ҳисобга олиш имконини, ўлчаш параметрларининг яқин энг эҳтимолли қийматларини топишга ва ҳақиқий қийматларига яқин хатоликларни баҳолашга имкон беради. Бу усулни қўллаш учун хатоликнинг мунтазам ва тасодикий ташкил этувчиларининг статистик харақтеристикалари маълум бўлиши ёки мос тажрибалар натижасида ўлчов системалари тури, яъни бир турли ўлчов воситалари мажмуаси учун топилган бўлиши лозим. Нормал шароитда ўлчов воситалари тури учун хатоликнинг математик кутилмаси хатоликнинг мунтазам ташкил этувчисининг математик кутилмаси сифатида аниқланиши мумкин:

$$M[\Delta] = M[\Delta_m] \quad (2.27)$$

Агар ўлчов воситаларидан фойдаланиш шароитлари нормал шароитдан фарқ қилса, у ҳолда

$$M[\Delta] = M[\Delta_m] + \psi_m(\xi), \quad (2.28)$$

бунда $\psi(\xi)$ айни ўлчов воситаси билан ўлчанмайдиган физик катталиқ ξ нинг ўлчаш натижасига таъсири функцияси.

Хатоликлар йиғиндисининг ўрта квадратик чегга чиқиши, таъсир функциясини эътиборга олган ҳолда, тасодикий хатоликнинг ўрта квадратик четга чиқиши бўйича аниқланади:

$$\sigma(\Delta) = \sigma(\Delta_t) + \psi_\sigma(\xi). \quad (2.29)$$

Ўлчаш системаларининг хатоликларини ҳисоблашда, одатда, шу системага кирадиган ўлчов воситалари хатоликларининг тасодикий ва мунтазам ташкил этувчилари таъсирини эътиборга олиш лозим. Агар тасодикий ташкил этувчиларнинг математик кутилмаси ё нолга тенг бўлса, ёки системанинг мунтазам ташкил этувчиси сифатида системанинг математик кутилмасига кирса ва агар ўлчов воситаларининг ўзгартиш коэффициенти 1 га тенг бўлса, у ҳолда бир неча кетма-кет уланган ўлчов воситаларидан тузилган система хатолигининг математик кутилмаси алоҳида олинган ўлчов воситалари хатоликларининг мунтазам ташкил этувчилари йиғиндисига тенг:

$$M[\Delta_{\text{ис}}] = \Delta_{1c} + \Delta_{2c} + \dots + \Delta_{nc}. \quad (2.30)$$

Агар тасодикий хатоликлар статистик мустақил бўлса, унда уларнинг ўлчаш системаси-учун дисперсияси ўлчов воситалари тасодикий ташкил этувчиларининг дисперсиялари йиғиндиси каби аниқланади:

$$\begin{aligned} D[\Delta_{\text{т. и. с.}}] &= D[\Delta_{1c} + \Delta_{2c} + \dots + \Delta_{nc} + \Delta_{t1} + \Delta_{t2} + \dots + \Delta_{tn}] = \\ &= D[\Delta_{t1}] + D[\Delta_{t2}] + \dots + D[\Delta_{tn}]. \end{aligned} \quad (2.31)$$

Ўлчаш системасининг ўрта квадратик четга чиқиши қуйидаги формула билан топилади:

$$\sigma(\Delta_{\text{т. ис}}) = \sqrt{D[\Delta_{\text{т. ис}}]} = \sqrt{\sum_{i=1}^n D[\Delta_{\text{т. и}}]}. \quad (2.32)$$

Техник ва лаборатория ўлчашлари амалиётида, кўпинча, билвосита ўлчашлар ҳам учрайди, бунда аниқланадиган параметр бир нечга аргументларнинг функциясидан иборат бўлади:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (2.33)$$

$x_1, x_2, \dots, x_n$ аргументлар тўғридан-тўғри ўлчашлар натижасида топилади ва шу аргументларнинг ҳар бири хатоликларнинг ўз ташкил этувчисига эга. Y параметрни билвосита ўлчаш хатолиги $x_1, x_2, \dots, x_n$ аргументлар хатоликларининг ҳам мунтазам, ҳам тасодифий ташкил этувчиларига боғлиқ. Y параметрни ўлчаш хатолигининг мунтазам ташкил этувчиси $x_1, x_2, \dots, x_n$ аргументлар хатоликлари мунтазам ташкил этувчиларининг маълум қийматлари бўйича баҳоланиши мумкин ёки ўлчаш натижасида хатоликнинг мунтазам ташкил этувчисини йўқотиш имконини берадиган тузатиш киритилади. Унда ўлчаш параметрларининг математик кутилмаси (2.33) бўйича ҳисобланиши мумкин:

$$m_y = f(m_{x_1}, m_{x_2}, \dots, m_{x_n}), \quad (2.34)$$

бунда $m_{x_1} = x_1 + \delta_{x_1}$; $m_{x_2} = x_2 + \delta_{x_2}$; $\dots$, $m_{x_n} = x_n + \delta_{x_n}$;

$x_1, x_2, \dots, x_n$ — ўлчанган аргументлар қиймати;

$\delta_{x_1}, \delta_{x_2}, \dots, \delta_{x_n}$ — хатоликнинг мунтазам ташкил этувчисини

йўқотиш имконини берадиган тузатишлар.

Агар $x_1, x_2, \dots, x_n$ аргументларнинг йўл қўйиладиган қийматлари диапазонида (2.33) функция етарли аниқликда чиқиқлаштирилиши (чиқиқли функцияга алмаштирилиши) мумкин бўлган ва шу аргументлар мустақил бўлган ҳолдагина Y параметрни билвосита ўлчаш хатолигининг тасодифий ташкил этувчисини топиш мумкин. Унда ўлчанаётган параметрнинг ўрта квадратик четга чиқиши қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланиши мумкин:

$$\sigma(Y) = \sqrt{D(Y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{df}{dx} \delta_{x_i} \right)^2}. \quad (2.35)$$

Шундай қилиб, юқорида баён этилган усул билан изланаётган Y параметрни билвосита ўлчаш натижасининг математик кутилмасини топиш ва юқоридаги шартлар бажарилганда уни ўлчашнинг тасодифий хатолигини баҳолаш мумкин. Аммо Y параметр тасодифий хатолигининг тақсимот қонуни, одатда, номаълум бўлади, шунинг учун хатоликлар пайдо бўлиши эҳтимоли ҳамда ишончлилиқ интерваллари ҳақида бирор хулоса чиқариш мумкин эмас.

2.5-§. Ўлчов воситаларининг статик ва динамик ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИ ҲАҚИДА ТУШУНЧА

Ўлчаш қурилмалари ишининг икки режими статик (барқарор) ва динамик (беқарор) режимлари мавжуд. Кириш миқдорини чиқиш миқдорига ўзгартишнинг ҳар икки режими мос равишда статик ва динамик характеристикалар билан белгиланади.

Барқарор иш режимида чиқиш миқдорининг кириш миқдорига боғлиқлиги ўлчов воситаларининг статик характеристикаси дейилади. Умумий ҳолда ўлчов асбобининг статик характеристикаси (шкала тенгламаси) қуйидаги кўринишга эга:

$$\varphi = f(B), \quad (2.36)$$

бунда φ — саноқ қурилмаси кўрсаткичининг координатаси (бурчакли ёки чизиқли); B — ўлчанаётган физик катталиқ қиймати.

Ўлчанаётган B катталиқнинг чиқиш миқдори φ га ўзгартирилиши бевосита амалга оширилади, бундай оралиқ ўзгартишлар бир неча (баъзида ўнлаб) бўлиши мумкин. Масалан, температурани милливольтметрга уланган термоэлектрик термометр ёрдамида ўлчаганда тўртта кетма-кет ўзгартиш юз беради: муҳит температураси → термометрнинг термо ЭЮК и → электр занжирининг ток кучи → милливольтметр рамкасидаги айланма момент → кўрсаткич стрелкасининг бурилиш бурчаги.

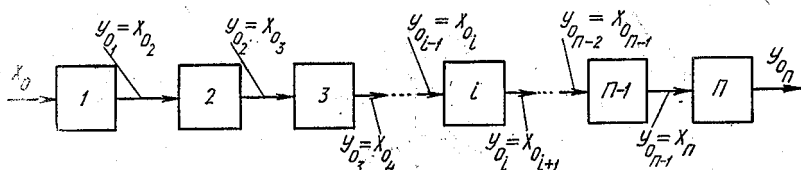
Бундай ўлчов асбоби кетма-кет уланган ва ҳар бири ўз статик характеристикасига эга бўлган бўғинлардан тузилган. 2.6-расмда очиқ занжирли ўлчов асбобининг n та бўғинли умумлашган структура схемаси келтирилган. Кириш миқдорларини x_0 , чиқиш миқдорларини эса Y_0 билан бўғиннинг тартиб номерига мос индекслар ёрдамида белгилаймиз. Ноль индекс катталиқларнинг барқарор қийматларини англатади.

Бўғинларнинг ҳар бирининг статик характеристикасини қуйидаги умумий кўринишда тасвирлаш мумкин:

$$Y_{0_i} = f_i(x_{0_i}), \quad (2.37)$$

бунда $i = 1, 2, \dots, n$ — бўғиннинг тартиб номери.

Биринчидан бошқа ихтиёрий бўғиннинг кириш миқдори бундан аввалги бўғин учун чиқиш миқдоридан иборат, яъни $x_{0_i} = Y_{0_{i-1}}$, демак, $Y_{0_i} = f_i(Y_{0_{i-1}})$, аммо $Y_{0_{i-1}} = f_{i-1}(x_{0_{i-1}})$.



2.6-расм. Ўлчов асбобининг (датчикнинг) структурали схемаси.

Мазкур қийматни (2.37) тенгламага қўямиз: $Y_{0_i} = f_i[f_{i-1}(x_{0_{i-1}})]$.
Энди $x_{0_{i-1}} = Y_{0_{i-2}}$ ва ҳоказоларни эътиборга олиб топамиз:

$$Y_{0_i} = f_i[f_{i-1}(f_{i-2}, \dots, f_2)[f_1(x_0)]]. \quad (2.38)$$

2.38 тенглама ўлчанаётган катгалик билан ихтиёрий бўғиннинг чиқиш миқдори орасидаги боғланишни ифодалайди. Шу тенгламага кўра охиридан аввалги $(n-1)$ -бўғиннинг чиқиш миқдори қуйидагича топилади:

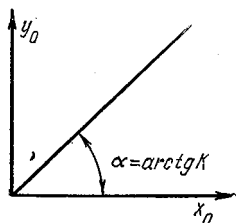
$$Y_{0_{n-1}} = f_{n-1}\{f_{n-2}(f_{n-3} \dots f_2)[f_1(x_0)]\}. \quad (2.39)$$

(2.39) тенглама асбобнинг бўғинлар характеристикаси орқали ифодаланган статик характеристикасидан иборат.

Агар кириш ва чиқиш миқдорлари орасидаги функционал боғланиш иш соҳасида узлуксиз ва бир қийматли бўлса, унда ҳар бир x_0 қийматга биттагина Y_0 қиймат мос келади. Бундай бўғин статик бўғин дейилади. Агар бунда характеристика чизиқли бўлса ёки чизиқли функция билан алмаштирилиши мумкин бўлса, бундай бўғинни чизиқли бўғин дейилади. 2.7-расмда унинг характеристикаси келтирилган бўлиб, у қуйидаги боғланишни тасвирлайди:

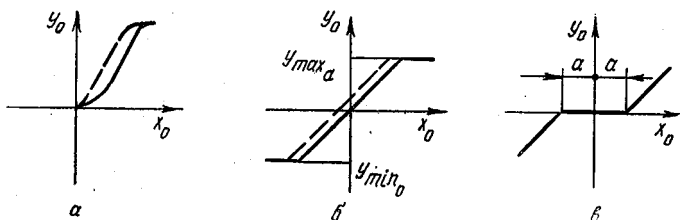
$$Y_0 = a + k \cdot x_0. \quad (2.40)$$

бунда a — Y нинг ўлчов бирлигига эга бўлган ўзгармас; k — ўзгармас коэффициент ёки ўзгарткич коэффициенти деб аталадиган ўзгармас миқдор. Y чиқиш миқдорининг кириш миқдорига барқарор режимдаги нисбатини ифодалайди.



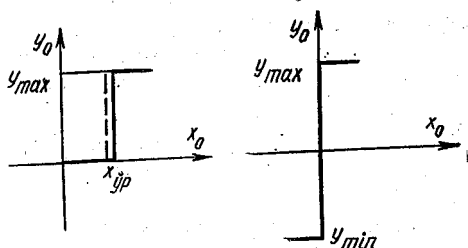
2.7-расм. Чизиқли бўғиннинг статик характеристикаси.

Чизиқлилиқ талабларига жавоб бермайдиган бўғинлар чизиқсиз (чизиқли бўлмаган) бўғинлар дейилади. 2.8-расмда чизиқсиз бўғинларнинг баъзи статик характеристикалари берилган. Бўғинларнинг чизиқсизлиги гистерезис билан (2.8-расм, а), тўйиниш ҳодисаси ёки чеклагичларнинг таянчлари борлиги билан (2.8-расм, б), шунингдек, носезгирлик зонасининг ёки турғунлик зонасининг мавжудлиги билан боғланган бўлиши



2.8-расм. Чизиқсиз бўғинларнинг статик характеристикаси.

мумкин (2.8-расм, в). Ишга тушиш параметри деб аталадиган $x_0 = x$ нинг бирор қийматида чиқиш координатаси зинасимон ўзгарадиган бўғинлар (2.9-расм) алоҳида аҳамият касб этади. Бундай бўғинлар релели бўғинлар дейилади ва чиқиқсиз бўғинлар турига киради.



2.9-расм. Релели бўғинларнинг статик характеристикаси.

Ўлчаш ўзгарткичларига ва датчикларга нисбатан узатувчи коэффициент K асбоб ёки элементнинг сезгирлиги дейилади. Бунда чиқиқсиз элемент ва асбоблар учун статик ва дифференциал сезгирликлар фарқ қилинади. Статик сезгирлик умумий ҳолда ҳам турли нуқталарда турлича бўлади:

$$k_c = \frac{Y_0}{X_0}. \quad (2.41)$$

Дифференциал сезгирлик ҳам умумий ҳолда турли нуқталарда турлича бўлади:

$$K_d = \frac{\Delta Y_0}{\Delta X_0} \approx \frac{dY_0}{dX_0}. \quad (2.42)$$

Чиқиқли элементлар (бўғинлар) учун

$$K_c = K_d = \text{const}. \quad (2.43)$$

Ўлчаш асбобининг сезгирлиги унга кирадиган бўғинлар сезгирлиги билан белгиланади ва асбобнинг статик характеристикасидан иборат (2.39) тенгламани дифференциаллаш ёрдамида аниқланиши мумкин:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_{n-1}. \quad (2.44)$$

Шундай қилиб очик занжирли ўлчаш асбобининг сезгирлиги қурилманинг якуний бўғинларидан бошқа барча бўғинлари сезгирликлари кўпайтмасига тенг.

Агар асбобнинг барча бўғинлари чиқиқли бўлса, у ҳолда асбобнинг сезгирлиги ўзгармас миқдор бўлиб, унинг шкаласи эса текис бўлади. Агар асбобнинг ҳеч бўлмаса битта бўғини чиқиқсиз характеристикага эга бўлса, у ҳолда унинг шкаласи нотекис бўлади.

Ишнинг беқарор режимларида ўлчов воситаларига хос инерционликка кўра статик боғланиш бузилади. Бу ҳолларда ўлчов воситалари динамик характеристикалар билан характерланади. Улар ўзгартишнинг динамик шартларида кириш ва чиқиш миқдорлари (координаталари) орасидаги функционал

боғланишдан иборат. Динамик характеристикаларнинг статик характеристикалардан четга чиқиш даражаси ўлчов воситалари ва унинг элементлари инерцион хоссаларига боғлиқ.

Асбоб кўрсаткичининг беқарор ёки ўтиш режимида ўлчанаётган катталиққа боғлиқлиги ўлчаш асбобининг динамик характеристикаси дейилади. Динамик характеристиканинг кўриниши ўлчанаётган катталиқнинг ўзгариш характериға боғлиқ. Асбобларнинг динамик характеристикалари уларға кирувчи бўғинларнинг параметрлари ва ўлчаш шартлари билан белгиланади.

Динамик характеристикаларни белгилайдиган физик ҳодисалар гоёт мураккаб, шунинг учун уларни асбобға кирадиган барча бўғинларнинг инерционлигини ҳисобға олган ҳолда аналитик аниқлаш анча машаққатли ишдир. Динамик характеристикалар баъзи содда ҳоллардагина тақрибий ҳисобланиши мумкин; амалда улар тажриба ёрдамида аниқланади. Унинг учун кириш миқдори X нинг ўзгариши маълум бўлганда чиқиш миқдори Y нинг вақт бўйича ўзгариши топилади. Кириш миқдори зинасимон ўзгарганда чиқиш миқдорининг вақт бўйича ўзгаришининг график тасвири ўтиш характеристикасидан (ўтиш жараёнидан) иборат. Ўлчаш асбобининг ўтиш жараёнини топишда аввал кириш миқдори X га барқарорлашиш имкони берилади, бу ҳол маълум вақтдан кейин қиймати қайд қилинган чиқариш миқдори Y нинг барқарорлашишига олиб келади. Сўнгра кириш миқдорини зинасимон (сакраш) йўли билан (бирлик сакраш) ўзгартирилади ва кириш миқдори зинасимон ўзгартирилган пайтдан бошлаб маълум вақтдан кейин чиқиш миқдори қайд қилинади.

2.10-расмда мисол сифатида ўлчанаётган катталик қиймати X (масалан, температура) нинг τ вақт бўйича зинасимон ўзгаришидаги ўтиш жараёнининг графиги келтирилган. Графикдан кўринадики, ўлчанаётган катталик зинасимон ўзгарганда асбобнинг кўрсатиши X_d ўзининг барқарор қийматига дарҳол

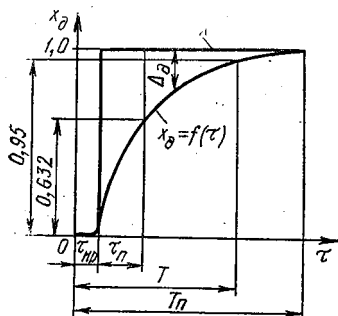
эриша олмайди, у доим ўлчанаётган катталик қийматига яқинлашиб боради. Асбобнинг кўрсатиши ва ўлчанаётган катталиқнинг ҳақиқий қиймати орасидаги айирма (кўрсатишнинг статик хатолиги йўқ бўлганда) айни пайтдаги динамик хатолик дейилади:

$$\Delta_d = x_d - x, \quad (2.45)$$

бунда x_d — динамик шартларда асбобнинг кўрсатиши.

Ўтиш жараёни графигида (2.10-расмға қаранг) қуйидаги параметрлар кўрсатилган:

таъсириланишнинг бошланиш



2.10-расм. Ўтиш жараёнининг зинасимон ғалаёнларидаги графиги.

вакти $\tau_{\text{нр}}$ — асбобнинг киришида ўлчанаётган катталик қиймати ўзгарган пайтдан кўрсаткичнинг чиқиш сигнали қийматининг ўзгара бошлаган пайтгача ўтган вақт;

ўтиш жараёни вакти T — асбоб киришида ўлчанаётган катталик (температура) ўзгаргандан кейин кўрсатиш (чиқиш сигнали қиймати) 5% ли барқарор қийматлар зонасига ($x_d = 0,95$) кирадиган вақт;

кўрсатишларнинг тўлиқ барқарор бўлиш вакти T_n — асбоб киришида ўлчанаётган катталикнинг ўзгариш пайтидан ўзгармас кўрсатишлар барқарор бўлишигача ўтган вақт;

вақт доимийси τ_n (экспонента тенгламаси билан тавсифланадиган ўтиш жараёни учун) — кўрсатиш (чиқиш сигнали қиймати) ўзгара бошланган пайтдан кўрсатишнинг барқарор ва бошланғич қийматлари орасидаги айирма ёки (асбоблар учун) чиқиш сигналларининг мос қийматлари ($x_d = 0,632$) айирмаси 0,632 га етгунча ўтган вақт оралиғи: вақт доимийси — графикнинг бурилиш нуқтасига ўтказилган уринманинг уринма вақт ўқи ва тўғри чизиқ ($x_d = 1$) билан кесишган нуқталари орасидаги кесмасининг проекцияси.

Умумий ҳолда чизиқли ўлчаш қурилмаларининг динамикасини тавсифлаш учун чизиқли дифференциал тенгламалар қўлланади. Агар ўлчаш воситаси чизиқсиз элементларга эга бўлса, унда кўпинча уларнинг характеристикалари чизиқлаштирилиши мумкин, яъни чизиқли дифференциал тенгламаларга келтирилиши мумкин, бу иш ўтиш жараёнини етарли аниқликда тасвирлайдиган қилиб олиб борилади.

2.6-§. ЎЛЧОВ АСБОБЛАРИНИНГ ИШОНЧЛИЛИГИ ҲАҚИДА АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР ВА МАЪЛУМОТЛАР

Ишлаб чиқариш жараёнларида мураккаб ўлчов асбоблари жуда ҳам кўп ишлатилиши муносабати билан автоматлаштиришда қўлланадиган асбобларнинг ишончлилиги борган сари катта аҳамият касб этмоқда. Автоматика аппаратураси айниқса, улар жумласига кирадиган технологик жараёнларнинг бориши ҳақида ахборот манбаи бўлган ўлчаш асбоблари, датчиклар ва ўзгарткичлар бажарадиган вазифаларнинг кенгайиши автоматлаштириш асбоблари ва воситаларининг ишончлилигига алоҳида талаблар қўймоқда.

Ўлчов асбоблари 100 — 200 гача, марказлаштирилган назорат машиналари МНМ (русчаси МЦК — машины централизованного контроля) минглаб алоҳида компонентларни ўз ичига олади ва ҳар бир компонентга ишончли ва бузилмасдан ишлаш талаби қўйилади. Ўлчаш асбобларининг ишончлигига лойиҳалаштириш жараёнида, уларнинг ишлаш принципини оқилонан танлаш, схема ва лойиҳаларни ечишда шу принципдан фойдаланиш, ишлаб чиқариш технологиясини тўғри танлаш, сифат, режим ва алоҳида деталь ҳамда асбобларни тайёрлашни назорат қилиш, шунингдек, фойдаланиш, қараб туриш ва ремонт қилишга бўлган талабларга риоя қилиш билан эришилади.

Ишончлилиқ дейилганда системанинг (асбоб, қурилма ва бошқаларнинг) берилган вақт оралиғи мобайнида ўз параметрларини маълум берилган чегараларда сақлаб, бузилмасдан ишлай олиш қобилияти тушунилади. Система ишлаш қобилиятининг бузилиши натижасида унинг параметрларининг қўйилган талабларни қаноатлантирмай қўйиши, системанинг бузилганлигини англатади. Система ишининг бузилиш сабаблари, характери ва оқибатлари турли-туман бўлиши мумкин. Системанинг бузилиши тўсатдан ва аста-секин, тўлиқ ва қисман бўлиши мумкин. Бузилишнинг бошланиши, унинг характери ва оқибатлари доим тасодифий, эҳтимолли характерга эга бўлади.

Бузилмасдан (тузук ҳолда) ишлаш эҳтимоли $p(t)$ — система ишончлилигининг асосий характеристикасидир. Бунда $p(t)$ берилган вақт оралиғида берилган шарғлар бажарилганда бирорта ҳам бузилиш рўй бермаслик эҳтимолидир:

$$p(t) = p\{T > t\}. \quad (2.46)$$

Ишончлилиқнинг яна бир неча муҳим характеристикаларини кўрамиз.

Бузилиш эҳтимоли $g(t)$ — берилган вақт оралиғича ҳеч бўлмаса бир марта бузилиш рўй бериши эҳтимоли:

$$g(t) = p\{T \leq t\}. \quad (2.47)$$

Маълумки, бузилмасдан ишлаш ва бузилиш эҳтимоллари йиғиндиси бирга тенг:

$$p(t) + g(t) = 1. \quad (2.48)$$

Бузилишлар частотаси

$$a(t) = \frac{\Delta n_x}{n \Delta t}, \quad (2.49)$$

бунда Δn_x — $(t - \frac{\Delta t}{2})$ дан $(t + \frac{\Delta t}{2})$ гача бўлган вақт оралиғида бузилган буюмлар сони; n — буюмларнинг дастлабки сони; Δt — вақт оралиғи.

Бузилишлар частотаси яна қуйидаги кўринишда тасвирланиши мумкин:

$$a(t) = \frac{dg(t)}{dt} = \frac{dp(t)}{dt}. \quad (2.50)$$

Бузилишлар жадаллиги (хавфлилиги) $\lambda(t)$ — вақт бирлиги давомида бузилишлар сонининг берилган вақт оралиғида бузилмай ишлайдиган элементларнинг ўртача сонига нисбати билан аниқланадиган буюмларнинг бузилиш эҳтимоли, яъни

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n_x}{n_x \cdot \Delta t}, \quad (2.51)$$

бунда Δn_x — $(t - \frac{\Delta t}{2})$ дан $(t + \frac{\Delta t}{2})$ гача бўлган вақт оралиғида бузилган буюмлар сони.

$$n_x = \frac{n_{l-1} + n_l}{2}, \quad (2.52)$$

бунда n_{l-1} ва n_l — Δt вақт оралиғи бошида (n_{l-1}) ва охирида (n_l) узлуксиз ишлаётган буюмлар сони.

Бузилишлар жадаллиги яна қуйидагича ифодаланиши мумкин:

$$\lambda(t) = \frac{p'(t)}{p(t)}. \quad (2.53)$$

Бузилгунга қадар бўлган ўртача ишлаш давомати (бузилмасдан ишлашларнинг ўртача вақти) биринчи бузилишгача буюмлар партиясини тайёрлашнинг ўртача қийматидан ёки бузилмасдан ишлаш вақтининг математик кутилмасдан иборат. Бузилмасдан ишлашнинг ўртача вақти қуйидаги тақрибий формула бўйича ҳисобланади:

$$T_m \approx \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}, \quad (2.54)$$

бунда t_i — i -элементнинг бузилмасдан ишлаш вақти; n — синов партиясидаги элементлар сони.

Қанча кўп элемент синовдан ўтказилса, бузилмасдан ишлашнинг ўртача вақти шунча аниқроқ бўлади.

Бузилишлар жадаллиги билан бузилмасдан ишлаш эҳтимоли орасидаги боғланиш (2.51) формулага бузилган элементлар сонини қўйиш йўли билан топилиши мумкин:

$$\Delta n_x = n_l - n_{l+\Delta t} = n[p(t) - p(t + \Delta t)]; \quad (2.55)$$

$$n_x = np(t). \quad (2.56)$$

Натижада қуйидагини топамиз:

$$\lambda(t) = \frac{n[p(t) - p(t + \Delta t)]}{np(t)\Delta t} \quad (2.57)$$

ёки лимитга ўтсак

$$\lambda(t) = \frac{p'(t)}{p(t)} = \frac{a(t)}{p(t)}. \quad (2.58)$$

Бу тенгламани 0 дан t гача интеграллаб қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\int_0^t \lambda(t) dt = -[\ln p(t) - \ln p(0)]. \quad (2.59)$$

Энди $t=0$ да $p(0)=1$ бўлгани учун (2.59) дан:

$$-\int_0^t \lambda(t) dt = \ln p(t) \text{ ёки } p(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (2.60)$$

Агар $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$ бўлса, (2.60) дан

$$p(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.61)$$

муносабат келиб чиқади.

Ишончилиликнинг бошқа характеристикалари орасидаги боғланишлар ҳам шунга ўхшаш топилиши мумкин. Масалан, бузилишлар частотаси $a(t)$ ва тўғри ишлаш эҳтимоли $p(t)$ орасидаги муносабат

$$p(t) = 1 - \int_0^t a(t) dt \quad (2.62)$$

формула билан ифодаланади.

Бузилмасдан ишлашнинг ўртача вақти T_m билан бузилиш жадаллиги $\lambda(t)$ орасидаги муносабат

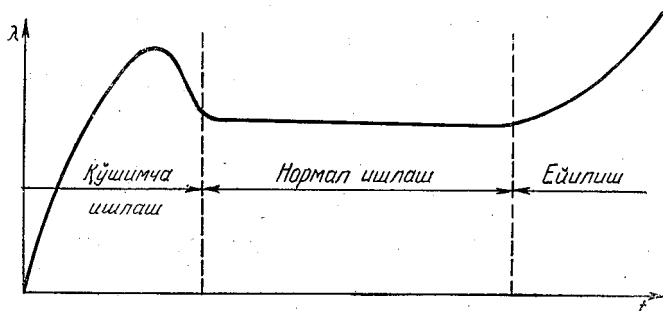
$$T_m = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} \quad (2.63)$$

формула билан, бузилишлар частотаси $a(t)$ билан бузилишлар жадаллиги $\lambda(t)$ орасидаги боғланиш

$$a(t) = \lambda e^{-\lambda t} = \frac{1}{T_m} e^{-\frac{t}{T_m}} \quad (2.64)$$

формула билан ифодаланади.

Бирор асбоб, қурилманинг бузилишлар жадаллиги унинг бутун хизмат қилиш даври мобайнида ўзгармас бўлиб қола олмайди. 2.11-расмда бузилишлар жадаллиги λ билан вақт t орасидаги типик график келтирилган. График бир-биридан осонлик билан фарқ қилинадиган учта участкага эга. Фойдаланишнинг биринчи даври яширин ишлаб чиқариш нуқсонларига эга бўлган элементларнинг ишдан чиқиши натижасида бузилишлар жадаллигининг кескин ортиши билан характерлидир. Бу „қўшимча ишлаш“ давридир. Ўлчаш асбоблари учун



2.11-расм. Бузилишлар интенсивлиги билан иш вақти орасидаги боғланиш

у асбоб ишлашининг тахминан биринчи ойига (даврига) мос келади. Кейинчалик бузилишлар жадаллиги турғунлашади ва бутун нормал иш даврида тахминан ўзгармас бўлиб қолади, бу эса иккинчи даврга тўғри келади. Учинчи давр бузилишлар жадаллигининг узлуксиз ортиб бориши билан характерли, бу қурилма элементларининг ейилиши (ишдан чиқиши) ва эскириши билан тушунтирилади. Асбоблардан фойдаланиш даври мобайнида бузилишлар жадаллигининг ўзгариши фойдаланиш даврига қараб мос равишда ўзгартишлар ва хизмат кўрсатишлар киритишни талаб этади. Бузилишлар жадаллиги ёки бузилишлар орасидаги ўртача вақт устида гап борганда доим нормал иш даври кўзда тутилади.

Ўлчаш ва автоматлаштириш воситаларининг ишончлилиги характеристикаларини топишда лаборатория синовлари кенг тарқалган. Бу синовлар реал фойдаланиш шароитлари билан бир хил шароитларда (ўша температура, намлик, тебраниш ва ҳ.) ва режимларда олиб борилади. Ишончлилик характеристикасини аниқлашнинг бошқа усули асбобни фойдаланиш шароитларида бевосита синаб кўришдан иборат. Бу усул системанинг исталган элементининг ишончлилигини синаб кўриш имкони борлиги, синов ўтказишнинг арзонлиги ва шу каби қатор устунликларга эга. Шунга қарамасдан бу усул зарур ахборотни олишдаги кечикиш ва ҳоказолар билан фойдаланадиган камчиликларга ҳам эга.

Алоҳида элементлар ва асбобларнинг ишончлилиги характеристикаларини билиш турли қурилмаларнинг ишончлилиги характеристикаларини ҳисоблаш имконини беради. Агар бирор элементнинг бузилиши системанинг бузилишига олиб келса, ишончлилик характеристикасини ҳисоблаш қуйидаги формулалар бўйича олиб борилади:

$$\frac{1}{T_{\text{ўр}}} = \frac{1}{T_{\text{ўр1}}} + \frac{1}{T_{\text{ўр2}}} + \dots + \frac{1}{T_{\text{ўрn}}}, \quad (2.65)$$

бунда $T_{\text{ўр}}$ — система бузилишлари орасидаги ўрта вақт;
 $T_{\text{ўр1}}, T_{\text{ўр2}}, \dots, T_{\text{ўрn}}$ — системага кирадиган алоҳида элементлар ва асбоблар бузилишлар орасидаги ўртача вақт.

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n, \quad (2.66)$$

бунда λ — система бузилишининг жадаллиги, $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ — системанинг алоҳида элементлари бузилишларининг жадаллиги.

Келтирилган формулалар шу нарсани тасдиқлайдики, элементлар сони ортиши билан системанинг ишончлилиги камаяди, системанинг ишончлилиги шу системага кирган ҳар қандай элементнинг ишончлилигидан кам бўлади. Аммо бу тасдиқ ҳар қандай элементнинг бузилиши системанинг бузилишига олиб келадиган системалар учун тўғри. Бундай системаларни (схемаларни) қуриш мажбурий эмас. Ишончлилик назарияси схемаларнинг ишончлилиги уни ташкил этувчи элементлар ишончлилигидан юқори бўлган схемалар қуриш усулларини

кўрсатади. Бундай ҳолда фойдаланиладиган асосий усул эҳтиёт сақлаш усулидир. Одатда, эҳтиёт сақлашнинг блокли ва схемали усулидан фойдаланилади. Блокли эҳтиёт сақлашда бузилган блок ўрнига автоматик равишда эҳтиёт блок уланади, схемали усулда эса битта элемент бузилган тақдирда схема элементлари махсус уланганлиги сабабли схема нормал ишлайверади.

Эҳтиёт сақлаш, автоматик текшириш ва бузилган блокларни алмаштириш усуллари қўллаб, ҳар қандай мураккабликдаги, ишончлилиги юқори системаларни яратиш мумкин. Аммо бу ҳол қандай бўлмасин юқори ишончлиликка эришишга интилиш доим мақсадга мувофиқ эканини англатмайди. Бу иш фоятда қимматга тушиши ҳамда эришилган натижалар билан оқланмаслиги мумкин. Кам масъулиятли қурилмаларнинг ишонччилигини бир неча марта орттириш ҳам мақсадга мувофиқ бўлмаслиги равшан. Ҳар бир конкрет ҳолда баҳо ва ишончлилик орасидаги оптимал боғланишни излаш лозим.

Конкрет ўлчаш қурилмасининг ишончлилиги ҳисобланганда, одатда, унинг бузилмасдан ишлаш эҳтимоли топилади. Шу эҳтимол $p(t)$ деб белгиланади ва бузилишларнинг уч тури эътиборга олинishi лозим: ҳалокатли (кутилмаганда юз берадиган), параметрик (секин-аста юз берадиган) ва вақти-вақти билан юз берадиган. Бунда ҳар бир бузилиш тури мустақил ҳодиса деб қаралади, яъни

$$p(t) = p_a(t) p_b(t) p_c(t), \quad (2.67)$$

бунда $p_a(t)$ — ҳалокатли бузилиш рўй берганда бузилмасдан ишлаш эҳтимоли; $p_b(t)$ — параметрик бузилишда бузилмасдан ишлаш эҳтимоли; $p_c(t)$ — вақт-вақти билан бузилишда бузилмасдан ишлаш эҳтимоли.

Вақти-вақти билан бузилишларда бузилмасдан ишлаш эҳтимоли бирга тенг деб олинади, тайёр қурилмалар учун у тажриба йўли билан топилади.

Ўлчаш қурилмасининг бузилмасдан ишлаш эҳтимолини ҳисоблаш учун функционал схемаси тузилади, бу схема унинг асосий берилган функциясининг бажарилиши белгилайдиган барча элементларни (тугунлар, блоклар ва Ҳ. ни) ўз ичига олади. Ёрдамчи функцияларни бажарувчи элементлар (масалан, ўлчов асбобларидаги сигнал берувчи ёки назорат қилувчи қурилмалар) функционал схемаларда эътиборга олинмайди. Сўнгра функционал схемага киритилган барча асосий элементларнинг иш режими аниқланади. Бунинг учун, одатда, қурилмадан фойдаланишнинг бир цикли (смена, сутка, ой, йил) учун ёки бутун ишлаш даври учун унинг иш графиги тузилади. Қурилма ва алоҳида элементлар ишининг ҳар бир вақти оралиғи учун иш режими ва шаройтлари (температура, намлик, тебраниш, зарбалар, атроф-муҳитдаги агрессив аралашмаларнинг таркиби ва миқдори ва Ҳ.) аниқланади.

Қурилма асосий элементларидан ҳар бирининг ишончлили-

гининг тўлиқ бузилишлар пайдо бўлишига боғлиқлиги ушбу формула билан аниқланади:

$$p_a = e^{-(\lambda + \lambda' f)T}, \quad (2.68)$$

бунда λ — узлуксиз иш режимида бузилишлар жадаллиги; λ' — улаш ва узиб қўйишда ўтиш жараёни билан аниқланадиган бузилишлар жадаллиги; f — вақт бирлигида цикллар частотаси; T — бузилмасдан ишлаш вақти.

Бунда λ ва λ' миқдорлар элементлардан ҳар бирининг реал иш режимини ҳисобга олган ҳолда олиниши лозим.

Параметрик бузилишнинг пайдо бўлишида элементларнинг ишончлилиги қуйидаги формула бўйича топилади:

$$p_b = e^{-\lambda_{\text{эбв}} T}, \quad (2.69)$$

бунда

$$\lambda_{\text{эбв}} = \frac{\Delta p_b}{\Delta t} \cdot \frac{1}{p_{b_0}} \quad (2.70)$$

$\lambda_{\text{эбв}}$ — қиймат ушбу шартдан топилади:

$$p_b = p_{b_0} + \Delta p_b = p_{b_0} \left[1 + \frac{\Delta p_b}{\Delta t} \cdot \frac{1}{p_{b_0}} \cdot t \right] \approx \bar{p}_{b_0} e^{-\lambda_{\text{эбв}} t} \quad (2.71)$$

бунда p_{b_0} — бошланғич пайтдаги параметрик ишончлилик;
 Δp_b — вақтнинг берилган пайтдаги параметрик ишончлилик ортирмаси;
 Δt — вақтнинг 100 — 1000 соат чегараларда танланадиган оралиғи.

Сўнгра ушбу функционал схемага кирадиган ҳар бир алоҳида элементнинг ишончлилиги

$$p_j = p_{aj} + p_{bj} \quad (2.72)$$

топилади.

Қурилма ишининг ишончлилиги, умуман, унга кирадиган элементлар ишончлиликлари билан аниқланади, яъни

$$p(t) = p_{\Sigma} = \prod_{i=1}^n p_j, \quad (2.73)$$

бунда n — асосий функционал схемага кирадиган элементлар сони (2.73) муносабат қуйидаги кўринишда ёзилиши мумкин:

$$p(t) = \prod_{i=1}^n p_{aj} \cdot \prod_{i=1}^n p_{bj} = p_{a\Sigma} \cdot p_{b\Sigma}. \quad (2.74)$$

Узоқ вақт мобайнида фойдаланиладиган ўлчаш қурилмала-ри ишончлилигининг (системанинг бошланғич ҳолатини, унинг бузилмаслигини ва қайта тиклана олишини эътиборга оладиган) тўлиқ характеристикасини унинг нормал ишлаш эҳтимолидан иборат ёки қуйидаги формула билан топиладиган тўлиқ ишонч-лилиги

$$p_{\Sigma}(t) = p_0 \cdot p(t) + (1 - p_0) V(\tau) p(t - \tau), \quad (2.75)$$

дан иборат, бунда p_0 — бошланғич пайтда системанинг тузук ҳолатдалиги эҳтимолининг қиймати;

$p(t) = e^{-\frac{t}{T_m}}$ — берилган вақтга келиб бузилмай ишлаш эҳтимоли;

$(1 - p_0)$ — бошланғич пайтда системанинг бузуқ ҳолатдалиги эҳтимоли; $V(\tau) = 1 - e^{-\frac{\tau}{T_b}} - \tau < t$ вақтда системанинг қайта тикланиш эҳтимоли; $p(t - \tau)$ — қолган вақт $(t - \tau)$ давомийда бузилмасдан ишлаш эҳтимоли, бу қўйилган масалани ечиш учун етарли.

Амалда қайта тиклаш вақти T_b , одатда, бузилмасдан ишлаш вақти T_m дан кичик, яъни $T_b < T_m$. Демак, (2.75) формула соддалаштирилиши мумкин:

$$p_{\Sigma}(t) = \frac{T_m}{T_m + T_b} e^{-\frac{t}{T_m}}. \quad (2.76)$$

Қурилманинг ишончилигини юқорида баён этилганидек ҳисоблаш техник лойиҳа ва чизмаларни яратиш даврида амалга оширилади. Якуний ҳисобларга зарур тузатишлар тайёр ўлчов асбоблари нусхаларини лабораторияда (стендда) ва натурада (ишлатиш шароитларида) синаш асосида киритилади.

Ўлчов қурилмаларини ишлатиш жараёнида пайдо бўладиган бузилишлар, турли камчиликлар ҳақидаги, шунингдек, шу камчиликларнинг пайдо бўлиш шароитлари ва сабаблари ҳақидаги статистик ахборотни қайта ишлаш, ўлчов асбобларининг ишончилиги ҳақидаги маълумотлар олиш усулларидан биридир. Олинган ахборот махсус қайта ишланади, натижада ўлчаш қурилмаларининг ишончилигини характерловчи катталиклар топилади.

Асбобларнинг ишлатишдаги ишончилиги кўп жиҳатдан уларнинг конструктив ишончилиги ва тайёрлаш сифатига боғлиқ. Аммо энг ишончли асбоб ҳам нотўғри ишлатилганда ишончсиз ҳолатга келтириб қўйилиши мумкин. Шунинг учун асбобларнинг ишончилигини оширишда улардан тўғри фойдаланиш асосий шартлардан биридир.

ТЕМПЕРАТУРАНИ ЎЛЧАШ

3-боб. ТЕМПЕРАТУРАНИ ЎЛЧАШ ҲАҚИДА АСОСИЙ
МАЪЛУМОТЛАР ВА ЎЛЧОВ АСБОБЛАРИНИНГ
КЛАССИФИКАЦИЯСИ3.1-§. ТЕМПЕРАТУРА ВА ТЕМПЕРАТУРА ШКАЛАЛАРИ
ҲАҚИДА АСОСИЙ МАЪЛУМОТЛАР

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

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

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

$$E = \frac{3}{2} KT, \quad (3.1)$$

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

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

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

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

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

$$1 \text{ градус} = \frac{t'' - t'}{n}, \quad (3.2)$$

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

Температура шкаласининг тенгламаси

$$t = t' + \frac{v - v'}{v'' - v'} \cdot (t'' - t'), \quad (3.3)$$

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

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

$$T = \frac{Q}{Q_{100} - Q_0} \cdot 100\%, \quad (3.4)$$

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

Ўлчов ва вазнлар бўйича 1960 йил ўтказилган XI халқаро конференция қарорларида, ГОСТ 8550 — 61 да икки температура шкаласи; Кельвин градуси (К) ўлчов бирлиги билан ўлчанадиган термодинамик шкала ва Цельсий градуси (°С) ўлчов бирлиги билан ўлчанадиган халқаро амалий шкалаларнинг қўлланиши кўзда тутилган. Кельвин термодинамик шкаласидаги пастки нуқта — абсолют ноль нуқта (К) бўлиб, ягона экспериментал асосий нуқта эса сувнинг учлик нуқтасидир. Бу нуқтанинг сон қиймати 273.15 К. Сувнинг муз, суюқ газ фа-

заларидаги мувозанат нуқтаси бўлган сувнинг учлик нуқтаси муз эриш нуқтасидан $0,01\text{ K}$ юқориқ туради. Термодинамик температура T ҳарфи билан, сон қийматлари эса K билан ифодаланади.

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

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

$$T = t + 273,15; \quad (3.5)$$

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

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

$$t^{\circ}\text{C} = T^{\circ}\text{K} - 273,15 = 0,556 (n^{\circ}\text{F} - 32), \quad (3.6)$$

бу ерда n — Фаренгейт шкаласи бўйича градуслар сони.

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

МПТШ-68 температуранинг 13,81 дан 6300 K гача оралиқда ўлчашни таъминлайди.

СССРда МПТШ-68 дан ташқари температуранинг 0,01 дан 100 000 K чегарада бир хил ўлчашни амалга ошириш учун мўлжалланган амалий температура шкалалари (ГОСТ 8.157 — 75) ишлатилади.

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

3.2- §. ТЕМПЕРАТУРА ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИНИНГ КЛАССИФИКАЦИЯСИ

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

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

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

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

Температурани ГОСТ 13417 — 76 бўйича ўлчаш асбоби ишлаш принципага қараб қуйидаги группаларга бўлинади:

1. Кенгайиш термометрлари. Бу термометрлар температура ўзгариши билан суюқлик ёки қаттиқ жисмлар ҳажми ёхуд чиқиқли ўлчамларнинг ўзгаришига асосланган;

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

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

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

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

3.2- жадвал

Саноатда температурани ўлчаш воситаларидан
фойдаланиш чегаралари

Ўлчаш воситаси тури	Ўлчаш воситаларининг турли-туманлиги	Давомли фойдаланиш чегараси, °C	
		3	4
Кенгайиш термометрлари	Суёқликка оид шиша термометрлар	— 200	600
	Дилатометрик ва биметалли термометрлар	— 150	700
Манометрик термометрлар	Газли	— 150	1000
	Суёқлиқли	— 150	600
	Буг-суёқлиқли (конденсацион)	— 50	300
Термоэлектрик термометрлар	Термоэлектрик термометрлар	— 200	2500
Қаршилиқ термометрлари	Металл (ўтказгичлик) қаршилиқ термометрлари	— 260	1100
	Ярим ўтказгичли қаршилиқ термометрлари	— 272	600
Пирометрлар	Квазимонохроматик пирометрлар	700	6000
	Спектрал нисбатли пирометрлар	300	2800
	Ўлиқ нурланиш пирометрлари	— 50	3500

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

4-бoб. КЕНГАЙИШ ТЕРМОМЕТРЛАРИ

4.1-§. СУЮҚЛИКЛИ, ДИЛАТОМЕТРИК ВА БИМЕТАЛЛИ ТЕРМОМЕТРЛАР

Суюқликли термометрлар

Суюқликли термометрлар — 200°C дан +600°C гача ораликдаги температурани ўлчаш учун ишлатилади. Шиша термометрларнинг ишлатилиш усули содда, аниқлиги етарли даражада юқори ва арзон бўлгани сабабли лаборатория ва саноатда кенг тарқалган. Суюқликли термометрларнинг ишлаш принципи термометр ичига ўрнатилган термометр суюқлигининг ҳажми температура кўтарилиши ёки пасайишида ўзгаришига асосланган. Шиша термометрларнинг суюқлиги сифатида симоб, толуол, этил спирт (этанол), керосин, петролей эфир, пентан ва бошқалар ишлатилади. Уларнинг қўлланилиш чегаралари 4.1-жадвалда келтирилган.

Суюқликли термометрлар орасида энг кўп тарқалгани симобли термометрлардир.

4.1-жадвал

Термометрларга солинадиган суюқлик

Суюқлик	Қўлланиш чегаралари, °C да	
	пастки	юқори
Симоб	— 35	600
Толуол	— 90	200
Этил спирт (этанол)	— 80	70
Керосин	— 60	200
Петролей эфир	— 120	25
Пентан	— 200	20

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

$$\beta_{t_1 t_2} = \frac{v_{t_2} - v_{t_1}}{v_0 (t_2 - t_1)}, \quad 1/\text{град}, \quad (4.1)$$

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

β коэффициент қанча катта бўлса, ҳажмий кенгайиш температурасининг 1°C га ўзгаришига шунча кўпроқ мослашади. Термометрларда ҳажмий кенгайиш температура коэффициенти юқори бўлган суюқликлардан фойдаланиш мақсадга мувофиқ. Ўлчашнинг мақсади ва диапазониغا қараб термометрлар кенгайиш коэффициенти кичик бўлган турли маркали (ГОСТ 1224 —

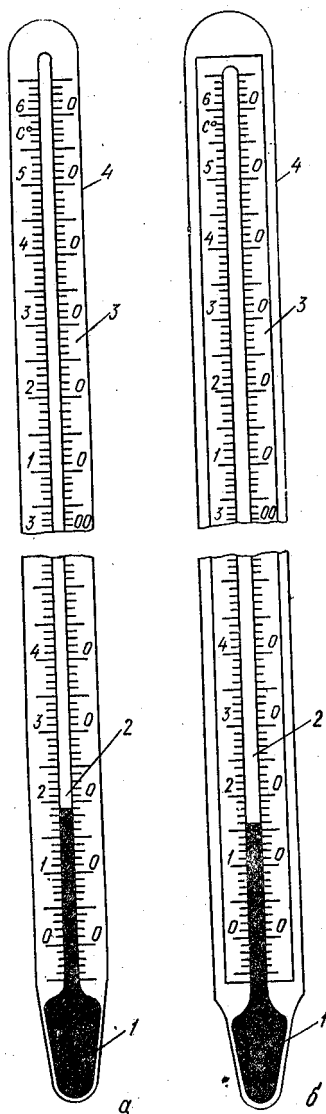
71) шишалардан ишланади. Техникада қўлланиладиган суюқлик-ли шиша термометрлар қуйидаги хилларга бўлинади:

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

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

Конструкцияларининг хилма-хиллигига қарамай барча суюқликли термометрлар икки асосий турнинг бирига: таёкча шаклидаги ёки шкаласи ичига ўрнатилган термометрлар турига тегишли бўлади. Таёкча шаклидаги термометр (4.1-расм, а) қалин деворли, ташқи диаметри $6 \dots 8$ мм га тенг қилиб тайёрланган капилляр найчадан иборат. Найчанинг пастки қисми суюқлик сақланадиган резервуар ҳосил қилади. Уларнинг шкаласи бевосита капиллярнинг сиртида даражаланади.

Шкаласи ичига ўрнатилган термометрларда (4.1-расм, б) капилляр найчаси ингичка деворли бўлиб, симоб резервуари кенгайтирилган. Шкала даражалари сут ранг ясси шиша пластинкада жойлашган ва капилляр билан биргаликда резервуарга ёпишган шиша қобиқ ичига олинган. Ҳозирги вақтда шкаласи ичига ўрнатилган ёки бурчакли (термометрнинг пастки қисми 90° , 120° ва 135° ли бурчак ҳосил қилади) техник термометрлар тайёрланади. Юқори даражали термометрларда капилляр-



4.1- расм. Термометрлар:

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

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

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

$$\Delta t = n \beta_{t_1, t_2} (t_2 - t_1), \quad (4.2)$$

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

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

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

Ҳозир шишали термометрларнинг қуйидаги турларидан фойдаланилади:

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

—90...+30; —60...+50; —30...+50; 0...100; 0...160; 0...200; 0...300; 0...350; 0...450; 0...500 ва

0...600°C. Шкала бўлинмасининг қиймати 0,5°C (шкаласи —30...+50°C) дан 5 ва 10°C гача (шкаласи 0...600°C).

2. Таёқли, ичига шкала жойлаштирилган лаборатория симобли термометрлари —30 дан +600°C гача температурани ўлчашга мўлжалланган, шкала бўлинмасининг қиймати 0,1 ва 2°C;

3. Суюқликли (симобли эмас) термометрлар (ГОСТ 9177 — 74) таёқли, ўлчаш чегараларини —200 дан +200°C гача қилиб чиқарилади. Шкала бўлинмасининг қиймати 0,2 дан 5°C гача.

4. Симобли юқори аниқликдаги ва намуна (ГОСТ 13646—68) термометрлар ўлчаш чегараси тор (4 дан 50°C гача) ва шкала бўлинмасининг қиймати 0,01 дан 0,1°C гача қилиб чиқарилади.

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

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

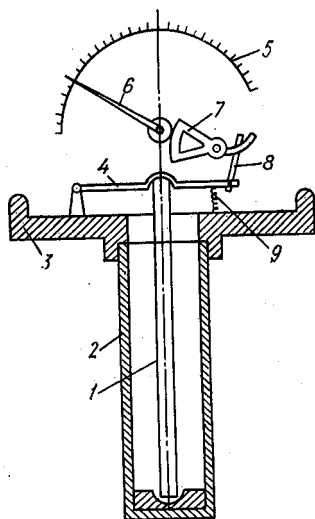
Суюқликли шиша термометрларнинг камчилигига шкала бўйича ҳисоблаш ноқулайлиги, кўрсатишларни қайд қилиб, уларни масофага узатиб бўлмаслиги, иссиқлик инерциясининг катталиги (кўрсатишларнинг кечикиши) ва асбобларнинг механик нуқтаи назардан мустаҳкам эмаслиги киради.

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

$$l_t = l_0 (1 + \beta_r t), \quad (4.3)$$

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

4.2-расмда дилатометрик термометрнинг тузилиш схемаси тасвирланган. Бу асбобда сезгир элемент сифатида катта чизиқли кенгайиш коэффициентига эга бўлган материалдан (жез ва мис) тайёрланган найча 2 қўлланилган. Корпус 3 га кавшарланган найча ичида стержень 1 жойлашган. Стержень чизиқли кенгайиш коэффициентини кичик бўл-



4.2-расм. Дилатометрик термометрнинг тузилиш схемаси.

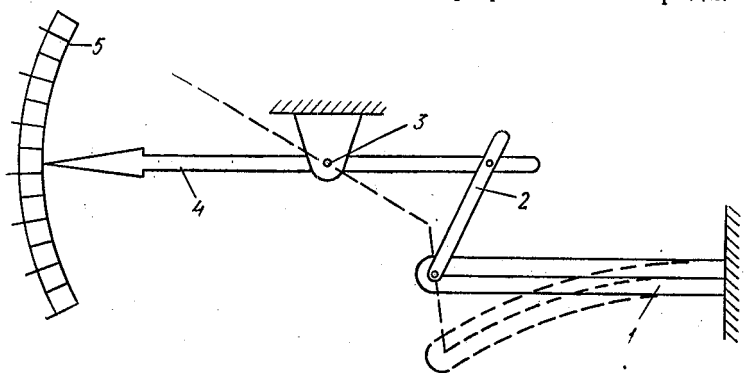
ган материал (масалан, инвар) дан ишланган. Ўлчаётган муҳитнинг температураси кўтарилиши билан найча 2 узаяди. Бу ҳол стержень 1 нинг силжишига олиб келади. Шунда пружина 3 шайн 4 нинг бўш томонини пастга туширади, ўз навбатида у тортқи 8 ва тишли сектор 7 орқали стрелка 6 ни унинг ўқи атрофида айлантиради. Стрелка эса шкала 5 да ўлчанаётган температура қийматини кўрсатади.

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

Афзалликлари: ишончлилиги ва сезгирлиги юқори.

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

Биметалл термометрларнинг сезгир элементи кавшарланган иккита пластинкадан тайёрланган пружинадан иборат. Бу пластинкалар иссиқликдан кенгайиш температура коэффиценти турлича бўлган металллардан тайёрланади. Температура ўзгарганда пластинкалар узаяди. Пластинкалар бир-бирига нисбатан силжий олмаганлиги сабабли пружина иссиқликдан кенгайиш температура коэффиценти кам бўлган пластинка томонга оғади. Пластинкалар узайишининг температура коэффиценти фарқи қанча катта бўлса, пружинанинг температура ўзгаришидаги оғиши шунча кўп бўлади. 4.3-расмда ясси пластинкали биметалл термометрнинг тузилиш схемаси кўрсатилган. Температура ўзгариши билан биметалл пружина 1 пастга эгилади. Тортқи 2 стрелка 4 ни ўқ 3 атрофида айлантиради. Ст-



4.3- расм. Ясси пластинкали биметалли термометрнинг тузилиш схемаси.

релка шкала 5 да ўлчанаётган температура қийматини кўрсатади.

Биметалл пластинка қўлланилганда ўлчашнинг юқориги чегараси пастки пластинка тайёрланган материалнинг қайишқоқлиги чегараси билан чегараланади. Сизгир элементлар сифатида ёйсимон ёки винтсимон спираллар қўлланилади. Биметалл термометрлар билан температурани ўлчаш чегараси -150°C дан $+700^{\circ}\text{C}$ гача, хатоси $1 \dots 1,5\%$. Бу турдаги термометрлар температурани маълум даражада автоматик равишда сақлаш ва сигнализация учун қўлланилади.

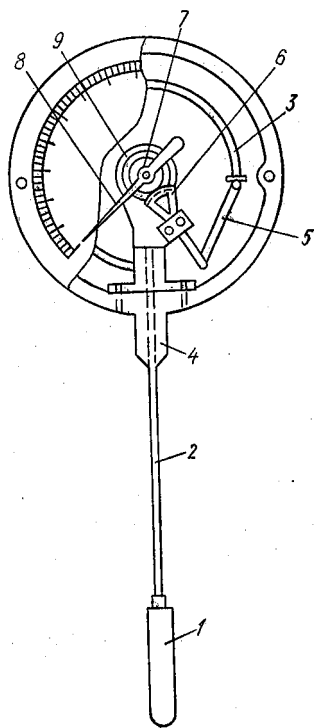
5-БОБ. МАНОМЕТРИК ТЕРМОМЕТРЛАР

5.1-§. ГАЗЛИ, СУЮҚЛИКЛИ ВА КОНДЕНСАЦИОН МАНОМЕТРИК ТЕРМОМЕТРЛАР

Манометрик термометрлар техникавий асбоб бўлиб, термосистеманинг иш моддаси жиҳатидан газли, суюқликли ва конденсацион (буғ суюқликли) термометрларга бўлинади. Бу асбоблар суюқ ва газсимон муҳитларнинг -150° дан $+1000^{\circ}\text{C}$ гача бўлган температурасини ўлчаш учун қўлланилади.

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

Манометрик термометрлар химия саноатида кенг қўлланилади, улар портлаш хавфи бор жойларда ишлатилиши мумкин. Бу ҳолда диаграмма қоғози соат механизми билан юритилади. Манометрик термометрларнинг схемаси 5.1-расмда кўрсатилган. Асбоб термобаллон 1, капилляр найча 2 ва манометрик қисм 3—9 дан иборат. Манометрик пружина 3 нинг бир учи тутқич 4 га кавшарланган. У канал орқали пружинанинг ички бўшлиғини термобаллон билан улайди. Пружинанинг иккинчи бўш учи герметикланган ва по-



5.1- расм. Манометрик термометр.

водок 5 ёрдамида сектор 6 билан боғланган. Бу сектор ўз навбатида трубка 7 билан тишли илашиш воситасида уланган. Трибка 7 нинг ўқиға стрелка 8 ўрнатилган. Узатиш механизмидаги ораликни тўлдириш учун спираль тола 9 ўрнатилган, унинг ички ўрамининг учи трибка ўқиға уланган.

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

Газли манометрик термометрларнинг ишлаш принципи герметик беркитилган термосистемадаги инерт газ босимининг температурага боғлиқлигига асосланган. Газли термометрлардаги бошланғич босим температурани ўлчаш чегараларига боғлиқ бўлиб, одатда $0,98 \dots 4,9 \text{ МН/м}^2$ ($10 \dots 50 \text{ кг/см}^2$) ни ташкил қилади. Бу термометрлар 150°С дан $+1000^\circ \text{С}$ гача температураларни ўлчаш имконини беради. Газли термометрларнинг иш моддаси сифатида азот ишлатилади.

Газли термометрнинг иши идеал газ босими ва температураси орасида тўғри чиқиқли муносабат ўрнатувчи Шарль қонунига асосланган:

$$p_t = p_0 [1 + \beta (t - t_0)], \quad (5.1)$$

бунда p_0 ва p_t — газнинг 0 ва t температурадаги босими β — газ кенгайишининг термик коэффициент; t_0 ва $t^\circ \text{С}$ — да берилан бошланғич ва сўнгги температуралар.

Термометр шкаласи текис чиқади, бу эса унинг афзаллиги ҳисобланади.

Температуралар фарқи туфайли босимнинг ўзгариши қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\Delta p = p_t - p_0 = p_0 \beta (t - t_0). \quad (5.2)$$

Газ билан тўлдирилган термометр системасидаги бошланғич босим:

$$p_0 = \frac{\Delta p}{\beta (t - t_0)}. \quad (5.3)$$

Термометр системасидаги бошланғич босим катта бўлгани учун атмосфера босимининг асбоб кўрсатишига бўлган таъси-

ри жуда кам, шунинг учун уни амалда ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

Атроф-муҳит температурасининг $+20^{\circ}\text{C}$ дан четга чиқиши ўлчашла хато пайдо бўлишига сабаб бўлади. Бу хатони қуйидаги тақрибий формуладан ҳисоблаб чиқиш мумкин:

$$\Delta t_m = \frac{v_m}{v_6} (t_m - t_0), \quad (5.4)$$

бунда v_m — манометрик пружинанинг ҳажми, v_6 — термобаллоннинг ҳажми; t_m — манометр атрофидаги $^{\circ}\text{C}$ да берилган температура, t_0 — асбоб даража-ланган вақтдаги температура (20°C).

Капилляр найча исишидан келиб чиққан хато:

$$\Delta t_k = \frac{v_k}{v_6} (t_k - t_0) \quad (5.5)$$

бунда v_k — капилляр найчанинг ҳажми; t_k — капилляр атрофидаги $^{\circ}\text{C}$ да берилган температура.

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

Ҳамма ҳолларда ишлатиш вақтида манометрик пружина ва капилляр найчани атрофдаги қизиган буюмлар таъсиридан эҳтиёт қилиш зарур. Баъзан температура ўзгаришидан келиб чиқадиган хатоликни компенсация қилиш учун манометрик пружинанинг узатувчи механизми ичига ўрнатилган биметалл спираль кўринишидаги компенсацион қурилмалардан фойдаланилади. Биметалл спираль манометрик пружина температурасини ўлчашда асосий пружинага нисбатан тесқари йўналишда ҳаракат қилади.

Атроф-муҳит ҳавоси температурасини ўлчаш капиллярда ва манометрик пружинада иш моддасининг кенгайишига таъсир қилади.

Бу ҳол термосистема босимини ва термометрнинг кўрсатишини ҳам ўзгартиради. Бу таъсирни камайтириш учун пружина ва капилляр ички ҳажмининг термобаллон ҳажмига нисбатини камайтиришга ҳаракат қилинади. Бунинг учун термобаллон узунлиги ёки унинг диаметри орттирилади. Газли манометрик термометр термобаллонининг узунлиги 400 мм дан ортмаслиги лозим, термобаллон диаметри ушбу: 5, 8, 10, 12, 16, 20, 25 ва 30 мм (ГОСТ 8624-80) қатордан танланади. Капилляр узунлиги 0,6 дан то 60 м гача бўлиши мумкин.

Махсус тайёрланган газли манометрик термометрлар 0°C дан паст температураларни ўлчаш учун ҳам қўлланилади. Масалан, водород газли термометр — 250°C гача, гелийлиси эса — 267°C гача температураларда ишлатилиши мумкин.

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

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

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

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

$$\Delta p = \frac{\beta}{\mu} \Delta t, \quad (5.6)$$

бунда Δp — берилган босимнинг ўзгариши, H/m^2 ; β — берилган суюқликнинг ҳажми кенгайиш коэффициенти, $1/град$; μ — берилган суюқлик ҳажмининг камайиш коэффициенти, m^3/H ; Δt — температуранинг ўзгариши, °C.

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

$$\Delta V = V_0 (\beta - 3\alpha) (t - t_0), \quad (5.7)$$

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

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

Термометрдаги суюқлик қайнаб кетмаслиги учун ундаги бошланғич босим 1,47 ... 1,96 MH/m^2 (15 ... 50 $кг/см^2$) га етказилади.

Таъкидлаб айтамлики, атроф-муҳит температурасининг ўзгаришидан келиб чиқадиган хатолик суюқликли термометрларда газли термометрларга қараганда катта. Бу хатоликлар газли термометрлар учун ҳисобланадиган формулалар бўйича ҳисобланаверади. Капилляр, температурасининг ўзгаришида айниқса катта хатоликлар юзага келади. Шунинг учун капил-

лярнинг узунлиги катта бўлганда компенсацион қурилмадан фойдаланиш зарур.

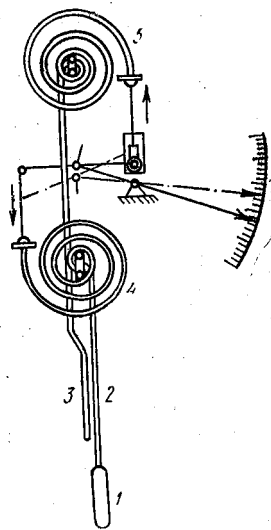
5.2-расмда компенсацион қурилма кўрсатилган. Унда асосий капилляр билан бир қаторда қўшимча (компенсацион) капилляр ҳам бор. Унинг бир учи (термобаллон яқинида) қайшарлаб бекитилган бўлиб, иккинчи учи эса ёрдамчи (компенсацион) пружина билан уланган. Иккала капилляр иккала пружина ҳам бир хил суюқлик билан тўлдирилган ва бир хил хараakterистикаларга эга. Атроф-муҳит температураси ўзгариши билан иккала капилляр ва иккала пружинада суюқлик босими ўзгаради. Шунинг учун ёрдамчи пружина ёйилиб ёки буралиб асосий пружина ҳаракатига тескари йўналишда ҳаракат қилади. Бу билан атроф-муҳит температурасининг асбоб кўрсатишига таъсири йўқотилади.

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

Манометрик конденсацион (буғ-суюқликли) термометрлар — 50°C дан $+300^{\circ}\text{C}$ гача температураларни ўлчайди. Конденсат сифатида фреон (CHF_2Cl , -25°C ... $+80^{\circ}\text{C}$ гача); пропилен C_3H_6 , -50°C ... $+60^{\circ}\text{C}$ гача); хлорид метил (CH_3Cl , 0 ... 125°C гача); ацетон ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$, $+100^{\circ}\text{C}$... 200°C гача), этил бензол (C_8H_{10} $+160^{\circ}\text{C}$... 300°C гача) ва ҳоказолар ишлатилади.

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

Тўйинган буғ босимининг ўзгариши температура ўзгари-



5.2-расм. Символи манометрик термометрнинг температурасини компенсациялаш схемаси:

1 — термобаллон; 2 — асосий капилляр; 3 — компенсацион капилляр; 4 — асосий ва 5 — компенсацион пружиналар.

шига пропорционал эмас, шунинг учун конденсацион термометрнинг шкаласи нотекис бўлади.

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

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

Термометр системасидаги босим ўлчанаётган температуранинг юқориги чегарасида $3,5 \text{ МН/м}^2$ дан ошмайди, паски чегарасида эса бир неча юз КН/м^2 ни ташкил этади. Шунинг учун уларнинг кўрсатишига, айниқса унча юқори бўлмаган температураларда, барометрик босимнинг ўзгариши таъсир этади.

Манометрик термометрлар барча турларининг кўрсатишлари тўлдирувчиларнинг физик ҳолатларига ва уларнинг ишқиклик физик характеристикаларига боғлиқ бўлиб, катта кечикишларга эга. Газли термометрлар энг кўп, буғ-суюқликли термометрлар эса энг кам кечикишга эга (газ билан тўлдирилганларга нисбатан 2,5 марта кам); суюқликли термометрлар ўрта ҳолатни эгаллайди.

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

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

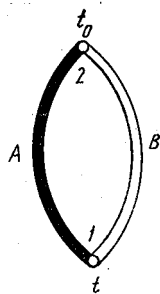
Газли ва суюқликли манометрик термометрларнинг аниқлик класси 1; 1,5 ва 2,5; конденсацион термометрларники — 1,5; 2,5 ва 4.

6-БОБ. ТЕРМОЭЛЕКТР ТЕРМОМЕТРЛАР

6.1-§. НАЗАРИЙ АСОСЛАР ВА ТЕРМОЭЛЕКТР ЗАНЖИРЛАР

Температурани ўлчашнинг термоэлектр усули термоэлектр термометр (термопара) термо ЭЮК ининг унинг температура-сига боғлиқлигига асосланган. Бу асбоб — 200°C дан $+2500^{\circ}\text{C}$ гача бўлган температураларни ўлчашда техниканинг турли соҳалари ва илмий-текшириш ишларида кенг қўлланилади.

Термоэлектр термометрлар ёрдамида температурани ўлчаш 1821 йилда Зеебек кашф этган термоэлектр ҳодисасига асосланган. Бу ҳодисанинг температураларни ўлчашда қўлланилиши икки хил металл симдан иборат занжирда уларнинг кавшарланган жойида температуралар фарқи ҳисобига ҳосил бўладиган ЭЮК эффектига асосланган. Ҳар хил A ва B ўтказгичлардан иборат занжирни қўриб чиқамиз (6.1-расм). Термопаранинг ўлчанаётган муҳитга тегиб турган жойи кавшарланган учи 1 (иссиқ уланма), ўзгармас t_0 температурали муҳитдаги жойи 2 эса эркин учи (совуқ уланма) дейилади. A ва B ўтказгичлар термоэлектродлар дейилади. Бундай кавшарланган ўтказгичлар эса термопара деб аталади, уларда ҳосил бўладиган электр юритувчи куч термоэлектр юритувчи куч (ТЭЮК) дейилади. ТЭЮК ҳосил бўлишининг сабаби эркин электронлар зичлиги кўпроқ металлнинг эркин электронлар зичлиги камроқ металлга диффузияси билан изоҳланади. Шу пайтда икки хил металлнинг бирикиш жойида пайдо бўладиган электр майдон диффузияга қаршилиқ курсатади. Электронларнинг диффузион ўтиш тезлиги электр майдон таъсирида уларнинг қайта ўтиш тезлигига тенг бўлганда ҳаракатли мувозанат ҳолати қарор топади. Бу мувозанатда A ва B металллар орасида потенциаллар айирмаси пайдо бўлади. Электронлар диффузиясининг жадаллиги ўтказгичлар бириккан жойнинг температурасига ҳам боғлиқ бўлгани сабабли биринчи ва иккинчи уланмаларда ҳосил бўлган ЭЮК ҳам турлича бўлади.



6.1-расм. Икки хил ўтказгичли термометрик занжир.

Агар кавшарланган ўтказгичлар бир хил бўлса ва уларнинг икки учи турлича температурада қиздирилса, у ҳолда ўтказгичнинг иссиқроқ қисмидан совуқроқ қисмига бўш электронларнинг диффузияланиши тескари йўналишдаги диффузияси жадалроқ бўлади. Потенциаллар айирмаси электронларнинг иссиқлик диффузиясига тескари йўналишда таъсир қилади, бунинг натижасида мувозанат ҳолати қарор топгунча ўтказгичнинг иссиқроқ учи мусбат ишорада зарядланади. Бинобарин, ҳар хил A ва B ўтказгичлардан ташкил топган энг содда термоэлектр занжирда тўртта турлича ТЭЮК ҳосил бўлади. Яъни иккита ТЭЮК A ва B ўтказгичларнинг кавшарланган учида; битта ТЭЮК A ўтказгичнинг учида; битта ТЭЮК B ўтказгичнинг учида. Шуни назарда тутиб, 6.1-расмда тасвирланган занжирдаги ТЭЮК катталигини аниқлаш мумкин. Занжирни соат стрелкаси ҳаракатига тескари йўналишда кузатсак, қуйидаги натижа чиқади:

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

бр ерда $E_{AB}(t_1 t_0)$ — иккала фактор таъсиридаги жамланган ТЭЮК; $e_{AB}(t)$

ва $e_{BA}(t_0)$ — A ва B ўтказгичлар учидagi потенциаллар ҳамда температуралар айирмаси натижасида ҳосил бўлган ТЭЮК.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

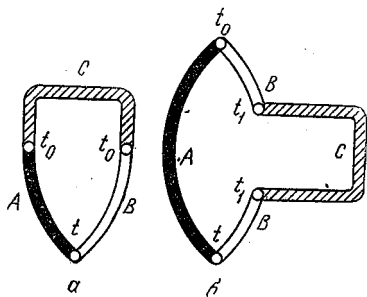
$t = t_0$, яъни уланмаларининг температураси тенг бўлса,

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

бу тенгламадан маълумки,

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

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



6.2-расм. Учинчи ўтказгични улаш схемаси:
 a — термопара кавшарида занжирни узиш; b — термоэлектродни узиш.

6.2- расм, б даги вариант учун:

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

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

Бундан қуйидаги муҳим ҳуло-сани чиқариш мумкин: термо-паранинг занжирига учларидаги температураси бир хил бўлган учинчи ўтказгич уланганда ҳам ТЭЮК ўзгармайди. Демак, термопара занжирига улаш симла-ри, ўлчов асбоблари ва қаршиликларни улаш мумкин экан.

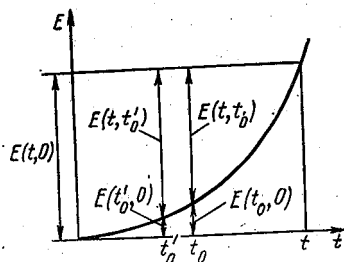
Температурани термоэлектр термометр ёрдамида ўлчаш учун термометр ҳосил қиладиган термо ЭЮК ни ва эркин учларнинг температурасини ўлчаш керак. Агар температурани ўлчашда термометр учларининг температураси 0°C га тенг бўлса, унда ўлчанаётган температура даражалаш характе-ристикаси (жадваллар, графиклардан) (6.3- расм) дарҳол то-пилади. Бу даражалаш характеристикаси термо ЭЮК билан иш уланмасы (рабочий спай) температураси орасида муносабат ўрнатади. Термоэлектр термометрларнинг даражалаш харак-теристикаси, одатда, эркин учларининг температураси 0°C га тенг бўлганда аниқланади. Агар эркин учларнинг температу-раси амалда 0°C дан фарқ қилса-ю, аммо ўзгармас бўлса, унда иш уланмасы температурасини даражалаш характе-ристикасидан топиш учун термоэлектр термометр ҳосил қилали-ган термо ЭЮК нигина эмас, балки эркин учлари температу-раси t_0 ни ҳам билиш зарур. Эркин учлари температураси t_0 га $t_0 \neq 0$ бўлганда тузатиш киритиш учун термоэлектр термо-метр ҳосил қиладиган термо ЭЮК $E(t, t_0)$ га учун $E(t_0, 0)$ ни қўшиш лозим; шунда термо ЭЮК $E(t, 0)$ қийматини то-пилади:

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

Термоэлектр термометр иш уланмасы температураси t ва эркин учлари температураси 0°C бўлганда, яъни даража-лаш шarti бажарилганда шундай $E(t_0, 0)$ ЭЮКни ҳосил қи-лади.

Агар ўлчаш жараёнида эркин учлар температураси бирор янги t_0 қиймат қабул қилса, унда термометр ҳосил қиладиган термо ЭЮК $E(t, t_0)$ га (6.3- расм) ва эркин учлар темпера-турасига киритиладиган тузатиш $E(t_0, 0)$ га, даражалаш шар-тига мос термо ЭЮК эса

$$E(t, t_0) + E(t_0, 0) = E(t, 0) \quad (6.11)$$



6.3- расм. Термоэлектр термометрнинг эркин учлари температурасига тузатма киритиш.

га тенг бўлади.

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

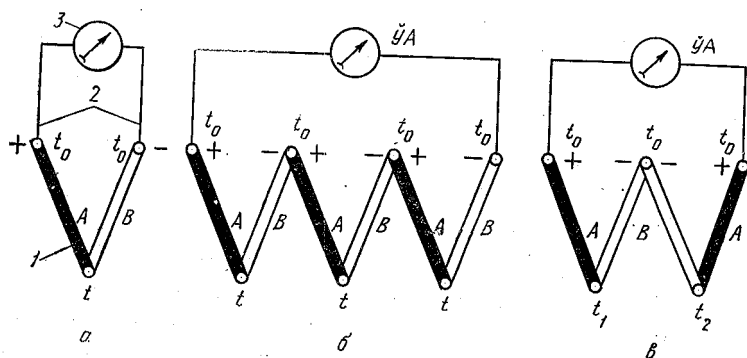
Тузатмани киритиш усулидан қатъи назар (ҳисобий ёки автоматик) тузатма киритиш услуги ўзгармай қолади: қайси усул билан тузатма (ҳисобий ёки автоматик) киритилганидан қатъи назар, схемада $E(t, 0)$ қиймат олинади, бу қиймат кейин термопара термо ЭЮК ига қўшилади. Йиғинди термо ЭЮК $E(t, 0)$ даражалаш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

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

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

Термоэлектр термометрни ўзгартиш коэффициентини орттириш учун бир неча термопараларни (термобатарейаларни) кетма-кет улашдан фойдаланилади (6.4-расм, б). Бунда термопаралар ҳосил қиладиган термо ЭЮК қўшилади, яъни n та термопарадан тузилган термобатарейалар термо ЭЮК и алоҳида олинган термопара термо ЭЮК идан катта. Бундай улашдан кам фарқ қилувчи иш температураси t ни ва эркин учлари t_0 ни ўлчашда фойдаланилади.

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



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

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

6.2-§. ТЕРМОЭЛЕКТР МАТЕРИАЛЛАР ВА ТЕРМОЭЛЕКТР ЎЗГАРТИКИЧЛАР

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

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

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

бунда a , b ва c сурма ($630,5^{\circ}$ С), қумуш ($960,8^{\circ}$ С) ва олгин ($1063,0^{\circ}$ С) ларнинг қотиш температураси бўйича аниқланадиган доимийлар.

СССРда СЭВ (СТ СЭВ 1059 — 78) стандартларига кўра қуйидаги металл термоэлектродли термоэлектр термометрлар қўлланади. Уларнинг характеристикалари 6.1-жадвалда келтирилган.

Хромель-копелли (56% Cu + 44% Ni) термоэлектр термометрлар стандарт термометрлар орасида энг катта ўзгарткиш коэффициентига эга ($70 - 90$ мкВ/ $^{\circ}$ С). Термоэлектрод диаметри 1 мм дан кам бўлган термометрлар учун чегаравий қўланиш даври 600° С дан кам ва, масалан, диаметри 0,2 ... 0,3 мм бўлган термоэлектродлар учун фақат 400° С ни ташкил этади. Юқориги ўлчаш чегараси копелли электродлар характеристикаларининг барқарорлигига боғлиқ.

Никельхром — никель алюминийли (94% Ni + 2% Al + 2,5% Mn + 1% Si + 0,5% қўшилма) термометрлар турли муҳит тем-

Стандарт термоэлектр термометрлар

Термоэлектр термометр термопараси тури	Даражалаш белгиси, янгиси (эскиси)	Ўлчаш чегараси, °C	Юқориги ўлчаш чегараси, °C	
			Узоқ вақт қўлланиш- да	Қисқа вақт қўлланиш- да
Мис-копелли	—	—200	100	600
Мис-мис-никелли	T	—200	400	600
Темир-мис-никелли	J	—200	700	900
Хромель-копелли	(XK)	—50	600	800
Никельхром-мис-никелли	E	—100	700	900
Никельхром-никель	K			
Алюминийли (хромель алюмелли)	(XA)	—200	1000	1300
Платинородий (10%) — платинали	S(ПП)	0	1300	1600
Платинородий (30%) — платинородийли (6%)	B(ПР)	+300	1600	1800
Вольфрамрений (5%) — вольфрамренийли (20%)	(BP)	0	2200	2500

ператураларини кенг чегараларда ўлчаш учун қўлланилади. Улар аввал хромель-алюмелли термометрлар деб юритилар эди. Никель-алюминий симдан тайёрланган термоэлектрод оксидланишга никель-хромга нисбатан камроқ чидамли. Қўлланишнинг юқориги чегараси термоэлектрод диаметрига боғлиқ. Диаметри 3 — 5 мм бўлган термоэлектродлар учун қўлланишнинг юқориги чегараси никель-хром-никель-алюминийли термометрларда 1000°C ни ташкил этади. 0,2 — 0,3 мм диаметр учун 600°C дан ортиқ эмас.

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

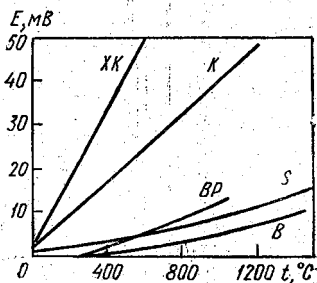
Платинородий (30% родийли)-платинородийли (6% родийли) термоэлектр термометрлар узоқ вақт давомида температура ларнинг +300° дан то 1600°C гача оралиғида, қисқа вақт давомида 1800°C гача қўлланилади. Мусбат электрод — 30% родий ва 70% платина қотишмасидан, манфий электрод — 6% родий ва 94% платина қотишмасидан ташкил топган. Мазкур

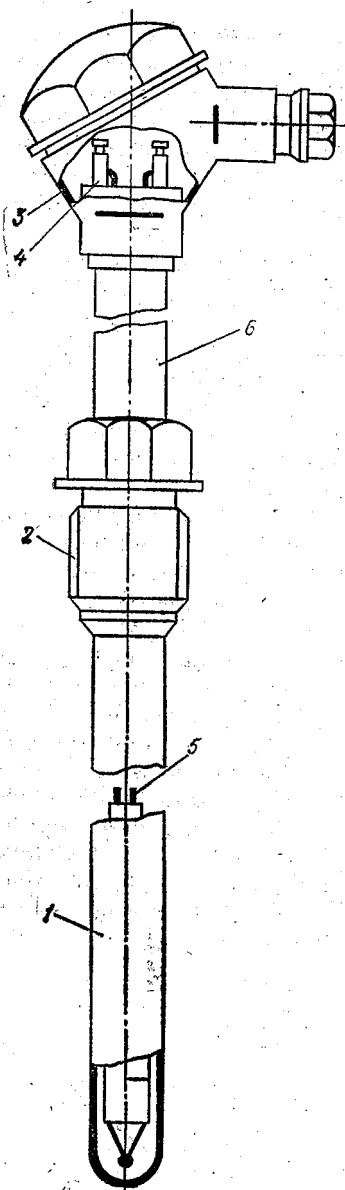
термометрлар платинородий-платинали термометрларга қараганда даражалаш характеристикаларининг барқарорлиги юқорилиги билан ажралиб туради, ammo бу термоэлектродлар ҳам тикланидиган муҳитда ёмон ишлайди. Платинородий-платинородийли термометрларда термо ЭЮК температураларнинг $0... \pm 3100^\circ \text{C} \pm 100^\circ \text{C}$ интервалида озгина ҳосил бўлади, бу ҳол эса совуқ уланмалар температурасига тузатиш киритишни талаб этмайди.

топган қотишма.

СССР давлат стандартлари СЭВ 1059—78 стандартига мослаштирилган бўлиб, шуларга мос равишда СССРда термоэлектр ўзгаргичларнинг 9 туридан фойдаланилади. Термопараларнинг баъзи турлари (мис-копелли, хромель-копелли, вольфрамений-вольфраменений ВР 5/20 ёки ВР 10/20) учун аввалги номлари ва даражалаш характеристикалари ҳам қолди. СЭВ стандарти бу термопаралар учун ҳеч қандай белгилашлар киритмади. Бошқа тур термопаралар учун янги номлар ва белгилашлар киритилди: никельхром-никельалюминийли термопара, К тури, аввалги номи хромель-алюмелли ва белгилаши ХА; даражалаш характеристикаси ўзгармай қолди. Платинородий-платинали ва платинородий-платинородийли термопаралар учун белгилашлар ўзгаради (ПП ўрнига S, ПР ўрнига В қилинади) ва даражалаш характеристикаси ўзгаради. Бундан ташқари, аввалда СССРда серияли ишлаб чиқарилмаган қатор янги термопаралар жорий қилинади:

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





6.6- расм. Термопаранинг конструктив схемаси.

чов асбобларида ярим ўтказгичли термопаралар ишлатилади. Уларнинг ТЭЮКи металл ва металл қотишмаларидан ишланган оддий термопаралар ТЭЮКидан 5 — 10 марта катта. Бу термопараларда термоэлектрод материаллар сифатида $ZnSb$ ва $CdSb$ қотишмалари ишлатилади.

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

Ҳимоя ғилофлари кўпинча $+1000^{\circ}\text{C}$ гача температуралар учун пўлатнинг турли маркаларидан тайёрланади. Бундан ҳам юқорироқ температураларда қийин эрийдиган бирикмалардан (ГОСТ 13403-77) тайёрланган махсус ғилофлар ишлатилади. Термоэлектр термометрларнинг ҳимоя арматурасининг кўпгина лойиҳаси ҳозирги вақтда бир шаклга келтирилган. Улар асосан турли босимга мўлжалланган ҳимоя ғилофлари лойиҳаси ва штуцерлар лойиҳаси билан фарқ қилади.

Охирги вақтда кабелли турдаги термоэлектр термометрлар кенг тарқалмоқда. Улар босим 40 МПа бўлганда -50° дан $+1100^{\circ}\text{C}$ гача бўлган температура-

туралар оралиғида қўлланилади. Кабелли турдаги термометрларнинг муҳим афзаллиги уларнинг АЭСларнинг энергетик реакторларида ишлашга имкон туғдирадиган радиацион чидамлилиги, шунингдек, иссиқлик зарбаларига тебранишга ва ме-

ханик нағрузкаларга нисбатан оширилган чидамлилигидан иборат.

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

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

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

6.3-§. УЗАТУВЧИ ТЕРМОЭЛЕКТРОД СИМЛАРИ

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

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

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

Ҳар бир сим материали изоляциянинг ўз рангига ёки симларнинг ўрамасида ва қопламаси рангидаги симларга эга бў-

лади. 6.2- жадвалда термопаралар, тавсия этиладиган узайтирувчи термоэлектрод симлар, уларнинг белгилари ва ранглари келтирилган.

6.2- жадвал

Тавсия этилалиган узайтирувчи термоэлектрод симлари

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

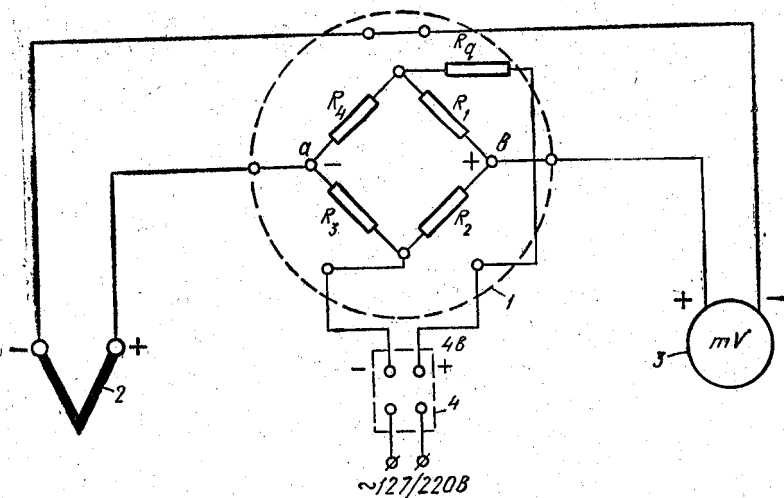
6.4- §. ТЕРМОЭЛЕКТР ТЕРМОМЕТР ЭРКИН УЧЛАРИ ТЕМПЕРАТУРАСИНИНГ ЎЗГАРИШИНИ КОМПЕНСАЦИЯЛАШ УСУЛЛАРИ

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

Юқорида айтилганидек, термопара билан температурани ўлчашда термопаранинг эркин учларидаги температуранинг ўзгаришига қараб тузатиш киритилади. Саноатда автоматик равишда тузатиш киритиш учун кўприк схемалар қўлланилади (6.7- расм).

Кўприк термопарага кетма-кет уланади. Унинг R_1, R_2, R_3 томонлари манганиндан, R_4 томони эса мисдан ишланади. R_g қўшимча қаршилик кўприкка берилган кучланишни етарли даражада етказиб бериш учун хизмат қилади. Энергия ўзгармас тоқ манбаидан олинганда R_g нинг ўзгаришига қараб кўприкни турлича даражаланган термопаралар билан ишлашга ростлаш мумкин. Термопарадан компенсацион кўприккача термоэлектрод симлар ўтказилади, кўприкдан ўлчаш асбоби-гача эса мис симлар уланади.

Термопара эркин учларининг даражаланиш температурасида кўприк мувозанат ҳолатда бўлиб, кўприкнинг ab учлари-



6.7- расм. Термопара эркин учларининг температурасини автоматик компенсациялаш схемаси:
1 — компенсация куприги; 2 — термопара;
3 — милливольтметр; 4 — ток манбаи

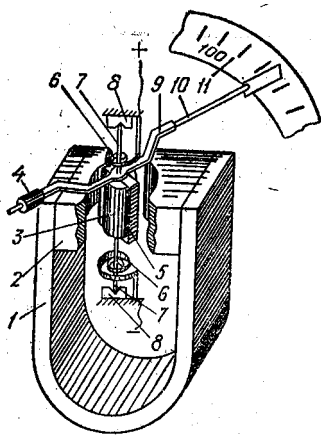
даги потенциаллар айирмаси нолга тенг бўлади. Эркин учларининг температураси ўзгариши билан бирга R_4 қаршиликнинг қиймати ҳам ўзгаради, натижада кўприк мувозанати бузилади ва унинг ab учларидаги потенциаллар айирмаси ўзгаради. Бу айирманинг қиймати эркин учларидаги температуранинг ўзгариши сабабли пайдо бўлган ТЭЮК нинг тескари ишорали қийматига тенг бўлади.

6.5- §. МИЛЛИВОЛЬТМЕТРЛАР

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

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

Милливольтметрнинг тузилиши 6.8- расмда кўрсатилган. Доимий магнит 1 нинг қутб учлари 2 ва таянч товонослари 8 да айланадиган ўқларда жойланган ўзак 3 орасидаги ҳаво оралиғида рамка 5 бор. Рамканинг учлари ўқлар 7 га уланган Рамкага кронштейн 9, стрелка 10 уланган. Стрелканинг учи шкала 11 бўйлаб силжийди. Рамка термопара занжирига уланганда спираль-пружина 6 орқали келади ток рамкадан ўтади. Рамканинг чулғами орқали ток ўтганда ҳосил бўлган магнит



6.8- расм. Милливольметрнинг тузилиши.

лантирувчи момент қуйидаги ифода орқали аниқланади.

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

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

Айланишга тескари таъсир этувчи момент

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

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

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

У ҳолда

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

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

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

бу ерда

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

(6.17) ифодадан пирометрин милливольметр шкаласи чиқиқли эканлигини кўриш мумкин.

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

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

бу ерда E_T — ТЭЮК; R_T — термопара қаршилиги; R_c — улайдиган симлар қаршилиги; R_m — милливольтметрнинг ички қаршилиги.

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

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

$$\sum R = R_T + R_c + R_m.$$

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

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

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

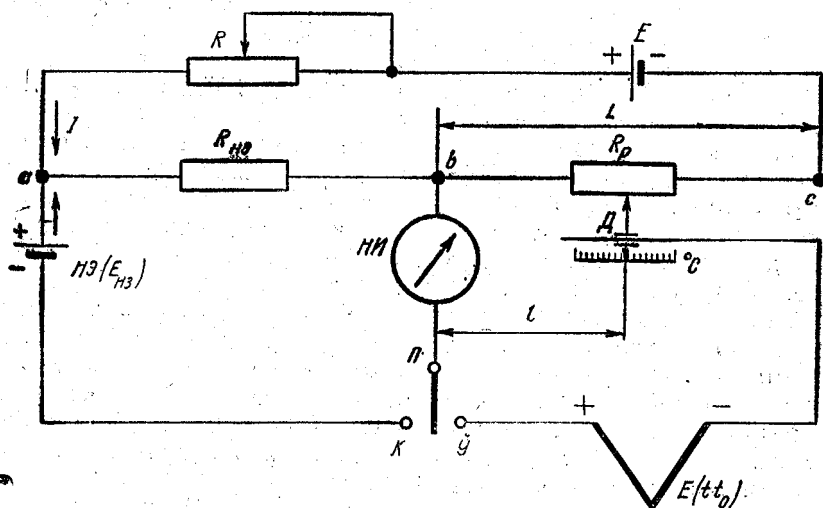
Милливольтметр шкаласида у билан бир комплектда ишлайдиган термопара ёки тўла нурланиш пирометрнинг даражаланиши кўрсатилади.

6.6- §. ПОТЕНЦИОМЕТРЛАР

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

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

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



6.9- расм. Қўл билан мувозанатлаштириладиган потенциометр схемаси.

термопара билан переключатель Π орқали сезгир милливольт-метрға ноль индикатор $НИ$ уланади, термопара занжирида ток борлиги шу индикатор орқали аниқланади. Термопара унинг токи $R_{вд}$ тармоқда ёрдамчи манба токи билан бир йўналишда юрадиган қилиб уланади. ТЭЮК ни ўлчаш учун реохорд сирпанғичи ноль индикатор стрелкасини нолни кўрсатгунча суради. Айни пайтда $R_{вд}$ қаршиликдаги кучланишнинг камайиши ўлчанаётган ТЭЮК га тенг булади. Қуйидаги тенглама бу ҳолатни характерлайди:

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

ёки

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

бу ерда $JR_{вд} - E$ манба кучланишининг тармоқдаги тушуви.

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

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

бундан

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

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

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

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

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

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

Бундай ҳолда компенсацион занжирдаги ток кучи қуйидагича ифодаланади:

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

Термопаранинг ТЭЮК ини ўлчашда Π переключатель К вазиятдан $\mathcal{Y}$ вазиятга ўтказилади. Реохорд R_p нинг D сирпанғичи-ни силжитиб b ва C нуқталар орасидаги потенциаллар айирмасини термопара ТЭЮК га тенглаштирилади. Шу пайтда термопара занжиридаги ток кучи 0 га тенг, шунинг учун

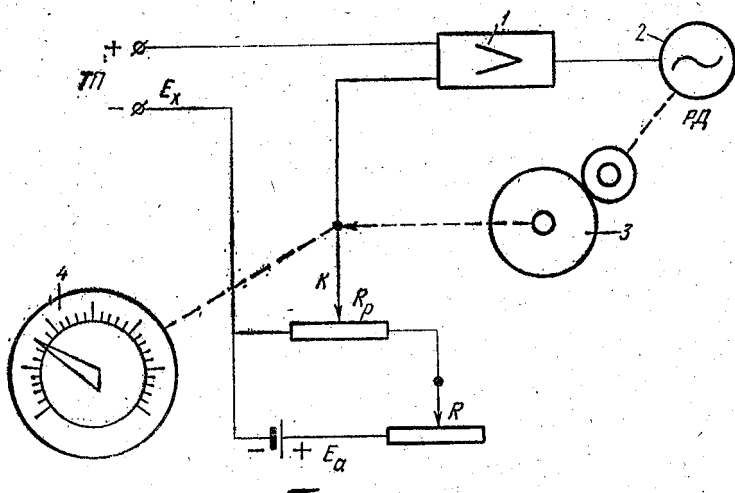
$$E(t, t_0) = J \cdot R_{вд} = \frac{E_{нэ}}{R_{нэ}} \cdot R_{вд}. \quad (6.26)$$

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

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

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

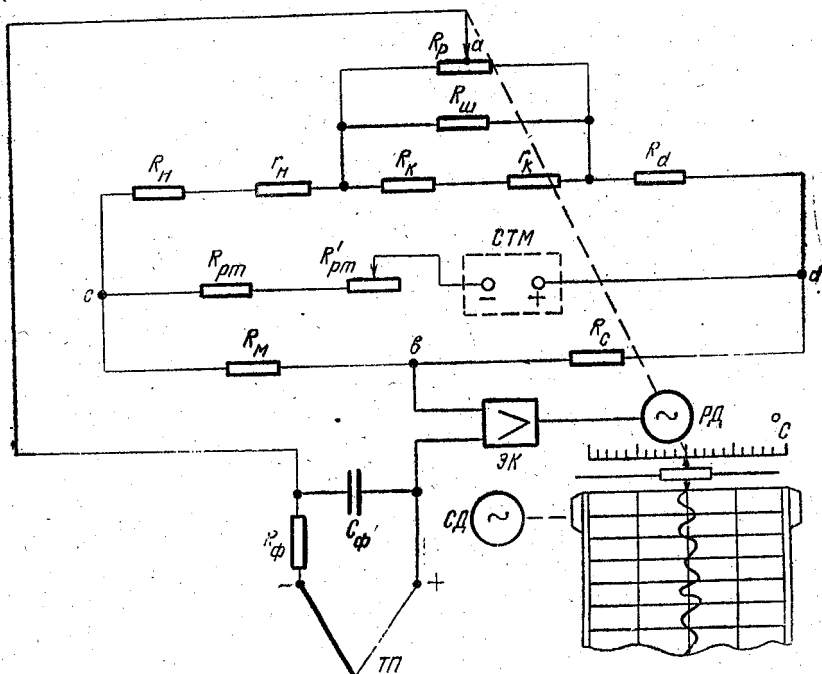
ТП термопарада ТЭЮК E_x ни ўлчаш уни калибрланган R_p реохорд кучланишининг камайиши билан таққослаш орқали бажарилади. Потенциометрнинг компенсацион схемаси сирпанғич K ли реохорд R_p , ўзгармас кучланиш E_x ни ўзгарувчан кучланишга айлантириб берувчи ўзгартгичли электрон кучайтиргич 1, реверсив электр двигатель 2 ва ток манбаи E_a дан иборат. Электр двигатель 2 редуктор 3 орқали сирпанғич K ва стрелка 4 билан боғланган. Компенсацион схеманинг иши сирпанғичи реохорд бўйлаб кучланиш тушуви томон автоматик силжийди. Бу силжиш реверсив электр двигатель РД ёрдамида бажарилади ва номувозанат кучланиш нолга тенг бўлгунча давом этади. Шундай қилиб, сирпанғич K ва унга бириктирилган стрелканинг вазияти ТЭЮК нинг қийматини, демак, ўлчанган температуранинг миқдорини кўрса-



6.10-расм. Электрон автоматик потенциометрнинг тузилиш схемаси.

тади. Қаршилиқ R компенсацион занжирдаги иш токини ростлаш учун хизмат қилади.

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



6.11-расм. Электрон автоматик потенциометр ўлчаш қисмининг принцинал схемаси

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

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

Булардан ташқари потенциометр ўлчаш схемасига қурилманинг умуман нормал ишини таъминловчи бир қатор элементлар киради. R_{Σ} қаршиликлар R_k, r_k реохорд қаршилиги R_p ни ростлаш учун хизмат қилади: бунда асбобнинг даражаланиш ва ўлчаш диапозони, яъни ўлчаш чегаралари назарда тутилиши лозим. Қаршилиқ R_n ва r_n лар ёрдамида шкала бошланиши ростланади. R_d балластли қаршилиқ R_p, R_{pt} ва R_c резисторлар СТМ таъминлаш манбаининг иш токини чеклаш ва ростлаш учун қўлланилади. R_m резистор термopapa эркин учларидаги температура ўзгаришининг таъсирини компенсация қилиш учун мўлжалланган ва термopapa учлари уланган жой, яъни асбобнинг кириш панелида жойлашган. R_m дан ташқари ҳамма резисторлар манганиндан, R_m резистор эса мис ёки никелдан тайёрланади.

Потенциометрлар 4 хил габаритда чиқарилади: 1ўла габаритли (КСП 4), кичик габаритли (КСП 3 ва КСП 2), жуда кичик габаритли кўрсатувчи КПП1, айланма шкалали кўрсатувчи КВП 1 ва кўрсатувчи, ўзиюар КСП 1. Асбобнинг ўртача ремонт қилишгача бўлган хизмат қилиши вақти 10 йилдан кам эмас. Асбоб ичига сигнал берувчи ва бошқарувчи қурилмалар жойлаштирилиши мумкин.

Автоматик потенциометрларнинг техник характеристикалари 6.3-жадвалда келтирилган.

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

Автоматик потенциометрларнинг техник характеристикаси

Потенциометрлар тури (ўлчаш нуқталари сон)	Шкала характеристикаси Босган йўли вақти, с узунлик, мм	Қувватга эа шикъи	Асбобнинг габарит ўлчамлари, мм	Диаграмманинг слижшн тезлиги, мм/соат	Хатолик % ўлчаш ёзувлар	Масъаси, м
КСП-4 (1, 3, 6 ва 12)	1, 2, 5 ва 10 250	40	400 × 400 × 367	20; 60; 180; 240; 600; 720; 1800; 2400; 5400; 7200; 24 соатда бир айланиш	0,5 1,0	22
КСП-3 (бир нуқтали)	5 ва 16 600	60	320 × 320 × 380	—	0,5 1,0	15
КСП-2 (1, 3, 6 ва 12)	2,5 ва 10 160	30	240 × 320 × 450	20; 40; 60; 120; 240; 600; 1200; 2400;	0,5 1,0	17
КСП-1 (бир нуқтали)	2,5 ва 5,0 100	15	160 × 200 × 500	10; 20; 40; 60 ёки 120	1,0 1,0	12
КПП-1 (бир нуқтали, курсатувчи)	2,5 ва 5,0 300	12	160 × 200 × 500	—	0,5 —	12
КБП-1 курсатувчи (1, 6 ва 12)	2,5 ва 10 500	20	240 × 160 × 535	—	0,5 1,0	15

6.7-§. АВТОМАТИК ПОТЕНЦИОМЕТРНИНГ ЎЛЧАШ СХЕМАСИНИ ҲИСОБЛАШ

Кўп ҳолларда температуранинг стандарт термопаралар билан ўлчаш учун типавий ўлчаш схемали потенциометр танлаш мумкин. Ностандарт термопаралардан фойдаланганда ёки потенциометрнинг даражаланишини ўзгартириш зарурати туғилганда автоматик электрон потенциометрнинг ўлчаш схемасини ҳисоблаб чиқишга тўғри келади.

Потенциометрнинг ўлчаш схемасини температуранинг берилган бошланғич ва сўнгги қийматлари t_n ва t_k бўйича ҳисоблашда термопаранинг даражалаш характеристикасидан ТЭЮКлар E_n ва E_k нинг қийматлари топилади.

Юқориги ва пастки ўлчаш шохобчаларидаги тоқлар (6.11-расмга қаранг) реохорд ва резисторлардаги кучланиш тушувининг миқдори етарли бўлиши шартидан, шу билан бир вақтда резисторлар схемасининг сезиларли қизимаслиги шarti билан танланади. Одатда $J_1 = 3 \text{ мА}$ ва $J_2 = 2 \text{ мА}$ деб қабул қилинади.

ТЭЮК диапазони

$$E = E_k - E_n. \quad (6.27)$$

Сўнгра таянч (таққословчи) резисторнинг R_c қаршилигини ундаги кучланиш тушуви нормал элементнинг ЭЮК ига тенг бўлиши шартидан топамиз:

$$J_2 R_c = E_{нэ}, \text{ яъни } R_c = \frac{E_{нэ}}{J_2}, \quad (6.28)$$

бунда $E_{нэ} = 1,019 \text{ В}$ — нормал элемент ЭЮКи.

Балласт ва бошқариш резисторларининг таъминлаш манбаи занжиридаги қаршилиги қийматини мос равишда $R_{рт} = 750 \text{ Ом}$ ва $R_{рт} = 56 \text{ Ом}$ қабул қилинади.

Шунтловчи резистор $R_{ш}$ орқали уланган реохорд R_p нинг эквивалент қаршилиги R_s қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$R_s = R_p \cdot R_{ш} / (R_p + R_{ш}). \quad (6.29)$$

Эквивалент қаршилик берилган бўлса (90, 100, 300 Ом), $R_{ш}$ осонгина ҳисобланади:

$$R_{ш} = R_p R_s / (R_p - R_s) \quad (6.30)$$

Реохорд занжирининг келтирилган қаршилиги R_n параллел уланган қаршиликлар R_p , $R_{ш}$ ва R_k лардан тузилган бўлади. Шунинг учун J_1 ток оқаётган R_n қаршиликдаги кучланиш тушуви ўлчаш диапазониға (E кучланиш тушувига) мос келиши, яъни $J_1 \cdot R_n = E$ бўлиши лозим, бундан

$$R_n = \frac{E}{J_1}. \quad (6.31)$$

Иккинчи томондан, реохорд занжири қаршилигининг келти-

рилган қийматини реохорднинг эквивалент қаршилиги R_s ва шкала учи қаршилиги R_k лар орқали ифодалаш мумкин:

$$R_n = R_s \cdot R_k / (R_s + R_k). \quad (6.32)$$

Энди (6.31) ва (6.32) формулаларнинг ўнг томонларини мос равишда тенглаштириб қуйидагини топамиз:

$$R_k = E \cdot R_s / (J R_s - E). \quad (6.33)$$

Резистор R_m ва R_n ларнинг қаршилиги бошланғич температура (t_n) ўлчаганда ўлчаш схемасининг мувозанат шартидан топилади (реохорд сирпанғичи четки чап ҳолатда бўлади, (6.11-расм). Ўлчаш схемасининг чап шохобчасида a ва b нуқталар орасида R_m ва R_n резисторлардаги кучланиш тушуви ТЭЮК билан компенсацияланади, яъни

$$E_n = J_1 \cdot R_n - J_2 \cdot R_m. \quad (6.34)$$

Термопара эркин учлари температураси ўзгаришининг чегара қиймати t_0 50°C дан ортмайди. Атроф-муҳит температураси ўзгаришининг шу диапазонида (6.34) тенглама қуйидаги кўринишни олади:

$$E_n - E_{ab}(t'_0, t_0) = J_1 \cdot R_n - J_2 R_m(t_0) - J_2 \Delta R_m, \quad (6.35)$$

бунда $E_{ab}(t'_0, t_0)$ эркин учлар температураси t_0 дан t'_0 га кўтарилганда термопара ТЭЮКи нинг тушуви: ΔR_m — эркин учлар температураси t_0 дан t'_0 гача ўзгарганда резистор қаршилиги R_m нинг орттирмаси. Мис резистор қаршилигининг орттирмаси:

$$\Delta R_m = R_m(t'_0) - R_m(t_0) = R_m \cdot \alpha \cdot t_0, \quad (6.36)$$

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

Энди (6.34) дан (6.35) тенгламанинг чап ва ўнг томонларини мос равишда айириб, J_2 ва ΔR ларга (6.28) ва (6.36) лардан фойдаланиб алмаштирсак, эркин учлар температураси $t_0 = 0^\circ\text{C}$ га тенг бўлганда R_m қаршилиқ қуйидаги формуладан топилади:

$$R_m(t_0) = \frac{E_{ab}(t'_0, t_0) \cdot R_c}{E_c \cdot \alpha \cdot t'_0}. \quad (6.37)$$

Агар (6.35) тенгламани R_n га нисбатан, $R_m = (t_0) + \Delta R_m = R_m(t_0)$ эканини эътиборга олиб ечсак, қуйидаги муносабатни оламиз:

$$R_1 = \frac{J_1 R_m(t'_0) + E_n - E_{ab}(t'_0, t_0)}{J_1}. \quad (6.38)$$

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

$$E_n - E_{ab}(t'_0, t_0) = I_2 R_c - I_1 R_d - R_n \cdot I_1. \quad (6.39)$$

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

$$R_d = \frac{E_c - E_n + E_{ab}(t'_0, t_0) - E}{I_1}. \quad (6.40)$$

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

Агар термopара температура компенсациясини талаб этмаса, унда 5 Ом ли R_m қаршилиқ манганиндан тайёрланади.

Иш ток кучини чеклаш ва бошқариш учун балласт қаршиликлардан фойдаланилади: $R_{pm} = 750$ Ом ва $R'_{pm} = 56$ Ом. Схеманинг кириш филтрида $R_\phi = 500$ Ом қаршилиқ ва $C_\phi = 30$ мкФ ли конденсатор бўлади.

7-БОБ. ҚАРШИЛИК ТЕРМОМЕТРЛАРИ

7.1-§. ҚАРШИЛИК ТЕРМОМЕТРЛАРИ ҲАҚИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТЛАР

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

1. Ўлчанаётган муҳитда металл оксидланмаслиги ва химиявий таркиби ўзгармаслиги керак.

2. Металлнинг температура қаршилиқ коэффициенти етарли даражада катта ва барқарорлашган бўлиши лозим.

3. Қаршилиқ температура ўзгариши билан тўғри ёки равои эгри чизиқ бўйича кескин четга чиқишларсиз ва гистерезис ҳолатларисиз ўзгариши керак.

4. Солиштирма электр қаршилиқ деярли катта бўлиши керак. Маълум температуралар оралиғида юқоридаги талабларга платина, мис, никель, темир, вольфрам каби металллар жавоб беради.

Температура ўзгариши билан электр қаршилигининг ўзга-

ришини характерловчи параметр электр қаршилиқнинг температура коэффициенти дейилади.

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

$$\alpha = \left(\frac{1}{R_0} \right) \left(\frac{dR_t}{dt} \right), \quad (7.1)$$

бунда R_0 ва $R_t=0$ ва $t^\circ\text{C}$ температурадаги қаршилиқ. Температура коэффициенти $^\circ\text{C}^{-1}$ ёки K^{-1} ларда ифодаланади. Кўпгина соф металллар учун температура коэффициенти $0,0035 - 0,065 \text{ K}^{-1}$, чегараларда ётади. Ярим ўтказгичли металллар учун температура коэффициенти манфий ва металлларникидан бир тартибга кўп ($0,01 - 0,15 \text{ K}^{-1}$) бўлади.

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

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

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad (7.2)$$

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

Мис оксидланиши туфайли у 200°C дан ортиқ бўлмаган температураларни ўлчашда қўлланилади. Миснинг камчиликларига унинг солиштирма қаршилигининг камлигини киритса бўлади: $\delta = 0,17 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Солиштирма қаршилиқ термометрининг габаритига таъсир этади: солиштирма қаршилиқ қанча кам бўлса, сим шунча кўп керак бўлади (шундай қаршилиқни ўраш учун), шунинг учун термометр габарити шунча катта бўлади.

ГОСТ 6651—78 га кўра мисдан тайёрланган қаршилиқ термометрлари -200 дан $+200^\circ\text{C}$ гача температураларни узоқ вақт давомида ўлчашда қўлланилади. Улар II ва III классларда чиқарилади. Номинал қаршилиқлар 0°C да $10, 50$ ва 100 Ом ни ташкил этади.

Платина—қимматбаҳо материал. Химиявий жиҳатдан инерт ва соф ҳолда осонлик билан олинади. Платинадан тайёрланган қаршилиқ термометрлари -260 дан $+1100^\circ\text{C}$ гача температураларни ўлчаш учун қўлланилади. Платина қаршилигининг температурага боғлиқлиги мураккаб боғланишдан иборат бўлиб, -183 дан 0°C гача температура оралиғида қуйидагича ёзилиши мумкин:

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + Ct^3(t - 100)], \quad (7.3)$$

0 дан $+630^\circ\text{C}$ гача оралиқда эса,

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2) \quad (7.4)$$

тарзида ифодаланади, бунда R_t ва R_0 мос равишда t ва 0°C температураларда платина қаршилиги; A, B, C — ўзгармас коэффициентлар бўлиб, уларнинг қиймати термометрни даража-

лашда кислород, сув ва олтингургуртнинг қайнаш нуқталари бўйича аниқланади. Стандарт қаршилик термометрларида қўлланиладиган ПЛ-2 маркали платина учун (7.3) ва (7.4) тенгламалардаги коэффициентлар қуйидаги қийматларга эга:

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

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

0°C да платинали қаршилик термометрлари қуйидаги қаршиликларга эга бўлиши мумкин: 1, 5, 10, 50, 100 ва 500 Ом (амалда $R_0 = 46$ Ом ли термометрлар ишлатилади). Бу қаршилик термометрлари учун ўзгартишнинг номинал статистик характистикасига қуйидаги белгилашлар киритилган: 1П, 5П, 10П, 50П, 100П ва 500П ($R_0 = 46$ Ом қаршиликли термометрлар Гр21 деб белгиланган).

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

СЭВ 1057 — 78 стандартига мувофиқ никелли ва темирли қаршилик термометрлари -60 дан $+180^\circ\text{C}$ гача температуралар оралиғида чиқарилади. Улар III классда чиқарилади. Никель ва темир электр қаршиликнинг нисбатан катта температура коэффициентига эга:

$$\alpha_{\text{Ni}} = (6,21 - 6,34) \cdot 10^{-3} \text{ } \text{K}^{-1}; \quad \alpha_{\text{Fe}} = (6,25 - 6,57) \cdot 10^{-3} \text{ } \text{K}^{-1}$$

ва солиштира қаршилиги нисбатан катта.

$$\delta_{\text{Ni}} = 1,18 - 1,38 \cdot 10^{-7} \text{ } \text{Ом} \cdot \text{м}; \quad \delta_{\text{Fe}} = 0,55 - 0,61 \cdot 10^{-7} \text{ } \text{Ом} \cdot \text{м}.$$

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

7.1-расмда солиштира электр қаршиликнинг юқорида қўрилган металллар температурасига боғланиши берилган.

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

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

$$R_T = R_0 \exp \left(B \frac{T_0 - T}{T_0 \cdot T} \right). \quad (7.5)$$

R_0 қиймат T_0 температурада термометр қаршилиги билан аниқланади, B қиймат эса, термометр тайёрланганидан ярим ўтказгич материалыга боғлиқ.

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

—100 дан +300°C гача температураларни ўлчаш учун оксидланувчи ярим ўтказгич материаллардан фойдаланилади. Ярим ўтказгичли терморезисторларнинг ўзгартиш коэффициентлари металл симдан қилинган сезгир элементли қаршилиқ термометрлариникига қараганда бир неча тартибга ортиқ. Аммо индивидуал даражалаш зарурати температурани ўлчашда яримўтказгичли терморезисторларни кенг қўлланиш имконини чеклаб қўяди.

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

Ярим ўтказгичли терморезисторлар кўпроқ термосигнализация ва автоматик ҳимоя қурилмаларида қўлланилади.

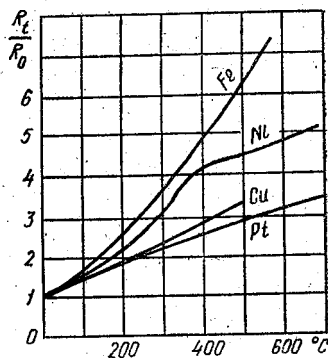
7.2-§. ҚАРШИЛИК ТЕРМОМЕТРЛАРИНИНГ ТУЗИЛИШИ

Бу термометрлар термоэлемент (сезгир элемент) ва ташқри (ҳимоя) арматурадан тузилган.

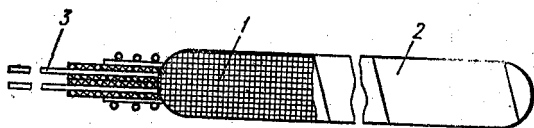
Металл қаршилиқ термометрларининг сезгир элементи, одатда, шиша, кварц, керамика, слюда ёки пластмассадан қилинган қарқасга ўралган сим ёки лентадан иборат.

Сезгир элемент термометр учининг қисқичларига ўлчов асбобига борадиган симлар уланган.

Мис қаршилиқ термометрларининг сезгир элементи 0,1 мм диаметрли, қарқасга бир неча қават ўралган, изоляция қилинган мис симдан ташқил топган. Сим қаватлари ўзаро ва қарқас лаки билан маҳкамланади. Симнинг иккала учига 1—1,5 мм диаметрли мис қулоқчалар кавшарланади. Сезгир элементни ҳимоя қобиғига жойлаштирилади. Қарқасликлардан ташқари бу термометрларнинг қарқассиз сезгир элементлари ҳам чиқарилади. Сезгир элемент 1 изоляция қилинган 0,08 мм диаметрли симдан индуктивликсиз қарқассиз ўрамга эга бўлган ҳолда



7.1-расм. Баъзи металл солиштирма қаршилигининг температурага боғлиқлиги.



7.2-расм. Мис қаршилик термометрининг сезгир элементи.

ясалади (7.2-расм). Алоҳида қаватлари лак билан маҳкамланади ва сўнгра барча сезгир элемент фторпластли плёнка 2 билан қопланади. Сезгир элемент юпқа деворли ҳимоя металл қобиққа жойлаштирилади, унга керамик кукун сепилади ва герметизацияланади. Сим учлари 3 кулоқчаларга кавшарланади, улар термометр учи қисқичларига уланади.

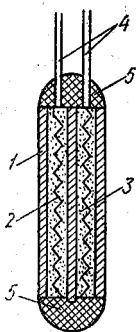
Платина термометрларнинг сезгир элементи иккита ёки тўртта керамик каркас 1 нинг капилляр каналларида жойлашган кетма-кет уланган спираллар 2 дан ташкил топган (7.3-расм).

Каркас каналлари керамик кукун 3 билан тўлдирилади, бу порошок изолятор бўлиб хизмат қилади ва спиралнинг пружинага ўхшаш эгилувчанлигини таъминлайди. Спирал учларига платинали ёки иридий-родийли (60% родийли) симдан қилинган кулоқчалар 4 кавшарланган. Керамик каркасда сезгир элемент махсус глазурь (ёки термощемент) 5 билан герметизацияланади. Каркас каналининг спираллари ва деворчалари орасидаги бўшлиқ алюминий оксиди кукун билан тўлдирилган, у изолятор бўлиб хизмат қилади ҳамда спираллар ва каркас орасида иссиқлик контактини оширади. Платина қаршилик термометрларининг сезгир элементлари диаметри 0,04—0,07 мм ли платина симдан тайёрланади.

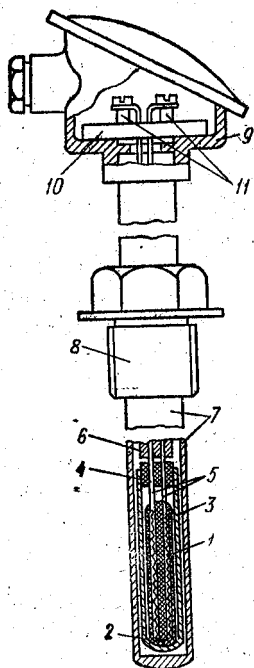
Саноатда чиқариладиган қаршилик термометрларининг турлари, асосий параметрлари ва ўлчамлари ГОСТ 6651—78 билан регламентлаштирилган.

Қаршилик термометрларининг тузилиш варианты 7.4-расмда келтирилган. Қаршилик термометрларининг сим 1 дан қилинган сезгир элементи тўрт каналли керамик каркас 2 га жойлаштирилган.

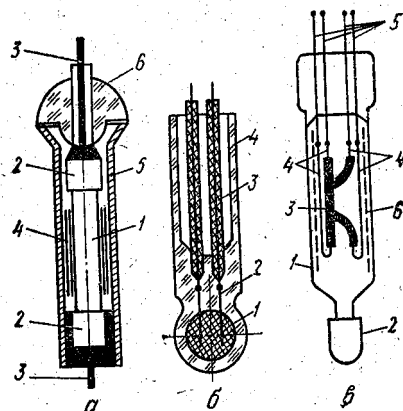
Механик шикастланишдан ва ўлчанаётган ёки атроф-муҳитнинг зарарли таъсиридан сақланиш учун сезгир элемент ҳимоя қобиғи 3 га жойлаштирилган. У керамик втулка 4 билан зичлаштирилган. Сезгир элементнинг кулоқчалари 5 изоляцияон керамик труба 6 орқали ўтади. Шуларнинг ҳаммаси ўлчаш объектида резьбали штуцер 8 ёрдамида ўрнатилган ҳимоя ғилофи 7 да жойлашган.



7.3-расм. Платина қаршилик термометрининг сезгир элементи.



7.4-расм. Қаршилик термометрининг тузилиши.



7.5-расм. Ярим ўтказгичли қаршилик термометрининг сезгир элементи:

Ҳимоя ғилофининг учида термометрининг улайдиган учи 9 жойлашган. Учида термометр қулоқчаларини маҳкамлаш ва уловчи симларни улаш учун винтлари 11 бўлган изоляция колонка жойлашган. Учи қопқоқ билан ёпилади. Уловчи симлар шгуцер орқали чиқарилади. Ташқи электр ва магнит майдонлари таъсирини камайтириш учун қаршилик термометра-рининг сезгир элементларини индуктивсиз ўрамали қилиб ясалади.

7.5-расм, а да стерженли термометр кўрсатилган. У қулоқчалар 3 кавшарланган контактли қопқоқчалар 2 га эга бўлган цилиндр 1 дан ташкил топган. Цилиндр эмаль бўёқ билан қопланган, унинг юқори қисмида шиша изолятор 6 бор.

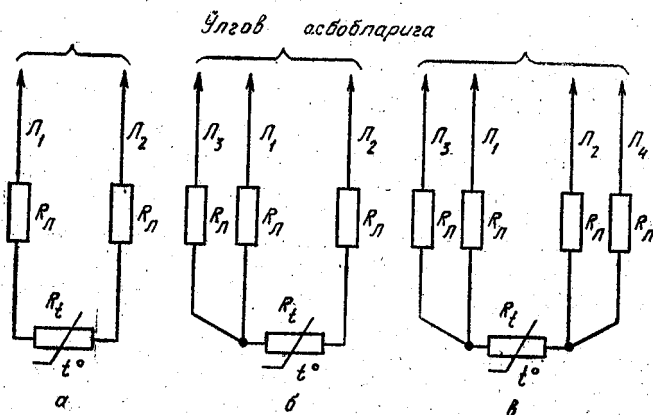
Мунчоқли терморезисторнинг (7.5-расм, б) ярим ўтказгич элементи 1 диаметри 0,5 мм ли ва шиша қобик 4 билан ҳимоя қилинган шарча шаклига эга. Шарчага 0,05 мм диаметрли платина симдан қилинган ва никелли қулоқчалари 3 билан уланган электродлар 2 жойлаштирилган.

Кам температураларни ўлчаш учун мўлжалланган германийли термометрлар мис гильзадан (7.5-расм, в) иборат бўлиб, газсимон гелий билан тўлдирилган ва герметик тиқин 2 билан ёпилган. Гильза ичида сурьма билан легирилган германий 3 нинг монокристали жойлашган. Кристалл 4 га олтин ўтказгич 4 ёпиштирилган бўлиб, уларга платина қулоқчалари 5 кавшарланган. Кристалл плёнка 6 билан изоляция қилинган. Бундай термометрлар 1,5 дан 50 К гача температураларни ўлчашда қўлланилади.

7.3-§. ҚАРШИЛИК ТЕРМОМЕТРЛАРИНИ УЛАШ УСУЛЛАРИ

Қаршилик термометрлари билан температурани ўлчашда улаш симлари ёрдамида ўлчов асбобига уланадиган термометрнинг қаршилигини ўлчаш зарурати туғилади. Чунки ўлчов асбобига уланган қаршилик термометр қаршилигидан катта бўлади. Мазкур қўшимча қаршиликнинг улаш натижасига таъсирини камайтириш ёки йўқотиш учун турли усуллардан фойдаланилади. У термометрни улаш схемасига ва ўлчаш усулига ёки ўлчов асбобининг схемасига боғлиқ. Уловчи симлар қаршилиги мословчи қаршилик ёрдамида асбобни даражалашдаги қаршилик қийматигача мосланиши лозим. Уловчи симларнинг даражалаш қаршилиги қиймати асбоб паспортида ёки унинг шкаласида кўрсатилган бўлади.

Қаршилик термометрларини ўлчов асбобига улашнинг икки, уч ва тўрт симли схемалари учрайди (7.6- расм). Улашнинг икки симли схемасида қаршилик термометри ва улайдиган симлар қаршилиги ўлчаш схемасининг шохобчаларидан бирига кетма-кет уланган бўлади (7.6- расм, а). Улайдиган симлар қаршилигини уларнинг даражалаш қийматларигача мослаш кўпроқ қуйидагича амалга оширилади. Схема йиғилгандан ва улаш симлари ўтказилгандан кейин термометр ва улаш симлари билан бирга кетма-кет тарзда мословчи ғалтак $R_{пк}$ (7.7-расм, а) ва эквивалент қаршилик $R_{эқв}$ уланади. Эквивалент қаршилик қиймати термометрнинг аниқ температурага, масалан, 50, 100 ёки 250°C температуралардаги қаршилигига мос келади. Термометр қисқичлари қисқа туташтирилади ва ўлчаш схемаси шохобчаси: реал улаш симлари қаршилиги R_n дан, эквивалент қаршилик $R_{эқв}$ дан ва мословчи қаршилик $R_{пк}$ дан (7.7-расм, б) иборат бўлиб қолади. Сўнгра ўлчаш схемаси уланади ва $R_{пк}$ ни эквивалент қаршилик ҳисобланган температурага мос шкала белгисигача ўзгартириб борилади. Шундан



7.6- расм. Қаршилик термометрларини улаш схемаси.

кейин эквивалент қаршилик ё узиб қўйилади, ёки қисқа туташтирилади, термометр қисқичларини қисқа туташтириб турган сим олинади. Термометрнинг улаш симлари қаршилиги унинг ҳисобий (даражаланган) қийматигача шундай мослаштирилади. Аммо агар ишлатиш жараёнида улаш симлари температураси (одатда мис симлар) даражалашдаги температурадан фарқ қилса, унда шу симларнинг қаршилигининг ўзи даражаланган қийматдан фарқ қилади. Хотўғри мослаштириш ёки температура билан бирга қаршиликни ўзгартириш хатоси термометрни улашнинг икки симли схемаси учун ўлчов асбобининг ўлчаш диапазонида қатъи назар, қуйидаги формула бўйича топилади:

$$\Delta t = (R_{\text{л}}^{\text{эк}} - R_{\text{л}}^{\text{гр}}) / S, \quad (7.6)$$

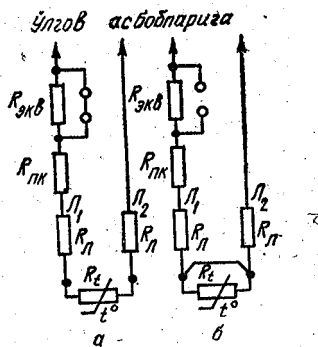
бунда Δt —ўлчаш хатолиги, °C; $R_{\text{л}}^{\text{эк}}$ —ишлатиш даврида линия (улаш симлари) қаршилиги қиймати, Ом; $R_{\text{л}}^{\text{гр}}$ —линия қаршилигининг даражаланган (ҳисобий) қиймати, Ом. S —ўлчанаётган температура соҳасида термометрнинг ўзгартиш коэффициенти, Ом/К.

Улаш симлари қаршилигининг даражалаш қийматига мос эмаслигидан келиб чиқадиган хатоликни камайтириш учун қаршилик термометри ўлчов асбоби билан учта сим орқали уланади. Термометрни улашнинг уч симли схемаси бўйича (7.6-расм, б) улаш симлари термометр учидан ўлчаш шохобчасига, таққослаш шохобчасига, таъминлаш манбаига боради. Ўлчаш ва таққослаш шохобчаларидаги қаршилик бир хил бўлганда ўлчаш симларидаги температуранинг ўзгариши хатоликка олиб келмайди, чунки симларнинг қаршилиги фақат бир хил миқдорга ўзгаради. Ўлчаш симлари қаршилигини мослаш ўзаро юфт улаш симларини кетма-кет ўлчаш йўли билан амалга оширилади.

Термометрни улашнинг тўрт симли схемаси (7.6-расм, в) одатда, қаршиликни ўлчашнинг компенсацион усулида қўлланилади. Бу усул улаш симлари қаршилиги ўзгаришининг асбоб кўрсатишига таъсирини бутунлай йўқотиш имконини беради.

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

Саноат шароитларида ўлчаш токини шундай ҳисобланади—



7.7- расм. Икки линияли-
сим улаш симларининг
қаршилигини мослаш-
тириш.

ки, натижада ўз-ўзини қиздириш ҳисобига юз берадиган хаттолик 0°C даги термометр қаршилиги $0,1\%$ R_0 дан ортиқ бўлмайди.

Қаршилиқ термометрларининг камчилиги — қўшимча ток манбаининг зарурлигидир.

Термометрларнинг ва бошқа қаршилиқ ўзгартирувчиларнинг қаршилиқларини ўлчаш учун: логометрлар, кўприк схемалари (мувозанатлаштирилган ва мувозанатлаштирилмаган) ва компенсацион усулдан фойдаланилади.

7.4-§. ЛОГОМЕТРЛАР

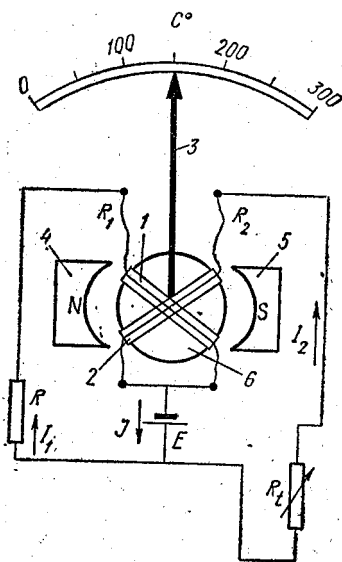
Магнитоэлектр логометр, кўпинча, техникавий қаршилиқ термометрлари билан биргаликда температурани ўлчаш учун қўлланилади. Логометрнинг ишлаш принципи икки электр занжирдаги тоқлар нисбатини ўлчашга асосланган. Занжирлардан бирига қаршилиқ термометри, иккинчисига эса ўзгармас қаршилиқ уланган. 7.8-расмда логометрнинг схемаси келтирилган. У ўзаро ва стрелка 3 билан биқир қилиб маҳкамланган иккита 1 ва 2 рамачалардан иборат. Бу рамачалар эса доимий магнит қутб учликлари 4 ва 5 билан ўзак орасидаги ҳаво тирқишида жойлаштирилган. Бу тирқиш бир текис қилинмаган, шунинг учун магнит индукцияси қийматлари унинг турли нуқталарида (рамачалар ва стрелканинг бурилиш бурчаклари турлича бўлганда) турлича бўлади. Марказдан қутб учликлари четларига қараб ҳаво тирқиши камаёди ва мос равишда марказдан қутб учликлари четларига қараб тирқишда магнит индукцияси ўсади.

Логометрнинг иккала рамачаси битта ўзгармас ток манбаи E дан таъминланади, улар айланувчи моментлари бир-бирига қарши йўналадиган қилиб уланган. Айланувчи моментлар M_1 ва M_2 нинг қиймати мос равишда қуйидагига тенг:

$$M_1 = C_1 B_1 I_1, \quad (7.7)$$

$$M_2 = C_2 B_2 I_2, \quad (7.8)$$

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



7.8-расм. Логометрнинг принципаал схемаси.

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

$$C_1 B_1 I_1 = C_2 B_2 I_2. \quad (7.9)$$

Бу тенгламадан

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{C_2}{C_1} \cdot \frac{B_2}{B_1} = C \cdot \frac{B_2}{B_1}, \quad (7.10)$$

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

$$\frac{\frac{E}{R+R_1}}{\frac{E}{R_t+R_2}} = \frac{R_t+R_2}{R+R_1} = C \cdot \frac{B_2}{B_1}. \quad (7.11)$$

$B = f(\varphi)$ бўлгани учун

$$\frac{B_2}{B_1} = f(\varphi). \quad (7.12)$$

Шунинг учун

$$\frac{R_t+R_2}{R+R_1} = f(\varphi), \quad (7.13)$$

$$\varphi = f\left(\frac{R_t+R_2}{R+R_1}\right); \quad (7.14)$$

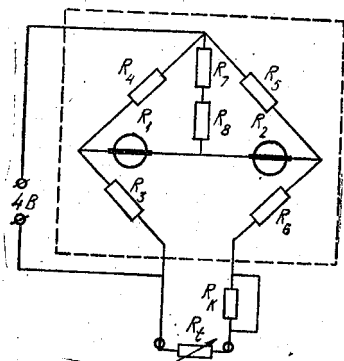
R , R_1 ва R_2 — доимий катталиклар бўлгани учун қўзғалувчан системанинг бурилиш бурчаги термометр қаршилиги қийматига боғлиқ:

$$\varphi = f(R_t); \quad (7.15)$$

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

Тенгламаларни келтириб чиқаришда таянчлардаги ишқалиш, иссиқлик ўтказувчиларнинг қаршилиқ моментлари, қўзғалувчан системанинг инерция моментлари ва қатор бошқа факторлар эътиборга олинмади. Шунинг учун амалда логометрнинг кўрсатиши билан таъминлаш кучланиши орасида қандайдир боғланиш бор.

Логометрнинг сезгирлигини ошириш учун ва температура компенсациясини амалга ошириш имконияти бўлиши учун



7.9- расм. Логометрнинг кўприкли ўлчаш схемаси.

симметрик кўприкли ўлчаш схемасига эга бўлган логометр қўлланади (7.9- расм).

Манганинган тайёрланган ўзгармас қаршиликлар R_3 , R_4 , R_5 , R_6 кўприк схемасини тузиш учун манганин қаршилик R_7 кўзгалувчи системанинг оғиш бурчагини тўғрилаш учун, мис қаршилик R_8 температурани компенсациялаш учун хизмат қилади. R_6 қаршиликдан улаш симлари қаршилигини ҳисобий қийматларгача мослаш учун фойдаланилади. Бунинг учун R_1 қисқа туташтирилади. R_k дан эса қисқа улаш сими олиб ташланади. R_k қарши-

лик логометр шкаласида қизил чизиқча билан белгиланган температурадаги термометр қаршилигига тенг. Шунинг учун R_k уланганда, агар улаш симлари қаршилиги ҳисобий қаршилигига тенг бўлса, R_1 ўрнига логометр кўрсаткичи қизил чизиқчада туриши лозим. Агар бу шарт бажарилмаса, унда мослаш резисторлари занжир қаршилигини логометр кўрсаткичи қизил чизиқчага келгунча ўзгартириши зарур.

Кўчма асбоблар учун логометрларнинг аниқлик классси 0,2; 0,5 ва 1,0 ни, шчитда ўрнатиладиган стационар асбоблар учун — 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 ва 2,5 ларни ташкил этади. Логометрлар кўрсатувчи ўзиёзар (12 та гача ўлчаш нуқталарига эга) бўлиши, шунингдек, сигнал бериш ва бошқариш учун қўшимча қурилмалари бўлиши мумкин.

7.5- §. ҚАРШИЛИКЛАР ЎЛЧАШНИНГ КЎПРИК СХЕМАСИ

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

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

7.10- расмда қаршилик термометри уланадиган, ўзгармас токда ишлайдиган мувозанатлаштирилган кўприкнинг принципиал схемаси келтирилган. Кўприк иккита доимий қаршиликлар (R_1 ва R_2 , реохорд R_p , қаршилик термометри R_t ва улайдиган симларнинг қаршиликлари $R_{пр}$ дан иборат. Кўприкнинг бир диагонаliga E ўзгармас тоқ таъминлаш манбаи, иккинчисига эса переключатель Π орқали ноль индикатор $НП$ уланади. Реохорд R_p нинг сирпангичи силжиши туфайли кўприкнинг эришилган мувозанат ҳолатида унинг ди-

агоналидаги ток кучи нолга тенг бўлади. Шу пайтда кўприкнинг қаршилигини b ва d учларидаги потенциаллар тенг бўлади. I манба кўприкнинг a учидан иккига: I_1 ва I_2 га бўлинади. Демак, R_1 ва R_2 қаршиликларнинг камайиши бир-бирига тенг бўлгани учун қуйидаги тенгламани ёзиш мумкин:

$$R_1 I_1 = R_2 I_2. \quad (7.16)$$

Кўприкнинг bc ва cd елкаларидаги қаршиликнинг камайиши ҳам тенг бўлгани учун

$$I_n R = I_t (R_t + 2R_{np}) \quad (7.17)$$

(7.16) тенгламани (7.17) тенгламага бўлсак,

$$\frac{R_1 I_1}{R_p I_p} = \frac{R_2 I_2}{(R_t + 2R_{np}) I_t}. \quad (7.18)$$

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

$$R_1 (R_t + 2R_{np}) = R_p \cdot R_2 \quad (7.19)$$

ва

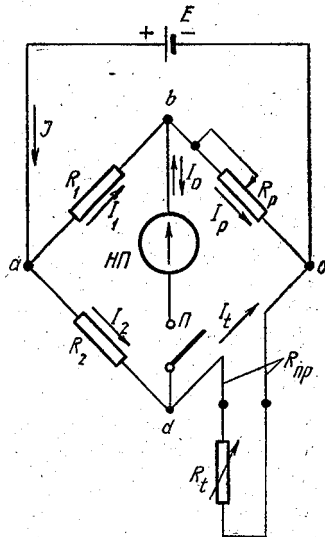
$$R_t = R_p \cdot \frac{R_2}{R_1} - 2R_{np}. \quad (7.20)$$

Агар атрофдаги температурани доимий деб ҳисобласак, $2R_{np} = \text{const}$. У ҳолда (7.19) тенглама қуйидаги кўринишни олади:

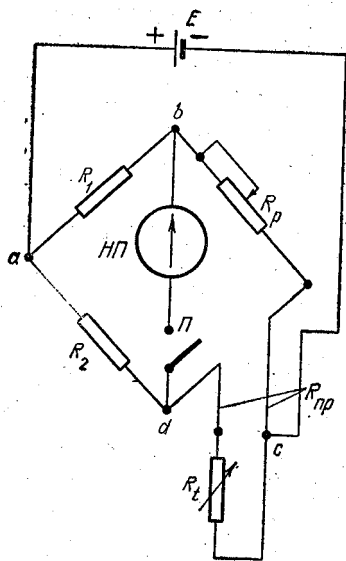
$$R_t = KR_p - K_t = f(R_p). \quad (7.21)$$

Шундай қилиб, R_t ўзгариши билан реохорд қаршилиги R_p ни ўзгартириб, кўприкни мувозанат ҳолатга келтириш мумкин. Ўлчанаётган муҳит температурасининг ўзгариши катта бўлиб, R_p нинг ўзгариши сабабли юзага келадиган хато миқдори кўпайиб кетиш хавфи пайдо бўлганда, қаршилиқ термометрнинг уч симли улаш схемаси қўлланади (7.11-расм). Бундай улаш усулида бир симнинг қаршилиги R_t қаршиликка, иккинчи симнинг қаршилиги эса R_p ўзгарувчи қаршиликка қўшилади. Кўприк мувозанатининг тенгламаси қуйидагича бўлади:

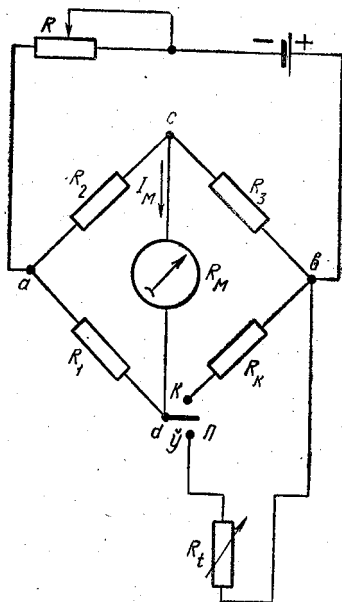
$$R_t + R_{np} = (R_p + R_{np}) \cdot \frac{R_2}{R_1}, \quad (7.22)$$



7.10- расм. Мувозанатлаштирилган кўприкнинг-принципал электр схемаси.



7.11- расм. Уч симли улаш схемаси.



7.12- расм. Мувозанатлаштирилмаган кўприкнинг принципал электр схемаси.

$$R_1 = R_2 \text{ бўлса, } R_t + R_{np} = R_p + R_{np}. \quad (7.23)$$

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

Уч симли схемаларда ҳар бир линия қаршилиги ҳар бир линиядаги алоҳида мослаш қаршиликлари ёрдамида берилган R_{np} қийматгача олиб борилади. Мувозанатлаштирилган кўприк схемаларнинг камчилиги (қўл манипуляциясини бажариш зарурияти) мувозанатлаштирилмаган кўприклар схемасида бар- тараф этилган.

Мувозанатлаштирилмаган кўприклар температуранинг ўлчаш учун қаршилик термометрлари билан биргаликда ҳам қўл- ланилади. Аммо улардан газ анализаторларида, концентратор- мерларда ва қатор ўлчаш воситаларида кенг фойдаланилади.

Мувозанаглаштирилмаган кўприклар температуранинг бевоси- та ўлчаш имконини беради. 7.12- расмда бу кўприкнинг схе- маси келтирилган: R — ростлаш қаршилиги; R_1, R_2, R_3 — кўп- рикнинг доимий қаршиликлари; R_m — милливольтметр қарши- лиги; R_k — назорат қаршилиги; K (контроль) ҳолатидан ($\checkmark$) ўл- чаш ҳолатига ўтказиш переключатели— Π ; R_t — қаршилик тер- мометри; Π переключатель $\checkmark$ ҳолатда турганида R_t нинг ўз- гариши билан милливольтметр орқали таъминлаш кучланишига

тўғри пропорционал бўлган ток ўтади. Демак, ток ўзгармас бўлиши керак, бу вазифани ростлаш қаршилиги R бажаради. Таъминлаш кучланишини назорат қаршилиги R_k бажаради. R_k нинг миқдори шундай танланиши керакки, қаршилик уланганда асбоб стрелкаси шкаладаги қизил чизиқли белгини кўрсатсин.

R_i қаршилик ўзгарганда, переключатель $\mathcal{U}$ вазиятда турганида, милливольтметр орқали кучи шу ўзгаришга тўғри пропорционал бўлган ток ўтади:

$$I_m = U_{ab} \cdot \frac{R \cdot R_i - R_i R_3}{K}, \quad (7.24)$$

бунда K (Ом³ ларда) ушбу қийматга тенг:

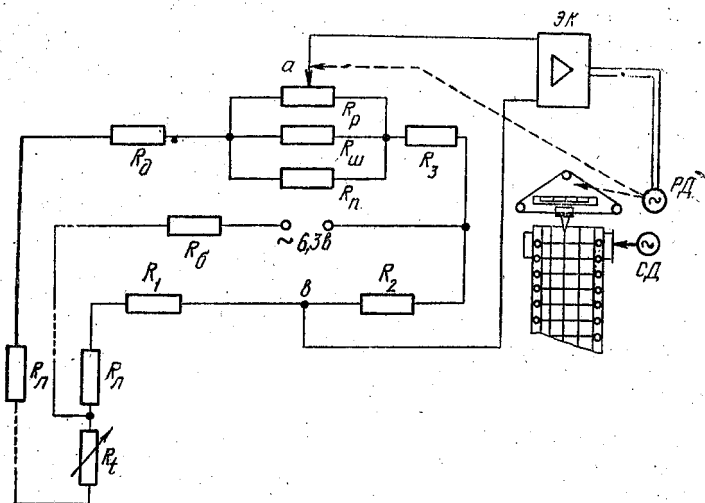
$$R_m(R_i + R_2)(R_2 + R_3) + R_2 R_3(R_i + R_1) + R_1 R_i(R_2 + R_3). \quad (7.25)$$

(7.2) тенгламадан кўринадики, милливольтметр орқали ўтадиган ток кучи таъминлаш кучланиши U_{ab} га тўғри пропорционал, демак, токни ўзгармас сақлаб туриш керак экан.

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

Автоматик мувозанат кўприкларда реохорднинг сирпанғичи автоматик равишда силжийди. Бундай кўприкларнинг ўлчаш схемаси ўзгармас ёки ўзгарувчан ток манбаидан таъминланади. Ўзгарувчан ток мувозанатлаштирилган кўприкларида актив қаршиликлар ҳал қилувчи аҳамиятга эга, шунинг учун ўзгармас ток кўприклари учун чиқарилган юқоридаги тенгламалар ўзгарувчан кўприклар учун ҳам яради. Ўзгарувчан ток мувозанатлаштирилган кўприклари бир қатор афзалликларга эга: ўлчаш схемаси куч трансформаторининг бир ўра-мидан таъминланади, яъни қўшимча таъминлаш манбаи талаб қилинмайди, шу билан бирга тебраниш ўзгартгичнинг (вибро-ўзгартгич) ҳам зарурияти бўлмайди. Мувозанатлаштирилган автоматик кўприкларнинг тури кўп, лекин уларнинг иш принципи бир хил. Мисол сифатида кўрсатувчи ва ўзиёзар электрон мувозанатлаштирилган автоматик кўприкнинг ўзгарувчан токдан таъминланувчи принципиал схемаси 7.13-расмда кўрсатилган.

Кўрсатувчи мувозанатлаштирилган кўприклар ҳам шу принципиал схема бўйича ишлайди, лекин уларда ёзув блоки йўқ. 7.13-расмдаги принципиал схемада куйидаги шартли белгилар қабул қилинган: R_p — реохорд; $R_{ш}$ — реохорд шунти; у R_p қаршилигини белгиланган қийматга етказиб туриш учун хизмат қилади; R_n — ўлчаш диапазони белгилаш қаршилиги; R_d — шкала бошланғич қийматини ростловчи қўшимча қаршилик;



7.13- расм. Мувозанатлаштирилган автоматик электрон кўприкнинг принципиал схемаси.

R_1, R_2, R_3 —кўприк схемасининг қаршиликлари; R_6 —ток чекловчи балласт қаршилик; R_t —қаршилик термометри; R_4 —линия қаршилигини ростловчи қаршилик; $ЭК$ —электрон кучайтиргич; $РД$ —асинхрон конденсаторли реверсив двигатель; $СД$ —диаграмма лентасини силжитувчи синхрон двигатель.

Кўприк ўлчаш схемасидаги барча қаршиликлар манганин симдан тайёрланади. 7.13-расмдан кўришиб турибдики, қаршилик термометри уч симли улаш схемаси усулида уланган. Бу ҳолда термометрни кўприк билан улайдиган симларнинг қаршилиги кўприкнинг R_t ва R_1 елкаларига тақсимланади. Шунинг учун атроф муҳит температурасининг ўзгариши натижасида, уланган симлар қаршилигининг ўзгариши сабабли ҳосил бўлган хато микдори камаяди. Термометр қаршилиги R_t нинг ўзгариши натижасида кўприк схемасининг мувозанати йўқолади, a ва b чўққилардан кучайтиргичнинг кириш қисмига нобаланс кучланиш келади. Кучайтиргич бу кучланишни реверсив двигатель ишга тушгунча кучайтиради. Двигателнинг чиқиш вали реохорд сирпанғичи ва қаретка билан кинематик боғланганлиги учун бу вал уларни нобалласт кучланиш камайиб нолга тенг бўлгунча силжитади. Кўприк схема мувозанат ҳолатига келганда, реверсив двигателнинг ротори тўхтайди, реохорд сирпанғичи эса кўрсаткичли қаретка билан бирга ўлчанаётган термометр қаршилигига тенг ҳолатни эгаллайди.

Ўзгармас ток манбаидан ишлайдиган мувозанатлаштирилган кўприкнинг ўлчаш схемаси ҳам юқоридагига ўхшаш, фақат унинг электрон кучайтиргичи тебраниш ўзгартгичи билан

таъминланган. Шунинг учун унинг кучайтириш узели потенциометрникига ўхшаш.

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

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

7.6-§. ҚАРШИЛИКЛАРНИ ЎЛЧАШНИНГ КОМПЕНСАЦИОН УСУЛИ

Аниқ ўлчашларда, яъни хатоликларга йўл қўйилмаслик ёки хатоликлар минимумга келтирилиши лозим бўлганда, шунингдек, паст температураларни ўлчашда ўлчашнинг компенсацион усули тарқалган. Бу усулнинг моҳияти қуйидагидан иборат: ўлчанаётган резисторда ва у билан кетма-кет ўлчанган намуна резисторда кучланиш тушуви таққосланади. 7.14-расмда қаршиликни компенсацион усулда ўлчаш схемаси кўрсатилган. Резисторлардаги кучланиш тушуви, одатда, потенциометр ёрдамида ўлчанади. Бу ҳолда таъминлаш кучланиши ўлчаш натижасига таъсир этмайди, шунингдек, улаш симлари қаршилигининг таъсири бутунлай йўқотилади, чунки ўлчаш пайтларида потенциометрни ўлчаш резистори билан улайдиган асбобларда ток нолга тенг бўлади.

Ўлчанаётган резистор R_x намуна резистор R_n (7.14-расм) билан кетма-кет уланган. Намуна резистор сифатида қаршилик магазинлари ёки қаршиликнинг намуна ғалгаklarидан фойдаланилади. Занжирдаги ўлчаш токи ўзгарувчан резистор R ёрдамида ўрнатилади. Ток миқдори қаршилиқ термометрларининг ўзидан қизиши термометр температурасини йўл қўйилдиган қийматдан ошириб юбормайдиган қилиб танланади.

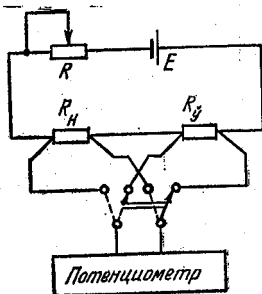
Бир томондан, ток намуна резисторда кучланиш тушуви бўйича аниқланади:

$$I = U_n / R_n. \quad (7.26)$$

бунда U_n —намуна резисторда кучланиш тушуви; mB ; R_n —намуна резистор қаршилиги, Ом.

Иккинчи томондан,

$$I = U_x / R_x. \quad (7.27)$$



7.14- расм. Қаршиликни ўлчаш компенсацион усулининг схемаси.

бунда U_y — ўлчанаётган резисторда кучланиш тушуви, mB ; R_y — ўлчанаётган резисторнинг номаълум қаршилиги, Ом.

(7.26) ва (7.27) лардан ўлчанаётган резистор қаршилигини топамиз:

$$R_y = R_n \cdot U_y / U_n. \quad (7.28)$$

Кўрилган вариантда компенсацион усул механик ўлчашлар учун ноқулай, чунки резистор қаршилигини топиш учун навбат билан ўлчанаётган намунали резистордаги кучланиш тушувини ўлчаш лозим ва сўнгра (7.4) формула бўйича ўлчанаётган резистор қаршилигини ҳисоблаш керак.

Термометрларнинг кичик қаршиликларини техник ўлчаш учун автоматик компенсацион асбоблар ишлаб чиқилган, улар компенсацион ўлчаш усулининг ижобий хоссаларига эга. Термометрни улашнинг тўрт симли схемаси симлар қаршилигининг ўлчаш натижаларига таъсирини бутунлай бартараф этиш имконини берди.

Кичик температураларни ўлчаш учун ўзгарувчан ток автоматик компенсацион асбобнинг принципаал схемаси 7.15-расмда келтирилган. Қаршилиқ термометри R_t таъминлаш манбаидан ўзгарувчан I ток билан таъминланади. Асбобнинг ўлчаш схемаси T_p ток трансформаторидан шундай таъминланадики, ўлчаш токи $I_y = KI$ бўлади. Агар термометрда кучланиш U_{ab} кучланиш билан компенсация қилинмаган бўлса, унда кучайтиргич киришига сигнал берилади. Бу сигнал реверсив двигателни ва реохорд сирпанғичи R_p ни кучланиш U_{ab} кучланиш тушувини (R_t да) мувозанатлаштирмагунча ҳаракат қилишга (силжишга) мажбур қилади. Бу ҳолда қуйидаги тенглик бажарилади:

$$IR_t = U_{ab} = I_y R_{ab}$$

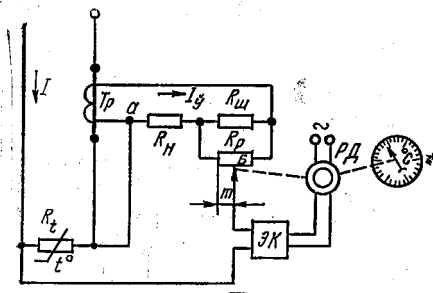
ёки

$$IR_t = KI(R_n + mR_{pp}), \quad (7.29)$$

$$\text{бунда } R_{pp} = \frac{R_p \cdot R_{ш}}{R_p + R_{ш}},$$

$$R_t = K(R_n + mR_{pp}). \quad (7.30)$$

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



7.15- расм. Паст температураларни ўлчаш учун автоматик компенсацион асбобнинг схемаси.

7.7-§. АВТОМАТИК КЎПРИК ЎЛЧАШ СХЕМАСИНИ ҲИСОБЛАШ

Кўп ҳолларда температуранинг қаршиликнинг стандарт термометрлари ёрдамида ўлчаганда типавий ўлчаш схемали мувозанатлашган кўприкни танлаш мумкин бўлади. Кўприкни янгидан даражалаш зарураги туғилганда мувозанатлаштирилган автоматик электрон кўприкнинг ўлчаш схемасини ҳисоблаб чиқилади (7.13-расм).

Температура ўзгариши диапазонининг қийматлари ($t_k - t_n$) бўйича қаршилик термометрларининг танланган тури учун термометр қаршилигини даражаланган характеристика R_{tk} ва R_{tn} бўйича аниқланади. Максимал сезгирлик шартига кўра $R_2 = R_3$ (одатда 300, 400 ёки 600 Ом) ва $R_1 = R_t$ деб олинади. Реохорднинг эквивалент қаршилиги R_p , одатда, 90 Омга тенг деб олинади. Унда шунт миқдори $R_{ш}$ реохорд қаршилигига тенг бўлади ва реохордни $R_p = 90$ Ом гача мосланганда топилади. Резистор қаршилиги $R_d = 4,5$ Ом. Ўзгарувчан токли мувозанатлаштирилган автоматик кўприк схемасида $R_d = 2,5$ Ом (мословчи ғалтакли алоқа линияси қаршилиги); $R_6 = 450$ Ом (ўлчаш схемасида ток кучини чегаралаш учун балласт қаршилик). Схема параметрларининг юқорида берилган қийматларида R_1 ни топамиз:

$$R_1 = \frac{R_d + R_{tn} - R_p - 0,5R_d + \Phi}{2}, \quad (7.31)$$

бунда

$$\Phi = \sqrt{(R_2 + 0,5R_d - R_{tn} - R_d)^2 + 4(R_2R_d + 0,5R_dR_{tn}) + R_dR_{tk} + 0,5R_dR_d}$$

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

$$(R_{tk} + 0,5R_d + R_d) \cdot R_2 = (R_1 + 0,5R_d)(R_3 + R_{по}); \quad (7.32)$$

$$(R_{tn} + 0,5R_d + R_d + R_{пр})R_2 = (R_1 + 0,5R_d)R_3. \quad (7.33)$$

(7.33) ни (7.32) дан мос равишда айлариб ва ҳосил бўлган тенгламани $R_{пр}$ га нисбатан ечиб топамиз:

$$R_{пр} = R_2(R_{tk} - R_{tn})/R_1 + R_2 + 0,5R_d. \quad (7.34)$$

Шкаланинг сўнгги қийматини аниқловчи резистор қаршилиги R_n ушбу

$$R_n = R_3R_{пр}/(R_3 - R_{пр}) \quad (7.35)$$

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

Термометрнинг ундан ўтаётган токка қараб максимал қизиши шу токни чегаралайди, яъни $I_{нагр} \leq 0,007$ А. Бундан бал-

ласт резистор қаршилигининг сон қиймати топилиши мумкин:

$$R_6 = \frac{U_{\text{п}} - I_{\text{нагр}}(R_{\text{дн}} + R_{\text{д}} + R_3 + R_{\text{пр}} + 0,5R_{\text{п}})}{2I_{\text{нагр}}}, \quad (7.36)$$

бунда I — кўприк ўлчаш схемасини таъминлаш кучланиши, у 6.3 В га тенг.

8-боб. НУРЛАНИШ ПИРОМЕТРЛАРИ

8. 1-§. ТЕМПЕРАТУРАНИ ЎЛЧАШ НАЗАРИЯСИ АСОСЛАРИ

Юқорида кўрилган, температурани ўлчашга мўлжалланган барча термометрлар термометрнинг сезгир элементи билан ўлчанаётган жисм ёки муҳит орасида бевосита контакт бўлишини тақозо этар эди. Шунинг учун температурани ўлчашнинг бундай усуллари баъзан контактли усуллар деб юритилади. Бу усулни қўллашнинг юқори чегараси 1800 — 2200°C. Аммо саноатда ва тадқиқотларда бундан юқори температураларни ҳам ўлчашга тўғри келади. Бундан ташқари, кўпинча, ўлчанаётган жисм ва муҳит билан термометрнинг бевосита контакти мумкин бўлмайди. Бундай ҳолларда температурани ўлчашнинг контактсиз воситалари қўлланилади.

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

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

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

$\lambda \approx 0,76$ узунликдаги тўлқинлар кўринмайдиган инфрақизил иссиқлик нурига кириди.

Қиздирилган жисм температурасини орттириб борган сари унинг ранги ўзгариб бориши билан спектрал энергетик равшанлик, яъни маълум узунликдаги тўлқинлар (равшанлик) тез-

да ортади, шунингдек, йиғинди (интеграл) нурланиш сезиларли ортади. Қиздирилган жисмларнинг кўрсатилган хоссаларидан уларнинг температурасини ўлчашда фойдаланилади. Шу хоссаларга қараб нурланиш пирометрлари квазимонохроматик (оптик), спектрал нисбатли (рангли) ва тўлиқ нурланишли радиацион) пирометрларга бўлинади.

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

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

$$E_{0\lambda} = C_1 \lambda^{-5} e^{-\frac{C_2}{\lambda T}} \quad (8.1)$$

бунда $E_{0\lambda}$ — λ узунликдаги тўлқин учун абсолют қора жисмнинг спектрал энергетик равшанлиги; T — жисмнинг абсолют температураси; C_1 ва C_2 нурланишнинг қабул қилинган бирликлар системасига боғлиқ бўлган константалари қиймати; $C = 2\pi^5 h^2 C^2$, h — Планк доимийси; C — ёруғлик тезлиги; $C_2 = \frac{hc}{k}$, N — Авогадро доимийси; R_g — универсал газ доимийси; e — натурал логарифм асоси.

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

$$E_{0\lambda} = C_1 \lambda^{-5} (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1)^{-1} \quad (8.2)$$

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

$$E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (8.3)$$

бунда C_0 — абсолют қора жисмнинг нурланиш доимийси; T — нурланаётган сиртнинг абсолют температураси, K .

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

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

$$T = \left(\frac{1}{T_\lambda} - \frac{\lambda}{C_2} \ln \frac{1}{\epsilon_\lambda} \right)^{-1}, \quad (8.4)$$

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

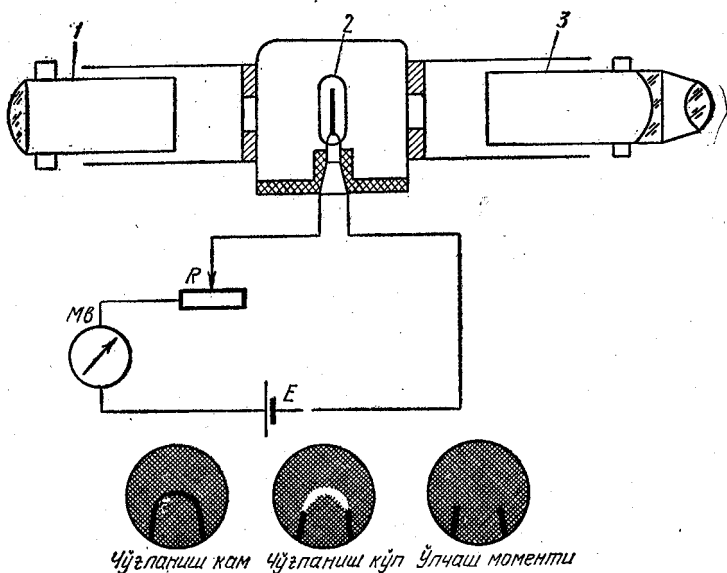
Реал жисм температураси T нинг тўлиқ нурланиш пирометри ёрдамида ўлчанган ҳақиқий қиймати қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$T = T_y \sqrt[4]{\frac{1}{\epsilon}}, \quad (8.5)$$

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

8.2-§. КВАЗИМОНОХРОМАТИК (ОПТИК) ПИРОМЕТРЛАР

Оптик пирометрларнинг ишлаш принципи температураси ўлчанаётган жисмнинг нурланиш равшанлигини эталон жисмларининг монохроматик нурланиш равшанлиги билан солиштиришга асосланган. Эталон жисм сифатида, одатда, нурланиш равшанлиги ростланадиган чўғланиш лампасининг толасидан фойдаланилади. Бу гурппадаги кенг тарқалган асбоблардан бири — чўғланиш толаси йўқолиб кетадиган монохроматик оптик пирометрдир. Бу асбобнинг принципал схемаси 8.1-расмда келтирилган. Қиздирилган жисмнинг нурланиш оқими объект 1 орқали йиғилади ва пирометрик лампа 2 нинг тоза юзасига проекцияланади. Окуляр 3 ёрдамида объектнинг тасвири билан кесишган лампа толасининг тасвири кузатилади. Лампа толаси таъминлаш манбаи E нинг ўзгармас токидан чўғланади. Манбанинг кучланишини реостат R ёрдамида секин-аста ростлаш йўли билан объект ва тола равшанликлари тенглашгунча ошириб борилади. Шу пайт объект тасвири билан кесишган толанинг қисми расмда кўрсатилганидек, йўқолиб кетади. Равшанликлари тенглашгандан сўнг ток кучини



8.1- расм. Чўғланиш толаси кўринмай кетадиган оптик пирометрнинг принципиал схемаси.

ёки лампа кучланишини ўлчайдиган асбоб билан пирометр кўрсатишлари ҳисобланади.

Оптик пирометрларнинг температурасини ўлчаш диапазони 800°C дан $10\,000^{\circ}\text{C}$ гача. Йўл қўйиладиган асосий хатоликлар чегараси $\pm 1,5\%$ дан ошмайди. Оптик пирометр кўчма асбобдир. У билан узлуксиз ўлчаш ва температурани қайд қилиш мумкин эмас.

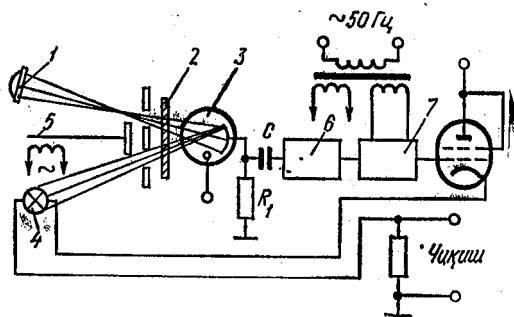
Бундай пирометрдан фарқли ўлароқ, фотоэлементли пирометрлар (фотоэлектр пирометрлар) кўрсатишларни ёзиб олиш ва уларни масофага узатиш имконига эга. Бу асбоблардан тез ўтадиган процесслардаги температурани ўлчашда фойдаланилади.

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

$$I = a \cdot T^n \quad (8.6)$$

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

Олинган температуранинг нурланишини характерловчи фототок жуда кичик бўлиб, уни кўчайтириш учун электрон кучайтиргичлар қўлланилади.



8.2-расм. ФЭП типдаги фотоэлектр пирометр.

ФЭП (8.2-расм) турдаги фотоэлектр пирометрларда нур оқими бўйича манфий тескари боғланишдан фойдаланилади. Мазкур боғланиш ёруғлиги электрон кучайтиргич чиқишида кучланиш функциясида иборат бўлган қиздириш лампасининг фотоэлементи ёритиш билан амалга оширилади. Нурланаётган жисмдан чиқаётган нур оқими линза 1 билан бир жой-

га ййгилади ва қизил ёруғлик фильтри 2 кассетасининг юқори тешиги орқали фотоэлемент 3 га тушади. Фотоэлементга кассетанинг пастки тешиги орқали ҳам чўғланиш лампаси 4 дан нур оқими тушади. Фотоэлементни галма-гал гоҳ нурланаётган жисмдан, гоҳ чўғланиш лампасидан ёритилиши ёруғлик фильтри кассетасининг олдида ўрнатилган ёруғлик модуляторининг 50 Гц частота билан тебранувчи тўсиғи 5 ёрдамида таъминланади.

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

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

Лампани таъминловчи ток кучи тезкор автоматик потенциометр билан лампа занжиридаги $R_{\text{нф}}$ қаршилиқдаги кучланиш тушуви миқдори бўйича ўлчанади. Потенциометр ёруғлик температураси даражалари билан даражаланган. Фотоэлектр пирометрнинг ўлчаш чегаралари 800 дан 4000°C гача. Асосий хато ўлчаш юқори чегарасининг $\pm 1\%$ ини ташкил этади.

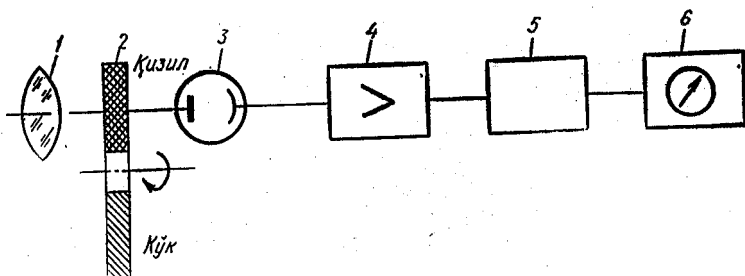
8.3. §. СПЕКТРАЛ НИСБАТЛИ (РАНГЛИ) ПИРОМЕТРЛАР

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

$$R = \frac{\epsilon_{\lambda_1}}{\epsilon_{\lambda_2}} R_K, \quad (8.7)$$

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

Фотоэлементли рангли пирометрнинг принципиал схемаси 8.3-расмда кўрсатилган. Ўлчанаётган жисмдан чиққан нурланиш объектив 1 орқали ўтиб, фотоэлемент 3 га тушади. Фотоэлемент олдида қизил ва кўк фильтрли айланувчи дисксмон обтуратор 2 ўрнатилган. Фотоэлемент гоҳ қизил, гоҳ кўк ранглар билан ёритилади ва шунга кўра тегишли импульслар чиқаради. Бу импульслар электрон кучайтиргич 4 билан кучайтирилиб, логарифмловчи қурилма 5 орқали ўзгармас токка айланади. Бу ток температура бирликларида даражаланган ўлчаш асбоби 6 билан қайд қилинади. Пирометрнинг ўлчаш



8.3-расм. Фотоэлементли рангли пирометрнинг принципиал схемаси.

чегараси 1400°C дан 2800°C гача. Асосий хато миқдори ўлчаш юқориги чегарасининг $\pm 1\%$ идан ошмайди.

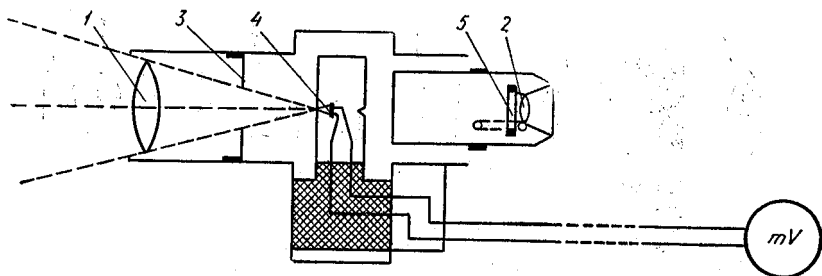
Ҳозирги вақтда ҳақиқий температура пирометри ПИТ-1 деб аталадиган пирометрлар кенг ёйилмоқда. Улар спектрал нисбатли пирометрдан иборат бўлиб, хотирасида сақланадиган ахборот асосида ҳисобланадиган тузатишни автоматик киритади. Пирометр $800-2000^{\circ}\text{C}$ ўлчаш диапазонида мўлжалланган. Ҳақиқий температурани ўлчаш хатолиги $\pm 1\%$ дан ошмайди.

8.4-§. ТўЛИҚ НУРЛАНИШ (РАДИАЦИОН) ПИРОМЕТРЛАРИ

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

8. 4-расмда термобатареяли радиацион пирометрнинг принципиал схемаси кўрсатилган. Пирометр объектив линза 1 ва окулярли телескоп 2 дан иборат. Нурланиш манбаидан чиққан нурларнинг йўлида чекловчи диафрагма 3 ўрнатилган, объектив линза фокусига эса термобатарея 4 жойлашган. Окуляр линза олдида кўзни муҳофаза қилувчи рангли шиша 5 қўйилган. Термобатареяда тўпланган нурлар уни қиздира бошлайди ва нурланишнинг тўлиқ энергиясига пропорционал бўлган ЭЮК пайдо бўлади. Бу ЭЮК милливольтметр билан ўлчанади.

100°C дан 4000°C гача температурани ўлчайдиган радиацион пирометрларнинг турли конструкциялари мавжуд бўлиб, улар ўзларининг оптик системаси, термопараларни улаш схемаси ва бошқа элементлари билан фарқ қилади. Ўзгарткичлари қаршилик термометридан иборат бўлган баъзи радиацион пирометрлар нисбатан кичик, масалан, 20°C дан 100°C гача температураларни ўлчай олади. Ўзгартгич қабул қиладиган нурлар энергиясини аниқ ҳисобга олиш жуда қийин. Чунки ўз-



9.4-расм. Термобатареяли радиацион пирометрини принципиал схемаси.

гарткич ва атроф муҳит ўртасида ўзаро иссиқлик алмашуви мавжуд. Шунинг учун асбоб ҳисобга олиб бўлмайдиган хато-ларга йўл қўйиши табиий.

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

Сериялаб чиқарилаётган АПИР-С туридаги тўлиқ нурла-ниш пирометрлари температурани 30 дан 2500°C гача бўлган оралиқда ўлчашга мўлжалланган. Махсус тайёрланган пиро-метрлар — 100° дан +3500°C гача оралиқда қўлланилади.

9-БОБ. ТЕМПЕРАТУРАНИ МАХСУС ЎЛЧАШ УЧУН ТЕРМОМЕТРЛАР

9.1-§. ҚАТТИҚ ЖИСМЛАР СИРТНИНГ ТЕМПЕРАТУРАСИНИ ЎЛЧАШ

Сиртларнинг температурасини контактли ва контактсиз усуллар билан ўлчаш мумкин. Температуранинг контактли тер-мометрлар билан ўлчашда, одатда, иккита муаммо мавжуд:

1) термометр ва ўлчанаётган сирт температураларининг тенглигини таъминлаш;

2) термометр билан ўлчаш жойида температуранинг ёки сиртнинг температура майдонининг бузиб кўрсатилишини йўқо-тиш.

Термометр ва ўлчанаётган сирт температураларининг тенг-лигини таъминлаш учун ўлчаш объекти сиртидан термометрга иссиқлик ўтказишнинг энг яхши шароитларини яратиш лозим. Яхши иссиқлик контактини таъминлаш учун махсус тайёр-ланган термометрни сиртга елимлаш, кавшарлаш ёки пайванд-лаш мақсадга мувофиқ.

Ўлчаш объекти сиртининг температураси ёки температура майдонининг бузилишига термометрнинг ўлчанаётган сиртга қўшимча иссиқлик олиб келиши ёки олиб кетиши сабаби бўлиб, хизмат қилганда юз беради. Шунинг учун сирт темпе-ратурасини ўлчаш жойида қўшимча иссиқлик алмашиш бўл-майдиган шароитлар яратиш керак. Баъзан термометр орқали иссиқлик алмашишдан қочиш мумкин бўлмаганда, шу иссиқ-лик алмашишни температура ўлчанадиган жойдан бошқа жой-га кўчиришга ҳаракат қилинади.

Сирт температурасини, масалан, трубопровод температура-сини узлуксиз ўлчаш учун термометрни сиртга махсус қисқич билан тақаб қўйлади. Трубопроводнинг изоляцияси борлиги ўлчаш жойидан иссиқликнинг чиқиб кетиши (ёки иссиқлик ки-риб келиши) амалда мумкин эмаслигини тақозо қилади ва шу-

нинг учун термометр сирт температурасини бузиб кўрсатмайди.

Ҳаракатдаги сиртларнинг (валчаларнинг, каландрларнинг ва б. нинг) температурасини ўлчаш анчагина мураккаб. Бундай ҳолда нурланиш бўйича контактсиз ўлчаш усулларида фойдаланиш мақсадга мувофиқ. Аммо бу усуллари қўллашни амалга оширила олмайди, чунки ўлчанаётган сиртни тўғридан-тўғри кўриш мумкин эмас ва ҳ. Шунинг учун контактли термометрлар кенг қўлланилади. Бунда термоприёмник билан температураси ўлчанаётган сирт ишқалишига боғлиқ бўлган қатор қўшимча хатоликлар пайдо бўлади. Шу хатоликлар термоприёмник контактининг тўғрилигига, назорат қилинаётган сирт тозаллигига ва бошқа факторларга боғлиқ. Сирт айланма ҳаракат қилганда сигналнинг узатилиши айланма контактли қурилма орқали амалга оширилади. Унинг содда варианты контакт ҳалқаларидир.

9.2-§. АЛАНГА (ГАЗ ОҚИМЛАРИНИНГ) ТЕМПЕРАТУРАСИНИ ЎЛЧАШ

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

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

9.3-§. ЭРИТМАЛАРНИНГ ТЕМПЕРАТУРАСИНИ ЎЛЧАШ

Эритмаларнинг температурасини ўлчаш мураккаблиги асосан термометр ҳимоя ғилофининг актив занглаши билан боғлиқ. Туз эритмаларининг температурасини ўлчашда ҳимоя ғилофлари бир неча ўн соатдан кейин эритманинг агрессив таъсири сабабли ишдан чиқади. Шунинг учун кўпинча ғилофни сифатсиз, арзон, осонлик билан алмаштириладиган, бир вақт-

да термопара электродидан иборат бўладиган пўлатдан ясалди. Шиша эритмалари температурасини ўлчаш учун ҳимоя ғилофлари углеродли блоклардан ёки қимматбаҳо металллардан ясалади.

Қовушоқ муҳитлар температурасини ўлчашда маълум қийинчиликлар пайдо бўлади. Бу ҳолларда иссиқликка сезгир элементни осонгина тозалашни, кўпинча алмаштиришни ҳам таъминлаш зарур. Бунда сезгир элемент билан ўлчанаётган муҳит орасида етарли даражада яхши контакт таъминланган бўлиши керак.

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

Учинчи бўлим

СИГНАЛ ЎЗГАРТКИЧЛАР ВА МАСОФАГА ЎЗАТИШ СИСТЕМАЛАРИ

Умумий маълумотлар

Ҳар қандай ўлчаш қурилмасида ўлчаш ахборотини ўзгартиш зарурлиги назарда тутилади. Шу ишни бажарадиган элементлар ўлчаш ўзгарткичлари дейилади. Қиришига ўлчанаётган физик катталик келадиган ўзгарткич бирламчи ва ўлчаш сигналларини ўзгартишни амалга оширадиганлари оралиқ ўзгарткич деб юритилади.

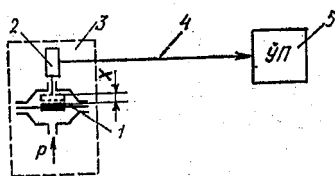
Технологик параметрларни ўлчаш учун қурилган кўпгина замонавий қурилмалар бирламчи ўзгарткич, иккиламчи асбоб ва уларни уловчи алоқа линияларидан ташкил бўлган системалардан иборат.

Бирламчи ўзгарткич ўлчаш жойига яқин ўрнатилади. У назорат қилинаётган муҳитга бевосита тегиб туради ва ўлчанаётган катталикни бошқа физик табиатга эга бўлган (электрик, пневматик, камроқ — гидравлик) алоқа симлари бўйича бошқариш шчитига ўрнатилган иккиламчи асбобга ўзатиш учун қулай бўлган сигналга ўзгартишга мўлжалланган.

Умумий кўринишда бирламчи ўзгарткич сезгир элементдан ва узатувчи ўлчаш ўзгарткичидан иборат бўлади. Сезгир элемент ўлчанаётган параметрни қабул қилади ва уни бошқа физик табиатли сигналга ўзгартади. Агар бу сигнал масофага ўзатишга қулай бўлса, унда у алоқа линияси бўйича иккиламчи асбобга узатилади ва у билан ўлчанади.

Агар сезгир элемент ўлчанаётган катталикни масофага ўзатиш мумкин бўлмайдиган физик катталикка, масалан, силжиш ёки кучга ўзгартса, унда оралиқ ўзгарткични қўллаш зарурати туғилади. Бу ўзгарткич катталикни (силжиш ёки кучни) электр ёки пневматик сигналга ўзгартади, кейин бу сигнал алоқа линияси бўйича иккиламчи асбобга узатилади. Мисол сифатида 10.1-расмда босим ўлчаш комплектининг схемаси келтирилган. P босим ўзгарганда мембрана 1 (сезгир элемент) эгилади, бунда унинг марказининг силжиши X статик характеристика $X = f(P)$ га мос равишда босим билан бир қийматли боғланган бўлади. Агар бундай асбоб фақат кўрсатувчигина бўлса эди, унда босимни аниқлаш учун стрелкани мембрана

на маркази билан кинематик алоқа ёрдамида улаш етарли бўларди. Босимни масофадан ўлчашда механик катталликни — X силжишни, уни алоқа линияси 4 бўйича иккиламчи асбоб 5 га узатиш учун, пропорционал электр сигналга ўзгартиш зарурати туғилади. Бу ўзгартишни бирламчи асбоб 3 нинг оралиқ ўзгарткичи 2 ёрдамида бажарилади.



10.1- расм. Босимни ўлчаш учун ўлчаш комплекти схемаси.

Чиқиқли силжишни унификацияланган чиқиш сигналига ўзгартиш учун дифференциал-трансформаторли ва магнит компенсацияли ўзгарткичлар кенг қўллана бошланди. Бурчак силжишларни ўзгартиш учун ферродинамик ва частотали, кучларни ўзгартиш учун кучли компенсацияли (электр ва пневматик) ўзгарткичлар қулай. Ўзгарткич тури ўзгартириладиган сигналнинг кўриниши ва алоқа линияси бўйича узатиладиган сигналнинг берилган кўринишига боғлиқ (ток, кучланиш, босим ва ҳ.).

Замоनावий ўзгарткичлар ва асбобларнинг муҳим хусусияти уларнинг чиқариш сигналларининг унификацияланганидир. Бу ўлчов воситалари ўзаро алмашинувчанликни, марказлаштирилган назорат қилишни таъминлайди ва иккиламчи асбоблар номенклатурасини қисқартишга имкон беради.

Ўзгармас токнинг унификацияланган чиқариш сигналига эга бўлган ўзгарткичлар энг истиқболлидир. Шу билан бирга ўзгармас ток кучланишининг чиқиш сигналига, частотали электр чиқиш сигналига эга бўлган ўзгарткичлар ҳам қўлланилади. Ўзгарувчи токнинг чиқиш сигналига эга бўлган ўзгарткичлар кенг қўлланаёпти. Бундай сигнал ё ўзаро индукциянинг ўзгариши кўринишида, ёки ўзгарувчан ток кучланишининг ўзгариши кўринишида намоён бўлади. Химия саноатида унификацияланган пневматик чиқиш сигналига эга бўлган ўзгарткичлардан фойдаланилади. Чиқиш сигналларининг ўзгариш чегаралари мазкур дарсликнинг I бобидаги 1.3- § да келтирилган.

Нормалаштирувчи ўзгарткич табиий чиқиш сигнални унификацияланган сигналга ўзгартиради. Нормалаштирувчи ўзгарткич алоҳида мустақил қурилмадан иборат.

ДАС системасида ўзаро алмашинувчан пневматик ва электр ўзгарткичларнинг блок типдаги унификацияланган қатори ишлаб чиқилган. Шундай турдаги ўзгарткичлар катта сондаги турли ўлчанаётган параметрларни нисбатан соддалик ва етарли аниқлик билан битта чиқариш катталигига — кучга ўзгартиради.

Унификацияланган ўзгарткичларнинг аниқлик классси 0,6; 1,0 ва фақат баъзилари учунгина 1,6; 2,5.

10-6 о б. ЭЛЕКТР ҲЗГАРТКИЧЛАР

Ноэлектр катталикларни электр чиқиш сигналига ўзгартиш ва кўрсатишларни масофага узатиш учун куч компенсацияли ўзгарткичлар, силжиш компенсацияли ўзгарткичлар ва частотали ўзгарткичлар энг кўп қўлланилади.

10.1-§. КУЧ КОМПЕНСАЦИЯЛИ ҲЗГАРТКИЧЛАР

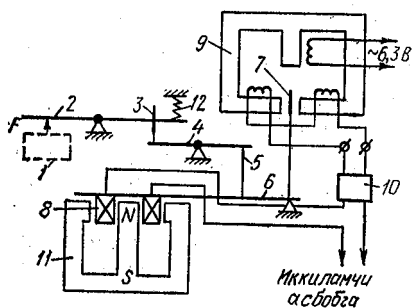
Куч компенсацияли ўзгарткичлар бирламчи асбоб сезгир элементининг кучини 0—5 ёки 0—20 мА ли ўзгармас токнинг унификацияланган сигналига ўзгартишга мўлжалланган.

Электр-куч ўзгарткичларнинг ишлаши кучни компенсациялаш принципига асосланган: сезгир элемент томонидан ўлчанаётган катталик таъсирида ҳосил қилинган куч шу сезгир элементга тескари алоқа қурилмаси томонидан таъсир этадиган куч билан мувозанатлашади.

ДАС аналог шохобчасининг электр ўзгарткичларида электр-куч ўзгарткичларнинг икки туридан фойдаланилади — куч ва чиқиш сигнали орасида тўғри пропорционаллик (чиқишли) муносабатни таъминлайдиган чиқишли ўзгарткичлар ва чиқиш сигнали куч қийматидан олинган квадрат илдизга пропорционал бўлган квадратик ўзгарткичлар. Квадратик ўзгарткичлардан дифманометрларда — сарф ўлчагичларда фойдаланилади. Улар чиқиш сигналинини ўлчанаётган суяқлик ва газ сарфига тўғри пропорционал ўзгарадиган ўзгармас ток кўринишида олишни таъминлайди. Ўзгарткичлар алоҳида блок кўринишида ясаладиган УП-20 типли кучайтиргич билан комплектланади.

Чиқишли ва квадратик ўзгарткичлар фақат куч механизми қурилмаси билан фарқ қилади.

Куч компенсацияли электр аналог ўзгарткичнинг принципиал схемаси 10.2-расмда кўрсатилган. Ўлчанаётган параметр



10.2-расм. Куч компенсацияли электр аналог ўзгартгичи.

ўлчаш блоки 1 нинг сезгир элементига (масалан, манометр мембранасига) таъсир кўрсатади ва F пропорционал кучга айланади, бу сигнал рычаг 2 га узатилади. Рычагнинг ролик 3, оралиқ рычаг 4 ва лентали тортқи 5 орқали бурилиши компенсацион рычаг 6 га узатилади. Компенсацион рычагда дифференциал-трансформаторли индикаторнинг ўзаги 7 ва магнитоэлектр куч механизмининг ғалтаги 8 ўрнатилган. Ярмо 9 иккиламчи

чулғамларининг бир-бирига қараб уланиши натижасида ҳосил бўлган занжирдаги мувозанат ўртача ҳолатдан четга чиқади, саноат частотали ўзгарувчан ток сигнали пайдо бўлади. Бу сигнал электрон кучайтиргич 10 га келади. Кучайган ва тўғрилانган сигнал масофага узатиш линиясига ва шу билан бирга, линия билан кетма-кет боғланган мувозанат индикаторининг ғалтаги 8 га (тескари боғланиш) келади. Ғалтак 8 даги ток ҳосил қилган магнит майдон билан доимий магнит 11 ўрта-сидаги ўзаро таъсир натижасида ричаг 6 да куч пайдо бўлади, бу куч ўлчанаётган кириш (масалан, босим ўзгариши натижасида) кучини мувозанатлайди. Асбобнинг ноль нуқтаси пружина 12 орқали созланади. Асбобни ўзгарткичнинг берилган ўлчаш диапазонига созлаш учун ролик 3 ва лентали тортқи 5 ни силжитилади.

Куч компенсацияси принципи шу схемага нисбатан қуйидагидан иборат: мувозанат пайтида сезгир элемент ҳосил қилган куч F унга тескари алоқа томонидан таъсир этадиган куч F_m га тенг.

Чизиқли ўзгарткичда доимий магнит 11 билан ғалтак 8 дан ўтаётган ток ҳосил қиладиган магнит майдони орасидаги ўзаро таъсир шу токка пропорционал бўлган, ричаг системаси орқали кириш кучини мувозанатлаштирадиган куч ҳосил қилади, яъни

$$F_m = K \cdot I_{\text{чик}} \quad (10.1)$$

бунда F_m — тескари алоқа томонидан таъсир этадиган куч; K — ўзгармас коэффициент; $I_{\text{чик}}$ — чиқиш токи.

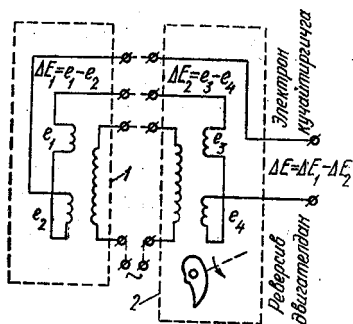
Квадратик ўзгарткичда тескари алоқа куч F_m билан чиқиш сигнали $I_{\text{чик}}$ орасидаги ўзаро таъсирлашув магнитоэлектр механизм ўрнига электромагнит куч механизмини қўллаш ёрдамида таъмин этади. Бу ҳолда тескари алоқа кучи билан чиқиш сигнали орасидаги муносабат қуйидаги кўринишда бўлади:

$$F_m = K \cdot I_{\text{чик}}^2 \quad (10.2)$$

УП-20 типдаги ярим ўтказгич кучайтиргич номувофиқлаштириш индикатори сигналини ўзгармас электр токи сигнализига ўзгартиради. Сигнални масофага узатиш 10 км га етиши мумкин. Ўзгарткичга уланадиган иккиламчи асбобларни икки гурппага бўлиш мумкин: ўзгармас токнинг унификацияланган сигнализдан ишлайдиган (миллиамперметрлар) ва ўзгармас кучланиш сигнализдан ишлайдиган асбоблар (вольтметрлар, потенциометрлар, марказий назорат ва бошқаришнинг электр машиналари).

10.2-§. СИЛЖИШ КОМПЕНСАЦИЯЛИ ЎЗГАРТКИЧЛАР

Силжишни компенсациялаш схемаси бўйича қуриладиган электр аналог ўзгарткичларидан ноэлектр катталикларни электр чиқиш сигнализига ўзгартириш ва кўрсатишларни масо-



10.3- расм. Дифференциал трансформаторли ўзгартгич схемаси.

фага узатиш учун дифференциал-трансформаторли, ферродинамик, магнитомодуляцион ва сельсинли ўзгарткичлар энг кўп тарқалган.

Дифференциал-трансформаторли ўзгарткичлардаги бирламчи асбоб ўзагининг силжиши иккиламчи асбоб ўзагининг силжиши билан мувозанатлашади. Дифференциал - трансформаторли ўзгарткичлар сарф, босим, сатҳ ва бошқа параметрларни ўлчашда ишлатилади, бунда бу параметрларнинг қиймати бирламчи асбоб ғалтаги ўзагини силжишига ўзгартирилади.

Дифференциал-трансформаторли асбоб схемаси (10.3- расм) иккита бир хил ғалтакдан иборат. Улардан бири бирламчи асбоб 1, иккинчиси эса иккиламчи асбоб 2 га жойлаштирилган. Ғалтакларнинг бирламчи чулғамлари кетма-кет уланиб, электрон кучайтиргич куч трансформаторининг чулғамидagi ўзгарувчан ток кучланишидан таъминланади. Иккиламчи чулғамлар бир-бирига йўналган ҳолда уланиб, чиқишлари электрон кучайтиргичга қаратилган. Ғалтаклар ичида темир ўзақлар (магнит ўтказгичлар) мавжуд. Агар иккала ғалтак ўзақлари ўртача ҳолатда бўлса, ғалтакдаги e_1 ва e_2 ЭЮКлар тенг бўлади, яъни $\Delta E_1 = e_1 - e_2 = 0$ ва $\Delta E_2 = e_3 - e_4 = 0$, демак $\Delta E = \Delta E_1 - \Delta E_2$ кучайтиргич киришидаги фарқ ҳам нолга тенг бўлади.

Ўзақлар ҳолати ўзгарганда ғалтакларда катталиги ва фазаси бирламчи асбоб ғалтагидagi ўзак силжишининг кучланишига боғлиқ бўлган нобаланс кучланиш вужудга келади. Нобаланс кучланиш электрон кучайтиргич орқали реверсив двигателни бошқариш учун керак бўлган миқдоргача кучаяди. Реверсив двигатель профилланган диск ёрдамида иккиламчи асбоб ғалтаги ўзагини, бирламчи асбоб ғалтаги ўзаги билан мувофиқлаштирилган ҳолатга силжитади, натижада иккала ғалтакдаги ЭЮК лар тенглашади, бинобарин, мувозанат ҳолати тикланади. Иккиламчи чулғамларнинг ЭЮКи яна нолга тенг бўлади ва реверсив двигатель тўхтади. Реверсив двигатель иккиламчи асбобнинг стрелкаси ва перо билан боғланган.

Бирламчи асбобнинг ўзаги 5 мм га силжиганда индукцияланган ЭЮКнинг боғланиши чизиқли бўлиб қолади. Дифференциал-трансформаторли системаларнинг иккиламчи асбоблари автомат потенциометрлар асосида қурилган.

ДАС системасида телеузатишнинг дифференциал-трансформаторли системаси учун иккиламчи асбобларга КСД ва КСУ киради. Асбобларнинг қуйидаги турлари чиқарилади: жуда ки-

чик габаритли кўрсатувчи КПД1, ВМД ва кўрсатувчи ва ўзиёзар КСД1, кичик габаритли кўрсатувчи айланадиган цилиндрик циферблатли КВД1 ва кўрсатувчи ва ўзиёзар КСД2, дисксимон диаграммали КСД3. Ҳамма асбоблар класси 1. Иккиламчи асбоблар ё қўшимча чиқиш ўзгарткичлари ёки бошқарилувчи қўрилма билан таъминланиши мумкин. Сарф ўлчагич асбобларда, кўпинча, ичига қурилган интегралловчи қурилмалардан фойдаланилади.

Ферродинамик ўзгарткичларда бурчак силжишлар ўзгарувчан ток ЭЮКнинг пропорционал қийматига ўзгартирилади. Улар босим, сарф, сатҳ ва бошқа катталикларни ўлчада иш-

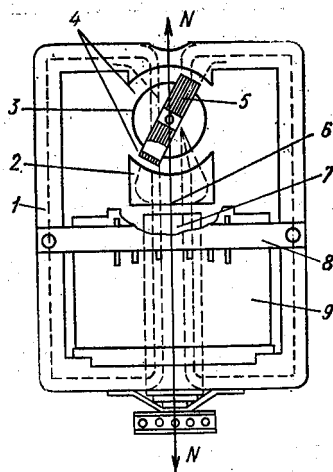
латилади. Бунда бу катталикларнинг қиймати ферродинамик ўзгарткич рамкасининг бурилиш бурчагига ўзгартирилиши мумкин. Ўзгарткич (10.4-расм) унинг магнит системасини ҳосил қилувчи магнит ўтказгич 1, бошмоқ 2, ўзак 3 ва ҳаракатчан плунжер 7 ҳамда плунжер 7 нинг силжиши вақтида ўзгарадиган иккита ҳалқасимон 4 ва ростланувчи 6 ҳаво оралиқларидан иборат. Ҳалтак 9 да саноат частотали ўзгарувчан токдан таъминланувчи уйғотиш чулғами жойлашган. Бу Ҳалтак ҳосил қилган магнит оқими уйғотиш чулғамига ўралган силжиш чулғами ва ўзгарткичнинг айланувчи рамкачаси 5 да ЭЮК индукциялайди. Рамкача, силжиш ва уйғотиш чулғамларининг учлари клеммалӣ панель 8 га чиқарилган.

Рамкача жойлашган ҳаво оралиғида радиал магнит оқими бор. Рамкача нейтрал ҳолат чизиғи NN билан мос келганда магнит оқими рамкачани кесиб ўтмайди ва ундаги ЭЮК нолга тенг бўлади. Рамка NN чизиқдан четга чиққанда ундаги ЭЮК рамкачанинг бурилиш бурчагига пропорционал индукцияланади.

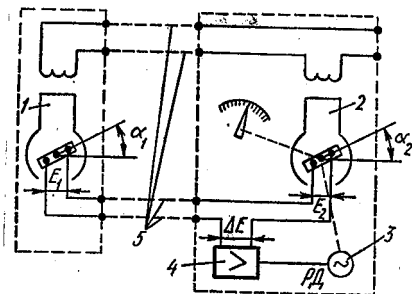
5 рамкача бирламчи асбобнинг сезгир элементи билан боғланган. Рамкача нейтрал ҳолатдан четга чиққанда унда ЭЮКС индукцияланади:

$$E_p = \frac{\omega}{\sqrt{2}} B \cdot l \cdot r_{\text{ўр}} \cdot \varphi, \quad (10.3)$$

бунда ω — токнинг бурчак частотаси; B — магнит индукцияси; l — рамкачанинг магнит майдони кесиб ўтган ўтказгичи узунлиги; $r_{\text{ўр}}$ — рамкачанинг ўртача радиуси; φ — рамканинг бурилиш бурчаги.



10.4-расм. Ферродинамик ўзгарткич схемаси.



10.5-расм. Масофага узатиш ферродинамик системасининг принцинал схемаси.

Рамкача ўрамлари сони ва магнит индукцияси ўзгармас бўлганда ферродинамик ўзгарткич катталиги E_p бурилиш бурчаги φ га ёки ўлчанаётган параметр қийматига пропорционал, яъни

$$E_p = K \cdot \varphi, \quad (10.4)$$

бунда K —ўзгартириш коэффициенти.

Магнит оқимининг катталиги бошмоқ 2 ва қўзғалувчан плунжер 7 орасидаги масофага боғлиқ бўлган.

ни сабабли рамкача ва силжиш чулғами ЭЮҚини ҳаво оралиғини ростлаш йўли билан ўзгартириш мумкин.

Масофага узатиш ферродинамик системасининг ишлаш принципи ПФ датчикларни ишлатишга асосланган. Бу усул бирламчи асбоб датчигидан олинган ЭЮҚ ни иккиламчи асбоб ферродинамик ўзгарткичининг ЭЮҚи билан компенсациялашдан иборат. Ферродинамик системаси (10.5-расм) ўлчаш асбобининг узатувчи ўзгарткичи (датчик) 1, алоқа линияси 5 ва иккиламчи асбоб элементлари бўлган ўзгартгич 2, электрон кучайтиргич 4 ва реверсив электр двигатель 3 дан иборат. Ферродинамик ўзгартгич 1 ва 2 ларнинг рамкачалари кетма-кет уланган, улардаги ЭЮҚ лар бир-бирига қарама-қарши, шунинг учун электрон кучайтиргич 4 киришига иккала датчик ЭЮҚ ларининг фарқи $E = E_1 - E_2$ узатилади.

Агар $\Delta E = 0$ бўлса, система мувозанат ҳолатида бўлади. Агар ўзгарткич 1 рамкачасининг ҳолати ўлчанаётган параметр таъсирида α_1 бурчакка бурилса, ЭЮҚ ҳам ўзгартириб, E_1 га тенг бўлиб қолади. Системанинг мувозанати бузилади, кучайтиргич 4 киришига ΔE ЭЮҚ узатилади, бу катталик кучайиб, электр двигатель 3 га узатилади. Электр двигатель иккиламчи асбоб рамкачасини α_1 ва α_2 бурчаклар тенглашгунча силжити (E_1 ва E_2 ЭЮҚ лар ҳам тенглашади).

Ферродинамик ўзгарткичлардаги индукцияланган ЭЮҚнинг рамка бурилиш бурчагига боғланиши чизикли бўлгани сабабли, улар дифференциал-трансформаторли ўзгарткичларга нисбатан катта ўлчаш чегараларига эга. Масофага узатиладиган ферродинамик ўзгартгичлар ўзларининг ишончилиги, ишлатилиши содда ва қулайлиги, универсаллиги, юқори метрологик характеристикаларга кўра кенг тарқалган.

Саноатда қуйидаги турдаги ўзгарткичлар чиқарилади: ПФ — ферродинамик ўзгарткичлар; ПФФ — ферродинамик функционал ўзгарткичлар; ПФФ-К — ферродинамик функционал коррекциялик ўзгарткичлар.

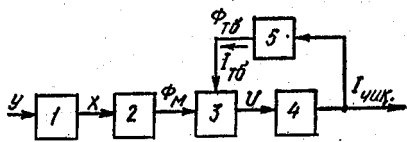
ПФФ ва ПФФ-К турдаги ўзгарткичларда ПС, ПФ, ПП ва БД турдаги чиқиш ўзгарткичларининг борлиги ўлчанаёган катталikka пропорционал бўлган электр ва пневматик сигналларни беришга имкон беради.

Торли (симли) чиқиш ўзгарткичи ПС частотали сигнал олишга имкон беради. Ундан интегралловчи қурилмаларда ахборотни рақамли автоматиканинг турли қурилмаларига, бошқарилувчи ва ҳисоблаш машиналарига киритиш учун фойдаланилади. Ферродинамик чиқиш ўзгарткичи ПФ ушбу ПФФ ва ПФФ-К турдаги ўзгарткичларни турли ҳисоблаш системаларида, телеўлчаш ва бошқариш системаларида қўллашга имкон беради. Пневматик чиқиш ўзгарткичи ПП ўзгарткичлар билан пневматик аппаратура орасида боғланишни амалга ошириш, ахборотни пневматик рақамли-ечувчи ва бошқариш машиналарига киритиш, шунингдек, пневматик қурилмалар қўллашни талаб этадиган алоҳида схемалар билан алоқа ўрнатиш имконини беради. Чиқиш сельсини БД нинг борлиги ўзгарткичлар билан сельсинлар орқали ишлайдиган қурилмали ўзгарткичлар орасида дистанцион узатиш учун алоқани амалга оширишга имкон беради.

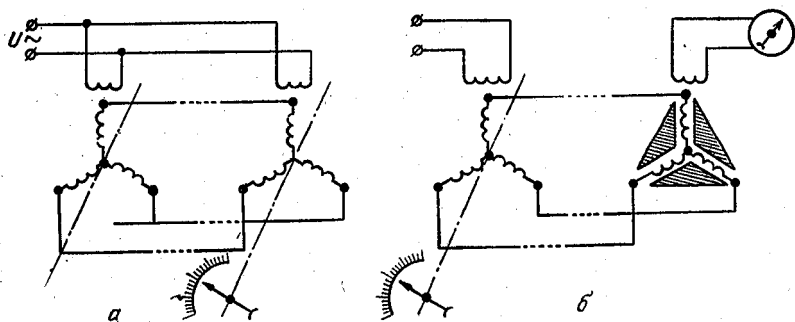
Магнитомодуляцион ўзгарткичлар (магнит компенсацияли узатувчи ўзгарткичлар)нинг иши магнит оқимларини компенсациялашга асосланган. Магнитомодуляцион ўзгарткичлар бирламчи асбоб сезгир элементининг чизиқли силжишини ўзгармас токнинг унификацияланган чиқиш сигналига ўзгартириш учун мўлжалланган. Бундай ўзгарткичларнинг ишлаш принципи қуйидагидан иборат: махсус қурилма-индикаторда ҳосил қилинадиган бошқарувчи магнит оқими ҳаракатдаги элемент — ўзгармас магнитнинг (бирламчи ўзгарткичнинг сезгир элементи билан силжитиладиган) силжишида шу индикаторда тескари алоқа токи ёрдамида ҳосил қилинадиган магнит майдони билан компенсацияланади. Бунда чиқиш токи ва қўзғалувчан элементнинг силжиши, ва демак, ўлчанаёган катталик қиймати орасида маълум муносабат ўрнатилади.

Ўзгарткичнинг структурали схемаси 10.6-расмда келтирилган. Бирламчи ўзгарткичнинг қайишқоқ сезгир элементи 1 ўлчанаётган катталик Y ни ўзгарткич 2 ўзгармас магнитининг чизиқли силжиши X га ўзгартиради. Магнитнинг силжишида бошқарувчи магнит оқими Φ_m ўзгаради. У магнит оқимлари 3 нинг индикаторида тескари алоқа магнит оқими $\Phi_{т.б.}$ билан тенглашади. Индикатор чиқишида магнит оқимлари айирмаси $\Delta\Phi = \Phi_m - \Phi_{т.б.}$ га пропорционал бўлган кучланиш U пайдо бўлади. У 4 кучайтиргич ёрдамида чиқиш токи сигнали $I_{чик}$ га ўзгартирилади.

Чиқиш токи $I_{чик}$ масофадаги узатиш линиясига ва бир вақтда тескари алоқа қу-



10.6-расм. Ўзгарткичнинг магнит компенсацияли структурали схемаси.



10.8- расм. Сельсинли масофага узатиш системасининг принципиал схемаси:

a — индикаторли режим; *б* — трансформаторли режим.

бурчакли силжишлар унча катта бўлмаган ҳолларда ишлатилади. Лекин баъзи ҳолларда ўзгартгич чиқиш ўқининг бир неча ўрамида бирламчи асбоб ўзгарткичи сигнадини ёки бир неча метрга чўзилган силжишларни масофага узатиш керак бўлади. Масалан, сатҳ ўлчагичларда кўрсатишларни масофага узатишда шундай вазифа қўйилади. Бундай масалани сельсинли узатиш йўли билан ҳал қилиш мумкин. Ўзгарувчан токда ишлайдиган сельсинли масофага узатиш ҳам бурчакли силжишларни узатишга мўлжалланган.

Узатувчи ва қабул қилувчи сельсинлар сифатида контакт ҳалқаларга эга бўлган синхронланувчи асинхрон электр двигателлар ёки чулғамсиз роторли контактсиз сельсинлар ишлатилади. Узатувчи ва қабул қилувчи сельсинлар роторларининг симметрик ҳолати бузилганда уларнинг чулғамида қийматлари турлича бўлган ЭЮҚлар индукцияланади, алоқа сими бўйича мувозанатловчи тоқлар ўтади ва синхронлаш моменти вужудга келади, натижада қабул қилувчи сельсин ротори бурилади. Сельсинларнинг бундай уланиши (10.8-расм, *a*) индикаторли режим дейилади.

Трансформаторли режимда (10.8-расм, *б*) қабул қилувчи сельсиннинг ротори тормозланган бўлади ва вольтметрнинг кўрсатишлари узатувчи сельсин бурилишига пропорционал ўзгаради. Вольтметр қабул қилувчи сельсиннинг статор чулғамига уланган.

Саноат сельсинларнинг таъминлаш кучланишининг турли, одатда, 50 дан 500 гц гача частоталарига мўлжалланган бир неча типларини чиқараяпти. Контактли сельсинларнинг энг катта қамчилиги контакт чўткаларидаги хатоликларга олиб келувчи ва сельсин ишининг ишончилигини камайтирувчи ишқаланишдан иборат.

10.3-§. ЧАСТОТАЛИ ЎЗГАРТГИЧЛАР

Технологик жараёнларни автоматик назорат қилиш ва бошқариш системаларида частотали ўзгарткичлар қўлланилмоқда. Частотали ўзгарткичлар ичида симлилари (торлилари) энг кўп тарқалган.

Куч-частотали ўзгарткичларнинг ишлаш принципи механик кучланишни торли элементнинг кўндаланг тебранишлар частотасига ўзгартиришга асосланган. Ўлчанаётган физик катталиклар ўлаш асбобининг сезгир элементига таъсир қилиб, физик катталикларга пропорционал бўлган F кучга айланади. (Торли частота ўзгарткичининг принципиал схемаси 10.9-расмда кўрсатилган). Бу куч эластик стержень (ричаг) 3 ва у билан боғланган торли элемент 1 томонидан қабул қилинади. Ўлчанаётган физик катталиқ F куч ўзгариши билан эластик стержень ва магнит майдони 2 да жойлашган торли элементда кичик (микронларда ўлчанадиган) деформация ҳосил қилади, бунда торнинг кўндаланг тебранишлар частотаси ўзгаради. Бу ўзгаришлар қабул қилувчи 4 ва кучайтирувчи асбоб орқали ўзгартувчан ток частотасига ўзгартирилади. Бу частота ўлчанаётган F куч ўлчовидир.

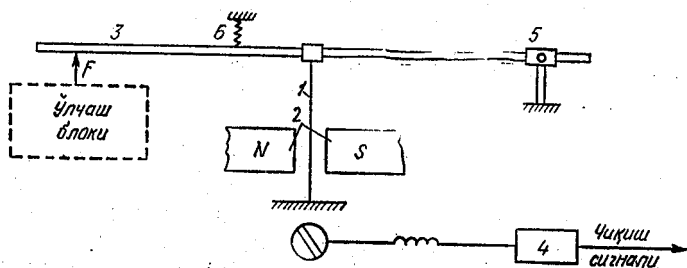
F кучга (ўлчанаётган параметр қийматига) боғлиқ равишда торнинг (симнинг) кўндаланг тебраниши ўз частотаси қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi l} \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot S}}, \quad (10.5)$$

бунда l — тор улунлиги; ρ — тор материали зичлиги; S — тор кўндаланг кесими.

Торни, одатда, диаметри 0,05 мм ва узунлиги 20 мм атрофида бўлган вольфрам симдан тайёрланади.

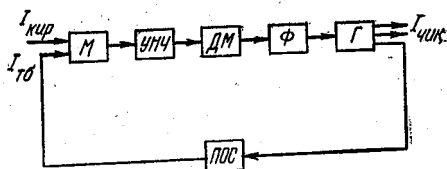
Ўзгарткичининг чиқиқсизлиги [(10.5) формулага қаранг)] ўлчаш блоки сезгир элементининг чиқиқсизлиги билан компенсацияланади. Ўзгарткичининг чиқиқлилигини ошириш учун баъзида иккита тор ишлатилади, улар ўлчаш блоки сезгир элементи таъсирида қарама-қарши йўналишда таранглаштирилади.



10.9- расм. Торли частота ўзгартгичи.

Ўзгартгичнинг чиқиш сигнали амплитудаси 1 кОм наг-рузкада 0,4 В га тенг.

Чиқиш сигналининг ўл-чаш чегаралари 1500....2500 Гц ни ташкил қилади. Дат-чикнинг берилган диапазон-га созланиши асос 5 да маҳ-камланган эластик стержень узунлигини равон ўзгарти-риш йўли билан бажари-лади. Датчик чиқиш сигналининг бошланғич (1500 Гц) қиймати ноль корректор 6 пружинаси ёрдамида ўрнатилади. Сигналлар 10 км масофага узатилиши мумкин.



10.10- расм. ПНС типидagi ўзгартгичнинг блок-схемаси.

ПНС типидagi частотали ўзгарткичлар температура ёки бошқа параметрларни ўзгармас ток кучланишнинг ўзгариши унификацияланган частотали сигналга ўзгартиришга мўлжал-ланган. Термопаралар ва қаршилик термометрлари билан бир-комплектда ишлайди. Икки хил модификацияда чиқарилади: ПНС-Т — термопаралар ёки чиқиш сигнали сифатида ЭЮК га эга бўлган бирламчи ўзгарткичлар билан, ПНС-Р — қарши-лик термометрлари билан ишлаш учун.

ПНС типидagi ўзгартгичлар компенсацион схема бўйича қурилган. Модулятор М, ўзгарувчан ток кучайтиргичи УНЧ, демодулятор ДМ, генератор Г ни бошқарувчи фильтр Ф ва ПОС типидagi тескари алоқа ўзгарткичидан тузилган блок-схема 10.10-расмда келтирилган. Кириш ва тескари алоқа куч-ланишлари айирмаси оралиқ ўзгарткич билан ўзгарувчан куч-ланишга кучайтирилади ва уни генераторга узатилади, генера-торнинг чиқиш частотаси бошқарилаётган кучланишга пропор-ционал бўлади.

Чиқиш частотаси ПНС типидagi ўзгарткич ёрдамида кириш-сигналини компенсация қиладиган ўзгармас ток кучланишига ўзгартирилади. Ўзгарткичнинг даражаланиши ПОС схемасига боғлиқ.

Чиқиш частотали сигналичан рақамли автоматика, бошқа-риш ва ҳисоблаш машиналарининг турли қурилмаларига ахбо-рот киритиш, шунингдек, ўлчанаётган параметрни алоқа линия-си бўйича узатиш ва телеўлчашлар учун фойдаланиш мумкин.

11-6 о 6. ПНЕВМАТИК ЎЗГАРТКИЧЛАР

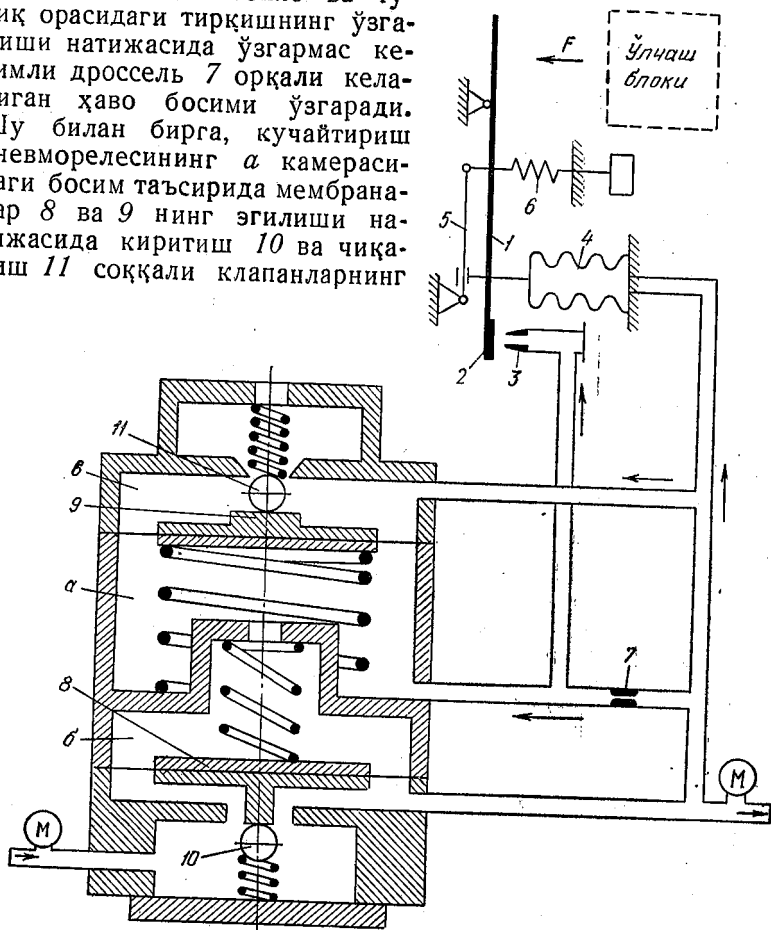
Ўлчанаётган катталики пневматик чиқиш сигналича ўзгар-тириш ва кўрсатишларни масофага узатиш учун қўлланилади-ган пневматик ўзгарткичлар ичида куч компенсацияли ўзгарт-кичлар ва силжиш компенсацияли ўзгарткичлар энг кўп тар-қалган. Ёнғич ва портлаш хавфи бор корхоналарда пневматик ўзгарткичлар кенг ишлатилади.

11.1-§. КУЧ КОМПЕНСАЦИЯЛИ ЎЗГАРТКИЧЛАР

Куч компенсацияли пневматик ўзгарткичлар ўлчаш блоки сезгир элементининг кучини $20 - 100$ кПа ($0,2 - 1$ кГк/см²) миқдоридаги унификацияланган пневматик чиқиш сигнализга ўзгартириш учун мўлжалланган.

Пневматик куч ўзгарткичларининг ишлаш принципи пневматик куч компенсациясидан фойдаланишга асосланган.

Куч компенсациясига эга пневматик ўзгарткичнинг принципиал схемаси 11.1-расмда кўрсатилган. Ўлчанаётган параметр ўлчаш блокининг сезгир элементига таъсир кўрсатади ва F пропорционал кучга айланади. F куч таъсир қилаётган ричаг 1 орқали тўсиқ 2 соплго 3 га нисбатан силжийди. Сопло ва тўсиқ орасидаги тирқишнинг ўзгариши натижасида ўзгармас кесимли дроссель 7 орқали келадиган ҳаво босими ўзгаради. Шу билан бирга, кучайтириш пневморелесининг α камерасидаги босим таъсирида мембраналар 8 ва 9 нинг эгилиши натижасида киритиш 10 ва чиқариш 11 соққали клапанларнинг



11.1-расм. Куч компенсацияли пневматик ўзгарткич схемаси.

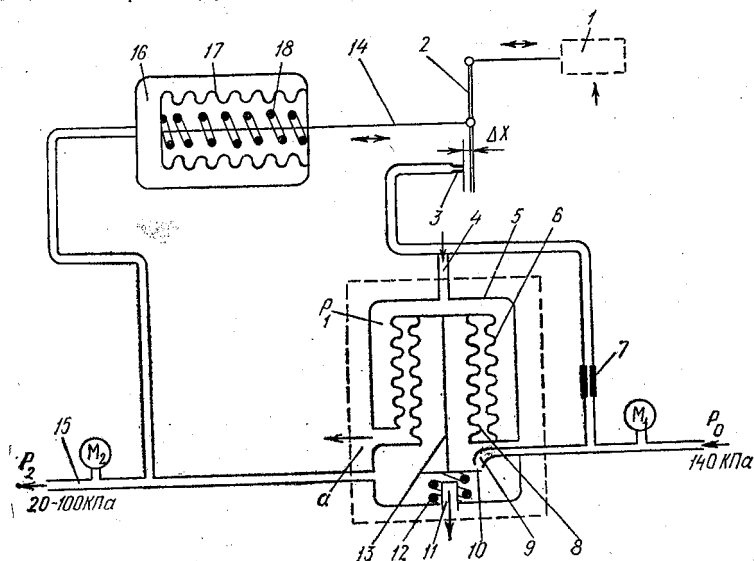
ҳолати ўзгаради. Натижада *б* ва *в* камераларда босим ўзгаради. Тўсиқ 2 сиффон 4 таъсирида соплога нисбатан шундай ҳолатни эгаллайдики, сиффондаги куч ўлчаш блокининг *F* кучига тенглашиб, *б* ва *в* камералардаги босим шунга қараб ўзгаради. Ўзгарткич берилган ўлчаш диапазониға сиффонни ричаг 5 бўйлаб силжитиш орқали созланади. Ўзгарткичнинг чиқиш сигналида 20 кПа ($0,2 \text{ кг/см}^2$) бошланғич босим ноль корректорнинг пружинаси 6 ёрдамида ўрнатилади.

Ўзгарткич чанг, нам ва ёғдан тозаланган ҳаво билан таъминланади. Ҳавонинг номинал босими $140 \pm 14 \text{ кПа}$. Чиқиш сигналини 300 метр масофаға узатиш мумкин. Ўзгарткичнинг аниқлик класси 1,0.

11.2-§. СИЛЖИШ КОМПЕНСАЦИЯЛИ ЎЗГАРТКИЧЛАР

Силжиш компенсацияли ўзгарткичлар ўлчаш блоки сезгир элементининг силжишини 20—100 кПа миқдоридаги пропорционал пневматик чиқиш сигналиға ўзгартириш учун мўлжалланган.

11.2-расмда силжиш компенсацияли схема бўйича ишлайдиган пневматик ўзгарткичнинг принципиал схемаси кўрсатилган. Таъминловчи ҳаво босими ҳамда ўзгарткич чиқишидаги ҳаво босими M_1 ва M_2 манометрлар орқали назорат қилинади. Бирламчи реле таркибига ўзгармас кесимли дроссель 7, сопло 3 ва ўлчаш блоки 1 нинг сезгир элементи билан боғланган тўсиқ 2 киради. Кучайтиргич иккита кетма-кет уланган дроссель ва сиффон туридаги юритмадан иборат. Дроссель систе-



11.2-расм. Силжиш компенсацияли пневматик ўзгарткич схемаси.

маси сопло 9 ва 11 ларни ўз ичига олади. Биринчи соплодан p_0 босимли сиқилган ҳаво кучайтиргичга келади, иккинчи сопло орқали эса ҳаво кучайтиргичдан атмосферага чиқади. Соплоларнинг тешиклари орасида ликобчасимон клапан 10 мавжуд. Унинг ҳолатига иккала дроссель ҳаво оқимлари кесимларининг юзи, бинобарин, дроссель қаршиликлари ҳам боғлиқ. Кучайтиргич юритмаси камера 5 ичига жойлашган, бир-бирига нисбатан концентрик ўрнатилган сиффонлар 6 ва 8 дан иборат. Ликобчасимон клапан сиффонларнинг ҳаракатчан таги билан шток 13 орқали, кучайтиргич эса бирламчи реле ва иккиламчи асбоб билан найчалар 4 ва 15 орқали боғланган. Сиффон юритмасига p_1 ва p_2 босимлардан ўзаро мувозанатлашган иккига куч таъсир қилади.

Тўсиқнинг силжиши бирламчи асбоб сезгир элементининг ҳолатига ёки текшириладиган параметр миқдорига боғлиқ. Тўсиқ соплони беркитганда сиффонга таъсир қиладиган p_1 босим кўпаяди, сиффонлар сиқилади, ликобчасимон клапан 10 сопло 9 тешигини очиб, сопло тешиги 11 ни беркитади; p_2 босим ошади ва сопло 11 батамом беркилганда p_2 босим ўзининг максимал қийматига эришади. Тўсиқ соплодан четлашганида тескари ҳодиса юз беради, яъни сопло 9 тешиги беркилиб, сопло 11 тешиги очилади. Ҳавонинг атмосферага чиқишидаги қаршилик камаёди, шунинг учун p_2 босим пасаяди ва у сопло 11 нинг тўлиқ очилишида нолга тенглашади.

Ҳаво босимининг ва ўлчанаётган параметрнинг ўзгариши қуйидагича бўлади. p_2 босим ошганда сиффон 17 сиқилади ва шток 14 орқали тўсиқни сопло 3 дан четга суради ҳамда соплонинг батамом беркилишига йўл қўймайди. Пневматик системалардаги иккиламчи асбоб сифатида ҳар қандай босим ўлчагичлар, шунингдек „Старт“ ва бошқа системалардаги иккиламчи асбоблар ишлатилиши мумкин.

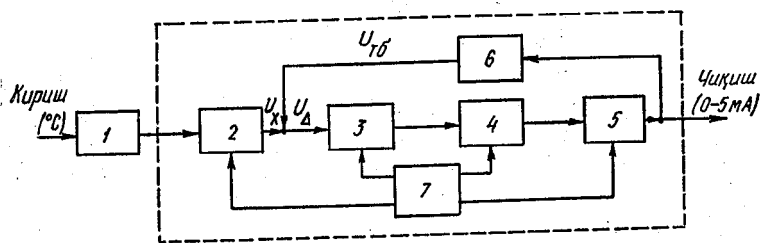
12-БОБ. НОРМАЛОВЧИ ЎЗГАРТКИЧЛАР

12.1-§. НОРМАЛОВЧИ ЎЛЧАШ ЎЗГАРТКИЧЛАРИ

Нормаловчи (оралиқ) ўлчаш ўзгартгичлари бирламчи ўзгартгичларнинг (стандарт термоэлектр термометрларнинг ва қаршилик термометрларининг) чиқиш сигнадини ва ўлчаш қурилмалари (монометрлар, дифмонометрлар ва бошқа асбобларнинг ўзгарувчан токли чиқариш сигнадини 0—5 мА миқдоридаги унификацияланган ўзгармас ток сигнаliga ўзгартиришга мўлжалланган. Нормаловчи ўзгарткичларнинг жорий этилиши ахборот-ҳисоблаш машиналари билан турли параметрли ўзгарткичларни бир-бирига қўшиш имконияти туғилади.

Стандарт даражаланган термометрлар билан ишлашга мўлжалланган нормаловчи ўзгарткичларнинг структурали схемаси 12.1-расмда келтирилган.

Термопара 1 нинг ЭЮКи ўлчаш кўприги 2 га берилади, бу



12.1- расм. Нормаловчи ўзгартгичнинг структурали схемаси.

кўприк ТЭЮК нинг ўзгаришига пропорционал кучланишни олишга ҳамда термopapap совуқ учи ЭЮКини компенсациялашга хизмат қилади.

Ўлчаш кўпригидан чиққан сигнал тескари алоқа сигнали билан компенсацияланади, бунда уларнинг айирмаси ($\Delta U = U_x - U_{тб}$) кучайтирилади ва магнит кучайтиргич 3 ҳамда ярим ўтказгичли ўзгарувчан ток кучайтиргичи 4 ёрдамида ўзгарувчан токка ўзгартирилади, сўнгра фаза сезгир тўғрилагич 5 билан тўғриланади. Тўғриланган ток филтрланади ва тескари алоқа қаршилиги 6 бўйича ўтиб, ташқи занжирга боради. Ўзгарткичнинг барча қисмлари таъминлаш блоки 7 дан таъминланади.

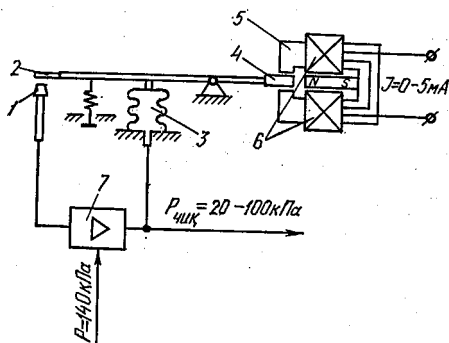
Қаршилиқ термометрлари учун ўзгартгичлар схемаси юқоридагига ўхшаш. Унинг фарқи қаршилиқ термометри электр қаршилигининг ўзгаришига пропорционал бўлган кучланишни олиш учун мўлжалланган кўприк схемасидадир.

12.2- §. ЭЛЕКТР-ПНЕВМАТИК ВА ПНЕВМО-ЭЛЕКТР ЎЗГАРТКИЧЛАР

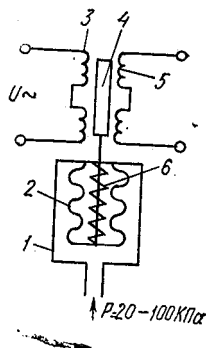
Автоматик назорат, соzлаш ва бошқаришнинг комбинацияланган электр-пневматик системаларини яратишда электр ва пневматик чиқиш сигналларига эга бўлган асбоблар қўлланилади. ДАС нинг электр ва пневматик шохобчаларини мослаштириш учун электр-пневматик ва пневмо-электрик ўзгарткичлар чиқарилади.

Электр-пневматик ўзгарткич 0—5 мА ўзгармас токнинг узлуксиз электр сигнаlinи унификацияланган 20—100 кПа миқдоридagi пневматик сигналга ўзгартиришга мўлжалланган. ЭПП типидagi электр-пневматик ўзгартгичнинг принципиал схемаси 12.2- расмда тасвирланган. Ўзгартгич иши куч компенсацияси принципига асосланган. Ўзгартгичдан контрол ва соzлаш системаларида электр аналог асбоблар билан пневматик асбоблар ҳамда системалар орасида боғланиш ўрнатишда фойдаланилади.

Асбоб вазифаси турлича икки блок: электр-механик ўзгарткич (магнитоэлектр механизм ва рычаглар системаси мажмуаси) ва пневматик кучайтиргичдан тузилган.



12.2-рasm. Электрпневматик ўзгарткичнинг принципаал схемаси.



12.3-рasm. Пневмо-электрик ўзгарткичнинг принципаал схемаси.

Электр кириш сигнали ($J = 0 - 5 \text{ mA}$) электромагнит 5 нинг галтаклари 6 га берилади. Бунда магнит ўтказгичида якорь 4 нинг силжишига олиб келади магнит оқими пайдо бўлади. Якордаги куч ток миқдорига тўғри пропорционал. Шу куч таъсирида рычаг 2 нинг силжиши сопло 1 линиясида босим ўзгаришига олиб келади. Бу босим пневматик кучайтиргич 7 билан кучайтирилади ва пневмолиниялар бўйлаб ўзгартгич чиқишига ва тескари алоқа сиффони 3 га берилади. Чиқиш босими таъсирида сиффонда пайдо бўладиган куч якорда кириш сигналидан ҳосил бўлган куч билан куч рычаги орқали мувозанатлаштирилади. Аниқлик класси 0,5; 1,0.

Пневмоэлектр ўзгартгич 20—100 кПа миқдоридаги узлуксиз пневматик сигнални 0—5 мА ўзгармас токнинг унификацияланган электр сигналига ўзгартириш учун мўлжалланган.

Узлуксиз кириш ва чиқиш сигналлари учун пневмоэлектр ўзгартгичлар ҳам тўғри таъсир этувчи ўзгартгич, ҳам қўшимча энергия манбаидан фойдаланадиган компенсацион типдаги ўзгартгич тарзида чиқарилиши мумкин.

Тўғри таъсирли пневмоэлектр ўзгартгич (12.3-рasm) пневматик кириш сигналини қабул қилувчи ўлчаш блоки 1 дан ва дифференциал трансформаторда узатувчи ўзгартгичдан ташкил топган. Босим таъсирида сиффон 2 нинг қўзғалувчан туби ва у билан боғланган, бирламчи 3 ва иккиламчи 5 чулғамга эга бўлган ўзак 4 силжийди. Акс таъсир этувчи куч пружина 6 ёрдамида яратилади. Ўзакнинг максимал силжиши 5 мм. Ўзакнинг максимал силжиши туфайли пайдо бўладиган асосий хатолик $\pm 1\%$ дан ошмайди.

Компенсацион пневмоэлектр ўзгарткичларда кучларни компенсациялаш принциpidан фойдаланилади. Тўғри таъсирли ўзгарткичлар компенсацион типдаги ўзгартгичларга қараганда камроқ аниқликка эга. Аммо компенсацион типдаги ўзгартгичлар тўғри таъсирли ўзгартгичларга нисбатан қиммат туради.

Тўртинчи бўлим

БОСИМ ЎЛЧАШ

13-боб. БОСИМ ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ

13.1-§. АСОСИЙ МАЪЛУМОТЛАР ВА КЛАССИФИКАЦИЯСИ

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

Текис сиртга нормал таъсир кўрсатувчи раван тақсимланган куч босим деб аталади:

$$P = \frac{F}{S}, \quad (13.1)$$

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

Босим халқаро бирликлар системасида паскаль (Па) билан ўлчанади. 1 Па миқдор жиҳатидан кучга перпендикуляр бўлган 1 м² юзага текис тақсимланган 1 Н куч ҳосил қилган босимга тенг (Н/м²). Каррали кПа ва МПа бирликлар кенг қўлланилади. кгк/см², бар, кгк/м² (мм сув. уст.), мм сим. уст. каби бирликдан фойдаланиш мумкин. 13.1-жадвалда кўп учрайдиган босим бирликларининг нисбати келтирилган.

13.1-жадвал

Босимнинг турли ўлчов бирликлари орасидаги нисбат

Бирликлар	Па	Бар	кгк/см ²	кгк/м ² (мм сув. уст.)	мм сим. уст.
1 Па	1	10 ⁻⁵	1,0197·10 ⁻⁵	0,10197	7,6006·10 ⁻³
1 Бар	10 ⁵	1	1,0197	1,0197·10 ⁴	750,06
1 кгк/см ²	9,8066·10 ⁴	0,98066	1	10 ⁴	735,56
1 кгк/м ²	9,8066	0,98066·10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	1	7,3566·10 ⁻²
(мм сув. уст.)					
1 мм сим. уст.	133,32	1,3332·10 ⁻³	1,13595·10 ⁻³	13,595	1

Ўлчашда абсолют, ортиқча, атмосфера ва вакуум босимлар мавжуд. $P_{\text{абс}}$ —абсолют босим—модда ҳолатининг (суюқлик, газ, буғ) параметри бўлиб, $P_{\text{атм}}$ —атмосфера ва $P_{\text{орт}}$ —ортиқча босимлар йиғиндисидан иборат:

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{атм}} + P_{\text{орт}}. \quad (13.2)$$

Ортиқча босим абсолют ва атмосфера босимлари ора-
ларидаги фарқдан иборат:

$$P_{\text{орт}} = P_{\text{абс}} - P_{\text{атм}} \quad (13.3)$$

Атмосфера босими — ер атмосферасидаги ҳаво усту-
нининг босими; унинг қиймати барометрлар билан ўлчанади,
шунинг учун бу босим кўпинча барометрик босим ҳам
деб аталади. Агар абсолют босим атмосфера босимдан кичик
бўлса, вакуум ёки сийракланиш содир бўлади

$$P_{\text{в}} = P_{\text{атм}} - P_{\text{абс}} \quad (13.4)$$

Босим асбоблари ишлаш принципи ва ўлчанаётган катта-
ликнинг турига кўра ГОСТ 2405—80 (СТ СЭВ 1641—79) бў-
йича турларга бўлинади.

Босим ўлчайдиган асбоблар ишлаш принциплари ва кўра су-
юқликли, деформацион (пружинали) юк-поршенли, электр,
ионизацион ва иссиқлик турларига бўлинади.

Ўлчанаётган катталикнинг турига кўра босим ўлчаш асбоб-
лари қуйидаги турларга бўлинади:

1. Манометр — абсолют ва ортиқча босимни ўлчайди;
2. Барометр — атмосфера босимини ўлчайди;
3. Вакуумметр — берк идиш ичидаги суюқлик ва газ боси-
мининг камайиши (сийракланиши) ни ўлчайди;
4. Моновакуумметр — ортиқча босим ва босим камайишини
ўлчайди;
5. Напоромер — кичик қийматли ортиқча босимни ўлчайди;
6. Тягомер — кичик қийматли сийракланишини ўлчайди;
7. Тягонапоромер — кичик қийматли босим ва сийракла-
нишларни ўлчайди;
8. Дифференциал монометрлар — икки босим айирмасини
(босим ўзгаришини) ўлчайди.

13.2. §. СУЮҚЛИКЛИ БОСИМ ЎЛЧАШ АСБОБЛАР

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

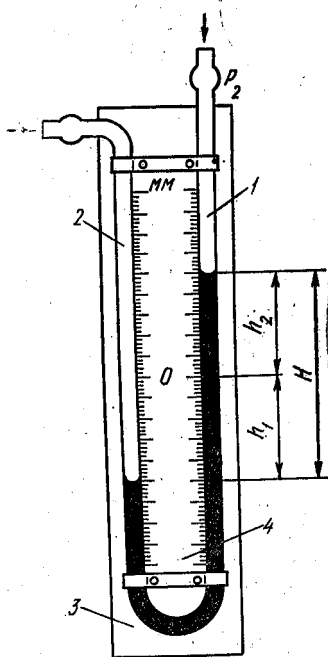
Асбобларда туташ идишлар принципи қўлланилади. Улар-
да иш суюқлиги сатҳлари улар устидаги босим тенг бўлганда
мос тушади, босим тенг бўлмаганда эса, суюқлик сатҳи шундай
ҳолатни эгаллайдики, бир идишдаги ортиқча босим бошқа
идишдаги суюқликнинг ортиқча устунининг гидростатик боси-
ми билан мувозанатлаштирилади. Кўпгина суюқликли мономе-
трлар иш суюқлигининг кўринадиган сатҳига эга. Ўша сатҳ
бўйича кўрсатишларни бевосита ёзиб олиш мумкин. Шундай
суюқликли асбоблар группаси борки, уларда иш суюқлигининг
сатҳи бевосита кўриниб турмайди. Сатҳнинг ўзгариши пўкак-
нинг силжишига олиб келади ёки бошқа қурилма характерис-
тикаларининг ўзгаришига олиб келади. Бу характеристикалар
ё рақамли қурилмалар ёрдамида ўлчанаётган катталикнинг

бевосита кўрсатишини, ёки унинг қийматини ўзгартириш ва масофага узатишни таъминлайди.

Суюқликли асбобларнинг баъзи хилларини кўриб чиқамиз.

Икки найчали манометрлар. Босим ва босимлар айирмасини (фарқини) ўлчаш учун сатҳи кўринадиган икки найчали *U*-симон манометрлардан ва дифманометрлардан фойдаланилади. Бундай манометрнинг принципиал схемаси 13.1-расмда тасвирланган. Икки вертикал туташ найча 1, 2 металл ёки ёғоч асос 3 га маҳкамланган бўлиб, унга шкала 4 маҳкамланган.

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



13.1-расм. Икки найчали манометр.

$$P_{\text{абс}} \cdot s = P_{\text{атм}} \cdot s + H \cdot s \cdot g (\rho - \rho_1), \quad (13.5)$$

бу ерда $P_{\text{абс}}$ — ўлчанаётган босим, Па;

$P_{\text{атм}}$ — атмосфера босими, Па;

s — найча кесимининг юзи, м²;

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

ρ — суюқликнинг зичлиги, кг/м³;

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

g — тезланиш кучи, м/с².

Демак,

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{атм}} + H \cdot g \cdot (\rho - \rho_1), \quad (13.6)$$

$$P_{\text{орт}} = P_{\text{абс}} - P_{\text{атм}} = Hg(\rho - \rho_1). \quad (13.7)$$

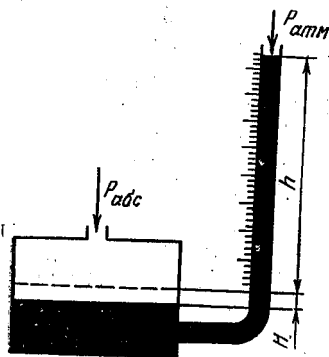
Агар манометрдаги суюқлик устида газ бўлса, у ҳолда:

$$P_{\text{орт}} = P_{\text{абс}} - P_{\text{атм}} = Hg\rho. \quad (13.8)$$

Суюқлик устуни баландлигини топиш учун икки марта устун баландликларини санаб чиқиш керак (битта тирсақдаги камайишини, иккинчисида эса, кўпайишини ва уларнинг қийматини қўшиш лозим, яъни

$$H = h_1 + h_2. \quad (13.9)$$

Босимлар фарқини (ўзгаришини) ўлчашда суюқликли дифференциал икки найчали манометрнинг бир томонига (мусбат,



13.2- расм. Бир найчали манометр.

катта босим, иккинчи томонига эса (манфий) кичик босим берилади. Мусбат ва манфий томонлардаги суюқлик сатҳининг фарқи ўлчанаётган босимлар фарқига пропорционал (ΔP):

$$\Delta P = P_1 - P_2 = H \cdot g \cdot (\rho - \rho_1). \quad (13.10)$$

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

Икки найчали манометрлардаги хатоликлар манбаи маҳаллий эркин тушиш тезланиши g нинг ҳисобий қийматидан четга чиқиши, иш суюқлиги ва ўлчанаётган муҳитнинг зичлиги ρ ҳам ρ_1 , h_1 ва h_2 баландликларни ўлчашдаги хатолардан иборат.

Бир найчали (косали) асбоблар. Бу асбоблар икки найчали асбобларнинг бир тури бўлиб, иккинчи найча ўрнига кенг идиш (коса) ишлатилади (13.2- расм). Ортиқча босим таъсирида косадаги суюқлик сатҳи пасайиб, найчадаги сатҳ ошади. Бу ҳол учун қуйидагини ёзиш мумкин:

$$P_{орт} = (h + H) g (\rho - \rho_1). \quad (13.11)$$

Косали манометрнинг афзаллиги шундаки, найчадаги суюқлик менискининг ҳолати бир марта ҳисобланади. Бу асбобнинг камчилиги идишдаги суюқлик сатҳининг пасайиши натижасида H га тенг хато содир бўлишидадир. Аниқ асбоблар учун қуйидаги муносабат ўринли:

$$\frac{h}{H} = \frac{S}{s}, \quad (13.12)$$

бунда: S – идиш кесимининг юзи, m^2 ; s – найча кесимининг юзи, m^2 .

(13.11) ва (13.12) тенгламалардан қуйидаги келиб чиқади:

$$P_{орт} = hg \left(1 + \frac{s}{S}\right) (\rho - \rho_1). \quad (13.13)$$

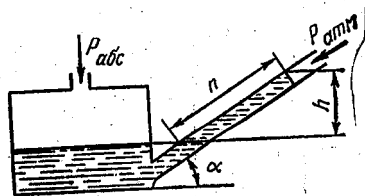
Агар $\frac{s}{S}$ нисбат $\frac{1}{400}$ дан ортиқ бўлмаса, H катталикни эътиборга олмаса бўлади:

$$P_{орт} = hg (\rho - \rho_1). \quad (13.14)$$

Суюқликли манометрлар билан ўлчанадиган босимнинг юқсриги ўлчаш чегараси асбобнинг катта кичиклигига боғлиқ.

Тажрибада улар 0,196 МПа (2 кГк/см²) дан ошмайдиган босимни ўлчаш учун ишлатилади.

Микроманометрлар. Жуда кичик босимларни ўлчаш учун оғма найчали микроманометрлар ишлатилади (13.3-расм). Найча оғма вазиятда бўлгани сабабли ўлчанаётган босимни мувозанатлайдиган суюқлик устунининг узунлиги қуйидагича бўлади:



13.3-расм. Оғма найчали микроманометр.

$$h = n \sin \alpha, \quad (13.15)$$

бунда n — суюқлик менискининг шкала бўйича силжиши, м.

Бундай асбоблар 160—1000 Па чегарадаги босимларни ўлчашга мўлжалланган, уларнинг хатоси $\pm 1,0$ процентдан ошмайди.

Босимни, унинг камайишини ёки фарқини кенг чегараларда ўлчашга тўғри келган ҳолларда ўзгарувчи оғиш бурчакли микроманометрлардан фойдаланилади. Микроманометр ММН шундай асбоблардан бири бўлиб, 0,5 ва 1,0 аниқлик классификация билан, 0—2,4 кПа ўлчаш чегарасига мўлжаллаб чиқарилади.

Юқорида келтирилган суюқликли асбоблар лаборатория ва ишлаб чиқариш тажрибасида кенг қўлланилади. Уларнинг камчиликлари—кўрсатишларни масофага узатиш мумкин эмаслиги, ўлчаш чегараларининг кичиклиги, кўрсатишларнинг яққол эмаслиги ва механик мустаҳкам эмаслигидан иборат.

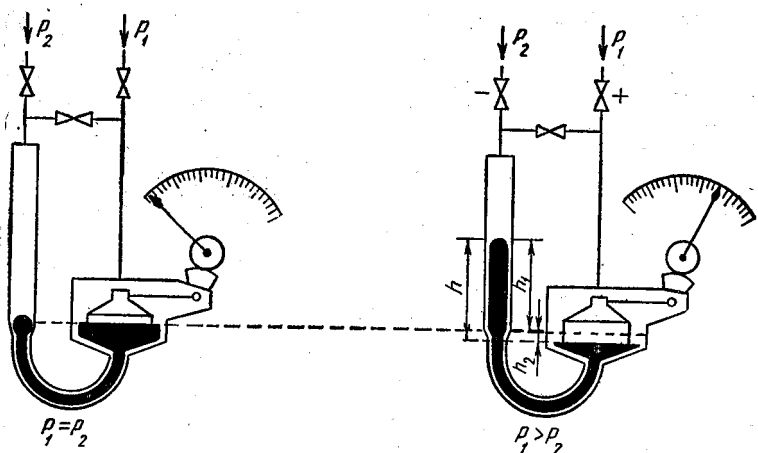
Техник ўлчашларда комбинациялашган суюқликли—механик асбоблар қўлланилади. Улар юқорида кўрилган асбоблардан фарқли ўлароқ иш суюқлигининг кўринадиган сатҳига эга эмас. Уларга пўкакли (қалқовичли), қўнғироқли ва ҳалқали асбоблар киради.

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

13.4-расмда қалқовичли дифманометр схемаси кўрсатилган. Катта босим бериладиган идиш мусбат, кичик босим бериладиган идиш манфий дейилади. Мусбат идишга $P_1 > P_2$ босим берилганда: ундаги суюқлик сатҳи h_2 га пасайиб, манфий идишдаги сатҳ h_1 га кўтарилади. $P_1 - P_2$ босимлар айирмаси суюқлик устунининг h узунлиги орқали мувозанатлашади:

$$h = h_1 + h_2. \quad (13.16)$$

Системанинг мувозанат шarti қуйидаги формула орқали ифодаланади:



13.4- расм. Қалқовичли дифманометр схемаси.

$$P_1 - P_2 = \Delta P = hg (\rho - \rho_1), \quad (13.17)$$

бунда ΔP — босимларнинг ўзгариши, Па;

ρ — дифманометр ичидаги суюқликнинг зичлиги, кг/м³.

Цилиндр шаклидаги идишлар учун бу шарт қуйидаги тенглама орқали ифодаланади:

$$S_1 h_1 = S_2 h_2, \quad (13.18)$$

бунда S_1 — манфий идиш кесимининг юзаси, м²;

S_2 — мусбат идиш кесимининг юзаси, м²;

ёки

$$h_1 \cdot \frac{\pi d^2}{4} = h_2 \cdot \frac{\pi D^2}{4}, \quad (13.19)$$

бу ерда d ва D — манфий ва мусбат идишларнинг диаметри, м. (13.19) тенгламадан

$$h_1 = h_2 \frac{D^2}{d^2}. \quad (13.20)$$

(13.20) тенгламани (13.16) га қўйсак, қуйидагига эга бўламиз:

$$h = h_2 \left(1 + \frac{D^2}{d^2} \right). \quad (13.21)$$

(13.21) ни (13.17) га қўямиз

$$P_1 - P_2 = \Delta P = h_2 g \left(1 + \frac{D^2}{d^2} \right) (\rho - \rho_1). \quad (13.22)$$

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

$$P_1 - P_2 = \Delta P = K \cdot K_1 \cdot h_2. \quad (13.23)$$

Шундай қилиб, дифманометр идишларидаги босимлар айир-масы қалқовичнинг силжиши билан таърифланади. Агар мусбат идишнинг ҳажми ўзгармас бўлиб, манфий идишнинг диаметри ва узунлиги ўзгартирилса, босимлар фарқини ўлчаш чегараларини ўзгартириш мумкин (13.16) ва (13.20) тенгламаларни биргаликда ечамиз:

$$d = D \sqrt{\frac{h^2}{h - h_2}}. \quad (13.24)$$

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

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

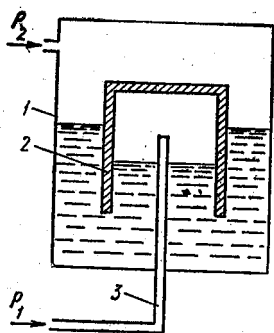
Қалқовичли дифманометрларнинг турли мақсадларга мўлжалланган турли хиллари чиқарилади. Симоб билан тўлдирилган дифманометрлар учун босим ўзгаришини ўлчаш чегараси 6,3 дан 25 МПа гача, ортиқча босимни ўлчаш чегараси эса 4 дан 40 МПа гача. Мой билан тўлдирилган дифманометрлар учун босим ўзгаришини ўлчаш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

Кўрсатишларни 50 м дан ортиқ масофага узатиш, зарур бўлганда, шунингдек, асбоблар бошқариш (шчитларида) ўрнатилган ҳолларда электр ва пневматик ўзгартгичли ва мос дистанцион узатувчиси бор дифманометрлар қўлланилади.

Мамлакат саноати ДП типдаги кўрсатувчи ва ўзи ёзар қалқовичли дифманометрлар чиқаради. Етти тип-ўлчамли алмаштириладиган идишлар чиқарилади, улар 25 МПа гача статик босимда 6,3 кПа (630 кгк/см²) дан 0,1 МПа (1 кгк/см²) гача бўлган босимлар фарқини ўлчайди. Асбобларнинг хатоликлари чегараси ўлчаш диапазониининг $\pm 2\%$ дан ошмайди. Кўрсатувчи қалқовичли дифманометрлар сигнализацияси (ДП-778) ва унификацияланган пневматик сигнал (ДП-787) олиш учун қўшимча қурилмага эга бўлиши мумкин. Сарфни ўлчаш учун мўлжалланган кўрсатувчи ва ўзи ёзар дифманометрлар йиғинди сарф кўрсатишини олиш учун ичига ўрнатилган индикаторга эга бўлиши мумкин (ДП-781Р, ДП-712Р).

Қўнғироқли асбоблардан кичик босимларни ва босимлар сийракланишини (напорометрлар, тягомерлар) ўлчашда ҳамда дифференциал манометрлар сифатида фойдаланилади.

Қўнғироқли манометрларда босимнинг ўзгариши $\Delta P = P_1 - P_2$ билан пайдо бўладиган сатҳлар фарқи H суюқликка қисман ботирилган қўнғироқ ҳолати баландлиги бўйича аниқла-



13.5- расм. Қўнғироқли манометр.

нади. Қолқович силжиши доим H дан кичик бўлган қалқовичли манометрлардан фарқли ўлароқ, қўнғироқли асбобларда қўнғироқ силжиши H дан катта, шу туфайли улар босимнинг ўзгаришига сезгир. Содда қўнғироқли манометрларда босим ўзгариши қўнғироқнинг ботиш чуқурлиги ўзгарганда гидростатик усул билан мувозанатлаштирилади.

Қўнғироқли манометрнинг принципал схемаси 13.5- расмда келтирилган. Идиш 1 да жойлашган суюқликка қўнғироқ 2 ботирилган. Найча 3 орқали қўнғироқ остига ўлчанаётган

босим P_1 бериледи, қўнғироқ устидаги фазога атмосфера босими P_2 бериледи.

Босимлар айирмаси $\Delta P = P_1 - P_2$ таъсирида қўнғироқни юқорига силжитадиган куч пайдо бўлади. Қўнғироқ силжиши билан босимлар фарқи орасида бир қийматли муносабат олиш учун қўнғироқ силжишига функционал боғланган ўзгарувчи акс таъсир этувчи куч зарур. Бунинг учун архимед кучидан, юкдан ёки пружинадан фойдаланилади. Энг содда ҳол — қалин деворли қўнғироқдан фойдаланиш (архимед кучи билан мувозанатлаштириш). Унда P_1 босим ортганда қўнғироқ унга таъсир этувчи куч юқорига туртаётган куч билан мувозанатлашгунча кўтарилади.

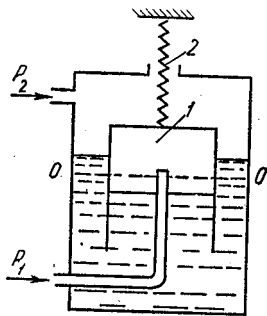
Мувозанат ҳолати учун қуйидагига эгамиз:

$$\Delta P \cdot S = H \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot g \cdot S_c. \quad (13.25)$$

ёки

$$H = \frac{S}{S_c} \cdot \frac{1}{g(\rho_1 - \rho_2)} \cdot \Delta P, \quad (13.26)$$

бунда S ва S_c — мос равишда қўнғироқ туби ва унинг деворларининг ҳалқасимон кесими юзи; H — ΔP таъсирида қўнғироқ кўтарилган баландлик; ρ_1 ва ρ_2 — мос равишда идишдаги суюқлик ва қўнғироқ устидаги муҳит зичлиги.



13.6- расм. Мувозанатлаштирувчи пружинали қўнғироқли дифманометр.

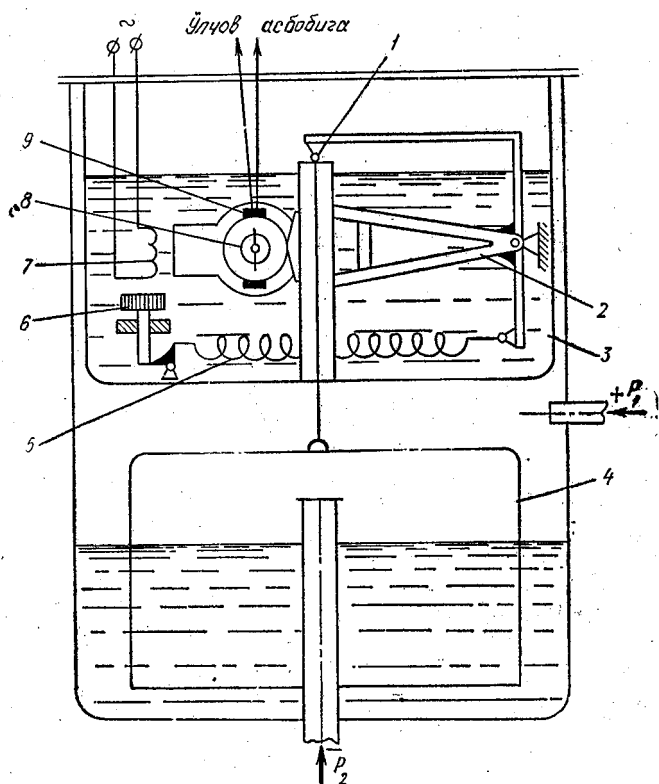
Пружина билан мувозанатлаштиришдан дифференциал манометрларда фойдаланилади. Мувозанатлаштирувчи пружинали қўнғироқли манометрнинг принципал схемаси 13.6- расмда келтирилган. Дифманометрнинг сезгир элементи суюқликка қисман ботирилган ва пружина 2 га осилган юпқа деворли қўнғироқ 1 дан иборат. Қўнғироқ материали зичлиги су-

юқлик зичлигидан катта бўлгани учун $P_1 - P_2 = \Delta P = 0$ бўлганда пружина бир оз чўзилган бўлади, бунда у қўнғироқнинг оғирлик кучи ва унинг деворидаги суюқлик гидростатик босими кучи орасидаги фарқни тенг қиладиган кучни мувозанатлаштиради. Босим фарқи ортиши билан қўнғироқнинг кўтарилиши бошланади, натижада пружина қисилади. Пружинанинг қўнғироқ силжиши H га тенг бўлган сиқилиш даражаси (бошланғич бўшашган ҳолатидан эътиборан) ўлчанаётган босимлар фарқи-га пропорционал, яъни

$$H = \frac{S}{C} (P_1 - P_2) = \frac{Sh}{C} (\rho_1 - \rho_2) g, \quad (13.27)$$

бунда S — қўнғироқ тубининг юзи; C — пружинанинг коэффиценти; $h = \frac{P_1 - P_2}{(\rho_1 - \rho_2)g}$ қўнғироқнинг $P_1 - P_2 = 0$ бўлгандаги ботиш коэффиценти.

Ферродинамик датчик билан таъминланган қўнғироқли асбоб схемаси 13.7-расмда келтирилган. Асбобнинг сезгир элементи қўнғироқ 4 нинг очиқ тарафи билан қисма мойга чўк-

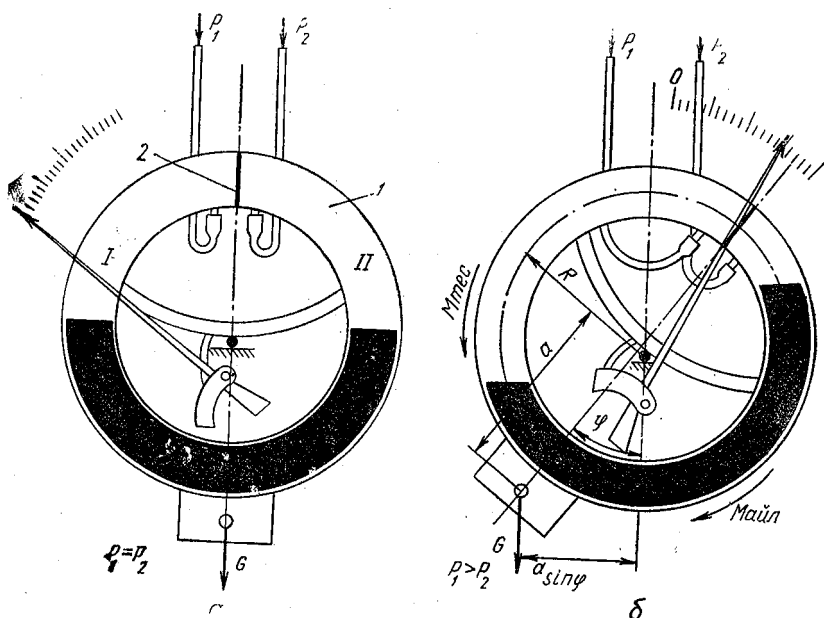


13.7-рasm. Қўнғироқли дифманометр схемаси.

тирилган. Асбобга иккита найча уланган: катта босим қўнғироқ устида, кичик босим эса унинг ичига берилади. Қўнғироқ қўзғалмас идишча 3 да жойлашган бурчакли ричаг 1 га илинади. Қўнғироқ ҳосил қилган зўриқиш пружина 5 орқали мувозанатланади. Қўнғироқ силжиши билан босимнинг ўзгариши натижасида ричаг 1 ва ферродинамик датчик 7 нинг рамка ўқи 9 да жойлашган махсус шестерняча 8 билан қаттиқ боғланган сектори 2 бурилади. Шундай қилиб, датчик рамкачасининг бурилиш бурчаги бинобарин, унинг ЭЮК и қўнғироққа таъсир кўрсатувчи босимлар фарқига пропорционал. Пружина 5 нинг таранглиги винт 6 орқали ростланади.

Ҳозир босимнинг сийракланишини ва босим ўзгаришларини ўлчаш учун қўнғироқли асбобларнинг катта номенклатураси чиқарилади. Кўрсатишларни масофага узатиш электр (дифференциал трансформаторли ва ферродинамик) ҳамда пневматик системалар орқали бажарилади. Босимни ўлчашнинг чегараси 98,1 дан 392,4 Па гача, аниқлик классиси эса 1,5. Асбобнинг иккиламчи асбоб шкаласи бўйича йўл қўйиладиган асосий хато-си $\pm 2\%$.

Ҳалқали асбоблар. Ҳалқали асбоблар кичик босим, сийракланиш ва босимлар фарқини ўлчаш учун мўлжалланган. Буларнинг ишлаши „ҳалқали тарози“ принципига асосланган. Асбобнинг принципаал схемаси 13.8-расмда келтирилган. Бу асбобнинг асосий қисми ковакли металл ҳалқа 1 дан иборат.



13.8-расм. Ҳалқали асбоб схемаси.

Унинг призмасимон учи ҳаракатсиз таянчга ўрнатилган ва ярмигача суюқлик (сув, мой ёки симоб) билан тўлдирилган. Ҳалқанинг пастига G оғирликдаги юк бириктирилган. Тўсиқ 2 ҳалқадаги суюқлик ва бўш жойни I ва II бўшлиқларга бўлади. Босим ёки сийракланиш ўлчанганда ҳалқа бўшлиқларидан бирига эластик найча уланади, иккинчи бўшлиқ атмосфера билан туташтирилади. Босимлар фарқини ўлчаш керак бўлса, ҳалқа бўшлиқларининг иккаласига ҳам найчалар уланади. Агар I ва II бўшлиқлардаги босим бир хил ($P_1 = P_2$) бўлса, тўсиққа икки томондан кўрсатиладиган куч ҳам тенг бўлади. Унда ҳалқа мувозанат ҳолатда бўлади (13.8-расм, а). Агар, масалан, I бўшлиқдаги босим II бўшлиқдаги босимдан каттароқ ($P_1 > P_2$) бўлса, босимлар фарқи ($P_1 - P_2$) нинг тўсиқ юзи S га кўрсатадиган таъсири натижасида айлантирувчи момент ҳосил бўлади:

$$M_{\text{айл}} = (P_1 - P_2) \cdot S \cdot R, \quad (13.28)$$

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

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

$$M_{\text{тес}} = G \cdot a \cdot \sin \varphi, \quad (13.29)$$

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

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

$$(P_1 - P_2) \cdot S \cdot R = G \cdot a \sin \varphi. \quad (13.30)$$

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

$$\sin \varphi = \frac{S \cdot R}{G \cdot a} \cdot (P_1 - P_2). \quad (13.31)$$

Оғирлик кучи ва ҳалқанинг геометрик ҳажми ўзгармас бўлгани учун 13.31-тенгламани қуйидаги шаклда ёзиш мумкин:

$$P_1 - P_2 = K \cdot \sin \varphi. \quad (13.32)$$

Ўлчанаётган босим (ёки босимлар фарқи) ҳалқанинг бурилиш бурчаги синусига пропорционал. Шунинг учун асбоб шкаласи равон эмас. Равон шкалага эга бўлиш учун, ҳалқага қия текисланган лекало бириктирилади. Лекало бўйича асбобларнинг стрелкаси ёки қаламига уланган ролик силжийди. Асбоблар кўрсатувчи, ўзиёзар ва кўрсатишларни масофага узатувчи қилиб тайёрланади. Ўлчашнинг энг юқори чегараси ҳалқа ҳажми ва суюқлик зичлигига боғлиқ. Ўлчаш чегаралари G юкнинг оғирлигига қараб ўзгариши мумкин. Ҳалқали

дифманометрлар 250 Па дан 1,6 кПа гача бўлган босимлар фарқи ва муҳитдаги 25 кПа дан 0,1 мПа гача бўлган босимларни ўлчашга мўлжалланади. Асбобларнинг аниқлик классиси 1 ва 1,5.

Ҳалқали асбобларнинг қалқовичли ва қўнғироқли асбоблардан афзаллиги—узатиш механизмдаги зичлантирувчи қурилмаларнинг йўқлиги ва асбобнинг сезгир элементи суюқлик зичлигига боғлиқ эмаслигидадир. Ҳалқали асбобларнинг камчилиги—асбобни муҳитга туташтирувчи найчаларнинг мавжудлигидадир. Бу найчалар ўлчаш пайтида қўшимча хатолар пайдо бўлишига сабаб бўлади.

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

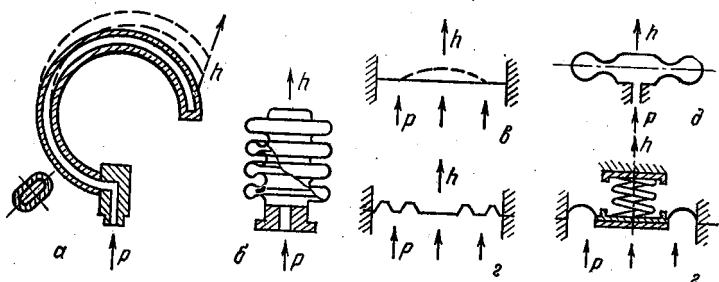
13.3. §. ДЕФОРМАЦИОН (ПРУЖИНАЛИ) АСБОБЛАР

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

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

Пружинали асбоблар ортиқча босим, сийракланиш, босим фарқи ва шу кабиларни ўлчаш учун кенг қўлланилади. Кенг тарқалган эластик сезгир элементлар 13.9-расмда тасвирланган, уларга найчали пружиналар (13.9-расм, а) сифонлар (13.9-расм, б) ясси ва гофрировка қилинган мембраналар (13.9-расм, в, г), мембранали қутичалар (13.9-расм, д) бикр марказли бўшашган мембраналар (13.9-расм, е) киради.

Статик характеристиканинг шакли ва тиклиги сезгир элементнинг конструкциясига, материалга ва температурага боғ-



13.9-расм. Эластик сезгир элементлар.

лиқ. Иш диапазони эластик деформациялар соҳасида, сезгир элемент босим билан ортиқча юкланган ҳоллар учун запас билан таъминланган ҳолда танланади. Сезгир элементларнинг эластиклик ҳолати куч бўйича қаттиқлик коэффициенти билану характерланади:

$$K_F = \frac{F}{h} = \frac{PS_9}{h}. \quad (13.33)$$

бунда F , S_9 — мос равишда эластик сезгир элементга таъсир этадиган куч ва элементнинг фойдали майдони; h — иш нуқтасининг силжиши.

Пружинали асбобларнинг қийматли хоссаси қурилманинг соддалиги, ишончлилиги, универсаллиги, ихчамлиги ва ўлча-наётган катталикларнинг катта диапазонида иборат.

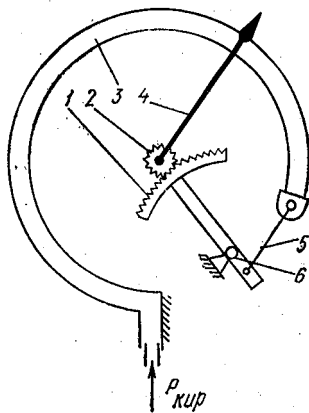
Найчасимон пружинали асбоблар. Сезгир элемент сифатида найчасимон манометрик пружина ишлатилган деформацион асбоблар лаборатория ва ишлаб чиқариш практикасида кенг тарқалган. Айниқса, бир ўрамли найчасимон пружинали асбоб — манометр, вакуумметр, мановакуумметр ва дифманометрлар жуда кўп қўлланилади.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

Айлана ёйи бўйича букилган эллиптик ёки ясси овал кесимли найчасимон бир ўрамли пружина найча ичидаги ортиқча босим ёки сийраклишнинг ўзгариши натижасида ўзининг букилишини ўзгартиради (13.9-расм, а).

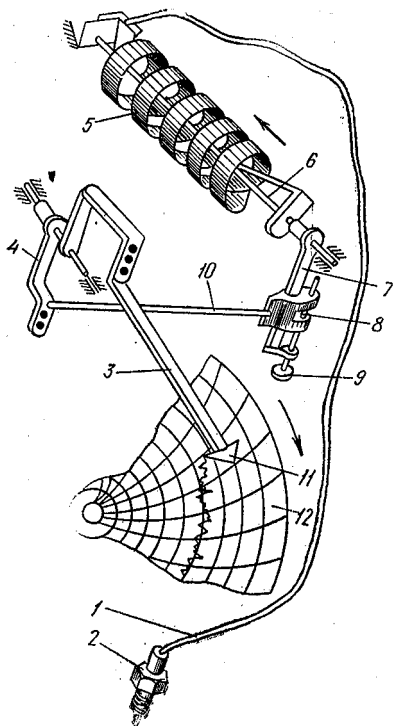
Ўлчанаётган ички ва ташқи атмосфера босимлари фарқи таъсирида найчали пружина деформацияланади: найча кесимининг кичик ўқи катталашади, катта ўқи кичиклашади, бунда пружина бўшаши ва унинг эркин учи 1—3 мм га силжийди. 5 МПа гача бўлган босим учун найчали пружиналарни жездан, бронзадан, ундан ҳам юқори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

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

13.10-расмда бир ўрамли пружинали манометрларнинг кинематик схемаси келтирилган. Босим ўзга-



13.10-расм. Пружинали манометрнинг кинематик схемаси.



13.11- расм. Геликоидал
трубчасимон пружинали манометр
схемаси.

риши натижасида пружина 3 учининг силжиши тортқи 5 орқали ўқ 6 да айланаётган сектор 1 га узатилади. Секторнинг бурчакли силжиши тишли илашма ёрдамида трибка 2 нинг айланишига олиб келади. Трибканинг ўқиға кўрсатувчи стрелка 4 бириктирилган.

Найчанинг бўш учида силжиш унча катта бўлмагани сабабли, кўпинча, кўп ўрамли найчасимон пружиналар ишлатилади. Кўп ўрамли (геликоидал) найчасимон пружинали манометрларнинг иш органи олти тўққиз ўрамли ясси найчадан ҳосил қилинган цилиндрик спираль шаклига эга. Геликоидал найчасимон пружинали манометрлар ўзиёзар ва кўрсатишларни масофага узатувчи бўлади. Бу манометрларнинг тузилиши 13.11-расмда кўрсатилган. Штуцер 2га ўлчанаётган босим капилляр найча 1 орқали геликоидал пружина 5 га таъсир қилади. Пружинанинг бир учи асбоб корпусига бириктирилган бур-

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

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

Ҳозир ДАС пневматик ва электр датчикларнинг унификацияланган системасига киритилган пружинали асбобларнинг катта номенклатураси чиқмоқда. Бу асбоблар стандарт, пнев-

матик, электр сигналлардан ишлайдиган иккиламчи асбоблар ва махсус қурилмалар комплектида қўлланилади. Саноатимиз 0,1 дан 1000 МПа ($1 \dots 10\,000 \text{ кгк/см}^2$) гача бўлган босимларни ўлчайдиган асбоблар ишлаб чиқаради. Техник манометр, вакуумметр ва мановакуумметрлар 1; 1,6; 2,5 ва 4 аниқлик классига эга. Намуна асбобларнинг аниқлик классси 0,16; 0,25 ва 0,4.

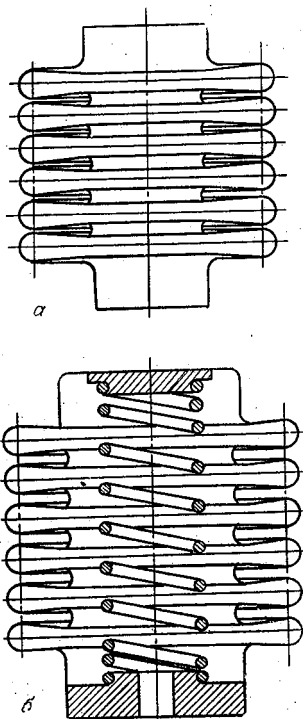
Сильфонли асбоблар. Ҳозир сезгир элемент сифатида сифонли асбоблар кенг қўлланилмоқда. Сифонлар жез, бронза, зангламас пўлат ва бошқалардан тайёрланади. Уларнинг баъзи турлари винт пружинали қилиб тайёрланади, бунинг натижасида гистерезис ва ночизиқлик таъсири камайиб, асбобнинг қўлланилиш диапазони кенгайди. Сифонлар бир қатламли ва кўп қатламли бўлади. 13.12-расмда бир қатламли сифонларнинг пружинасиз (а) ва пружинали (б) кесими кўрсатилган. Одатда, сифонларнинг диаметри 12 ... 100 мм, узунлиги 13 ... 100 мм, гофрилари сони 4 ... 24 атрофида бўлади. Сифонларнинг силжиши 2,8 ... 21 мм. Уларнинг силжиш миқдорининг катталиги сифонларни ўзиёзар асбобларда қўллашга имкон беради. Сифонга таъсир этган ички ёки ташқи босим натижасида сифон узунлиги ўзгаради.

Механик кўрсатувчи ва ўзиёзар асбобларда сифонли сезгир элементлардан қуйидаги типлари ишлатилади: МСП, МСС (манометрлар), МВСС (мановакуумметрлар), ВСП, ВСС (вакуумметрлар), ДСП, ДСС (дифманометрлар), НСП, НСС (напорометрлар), ТмСП, ТмСС (тягомерлар), ТНСП, ТНСС (тягонапорометрлар).

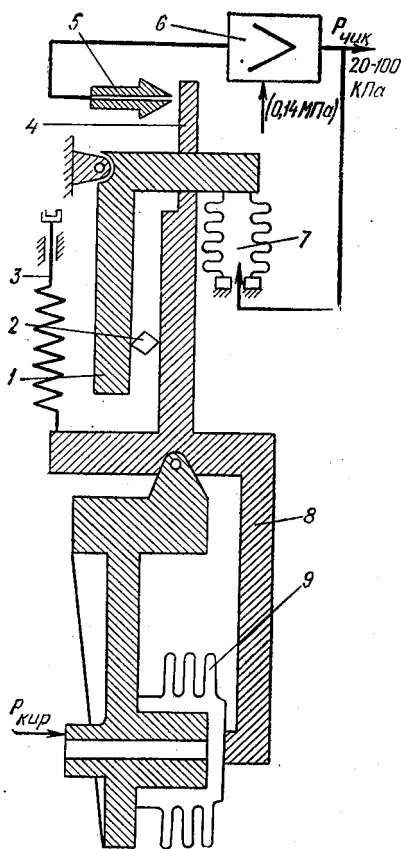
Бу асбобларнинг кўпчилиги ДАС, пневматик ва унификацияланган электр датчиклар системасига киради.

Сифонлар напоромер ва тягомерларда кичик босимларни [40 000 Па (4000 кгк/м^2) ўлчаш учун]; вакуумметрик босимни (0,1 МПа гача), абсолют босимни (2,5 МПа гача), ортиқча босимни (60 МПа гача), босимлар фарқини (0,25 МПа гача) ўлчаш учун қўлланилади.

13.13-расмда сифонли пневматик тягонапоромернинг (ТНС-П типли) принципиал схемаси кўрсатилган. Бу асбоб ДАС пневматик



13.12-расм. Бир қатламли сифонли сезгир элементлар.



13.23- расм. Сильфонли пневматик тягонапоромернинг принципиал схемаси.

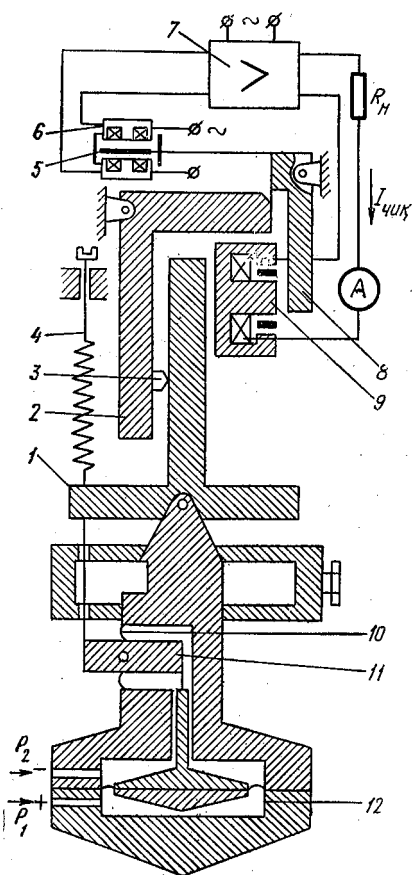
асбобни созлаш учун ролик 2 хизмат қилади, у ричаг 1 ва 8 лар бўйлаб ҳаракат қилади. Пружина 3 асбобни ноль белгисига созлайди.

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

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

Мембранали асбоблар. Сўнгги йилларда мембранали ас-

тармоғига киради. Унинг вазифаси босим ёки сийракланиш ни масофага узатувчи пропорционал пневматик сигналга узлуксиз айлантиришдир. Асбобнинг ишлаш принципи пневматик куч компенсациясига асосланган. Компенсация махсус пневматик қурилма ёрдамида бажарилади. Ўлчанаётган босим ёки сийракланиш сильфон—сезгир элемент 9 ёрдамида тўғри пропорционал кучга айланади. Бу куч автоматик равишда тескари боғланиш кучи орқали мувозанатлашади. Мувозанатлаш ричаг 8, заслонка (тўсиқ) 4 ва Г-симон ричаг 1 дан ташкил топган ричаг механизми орқали бажарилади. Тескари боғланиш кучи компенсацион элемент—тескари боғланиш сильфони 7 даги сиқилган ҳаво босими орқали ҳосил бўлади. Ўлчанаётган босим ўзгариши билан ричаг 8 ва тўсиқ 4, сопо 5 га нисбатан силжийди. Натижада сопо 5 нинг йўлида номослик сигнали пайдо бўлади. Бу сигнал кучайтиргич 6 дан тескари боғланиш сильфонига келган босимни бошқаради. Ўлчанаётган параметрнинг ўлчови бўлган босим бир йўла масофага узатиш линиясига ҳам юборилади. Ас-



13.15- расм. Юмшоқ мембранали дифманометрнинг принципиал схемаси.

раларига мўлжалланган. Уларнинг аниқлик классси 1,5 ва 2,5.

ДАС электр ва пневматик тармоқлари таркибига кирган юмшоқ мембранали дифманометрлар (ДМ) кенг тарқалган. ДПС тармоқларига кирган асбобларнинг ўлчов қисмлари ҳам юқоридагидек, 13.15- расмда газ босими ўзгаришларини масофага узатувчи электр сигналларга узлуксиз айлантиришга мўлжалланган мембранали электр дифманометрнинг принципиал схемаси келтирилган. Асбобнинг ишлаш принципи электр сигналли компенсацияга асосланган. Ўлчанаётган босимлар фарқи мембранали ўлчаш блоки 12 нинг мусбат ва манфий камераларига келтирилади. Мембрана ёрдамида босимлар фарқи унга пропорционал кучга айлантирилади. Мембранада ҳосил бўл-

ган. Босимнинг ўзгариши мембрана қутичанинг эгилишини ўзгартиради. Шунда мембрананинг устки қисмига кавшарланган штифт 8 тирсакли ричаг 5 ни буради, ричаг эса ўз навбатида тортқи 7 ва поводок 9 орқали стрелка 6 ни буради. Стрелкани бошланғич ҳолатга келтириш учун қайтарувчи пружина 10 мавжуд.

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

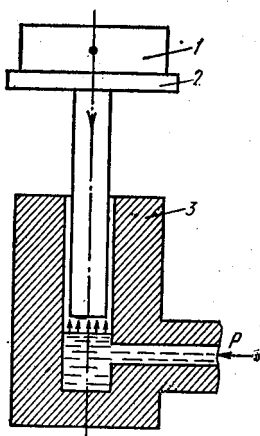
ган куч ричаг 11 ёрдамида ўзгартгичнинг ричагли узатиш механизмига узатилади. Ўзгартгич Т-симон ричаг 1, Г-симон ричаг 2 ва ричаг 8 дан иборат бўлиб, тескари боғланиш кучи билан мувозанатланади. Тескари боғланиш кучи магнитоэлектр механизм 9 да (тескари боғланиш қурилмаси) босимлар фарқи ўзгариши билан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

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

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

13.4-§. ЮК-ПОРШЕНЛИ АСБОБЛАР

Юк-поршенли асбоблар эталон ва намуна асбоб сифатида асосан лаборатория шароитида, турли (пружинали) манометрларни текшириш ва даражалаш учун ишлатилади. Юк-поршенли манометрларнинг ишлаш принципи ўлчанаётган босимнинг поршенга таъсир кўрсатадиган ташқи юк билан мувозанатланишига асосланади. Юк-поршенли асбоблар оқори аниқлиги (0,02—0,2) ва ўлчаш диапазонининг кенглиги (0,1 дан 1000 МПа гача) билан ажралиб туради. 13.16-расмда юк-поршенли манометр схемаси кўрсатилган. Ўлчанаётган P босим ёр билан тўлдирилган цилиндр 3 га берилади. Бу босим поршеннинг ликопча 2 ва юк 1 билан биргаликдаги массаси билан мувозанатлашади. Ўлчанаётган босим миқдори ҳақида юклар ва поршень массаси миқдори бўйича гапириш мумкин. Берилган босимни олиш учун ликопчага поршень билан унинг



13.16-расм. Юк-поршенли манометр.

массасини ҳисобга олиб маълум оғирлик кучини ҳосил қиладиган юклар қўйилади. Поршень билан юкларнинг массалари йиғиндисини ҳисобга олсак, суюқликда ҳосил бўладиган босим ушбу формула билан топилади:

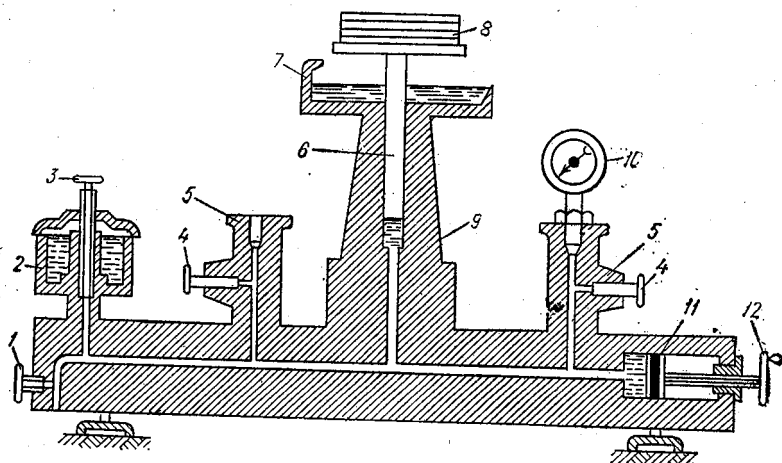
$$P = \frac{M \cdot g}{S}, \quad (13.34)$$

бунда M — юклар ва поршеннинг массаси, кг; S — поршеннинг фойдали юзи, м^2 (бу юза поршень кесими юзи билан поршень ва колонканинг цилиндрик канали орасидаги ҳалқасимон тирқиш юзининг ярми йиғиндисидан иборат); g — эркин тушиш тезланиши, м/с^2 .

(13.34) дан кўринадики, юклар массаси қанча кўп бўлса ва поршень юзи қанча кам бўлса, P босим шунча кўп бўлади. Одатда, поршень юзи унинг эгилишини ($0,5$ ва 1 см^2) ҳисобга олган ҳолда унинг бикирлиги шартидан топилади. Поршень ва цилиндр орасидаги тирқиш $0,01 \text{ мм}$ дан ошмайди.

13.17-расмда юк-поршенли намуна манометрнинг принцинал схемаси келтирилган.

Юк колонкаси 9 нинг марказида силлиқланган цилиндрик канал бўлиб, бу каналнинг ичида юк ликопчаси 8 бўлган силжувчи поршень 6 жойлашган. Колонканинг канали поршень 11 га эга бўлган пресс билан уланган. Бундан ташқари, у тек-



13.17-расм. Юк-поршенли намуна манометрнинг принцинал схемаси.

ширилаган манометр 10 билан боғловчи штуцерлар 5 га уланган. Колонка ва штуцер каналлари нинасимон вентиллар 4 билан таъминланган. Вентиль 1 ёрдамида иш суюқлиги тўкилади.

Иш бошлашдан аввал вентиль 3 очилиб, сиғим 2 дан асбобнинг гидравлик системаси иш суюқлиги билан тўлдирилади. Системани тўлдириш билан бир вақтда маховик 12 ни соат стрелкасининг ҳаракат йўналишига қарши бураб, поршень 11 айлантирилади. У охиригача айлантирилгани ҳолда сиғим 2 да иш суюқлиги қисман қолиши керак. Иш суюқлиги сифатида ўртача қовушоқликка эга бўлган минерал мой ишлатилади. Асбоб тўлганидан сўнг вентиль 3 беркитилади. Кейин маховик 12 мой босими натижасида кўтарилган юк ликопчаси кўрсаткичи 7 тўғрисида келгунча буралади. Ўлчанаётган босимнинг катталиги ҳақида мувозанатловчи юклар катталигига қараб фикр юритиш мумкин.

Канал ва поршень сиртлари ўртасида кичик бўлса ҳам зазор борлиги натижасида мой поршень устига ўтиб, уни аста-секин пастга туширади. Ишқаланиш таъсирини камайтириш учун поршень қўл билан ёки махсус қурилма ёрдамида айлантирилади.

Юклар ҳосил қиладиган максимал босим 2,45 — 4,9 МПа. Манометрни бундан каттароқ босимга мослаш учун поршенли прессдан фойдаланилади.

Юқори босимларни (1000 МПа гача) ўлчаш учун гидравлик мультипликаторли поршенли-дифференциал ва юк-поршенли манометрлар қўлланилади.

13.5-§. ЭЛЕКТР АСБОБЛАР

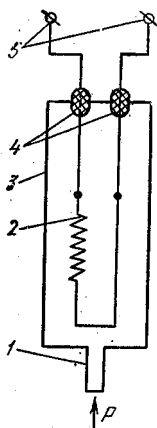
Бу группа асбобларнинг ишлаш принципи босимни у билан функционал боғлиқ бўлган бирор электр катталикка бевосита ёки билвосита ўзгартиришга асосланган. Бу асбоблар, асосан, ўлчаш қийин бўлган жойларда ёки лабораторияларда тадқиқот мақсадларида қўлланилади. Ушбу асбоблар группасига қаршилиқ, сиғимли, пьезоэлектр, индуктив ва бошқа манометрлар киради.

Қаршилиқ манометрларининг ишлаш принципи сезгир элемент қаршилигининг ташқи босим таъсирида ўзгаришига асосланган. Сезгир элементлар қаторига манганин, платина, константан, вольфрам, яримўтказгич ва ҳоказолар киради. Қаршилиқ манометрларида қўллаш учун энг қулайи манганиндир. Манганин ΔR электр қаршилиқ орттирмасининг R босимга нисбатан чизиқли боғланишига эга:

$$\Delta R = K_p \cdot R \cdot P, \quad (13.35)$$

бу ерда K_p — манганин қаршилигининг ўзгариш коэффициенти, 1/Па; R — қаршилиқ, Ом.

Манганин қаршилигининг чизиқли боғланиши тажриба маъ-



13.18- расм.
Манганинли
манометр
схемаси.

лумотларидан 3000 мПа босимгача тасдиқланади. Бундан ташқари, манганин электр қаршилигининг температура коэффициенти жуда кичик. Ўзгартгич сезирлигининг кичиклиги бу манометрларни жуда юқори (100 мПа дан ортиқ) босимларни ўлчаш учун қўллашга йўл қўймайди. Манганин учун $K_p = 22,95 \cdot 10^{-2}$ дан $K_p = 24,61 \cdot 10^{-2}$ 1/Па гача.

13.18- расмда манганин симли ўзгартгичга эга бўлган манометрнинг схемаси келтирилган. Манометрнинг корпуси 3 да иккита герметик металл стерженлар 4 да манганин қаршилиқ 2 ўрнатилган. Штуцер 1 ўзгартгични объектга улаш учун хизмат қилади. Стерженларнинг устки қисмидаги қисқичлар 5 ёрдамида ўзгартгич ўлчаш асбобига уланади. Ўзгартгичдаги манганинли ғалтак қаршилигини ўлчаш учун, одатда кўприклар, аниқ ўлчовлар учун эса потенциометрлар қўлланилади. Манганин қаршилиқли манометрларнинг йўл қўядиган асосий хатоси $\pm 1\%$ дан ошмайди.

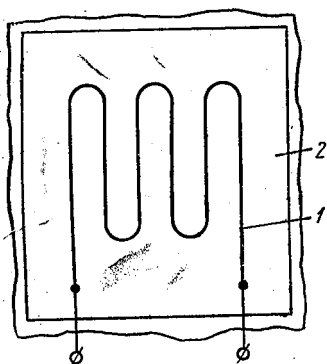
Мамлакатимизда чиқарилаётган ММ-2500 манганинли манометрлар 2500 мПа гача босимни ўлчаш имконига эга.

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

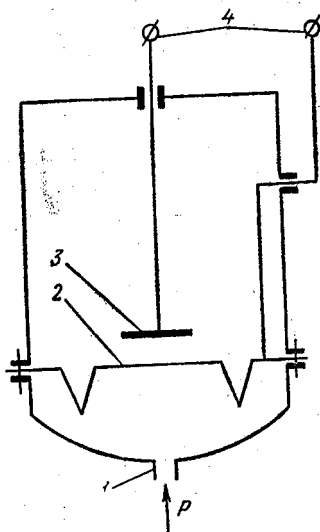
Электр қаршилиқ усули бўйича босимни ўлчашда сезгир элемент сифатида тензодатчиклар қўлланилади. Тензометрнинг ишлаш принципи куч ёки унга пропорционал бўлган деформацияни деформацияланган жисмга ёпиштирилган сим қаршилигининг ўзгаришига айлантиришдан иборат.

13.19- расмда тензометрик ўзгартгич схемаси кўрсатилган. Тензодатчикнинг сезгир elementi диаметри 0,02 ... 0,05 мм бўлган манганин сим 1 дан иборат. Бу сим бир-бирига ёпишган юпқа қоғоз 2 орасига сиртмоқ шаклида жойлашган. Симнинг учларига чиқиш клеммалари уланган. Тензометрнинг сезгир elementi эластик элемент юзасига ёпиштирилган. Эластик элемент босим таъсирида деформацияланганда, тензодатчик сими чўзилиб, унинг кесими камаяди ва қаршилиги ўзгаради. Сезгир элемент деталига ёпиштирилган тензодатчиклар ўлчанаётган босим P ни электр қаршилиқнинг ўзгариши билан сезади. Бу тензосезгирлик коэффициенти K билан баҳоланади:

$$K = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l} \quad (13.36)$$



13.19- расм. Тензометриқ ўзгартгич схемаси.



13.20- расм. Сифимли манометр схемаси.

бунда $\Delta R/R$ — тензометр қаршилигининг нисбий ўзгариши; $\Delta l/l$ — симнинг нисбий деформацияси; K коэффициент қиймати металллар учун 0,5—4,0 чегараларида ётади.

Тензодатчик электр кўприк схемасига қаршилиқни ўлчаш учун уланади. Кўприкнинг шкаласи босим бирликларида даражаланади.

Тензометрларнинг афзалликлари: электр қаршилиқнинг босимга бўлган боғланиши чизиқли, инерционлик даражаси кичик, асбобларни ўлчаш қийин бўлган ерларга жойлаштириш мумкин, хато $\pm 2\%$ дан ошмайди. Унинг камчиликлари: сезгирлик миқдори жуда кичик, температура ўзгаришига боғлиқлик. Қаршилиқ манометрлари босимни ўлчашда саноат технологик қурилмаларида кам қўлланади.

Юқорида кўрсатилган принцип бўйича ишлайдиган ЭДД-22 тензоманометр 0,1 дан 0,6 МПа гача бўлган босимларни ўлчаш учун мўлжалланган.

Сифимли манометрларнинг ишлаш принципи босим ўзгариши билан ясси конденсатор қопламлари ўртасидаги масофани ўзгаририш натижасида унинг сифимининг ўзгаришига асосланган. Сифимли манометрнинг принципиал схемаси 13.20-расмда келтирилган. Ўлчанаётган босим асбобга найча 1 орқали келади ва мембрана 2 орқали қабул қилинади. Мембрана 2 ва электрод 3 конденсатор қопламларини ҳосил қилади. Конденсатор эса ўлчаш схемаси клемма 4 лар орқали уланади. Конденсатор сифими қопламлар ўртасидаги масофага боғлиқ:

$$C = \frac{S \cdot \epsilon}{l}. \quad (13.37)$$

бунада S — қопламалар юзи; ϵ — қопламалар орасидаги мухитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги; l — қопламалар ўртасидаги масофа.

Босим таъсирида мембрана эгилиб, электрод 3 га яқинлашади. Мембрананинг эгилиши натижасида l масофа ўлчанаётган босимга нисбатан пропорционал ўзгаради. Қопламалар юзи ва диэлектрик сингдирувчанлик ўлчаш процессида ўзгармайди. Шунинг учун (13.37) ифодани қуйидагича ёзиш мумкин:

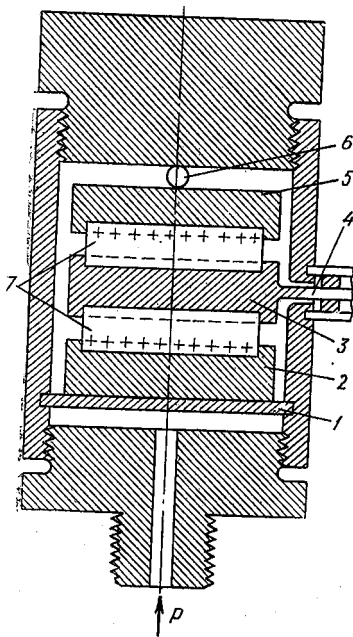
$$C = \frac{K}{l}, \quad (13.38)$$

бундан

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

Шундай қилиб, конденсатор сиғими ўлчанаётган босимга пропорционалдир. Сиғимли манометрларнинг кўрсатишига атроф-мухитнинг температураси таъсир қилади. Чунки температура ўзгариши натижасида қопламалар ўртасидаги масофа ўзгаради. Сиғимли манометрларнинг яна бир камчилиги паразитик сиғимлар таъсиридир. Ўлчаш хатолиги асбоб шкаласининг $\pm 1,5 \dots 2\%$ идан ошмайди.

Пьезоэлектрик манометрларнинг ишлаш принципи баъзи кристалл моддаларнинг механик куч таъсирида электр заряд ҳосил қилиш қобилиятига асосланган. Бу ҳодиса пьезоэффект деб аталади. Пьезоэффект кварц,



турмалин, сегнет тузи, барий титанат ва бошқа моддалар кристалларида кузатилади. Бу типдаги асбобларда кўпинча кварц ишлатилади. Кварцнинг пьезоэлектр эффекти $+500^{\circ}\text{C}$ гача бўлган температурага боғлиқ эмас, лекин $+570^{\circ}\text{C}$ дан ошган температурада бу эффект нолга тенг бўлиб қолади.

Пьезокварц манометрнинг тузилиш схемаси 13.21-расмда келтирилган. Ўлчанаётган босим мембрана 1 орқали кварц пластинкалар 7 га таъсир қилади. Бу пластинкаларнинг металл қистирма 3 га тегиб турган ички томонида бир хил ишорали зарядлар пайдо бўлади. Пластинкаларнинг ички томонидаги потенциал қистирма 3 билан уланган ва изоляцияланган ўтказгич 4 орқали олинади, пластинкаларнинг устки томонидаги потенциал эса корпус, металл қистирмалар

13.21-расм. Пьезокварцли манометр.

2 ва 5, мембрана 1 ва соқчака 6 орқали олинади. Ўлчанаётган босимга пропорционал бўлган потенциаллар фарқи пластиналар 7 дан олиниб, кучайтирувчи лампа тўрига узатилади. Зўриққан кучланиш тегишли электр ўлчов асбоблари орқали ўлчанади. Ўлчов асбоблари сифатида электрометрик лампалар ва катодли ёки шлейфли осциллограф, ўзгармас ток вольтметрлари, шунингдек электростатик вольтметрлар қўлланади.

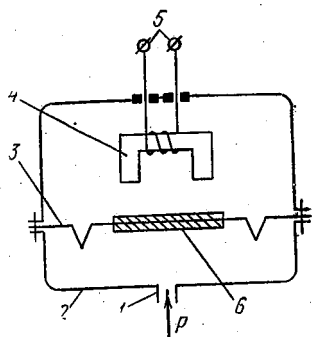
Мембрана 1 томонидан тушадиган F куч таъсирида пластинка 7 текисликларида пайдо бўладиган электр заряди қуйидаги формула билан топилади:

$$Q = K \cdot F = K \cdot S \cdot P, \quad (13.39)$$

бунда P — эффектив юзи S бўлган мембрана 1 га таъсир этувчи босим; K — пьезоэлектрик доимий, кл/Н.

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

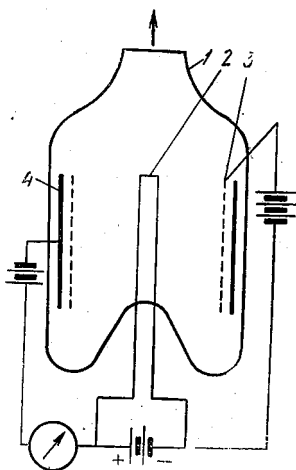
Индуктив манометрларнинг ишлаш принципи ғалтак индуктивлигининг ташқи босим таъсирида ўзгаришига асосланган. Индуктив манометрларнинг принципиал схемаси 13.22-расмда тасвирланган. У мембранали сезгир элемент 3, унга бириктирилган темир ўзак 6 ва темир ўзакли индукцион ғалтак 4 дан иборат. Ўлчанаётган босим найча 1 орқали бўшлиқ 2 га келиб мембрана 3 ни букади, натижада ўзак 6 ғалтак ўзаги 4 га яқинлашади. Шундай қилиб, ғалтакнинг индуктивлиги ўлчанаётган босимга пропорционал ўзгаради. Датчик ўлчаш схемасига клеммалар 5 орқали уланади.



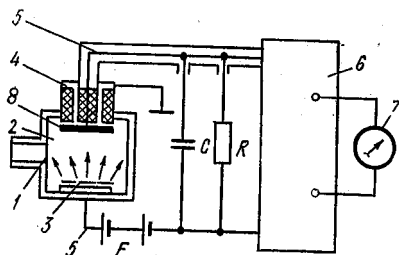
13.22- расм. Индуктив манометр схемаси.

13.6- §. ИОНИЗАЦИОН АСБОБЛАР

Ионизацион манометр (вакуумметр) ларнинг ишлаш принципи газ молекулаларининг қиздирилган катод чиқарадиган электрон оқими орқали ионланишига асосланган. 13.23-расмда қиздирилган катодли ионизацион вакуумметрнинг схемаси тасвирланган. Вакуумметрнинг сезгир элементи сифатида уч электродли манометрик лампа ишлатилади. Лампа баллони 1 ўлчанаётган муҳит билан уланган. Баллонда вольфрам тола катод 2, тўр 3 ва анод-коллектор 4 жойлашган. Катоддан



13.23- расм. Ионизацион вакуумметр схемаси.



13.24- расм. Ионизацион манометр схемаси.

чиққан электронлар мусбат зарядланган анодга яқинлашади. Газ босимига кўра электронлар ўз йўлида маълум миқдордаги молекулаларни ионлайди. Ионлар коллектор орқали йиғилиб, анод токи ва газ босимига пропорционал J_k токини ҳосил қилади:

$$J_k = K \cdot J_a \cdot P, \quad (13.40)$$

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

Қиздирилган катодли ионизацион вакуумметр орқали $133,32 \cdot 10^{-1}$ дан $133,32 \cdot 10^{-8}$ Па ($10^{-3} \dots 10^{-10}$ мм сим. уст) гача вакуумметрларни ўлчаш мумкин. Ионизацион манометрлар техник асбоблар сифатида ишлаб чиқариш шароитларида қўлланилмайди, лекин лабораторияларда кенг қўлланилади.

13.24- расмда радиоизотоп ионизаторли газ босимини ўлчаш асбобининг принципаал схемаси кўрсатилган.

Асбобнинг ишлаш принципи ионизацион камера орқали оқадиган токнинг камерадаги газ босимига боғланишига асосланган. Бундай ҳолда ўлчанаётган босим унча катта бўлмаганда ва радиоизотоп манометрларнинг ўлчами ҳам унча катта бўлмаганда заррачанинг 1 см узунликдаги йўлда энг катта ионлаштирувчи қобилятига эга бўлган α -нурланишдан фойдаланиш самаралидир. Агар ионлаштирувчи камера ўлчамлари α -заррачалар босиб ўтган йўл узунлигидан кескин кичик бўлса, унда манфий зарядланган коллекторда ион токи кучи босимнинг чизиқли функцияси бўлади, яъни

$$J = K \cdot P, \quad (13.41)$$

бунда P — босим; K — асбоб доимийси,

Ионизацион камера 2 вакуум ўтказмайдиган ғилоф 1 ичида жойлашган, у найча 4 ёрдамида босими (вакууми) ўлчаниши зарур бўлган бўшлиқ билан боғланади. Газ радиоактив манба 3 билан α -зарралар орқали нурлантирилади. Радий, то-

рий, полоний, протактиний изотоплари нурлантирувчи бўлиб хизмат қилади.

Камерада ионлар коллектори 8 жойлашган. Таъминлаш кучланиши ўзгармас ток манбаидан симлар 5 орқали амалга оширилади. Ионлар коллектори камера деворларига нисбатан манфий потенциалга эга. Ион токи кучайтиргич 6 билан кучайтирилади ва босим бирликларида даражаланган асбоб 7 билан ўлчанади. Асбоб $1-10^3$ Па ($10^{-2}-10$ мм симоб устуни) диапозонда абсолют босимни ўлчашга мўлжалланган.

Бундай манометрлар кам инерционлиги, гистерезиснинг йўқлиги, кўрсатишларни масофага осонлик билан узатиш ва ўлчаш диапозонини ўзгартириш мумкинлиги билан ажралиб туради.

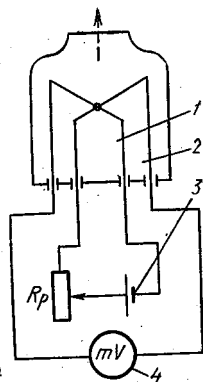
13.7. §. ИССИҚЛИК ЎТКАЗУВЧИ АСБОБЛАР

Кичик абсолют босимда ёки вакуумда молекулаларнинг эркин юриш узунлигини системанинг геометрик ўлчовлари орқали аниқлаш мумкин, бунда газнинг иссиқлик ўтказиш қobiliяти унинг босимига боғлиқ бўлади. Иссиқлик ўтказувчи манометрларда ана шу ҳодиса асос қилиб олинган. Бу боғланиш иссиқлик ўтказувчи манометрларда газларнинг $1-10^4$ Па гача бўлган босимларини ўлчашда қўлланилади. Асбобнинг датчиги босим ўлчанаётган идишга жойлашган температура кизитгич ва ўлчагичдан иборат. Температурани ўлчайдиган асбоб сифатида термopара ёки қаршилиқ термометри ишлатилади.

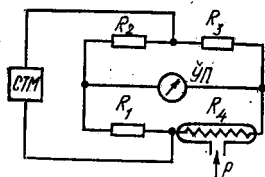
Термopарали манометрларда ўтказгичнинг температураси ўлчанади. Температура ТЭЮК ўлчанаётган босимнинг функцияси бўлган термopара орқали ўлчанади. Термopарали манометрнинг принципиал схемаси 13.25-расмда кўрсатилган. Манометр қиздирувчи элемент 1 ва унинг температурасини ўлчайдиган термopара 2 дан иборат. Элемент ток манбаи 3 дан қизийди. Термopаранинг ТЭЮК милливольтметр (потенциометр) 4 орқали ўлчанади. Элемент $1 \dots 200^\circ\text{C}$ гача қизиши мумкин.

13.26-расмда паст босимли иссиқлик ўтказадиган манометрнинг схемаси келтирилган. У мувозанатлаштирилмаган кўприкдан иборат бўлиб, унга СТМ дан стационар таъминот манбаи кучланиш берилади.

Кўприкнинг учта елкаси R_1 , R_2 ва R_3 ўзгармас қаршилиқларга эга, R_4 эса ўлчанаётган босим бериладиган камерада жойлашган, 200°C гача қиздирилган вольфрам симдан иборат. Газ босими ўзгариш билан унинг иссиқлик ўтказувчанлиги ўзга-



13.25- расм. Термopарали манометрнинг принципиал схемаси.



13.26- расм. Термоқар-
шиликли манометрнинг
принципиал схемаси.

ради, бу электр қаршилиқ R_4 нинг ўз-
гаришига ва, демак, кўприк мувозанати
бузилишига олиб келади.

Вольфрам симнинг иссиқлик бериши
иссиқликни ўтказишда иштирок этадиган
молекулалар сонига ҳам, камера девор-
лари температурасига ҳам боғлиқ. Асбоб
кўрсатишларига камеранинг R_4 га яқин
деворлари температурасини аниқлайди-
ган атроф муҳит температураси ўзгари-
шининг таъсирини камайтириш учун кўп-
рик елкаси ўлчаш камерасига ўхшаш

вакуумлаштирилган камерага жойлаштирилади.

Иссиқлик ўтказувчи манометрлар улар қайси газга мўлжал-
ланган бўлса, шу маълум газ бўйича даражаланади.

Иссиқлик ўтказувчи манометрлар вакуум системага эга
бўлган лаборатория (масс-спектрометр, электрон микроскоп ва
бошқалар) асбоблари сифатида қўлланилади.

14-боб. МОДДА МИҚДОРИ ВА САРФИНИ ЎЛЧАШ

14.1-§. АСОСИЙ МАЪЛУМОТЛАР ВА КЛАССИФИКАЦИЯСИ

Модда миқдорини ўлчайдиган асбоблар счётчиклар деб аталади. Счётчиклар ўзларидан ўтган модда миқдорини исталган вақт (сутка, ой ва ҳоказо) мобайнида ўлчайди. Унинг миқдори счётчик кўрсаткичлари фарқи билан аниқланади. Модда миқдори ҳажм (литр, m^3) ёки масса (кг, т.) бирликларида ифодаланади. Счётчиклар бевосита ўлчаш асбоблари бўлиб, уларнинг шкаласи бўйича олинган кўрсаткичлар қўшимча ҳисоблашни талаб қилмайди.

Сарф ўлчаш учун ишлатиладиган асбоблар сарф ўлчагичлар деб аталади. Модданинг берилган канал кесими орқали вақт бирлиги ичида ўтган миқдори модда сарфи дейилади. Сарф ўлчайдиган асбоблар оний сарфни ўлчайди ва технологик режимлар (айниқса узлуксиз жараёнларда) ишининг барқарорлигини назорат қилишга, технологик жараёнинг ўтишини ҳар бир онда автоматик равишда ростлашга ва режимни берилган йўналишда созлашга имкон беради.

Модданинг ҳажмий сарфи л/с, m^3/c , $m^3/соат$, масса сарфи эса кг/с, кг/соат, т/соат ва ҳоказоларда ифодаланади. Асбоблар счётчиклар (интеграторлар) билан таъминланиши мумкин, унда бу асбоблар счётчикли сарф ўлчагичлар дейилади. Бундай асбоблар модда сарфи ва миқдорини ўлчашга имкон беради.

Саноатда кенг тарқалган счётчиклар ва сарф ўлчагичлар ишлаш принципи ва тузилишларига кўра бир қанча гурупуларга бўлинади (ГОСТ 15528—70).

Суюқлик ва газларнинг миқдорини ўлчайдиган счётчиклар қуйидаги асосий гурупуларга ажратилади:

1) ҳажм счётчиклари; 2) тезлик счётчиклари; 3) вазн счётчиклари.

Ишлаб чиқаришда суюқлик, буғ ва газларнинг сарфини ўлчайдиган асбобларнинг қуйидаги турларидан фойдаланилади:

1) босим фарқлари ўзгарувчан сарф ўлчагичлар; 2) босим фарқлари ўзгармас сарф ўлчагичлар; 3) тезлик босими сарф ўлчагичлари; 4) ўзгарувчан сатҳли сарф ўлчагичлар; 5) индукцион сарф ўлчагичлар; 6) ультратовуш сарф ўлчагичлар; 7)

калориметрик (иссиқлик) сарф ўлчагичлар; 8) ионизацион сарф ўлчагичлар.

Ўлчанаётган модданинг турига кўра сарф ўлчагичлар сув, мазут буғ, газ ва ҳоказоларни ўлчагичларга бўлинади.

14.2-§. СУЮҚЛИК ВА ГАЗЛАР МИҚДОРНИН ЎЛЧАШ

Суюқлик ва газлар миқдорини ўлчашга мўлжалланган счётчиклар ўзларининг ишлаш принципига кўра ҳажм, тезлик ва вазн счётчикларига бўлинади. Кўпроқ ҳажм ва тезлик счётчиклари ишлатилади. Газ миқдорини ўлчашда ҳажм счётчикларидан фойдаланилади.

Вақт оралиғи $t_1 - t_2$ даги оқим, масса ва энергия йиғиндисини кўрсатувчи ўлчаш асбоби счётчик деб аталади. Счётчиклар ўз функциясини қуйидаги формулага мувофиқ бажаради:

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} g \cdot dt, \quad (14.1)$$

бу ерда Q — вақт оралиғида сарфланадиган модда миқдори; g — вақт бирлиги ичида модда ёки энергия сарфи.

Ҳажм счётчиклари модда миқдорини ҳажм бўйича, тезлик счётчиклари эса оқим тезлиги бўйича ўлчайди. Иккала счётчик ҳам модданинг асбоб ишлаб турган вақтда ундан ўтган умумий миқдорини кўрсатади. Маълум вақт оралиғидаги модда миқдорини аниқлаш учун олинган даврнинг бошланиши ва охиридаги счётчик кўрсатишини белгилаш керак. Счётчик кўрсатишларининг фарқи шу давр ичида асбобдан ўтган модда миқдорига тенг бўлади.

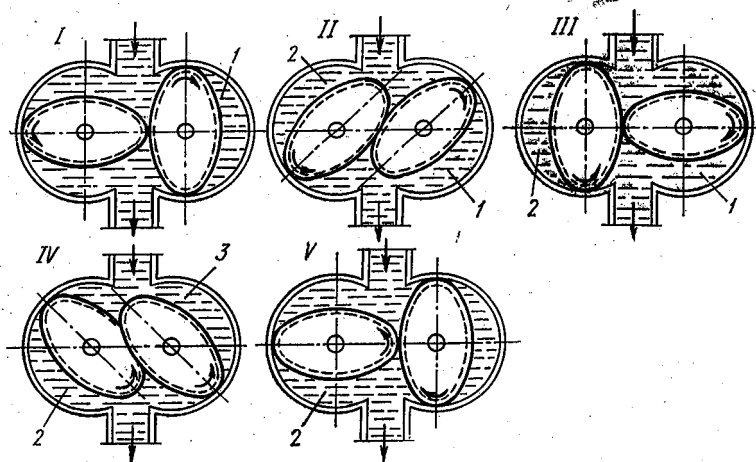
Ҳажм счётчикларининг ишлаш принципи суюқлик ёки газ оқими муайян миқдорга—порция (доза) ларга бўлиниб сарфланиши ва бу порциялар сонини ҳисоблаш йўли билан сарфланаётган модда миқдорини аниқлашга асосланади.

Сарфланаётган порциялар сони йиғиндисини ҳисоблаш механизми ёрдамида аниқланади. Ҳажм счётчиклари асосан тоза, механик аралашмаларсиз бўлган суюқлик ва газлар миқдорини ўлчашга мўлжалланган. Уларнинг асосий афзалликлари ўлчаш хатолигининг кичиклиги ва ўлчаш диапазонининг катталигидир.

Тузилишига кўра ҳажм счётчиклари овалсимон шестерняли, ротацион, поршенли, диафрагмали, барабанли ва бошқа хил турларга бўлинади.

Суюқ моддалар миқдорини ўлчаш учун овалсимон шестерняли ва поршенли счётчиклар кенг қўлланилади. 14.1-расмда овалсимон шестерняли счётчикнинг принципиал схемаси кўрсатилган.

Шестернялар оқимининг киришига кўра бир-бирини кетма-кет ҳаракатга келтиради. Улар айланганда шестерня овали ва ўлчаш камераси девори билан чекланган суюқликнинг муайян



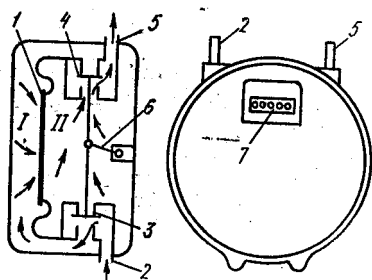
14.1- расм. Овалсимон шестерняли счѣтчик схемаси.

* ҳажми чиқариб юборилади. Шестернянинг бир марта тўлиқ айланишида счѣтчик ўлчов камерасининг ҳажми йиғиндисига тенг бўлган тўртта маълум ҳажмдаги суюқлик оқиб ўтади. Счѣтчикдан ўтган суюқлик миқдори шестерняларнинг айланишлар сонига кўра аниқланади I ҳолатда (14.1-расм) суюқлик ўнг шестерняни соат стрелкаси ҳаракати йўналишида айлантиради, ўнг шестерня эса ўз навбатида чап шестерняни соат стрелкаси ҳаракати йўналишига қарши айлантиради. Бу ҳолатда ўнг шестерня суюқликнинг I қисмини чиқариб ташлайди. II ҳолатда чап шестерня суюқликнинг янги 2-қисмини чиқаради, ўнг шестерня эса аввал чиқарилган 1-ҳажми счѣтчикнинг чиқишига узатади. Иш пайтида айлантирувчи момент иккала шестерняга ҳам таъсир қилади. III ҳолатда чап шестерня етакловчи бўлиб, суюқликнинг 2-ҳажмини чиқаради. IV ҳолатда ўнг шестерня 3-ҳажмини чиқаришни тамомлайди, чап шестерня эса 2-ҳажми счѣтчикка киритади. V ҳолатда 3-сиғим батамом чиқарилади, иккала шестерня ҳам ярим айланишни бажариб, ўнг шестерня яна етакловчи бўлиб қолади. Шестернялар айланишининг иккинчи яри юқоридагидек ўтади. Суюқликнинг ҳажми шестернялар айланишига мос.

Овалсимон шестерняли суюқлик счѣтчиклари $0,8 \dots 36 \text{ м}^3/\text{соат}$ диапазондаги ўлчашларни таъминлайди. Шартли ўтиш диаметрлари $15 \dots 80 \text{ мм}$, асбобнинг хатоси $\pm 0,5\%$, иш босими $1,57 \text{ МПа}$ ($\approx 16 \text{ кгк/см}^2$). Счѣтчик ўрнатилишидаги босимнинг йўқотилиши тахминан $0,02 \text{ МПа}$ ($0,2 \text{ кгк/см}^2$).

Газсимон моддалар миқдорини ўлчаш учун диафрагмали, ротацион ва барабанли счѣтчиклар кенг қўлланилади. 14.2-расмда ГКФ типидagi диафрагмали счѣтчик схемаси кўрсатилган.

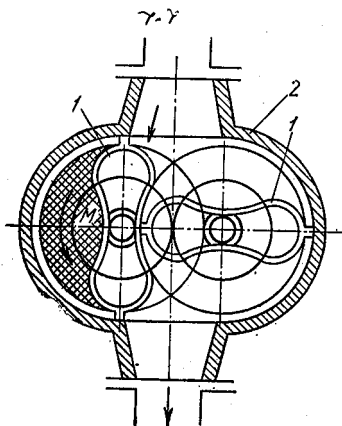
Диафрагма I билан бўлинган счѣтчикнинг икки камераси (I ва II) маълум цикл бўйича газга тўлиб ва бўшаб туради.



14.2- расм. ГКΦ типидagi газ счѣтчиги

беркитади. Энди газ II камерага йиғилади ва диафрагмани чапга суриб I камерадаги газни тешик 5 орқали сарфга чиқаради. Диафрагма маълум оралиққа сурилганда ричаг 6 энди юқориги клапанларни ёпади, газ I камерага йиғилади. Шундай қилиб, камералардан тенг миқдордаги газ порциялари маълум цикл бўйича сарфга чиқиб туради. Ричагнинг ҳар бир циклдаги ҳаракати счѣтчик 7 циферблатининг шкаласида ҳисобланиб туради.

Ротацион счѣтчик (14.3- расм) кўп миқдордаги газ ҳажмини ўлчашга мўлжалланган. Бу асбобда ўлчов 8 рақами кўринишидаги иккита ротор 1 ёрдамида бажарилади. Бу роторлар гилоф 2 ичида айланади. Счѣтчикка газ турли фильтринг кириш тармоғи орқали келади. Роторлар счѣтчик кириши ва чиқишидаги босимлар фарқи ҳисобига айланади. Роторлардан бири асбобдан ўтган газ ҳажмини кўрсатувчи ҳисоблаш механизми билан боғланган. Счѣтчикнинг ўлчаш ҳажми гилоф девори ва роторлар орасидаги камера орқали аниқланади.



14.3- расм. Ротацион счѣтчик схемаси.

Ротацион счѣтчиклар 40 ... 40 000 м³/соат сарфни ўлчашга мўлжаллаб чиқарилади. Иш босимлари: 0,1; 0,6; 1,6 ва 6,4 мПа. Шартли ўтиш диаметрлари 50 ... 1200 мм. Асбобларнинг аниқлик класси 1 ва 1,5. Счѣтчик ўрнатилишидаги босим сарфи (йўқотилиши) 35 ... 40 мм сув. уст. дан ошмайди.

Суюқлик миқдорини ўлчайдиган тезлик счѣтчиклари ҳаракатдаги оқимнинг ўртача тезлигини ўлчаш принципига асосланган.

Суюқлик миқдори оқим ҳаракати тезлиги билан қуйидаги нисбат орқали боғланган:

$$Q = v_{\text{ўрт}} \cdot S, \quad (14.2)$$

бу ерда Q — ҳажмий сарф, $\text{м}^3/\text{с}$; $v_{\text{ўрт}}$ — оқимнинг ўртача тезлиги, $\text{м}/\text{с}$; S — оқимнинг қўндаланг кесим юзи, м^2 .

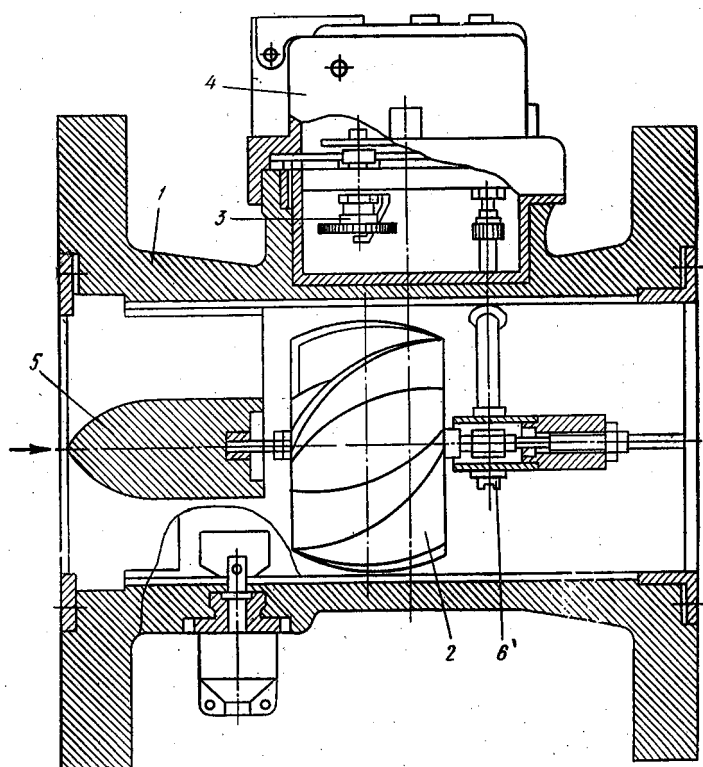
Оқим йўлига ўрнатилган парракларнинг айланиш сонига қараб асбобдан ўтган суюқлик миқдорини аниқлаш мумкин. Парраклар айланишининг тезлиги оқим тезлигига пропорционалдир:

$$n = K \cdot v_{\text{ўрт}}, \quad (14.3)$$

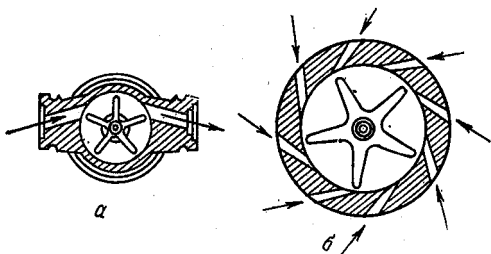
бунда n — парракларнинг айланиш сони, $1/\text{с}$; K — асбобнинг геометрик ҳажмига боғлиқ бўлган доимийси, м^{-1} .

Агар (14.2) тенгламани назарда тутсак:

$$n = K \cdot \frac{Q}{S}. \quad (14.4)$$



14.4- расм. Спиралсимон парракли суюқлик счётиги.



14.5- расм. Бир шаррали (а) ва кўп шаррали (б) счётчиклар схемаси.

Парраklarнинг τ вақт ичидаги айланишлар сони асбобдан шу вақт ичида ўтган модда сарфига пропорционал:

$$N = n\tau = \frac{K}{S} \cdot Q\tau. \quad (14.5)$$

Парраklarнинг шаклига кўра тезлик счётчиклари икки гpуппaга бўлинади: спирaлcимон ва қaнoтли.

Спирaлcимон парраklar ўлчaнaётгaн oқимгa нисбaтaн пaрaллeл, қaнoтли парраklar эcа oқим ўқигa пeрпeндикyлyр жoйлaшaди. Спирaлcимон парракли тезлик счётчиклари кўп миқдордaги сyв сарфини ўлчaшдa ишлaтилaди. 14.4- рaсмдa спирaлcимон (горизонтaл) парракли (сyв ўлчaгич) счётчик кўрсaтилгaн. Сyюқлик oқими асбoбнинг кoрпyси 1 гa кeлиб, шaрpa тўғрилaгич 5 oрқaли кўп киримли винт шaклидa ишлaнгaн паррак куракчaлaри 2 гa йўнaлaди. Парраκнинг aйлaниши червяκли жyфт 6 вa ўзaтиш мeхaнизмi 3 oрқaли счётчик 4 гa ўзaтилaди.

Бу счётчиклар 50 ... 200 мм шaртли ўтишгa мўлжaллaниб, сарфни 70 ... 1700 м³/сoат вa $\pm 2 \dots 3\%$ хaтo билaн ўлчaйди. Мyҳитнинг бoсими 0,98 мПа (10 кгк/см²) дaн oшмaслиги кepaк.

Сyюқликни паррaккa кeлтириш yсулигa кўрa қaнoтли счётчиклар бир шарpaли вa кўп шарpaли бўлaди.

14.5- рaсмдa бир шарpaли (а) вa кўп шарpaли (б) счётчиклар схемaси кўрсaтилгaн. Бу счётчиклардa сyюқлик асбoбнинг парраκларигa тaнгeнциaль рaвишдa йўнaлтирилaди. Парраκли счётчиклар aгрeссив бўлмaгaн oқимдa ишлaсa вa oқим тeмпeрaтyрaси 30°C дaн oшмaсa, yларнинг парpaги плaстмaссaдaн тaйёрлaнaди. Oқим тeмпeрaтyрaси 90°C дaн yқoри бўлсa, парраκлар жeздaн тaйёрлaнaди.

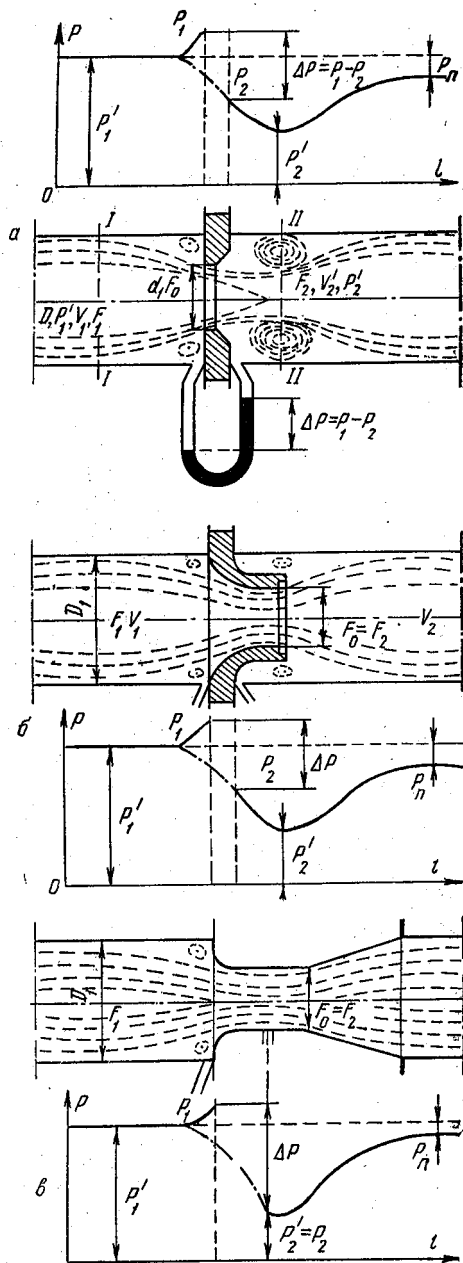
14.3- §. БОСИМЛАР ФАРҚИ ЎЗГАРУВЧАН САРФ ЎЛЧАГИЧЛАР

Трубопроводлардaги сyюқлик, гaз вa бyғ сарфини бoсимлар фapқи ўзгaрувчaн сарф ўлчaгичлар билaн ўлчaш кeнг тapқaлгaн вa яхши ўргaнилгaн. Сарфни бундaй yсул билaн ўлчaш сyюқлик ёки гaз ўтaётгaн тpyбoпpoвoддa кичик дaмeтpли тўсиқ-дифрaгмa, сoплo ёки Вeнтyри сoплoси ўрнaтиш нaтижaсидa ҳoсил бўлaдигaн мoддa пoтeнциaл энepгияси (стaтик бoсими) нинг ўзгaришини ўлчaшгa асoслaнгaн. Кичик дaмeтpли тўсиқ вaзифaсини бaжaрувчи тoрaйтириш қурилмaси тpyбo-

проводда ўрнатилиб, маҳаллий торайишни ҳосил қилади. Суюқлик, газ ёки буғ трубопроводнинг кесими торайган жойидан ўтаётганида унинг тезлиги ошади. Тезлиkning ва, бинобарин, кинетик энергиянинг ортиши оқимнинг кесими торайган жойида потенциал энергиянинг камайишига олиб келади. Бунда тўсиқдан кейинги статик босим ундан олдинги статик босимдан кам бўлади. Шундай қилиб, модда торайтириш қурилмасидан ўтишда босимлар фарқи $\Delta P = P_1 - P_2$ ҳосил бўлади (14.6-расм). Бу босимлар фарқи оқим тезлиги ва модда сарфига мутаносиб бўлади. Демак, торайтириш қурилмаси ҳосил қилган босимлар фарқи трубопроводдан ўтаётган модда сарфининг ўлчови бўлиши мумкин. Сарфнинг сон қиймати эса дифманометр ўлчаган ΔP босимлар фарқи бўйича аниқланади.

Суюқлик газ ва буғларнинг сарфини ўлчаш учун торайтириш қурилмаси сифатида стандартли диафрагмалар, соплолар, Вентури соплоси ва Вентури трубаи ишлатилади.

14.6-расм, а да кўрсатилган диафрагма думалоқ тешикли юпқа дискдан иборат. Тешикнинг маркази трубопровод ўқида ётиши керак. Оқимнинг торайиши диафрагма олдида бошла-



14.6-расм. Суюқлик оқимининг характери ва трубопроводда диафрагма (а), сопло (б) ҳамда Вентури соплоси (в) ўрнатилгандаги статик босимнинг ўзгариш графиги.

нади ва ундан ўтгач, маълум масофадан сўнг, ўзининг минимал кесимига эришишади. Ундан кейин оқим тобора кенгайиб, трубопроводнинг тўлиқ кесимига эришади. 14.6-расм, б да эгри чизик орқали трубопровод деворлари бўйича тақсимланган босимнинг ўзгариши тасвирланган; штрих-пунктир чизик билан трубопровод ўқи бўйича тақсимланган босимни тасвирловчи эгри чизик кўрсатилган. Кўриниб турибдики, диафрагма орқасида босим дастлабки қийматига эришмайди. Модда диафрагмадан ўтганда, диафрагма орқасидаги бурчакларда „ўлик“ зона ҳосил бўлади. Бу ерда босимлар фарқи натижасида суюқликнинг тескари йўналишдаги ҳаракати ёки иккиламчи оқим пайдо бўлади. Суюқликнинг қовушоқлигидан асосий ва иккиламчи оқим бир-бирига қарама-қарши ҳаракат қилиб, уюрмалар ҳосил қилади. Бунда диафрагма орқасида бирмунча энергия сарфланади, демак, босим ҳам маълум даражада камаяди. Диафрагма олдидаги заррачалар йўналишининг ўзгариши ва уларнинг диафрагма орқасидаги сиқилиши потенциал энергиянинг ўзгаришига деярли таъсир кўрсатмайди.

14.6-расм, а да кўрсатилганидек P_1 ва P_2 босимлар диафрагма дискиннинг олди ва орқасидаги диафрагма текислиги ҳамда трубопроводнинг ички юзаси ўртасида ҳосил бўлган бурчакларга ўрнатилган алоҳида тешиклар ёрдамида ўлчанади. Сопло (14.6-расм, б) концентрик тешикли насадка шаклида ишланган. Унинг кириш қисми равон, торайиб чиқиш қисми эса цилиндрдан иборат. Соплонинг профили заррачанинг тўлиқ сиқилишини таъминлайди ва соплодаги цилиндр тешигининг юзи оқимнинг минимал кесимига тенг деб ҳисобланиши мумкин ($F_0 = F_2$). Сопло орқасида ҳосил бўладиган уюрмали ҳаракат диафрагмадагига кўра кам энергия йўқотишларга олиб келади. Трубопровод деворлари ва ўқи пунктир чизик бўйича тақсимланган босим ўзгаришининг эгри чизиги диафрагмадаги босим ўзгаришининг эгри чизиги ўхшаш, фақат соплодаги қолдиқли P_n босимнинг йўқолиши диафрагмадаги йўқолишга кўра камроқ. Лекин, босимлар фарқи тенглашгандаги бир хил сарф учун диафрагманинг ўтиш тешигидаги F_0 юз соплоникидан катта бўлгани сабабли, босимлар йўқолиши бир хил. Соплонинг олд ва орқасидаги P_1 ва P_2 босимлар худди диафрагманикидек ўлчанади.

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

Торайтириш қурилмалари вужудга келтирган босимлар фарқи орқали модда сарфини ўлчаш принципи ва уларнинг асо-

сий тенгламалари торайтириш қурилмаларининг барча турлари учун бир хил. Фақат бу тенгламалардаги тажриба орқали аниқланадиган баъзи коэффициентлар бир-бирларидан фарқ қилади. Трубопроводда иккита кесимни танлаймиз: $I-I$ кесимда торайтириш қурилмасининг таъсири йўқ, $II-II$ кесимда (14.6-рasm, а) оқим зарраси энг кўп сиқилади. Бу кесимлардаги статик босимлар ўзгармасдир. Сиқилмаган суюқлик сарфи ва босимлар фарқи ўртасидаги нисбат ҳамда бу оқим учун энергиянинг сақланиш қонунини ифодаловчи Бернулли тенгламаси оқимнинг узлуксизлиги тенгламасидан аниқланиши мумкин. Агар ишқаланиш кучининг таъсири бўлмаса, горизонтал трубопровод учун бу тенглама қуйидаги шаклга эга бўлади:

$$\frac{P'_1}{\rho_1} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{P'_2}{\rho_2} + \frac{v_2^2}{2}, \quad (14.6)$$

$$\rho_1 \cdot v_1 \cdot F_1 = \rho_2 \cdot v_2 \cdot F_2. \quad (14.7)$$

бу тенгламада тегишли кесимлар $I-I$ ва $II-II$ учун: P'_1 ва P'_2 абсолют статик босимлар, Па; v_1 ва v_2 — суюқлик оқимининг ўртача тезлиги, м/с; ρ_1 ва ρ_2 — суюқлик зичлиги, кг/м³, F_1 ва F_2 — оқимнинг кўндаланг кесим юзи, м².

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

$$P'_1 - P'_2 = \frac{\rho}{2} (v_2^2 - v_1^2); \quad (14.8)$$

$$v_1 \cdot F_1 = v_2 \cdot F_2. \quad (14.9)$$

Шуни ҳам таъкидлаш керакки, (14.8) ва (14.9) тенгламалар v_2 тезлик ўлчанаётган суюқликдаги товуш тезлигига тенг бўлган критик тезликдан кичик бўлган ҳол учун ўринлидир. (14.8) ва (14.9) тенгламалардан фойдаланиб F_2 кесимдаги ўртача v_2 тезликни аниқлаймиз:

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2}{\rho} (P'_1 - P'_2)}. \quad (14.10)$$

Ҳажмий сарф тезликнинг оқим кесимидаги юзасига кўпайтмасига тенг, яъни:

$$Q_x = \frac{F_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} (P'_1 - P'_2)}. \quad (14.11)$$

Лекин (14.11) тенгламани чиқаришда ҳақиқий суюқликнинг қовушоқлиги, унинг трубопровод ва торайтириш қурилмасига ишқаланиши таъсирида оқим кесимидаги тезликнинг тақсимланиш нотекислиги эътиборга олинмаган. Бундан ташқари, бу

тенглама босимлар фарқи $I - I$ ва $II - II$ кесимларда (14.6-расм, а) ўлчанмай, бевосита торайтириш қурилмаси ёнида ўлчанишини ҳамда энг тор жойдаги кесимнинг F_2 юзи ўрнига торайтириш қурилмасининг тешигидаги F_0 юз олинишини акс этгирмайди. Бу келтирилган четга чиқишлар сарф коэффициент α орқали ифодаланади. Бунда ҳажмий сарф тенгламаси қуйидагича бўлади:

$$Q'_x = \alpha F_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P}; \quad (14.12)$$

бу ерда Q'_x — ҳажмий сарф, м³/с; ΔP — торайтириш қурилмасининг ёнларида ўлчанган босимлар фарқи, Па; F_0 — торайтириш қурилмаси тешигининг юзаси, м².

Масса сарфи ҳажмий сарф ва суюқлик зичлиги кўпайтмасига тенг:

$$Q'_m = \alpha F_0 \sqrt{2\rho \Delta P}. \quad (14.13)$$

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

$$\alpha = f(Re, F_0, D), \quad (14.14)$$

бу ерда D — трубопровод диаметри.

Сиқилувчи муҳит (газ, буғ) сарфини ўлчашда, айниқса, босимлар фарқи катта бўлганда, модда оқими торайтириш қурилмасидан ўтаётгандаги босимнинг ўзгариши натижасида модда зичлигининг ўзгаришини эътиборга олиш зарур. Лекин газ ёки буғнинг торайтириш қурилмасидан ўтиш вақти кўп бўлмагани сабабли, модданинг сиқилиши ва кенгайиши адиабатик равишда, яъни иссиқлик алмашинувисиз ўтади. Унда қуйидаги тенглама ўринли бўлади:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1/H} \quad (14.15)$$

бу ерда H — адиабата кўрсаткичи.

(14.6), (14.7) ва (14.15) тенгламаларни биргаликда ечсак, газ ёки буғ сарфини ҳисоблаш формулалари қуйидаги шаклга келади:

$$Q'_x = \alpha \cdot \epsilon \cdot F_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P}, \quad (14.16)$$

$$Q'_m = \alpha \cdot \epsilon \cdot F_0 \sqrt{2\rho \Delta P}, \quad (14.17)$$

бу ерда ϵ — кенгайиш коэффициенти.

$$\epsilon = f\left(\frac{P_1 - P_2}{P_2}, m, H\right). \quad (14.18)$$

Демак, газ ва буғ сарфини ҳисоблаш формуллари суюқлик сарфини ҳисоблаш формуласидан ε коэффициентининг мавжудлиги билан фарқ қилади. Агар $\varepsilon = 1$ бўлса, бу формулаларни сиқилмайдиган суюқликлар учун ҳам қўллаш мумкин. Ҳисоблашни қулайлаштириш учун торайтириш қурилмаси тешигининг юзи ўрнига унинг диаметри олинади. Бундан ташқари, тажрибада бир соатлик сарфдан фойдаланиш қулай. Шуни назарда тутиб, бир қатор ўзгартиришлардан сўнг қуйидаги соатли ҳажмий ва массавий сарф формуласига эга бўламыз:

$$Q_x = 3,9986 \cdot 10^3 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot d^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}, \quad (14.19)$$

$$Q_m = 3,9986 \cdot 10^3 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot d^2 \sqrt{\rho \cdot \Delta P}. \quad (14.20)$$

Кўпинча сарфни трубопровод диаметри D орқали ифодалаш лозим бўлади. Унда „торайтириш қурилмаси модули“ тушунчаси киритилади

$$m = \left(\frac{d}{D} \right)^2. \quad (14.21)$$

(14.19) ва (14.20) формулаларга m ни киритсак,

$$\begin{aligned} Q_x &= 3,9986 \cdot 10^3 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} \approx \\ &\approx 4 \cdot 10^3 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}, \text{ м}^3/\text{соат}; \end{aligned} \quad (14.22)$$

$$Q_m \approx 4 \cdot 10^3 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\rho \cdot \Delta P}, \text{ кг/соат}. \quad (14.23)$$

Практикада (14.22) ва (14.23) формулаларни қуйидаги кўринишда ишлатиш мумкин:

$$Q_x = 0,01252 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}, \text{ м}^3/\text{соат}, \quad (14.24)$$

$$Q_m = 0,01252 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\rho \cdot \Delta P}, \text{ кг/соат}. \quad (14.25)$$

(14.24) ва (14.25) формулалар асосий ҳисоблаш формулаларидир. Уларни қўлланиб, торайтириш қурилмаларининг ҳисоби бажарилади ва босимлар фарқини ўлчашга мўлжалланган дифференциал манометрнинг параметрлари танланади. Асосий формулалардаги қийматлар қуйидаги бирликларда ифодаланади: D , мм; ΔP , кгк/м²; ρ , кг/м³.

Газ сарфини ўлчаганда кўпинча газ ҳолатини нормал ҳолатга келтириш лозим. Нормал ҳолатга келтирилган м³/соатлардаги қуруқ газ ҳажмий сарфини қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$Q_x^n = 0,01252 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\frac{P_1 \cdot T_H \cdot \Delta P}{P_H \cdot \rho_H \cdot T \cdot K}}, \quad (14.26)$$

Нормал ҳолатга келтирилган нам газнинг ҳажмий сарфи қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$Q_x^n = 0,01252 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \frac{P_1 - \varphi \cdot P_{\text{вп}}}{F_1} \sqrt{\frac{P_1 \cdot T_n \cdot \Delta P}{P_n \cdot \rho_n \cdot T \cdot K}}, \quad (14.27)$$

бунда P_1 —суюқчи қурилма олдида газнинг абсолют босими, Па; $P_{\text{вп}}$ — T — температурдаги нам газда сув парининг босими, Па; P_n ва T_n — нормал шароитда мос равишда газнинг босими ва температураси (20°C , $1,0332 \text{ кгк/см}^2$); φ — газ намлиги, %; K — газнинг сиқилувчанлик коэффициенти; ρ_n — нормал шароитда газ зичлиги.

Сарфни ўлчашга мўлжалланган торайтириш қурилмаларини ҳисоблаш усули ва тартиби СССР Давлаг Стандартлар Комитети томонидан тасдиқланган норматив ҳужжатда: „газ ва суюқликлар сарфини стандарт торайтириш қурилмалари орқали ўлчаш қоидалари“ да (РД 50—213—80) аниқланган.

Стандарт торайтириш қурилмаларига РД 50—213—80 қоидалари талабларини қаноатлантирувчи ва модда сарфини индивидуал даражасиз ўлчашда қўлланадиган диафрагмалар, соплалар, Вентури соплалари ва Вентури трубалари киради. РД 50—213—80 қоидаларида сарф ўлчаш қурилмаларини чиқаришда уларни лойиҳалашга, монтаж қилишга, ишлатишга ва текширишга бўлган талаблар кўрсатилган. Қоидаларда келтирилган ҳолатлар қуйидаги ўлчаш шартлари бажарилгандагина ўринли:

1) оқим ҳаракатининг характери трубопроводларнинг тўғри участкаларида торайтириш қурилмасдан аввал ҳам, кейин ҳам турбулент, барқарор бўлиши керак;

2) оқимлар ҳолати у торайтириш қурилмаси орқали оққанда ўзгармаслиги лозим (суюқлик буғланмайди, суюқлик эритмасида газ ажралмайди, газдан чиқадиغان сув буғи конденсацияланмайди, бунда торайтириш қурилмаси яқинидаги трубопроводда суюқ ҳолатнинг ажралиши ҳам инкор этилади);

3) трубопроводлар тўғри участкаларининг ички текисликларида торайтириш қурилмасигача ва ундан кейин чанг, қум, металл предметлар ва бошқа кўринишдаги ифлосликлар йиғилиб қолмайди;

4) торайтириш қурилмасининг сиртларида унинг конструктив параметрларини ва геометриясини ўзгартирадиган чўкиндилар ҳосил бўлмайди;

5) буғ қиздирилган бўлади; бунда буғ учун газнинг сарфини ўлчашга тегишли барча ҳоллар ўринли.

Нам буғ сарфини диафрагмалар билан буғ зичлиги (ρ_n) ва суюқлик зичлиги ($\rho_{\text{ж}}$) нисбати $\frac{\rho_n}{\rho_{\text{ж}}} \leq 0,002$ бўлганда ҳамда буғ суюқлик аралашмада суюқ компонентнинг масса қисми 0,2 дан ошмаганда ўлчаш тавсия этилади.

Трубопроводлар диаметрлари D нинг йўл қўйиладиган қийматлари диапазонлари ва торайтирувчи қурилмаларнинг нисбий юзлари m қуйидаги чегараларда бўлиши лозим:

а) $50 \text{ мм} \leq D \leq 1000 \text{ мм}$; $0,05 \text{ мм} \leq t \leq 0,64$ — босим фарқини ўлчашнинг бурчак усулли диафрагмалари учун;

б) $50 \text{ мм} \leq D \leq 760 \text{ мм}$; $0,04 \leq t \leq 0,56$ — босим фарқини ўлчашнинг фланецли усулли диафрагмалари учун; диафрагма тешигининг диаметри босим фарқини ўлчаш усулидан қатъи назар $d \geq 12,5 \text{ мм}$;

в) $50 \text{ мм} \leq D$; $0,05 \leq t \leq 0,64$ — газ сарфини ўлчам ҳолида сопллар учун;

г) $30 \text{ мм} \leq D$; $0,05 \leq t \leq 0,64$ — суюқлик сарфини ўлчам ҳолида сопллар учун;

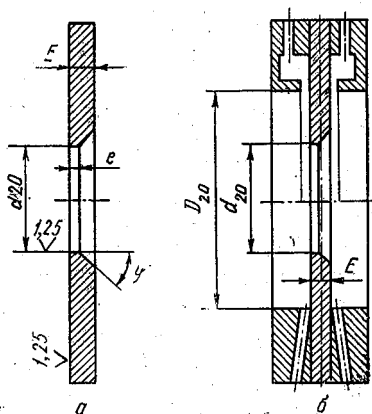
д) $65 \text{ мм} \leq D \leq 500 \text{ мм}$; $0,05 \leq t \leq 0,6$ — Вентури сопллари учун; сопллар ва Вентури сопллари тешигининг диаметри $d \geq 15 \text{ мм}$;

е) $50 \text{ мм} \leq D \leq 1400 \text{ мм}$; $0,10 \leq t \leq 0,60$ — Вентури трубалари учун.

Газ сарфини ўлчашда торайтириш қурилмасидан чиқишда абсолют босимнинг унинг киришидаги босимга нисбати 0,75 дан қатта ёки тенг. Газ ва суюқлик сарфини ўлчашда диафрагмаларда босим фарқини ўлчаш учун ҳам бурчакли, ҳам фланецли усулдан ҳамда нормал соплларда, Вентури соплларида ва Вентури трубаларида ўлчашнинг бурчакли усулидан фойдаланиш тавсия этилади.

14.7-расмда стандарт диафрагма тасвирланган. Диафрагманинг оқим кирадиган томони концентрик тешикли (d_{20}) юпка дискдан иборат (14.7-расм, а). Диафрагма диски қалинлиги $E \leq 0,05 D_{20}$ дан ошмаслиги лозим. Диафрагма тешиги цилиндрик қисмининг узунлиги $0,005 D_{20} \leq l \leq 0,02 D_{20}$ чегараларда ётиши керак. Қалинлиги $0,02 D_{20}$ дан ошганда цилиндрик тешик конуссимон чиқариш қисмига ўтиши лозим. Диафрагма тешиги конуссимон қисмининг қиялик (скос) бурчаги $30^\circ \leq \varphi \leq 45^\circ$ чегараларда бўлиши керак. Диафрагма трубопровод деворларига нисбатан концентрик шаклда ўрнатилади. Диафрагмани тайёрлашда унинг материали ўлчанаётган муҳит хусусиятларига кўра танланади. Стандарт диафрагмалар камерали (14.7-расм, б ўқдан юқори) ва камерасиз (14.7-расм, б, ўқдан паст) бўлиши мумкин. Камерали диафрагмалар диаметри D_{20} дан 500 мм гача бўлган трубопроводлар учун қўлланилади. Стандарт камерали диафрагмалар ДК, камерасизлари (дисклилари) ДН билан белгиланади.

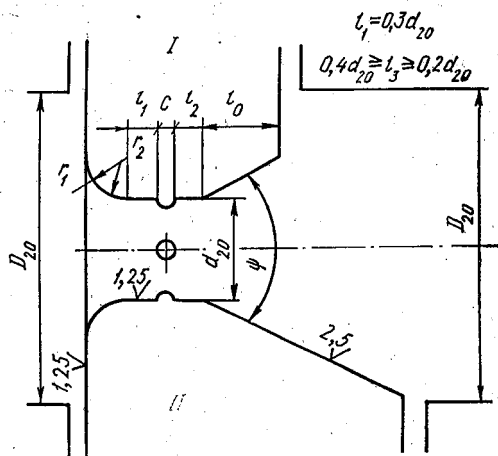
14.8-расмда кўрсатилган стандарт сопллар қиздирилган газ, буг ҳамда агрессив суюқликлар



14.7-расм.
Стандарт диафрагма.

метри D_y , шартли босим P_y ва материалга қараб уч хил тайёрланади.

Вентури трубаси чиқиш конусининг энг катта диаметри трубопровод диаметрига тенг бўлганда узун дейилади. (14.10-расм, қуйи қисми) ёки агар айtilган диаметр трубопровод диаметридан кичик бўлса (14.10-расм, юқори қисми), уни қисқа дейилади.

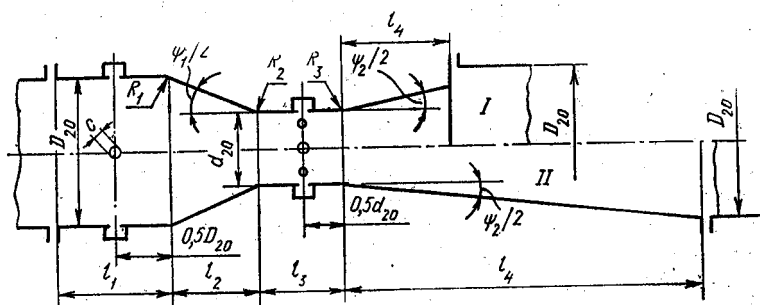


14.9-расм. $m > 0,444$ шарт учун қисқа ва узун Вентури сопласи.

Бўғиз ва киришдаги цилиндрик трубасидаги босимни девордаги тешиklar ва камера орқали олинади. Вентурининг одатдаги трубалари камчиликларига уларнинг катта ўлчамлари ва оғирлигини киритиш лозим, бу уларни тайёрлашни қimmatлаштиради ва ўрнатилишини қийинлаштиради. Шунинг учун Вентурининг калталаштирилган трубаларини қўлланиш мақсадга мувофиқ. Вентури трубаларининг афзалликларига бошқа типдаги торайтирувчи қурилмалардагига нисбатан босимнинг кам йўқотилишини киритиш мўмкин. Шунинг учун уларни катта тезликлар сабабли босимни йўқотиш катта бўлиб кетиши мўмкин бўлган ҳолларда тавсия этиш мўмкин.

Кириш конусининг марказий бурчаги $\varphi_1 = 21 \pm 1^\circ$. Чиқиш конуси диффузорининг марказий бурчаги φ_2 : қисқа трубалар учун $14 - 20^\circ$; узун трубалар учун $7 - 8^\circ$.

Амалда сарфни Рейнольдс сонлари кичик бўлганда кўпроқ ўлчаш зарурати туғилади: $Re < Re_{min}$ масалан, қовушок



14.10-расм. Вентури трубаси.

моддаларнинг, зичлиги кам газларнинг сарфини ўлчашда, кичик диаметрли трубопроводларда ўлчашларда ва бошқаларда юқоридаги ҳол юз беради.

Синалган махсус торайтирувчи қурилмалар ичида иккиланган диафрагмалар, чорак доирали профилли соплолар ва иккиланган конусли диафрагмалар яхши натижа беради

Ифлослашган суюқликларнинг ва, айниқса, газларнинг сарфини ўлчашда горизонтал ёки оғма трубопроводлардан стандарт диафрагмаларда чўқиндилар пайдо бўлиши мумкин. Шу сабабли бундай оқимлар учун торайтирувчи қурилмалар сифатида сегмент диафрагмалардан фойдаланилади.

Газлар ажралиши мумкин бўлган суюқликлар сарфини ўлчашда ҳам сегмент диафрагмалардан фойдаланиш мумкин, ammo уларда газ оқиб чиқиш тешиклари труба кесимининг юқори қисмида жойлашган бўлиши лозим.

Босимлар фарқи ўзгарувчан сарф ўлчагичлар қуйидаги асосий афзалликлари сабабли ғоятда кенг қўлланилади:

1) торайтирувчи қурилмалар—сарф ўлчашнинг содда, арзон ва ишончли воситаси;

2) торайтирувчи қурилмалар универсалдир, яъни улар босимлар, температура ва трубопровод диаметрларининг кенг диапазонида амалда ихтиёрий бир фазали (баъзида икки фазали ҳам) муҳитларнинг сарфини ўлчашда қўлланилиши мумкин;

3) стандарт торайтирувчи қурилмаларни даражалаш хараakterистикаси ҳисоблаш йўли билан топилиши мумкин, шунинг учун намуна сарф ўлчагичларга ҳожат қолмайди;

4) турли шароитларда ўлчаш учун ишланиши бўйича бир типли дифманометрлар ва иккиламчи асбоблардан фойдаланиш мумкинлиги; ҳар бир сарф ўлчагич учун фақат торайтирувчи қурилмалар индивидуал бўла олади.

Афзалликлари билан бир қаторда бундай сарф ўлчагичларнинг камчиликлари ҳам бор:

1) сарф ва босимлар фарқи орасидаги боғланишнинг чиқиқсизлиги, бу ўлчаш хатолигининг катталиги сабабли $0,3 Q_{\text{вп}}$ дан кам сарфни ўлчашга имкон бермайди;

2) сарфларни кичик Re сонларда ёки кичик диаметрли трубаларда ўлчаш учун торайтирувчи қурилмаларни даражалаш алоҳида-алоҳида олиб борилиши зарурлиги;

3) торайтирувчи қурилмалар сарф ўлчагичлар чегараланган аниқликка эга, бунда ўлчаш хатолиги трубопровод ҳолатига, босим ўзгармаслигига ва ўлчанаётган муҳитга боғлиқ равишда кенг чегараларда (1,5—3%) ўзгаради;

4) узун импульсли трубалар борлиги сабабли чегараланган тезкорлик (инерционлиги катта) ва шу муносабат билан тез ўзгарадиган сарфларни ўлчашдаги қийинчиликлар.

14.4. § Стандарт торайтирувчи қурилмаларни ҳисоблаш

1982 йилдан бошлаб „Газ ва суюқлик сарфини стандарт торайтирувчи қурилмалар РД 50 213—80 ёрдамида ўлчаш қоидалари“ жорий этилди.

Қоидалар газ ва суюқлик сарфини ўзгарувчи босимлар фарқи усули билан ўлчаш асосларини ва сарф ўлчагичларга қўйиладиган умумий техник талабларни белгилаб берган.

Торайтирувчи қурилмани танлашда қуйидаги мулоҳазалардан фойдаланиш зарур:

1) торайтирувчи қурилмаларда босимнинг йўқолиши қуйидаги кетма-кетликда ортиб боради: Вентури трубаси, Вентурининг узун соплоси, Вентурининг қисқа соплоси, сопло, диафрагма;

2) m ва ΔP ларнинг бир хил қийматларида ва бошқа шарт-шароитларда сопло диафрагмага қараганда каттароқ сарфни ўлчаш имконини беради ва диафрагмага қараганда юқорироқ аниқликни (айниқса кичик m лар учун) таъминлайди;

3) торайтирувчи қурилма кириш профилининг ўзгариши ёки ифлосланиши фойдаланиш жараёнида диафрагманинг сарф коэффициентига соплонинг сарф коэффициентига нисбатан кўпроқ таъсир этади.

Дифманометрнинг типи ва хили қуйидаги шартларга кўра танланади:

1) дифманометр айна асбобни ишлатишга оид қўлланмада кўрсатилган муҳитларнинггина сарфини ўлчаш учун қўлланиши мумкин (агар дифманометр сезгир элементини узлуксиз ҳимоя қилинмаётган ёки ажратувчи идишлар қўлланмаётган бўлса);

2) электр энергиядан фойдаланувчи дифманометр мос норматив ҳужжатлар талабини қондириши лозим;

3) трубопроводдаги максимал иш босими торайтирувчи қурилма олдида дифманометр мўлжалланган максимал иш босимдан катта бўлмаслиги керак.

ГОСТ 18140—77 бўйича мамлакатимизда қуйидаги қатордаги босим фарқи чегараларига мос келадиган дифманометрлар чиқарилади: 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500; 4000; 6300; 10000; 16000 ва 25000 Па ҳамда 0,04; 0,063; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4 ва 0,63 МПа. Дифманометрнинг юқориги ўлчаш чегараси берилган максимал сарфга мос келиши керак.

Сериялаб чиқарилаётган дифманометрлар учун босимнинг номинал фарқи чегараси ΔP_n ушбу ГОСТ 18140—77 да кўрсатилган сонларнинг стандарт қаторидан олиниши лозим. Бунда қуйидагиларни назарда тутиш керак:

1) босим фарқи ΔP_n қанча катта бўлса, берилган сарфни ўлчаш учун торайтирувчи қурилманинг нисбий юзи m шунча кичик бўлиши керак; m қанча кичик бўлса, берилган сарфни

ўлчаш аниқлиги шунча юқори бўлади ва торайтирувчи қурилмада босим йўқотилиши шунча катта бўлади;

2) агар торайтирувчи қурилмада босимнинг йўл қўйилган йўқолиши берилган бўлса, унда ΔP_n нинг энг катта қиймати сифатида шундай қиймат олинадики, унда босимнинг йўқолиши йўл қўйилганидан кичик бўлади. Торайтирувчи қурилмада босим йўқолишининг аҳамияти бўлмаса, ΔP_n фарқи m сони 0,2 га яқин бўладиган қилиб танланади (нисбий юзнинг кейинги камайтирилиши фақат Рейнольдс сонининг ўлчанаётган сарфга таъсирини камайтиришда ёки трубопроводнинг тўғри участкаси узунлигини қисқартиришдаги хатоликни камайтиришда мақсадга мувофиқ).

Дифманометрда юқориги ўлчаш чегараси ўлчанаётган сарфнинг энг катта қиймати $Q_{\max}$ бўйича шундай аниқланадики, $Q_{\text{пр}}$ нинг ГОСТ 18140—77 бўйича олинган яқин қиймати $Q_{\max}$ қийматдан катта ёки унга тенг бўлади. Максимал сарф ГОСТ 18140—77 га кўра қуйидаги қаторга мос келиши зарур: 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10 ва ҳоказо.

Суюқлик сарфини ўлчаш учун торайтирувчи қурилма тешиги диаметрини ҳисоблаш.

Бунда қуйидаги бошланғич маълумотлар берилган бўлиши зарур; суюқликнинг максимал сарфи $Q_{\max}$; ўртача сарфи $Q_{\text{ср}}$; суюқлик температураси t ; суюқлик зичлиги ρ ва иш суюқлиги зичлиги ρ' ; ортиқча босим p ; атроф муҳитнинг барометрик босими P_6 ; трубопровод диаметри D ; трубопровод ва торайтирувчи қурилма материали; суюқликнинг максимал сарфда торайтирувчи қурилмадаги босимнинг йўл қўйиладиган йўқолиши $P_{\text{дп}}$; қовушоқлик μ ёки ν ва ҳоказо.

Торайтирувчи қурилма, дифманометрнинг типи ва хили, унинг юқориги ўлчаш чегараси $Q_{\text{пр}}$ танланади. Дифманометр номинал босим фарқи чегараси аниқланади. Бунда икки ҳол юз бериши мумкин.

1. Торайтирувчи қурилмада босимнинг йўл қўйиладиган йўқолиши $P_{\text{дп}}$ сарф $Q_{\max}$ бўлганда берилган. $Q_{\text{пр}}$ сарфда босимнинг бу йўқолиши $Q_{\text{дп}}$ топилади:

$$P_{\text{дп}} = P'_{\text{дп}} \left(\frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\max}} \right)^2 \quad (14.28)$$

қўшимча қиймат C_1 ва C_2 лар ҳисобланади:

$$C_1 = \frac{Q_{\text{р-пр}} \sqrt{P}}{0,01252 D^2}, \quad (14.29)$$

$$C_2 = \frac{Q_{\text{м-пр}}}{0,01252 D^2 \sqrt{P}}, \quad (14.30)$$

бунда $Q_{\text{р-пр}} - Q_{\text{пр}}$ — сарфнинг ҳисобланган қиймати; $Q_{\text{м-пр}} - Q_{\text{пр}}$ — сарфнинг максимал қиймати. C нинг ҳисобланган ва учта маъноли рақамгача яхлитланган қиймати бўйича ҳамда

берилган $P_{д.н}$ қиймат бўйича изланган ΔP_n ни ва m нинг тақрибий қиймати топилади.

2. Торайтирувчи қурилмада босимнинг йўл қўйиладиган йўқолиши берилмаган. Ёрдамчи C_1 миқдорни юқорида кўрсатилган (14.29) формула билан ҳисобланади. Номограмма бўйича (қоидаларнинг 32 — 34 иловаси) нисбий юз $m = 0,2$ га мос келган ΔP ни топилади. Агар бунда C қийматга мос келган $m = 0,2$ чизикдаги нуқта икки эгри чизик ΔP_n орасида жойлашган бўлса, у ҳолда ΔP_n нинг яқин қийматини қабул қилинади ва ўша C учун m нинг мос қийматини аниқланади, зарур бўлганда мос босим йўқолиши $P_{д.н}$ топилади.

Ушбу $Re > Re_{min}$ шарт текширилади, агар у бажарилса, ҳисоблашлар давом эттирилади. Агар $Re < Re_{min}$ бўлса, унда сарф ўлчагичнинг қабул қилинган параметрларида мазкур усул билан ўлчаш мумкин эмас. Ёрдамчи m_a қийматни тўртта маъноли рақамгача ҳисобланади:

$$m_a = \frac{C}{\sqrt{\Delta P}}, \quad (14.31)$$

бунда ΔP — торайтирувчи қурилмада Q_{max} га мос келган максимал босим фарқи.

m_a нинг α нинг мос қийматига бўлган ҳолда, m_a нинг маълум қийматлари учун m ни тўртта маъноли рақамгача ҳисобланади.

Торайтирувчи қурилма тешигининг изланган диаметри ҳисобланади:

$$d_{20} = \frac{D}{K_t} \sqrt{m}, \quad (14.32)$$

бунда K_t — торайтирувчи қурилма материалынинг иссиқликдан кенгайиши учун тузатма кўпайтувчи.

Топилган m , d ва α қийматларда ΔP_n (ёки ΔP) га мос сарф Q_{max} ни ҳисоблаб, ҳисоблашларнинг тўғрилиги текширилади.

Газ сарфини ўлчаш учун торайтирувчи қурилма тешиги диаметрини ҳисоблаш

Бунинг учун қуйидаги бошланғич маълумотлар зарур: газнинг максимал сарфи $Q_{ном\ max}$; ўртача сарфи $Q_{ном\ ср}$; газнинг компонент таркибидаги ёки нормал шароитдаги зичлик $\rho_{ном}$; газ температураси t ; газ оқимининг ортиқча босими P_n ; атрф муҳит барометрик босими P_6 ; торайтирувчи қурилмада газ сарфи максимал бўлганда босимнинг йўл қўйиладиган йўқолиши $P_{д.н}$; иш шароитларида газ намлиги φ ; трубопровод диаметри D , трубопровод ва торайтирувчи қурилма materiali. Газ оқимининг параметрлари P_n , P_6 , t , $\rho_{ном}$, φ сифатида сарф ўлчагич ишининг шароити ва режимига қараб, уларнинг ўрталаштирилган қийматлари қабул қилинади.

Трубопроводнинг шартли диаметрини мос стандарт талабларга қараб танланади, бунда торайтирувчи қурилмаларнинг нисбий юзлари учун Рейнольдс сонини таъминлаш нуқтаи назаридан келиб чиқилади.

Ҳисоблаш учун етишмаган маълумотлар аниқланади, уларга қуйидагилар кирази: температуранинг абсолют қиймати ва газ босими; адиабата кўрсаткичи; газ оқимининг иш шароитларида сиқилувчанлик коэффициенти ва қовушоқчилиги; Рейнольдс сони; иш температурасида трубопроводнинг ички диаметри.

Қўшимча (ёрдамчи) C катталикини қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади: қуруқ газ сарфини ўлчашда

$$C_1 = \frac{Q_{\text{ном}} \cdot \text{пр}}{0,2109 \cdot D^2} \sqrt{\frac{\rho_{\text{ном}} \cdot T \cdot K}{P}}, \quad (14.33)$$

нам газнинг қуруқ қисми сарфини ўлчашда

$$C_2 = \frac{Q_{\text{ном}} \cdot \text{пр} \cdot T \cdot K \sqrt{\rho_{\text{в.ч}}}}{3,553 \cdot D^2 (t - \varphi P_{\text{в.п}} \cdot \text{мах})}. \quad (14.34)$$

C нинг ҳисобланган, учта маъноли рақамгача яхлитланган қиймати бўйича ва $P_{\text{д.п}}$ нинг номограммалар билан берилган қиймати бўйича изланган $\Delta P_{\text{н}}$ ни ва m нинг тақрибий қиймати топилади.

Агар изланган нуқта икки эгри чизиқ орасида жойлашган бўлса, унда $\Delta P_{\text{н}}$ нинг яқин кичик қиймати қабул қилинади, у қиймат бўйича C нинг ўша қийматида m ни топилади. $\Delta P_{\text{н}}$ нинг қийматларидан (номограммалардаги яхлит чизиқлар) торайтирувчи қурилмани ҳалқали, қўнғироқли, мембранали ва сильфонли дифманометрлар билан комплектада ҳисоблашда фойдаланилади. Қалқовучли дифманометрлар қўлланганда $\Delta P_{\text{н}}$ қийматларидан (пунктир чизиқлар) ўлчанаётган модда оқимининг зичлиги (иш босими P ва $t = 20^\circ \text{C}$ да) 1000 кг/м^3 бўлганда, унинг қийматларидан (штрих—пунктир чизиқлар) $\rho' = 2000 \text{ кг/м}^3$ бўлганда, $\Delta P_{\text{н}}$ қийматларидан (узлуксиз чизиқлар) ρ' жуда кичик (ҳисобга олмаса бўладиган даражада кичик) бўлганда фойдаланилади ρ' нинг оралиқ қийматлари учун чизиқли интерполяция бажарилади.

$Re > Re_{\text{min}}$ (Re ни $Q_{\text{ном ср}}$ да ҳисобланади) шарт текширилади, агар у бажарилса, ҳисоблаш давом эттирилади. Ёрдамчи миқдор (m_{α}) тўртта маъноли рақамгача ҳисобланади:

$$(m_{\alpha})_1 = \frac{C}{\varepsilon_1 \sqrt{\Delta P}}. \quad (14.35)$$

бунда ε_1 — дифманометр босими фарқининг юқори чегараси учун аниқланадиган газ кенгайиши коэффициенти; ΔP — торайтирувчи қурилмада $Q_{\text{ном пр}}$ га мос энг катта босим фарқи.

m_{α} нинг маълум қийматлари учун m_{α} ни α нинг мос қий-

матига бўлиб, m нинг қиймати тўртта маъноли рақамларгача топилади.

Ўша ΔP (ёки ΔP_n) ва P ларда нисбий юз m_1 га мос келган ε_2 қиймат топилади; сўнгра $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$ айирма ҳисобланади. Агар бу айирма 0,0005 дан ортмаса, унда m ва ε_2 қийматлар узил-кесил деб ҳисобланади. $\varepsilon_1 - \varepsilon_2 > 0,0005$ бўлса, ёрдамчи катталик $(m_a)_2$ ни ε_2 да ҳисоблаш керак:

$$(m_a)_2 = \frac{C}{\varepsilon_2 \sqrt{\Delta P}}, \quad (14.36)$$

кейин m_2 ва унга мос ε_2 қиймат топилади. Ҳисоблашларни $\varepsilon_{j+1} - \varepsilon_j < 0,0005$ тенгсизлик бажарилгунча давом эттирилади. m нинг топилган узил-кесил қиймати бўйича торайтирувчи қурилма тешиги диаметри қуйидаги формуладан топилади.

$$d_{20} = \frac{D}{K_t} \sqrt{m}, \quad (14.37)$$

Ҳисоблашларнинг тўғрилигини топилган m , d ва α қийматлар учун ΔP_n (ΔP) га мос $Q_{\text{ном} \cdot \text{мах}}$ сарфни ҳисоблаб текширилади.

Ўта қиздирилган буғ сарфини ўлчаш учун торайтирувчи қурилмани ҳисоблашга мисол

I. Берилган: энг катта ўлчанаётган сарф $Q_{m \text{ max}} = 63,9$ кг/с; энг кичик ўлчанаётган сарф $Q_{m \text{ min}} = 50$ кг/с; торайтирувчи қурилма олдида буғнинг абсолют босими $P = 9,807$ МПа = 9807000 Па; торайтирувчи қурилма олдида буғ температураси $T = 783,15$ К; сарф $Q_{m \text{ max}}$ бўлганда босимнинг йўл қўйилган йўқолиши $P_{\text{д.п}} = 0,20$ МПа = 200000 Па; торайтирувчи қурилма олдида 20°C бўлганда трубопровод ички диаметри $D_{20} = 0,217$ м; трубопровод силлиқ, ғадир-будурлиги К/Д йўл қўйиладиган ғадир-будурликдан кам (5 бўлим)*; трубопровод материали — пўлат 20.

II. Ҳисоблашлар учун етишмайдиган маълумотларни топиш:

1) буғ температурасини (40) формула бўйича топамиз: $t = T - 273,15 = 783,15 - 273,15 = 510^\circ\text{C}$;

2) торайтирувчи қурилма олдида буғ босимини 7-жадвалдан топамиз:

$$P = 9807000 \cdot 1,01972 \cdot 10^{-5} = 100 \text{ кгк/см}^2;$$

3) иш шароитларида (P ва t) буғ зичлигини 7-илова бўйича топамиз:

$$\rho = 29,35 \text{ кг/м}^3;$$

* Бўлимларга, формулаларга, жадвалларга, иловаларга кўрсатмалар РД 50—213 - 80 бўйича берилган.

4) трубопровод материалнинг иссиқликдан кенгайишига тузатма коэффициент K'_t РД 50 — 213 — 80 ни (ВНИИФТРИ) институтининг Қозон филиали ишлаб чиққан методик материалнинг 22-пунктига асосан топамиз (Қозон, 1933, 111 б.);

5) трубопроводнинг унинг ичидаги бугнинг иш температурасига мос келган ички диаметри (155) — формула бўйича топилади:

$$D = D_{20} \cdot [1 + \rho'_t (t - 20)] = D_{20} \cdot K'_t = 0,217 \cdot 1,0068 = 0,2185 \text{ м},$$

бунда ρ'_t — трубопровод материали иссиқликдан чизиқли кенгайишининг ўртача коэффициенти. $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

6) иш шароитларида (P ва t) бугнинг динамик қовушоқлиги 25-иловадаги графиклардан топилади ва 8-жадвал бўйича СИ системага ўтказилади.

$$\mu = 3,03 \cdot 10^{-6} \cdot 9,80665 = 297 \cdot 10^{-6} \cdot \text{Па} \cdot \text{С}.$$

7) H адиабата кўрсаткичи 13-иловадан топилади:

а) 500°C да $H = 1,2686$, 600°C да $H = 1,2628$;

б) H адиабата кўрсаткичини 510°C да топиш учун 500 ва 600°C орасида чизиқли интерполяциядан фойдаланамиз.

$$H_3 = H_1 + (H_2 - H_1) \frac{510 - 500}{600 - 500} = 1,2686 + (-5,8 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,1 = 1,2680.$$

III. Торайтирувчи қурилма ва дифманометрни танлаш.

8) 12.1.1 пунктга асосан босимни бурчакли усул билан ўлчайдиган диафрагмани танлаймиз, материал Ст: 08;

9) 12.1.2 пунктга асосан мембранали, кўрсатувчи дифманометрни танлаймиз;

10) 12.1.4 пунктга асосан дифманометрнинг юқориги ўлчаш чегарасини танлаймиз $Q_{\text{м пр}} = 80 \text{ кг/с}$.

IV. Дифманометрнинг номинал босим фарқини топиш:

11. Босимнинг йўл қўйилган йўқолиши дифманометрнинг танланган юқориги ўлчаш чегараси $P_{\text{д.п}}$ га тенг сарф бўлганда (163) формула бўйича ҳисобланади:

$$P_{\text{д.п}} = P'_{\text{д.п}} \left(\frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{мах}}} \right)^2 = 0,20 \left(\frac{80,0}{63,9} \right)^2 = 0,313 \text{ МПа}.$$

12. СИ системала ёрдамчи C_2 қийматини (165) — формула ва 35-илова бўйича аниқланади:

$$C_2 = \frac{Q_{\text{м пр}}}{0,0125 \cdot D^2 \sqrt{\rho}} = \frac{80}{1,1105 \cdot 0,2185^2 \sqrt{29,35}} = 278,5.$$

13) Ёрдамчи C_2 катталиқ асосий бирликлар системаси РД 50 — 213 — 80 да

$$C_2 = 0,319 \cdot 278,5 = 88,8.$$

14) босимнинг йўл қўйилган йўқолиши $P_{д.п}$ ни асосий бирликлар системаси РД да 7- жадвал бўйича топамиз:

$$P_{д.п} = 0,313 \cdot 10^6 \cdot 1,01972 \cdot 10^{-5} = 3,19 \text{ кг/см}^2.$$

15) Босимнинг чегаравий номинал фарқи P_n асосий бирликлар системасида номограмма бўйича (32- илова) топилади:

$$\Delta P_n = 6,3 \text{ кгк/см}^2.$$

16) m ва m_1 учун биринчи яқинлашишни номограмма бўйича топилади (32- илова):

$$m_1 = 0,505.$$

17) СИ системасидаги босимнинг чегаравий номинал фарқига мос босим фарқи ΔP_n ни 7- жадвал бўйича СИ системага ўтказамиз.

$$\Delta P_n = 6,3 \cdot 98,0665 \cdot 10^3 = 0,618 \text{ МПа}.$$

18) СИ системада чегаравий номинал босим фарқини сериялаб чиқарилаётган дифманометрлар учун ГОСТ 18140 — 77 нинг 12.1.3 пунктига кўра танланади:

$$\Delta P_n = 0,40 \text{ МПа}.$$

19) Босимнинг максимал фарқи ΔP торайтирувчи қурилмада $\rho' \leq 14 \text{ кг/м}^3$ зичликка эга бўлган модда сарфини мембранали дифманометр билан ўлчаганда (34) формула ёрдамида аниқланади:

$$\Delta P = \Delta P_n = 0,40 \text{ МПа}.$$

20) Рейнольдс сонини 35- иловадаги (81) формула бўйича ҳисоблаймиз:

$$Re = 1,2744 \frac{Q_0 \cdot P}{D \cdot \mu} = 1,2744 \cdot \frac{80 \cdot 29,35}{0,2185 \cdot 297 \cdot 10^{-6}} = 15,71 \cdot 10^{+6}.$$

V. Торайтирувчи қурилма параметрларини топиш:

21) бугнинг торайтирувчи қурилмадан ўтганда зичлигининг ўзгаришини ҳисобга оладиган буг кенгайиш коэффиценти 35- илованинг (59) формуласи бўйича топилади:

$$\epsilon_D = 1 - 10^4 (0,41 + 0,35 m^2) \frac{\Delta P}{P \cdot H} = 1 - (0,41 + 0,35 \cdot 0,505^2) \times \\ \times \frac{0,40}{9,807 \cdot 1,268} = 0,9839;$$

22) ёрдамчи катталик $\frac{C_2}{V \Delta P}$ ни 35- илованинг (160) формуласи бўйича топамиз:

$$\frac{C_2}{V \Delta P} = \frac{278,5}{V \cdot 0,40 \cdot 10^6} = 0,440.$$

VI. Торайтирувчи қурилма кириш қиррасининг тўмтоқлашувига тузатма коэффициент K_n ни ҳисоблаш:

23) n , b ва a коэффициентларни топамиз:

$$n = 4,25 + 142,94 (C - 0,05)^{1,92} = 4,25 + 142,94 \times \\ \times (0,2185 - 0,05)^{1,92} = 8,930;$$

$$b = 0,0020 + 0,2558 \cdot C - 1,68 \cdot C^2 + 2,867 \cdot C^3 = \\ = 0,0020 + 0,2558 \cdot 0,2185 - 1,68 \cdot 0,2185^2 + \\ + 2,867 \cdot 0,2185^3 = 0,0759.$$

$$a = 1 + 0,011 \exp[-55,2 (C - 0,05)^{1,3}] = 1 + 0,011 \exp[-55,2 \times \\ \times (0,2185 - 0,05)^{1,3}] = 1,00005;$$

24) (22)-формула бўйича тузатма коэффициент K_n қиймати-ни топамиз:

$$K_n = a + b \exp[-n (m - 0,05)] = 1,00005 + \\ + 0,00759 \exp[-8,930 (0,505 - 0,05)] = 1,00013;$$

25) сарф коэффициенти α_y ни (20) формула бўйича ҳисобланади:

$$\alpha_y = \frac{1}{\sqrt{1 - m^2}} [0,5959 + 0,0312 \cdot m^{1,05} - 0,1840 m^4 + 0,0029 \times \\ \times m^{1,25} \cdot \left(\frac{10^6}{Re}\right)^{0,75}]. K_{ш} K_{мп} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,505^2}} [0,5959 + 0,0312 \times \\ \times 0,505^{1,05} - 0,1840 \cdot 0,505^4 + 0,0029 \cdot 0,505^{1,25} \left(\frac{10^6}{15,71 \cdot 10^3}\right)^{0,75}] \times \\ \times 1,00018 \cdot 1,00013 = 0,6944,$$

бунда $K_{ш}$ — трубопроводнинг ғадир-будурлик коэффициенти;

26) ёрдамчи катталикни $F_1 = m_1 \alpha_{y_1}$ (16) формула бўйича ҳисоблаймиз:

$$F_1 = 0,505 \cdot 0,6944 \cdot 0,9839 = 0,345;$$

27) нисбий оғиш δ_1 ни қуйидаги формула билан топамиз;

$$\delta_1 = \left(\frac{F_1}{C_2 / \sqrt{\Delta P}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,345}{0,440} - 1 \right) \cdot 100\% = -21\%;$$

28) $|\delta| > 0,2\%$ тенгсизлик ўринли бўлгани учун m ни топиш жараёни давом эттирилади. F сони 22-бандда топилган $C_2 / \sqrt{\Delta P}$ дан кичик бўлгани учун навбагдаги босқичда m_2 ни 0,505 дан катта қилиб танлаймиз;

29) m_2 ни $m_2 = 0,6044$ деб танлаймиз;

30) торайтирувчи қурилма кириш қирраси тўмтоқлашувига тузатма коэффициент K_n ни (22) формула бўйича топамиз:

$$K_n = 1,00005 + 0,00759 \exp[-8,930 (0,6044 - 0,05)] = 1,00010;$$

31) сарф коэффициенти α_{y_2} ни (20) формула бўйича топамиз:

$$\alpha_{y_2} = 0,7405;$$

32) кенгайиш коэффициенти ε_2 ни (59) формула бўйича топамиз:

$$\varepsilon_2 = 1 - (0,41 + 0,35 \cdot 0,6044^2) \cdot \frac{0,40}{9,807 \cdot 1,268} = 0,9827;$$

33) ёрдамчи катталикни топамиз:

$$F_2 = m_2 \cdot \alpha_{y_2} \cdot \varepsilon_2 = 0,6044 \cdot 0,7405 \cdot 0,9827 = 0,4398;$$

34) нисбий оғишни топамиз:

$$\delta_2 = \left(\frac{F_2}{C_2 \sqrt{\Delta P}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,4398}{0,440} - 1 \right) \cdot 100\% = -0,03\%.$$

Энди $|\delta_2| < 0,2\%$ тенгсизлик ўринли бўлгани учун m ни топиш жараёни якунланади:

$$m = m_2 = 0,6044; \alpha = \alpha_{y_2} = 0,7405 \text{ ва}$$

$\varepsilon = \varepsilon_2 = 0,9827$ қийматлар узил-кесил ҳисобланади;

35) Рейнольдснинг минимал сонини 35-илованинг (81) формуласи бўйича топамиз:

$$Re = 1,2744 \frac{Q_{\text{м. мин}}}{D \cdot \mu} = 1,2744 \cdot \left(\frac{50}{0,2185 \cdot 29,7 \cdot 10^{-6}} \right) = 9,819 \cdot 10^6.$$

36) $Re_{\text{мин}}$ нинг минимал жоиз қийматини $m = m_2$ бўлганда 5 11-пунктга кўра топамиз: $Re_{\text{мин}} = 2 \cdot 10^4$

$$Re > Re_{\text{мин}} (9,819 \cdot 10^6 > 2 \cdot 10^4) \text{ шарт бажарилади;}$$

37) торайтирувчи қурилма материалининг иссиқликдан кенгайишига тузатма k_t коэффициенти РД 50-213-80 га методик материалнинг 22-бандига кўра топамиз:

$$K_t = 1,00715;$$

38) торайтирувчи қурилма тешиги диаметри d_{20} ни 20°C да (22) формула бўйича ҳисоблаймиз:

$$d_{20} = \frac{D}{K_t} \sqrt{m} \frac{0,2185}{1,00715} \sqrt{0,6044} = 0,1687 \text{ м.}$$

VII ҳисоблашларни текшириш:

39) босимнинг чегаравий номинал фарқига мос сарф Q_m^p ни 35-илованинг (13) формуласига кўра ва РД 50-213-80 ни қўлланиш бўйича методик материалнинг 31-бандига мос равишда ҳисоблаймиз:

$$\begin{aligned} Q_m^p &= 1,1105 \cdot \alpha \cdot K_t^2 \cdot \varepsilon \cdot d_{20}^2 \sqrt{\rho \Delta P_n} = \\ &= 1,1105 \cdot 0,7405 \cdot 1,00715^2 \cdot 0,9827 \cdot 0,1687^2 \cdot \sqrt{29,35 \cdot 400\,000} = \\ &= 79,93 \text{ кг/с.} \end{aligned}$$

40) ҳисоблаш хатолигини топамиз. Ҳисоблаш хатолиги 0,2% дан ортиқ бўлмаслиги лозим. Акс ҳолда ҳисоблашларга тўғрилаш кирилади:

$$\delta = \frac{Q_{\text{м кр}} - Q_{\text{м}}^p}{Q_{\text{м пр}}} \cdot 100\% = \frac{80 - 79,93}{80} \cdot 100\% = 0,088 \approx 0,1\%.$$

Энди $\delta \approx 0,1 < 0,2\%$ бўлгани учун ҳисоблашлар тўғри бажа-рилган деса бўлади. Шу билан қиздирилган буғ сарфини ўл-чаш учун торайтирувчи қурилмани ҳисоблаш процесси тугади.

14.5-§. БОСИМ ФАРҚЛАРИ ЎЗГАРМАС САРФ ЎЛЧАГИЧЛАР

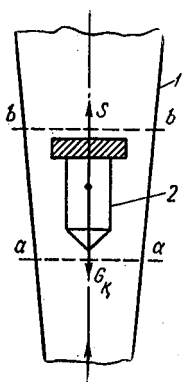
Босим фарқлари ўзгармас сарф ўлчагичлар — ротаметр-лар лабораторияларда ва саноатда кенг ишлатилиб, тоза ҳам-да бир оз ифлосланган бир жинсли суюқлик ва газларнинг сар-фини ўлчашга мўлжалланган.

Асбобнинг ишлаш принципи ўлчанаётган муҳит оқимининг пастдан юқорига ўтишида конуссимон найча ичига жойлашган қалқовичнинг вертикал силжишига асосланган. Қалқовичнинг ҳолати ўзгариши билан қалқович ва конуссимон найчанинг ички деворлари орасидаги ўтиш кесими ўзгаради, натижада ўтиш кесимидаги оқимнинг тезлиги ҳам ўзгаради. Босимлар фарқи қалқович кўндаланг кесими юзининг бирлигидаги мас-сага тенглашгунча у ҳаракатда бўлади. Берилган муҳитнинг ҳар бир сарф катталигига қалқовичнинг муайян ҳолати мос келади. Ротаметрлар босим фарқи ўзгарувчан сарф ўлчагич-ларга нисбатан бир қатор афзалликларга эга: ротаметрларнинг шкалалари тенг бўлинмали бўлиб, унча катта бўлмаган сарф-ларни ўлчашга имкон беради; босимнинг йўқолиши кичик ва у сарф катталигига боғлиқ эмас, ротаметр-ларнинг ўлчаш диапозони катта: $\left(Q_{\text{max}}/Q_{\text{min}} = \frac{10}{1} \right)$.

Асбобнинг ўлчаш қисми (14.11-рasm) вер-тикал жойлашган конуссимон найча 1 ва қал-қович 2 дан иборат.

Конуссимон найчадаги ҳалқанинг кесим юзи баландликка пропорционал ўзгаради. Пастдан юқорига ўтадиган суюқлик ёки газ оқими томонидан қалқовичга кўрсатиладиган кучлар мувозанатлашгунча уни юқорига кў-таради. Кучлар мувозанатлашганда қалқович маълум баландликда тўхтайдди, бу эса сарф миқдорини кўрсатади. Қалқовичнинг иш ҳо-латидаги, яъни ўлчанаётган муҳитга батамом чўккан пайтидаги оғирлиги

$$G_k = V_k (j_k - j), \quad (14.38)$$



14.11- рasm.
Қалқовичли
ротаметр
схемаси.

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

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

$$S = (P_1 - P_2) f_0; \quad (14.39)$$

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

Қалқовичнинг муҳитнинг ўзгармас оқимиға мос бўлган мувозанат ҳолатидаги оғирлик кучи ва итарувчи куч ўртасидаги тенглик қуйидагича:

$$V_k (j_k - j) = (P_1 - P_2) f_0. \quad (14.40)$$

Бу ҳолда ишқаланиш кучи эътиборга олинмайди; (14.40) тенглама асосида қалқовичдаги босимлар фарқи:

$$P_1 - P_2 = \Delta P = \frac{V_k (j_k - j)}{f_0}, \quad (14.41)$$

ΔP — босимлар фарқи, Па.

(14.41) тенглама босимлар фарқининг қалқович ҳажмиға, кесим юзига, қалқович ва муҳитнинг солиштирма оғирликларига, яъни ўлчаш процессида ўзгармайдиган катталикларға боғлиқлигини кўрсатади. Демак, сарф ўлчанаётгандаги босимлар фарқи ўзгармас. Ўлчанаётган муҳитнинг конуссимон найча деворлари ва қалқович орасидаги ўтиш тезлиги:

$$v = \sqrt{\frac{2g (P_1 - P_2)}{j}}, \quad (14.42)$$

бу ерда v — ўтиш тезлиги, м/с (14.42) тенгламадан

$$P_1 - P_2 = \Delta P = \frac{v^2 j}{2g}. \quad (14.43)$$

(14.41) ва (14.43) тенгламаларни тенглаштирсак, оралиқ оқим тезлигига эға бўламиз:

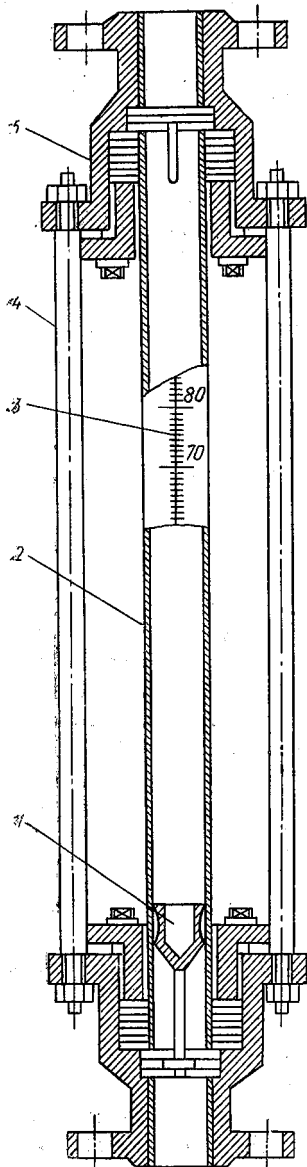
$$v = \sqrt{\frac{2g \cdot V_k (j_k - j)}{j f_0}}. \quad (14.44)$$

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

$$Q_x = \alpha F \sqrt{\frac{2g V_k (j_k - j)}{j f_0}}, \quad (14.45)$$

бу ерда Q_x — ўлчанаётган муҳитнинг ҳажмий сарфи, м³/соат;

α — сарф коэффициенти, бу тажрибада олинган катталик бўлиб, суюқликнинг қалқовича ишқаланиш таъсирини, муҳит



14.12- расм. Шиша труба-
ротаметр.

уюрмаси ҳосил бўлгандаги босим сарфини назарда тутати. Илдиз остидаги катталиклар ўзгармас бўлгани учун уларни K коэффициент билан алмаштириш мумкин:

Унда

$$Q_x = \alpha \cdot F \cdot K. \quad (14.46)$$

Бу боғланиш қизиқли бўлгани сабабли ротаметрнинг шкаласи тенг бўлинмали бўлади. Ротаметрларнинг сарф коэффициенти α ни аналитик усулда аниқлаш қийин бўлган бир қатор катталикларга боғлиқ. Шунинг учун ҳар бир ротаметр тажриба йўли билан даражаланади. Сарф тенгласига кирган барча катталиклар даражаланиш шартларига мувофиқ бўлгандагина шкаланинг бу тарзда даражаланиши аниқ бўлади. Қалқовичнинг устки қисми қия кесиклар тарзида ишланади, шу сабабли қалқович вертикал ўқ атрофида айланади (14.11-расм). Қалқович найча ичида унинг деворларига тегмай айланади, бунда унинг сезгирлиги ошади.

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

14.12- расмда шиша найчали ротаметрнинг тузилиш схемаси кўрсатилган. Бу асбоб корпус 5 га усгунлар 4 ёрдамида ўрнатилган конуссимон найча 2 дан иборат. Найча ичида пастдан юқорига оқадиган суюқлик ёки газ оқими таъсирида вертикал ҳаракат қилувчи қалқович 1 бор. Асбобнинг шкаласи 3 бевосита найча устида (қизиш йўли билан) даражаланади. Ҳисоблашлар қалқовичнинг устки горизонтал текислиги бўйича олиб борилади.

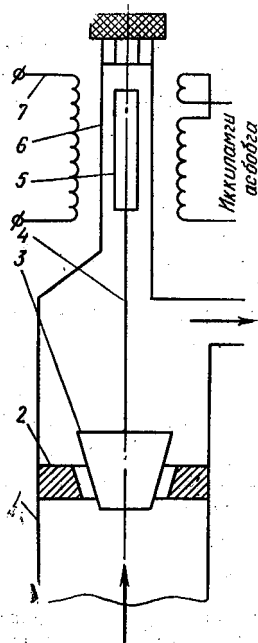
Шиша конуссимон найчали ротаметрлар сув бўйича 3000 л/соат ва ҳаво бўйича 40 м³/соат ўлчов чегарасига; 0,6 МПа(6 кгк/см²) гача иш босимида мўлжалланган.

14.13-расмда кўрсатишларни масофага электр дифференциал трансформатор орқали узатадиган ротаметр схемаси келтирилган. Ротаметрнинг ўлчаш қисми диафрагма 2 ли цилиндрик металл корпус 1 дан иборат (12×18 Н9Т маркали пўлат).

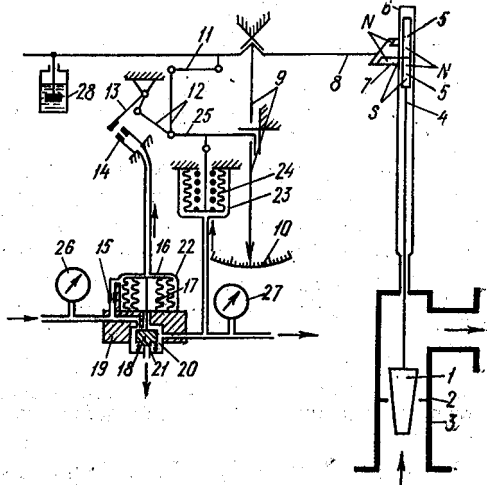
Диафрагма 2 тешигида шток 4 га бикир қилиб ўрнатилган конуссимон қалқович 3 ҳаракат қилади. Штокнинг устки қисмида дифференциал трансформаторли ўзгартгичнинг ўзаги 5 ўрнатилган. Ўзақ найча 6 ичида жойлашган, найча ташқарида эса ўзгартгичнинг ғалтаги 7 бор.

Шкаласиз ротаметрлар кўрсатувчи ёки қайд қилувчи иккиламчи дифференциал-трансформаторли асбоб таркибида ишлатилади. Ротаметрлар ортиқча иш босими таъсиридаги муҳит сарфини ўлчаш учун (6.27 МПа) чиқарилади. Бу асбоблар каттароқ ортиқча босимларга ҳам мўлжаллаб чиқарилади (ГОСТ 13045 — 81). Бундан ташқари, ўзгармас 0...5 мА токли чиқиш сигнали билан ишлайдиган ротаметрлар ҳам мавжуд (ГОСТ 13045 — 81). Уларнинг сув бўйича ўлчаш чегараси 16000 л/соат.

Портлаш ва ёнғин хавфи бор жойларда кўрсатишларни масофага пневматик узатадиган ротаметрлар ишлатилади. Бундай ротаметрнинг принципиал схемаси 14.14-расмда кўрсатилган. Бу ротаметрнинг ўлчаш қисми конуссимон қалқович 1, диафрагма 2 ва 12×18 Н9Т маркали пўлатдан



14.13-расм. Кўрсатишларни масофага электр дифференциал трансформатор ёрдамида узатиладиган ротаметр схемаси.



14.14-расм. Кўрсатишларни масофага пневматик узатадиган ротаметр схемаси.

ишланган цилиндрик металл найча 3 дан ибораг. Қалқович конуссимон трубка ичида ҳаракат қилувчи ротаметр моделлари ҳам мавжуд. Шток 4 да иккита цилиндрик магнит 5 бириктирилган. Бу магнитлар бир-бирига бир хил ишорали қутблари билан қаратилган. Магнитлар қалқович билан бирга найча 6 ичида силжийди. Найча эса магнитмас материалдан тайёрланади. Ташқаридан найча ричаг 8 га ўрнатилган магнит 7 билан ўралган. Цилиндрик магнитлар 5 билан ташқи магнит 7 магнитли муфта-ни ҳосил қилади. Қалқовичнинг магнит муфта ва ричаг 8 ёрдамида ҳаракатланиши ўлчанаётган сарф миқдорини шкала 10 да жойлашган кўрсатувчи стрелка 9 га узатади. Масофага пневматик узатиш механизми компенсация схемаси асосида ишлайдиган ўзгартгичдан иборат („Пневматик ўзгартгичларга қаранг, 11-боб). Ўлчаш системасидаги тебранишларни камайтириш учун демпферловчи қурилма 28 ишлатилади. Пневмо узатишли ротаметрларнинг серияли ишланадиган моделлари 6,27 МПа иш босимиға мўлжалланган. Бу асбоблар билан (сув бўйича) 16 м³/соат гача сарфлар ўлчанади.

14.6-§. ТЕЗЛИК БОСИМИ БЎЙИЧА САРФ ЎЛЧАГИЧЛАР

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

$$P_T - P_c = \frac{v^2 \rho}{2}, \quad (14.47)$$

бундан

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_T - P_c)} = \sqrt{\frac{2}{\rho} P_v}, \quad (14.48)$$

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

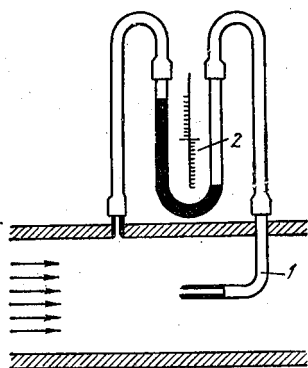
Шундай қилиб, динамик босимни, бинобарин, суюқлик ёки газ ҳаракатининг тезлигини аниқлаш учун тўлиқ ва статик босимлар айирмасини ўлчаш лозим. Тўлиқ ва статик босимлар айирмасини трубопроводга очиқ найча 1 ва дифманометрлар 2 ни 14.15-рисмда кўрсатилгандек ўрнатиш йўли билан ўлчаш мумкин. Дифманометр билан ўлчанган динамик босим

$$P_v = P_T - P_c = h \cdot g \cdot (\rho_1 - \rho), \quad (14.49)$$

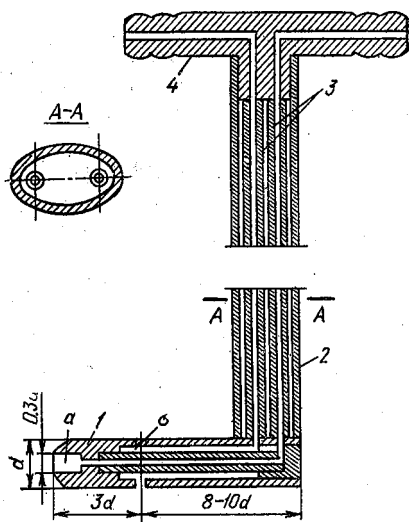
бу ерда h — дифманометрдаги суюқлик сатҳининг фарқи, м; g — оғирлик кучининг тезланиши, м/с²; ρ — дифманометрдаги иш суюқлигининг зичлиги, кг/м³.

Динамик босимнинг (14.49) тенгламадаги қийматини (14.48) формулага қўйсак

$$v = \sqrt{\frac{2g}{\rho} h (\rho_1 - \rho)}. \quad (14.50)$$



14.15-расм. Динамик босимни ўлчаш схемаси.



14.16-расм. Гидродинамик босимни қўшалоқ нормаллашган найча билан ўлчаш.

Кўрилган якка босимли найча орқали ўлчаш усули француз олими Пито томонидан таклиф этилган. Ҳозир гидродинамик босимни ўлчаш учун қўшалоқ нормаллашган найчалар ишлатилади. Бу найчаларда тўлиқ ва статик босимларни ўлчайдиган найчалар конструктив бирлашган. Иккита найчанинг бирлашиши ҳам тўлиқ, ҳам статик босимларни бир нуқтада ўлчашга олиб келади, шу сабабли ўлчашда бирмунча хатога йўл қўйилиши мумкин. Шунинг учун (14.50) формулага тузатиш коэффициентлари киритилади. Унда оқим тезлиги

$$v = \xi \sqrt{\frac{2g}{\rho} h \cdot (\rho_1 - \rho)}. \quad (14.51)$$

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

Ишлатилаётган тезлик найчалари конструкцияси орасида нормаллашган яримсферавий ёки конуссимон (ўткир) учли қўшалоқ найчалар кенг тарқалган (14.16-расм). Бу найчалар учун $\xi = 1$.

Нормал қўшалоқ найча марказий a тешиги бўлган ўлчаш цилиндри 1 дан иборат. a тешик тўлиқ босимни қабул қилади. Ўлчаш цилиндрида иккита ёки тўртта σ тешиклар мавжуд, бу тешикларда статик босим ўлчанади. Ўлчаш цилиндрининг бир учи овал кесимли тутқич 2 га ўрнатилган. Тутқич ўз навбатида икки штуцер 4 га эга. Бу штуцерлар дифманометр билан ўланади. Ўлчаш цилиндрининг марказий тешиги мусбат штуцер билан ўлчаш цилиндри ва тутқичда жойлашган металл

найча ичидаги канал орқали боғланган Тезлик найчаси трубопроводда пармаланган тешикка ўлчаш цилиндри ўлчанаётган модда оқимининг ўқиға мос келадиган қилиб ўрнатилади. Сарфни тезлик найчалари билан ўлчашда оқимнинг ўртача тезлиги аниқланиши керак. Аммо оқим ўқидаги тезлик максимал бўлиб, трубопровод деворларига яқинлашганда камаяди. Оқимнинг ўртача ва максимал тезлиги ўртасидаги нисбат қуйидаги тенглама орқали ифодаланади:

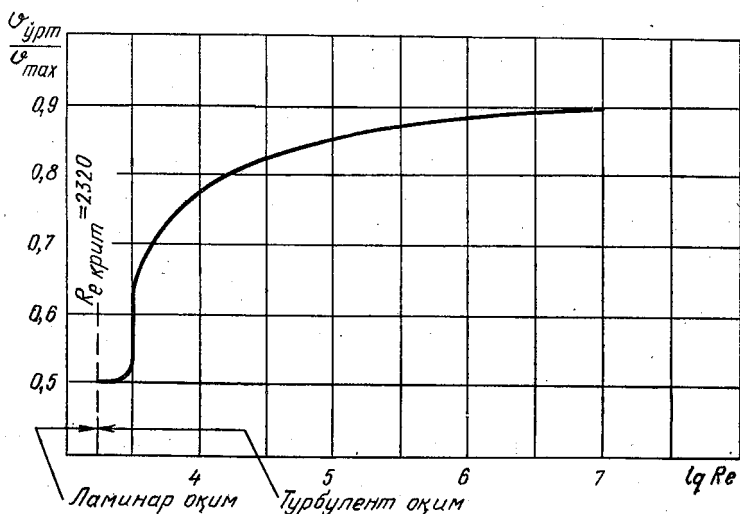
$$\frac{v_{\text{ўрт}}}{v_{\text{max}}} = f(Re) \quad (14.52)$$

бу ерда $v_{\text{ўрт}}$ — оқимнинг ўртача тезлиги, v_{max} — оқимнинг трубопровод ўқи бўйича максимал тезлиги; Re — трубопровод диаметрига оид Рейнольдс сони.

14.17-расмда $\frac{v_{\text{ўрт}}}{v_{\text{max}}}$ нисбатнинг Рейнольдс сонига боғлиқ бўлган, тажриба йўли билан олинган эгри чизиғи келтирилган. Ўртача тезликни бу усулда аниқлаш учун тезлик найчаси трубопровод ўқи бўйлаб ўрнатилади. v_{max} ўлчанади, кейин Re ҳисобланади, шундан сўнг график бўйича v ўртача тезлиكنинг қиймати топилади. Оқимнинг ўртача тезлиги ва трубопроводнинг кўндаланг кесими маълум бўлса, сарф қуйидагича аниқланади:

$$Q = S \cdot v_{\text{ўрт}}. \quad (14.53)$$

бу ерда, S — трубопровод кесими, м²; Q — ўлчанаётган муҳит сарфи, м³/с.



14.17-расм. $v_{\text{ўрт}}/v_{\text{max}}$ нисбатнинг Рейнольдс сонига боғлиқлик графиги.

Ўртача тезлик босимини ўлчаш мураккаблиги, тезлик найчаси тешикларининг ифлосланиши, сезгир дифманометрларни ишлатиш зарурлиги ўлчашнинг юқоридаги усулини чеклайди. Тезлик босими сарф ўлчагичлари, асосан, лаборатория шароитларида, экспериментал ишлардаги катта диаметрли трубопроводларда суюқлик ва газларнинг катта тезликдаги оқим сарфини ўлчашда ишлатилади.

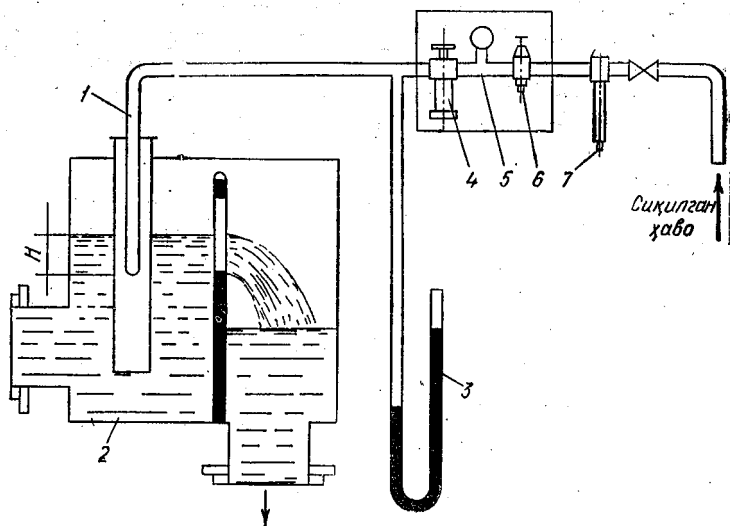
Ўлчанаётган муҳит тоза бўлиб, унинг таркибида қаттиқ заррачалар бўлмаслиги лозим. Тезлик найчалари ишлатилганда деярли босим йўқотилиши кузатилмайди. Бу эса ушбу усулнинг афзаллигидир.

14.7-§. ЎЗГАРУВЧАН САТҲЛИ САРФ ЎЛЧАГИЧЛАР

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

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

14.18-расмда кўрсатилган сарф ўлчагич икки штуцерли тўртбурчак корпус 2 дан иборат. Штуцерлардан бири корпуснинг ёнида жойлашган ва суюқликни киритиш учун, иккинчиси эса пастда жойлашиб, суюқликнинг оқиб чиқиши учун хизмат қилади. Корпус ички томонидан тўсиқ билан бўлинган, бу тўсиққа профилланган тешикли шчит герметик равишда маҳкамланган. Идишдаги суюқлик оқиб чиқадиган тирқиш олдида муҳофазаловчи филофли пьезометрик трубка 1 чўктирилади. Ҳайдалган ҳаво миқдори назорат стаканчаси 4 ёрламида текширилади. Ҳаво босими редуктор 6 орқали ўзгармас қилиб сақланиб турилади ва манометр 5 билан ўлчанади. Филтр 7 ҳавони тозалайди. Сиқилган ҳавони ростловчи ва дозаловчи аппаратура махсус панелга ўрнатилади. Пьезометрик найчадаги босим тирқиш олдидаги суюқлик устунининг зичлиги ва



14.18- расм. Суюқлик оқиб чиқадиған тирқиш тешикли сарф ўлчағич.

баландлиги билан, демак, суюқликнинг массавий сарфи билан бир хилда боғлиқ. Пьезометрик найчадаги гидродинамик босимнинг қиймати дифманометр 3 билан ўлчанади. 14.18- расмда келтирилган сарф ўлчағичнинг хусусиятларидан бири иккиламчи асбоб шкаласининг бўлинмалари тенглигидадир.

Ихтиёрий шаклдаги тешик учун Q ва H нисбатни аниқлаймиз (14.19- расм).

x кенглик ва dy баландликдаги ds элементар юз учун сарфнинг дифференциал шаклда олинган асосий (14.12) тенгламасини қўллаш мумкин:

$$\begin{aligned} dQ &= \alpha \cdot d \cdot S \cdot \sqrt{2g \cdot (H - y)} = \\ &= \alpha \cdot x \cdot \sqrt{2g} (H - y) dy. \end{aligned} \quad (14.54)$$

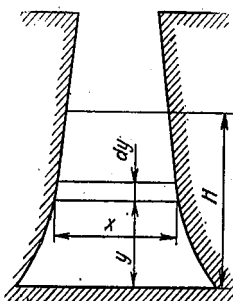
(14.54) тенгламани интеграллаб, сарф катталигига эга бўламиз:

$$Q = \sqrt{2g} \int_0^H \alpha \cdot x \cdot \sqrt{H - y} dy. \quad (14.55)$$

(14.55) тенгламани ечиш учун x ва y боғланишни билиш керак.

Асбоб шкаласи тенг бўлинмасы бўлиши учун Q ва H ўртасидаги нисбат чизиқли бўлиши керак, яъни

$$Q = K \cdot H, \quad (14.56)$$



14.19- расм. Оқова шаклидаги оқиб чиқиш тешиги.

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

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

Q нинг (14.56) даги қийматини (14.55) га қўйсак,

$$\int_0^H \alpha x \sqrt{H-y} dy = \frac{K}{\sqrt{2g}} H. \quad (14.57)$$

ҳосил бўлади.

Бу тенгламадан изланаётган нисбатни аниқлаймиз:

$$x = f(y).$$

у ўсиши билан x камайиб бориши керак, шу боисдан (14.57) тенглама учун x ва у ўртасидаги гиперболик боғланиш ўринли:

$$x = \frac{C}{\sqrt{H-y}}, \quad (14.58)$$

бу ерда C — маълум доимий катталиқ.

Агар α сарф коэффициенти ўзгармас бўлса, (14.57) тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

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

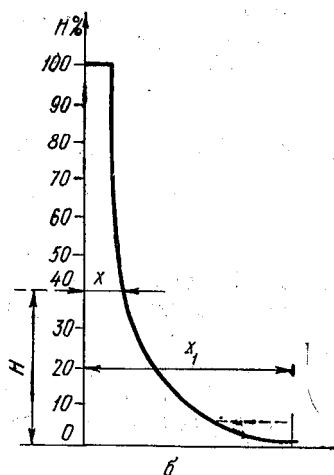
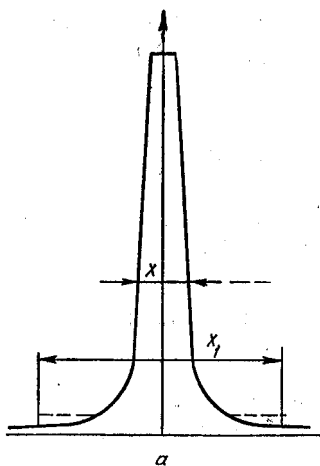
Шундай қилиб, (14.58) гиперболик боғланиш (14.57) тенгламани қаноатлантиради ва тенг бўлинмали шкалани таъминлайди.

Доимий катталиқ C нинг қиймати қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$C = \frac{2K}{\alpha \pi \sqrt{2g}} = \frac{\sqrt{2} Q_{\max}}{\alpha \pi \sqrt{g} H_{\max}}. \quad (14.59)$$

(14.58) тенглама бўйича тайёрланган оқиб чиқиш тешигининг шакли 14.20-расм, а да тасвирланган. (14.58) тенгламадан $y \rightarrow 0$ бўлганда тешик кенглиги $x \rightarrow \infty$ бўлиши келиб чиқади. Демак, баландликнинг 0 дан $H_{\max}$ бўйича тенг бўлинмали шкалага эга бўлиши мумкин бўлмайди. Шунинг учун тешикнинг бошланғич қисми x , кенгликдаги тўғри тўртбурчак шаклида тайёрланади (14.20-расм, б). Тешикнинг бу нотекис шкалалари қисми унча катта бўлмаган катталиқ, яъни $Q_{\max}$ нинг 5...10% ини ҳосил қилади.

Тирқишли сарф ўлчагичнинг сарф коэффициентини тирқишнинг геометрик шаклига, айниқса кириш қисмидаги қирранинг ўткирлигига боғлиқ. Тақрибий ҳисобда сарф коэффициентини α



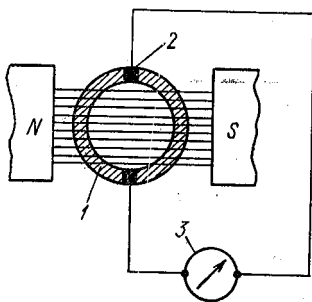
14.20- расм. Сарф ва идишдаги суюқлик сатҳи ўртасида пропорционалликни таъминловчи оқиб чиқиш тешигининг схемаси: а — симметрик тешик; б — носимметрик тешик.

нинг қийматини 0,6 га тенг деб қабул қилинади. Сарф коэф-фициентининг аниқ қиймати асбобнинг ўзини даражалашда аниқланади.

Тирқишли сарф ўлчагичларда босим мембранали дифманометр орқали ўлчанади. Сарф ўлчагич билан дифманометр ўртасидаги пневматик найнинг узунлиги 35 м дан, дифманометр ва иккиламчи асбобларни уловчи найнинг узунлиги эса 300 метрдан ошмаслиги керак. Ўлчаш диапазони 10 ... 50 м³/соат бўлган қурилманинг асосий хатоси $\pm 3,5$ процент.

14.8- §. ИНДУКЦИОН САРФ ЎЛЧАГИЧЛАР

Индукцион (электромагнит) сарф ўлчагичларнинг ишлаш принципи ташқи магнит майдон таъсирида электр токини ўтказувчи суюқлик оқимида ҳосил бўлган ЭЮК ни ўлчашга асосланган. Индукцион сарф ўлчагичнинг схемаси 14.21- расмда кўрсатилган.



14.21- расм. Индукцион сарф ўлчагич схемаси.

Магнитнинг N ва S қутблари орасидан магнит майдони куч чизиқлари йўналишига перпендикуляр равишда суюқлик трубопроводди I ўтади. Трубопроводнинг магнит майдонидан ўтадиган қисми номагнит материал (фторопласт, эбонит ва бошқалар) дан тайёрланади. Трубопровод деворларида бир-бирига диаметрал қарама-қар-

ши йўналган ўлчаш электродлари 2 ўрнатилган. Магнит майдони таъсирида суюқликдаги ионлар ҳаракатга келади ва ўз зарядларини ўлчаш электродларига бериб, уларда E ЭЮК ҳосил қилади, у оқим тезлигига пропорционал. ЭЮК нинг қиймати, магнит майдони ўзгармас бўлганда, электромагнит индукциясининг асосий тенгламаси орқали аниқланади:

$$E = B \cdot D \cdot v_{\text{ўрт}}, \quad (14.60)$$

бу ерда B — магнит қутблари оралиғида ҳосил бўлган электр магнит индукция, Тл; D — трубопроводнинг ички диаметри (электродлар орасидаги масофа), м; $v_{\text{ўрт}}$ — оқимнинг ўртача тезлиги.

Тезликни Q ҳажмий сарф орқали ифодаласак,

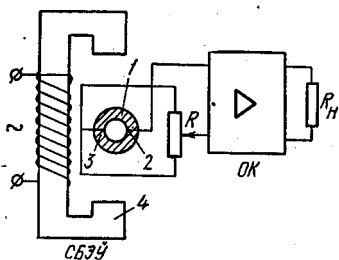
$$E = \frac{4B}{\pi D} \cdot Q. \quad (14.61)$$

Бу формуладан ўзгармас магнит майдонида ЭЮК нинг қиймати сарфга тўғри пропорционал эканлиги келиб чиқади. Ҳозир индукцион сарф ўлчагичлар электр ўтказиш қобилияти $10^{-3} \dots 10^{-5}$ см/м дан кам бўлмаган суюқликларда ишлатилади. Ўзгармас магнит майдонга эга бўлган индукцион сарф ўлчагичларнинг асосий камчилиги — магнит электродларида қутбланиш ва гальваник ЭЮК нинг пайдо бўлишидир. Бу камчиликлар ҳаракатдаги суюқликда магнит майдон томонидан индукцияланган ЭЮК ни тўғри ўлчашга йўл қўймайди ёки қийинлаштиради. Шунинг учун ўзгармас магнит майдонига эга бўлган сарф ўлчагичлар суюқ металллар, суюқликнинг пульсланувчи оқими сарфини ўлчашда ва қутбланиш ўз таъсирини кўрсатишга улгурмайдиган қисқа вақтли ўлчашларда ишлатилади. Ҳозир индукцион сарф ўлчагичларнинг кўпчилигида ўзгарувчан магнит майдонидан фойдаланилади. Агар магнит майдон t вақтда f частота билан ўзгарса, ЭЮК қуйидаги тенглама орқали аниқланади:

$$E = \frac{4QB_{\max}}{\pi D} \sin 2\pi ft, \quad (14.62)$$

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

Ўзгарувчан магнит майдонида электрохимиявий процесслар ўзгармас майдонга қараганда камроқ таъсир кўрсатади. Ўзгарувчан магнит майдонли индукцион сарф ўлчагичнинг принципиал схемаси 14.22-расмда кўрсатилган. Чизмада қуйидаги белгилар қабул қилинган: $СБЭУ$ — ўзгарувчан магнит майдонли сарфнинг бирламчи электромагнит ўзгартгичи. Магнит майдон электромагнит 4 ёрдамида ҳосил бўлади: $Ож$ — оралиқдаги ўлчаш кучайтиргичи $0 \dots 5$ мА ўзгармас ток чиқиш сигналига эга бўлган ўзгартгич; R_{π} — ташқи қаршилик, масалан, иккиламчи асбоб, интегратор ва ҳоказо. R — қаршилик.



14.22- расм. Ўзгарувчан магнит майдонли индукцион сарф ўлчагичнинг принципиал схемаси.

Труба 1 нинг номагнит қисми ичида электромагнит 4 ёрдамида тенг бўлинмали магнит майдон ҳосил бўлади. Суюқликда магнит майдони таъсирида ҳосил бўлган ЭЮК суюқлик сарфига тўғри пропорционал бўлиб, электродлар 2 ва 3 орқали ораликдаги ўлчаш кучайтиргичига узатилади, бу ердан сарфга пропорционал кучланган сигнал чиқади. Кучланган сигнал сарф бирлигида даражаланган ўлчаш асбобига келади. Унификация-

дашган электр чиқиш сигналининг ($0 \dots 5 \text{ мА}$) мавжудлиги иккиламчи назорат асбобларини қўллашга имкон беради.

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

Электромагнит сарф ўлчагичларнинг камчиликларига ўлчанаётган муҳит электр ўтказувчанлиги қийматининг минималлигига қўйилган талабни киритиш лозим, бу уларни қўлланиш доирасини чеклайди. Ўлчаш схемасининг мураккаблиги, кўпгина тўсиқларнинг таъсири эксплуатация қилишни қийинлаштиради.

Индукцион сарф ўлчагичлар $1 \dots 2500 \text{ м}^3/\text{соат}$ ва ундан катта диапазонда диаметри $3 \dots 1000 \text{ мм}$ ва ундан катта трубопроводларда, суюқликнинг чизиқли тезлиги $0,6 \dots 10 \text{ м/с}$ гача бўлганда, сарф ўлчашларни таъминлай олади.

14.9- §. УЛЬТРАТОВУШЛИ САРФ ЎЛЧАГИЧЛАР

Ифлосланган, тез кристалланидиган ва агрессив суюқликлар, шунингдек, тез ўзгарувчан ва пульсланувчи оқимлар, айниқса, электр ўтказмайдиган суюқликлар сарфини ўлчашда индукцион сарф ўлчагичларни ишлатиб бўлмаган ҳолларда ультратовушли қурилмалардан фойдаланилади. Сарф ўлчашнинг ультратовушли усули трубага нисбатан ультратовуш тезлигининг оқим тезлигига боғлиқлигига асосланган. Товуш тўлқинининг ҳаракатдаги муҳитда тарқалишида товушнинг манбадан қабул қилувчи қурилмага етиб бориш тезлиги фақат товушнинг тезлигига эмас, балки ҳаракат қилувчи муҳитнинг тезлиги билан ҳам боғлиқ бўлади. Сарфни ўлчашнинг ультра-

товушли принципи шунга асосланган. Агар товуш тўлқини оқим йўналишида ҳаракат қилса, уларнинг тезлиги қўшилади, товуш оқимга қарши йўналса, тезликлар айирмаси топилади. Ультратовушнинг оқим бўйича ва унга қарши йўналишдаги тезлигининг фарқи оқим тезлигига, бинобарин, оқаётган суюқлик сарфига пропорционал. Ультратовушли сарф ўлчагичларнинг ишлаш принципи қуйидагиларга асосланган:

1) ультратовушнинг оқим бўйлаб ва унга қарши йўналишдаги вақт тафовутини ўлчаш; 2) ультратовуш тебранишларининг оқим бўйлаб ва унга қарши йўналишдаги тебранишлари фазаларининг силжишини ўлчаш; 3) автотебранишлар схемаси вужудга келтирган ва шу билан бирга оқим бўйлаб ҳамда унга қарши йўналишда ҳосил қилинган ультратовуш тебранишлари частотасининг айирмасини ўлчаш.

Ультратовушли сарф ўлчагичлардан бирининг тузилиш схемаси 14.23-расмда кўрсатилган. Бу асбоб икки камалли фазавий схема бўйича ишлайди.

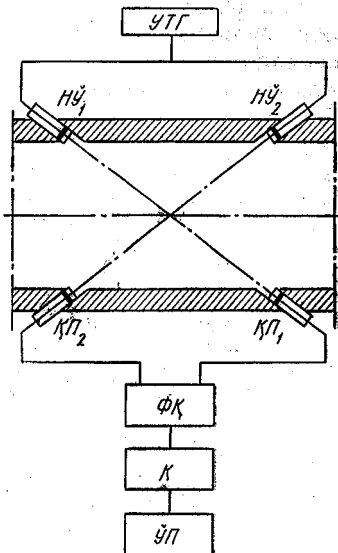
Ультратовушли сарф ўлчагичлари қуйидаги асосий қисмлардан иборат: УТГ — ультратовуш генераторининг таъминлаш манбаи; НЎ₁ ва НЎ₂ — нурланувчи ўзгартгичлар; ҚП₁ ва ҚП₂ — қабул қилувчи пьезоўзгартгичлар; ФҚ — фаза ўзгартирувчи қурилма фазавий силжишларни ўзгартгичлар канали асимметрияси йўли билан бартараф этади; К — электрон кучайтиргич ва ЎА — ўлчаш асбоби. Ўлчаш асбоби сарф бирлигида даражаланади. Пьезоэлементлар сифатида, кўпинча, барий титанатдан ишланган пластинкалар ишлатилади. Пьезоэлементлар кварц, титанат-цирконий, сопол ҳамда магнитострикцион бўлиши мумкин.

Ультратовуш импульслари трубопровод ўқиға шундай бурчакда юбориладики, уларнинг бир каналдаги йўналиши оқим йўналишига мос келсин, иккинчи каналдаги йўналиши эса оқимга қарши боради. Суюқлик ҳаракатсиз бўлган пайтда импульсни D масофага узатиш вақти

$$\tau = \frac{D}{C_a}, \quad (14.63)$$

бу ерда τ — импульсни узатиш вақти, с;
 C_a — суюқликдаги товушнинг тарқалиш тезлиги, м/с.

Агар суюқлик v тезликда ҳаракат қилса, йўналишдаги товушнинг тарқалиш тезлик компоненти $v \cos \theta$



14.23-расм. Ультратовушли сарф ўлчагичнинг тузилиш схемаси.

каби ифодаланади. Импульснинг нурланувчи манбалар орасидаги оқим йўналишида тарқалиши:

$$\tau_1 = \frac{D}{C_a + V \cdot \cos \theta}; \quad (14.64)$$

оқимга қарши йўналишда тарқалиши:

$$\tau_2 = \frac{D}{C_a - V \cdot \cos \theta}. \quad (14.65)$$

Иккала каналдаги частоталар фарқи:

$$\Delta f = f_1 - f_2 = \frac{v \cos \theta}{D}, \quad (14.66)$$

Δf — частоталар фарқи, Гц; θ — суюқликда тўлқинларнинг тарқалиш бурчаги.

Шундай қилиб, суюқлик ҳаракатининг тезлигини кўрсатувчи частоталар фарқи фақат шу тезликка боғлиқ. Ультратовушли сарф ўлчагичларни ишлатиш сарфни контактсиз ўлчашни таъминлайди ва бошқа усулларни қўллаб бўлмаган ҳолларда фойдаланилади. Мураккаблиги туфайли бу асбоблар кенг тарқалмаган. Уларнинг катта камчиликлари: асбоб кўрсатишига ўлчанаётган муҳитнинг физика-химиявий хоссаларининг ўзгариши ҳамда муҳитнинг температураси ультратовуш тезлигига таъсир этади.

14.10-§. КАЛОРИМЕТРИК (ИССИҚЛИК) САРФ ЎЛЧАГИЧЛАР

Калориметрик (иссиқлик) сарф ўлчагичларнинг ишлаш принципи суюқлик ёки газ оқимининг ёрдамчи энергия манбаи ёрдамида қиздирилишига асосланган. Бу энергия манбаи оқим тезлиги ва қиздирувчи қурилмадаги иссиқлик сарфига боғлиқ бўлган температуралар фарқини вужудга келтиради. Агар оқимнинг атроф муҳитга берган иссиқлигини эътиборга олмаёсак, қиздирувчи асбоб сарфланган ва оқимга узатилган иссиқлик ўртасидаги иссиқлик баланси тенгламаси қуйидагича бўлади:

$$g_t = K \cdot Q_m \cdot C_p \cdot \Delta t, \quad (14.67)$$

бу ерда g_t — қиздиргичнинг суюқлик ёки газга берган иссиқлик миқдори Вт; K — труба кесими бўйича температуранинг нотекис тарқалишига тузатиш коэффициенти; Q_m — муҳитнинг масса сарфи, кг/с; C_p — муҳитнинг ўзгармас босимдаги солиштирма иссиқлик сиғими, Ж/(кг · К); Δt — оқим температурасининг қиздиришдан аввалги ва кейинги ўртача қийматининг фарқи, К.

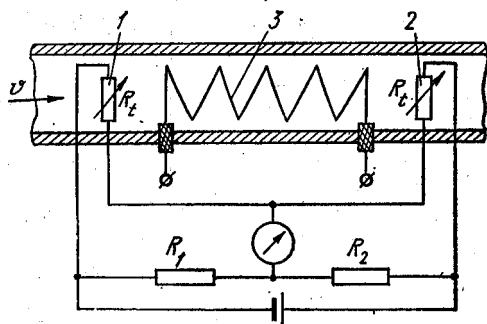
Калориметрик сарф ўлчагичларда оқимга иссиқлик, одатда, электр қиздиргич орқали берилади. Бу ҳолда

$$g_t = 0,24 J^2 R. \quad (14.68)$$

(14.67) ва (14.68) ифодалар асосида масса сарфни топамиз:

$$Q_m = \frac{0,24 \cdot J^2 \cdot R}{K \cdot C_p \cdot \Delta t}. \quad (14.69)$$

Калориметрик сарф ўлчагичлар икки гурпуага бўлинади. Улардан биринчисида сарф қиздиргич истеъмол қилган қувват миқдоридан аниқланади. Бу қувват ўзгармас температуралар фарқи Δt ни таъминлайди. Иккинчи гурпуадаги калориметрик сарф ўлчагичлар сарф қизитгичга берилган ўзгармас қувватдаги Δt температура



14.24- расм. Калориметрик сарф ўлчагич схемаси.

туралар фарқидан аниқланади. Температуралар фарқи, одатда, термопаралар ёки қаршилиқ термометрлари орқали ўлчанади. Қаршилиқ термометрларини бир меъёрли оқим кесими-ни қоплайдиган тўр шаклида тайёрлаб, кесим бўйича ўртача температурани ўлчаш мумкин. Ўлчанаётган муҳит одатда, $1 \dots 3^\circ\text{C}$ га қиздирилади, шунинг учун сарф ўлчанган пайтдаги истеъмол қилинган қувват катта бўлмайди.

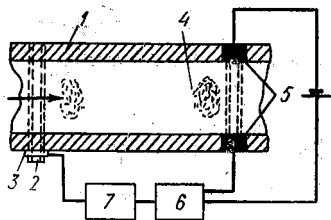
Модда сарфини ўлчашда, кўпинча, иккинчи гурпуа сарф ўлчагичлари ишлатилади. 14.24- расмда иккинчи гурпуа сарф ўлчагичнинг принципаал схемаси тасвирланган. Сарф ўлчагич корпусига кетма-кет уланган иккита қаршилиқ термометрлари 1 ва 2 ўрнатилган. Термометрларнинг кетма-кет уланиши улардаги токнинг тенглигини таъминлайди. Бу ҳол термометрларни қизитгич 3 дан аввалги ва ундан кейинги температуралар фарқи бўйича даражалашга имкон беради. Қаршилиқ термометрларининг икки тирсаги R_1 ва R_2 доимий қаршилиқдан иборат бўлган кўприк тирсакларига уланади.

Калориметрик сарф ўлчагичларнинг афзалликлари — юқори аниқлик классига эга (хатоси $\pm 0,5 \dots 1\%$); ўлчаш диапозони катта ($10:1$), пульсланувчи ва кичик сарфларни ўлчаш имкони бор. Бу асбобларнинг камчилиги — берилган температуралар фарқини ва оқимни иситиш учун электр қувватининг доимийлигини автоматик равишда сақлаш мураккаб.

Калориметрик сарф ўлчагичлар асосан газлар сарфини ўлчаш учун ишлатилади.

14.11- §. ИОНИЗАЦИОН САРФ ЎЛЧАГИЧЛАР

Газлар сарфини ўлчаш учун ионизацион ўлчаш усулидан фойдаланиш мумкин. Бу усул трубопроводдан ўтаётган газларнинг радиоактив нурланиш манбалари ёрдамида даврий ионланишига асосланган. Газнинг ионлашган қисми маълум вақт ўтгач (бу вақт газ тезлигига боғлиқ) нурланиш қабул



14.25- расм. Ионизацион сарф
ўлчагич схемаси.

қилгичига боради ва бу ерда ток импульси ҳосил бўлади. Шундан сўнг импульс кучланади ва бир қатор ўзгаришлардан сўнг сарф бирлигига келтирилади. Шу билан бирга ҳаракатдаги оқимга вақти-вақти билан изотопли радиоактив нишонлар киритилади. Бу нишонлардан чиқадиган импульслар қабул қилувчи қурилма орқали тутилади ва қатор ўзгартувчи элементлар ёрдамида ўлчаш асбобига уза-тилади.

14.25- расмда ионлашган молекулалар ҳосил қилиш йўли билан сарф ўлчайдиган асбоб схемаси келтирилган. Асбобнинг ишлаш принципи қуйидагича: радиоактив манба 2 нурлари трубопровод ёнида жойлашиб, модулятор 3 ёрдамида трубопроводдан ўтаётган газга таъсир қилади. Бунинг натижасида трубопровод ичида муҳитнинг ионлашган қисми вужудга келади (улар ион нишонлар 4 деб аталади) ва газ оқими билан бирга ҳаракат қилади. Нишон ионлашган молекулалар қобиғидан иборат. Нурланиш пайтида модулятор ҳисоб қурилмаси 7 га вақтни ҳисоблаш учун импульс юборади. Ионлашган нишонлар оқим бўйлаб нурланиш манбаидан маълум масофада жойлашган қабул қилгич 5 орқали тутилади. Қабул қилгич трубопровод деворларига ўрнатилган ва улардан изоляция қилинган икки пластинкадан иборат. Пластинкаларга кучайтиргич 6 нинг биринчи каскади юқори омли қаршилик билан кетма-кет уланган таъминлаш манбаининг потенциаллар фарқи уза-тилади. Ионлашган молекулалар қобиғи коллектор ёнидан ўтиши пайтида ҳисоб қурилмаси 7 га кучайтиргичдан импульс келади. Бу импульс модулятор ҳосил қилган импульсга нисба-тан газ оқими тезлигига пропорционал вақтга кечикади. Асбоб шкаласи бевосита газ сарфи бирлигида даражаланади. Асбобларнинг энг катта хатоси ўлчаш чегарасининг $\pm 1,5 \dots \dots 2\%$ ини ҳосил қилади.

Ионизацион асбоблар ишда ғоят қулай ва ишончли, аммо уларни ишлатиш, қўзғатиш ва ремонт қилиш учун махсус хизматхона, хизмат кўрсатувчи ходимлар талаб қилинади, радиактив нурланишдан тегишли ҳимоя керак бўлади. Шунинг учун амалда сарфни ўлчаш учун нейтрал нурланиш, масалан, ультратовуш нурланиш маъқулроқ.

15-боб. СУЮҚЛИК ВА СОЧИЛУВЧИ МОДДАЛАР САТҲИНИНГ БАЛАНДЛИГИНИ ЎЛЧАШ

15.1-§. АСОСИЙ МАЪЛУМОТЛАР ВА КЛАССИФИКАЦИЯСИ

Суюқлик ва сочилувчан моддалар сатҳининг баландлигини ўлчаш технологик жараёнларни автоматлаштиришда муҳим аҳамиятга эга. Сатҳ баландлигини ўлчаш модданинг идишдаги миқдорини аниқлаш ва технологик жараёнда иштирок этаётган ишлаб чиқариш аппаратида сатҳ ҳолатини назорат қилишдан иборат.

Ишлаш характери жиҳатидан сатҳ баландлигини ўлчагичлар узлуксиз ва узлукли (релели) бўлади. Релели сатҳ ўлчагичлар модданинг сатҳи маълум баландликка етганда ишлай бошлайди, улар сигнализация мақсадида ишлатилади ва сатҳ баландлиги сигнализатори дейилади.

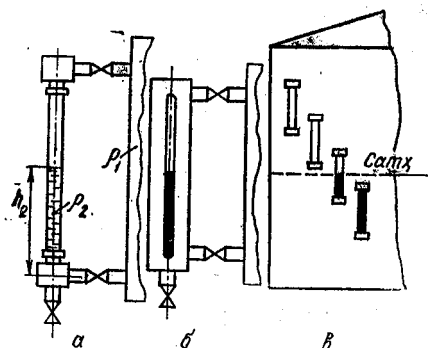
Бу асбоблар ишлаш принципи ва тузилиши жиҳатидан бири-биридан фарқ қилади. Масалан, суюқлик сатҳ баландлигини ўлчашга мўлжалланган асбобларнинг кўпи сочилувчан моддалар сатҳини ўлчаш учун яроқсиз, усти очиқ резервуарларда ишлатиладиган асбоблар эса юқори босимда ишлайдиган резервуарлар учун яроқсиздир ва ҳоказо.

Сатҳ баландлигини назорат қилиш асбоблари шкалали ва шкаласиз бўлади. Шкаласиз асбоблар, одатда, иккиламчи асбоблар билан бирга ишлайди ёки сатҳ баландлигининг чегараси ҳақида мустақил сигнал беради.

Ўлчанадиган муҳитнинг характери ва ишлаш принципига кўра сатҳ баландлигини ўлчаш асбоблари қуйидаги гуруҳларга бўлинади: кўрсатиш ойнаси; қалқовичли; гидростатик; электрик (сифимли, актив қаршиликларининг ўзгаришига мувофиқ ва индуктивли); радиоизотопли; ультратовушли; радиотўлқинли; термокондуктометрли; вазнли ва бошқалар. Шуларнинг айримлари билан танишиб чиқамиз.

15.2-§. КЎРСАТИШ ОЙНАСИ

Кўрсатиш ойнаси суюқлик сатҳининг баландлигини ўлчайдиган энг содда мослама. Кўрсатиш ойналари туташ идишлар принципи бўйича ишлайди. Кўрсатиш ойнаси идишга пастки учи (очиқ идишлар учун) ёки иккала учи билан уланган бў-



15.1-расм. Кўрсатиш ойналари:
 а — ўтувчи ёруғликни; б — қайтган
 ёруғликни; в — баланд резервуар-
 ларда бир неча кўрсатиш ойнала-
 рини ўрнатиш.

лади (ортиқча босимли ёки сийракланишли идишлар учун). Шиша найчадаги суюқлик сатҳи ҳолатини кузатиш натижасида идишдаги сатҳнинг ўзгариши ҳақида фикр юритиш мумкин.

Кўрсатиш ойналари уларни идишдан узиб қўйиш ва системани ҳаво ҳайдаб тозалаш учун вентиллар ёки жўмраклар билан таъминланади. Босим остида ишлайдиган идишларнинг кўрсатиш ойналари арматурасида, одатда, сақловчи қурилмалар ўрнатилган бўлади, улар ойна тасодифан синганда, каналларни автоматик беркитади.

Ёруғлик ўтадиган (15.1-расм, а) ва аксланадиган (15.1-расм, б) кўрсатиш ойналари мавжуд. Ўтадиган ёруғлик ойналарида суюқликнинг сатҳи унинг кўрсатиш найчасидаги ҳолатини кузатиш ёрдамида ўлчанади. Юқори босимларда ёруғлик аксланадиган кўрсатиш ойнаси қўлланилади, уларнинг сиртида суюқлик томонидан вертикал қиррали ариқчалар чизиб қўйилган. Ёруғлик нурлари ойнага тушиб газ соҳасидаги ариқчаларнинг оғма қирраларидан аксланади ва суюқлик билан тўлдирилган соҳа ичига ўтади. Шунинг учун ойнанинг суюқликка тегиб турган қисми қорамтир бўлиб туюлади, ойнанинг буг ёки газга тегиб турган қисми эса кумуш-оқ бўлиб кўринади. Бундай кўрсатиш ойналари 2,94 Мпа гача босимга ва 300°C гача температурага мўлжалланган. Мустаҳкамлик шартига кўра узунлиги 0,5 м дан ортиқ бўлган кўрсатиш ойналари тавсия этилмайди. Шунинг учун сатҳнинг катта ўзгариш чегараларида бир неча ойналар (15.1-расм, в) шундай ўрнатиладики, аввалгисининг юқориси кейингисининг пасти билан беркилиб туради. Бундай ўлчашчларнинг асосий қўшимча хатолиги манбаи назорат қилинаётган идиш ва ойнадаги суюқлик зичликларининг температура турличалигидан келиб чиқадиган фарқдан иборат (айниқса, агар идишдаги суюқлик юқори температурада бўлиб, кўрсатиш ойнаси анча нарида бўлса). Зичликларнинг турличалиги идиш ва кўрсатиш ойнасида сатҳларнинг турли бўлишига олиб келади. Бунда ўлчашнинг абсолют хатолиги қуйидаги формула билан ҳисобланиши мумкин:

$$\Delta h = h_2 - h_1 = h_2 \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1} \right), \quad (15.1)$$

бунда h_1 ва h_2 идиш ва кўрсатиш ойнасидаги суюқлик сатҳи баландликлари; ρ_1 ва ρ_2 идиш ва кўрсатиш ойнасидаги суюқликларнинг зичлиги.

Хатолик катта қиймагларга эришиши мумкин, шунинг учун уни камайтириш мақсадида ё асбобни иссиқликдан изоляциялаш, ёки ҳисоб олишдан аввал идишдаги суюқликни ҳайдаб уни тозалаш зарур.

15.3-§. ҚАЛҚОВИЧЛИ САТҲ ЎЛЧАГИЧЛАР

Бу асбоблар билан идишдаги суюқлик сатҳи ўлчанади. Асбобнинг сезгир элементи — қалқович суюқлик сиртида қалқиб туради (15.2-расмда) ва суюқлик сатҳи баландлигидаги ўрни унга таъсир қиладиган кучлар мувозанатига боғлиқ бўлади. Архимед қонунига мувофиқ, қалқович оғирлиги унинг суюқликка ботган ҳажмидаги суюқлик оғирлигига тенг бўлади. Ундан ташқари, қалқовични ўраб олган суюқлик устидаги муҳит ҳаво бўлмай, зичлиги ρ_0 га тенг бўлган модда бўлса, унда қалқович ҳажмидаги бу модда оғирлиги ҳам қалқовични пастга босади, унинг суюқликка ботишини оширади. Бу икки кучга қарши йўналган, қалқовични юқорига кўтарадиган куч F ни қуйидагича ҳисоблаш мумкин:

$$F(x) = \rho_0 g V + (\rho - \rho_0) g \int_0^x S(x) dx, \quad (15.2)$$

бунда ρ_0 — суюқлик устидаги муҳит зичлиги; g — оғирлик кучи тезланиши; V — қалқовичнинг ҳажми; ρ — қалқович ботиб турган суюқлик зичлиги; x — қалқович ботган қисмининг баландлиги; S — қалқовичнинг кўндаланг кесими юзи.

Агар қалқовичнинг кўндаланг кесими S баландлиги h бўйича ўзгармас бўлса,

$$F = Sh\rho_0 g + (\rho - \rho_0) g \cdot S \cdot x. \quad (15.3)$$

Суюқлик устидаги муҳит газ ёки ҳаво бўлса, $\rho_0 = 0$, у ҳолда

$$F = \rho g \int_0^x S(x) dx. \quad (15.4)$$

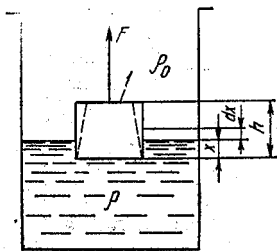
Қалқовичнинг кўндаланг кесими ўзгармас бўлса,

$$F = \rho \cdot g \cdot S \cdot X. \quad (15.5)$$

Қалқовичли сатҳ ўлчагичларда доимий ва даврий чўкадиган (буйкали) қалқовичлар ишлатилади.

Доимий чўкадиган қалқовичли сатҳ ўлчагичларда қалқовични юқорига кўтарадиган мувозанатловчи куч қалқович оғирлигига тенг ва ўзгармас бўлади:

$$F = G = \text{const.}$$



15.2-расм. Қалқович силжишининг схемаси.

Бундан фойдаланиб, қалқовичнинг суюқликка ботган қисмининг баландлигини топиш мумкин:

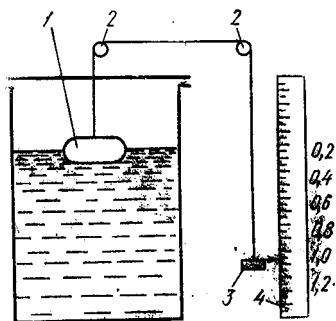
$$x = \frac{G}{S \cdot \rho \cdot g} = \text{const.} \quad (15.7)$$

Бу ҳолда кучлар мувозанатини таъминлайдиган қалқович суюқлик сатҳи баландлигига мувофиқ силжийди. 15.3-расмда шу принципга асосан ишлайдиган доимий чўкадиган қалқовичли сатҳ ўлчагичининг оддий схемаси кўрсатилган. Саноатда қўлланиладиган кўпчилик сатҳ ўлчагичлар шу схема асосида ишлайди. Қалқович 1 роликлар 2 ёрдамида мувозанатловчи юк 3 билан эластик тросс (пўлат сим) орқали боғланган. Юк билан бириктирилган стрелка шкала 4 га мувофиқ суюқлик сатҳ баландлигини кўрсатиб туради.

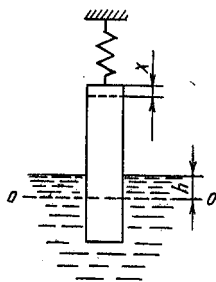
Бу ўлчагичнинг асосий камчилиги — шкаласининг тескарилиги ва тросс оғирлигининг ўзгариши ҳисобга олинмаслиги, баланд идишларда ҳисоблаш қийинлиги ва ҳоказо.

Қалқовичли сатҳ ўлчагичларнинг турли модификациялари мавжуд. Улар бир-биридан тузилиши, ўлчаш характери (узлуксиз ёки қайд қилувчи), масофага узатиш системасини (пневматик, электр ва бошқалар) ишлатиш шартлари ва бошқа хусусиятлари билан фарқ қилади.

Идишдаги суюқлик сатҳининг ўзгаришига қараб қалқовичнинг силжишини камайтириш мақсадида чизиқли характеристикага эга бўлган даврий чўкадиган цилиндрик қалқовичдан фойдаланиш мумкин. Даврий чўкадиган қалқовичли сатҳ ўлчагичининг ишлаш принципи қалқович (буйка) массасининг суюқликка чўкиш чуқурлигига қараб ўзгаришига асосланган. Бундай сатҳ ўлчагичларнинг сезгир элементи оғир жисм (масалан, цилиндр), яъни идиш ичида вертикал осилган ва назорат қилинаётган суюқликка қисман ботирилган (15.4-расм) қалқовичдан иборат. Қалқович бикирлиги C бўлган ва қалқовичга маълум куч билан таъсир этадиган эластик илгакка маҳ-



15.3- расм. Қалқовичли суюқлик сатҳи баландлигини ўлчаш схемаси.



15.4- расм. Ўзгарувчан ботишли цилиндрик қалқович силжшининг схемаси.

камланган (15.4- расмда бундай элемент пружинадир). Суюқлик сатҳини OO ҳолатдан h га орттирилса, итарувчи куч ортади. Бу буйка ни x миқдорида кўтаришга олиб келади, бунда унинг кўтарилиши билан чўкиш кўпаяди, яъни $x < h$. Бу билан куч ўзгаради, шу куч билан илгак буйкага таъсир қилади. Ўзгариш буйканинг чўкиши $h - x$ га ортиши натижасида итариш кучининг ўзгаришига тенг:

$$x \cdot C = (h - x) \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot F - (h - x) \rho_{\text{г}} \cdot g \cdot F, \quad (15.8)$$

бунда C — илгакнинг бикирлиги; $\rho_{\text{ж}}$ $\rho_{\text{г}}$ — суюқлик ва газнинг зичлиги; F — буйка қалқович кўндаланг кесимининг юзи.

Бундан қалқовичли сатҳ ўлчагич статик характеристикасининг ифодасини осонлик билан топиш мумкин:

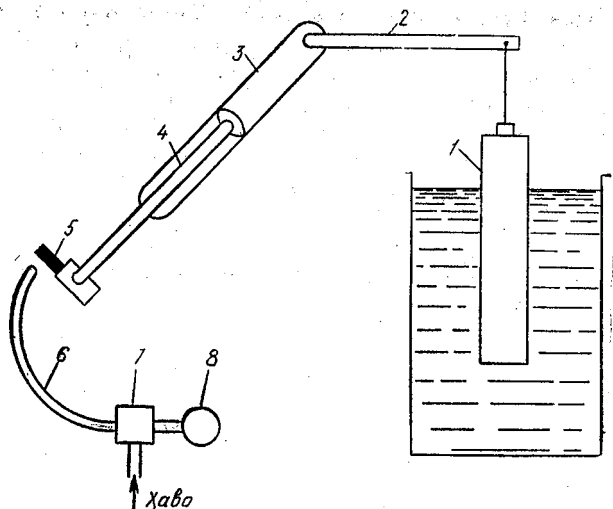
$$x = \frac{h}{1 + \frac{C}{(\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{г}}) \cdot g \cdot F}}. \quad (15.9)$$

Шундай қилиб, қалқовичли сатҳ ўлчагичнинг статик характеристикаси чизиқлидир, бунда унинг сезгирлиги F орттириш билан ёки илгакнинг бикирлиги C ни камайтириш билан орттирилиши мумкин.

(15.9) формуладан кўриниб турибдики, конкрет сатҳ ўлчагичдан фойдаланганда қўшимча хатоликлар ушбу C , F , $\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{г}}$ катталикларнинг ўзгариш ҳисобига пайдо бўлиши мумкин. Шу катталикларнинг ўзгаришига идишдаги температура ва босимнинг ўзгариши сабаб бўлади, бунда $\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{г}}$, айирманинг ўзгаришидан ҳосил бўладиган хатолик энг катта бўлади.

15.5- расмда даврий чўкадиган қалқовичли сатҳ ўлчагичнинг схемаси кўрсатилган. Бу асбоб кўрсатишларни пневматик усулда масофага узатади. Қалқович 1 торсионли найча 3 учига ўрнатилган ричаг 2 га осилган. Қалқович ўз оғирлиги билан торсионли найча ва унинг ичидаги пўлат стержень 4 ни буради, бурилиш бурчаги сатҳ ўзгарганда қалқовичнинг ўзгарадиган оғирлик кучига пропорционал. Қалқович шундай оғирликка эгаки, у суюқликка батамом чўкканда, қалқиб чиқмайди. Стержень 4 нинг бўш учига пневмоқурилма 7 нинг заслонкаси 5 маҳкамланган. Торсионли найча унинг стержени бурилганда сопло 6 га нисбатан шу бурилиш бурчагига тенг бурчакка очилади. Пневмоқурилма 7 тўсиқнинг бурчакли силжишини иккиламчи асбоб 8 орқали ўлчанадиган босимнинг пропорционал ўзгаришига айлантиради. Босим ўлчайдиган асбобнинг шкаласи 8 сатҳ бирлигида даражаланган.

Суюқлик сатҳини масофадан ўлчаш учун куч компенсацияси принципи асосланган, ўзгармас токнинг 0 — 5 ва 0 — 20 мА унификацияланган чиқиш сигналига (УБ-Э типли) ёки 20 — 100 кПа ҳаво босими мўлжалланган (УБ-П типли) қалқовичли сатҳ ўлчагичларини қўлланилади ва қалқовичли сатҳ ўлчагичларининг сатҳ ўлчами диапозони ушбу қатордан тан-



15.5- расм. Даврий чўкадиган қалқовичли ва кўрсатишларни масофага пневматик узатадиган сатҳ ўлчагич схемаси.

ланади: 0 — 0,25; 0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10,0; 16,0 ва 20 м. Аниқлик класси 0,6; 1,0; 1,6 ва 2,5 бўлиши мумкин. Ҳисоб-китоб операциялари учун сатҳ ўлчагичлари асосий хатоликлари $\pm 1,0$ дан 10,0 мм гача (ГОСТ 13702 — 78) бўладиган қилиб тайёрланади.

Агрессив суюқликлар сатҳини ўлчашда қалқович коррозия-бардош материалдан тайёрланади.

Қалқовичли сатҳ ўлчагичлардан катта зичликка эга бўлган (азот, неон ва б.) суюқлаштирилган газ сатҳини ўлчашда ҳам, 32 МПа босимда ва 400°C гача бўлган температурада муҳитни назорат қилишда ҳам фойдаланилади.

Қалқовичли сатҳ ўлчагичлар маълум афзалликларга эга: қурилма содда, ўлчаш диапозони катта, аниқлиги етарлича катта, агрессив ва қовушоқ муҳитлар сатҳини ўлчаш мумкин, ўлчашнинг температура диапозони кенг. Уларни қўлланишни чегараловчи камчиликлари: идишда қалқович борлиги, металл кўп кетиши, кинематик қисмлари борлиги сабабли етарли мустаҳкам эмаслиги, идишларда босим остида сатҳни ўлчаш қийинчиликлари.

15.4- §. ГИДРОСТАТИК САТҲ ЎЛЧАГИЧЛАР

Гидростатик сатҳ ўлчагичлар очиқ идиш ҳамда босим остидаги идишларда турли суюқликлар (жумладан, агрессив, тез кристалланувчи ва қовушоқ моддалар) сатҳини ўлчашда ишлатилади. Бу асбобларда суюқлик сатҳини ўлчаш суюқлик ус-

туни ҳосил қиладиган босимни ўлчаш билан амалга оширила-
ди, яъни

$$P = H \cdot \rho \cdot g, \quad (15.10)$$

бу ерда P — суюқлик устуни ҳосил қилган босим, Па; H — суюқлик сатҳи баландлиги, м; ρ — суюқлик зичлиги, кг/м^3 ; g — оғирлик кучи тезланиши, м/с^2 .

(15.10) тенглама босимни ўлчаш асосида ишлайдиган сатҳ ўлчагичлари қуриш мумкинлигини кўрсатади.

Суюқликнинг гидростатик босимини дифманометр ёрдамида ўлчайдиган гидростатик сатҳ ўлчагичлар дифманометрик сатҳ ўлчагичлар деб аталади.

Суюқликнинг гидростатик босимини ҳаво босимига ўзгартирувчи гидростатик сатҳ ўлчагич пьезометрик сатҳ ўлчагич деб аталади.

Дифманометр билан очиқ ва ёпиқ идишлардаги суюқликлар сатҳини, яъни босим остидаги ёки сийракланиш шароитидаги суюқликлар сатҳини ўлчаш мумкин. Бундай асбобларнинг иш-лаш принципи икки суюқлик устунининг гидростатик босимлар фарқини ўлчашга, яъни идишдаги суюқлик сатҳига боғлиқ бўлган ўзгарувчан суюқлик устуни босимини ва солиштириш ўл-чови вазифасини бажарувчи доимий устун бўйича босимлар фарқини ўлчашга асосланган. 15.6-расмда очиқ идишдаги су-юқлик сатҳ баландлигини дифманометр билан ўлчаш схемаси кўрсатилган. Дифманометрнинг иккала импульсли найчаси 1 контрол суюқлик (агар у агрессив бўлмаса) билан тўлдирила-ди. Дифманометр унинг сезгир элементига таъсир этадиган P_1 ва P_2 босимлар фарқини ўлчайди. Шу босимлар учун (15.10) тенгламага мос равишда қуйидаги ифодаларни ёзиш мумкин:

$$P_1 = (H + h_1) \rho_1 g; \quad P_2 = h_2 \rho_2 g. \quad (15.11)$$

Шундай қилиб, дифманометр идиш 2 даги назорат қили-надиган сатҳ баландлиги H орқали ифодаланадиган босим-лар фарқини ўлчайди:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = (H + h_1) \rho_1 g - h_2 \rho_2 g. \quad (15.12)$$

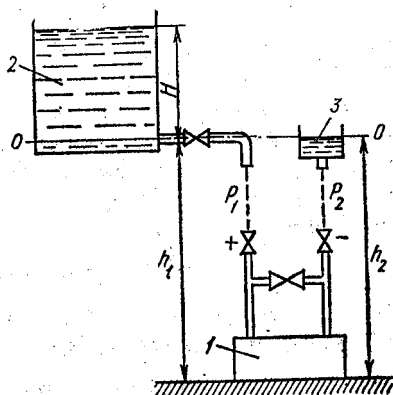
Агар иккала импульсли най-чадаги суюқлик зичлиги ρ_1 ва ρ_2 бир хил бўлса ва $h_1 = h_2$ бўлса, у ҳолда

$$\Delta P = H \cdot \rho \cdot g, \quad (15.13)$$

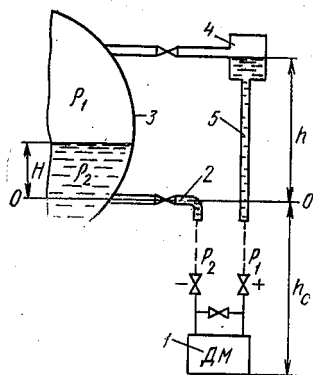
бунда

$$\rho = \rho_1 = \rho_2.$$

(15.12) ва (15.13) лардан кўринадик, дифманометрик



15.6-расм. Очиқ резервуарда суюқлик сатҳини дифманометр билан ўлчаш схемаси.



15.7-расм. Босим остида (берк резервуарда) суюқлик сатҳини дифманометр билан ўлчаш схемаси.

сатҳ баландлиги ўлчагичининг кўрсатиши назорат қилинаётган муҳитнинг зичлиги ўзгариши билан ўзгаради. Агар импульсли найчаларда ρ_1 ва ρ_2 зичликлар айирмаси мавжуд бўлса, кўрсатишларда ҳам хатолик пайдо бўлади (шу хатоликни йўқотиш учун импульсли найчалар ёнма-ён ётқизилади). Ниҳоят, (15.13) формула „минус“ импульсли найчада („—“ белги билан белгиланган) суюқлик сатҳи назорат қилинаётган сатҳ H ўзгариши билан ўзгармаган ҳолдагина ўринли.

Буни таъминлаш учун шу импульсли найчада мувозанатлаштирувчи идиш 3 ўрнатилади. Идиш ва импульсли найча сатҳ ўлчагич шкаласининг бошланғич белгиси деб

қабул қилинган OO сатҳигача суюқлик билан тўлдирилади.

15.7-расмда босим остида берк идишларда) суюқлик сатҳининг баландлигини дифманометр билан ўлчаш схемаси кўрсатилган. Мувозанатлаштирувчи идиш 4 идишнинг ҳаволи (буғли) бўшлиғи 3 га уланади ва максимал сатҳ баландлигида ўрнатилади. Импульсли найча 2 идишнинг суюқликли бўшлиғига бевосита уланади. Дифманометр 1 билан ўлчанадиган босимлар фарқи ΔP учун ифода дифманометрнинг плюсли P_1 ва минусли P_2 камераларида ҳосил қилинадиган босимлар орқали осонгина топилиши мумкин:

$$P_1 = (h + h_0) \cdot \rho_1 \cdot g, \quad (15.14)$$

бунда ρ_1 — мувозанатлаштирувчи идиш ва импульсли найча 5 даги суюқлик зичлиги.

P_2 босим идишдаги зичлиги ρ_2 бўлган суюқлик устунининг гидростатик босими H импульсли найча 2 даги зичлиги ρ_1 бўлган суюқлик устуни h_0 ва баландлиги $h - H$ ва зичлиги ρ' бўлган идишдаги ҳаво (буғ) устуни гидростатик босимлари йиғиндисидан иборат:

$$P_2 = h_0 \rho_1 g + H \rho_1 g + (h - H) \rho' g. \quad (15.15)$$

Шундай қилиб, дифманометрга таъсир этадиган босим фарқи ΔP қуйидаги ифода билан топилади:

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_1 - P_2 = [h \rho_1 - H \rho_2 - (h - H) \rho'] g = \\ &= [h(\rho_1 - \rho') - H(\rho_2 - \rho')] g. \end{aligned} \quad (15.16)$$

(15.16) формуладан шундай кўриниб турибдики, сатҳ ўлчагич кўрсатиши h нинг жорий қийматигагина эмас, суюқлик

зичлигига p ва буғ зичлиги p' га ҳам боғлиқ, улар эса ўз навбатида идишдаги муҳитнинг температураси ва босимига боғлиқ. Шунинг учун дифманометр — сатҳ ўлчагичнинг шкаласи ҳисоблашни резервуардаги иш босими бўйича ҳисобланади. Бундан ташқари, ўлчаш натижасига импульсли найчадаги суюқлик зичлиги ρ , нинг ўзгариши таъсир этади, чунки бунда баландлиги h бўлган устуннинг ва импульсли найча 5 нинг гидростатик босими ўзгаради, шу билан бир вақтда P_1 босим ўзгармас бўлиб қолиши лозим. Бу атроф муҳит температураси ёки идишдаги муҳит температураси ўзгарганда содир бўлади.

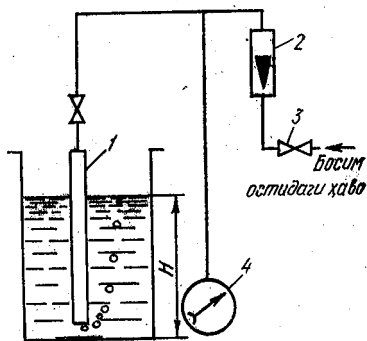
Сатҳни дифманометрлар билан ўлчаш усули қатор афзалликларга эга: сатҳ ўлчагичлар мустаҳкам, монтаж қилиш оддий ва ишончли ишлайди. Аммо уларда битта жиддий камчилик бор: дифманометрларнинг сезгир элементи назорат қилинувчи муҳитга бевосита тегиб туради. Агрессив муҳитларнинг сатҳини ўлчашда бу ё дифманометрлар учун махсус материалдан фойдаланишни тақозо қилади, ёки дифманометрга актив муҳит кириб қолишдан, масалан, импульс линияларига ажратиш қурилмаларини улаш, импульсли линияларни тоза сув билан ювиш ва ҳоказодан сақлайдиган дифманометрларни улаш схемаларини қўлланишни тақозо қилади.

Бу камчиликдан гидростатик сатҳ ўлчагичлардан бир тиби — пьезометрик сатҳ ўлчагичлар мустаснодир.

Пьезометрик сатҳ ўлчагичнинг принципаал схемаси 15.8-расмда келтирилган. Бу асбоблар зичлиги ўзгармас суюқлик устунининг босимини ўлчашга мўлжалланган. Суюқлик устунининг босими унинг баландлигига мутаносиб равишда ўзгаради. Пьезометрик сатҳ ўлчагичлар турли хил: агрессив, агрессив бўлмаган ва қовушоқлиги катта бўлган суюқликларни, очиқ ёки берк идишлардаги суюқликлар сатҳини ўлчашда қўлланилади. Суюқлик солинган резервуарга пьезометрик найча 1 туширилади ва унинг устки томони манометр 4 билан параллел қилиб ҳаво ёки инерт газ манбаига уланади. Унда ҳавонинг сарфи дроссель 3 билан чекланиб, ротометр 2 ёрдамида назорат қилиб турилади.

Резервуардаги суюқлик сатҳининг берилган H баландлигида пьезометрик найчадан суюқлик орқали чиқадиган ҳаво пуфакчаларининг ҳар секундда биттадан чиқиши таъминланган бўлиши керак.

Суюқлик сатҳи ортса, найчадаги босим ортади, ундан чиқадиган пуфакчалар сони камаяди, суюқлик сатҳи баландлиги камайса, найчадан чиқадиган пу-



15.8- расм. Пьезометрик сатҳ ўлчагичнинг принципаал схемаси.

факчалар сони ортади. Босимнинг бундай ўзгаришини манометр 4 ўлчайди, манометр шкаласи суюқлик сатҳи баландлигига мувофиқ даражаланган бўлади.

Суюқлик сатҳи системада барқарорланган босим бўйича топилади:

$$P - P_x = H\rho g, \quad (15.17)$$

бундан

$$H = \frac{P - P_x}{\rho g}.$$

бунда P_x — идишда суюқликлар устидаги босим, $P - P_x$ босим манометр 4 билан топилади.

Суюқлик сатҳини ўлчашда маълум шароитларда статик электр токи пайдо бўлиши мумкин. Шунинг учун тез алангаланувчи ва портлаш хавфи бор суюқликларни назорат қилишда инерт газ сифатида карбонат ангидрид, азот, тутунли газлар ёки махсус пьезометрик сатҳ ўлчагичлар ишлатилади.

Шу типдаги сатҳ ўлчагичлар ер ости идишларида, ёнилғи, балласт ва бошқа цистерналарда агрессив суюқликлар ва қатор бошқа ҳолларда сатҳ ўлчаш учун кенг қўлланилади. Бундай асбоблар суюқликнинг доимий зичлигида $\pm 1,5\%$ аниқлик билан ўлчайди.

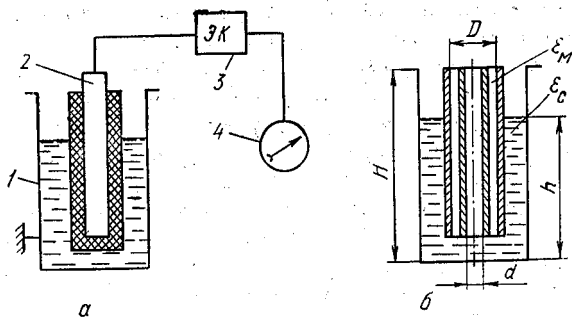
15.5-§. ЭЛЕКТР САТҲ ЎЛЧАГИЧЛАР

Электр сатҳ ўлчагичларда суюқлик сатҳининг ҳолати бирор электр сигналига ўзгартирилади. Электр сатҳ ўлчагичлар орасида энг кўп тарқалгани сиғимли ва актив қаршиликларнинг ўзгаришига мувофиқ ўлчашга асосланган асбоблардир.

Суюқлик сатҳи баландлигининг ўзгариши билан боғлиқ равишда электродлар орасидаги электр сиғим ўзгаришига асосланган асбоб сиғимли сатҳ ўлчагич деб аталади. Бунда суюқликнинг диэлектрик хусусиятлари назорат қилинади. Суюқлик сатҳини сиғимли сатҳ ўлчагич ёрдамида ўлчашнинг принципиал схемаси 15.9-расмда кўрсатилган. Бу ўлчагич цилиндрик конденсатор ва ўлчов асбобидан иборат. Сатҳ баландлиги ўлчаниши керак бўлган суюқлик қўйилган идиш 1 га изоляцион материал билан қопланган электрод 2 туширилади. Электрод идиш деворлари билан биргаликда цилиндрик конденсаторни ҳосил қилади, унинг сиғими суюқлик сатҳи ўзгариши билан ўзгаради. Сиғимнинг катталиги электрон кучайтиргич 3 орқали кучайтирилиб, сигнализатор ёки ўлчов асбоби 4 га узатилади.

Сиғимли сатҳ ўлчагичларни цилиндрик ва пластинкали типда, шунингдек, қаттиқ стержень кўринишида чиқарилади.

Ўзгартиргичнинг сиғими икки участка сиғими — суюқликка ботирилган $\epsilon_{ж}$ диэлектрик ўтказувчанликли ва муҳитда жойлашган $\epsilon_{ср}$ (ҳаво учун $\epsilon_{ср} = 1$) диэлектрик ўтказувчанликли участкалар сиғимлари йиғиндисига тенг.



15.9- расм. Сигимли сатҳ баландлиги ўлчагичининг схемаси.

Цилиндрик ўзгартгичнинг сигими (15.9- расм, б) қуйидаги-
ча ифодаланади:

$$\begin{aligned}
 C &= C_h + C_{H-h} = 0,24 \cdot \frac{\epsilon_{ж} \cdot h}{\lg\left(\frac{D}{d}\right)} + 0,24 \cdot \frac{\epsilon_{ср}(H-h)}{\lg\left(\frac{D}{d}\right)} = \\
 &= 0,24 \cdot \frac{\epsilon_{ж} \cdot h + \epsilon_{ср}(H-h)}{\lg\left(\frac{D}{d}\right)}, \quad (15.18)
 \end{aligned}$$

бунда h — сатҳнинг ўлчанаётган баландлиги, см; H — идиш баландлиги, см; D ва d ўзгартгич найчаларининг ташқи ва ички диаметрлари, см. C — цилиндрик ўзгартгичнинг сигими, пФ.

Агрессив, лекин электр токини ўтказмайдиган суюқликлар сатҳини ўлчашда ўзгартгич қопламалари химиявий турғун қотишмалардан тайёрланади ёки ҳар бир қоплама коррозияга қарши плёнка (винипласт ёки фторопласт) билан қопланади. Бу қопламаларнинг диэлектрик хусусиятлари ҳисоблашларда эътиборга олинади. Электр ўтказадиган суюқликлар сатҳини ўлчашда ҳам қопламалар изоляцион плёнка билан қопланади.

Электр сигими, одатда, резонанс ва кўприк схемалари ёрдамида ўлчанади. Резонанс усулида ўлчанаётган сигим индуктивлик контурига параллел уланади ва резонанс контурини ҳосил қилади. Резонанс контури ўзгартгичнинг маълум бошланғич сигимдаги таъминловчи частота резонансига ростланади. Ўзгартгичнинг сигими назорат қилинаётган муҳит керакли сатҳга эришган ёки эришмаганлигини кўрсатади. Бу сигим ўзгариши натижасида унинг частотаси ўзгаради ва резонанс бузилади. Бу усул кўпчилик сигимли сатҳ сигнализаторларида ишлатилади.

Кўприк усулида назорат қилинаётган сигим кўприкнинг бир палласига уланади. Сатҳ ўзгариши билан сигим ўзгаради ва кўприкда номувозанат ҳолат вужудга келади. Номувозанатлик

сигнали кучайтиргич орқали сатҳ бирлигида даражаланган кўрсатувчи электр асбобига узатилади.

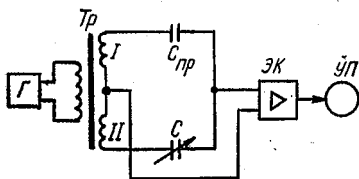
Кўприкли схемалар энг содда ҳисобланади. Сатҳнинг электрон индикатори ЭИУ (15.10- расм) схемаси бунга мисол бўла олади. Кўприк Tr трансформаторнинг иккита иккиламчи чулғами I ва II, ўзгартгичнинг сиғими $C_{пр}$ ва қўшимча конденсатор C дан иборат. Кўприк суюқликнинг ноль сатҳида мувозанатлашган, бунда кучайтиргичнинг кириши ва чиқишида сигнал нолга тенг. Сатҳ ортиши билан $C_{пр}$ сиғими ортади, кўприк номувозанатлиги ортади ва кучайтиргич киришидаги кучланиш ортиб боради. Бу сигнал кучайтиргич ЭК билан кучайтирилади, унификацияланган сигналга ўзгартирилади ва иккиламчи асбоб УА билан ўлчанади. ЭИУ сатҳ ўлчагичларининг ўлчаш диапазонлари ўзгартгич типига боғлиқ ва 1 дан 20 м гача ўзгариши мумкин; йўл қўйиладиган асосий хатоликлар чегараси 2,5% гача бўлиши мумкин.

Сиғимли сатҳ ўлчагичлар арзонлиги, у билан ишлашнинг соддалиги, идишда бирламчи ўзгартгични монтаж қилиш қулайлиги, ҳаракатланувчи элементларининг йўқлиги, температураларнинг (криогенлидан $+200^{\circ}\text{C}$ гача) ва босимларнинг (6МПа гача) етарли кенг интервалида фойдаланиш мумкинлиги сабабли кенг тарқалган. Уларнинг камчиликларига қовушоқ (1 Пас дан ортиқ динамик қовушоқликкача), парда ҳосил қилувчи, кристалланувчи ва чўкма ҳосил қилувчи суюқликларнинг сатҳини ўлчашга ярамаслигини, шунингдек, суюқликнинг электр хоссаларининг ўзгаришига ва бирламчи ўзгартгични ўлчов асбоби билан улайдиган кабель сиғими ўзгаришига ғоят сезгирлигини киритиш мумкин.

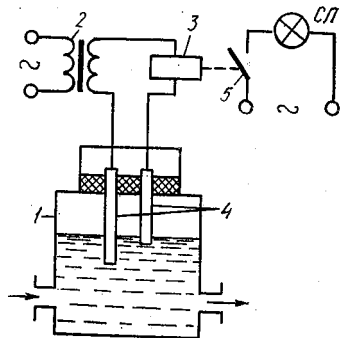
Электр ўтказувчанликка (актив қаршилигининг ўзгаришига) асосланган сатҳ ўлчагичлар электр ўтказувчан суюқликлар сатҳ баландлигини назорат қилиш, сигнализация ва ростлаш учун хизмат қилади.

Солиштирма қаршилиги $\rho < 10^6 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ва диэлектрик ўтказувчанлиги $\epsilon_{ж} \geq 7$ бўлган суюқликлар электр ўтказувчи суюқлик дейилади.

15.11-расмда сатҳ баландлиги сигнализаторининг схе-



15.10-расм. Сатҳ электрон индикатори ЭИУнинг принципаал схемаси.



15.11-расм. Сатҳ баландлиги сигнализаторининг схемаси.

маси кўрсатилган. Сигнализаторнинг ишлаш принципи электродлар 4 суюқлик орқали уланиши билан реле чулғами 3 дан ток ўтиши ва унинг контакти 5 уланиши билан сигнал лампаси СЛ ёниб, ёруғлик сигнали беришига асосланади. Электродлар 4 таъминловчи трансформатор 2 нинг иккиламчи чулғамига электромагнит реле чулғами 3 орқали уланган. Суюқлик сатҳи электродларгача кўтарилиб, уларни уласа, суюқликларнинг ўтказувчанлиги туфайли сигнал лампаси СЛ ёнади, аксинча, суюқлик сатҳи пастга тушиб электродларни узса, сигнал лампаси ўчади.

Сигнализатор занжиридаги кучланиш ўзгармас токда 24 В, ўзгарувчан токда эса 36 В бўлади. Бундай сигнализаторларни қовушоқ, кристалланувчи, қаттиқ чўкмалар ҳосил қилувчи ва электродларга ёпишиб қолувчи муҳитларда ишлатиб бўлмайди.

Юқоридаги сатҳ ўлчагичлардан ташқари яна индуктивли сатҳ ўлчаш асбоблари мавжуд. Индуктив сатҳ ўлчагичларнинг ишлаш принципи битта ғалтак индуктивлиги ёки икки ғалтакнинг ўзиндукцияси уларнинг электр ўтказувчи суюқликка боғтирилган чуқурлигига асосланган.

Иккала ғалтак индуктивлиги L_1 ва L_2 ўзгартирилганда уларнинг ўзиндуктивлиги

$$M = K\sqrt{L_1 \cdot L_2} \quad (15.19)$$

формулага мос равишда ўзгаради, бунда K — тарқатиш оқими билан аниқланадиган алоқа коэффиценти.

Бундай сатҳ ўлчагичлар ядровий энергетика қурилмаларда суюқ металл тарзидаги иссиқ элтувчилар сатҳини ўлчашда энг кўп тарқалган.

Ҳозир „Квант“ типдаги дискрет индуктив сатҳ ўлчагичлар чиқариляпти. Улар температураси 680°C гача бўлган суюқлан-тирилган металл сатҳини ўлчашга мўлжалланган.

15.6-§. РАДИОИЗОТОПЛИ САТҲ ЎЛЧАГИЧЛАР

Буларнинг ишлаш принципи ютиш қобиляти турлича бўлган икки муҳитдан ўтаётган нурларнинг қайд қилиниши ва муҳитларнинг чегараси ўзгариши билан нурланиш ўзгаришига асосланган. Барча радиоизотопли сатҳ ўлчагичларнинг асосий қисмлари нурланиш манбаи ва нурларни қабул қилувчи асбоблардан иборат. Нурланиш манбаи сифатида ўзидан j -нурлар чиқарадиган Co^{60} , Cs^{137} , Se^{75} ва бошқа моддалар ишлатилади. Қабул қилувчи асбоб сифатида Гейгер — Мюллер счётчиги, сцинтиляцион счётчиклар ёки яримўтказгичли детекторлар ишлатилади. Детектор чиқишида пайдо бўлган импульслар электрои кучайтиргич орқали кучайтирилади ва сатҳ ўзгаришига мувофиқ электр сигналга айланади.

j -нурланиш интенсивлигини камайтириш қатлам қалинли-

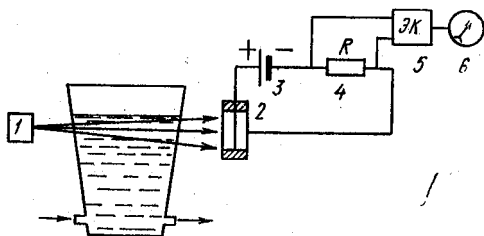
гига қараб қуйидаги экспоненциал муносабат билан ифодаланади:

$$I_x = I_0 \exp(-\mu x), \quad (15.20)$$

бунда I_0 — j -нурланишнинг бошланғич интенсивлиги; μ — модданинг табиати ва унинг қатлами қалинлиги x га боғлиқ бўлган j -нурланишнинг кучсизланиш коэффициенти.

Радиоизотопли сатҳ ўлчагичнинг принципаал схемаси 15.12-расмда кўрсатилган. У радиоактив нурланиш манбаи 1, ионловчи нурланишни қабул қиладиган счѐтчик 2, электр токи манбаи 3, резистор 4, электрон кучайтиргич 5 ва ўлчаш асбоби 6 дан иборат. Счѐтчик металлдан ясалган цилиндр бўлиб, ичи инерт газ билан тўлдирилган. Цилиндр марказида ундан изолятор билан ажратилган металл сим ўрнатилган. Цилиндр девори электр манбаининг манфий қутбига, металл сим эса мусбат қутбига уланган. Цилиндр инерт газ билан тўлдирилган бўлгани учун счѐтчик занжирида ток бўлмайди. Счѐтчикка радиоактив нур таъсир этиб, ундаги инерт газ ионланиши бошлангандагина счѐтчик 2 ва резистор 4 занжирида ток ҳосил бўлади. Бу ток миқдори инерт газнинг ионланиш даражасига боғлиқ бўлади. Газнинг ионланиши эса радиоактив нурланиш манбаи билан счѐтчик орасига ўрнатилган резервуар ичидаги суюқликнинг ёки сочилувчи модданинг баландлигига боғлиқ равишда ўзгаради. Резервуардаги суюқлик баландлиги нур йўлини тўла беркитса, резистордан ўтадиган ток нолга яқин бўлади, нур йўли очилиши билан, яъни суюқлик баландлиги пасайиши билан резистор занжирида ток орта бошлайди. Резервуар ичидаги суюқлик баландлиги ана шу резистордаги U кучланиш миқдори билан ўлчанади. Бунинг учун резистордаги кучланиш миқдори олдин электрон кучайтиргич 5 ёрдамида кучайтирилади, сўнггра эса ўлчов асбоби 6 га узатилади.

Радиоизотопли сатҳ ўлчагичлар бошқа асбобларга нисбаган универсалдир. Бу асбоблар сатҳ ўлчашни назорат қилишни дискрет ва узлуксиз равишда амалга оширади; улар очик ва берк резервуарлардаги суюқлик ҳамда сочилувчан моддалар



15.12- расм. Радиоизотопли сатҳ ўлчагичининг принципаал схемаси.

сатҳини ўлчаш учун ишлатилиши мумкин, ўлчанаётган муҳит билан асбоб орасида ҳеч қандай механик боғланиш бўлмагани сабабли агрессив суюқлик ва моддаларнинг баландлигини ўлчаш мумкин. Асбоблар кўрсатишининг аниқлиги ва стабиллиги муҳит ҳолатининг (темпера-

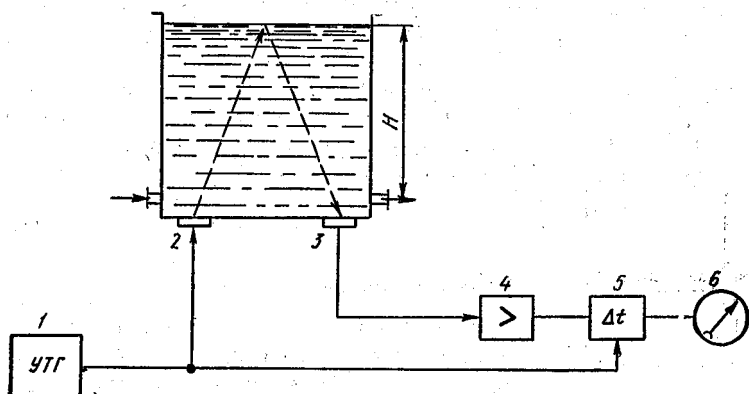
тура, намлик, электр ўтказувчанлик, зичлик ва бошқа физик хоссаларнинг) ўзгаришига боғлиқ эмас. Барча радиоизотопли асбобларнинг умумий камчилиги радиоактив нурларнинг тирик организмга зарарли таъсиридир. Асбобларнинг хатоси $\pm 0.5 - 1\%$ дан ошмайди. Булар асосан бошқа турдаги асбобларни ишлатиш мумкин бўлмаган ҳоллардагина қўлланилади.

15.7-§. УЛЬТРАТОВУШЛИ САТҲ ЎЛЧАГИЧЛАР

Ҳозирги пайтда саноатда ультратовушли сатҳ ўлчагичлар кенг тарқалмоқда. Бу асбоблар бошқа асбобларга нисбатан контактсизлик, юқори аниқлик, кичик инерционлик, катта диапазонда ва агрессив суюқликларда ишлатилиши каби бир қатор муҳим афзалликларга эга. Аммо ўлчаш схемаларининг мураккаблиги, шунингдек, етарли даражада ишончли бўлмагани сабабли, бу асбоблар бошқа қурилмалардан фойдаланиш мумкин бўлмагандагина ишлатилади.

Ультратовушли сатҳ ўлчагичларнинг ишлаш принципи суюқлик, газ (ҳаво) чегарасидан товуш тўлқинларининг қайтиш принцигига асосланган. Ультратовуш импульсининг ҳаво ва ўлчанаётган муҳит (суюқлик) чегараси сиртидан қайтиш катталиклари акустик қаршилиқнинг кескин фарқи натижасида содир бўлади. 15.13-расмда ультратовушли сатҳ ўлчагичнинг структура схемаси кўрсатилган.

Импульс ультратовушли тебранишлар генератори 1 дан нурлатгич 2 орқали сатҳи ўлчанаётган сифимга узатилади. Ультратовуш тўлқинлар ўлчанаётган муҳитда тарқалади ва суюқлик—ҳаво чегарасидан қайтади. Қайтган тўлқинлар муҳитдан тескари йўналишда ўтади, нурлатгич 2 га ўхшаш ультратовушли тебранишлар қабул қилгичи 3 га келади, у ердан ультратовушли импульс кучайтиргич 4, вақт оралиғини ҳисоблайдиган қурилма 5 ва ўлчаш асбоби (потенциометр) 6 га келади.



15.13-расм. Ультратовушли сатҳ ўлчагичнинг схемаси.

Суюқлик сатҳи ўлчаш импульсининг юборилиши ва қайтиши орасидаги τ вақт бўйича аниқланади, яъни:

$$\tau = \frac{2H}{C}, \quad (15.21)$$

бунда H — суюқлик сатҳи; C — суюқликда ультратовушнинг тарқалиш тезлиги.

Вақт ўлчагичда олинган аксланган (қайтган) сигналнинг кечикиш вақтига пропорционал бўлган ўзгармас кучланиш шкаласи сатҳ бирликларида даражаланган автоматик потенциометрга берилади. Нурлатгич сифатида барий титанат, пьезокварц, магнитострикцион элементлар ишлатилади. Кўпинча ультратовушли тебранишларни юборадиган ва қабул қиладиган асбоб сифатида бир қурилмадан фойдаланилади. Бу асбоб ўлчаш жараёнининг бошида нурлатгич вазифасини бажариб, импульс юборилганидан сўнг қабул қилгич сифатида ишлайди.

Ультратовушли сатҳ ўлчагичлар 45 мм дан бир неча ўн метргача ўлчаш диапазонига эга. Ўлчанаётган муҳит температураси -50 дан $+200^\circ\text{C}$ гача етиши мумкин. Йўл қўйиладиган асосий хато $+2,5\%$.

15.8-§. РАДИОТЎЛҚИНЛИ САТҲ ЎЛЧАГИЧЛАР

Суюқ металл сатҳини ўлчашда истиқболли усул — радиотўлқинли усулдир. Электромагнит тўлқинлари тебраниш параметрларининг суюқлик сатҳи баландлигига боғлиқлигига асосланган сатҳ ўлчагичлар радиотўлқинли сатҳ ўлчагичлар деб аталади.

Радиотўлқинли усулларга радиолокацион, радиоинтерференцион, эндовибраторли ва резонансли усуллар киради.

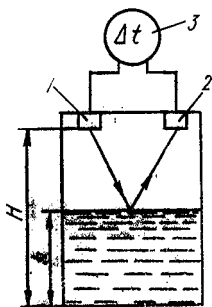
Радиотўлқинли сатҳ ўлчагичларнинг ишлаши электромагнит тўлқинларнинг электр ва магнит хоссалари билан фарқ қиладиган муҳитларнинг чегарасидан қайтиши ҳодисасига асосланган.

Электромагнит тўлқинларининг тарқалиш тезлиги v муҳитда унинг диэлектрик ϵ ва магнит ўтказувчанлиги μ қийматлари билан топилади:

$$v = \frac{C}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}}, \quad (15.22)$$

бунда C — вакуумда ёруғлик тезлиги.

Сатҳ ўлчагич схемаси (15.14-расм) нур тарқатгич 1, электромагнит энергияси қабул қилгичи 2 ва вақт оралиғини ўлчаш қурилмаси 3 дан иборат. Сатҳ h қиймати нур тарқатгич сигнални жўнағиш пайти би-



15.14-расм. Радиолокацион сатҳ ўлчагич схемаси.

лан қайтган сигнал қабул қилгич 2 га келган пайт орасидаги вақтни аниқлаш ёрдамида топилади. Шу катталиклар ушбу

$$\tau = 2(H - h) \frac{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}}{c} \quad (15.23)$$

муносабат билан боғланган.

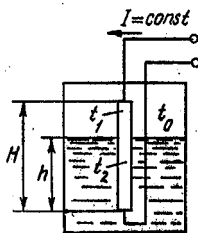
Одатда, локация газ муҳити орқали суюқлик устида олиб борилади (агар суюқлик электр ўтказмайдиган бўлса, локация принцип жиҳатидан суюқлик орқали ҳам амалга ошириши мумкин). Локациянинг газ (ҳаво) орқали олиб борилиши маъқулроқ, чунки нур тарқатгичлар суюқлик таъсирига берилмайди, бундан ташқари, газларнинг магнит ва диэлектрик ўтказувчанлиги катта эмас ва амалда газнинг параметрлари ўзгаришига ва хоссаларига боғлиқ эмас. Бу сатҳ ўлчагич кўрсатишларининг амалда суюқлик хоссаларига боғлиқ эмаслигини кўрсатади. Бундай сатҳ ўлчагичларнинг камчилиги кичик вақт оралиғини аниқ ўлчаш қийинчилигидир, улар нурланиш зонасида турган бошқа предметларга ғоят сезгир. Суюқ металлларнинг сатҳ ўлчагичлари 200 мм гача ўлчаш диапозонига эга, ўлчашнинг асосий хатолиги $\pm 2\%$.

15.9. §. ТЕРМОКОНДУКТОМЕТРЛИ САТҲ ЎЛЧАГИЧЛАР

Термоконтдуктометрли сатҳ ўлчагичлар деб шундай сатҳ ўлчагичларга айтиладики, уларда электр занжирининг элементи электр қаршилиги суюқлик сатҳига боғлиқ бўлган электр қаршилигининг катта температура коэффициентига эга бўлган, ток билан қиздириладиган резистордан иборат. Бундай сатҳ ўлчагичларнинг ишлаши суюқлик ва газларда иссиқлик алмашиш шароитларининг турличалигига асосланган.

Бундай сатҳ ўлчагичларнинг сезгир элементи электр қаршилиги унинг температураси билан аниқланадиган узун терморезистордан иборат. Одатда, улар платина ёки вольфрамдан тайёрланади, унда ўзгарткич сезгирлиги материал электр қаршилигининг температура коэффициенти ортиши билан ўсади. Термоконтдуктометрик ўзгарткич идишга шундай жойлаштириладики, унинг бир қисми суюқликда, қолган қисми — газли бўшлиқда (15.15-расм) бўлади. Сатҳ ўзгариши билан шу участкалар узунлиги ҳам ўзгаради.

Термоконтдуктометрик ўзгарткичнинг ишлаш принципи қиздирилган терморезистордан суюқлик ва газга иссиқлик ўтказишнинг турличалигидан фойдаланишга асосланган, бунда суюқлик ва газда жойлашган участкалари турли температурага эга бўлади ва, демак, турли қаршиликка



15.15- расм. Термоконтдуктометрик сатҳ ўзгарткич схемаси.

эга бўлади. Шундай қилиб, уларнинг қаршиликлари йиғинди-си сатҳ баландлиги билан аниқланади.

Фараз қилайлик, суюқлик йўқ бўлганда ўзгарткич t_1 температурага эга бўлсин, бунда унинг (погон узунлик бирлигидаги) қаршилиги r_0 га ва қаршилиқнинг температура коэффициентини α га тенг. Ўзгарткич узунлиги H бўлганда унинг тўла қаршилиги

$$R_0 = r_0 \cdot H. \quad (15.24)$$

бўлади. Суюқлик сатҳи h бўлганда ботирилган қисм температураси t_2 бўлиб қолади, унда ўзгарткичнинг тўлиқ қаршилиги қуйидаги ифода билан топилади;

$$R_h = r_0 h [1 + \alpha(t_2 - t_1)] + r_0(H - h). \quad (15.25)$$

Шундай қилиб, қаршилиқ орттирмаси ΔR ва сатҳ h (статик характеристика) орасидаги боғланиш қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\Delta R = R_h - R_0 = r_0 \alpha(t_2 - t_1) h. \quad (15.26)$$

(15.26) тенгламадан кўринадики, ўзгарткичнинг статик характеристикаси чизиқли экан (терморезистор характеристикаси чизиқли бўлганда). Бундай сатҳ ўлчагичлар қўлланишнинг асосий соҳаси криоген техникадир, унда улардан суюлтирилган газлар сатҳининг баландлигини ўлчаш учун фойдаланилади.

Термокондуктометрик ўзгарткичлар, одатда, махсус ҳимоя қопламали ингичка симдан тайёрланади. Иккиламчи асбоблар сифатида терморезисторда кучланиш тушишини ўлчайдиган асбоблар ёки кўприклардан фойдаланиш мумкин.

15.10-§. СОЧИЛУВЧАН МОДДАЛАРНИНГ САТҲИНИ ЎЛЧАШ

Бункер ва бошқа қурилмалардаги сочилувчан моддаларнинг сатҳини ўлчаш суюқликлар сатҳини ўлчашдан анча фарқ қилади, чунки материалнинг объектда жойлашиш характери унинг сатҳи ҳақида горизонтал сирт каби фикр юритишга имкон бермайди. Химия, энергетика ва озиқ-овқат саноатининг кўпгина технологик жараёнларида сочилувчан материаллар сатҳининг баландлигини узлуксиз ўлчаш керак бўлади. Бунинг учун қалқовичли, вазнли, электрик ва радиоактив сатҳ ўлчагичлар ишлатилади.

Доимий чўкадиган қалқовичли сатҳ ўлчагичнинг ишлаш принципи қалқовичнинг сочилувчан материал ичига тушиб жетмай, унинг сиртида қалқиб туришига асосланган. Сочилувчан жисмлар сатҳ ўлчагичларининг схемаси 15.3-расмда кўрсатилганга ўхшаш.

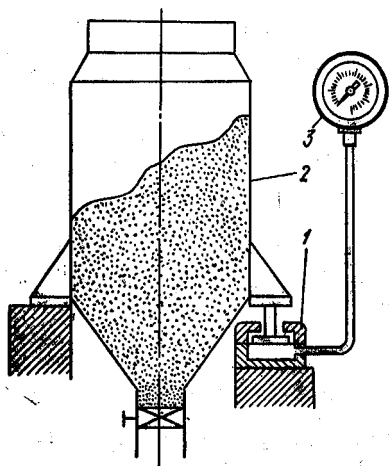
Сочилувчан моддаларнинг вазнли сатҳ ўлчагичлари материалларнинг бункерга солиниши ҳамда ундан тўкилиши бир

меъёрда бажариладиган ҳолларда ишлатилади. Ўзгарткич сифатида турли вазнли қурилмалар қўлланилади. Вазнли сатҳ ўлчагичларда ўзгарткич сифатида мессдозалар ишлатилиши мумкин. Бунда бункер таянчига кўрсатилган босим ўлчанади. Бу ҳолда босим бункерни материал билан тўлдириш функция-сидан иборат. Мессдозали сатҳ ўлчагичнинг схемаси 15.16- расм-да кўрсатилган. Асбоб комплекти сатҳ ёки вазн бирлигида даражаланган ва манометр 3 билан найчалар орқали уланган гидравлик мессдоза 1 дан иборат. Бункер 2 оёқларидан би-рининг таянчи бўлган мессдоза поршеньли металл корпусдан иборат. Поршень эластик мембрана билан герметикланган. Мессдоза, улайдиган найча ва манометрнинг пружинаси суюқ-лик билан тўлдирилган. Мессдоза — манометр системасидаги босим материал билан тўлдирилган бункер оғирлик кучининг мессдоза поршени юзасига бўлинган қийматига тенг.

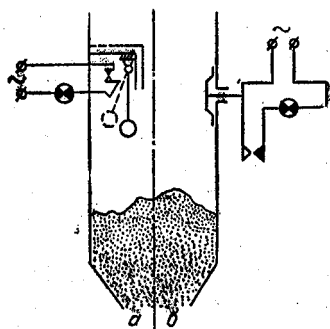
Бундай сатҳ ўлчагичлар учун манометр стрелкасининг шкала-даги бошланғич (ноль) ҳолати бункернинг бўш ҳолатига мос келади. Шундай қилиб, шкала бункерни тўлдирадиган мате-риал вазнини кўрсатади.

Вазнли сатҳ ўлчагичларнинг хатоси $\pm 10\%$ дан ошмайди.

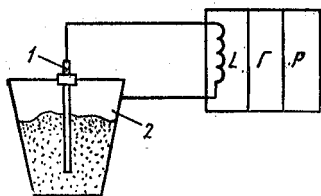
15.17- расмда сочилувчан моддалар сатҳи сигнализаторлари-нинг принципиал схемаси кўрсатилган. Бу асбоблар назорат қи-линаётган модда босимини ўзгартирувчи ўзгарткичларнинг қўл-ланишига асосланган. Бункернинг деворида турли баландлик-да учига пластинка ёхуд шар ўрнатилган маятник осилади ёки мембрана ўрнатилади. Бункердаги сатҳ кўтарилганда маятник-нинг четга чиқиши (силжиши) натижасида контактлар уланади. Социлувчан модданинг босими таъсирида мембрана эгилади ва контактларга уланган пружинани силжитади. Пружиналар



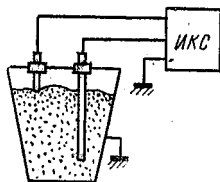
15.16- расм. Вазнли сатҳ ўлчагич.



15.17- расм. Маятникли (а) ва мембранали (б) контактли сатҳ сигнализатори схемаси.



15.18- расм. Сигимли сатҳ
сигнализатори схемаси.



15.19- расм. Сатҳнинг
кондуктометрик
сигнализатори схемаси.

тегишли электр сигнални таъминлайди. Сатҳнинг пасайиши билан пружина мембрана ва контактларни бошланғич ҳолатга қайтаради.

Ўлчашнинг барча электрик усуллари ичида сифимли усул кўпроқ қўлланилади. Бу сифимли ўзгарткичлар лойиҳасининг соддалиги, уларнинг бир жинсизликка кам сезгирлиги билан тушунтирилади. Ишлатишдаги асосий қийинчиликлар ўзгарткичнинг изоляцион қопламасининг бузилиши, материалнинг ёпишқоқлиги, кўрсатишларнинг материал электр хоссаларининг ўзгаришига, масалан, унинг таркиби ёки намлигининг ўзгаришига боғлиқлигидан иборат.

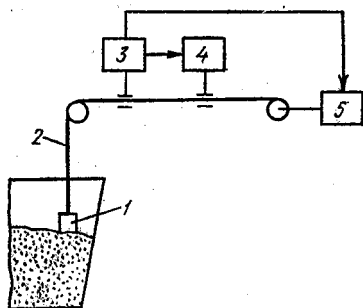
Сатҳ сигнализаторлари сифатида ўлчашнинг резонанс схемали (кўприкли эмас) сифимли сигнализаторларидан фойдаланиш мумкин, масалан ЭСУ-1, ЭСУ-2 ва бошқа типларидан.

Бундай қурилмаларда электрод 1 ва бункер девори 2 (15.18- расм) дан тузилган сифимли ўзгарткич индуктивлик ғалтаги билан бирга тебраниш контурини ташкил этади. Унинг резонанс частотаси ўзгарткич сифими билан, яъни сатҳнинг қиймати билан аниқланади. Контурнинг резонанс частотаси билан генератор G нинг кучланиш частотаси (сатҳнинг чегаравий қийматига мос келган) устма-уст тушса, P реле сигнализация схемасини улайди.

Электр ўтказувчан материаллар учун сатҳнинг кондуктометрик сигнализаторлари (масалан, ИКС типидаси) энг соддаси ҳисобланади. Сигнализатор ё фақат бункердаги сочилувчан материалнинг юқори сатҳини, ёки пастки ва юқориги сатҳларини назорат қилиши мумкин. Бундай сигнализаторларнинг иш принципи (15.19- расм) бункер девори — материал — электроддан иборат электр занжирини материал сирти электродга тегиши билан улашдан иборат. Ишлатишдаги асосий камчиликлар: материал таъсирида электродларнинг механик бузилиши, чангланган муҳит орқали сизиш борлигидан — ёлғондакам ишга тушиб кетиши.

Сочилувчан материаллар учун ўзига хос сатҳ ўлчагич лотли ўлчагичдир (15.20- расм). Бундай сатҳ ўлчагичларнинг сезгир элементи оғир жисм (лот) 1 дан иборат бўлиб, у қайишқоқ трос 2 га осилган. Ўлчашлар цикли бошида лот энг юқо-

риги ҳолатда бўлади. Сатҳни ўлчаш цикли лотни бўшатиб юборишдан бошланади. Бунда у ўз оғирлик кучи таъсирида пастга туша бошлайди. Шу пайтда троснинг тортилишига реакция кўрсатувчи сигнал қурилмаси 3 ёрдамида лотнинг дастлабки ҳолатига нисбатан силжишини қайд қилувчи санаш қурилмаси 4 уланади. Лот сиртга тегиш пайтида трос тортилиши камаяди ва сигнал қурилмаси санаш қурилмасини узиб қўяди, шу билан бир вақтда лотни кўтариш механизми 5 ни улайди. Бу механизм лотни дастлабки ҳолатига кўтаради, шундан кейин ўлчаш цикли қайтарилади. Санаш қурилмасининг кўрсатишлари сатҳ баландлигининг қийматларини аниқлаш имконини беради. Навбатдаги ўлчаш цикли бошланишидан аввал санаш қурилмаси кўрсатишлари ўчириб юборилиши лозим. Қўрилган сатҳ ўлчагич 20 м гача сатҳ баландлигини ± 10 см хатолик билан ўлчашга имкон беради.



15 20- расм. Сочилувчан материалнинг лотли сатҳ ўлчагичи схемаси.

16-боб. СУЮҚЛИКЛАРНИНГ ТАРКИБИНИ АНАЛИЗ ҚИЛИШ

16.1-§. АСОСИЙ МАЪЛУМОТЛАР ВА КЛАССИФИКАЦИЯСИ

Технологик процессларни температура, босим, сарф ва сатҳ каби параметрларга кўра бошқариш, кўпинча, талаб этилган сифатдаги маҳсулотлар олишга кафолат бера олмайди. Кўпгина ҳолларда ишлаб чиқарилаётган маҳсулотларнинг таркибини автоматик тарзда назорат қилиш зарурати туғилади. Технологик процесслар жараёнида қайта ишланаётган моддаларнинг таркиби ва уларнинг хоссалари ўзгаради. Бу параметрларни назорат қилиш процесс режими туғрисида бевосита фикр юритишга имкон беради, чунки улар олинаётган маҳсулотларнинг сифатини ифодалайди, шунинг учун суюқликларнинг таркибини назорат қилиш ишлаб чиқаришни бошқариш ҳар қандай системасининг мажбурий элементларидан биридир.

Автоматлаштиришнинг ривожланиши ва айниқса, химия, газ ва нефть-химия, энергетика, озиқ-овқат ва бошқа саноат турларининг комплекс автоматлаштирилиши технологик потокни анализ қилиш учун яроқли усулларни ҳамда асбобларни ишлаб чиқишни талаб этади. Шу муносабат билан кейинги йилларда аналитик асбобсозликнинг жадал ривожланиши содир бўлмоқда.

Умумий ҳолда суюқликлар таркибини анализ қилиш дейилганда уларнинг элементар, функционал ёки молекуляр таркибини аниқлаш тушунилади. Таркибни аниқлайдиган асбоблар *анализаторлар* деб аталади. Муҳитда фақат битта компонентнинг миқдорини аниқлаш учун мўлжалланган анализаторларни баъзан *концентраторлар* деб юритилади. Суюқликлар концентрациясини ўлчаш учун қуйидаги ўлчов бирликлари энг кўп тарқалган: мг/см³; г/см³; массаси ёки ҳажми бўйича; %.

Температура, босим ва шу каби факторларнинг ўлчаш натижаларига кучли таъсир этиши аналитик ўлчашларнинг ўзига хос хусусиятларида биридир. Бу факторлар айниқса ўлчаш аниқлигига таъсир қилади. Шунинг учун автоматик анализаторлар, одатда, намуналар танлаб олиш, уларни анализга тайёрлаш, ўлчаш шароитларини стабиллаш ёки тузатишларни автоматик қиритиш ва ҳоказолар учун қўшимча мураккаб жиҳозлар билан таъминланган бўлади.

Анализ қилинадиган суюқликларнинг турли-туманлиги ва уларнинг таркиби ҳамда хоссаларининг кенг диапозонда бўлиши анализ қилиш усуллари турлича бўлган автоматик асбоблар ишлаб чиқаришни тақозо этди. Асбобсозлик саноати хилма-хил суюқликларни анализ қилувчи хилма-хил автоматик анализаторлар ишлаб чиқаради. Суюқликларни анализ қилишнинг саноатда энг кўп тарқалган усулларига кондуктометрик, потенциометрик, оптик, титрометрик ва радиоизотопли усуллар киради.

16.2-§. ЭРИТМАЛАРНИ АНАЛИЗ ҚИЛИШНИНГ КОНДУКТОМЕТРИК УСУЛИ

Электролит эритмаларининг концентрациясини уларнинг электр ўтказувчанлигига кўра ўлчаш (кондуктометрия) лаборатория шароитида ҳам, саноат шароитида автоматик назорат қилиш учун ҳам кенг қўлланилади. Кондуктометрик концентрамерларнинг ишлаши эритмалар электр ўтказувчанлигининг улар концентрациясига боғлиқлигига асосланган.

Аррениус назариясига кўра электролитлар сувда эритилганида молекулалар ионларга диссоциацияланиб, шу ионларнинг эритмада мавжуд бўлиши эритманинг электр ўтказувчанлигига сабабдир. Диссоциацияланиш даражасига кўра кучли ва кучсиз электролитлар бўлади. Кучли электролитлар деярли батамом ионларга диссоциацияланган бўлади, кучсиз электролитларнинг эритмаларида эса маълум миқдорда диссоциацияланмаган молекулалар ҳам бўлади.

Турли моддалар эритмаларининг электр ўтказувчанлигини баҳолаш учун Кольрауш эквивалент электр ўтказувчанлик тушунчасини киритди, у 1 см^3 эритмада 1 г-экв модда бўлган эритманинг электр ўтказувчанлиги сифатида аниқланади:

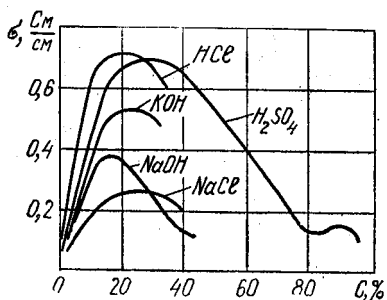
$$\lambda = \frac{\sigma}{\eta}, \quad (16.1)$$

бу ерда λ — эритманинг эквивалент электр ўтказувчанлиги; σ — эритманинг солиштирма электр ўтказувчанлиги, См/см ; η — эритган модданинг эквивалент концентрацияси, г-экв/см^3 .

Барча электролитлар учун эквивалент электр ўтказувчанлик диссоциацияланиш кучайиши натижасида эритма суюла бориши билан ортади. Эритма тўла диссоциацияланганда (яъни эритма чексиз суюлганида) у энг катта қийматига эришади. Эритманинг солиштирма электр ўтказувчанлиги билан суюлтирилган электролитнинг табиати ҳамда унинг концентрацияси ўртасидаги боғлиқлик Кольрауш қонуни билан аниқланади:

$$\sigma = \alpha \cdot \eta (v_{\kappa} - v_{\alpha}). \quad (16.2)$$

бу ерда α — электролитик диссоциацияланиш даражаси; v — ионлар (катионлар v_{κ} ва анионлар v_{α}) нинг эритма чексиз суюлгандаги қўзғалувчанлиги, яъни уларнинг кучланиш градиенти 1 В/см бўлган электр майдонидаги силжиш тезлиги, См/с билан ифодаланади.



16.1- расм. 18°C температурада баъзи моддаларнинг сувдаги эритмаларининг солиштирма электр ўтказувчанлигининг улар концентрациясига боғлиқлиги.

зиқларнинг тиклиги катта бўлади. Бинобарин, концентрацияларнинг бу соҳасида кондуктометрик усул энг катта сезгирликка эга бўлади. Электр ўтказувчанликларнинг концентрацияга боғлиқлигининг бир хилмаслик характери ҳисобга олиб, кондуктометрнинг ишлаш соҳасини олдиндан билиш зарур, бунда ўлчашларнинг экстремум соҳасида бўлишига йўл қўймаслик керак.

Кўпгина ҳолларда кондуктометрик усулдан бир компонентли эритмаларни назорат қилиш учун фойдаланилади.

Электр ўтказувчанликни ўлчаш учун мўлжалланган асбобларга кондуктометрлар, туз ўлчагичлар, концентратометрлар кирази. Бу асбобларнинг биринчиси электр ўтказувчанлик бирликларида даражаланган, иккинчиси шартли туз миқдори бирликларида, одатда NaCl нинг миқдори кўрсатувчи процентларда даражаланган бўлади. Концентраторлар анализ қилинаётган модданинг процент ҳисобидаги миқдорларида даражаланади.

Эритмаларнинг концентрациясини уларнинг электр ўтказувчанлигига кўра ўлчаш учун электродли ва электродсиз усуллар қўлланилади. Электродсиз ўлчаш усулидан асосан кислота, ишқорларнинг концентрациясини ўлчашда фойдаланилади.

Электродли кондуктометрияда икки электроддан иборат ўлчаш ячейкаларидан фойдаланилади, электродлар назорат қилинаётган эритма солинган идишда бир-биридан маълум масофада ўрнатилган бўлади. Ўлчаш ячейкаси (16.2- расм) электр қаршилиги билан характерланади. Бу қаршилиқнинг катталиги қуйидагига тенг (Ом ҳисобида)

$$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{L}{S}. \quad (16.3)$$

бу ерда σ — эритманинг солиштирма электр ўтказувчанлиги; См/см; L — электродлар орасидаги масофа, см; S — электродларнинг юзи, см².

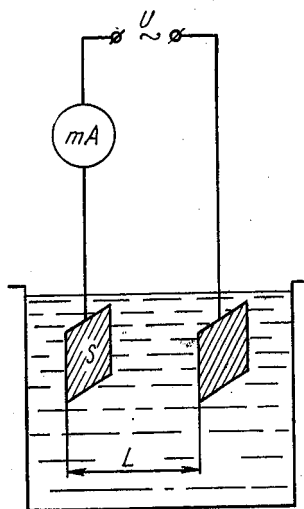
Кондуктометрик ўлчашлар амалиётида L/S нисбат ўлчаш ячейкаларининг тажрибада аниқланалиган константалари деган ном олди. Бунинг учун ячейка эталон эритма билан тўлдирилади (бу эритма сифатида, одатда, калий хлориднинг эритмасидан фойдаланилади), ячейканинг қаршилиги ўлчанади ва қуйидаги тенгламадан K нинг катталиги аниқланади:

$$K = R \cdot \sigma_1 \quad (16.4)$$

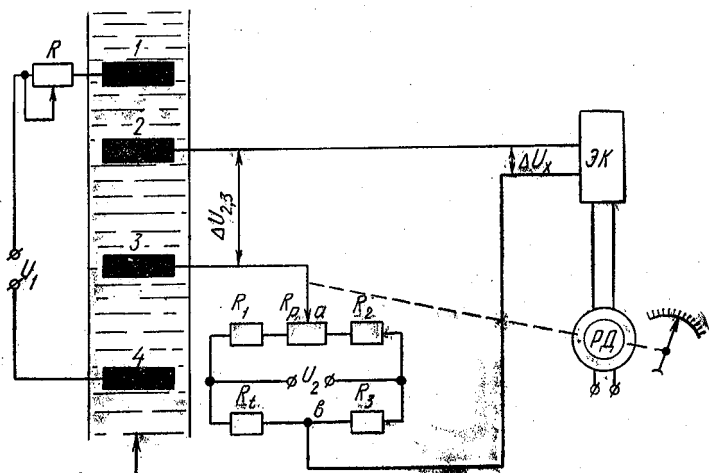
бу ерда R — электродлар орасидагига ўлчанган қаршилиқ, Ом; σ_1 — эталон эритманинг маълум солиштирма электр ўтказувчанлиги См/см.

Электр ўтказувчанликни ўлчашда саноат частотасидаги ёки частотаси оширилган ўзгармас токдан ҳам, ўзгарувчан токдан ҳам фойдаланиш мумкин.

Икки электродли ўлчаш ячейкаси билан бир қаторда тўртта электроди бор ячейкалардан ҳам фойдаланилади (16.3-расм). Ток эритмада икки ташқи электродлар 1 ва 4 орасида ўтади, бу электродлар кучланиш манбан U_1 га уланган бўлади. Резистор R нинг чекловчи қаршилиги катталиги туфайли ячейка занжиридаги ток кучи I , эритманинг қаршилиги ўзгаришидан



16.2-расм. Кондуктометрикнинг икки электродли ўлчаш ячейкаси.



16.3-расм. Тўрт электродли ўлчаш ячейкаси бўлган кондуктометрикнинг схемаси.

қатыи назар, ўзгармасдан қолади. Икки ички электрод 2 ва 3 потенциометр вазифасини бажаради ва эритмада кучланиш тушувини ўлчаш учун мўлжалланади:

$$\Delta U_{2,3} = I \cdot R_{\text{я}}, \quad (16.5)$$

бу ерда $R_{\text{я}} = K/\sigma$ — электродлар 2 ва 3 орасидаги эритманинг қаршилиги (K — турт электродли ўлчаш ячейкасининг константаси, у электродлар 2 ва 3 нинг оралиғига ва улар сиргининг юзига боғлиқдир).

Бинобарин,

$$\Delta \bar{U}_{2,3} = \frac{KI}{\sigma} = K'/\sigma, \quad (16.6)$$

бу ерда

$$K' = KI = \text{const.}$$

Шундай қилиб, электродлар 2 ва 3 орасидаги потенциаллар фарқи назорат қилинаётган эритманинг концентрацияси билан бир қийматда аниқланади. Ўлчанадиган катталиқ $\Delta U_{2,3}$ мувозанатловчи кўприкнинг a ва b учларидаги потенциаллар айирмаси U_{ab} билан таққосланади. Агар $U_{ab} \neq \Delta U_{2,3}$ бўлса, у ҳолда электрон кучайтиргич ЭК нинг киришига мувозанатнинг бузилиш сигнали $\Delta U_x = \Delta U_{ab} - U_{2,3}$ киради. Мувозанат вақтида $U_{ab} = \Delta U_{2,3}$ бўлади, бунда 2 ва 3 электродлар занжирида ток бўлмайди.

Ўлчашдаги температура хатоликларини автоматик компенсациялашни мувозанатловчи кўприкнинг елкаларидан бирига уланган металл қаршилиқ термометри R_t бажаради. Назорат қилинаётган эритманинг температураси ўзгарганида R_t қаршилиқ ҳам ўзгаради, бунинг натижасида потенциаллар айирмаси U_{ab} ҳам ўзгаради. R_t ўзгаргандаги орттирма $\Delta U_{ab}(\Delta t)$ назорат қилинаётган эритманинг температураси ўзгариши Δt туфайли ҳосил бўлган орттирма $\Delta U_{2,3}(\Delta t)$ га катталиги жиҳатидан тенг ва ишораси жиҳатидан қарама-қарши бўлиши керак. Бу тенгликка компенсацияловчи кўприкнинг параметрларини ($R1, R2, R3$ резисторларнинг қаршилиқларини) ҳамда кучланиш U_2 ни танлаш йўли билан эришилади.

Эритмаларнинг электр ўтказувчанлиги температурага жуда боғлиқ. Эритма температураси 1°C га ортса, унинг солиштирма электр ўтказувчанлиги $1,5 - 2\%$ га ошади. Эритмаларнинг температураси амалда жуда кенг чегараларда ўзгаради, шунинг учун кондуктометрик концентратомерлар температура ўзгаришининг ўлчаш натижаларига таъсир қилишини бартараф қилувчи автоматик компенсаторларга эга бўлиши керак. Химия саноатида автоматик температура компенсаторлари энг кўп тарқалган бўлиб, суюқликли компенсаторлар уларнинг турларидан биридир.

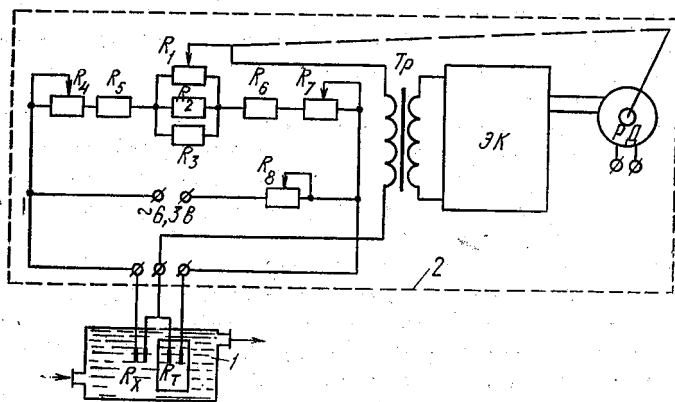
Суюқликли компенсатор параметрлари ўлчаш ячейкасининг параметрларига ўхшаш электрод датчикдан иборатдир. Ком-

пенсатор электр ўтказувчанлик температура коэффициентини назорат қилинаётган суюқликнинг температура коэффициентига тахминан тенг бўлган эталон суюқлик билан тўлдирилади. Компенсатор назорат қилинаётган суюқликка концентраторнинг ўлчаш ячейкаси билан биргаликда киритилади. Компенсатор кўприкли ўлчаш схемасининг елкасига уланади. Эталон ва назорат қилинаётган суюқликнинг температуралари бир хил бўлганлиги ва температура коэффициентлари бир-бирига яқин бўлганлиги сабабли температуралар ўзгарганида ўлчаш ячейкаси қаршилигининг ўзгаришини суюқликли компенсаторнинг қаршилигининг ўзгартиш йўли билан тўла компенсациялаш мумкин.

Сульфат кислота концентратори КСО-у (16.4- расм) эритмадаги сульфат кислота концентрациясини назорат қилиш, қайди этиш ва ростлаш учун мўлжалланган.

Концентратор электродли датчик 1 ва иккиламчи асбоб 2 КСМЗ дан иборат. Концентраторнинг датчиги идишдан иборат бўлиб, унинг ичига тешиклар билан ёнма-ён қилиб паст томони очиқ стакан ўрнатилган ҳамда ўлчаш ва таққослаш ячейкалари жойлаштирилган. Ўлчаш ячейкаси иккита ўлчаш электродидан иборат бўлиб, уларнинг ҳар қайсиси электрод кавшарланган очиқ шиша найчадан иборат. Таққослаш ячейкаси температурани автоматик тарзда компенсациялаш учун мўлжалланган бўлиб, шиша найчага кавшарланган электродлардан иборатдир, найчаларга сульфат кислота тўлдирилган бўлади, унинг концентрацияси эса асбоб шкаласидаги ўрта белгига мос келади.

Электр ўтказувчанлик мувозанатдаги кўприк схемаси бўйича ўлчанади, ўлчайдиган R_x ва таққослайдиган R_T электрод ячейкалари кўприкнинг икки елкаси бўлиб хизмат қилади. Кўприк схеманинг қолган икки елкасини R_4, R_5, R_6, R_7 ўз-



16.4- расм. Сульфат кислота концентраторининг принципаал схемаси.

гармас резисторлар ва R_2 ҳамда R_3 шунтловчи резисторлари бор реохорд R_1 ташкил қилади. Кўприк саноат частотасидаги ўзгарувчан ток билан таъминланади. Ўлчаш схемасидаги ток кучи ўзгарувчан ток манбаига параллел қилиб кўприкнинг таъминлаш диагонаliga уланган резистор R_8 ни силжитиш йўли билан ростланади.

Датчик орқали оқиб ўтадиган эритманинг концентрацияси ўзгарганда ўлчаш ячейкасининг қаршилиги ўзгаради, бунинг натижасида ўлчаш кўпригининг мувозанати бузилади. Номувозанат кучланиши КСМЗ кўприкнинг электрон кучайтиргичи ЭК нинг трансформатори Tr нинг бирламчи чулғамига келиб, кучайтирилади ва реверсив двигатель $РД$ нинг роторини айлантиради, бу двигатель реохорд R_1 нинг сурилгичи ва асбоб стрелкаси билан кинематик боғланган бўлади.

Концентратомернинг ўлчаш чегаралари: 75 — 79; 93 — 96 ва 95 — 99% сульфат кислота.

Асосий хатолик $\pm 0,2$ дан $\pm 0,5\%$ гача.

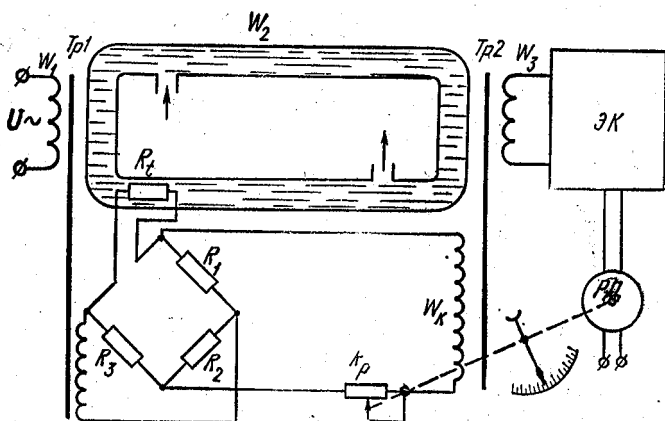
КК сериясидаги кондуктометрлар суюқликли анализаторларнинг кенг тарқалган турларига киради, уларда икки ва тўрт электродли ўзгарткичлар ҳам, контактсиз ўзгарткичлар ҳам бўлади. Бу сериядаги асбоблар ёрдамида иш температуралари диапозони $25 \pm 15^\circ\text{C}$ ва чегаравий асосий хатолик $\pm 2,5\%$ бўлганида 10° дан 1 См/см гача бўлган электр ўтказувчанликни ўлчаш мумкин.

Электродли кондуктометрларнинг энг катта камчилиги электродларнинг қутбланиши ва электродлар сиртида содир бўладиган электр-химиявий реакцияларда ҳосил бўладиган моддалар билан ифлосланиши, шунингдек, эритмадаги мавжуд маҳсулотлар билан ифлосланишидир.

Контактсиз кондуктометрларда ўлчанаётган муҳит билан бевосита контактга эга бўлмаган бирламчи ўзгарткичлар бўлади, шу сабабли уларда бундай камчиликлар бўлмайди. Таъминловчи кучланишнинг частотасига қараб контактсиз кондуктометрлар паст частотали (1000 Гц гача бўлган саноат ва товуш частотасидаги) ва юқори частотали (1 кГц дан ортиқ) турларга бўлинади.

Паст частотали контактсиз кондуктометрларда анализ қилинаётган эритма берк ҳалқа ҳосил қилувчи трубаларда оқади. Труба диэлектрик материалдан тайёрланган. Трубага ташқи томондан икки трансформатор уйғотувчи Tr_1 ва ўлчаш трансформаторлари Tr_2 нинг (16.5-расм) чулғамлари ўралган бўлади. Tr_1 трансформаторнинг бирламчи чулғами ўзгарувчан ток манбаига уланган. Электролит эритмаси трубада ҳосил қилган берк суюқлик ўрами трансформатор Tr_1 нинг иккиламчи чулғами вазифасини бажаради. Суюқлик ўрамидаги электромагнит таъсирлашув натижасида ЭЮК индукцияланади.

$$E_p = \frac{\omega_1}{\omega_2} U, \quad (16.7)$$



16.5- расм. Контактсиз паст частотали кондуктометрнинг принципиал схемаси.

бу ерда w_1 — трансформатор $Tr1$ нинг бирламчи чулғамидаги ўрамлар сони; w_2 — суюқлик ўрамлари сони, одатда ($w_2=1$); U — трансформатор $Tr1$ нинг бирламчи чулғамини таъминловчи кучланиш.

ЭЮК таъсирида суюқликдан ўтаётган ток кучи

$$I_p = \frac{E_p}{R_p} = \frac{E_p \cdot x}{K_p} = \frac{w_1 U}{w_2 K_p} x \quad (16.8)$$

бу ерда R_p — суюқлик ўрамининг қаршилиги; K_p — паст частотали кондуктометрлик ячейканинг константаси; унинг қиймати суюқлик ўрами узунлигининг унинг ўтказувчи кесими юзига нисбатига тенг бўлиб, одатда K_p нинг катталиги тажриба йўли билан топилади; x — эритманинг электр ўтказувчанлиги.

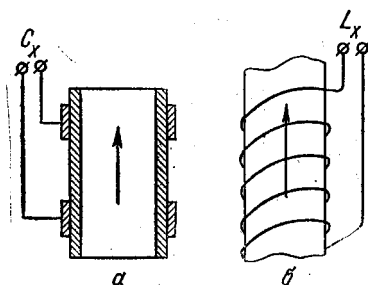
(16 — 8) тенгламанинг ўнг қисмидаги x катталиқдан бошқа ҳамма катталиқлар ўзгармасдир. Шунинг учун ток кучи I_p назорат қилинаётган эритманинг концентрациясига тенг бўлади.

Ток кучи I иккинчи трансформатор $Tr2$ билан ўлчанади, суюқлик ўрами унинг учун бирламчи чулғам бўлиб хизмат қилади. Ўлчаш трансформатори $Tr2$ нинг иккиламчи чулғамида ҳосил бўладиган ЭЮК $E_{ўлч}$ нинг катталиги концентрацияга пропорционал бўлади. Кўпгина ҳолларда уни компенсацион усулда ўлчанади, бунинг учун трансформатор $Tr2$ нинг қўшимча чулғами w_k дан фойдаланилади, бу трансформаторнинг ампер ўрамлари сони эритманинг ампер — ўрамларига кўра ҳисобланади.

Компенсация шarti

$$I_k w_k = I_p w_2. \quad (16.9)$$

Компенсацияловчи чулғам орқали ўтадиган ток кучини ўлчаш учун реверсив двигатель $РД$ дан фойдаланилади, у су-



16.6- расм. Контактсиз кондуктометрларнинг юқори частотали ўзгарткичлари: *а* — сифимли; *б* — индуктивликли.

рилгич R_p ни силжитади. Реохорд сурилгичининг ва асбобнинг у билан боғланган стрелкасининг вазияти назорат қилинаётган эритма концентрациясига пропорционал бўлади. Ўлчашдаги температура хатоликларини компенсациялаш учун қаршилик термометри R_t мўлжалланган, у кўприк схемага улланган бўлиб, назорат қилинаётган эритма ичида туради.

Контактсиз паст частотали кондуктометрлардан солиштирма электр ўтказувчанлиги $1-10^{-6}$ См/см чегарасида бўлган элект

ролитларнинг концентрациясини назорат қилишда фойдаланилади.

КК сериясидаги кондуктометрларда 10^{-2} дан 1 См/см гача бўлган электр ўтказувчанликни ўлчаш КК-8 ва КК-9 кондуктометрлари билан бажарилади.

Юқори частотали кондуктометрларда анализ қилинаётган эритманинг концентрациясини ўлчаш эритманинг унга боғлиқ бўлган реактив қаршилигини назорат қилиш йўли билан бажарилади.

Юқори частотали контактсиз кондуктометрларнинг бирламчи ўзгарткичлари ўлчанадиган реактив қаршиликнинг турига қараб сифимли ва индуктивли хилларга бўлинади. Ҳар икки турдаги ўзгарткичларнинг схемаси 16—6-расмда кўрсатилган. Эритманинг концентрацияси билан ўзгарткичларнинг чиқиш параметрлари C_x ва L_x ўртасида мураккаб боғлиқлик мавжуд бўлганлиги сабабли (бу боғлиқликка эритманинг табиатидан ташқари ўзгарткичнинг геометрияси ва материали, таъминлаш частотаси ва бошқалар таъсир қилади) уларнинг даражаланиш характеристикалари ҳар қайси конкрет ўзгарткич ва эритма учун тажриба йўли билан аниқланади.

Юқори частотали кондуктометрларнинг ўлчаш ўзгарткичлари сифатида юқори частотали генераторлардан таъминландиган кўприкли ва резонансли схемалардан фойдаланилади. Резонансли схемаларда резонанс контурининг бирламчи ўзгарткич индуктивли ёки сифимли қаршиликларига боғлиқ бўлган хусусий тебранишлари ўлчанади.

16.3-§. АНАЛИЗ ҚИЛИШНИНГ ПОТЕНЦИОМЕТРИК УСУЛИ

Потенциометрик усул муайян индикатор электродлар ҳосил қилган ЭЮК ни ўлчаш йўли билан ионлар концентрациясини аниқлашга асосланган. Бунда концентрацияни бевосита потенциаллар фарқини ўлчаш билан аниқлаш мумкин.

Технологик текширишларда эритма концентрацияси, қўпинча, pH нинг қиймати бўйича ўлчанади. Агар $pH < 7$ бўлса, кислоталар, $pH = 7$ бўлса нейтрал, $pH > 7$ бўлса, ишқорли эритма бўлади.

Автоматик асбобларда pH ни ўлчаш учун электр усулдан фойдаланилади, у текшириляётган эритмага ботирилган, шишадан тайёрланган ўлчаш электродининг эритма pH қийматига кўра электрод эритма чегарасида потенциаллар фарқини ўзгартиришига асосланган. Бироқ фақат битта электрод ва эритма ўртасидаги потенциаллар фарқини ўлчаб бўлмайди, чунки ўлчаш асоси уланганида асбобни эритмага улайдиган ўтказгич билан эритма орасида ҳам потенциаллар фарқи ҳосил бўлиб, у ҳам эритмадаги водород ионлари концентрациясига боғлиқ бўлади. Шу сабабли электрод потенциалларини ўлчашда ўлчаш электроди билан бир қаторда ёрдамчи электроддан ҳам фойдаланилади, унинг потенциали ўзгармас бўлиб, эритманинг хоссаларига боғлиқ бўлмайди. Ёрдамчи электрод сифатида каломель ёки кумуш хлорид қопланган электродлар ишлатилади.

Ҳар икки электрод гальваник элемент ҳосил қилади. Сувли эритмаларга татбиқ этиладиган Нернст тенгламасига кўра бундай гальваник элементнинг ЭЮК и, агар ёрдамчи электроднинг потенциали нола тенг бўлса, қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$E = -2,3(RT/F) \cdot pH, \quad (16.10)$$

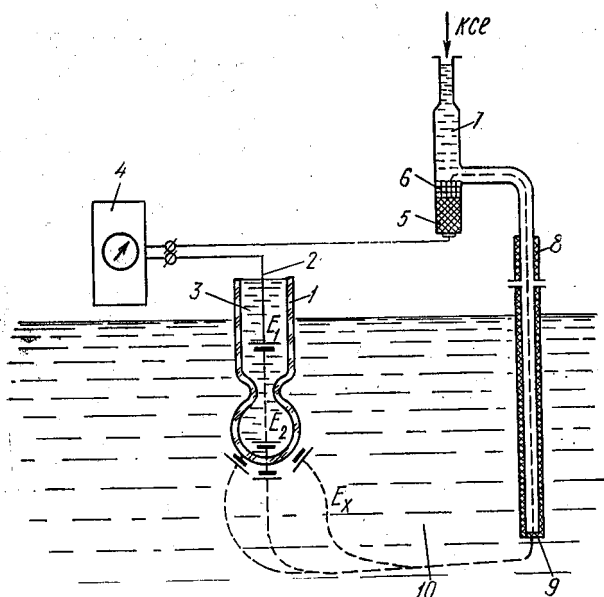
бу ерда R —универсал газ доимийси; T —эритманинг абсолют температураси, К; F —Фарадей сони.

(16—10) тенглама шуни кўрсатадики, шиша электроднинг ЭЮК и эритманинг pH миқдорига ва унинг температурасига боғлиқ экан. Эритманинг температураси ўзгармас бўлганида шиша электроднинг ЭЮК и фақат эритманинг pH миқдори функциясида иборат бўлади. Бу тенгламага R , T ва F нинг сон қийматларини қўйиб, $20^\circ C$ учун шиша электроднинг потенциали қийматини (В ҳисобида) топамиз.

$$E = -0,0581 \text{ pH} \quad (16.11)$$

16.7-расмда текшириляётган эритма 10 га туширилган шиша 1 ва каломель электродлар 7 дан фойдаланилган ҳолда эритманинг pH миқдорини ўлчаш схемаси кўрсатилган. Уларда ҳосил бўлган потенциаллар фарқи эритманинг pH миқдорига пропорционал бўлиб, потенциометр 4 билан ўлчанади.

Шиша электрод шиша найчадан иборат бўлиб, учи электрод шишасидан ясалган юпқа деворли (0,1—0,2 мм) ичи кавак шарча кавшарлаб қўйилган. Шарчага pH миқдори маълум бўлган эритма 3 тўлдирилган бўлиб, эритмага эса кумуш хлорид қопланган контактли ёрдамчи электрод 2 ботирилган, у шарикнинг ички сиртида потенциаллар фарқини олиш учун хизмат қилади. Шиша электродларнинг хусусияти шундан иборатки,



16.7- расм. Шиша ва каломель электродлари бўлган рН метрнинг схемаси.

уларнинг ички электр қаршилиги жуда катта бўлиб, 20°C да $100\text{--}200$ Мом га етади.

Каломель электрод 7 диэлектрикдан тайёрланган корпусдан иборат, ичига химиявий тоза симоб 5 тўлдирилган бўлади. Унинг устида ёмон эрийдиган пастасининг қатлами 6, тўйинтирилган калий хлорид эритмаси 8 жойлаштирилган. Электр контакт ҳосил қилиш учун кам ўтказадиган тўсиқ 9 ўрнатилган бўлиб, у орқали калий хлорид аста-секин сизиб ўтади ва бу билан текшириладиган эритмадан ёрдамчи электродга чет ионлар ўтиб қолишининг олдини олади. Шундай қилиб, шиша ва каломель электродлардан иборат рН метрнинг электр занжирини кетма-кет уланган элементлар қаторидан ташкил топган бўлиб, уларнинг потенциали ўлчаш асбоби қайд этадиган йиғинди ЭЮК ни беради:

$$E_{\Sigma} = E_1 + E_2 + E_3 + E_x, \quad (16.12)$$

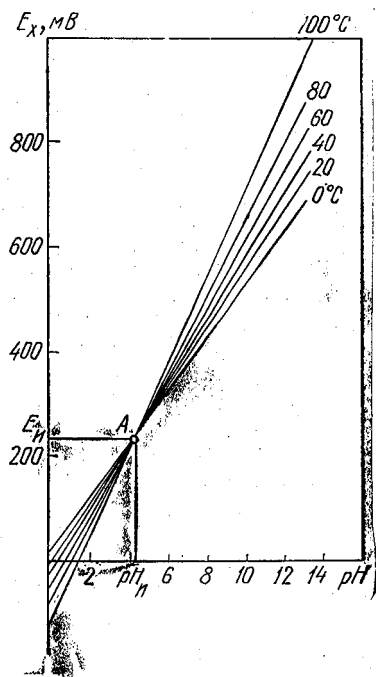
бу ерда E_1 —кумуш хлорид қопланган контактли электрод билан хлорид кислота орасидаги потенциалнинг сакраши (кескин ўзгариши); E_2 —хлорид кислота эритмаси билан шиша электрод шариги ички юзаси ўртасидаги потенциалнинг сакраши; E_3 —симоб билан каломель ўртасидаги ёрдамчи электроддаги потенциалнинг сакраши; E_x —шиша электрод шариги ташқи сирти билан текшириладиган эритма ўртасидаги потенциалнинг сакраши.

E_1 , E_2 ва E_3 катталиклар назорат қилинаётган эритманинг таркибига боғлиқ бўлмайди ва фақат температурага қараб ўзгаради. Шиша электрод шаригининг ташқи юзасида ҳосил бўладиган электр юритувчи куч E_x эритманинг рН миқдори ва температураси билан аниқланади ҳамда (16.10) тенглама билан ҳисобланиши мумкин. Бинобарин, рН-метр электр занжирининг йиғинди ЭЮКи маълум температура учун текшириладиган эритмадаги водород ионлари активлигининг функциясидан иборатдир. Бу ЭЮК ни ўлчаб текшириладиган эритма учун рН катталикни топиш мумкин.

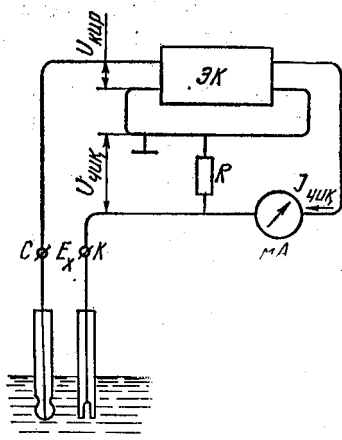
Назорат қилинаётган эритманинг температураси ўзгарганида шиша электроднинг электрод потенциали ўзгаради. Бунинг натижасида эритманинг турли температураларидаги айнан бир хил катталикдаги рН ларга электрод системасининг турли қиймаглари мос келади.

16.8-расмда электрод системаси ЭЮКи нинг назорат қилинаётган эритманинг турли температуралардаги рН ларига боғлиқлик характери кўрсатилган. Эритманинг температураси ортиши билан система характеристикасининг тиклиги ошади. Изопотенциал нуқта деб аталадиган А нуқтада тўғри чизиқлар кесишади ва, демак, электрод системасининг ЭЮКи эритманинг температурасига боғлиқ бўлмайди. Бу нуқтада эритма температурасининг шиша электрод ички ва ташқи потенциалларига таъсири ўзаро компенсацияланган. Изопотенциал нуqtанинг E_n ва pH_n билан белгиланган координаталари электрод системасининг энг муҳим характеристикалари ҳисобланади, уларга рН-метрнинг температура компенсацияси схемасини ҳисоблашда амал қилинади.

Саноат рН-метрларида ўлчаш электроди ва ёрдамчи электрод битта корпусда жойлаштирилади ва сифимларда ўрнатиладиган, ботириб қўйиладиган датчиклар тарзида ёки трубопроводларда ўрнатиладиган, оқар сувда турадиган датчик тарзида тайёрланади. рН занжирининг ЭЮК ини ўлчашда одатда кириш қаршилиги катта бўлган автоматик потенциометрлардан фойдаланилади, уларнинг шкаласи рН бирликларида даражаланади. Текшириладиган эритмаларнинг тем-



16.8-расм. Электрод системасининг температурага боғлиқлиги.



16.9-расм. Электрод системаси
ЭЮК ини ўзгарткич П-201
билан ўлчаш схемаси.

метрнинг комплектига оқар сувда турадиган датчик — сезгир элемент ДМ-5М шиша ва кумуш хлорид қопланган электродлар билан, юқори частотали саноат ўзгарткичи П-201 ва ўзиёзар потенциометр КСП2 киради.

Саноат ўзгарткичи П-201 рН ларни ўлчашда қўлланиладиган электрод системаларининг сезгир элементлари ЭЮК ини унификацияланган ўхшаш электр сигналларига ўзгартириш учун мўлжалланган. Ўзгарткич кўрсатувчи асбоб М1730А (ёки М325) билан жиҳозланган. Ўзгарткич чиқиш токи бўйича манфий тескари алоқа билан қамраб олинган ўзгармас ток кучайтиргичдан иборат, бу эса катта чиқиш қаршиликлари олишга имкон беради. П-201 ўзгарткичи билан электрод системасининг ЭЮК ини ўлчаш схемаси 16.9-расмда кўрсатилган. Электрод системасининг ўлчанадиган ЭЮК и E_x тескари ишорали $U_{чик}$ кучланиш билан таққосланади. Бу кучланиш резистор R дан кучайтиргичнинг чиқиш токи $I_{чик}$ ўтаётганида кучланиш тушуви нагжасида ҳосил бўлади. Бинобарин, электрон кучайтиргич ЭК нинг киришига $U_{кир} = E_x - U_{чик}$ кучланишлар айирмаси берилади, бундан

$$E_x = U_{чик} + U_{кир}.$$

Электрон кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициенти (у кучайтиргич чиқиш кучланишининг кириш кучланишига нисбатига тенг) қиймати анча катта бўлганида $U_{чик} \gg U_{кир}$ бўлади, шунинг учун $U_{кир}$ нинг қийматини ҳисобга олмаса ҳам бўлади. У ҳолда

$$E_x = U_{чик} = I_{чик} \cdot R.$$

ператураси кенг чегараларда ўзгариб турганида ўлчаш системасида эритма температураларининг ўзгариб туришини автоматик компенсацияловчи қурилма бўлиши керак.

Ватанимизда ишлаб чиқариладиган рН-метрларнинг энг кўп тарқалган турларига рН-201 ва рН-261 хиллари киради. Уларнинг ўлчаш ўзгарткичлари ўзгармас кучланиш бўйича 0—50 мВ ва ток бўйича 0—5 мА чиқиш сигналларига эга бўлади. Бу эса уларнинг автоматик потенциометрлар, назорат қилиш ва ростлаш қурилмалари билан комплекта ишлашига имкон беради.

рН-метрнинг комплекти рН-201 эритмалардаги водород ионлари активлигини ўлчаш, қайд этиш ҳамда ростлаш учун мўлжалланган. рН-

Шундай қилиб, резистор орқали ўтаётган ток кучи амалда электрод системасида ҳосил бўладиган ЭЮК га пропорционал бўлади. Унинг катталигини ўлчаб, E_x нинг ва бинобарин, эритма рН миқдорини аниқлаш мумкин.

Ўзгарткичда ўлчаш чегаралари 10 дан 100 мВ гача бўлган ўзиёзар потенциометрларни улаш учун кучланиш ва ток бўйича чиқишлари бор. Температура компенсацияси (қўлда) 0 дан 100°C гача. Сезгир элементдан ўзгарткичгача йўл қўйилган энг катта масофа 150 м. Чиқиш сигналлари ўзгармас ток бўйича 0—5 мА; ўзгармас ток кучланиши бўйича 0 дан (10—100) мВ гача. Кўрсатишларни билиб олиш вақти 10 с. рН-201 асбобида рН сонларини ўлчашнинг беш диапозони бор: 1; 2,5; 5; 10; 15. Электр чиқиш сигналлари бўйича асосий хатолик $\pm 1\%$, кўрсатувчи асбоб бўйича $\pm 2\%$.

16.4-§. СУЮҚЛИК ТАРКИБИНИ АНАЛИЗ ҚИЛИШНИНГ ОПТИК УСУЛИ

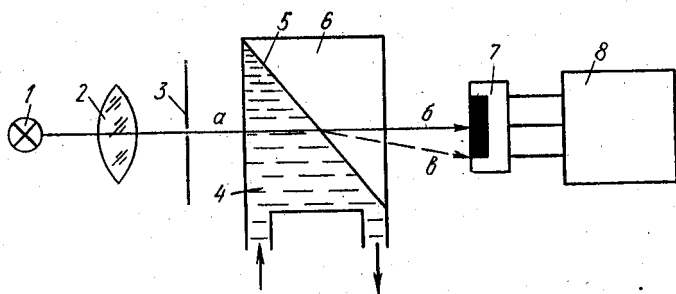
Оптик анализаторларда анализ қилинаётган суюқлик таркиби билан шу суюқлик орқали ёруғликнинг тарқалиш қонунлари ўртасидаги боғланишдан фойдаланилади. Эритмаларни анализ қилишнинг оптик усуллари суюқликлар оптик хоссаларининг синдириш ва қайтариш коэффициенти, оптик зичлиги, қутбланиш бурчаги ва бошқа кўрсаткичларининг текширилаётган модда концентрациясига боғлиқлигига асосланган. Энг кўп тарқалган оптик анализаторларга фотоэлектрик рефрактометрлар, фотоэлектрик колориметрлар, фотоэлектрик нефелометрлар ва фотоэлектрик поляриметрлар киради.

Рефрактометрларда анализ учун ёруғликнинг бир муҳитдан иккинчи бир муҳитга ўтишида (бу муҳитларнинг оптик хоссалари турлича бўлганлиги сабабли) ўз йўналишини ўзгариш хусусиятидан фойдаланилади. Агар муҳитлардан бирининг оптик хоссаси ўзгармасдан қолса (эталон муҳит), иккинчисининг хоссаси эса суюқликдаги компонентларнинг концентрациясига боғлиқ бўлса, у ҳолда ёруғлик нурининг четга чиқиши бўйича бу компонентнинг концентрациясини ўлчаш мумкин.

Ёруғлик нурининг четга чиқишини (синиш кўрсаткичини) аниқлашнинг бир нечта усули мавжуд бўлиб, улардан асосийлари спектрометрик ва тўла ички қайтариш усуллари дидир.

Спектрометрик усул ёруғлик оқимининг назорат қилинаётган шиша призмаларда энг кам четга чиқиш бурчаги бўйича ёруғликнинг синиш кўрсаткичини аниқлашга асосланган.

16.10-расмда автоматик рефрактометрнинг принципаал схемаси кўрсатилган бўлиб, унда анализ қилинаётган эритма икки кювет 4 ва 6 дан иборат дифференциал кювет орқали ўтказилади. Ҳар икки кювет умумий деворча 5 га эга, призмадан иборат. Кювет 4 орқали анализ қилинаётган эритма ўтказилади, кювет 6 да эса эталон суюқлик туради.



16.10- расм. Автоматик рефрактометрнинг схемаси.

Ёруғлик манба 1 дан линза 2 ва диафрагма 3 ёрдамида ёруғлик полосаси a га ўзгаради, у иккала кюветдан ўгиб, қўшалоқ фоторезистор 7 га тушади. Агар 4 ва 6 кюветлардаги суюқликларнинг оптик хоссалари бир хил бўлса, чиқаётган ёруғлик оқими b нинг йўналиши ёруғлик оқими a нинг йўналиши билан бир хил бўлади. Бу ҳолда ҳар икки фоторезистор бир хилда ёритилган ва уларнинг қаршиликлари тенг бўлади.

Анализ қилинаётган суюқликнинг оптик хоссалари ўзгаришида ёруғлик оқими ўз йўналишини икки марта ўзгартиради: эталон кювет 6 га киришда ва ундан чиқишда. Нурнинг a йўналишда силжиши натижасида пастки резисторнинг ёритилганлиги ошади, юқориги фоторезисторники эса камаёди. Фоторезисторлар қаршилигининг ўзгариши кўприк схема 8 ёрдамида ўлчанади.

Яна бир кенг тарқалган гуруппалардан бири автоматик рефрактометрлар бўлиб, уларнинг ишлаши тўла ички қайтариш ҳодисасига асосланган.

Рефрактометрлар бензин, керосин, хлорид ва нитрат кислоталари, спиртлар ва бошқа суюқликларни анализ қилишда қўлланилади. Баъзи рефрактометрлар кюветининг конструкцияси улардан агрессив, заҳарли, полимерланадиган ва юқори температурали муҳитларни анализ қилишда фойдаланишга имкон беради. Миқдор жиҳатдан анализ қилишнинг калориметрик методи ранг қўшилган эритмаларнинг улардан ўтадиган ёруғлик оқимини бир хилда ютмаслигига асосланган. Миқдорий нисбатлар Ламберт—Бер қонунига мувофиқ аниқланади.

Фотоэлектрик колориметрлар спектрнинг кўринадиган участкасида ишлаш учун мўлжалланган. Концентрацияни ўлчаш анализ қилинаётган модданинг бўялиш интенсивлиги бўйича бажарилади, асбобнинг номи ҳам шундан олинган („колор“—ранг дегани). Одатда фотоколориметрлар спектрнинг кенг соҳасида ишлайди, шунинг учун уларда нурланиш манбалари сифатида чўғланиш лампаларидан фойдаланилади. Ўлчаш сезгирлиги ва танланишини ошириш учун фотоколориметрларда ёруғлик филтрларидан кенг фойдаланилади. Ёруғлик оқимларининг интенсивлигини қайд этиш учун қабул қилгичлар

сифатида турли фотоэлементлар, фотоқаршиликлар ва фото-кўпайтиргичлардан фойдаланилади.

Автоматик фотоколорометрларда одатда икки каналли (дифференциал) схемалар қўлланилади. Бу схемалар ёруғлик манбаидаги ўзгаришларга сезгир эмас, чунки уларда ўлчаш ишлари таққослаш усулида бажарилади. Икки каналли колорометрларда (16.11-расм) икки фотоэлементнинг фототоклари таққосланади; фототоклардан бирининг катталиги назорат қилинаётган эритма орқали ўтаётган ёруғлик оқимиغا, иккинчи фототокнинг катталиги эса эталон эритмадан ўтган ёруғлик оқимиغا пропорционал бўлади.

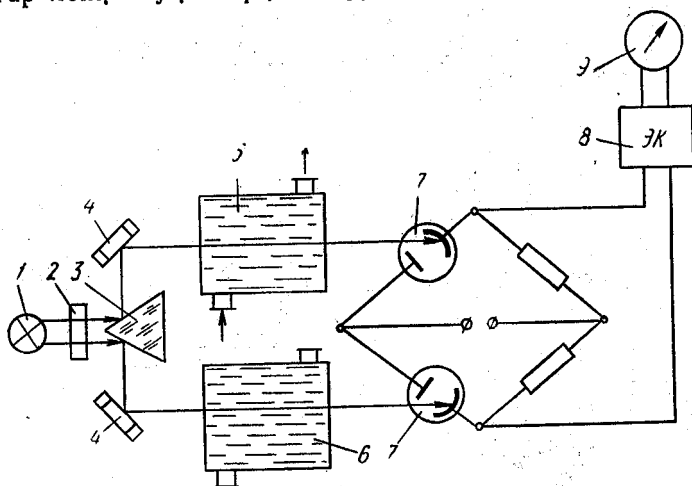
Эталон ва текшириладиган суюқликларнинг оптик хоссалари бир хил бўлган ҳолларда ҳар икки фотоэлементнинг ёритилганлиги бир хил бўлади ва кўприк диагоналида ток бўлмайди. Агар текшириладиган суюқлик эталон суюқликниқидан фарқ қиладиган концентрацияга эга бўлса, (кучли ёки кучсиз бўялган бўлса), у ҳолда кўприкнинг диагоналида ток пайдо бўлиб, унинг катталиги концентрацияга функционал боғлиқ бўлади.

Оптик қисмининг нисбатан мураккаблиги ва схема элементлари спектрал характеристикаларининг ўлчаш натижаларига таъсир қилиши бу асбобларнинг камчилиги ҳисобланади.

Бундай асбобларнинг хатолиги кювет дарчаларининг ва нурлар йўлидаги бошқа элементларнинг бир хилда ифлосланмаслиги туфайли катта бўлади.

Суюқликда эримай қолган муаллақ зарралар концентрациясини назорат қилиш учун лойқа муҳитларда ёруғликнинг сочилишига асосланган усуллар қўлланилади.

Агар лойқа муҳит орқали ёруғлик оқими ўтказилса, у ҳол-



16.11-расм. Икки каналли фотокалориметрнинг схемаси.

1 — ёруғлик манбаи; 2 — ёруғлик фильтри; 3 — призма; 4 — кўзгу; 5 — ўлчов кюветаси; 6 — намуна кюветка; 7 — фотоэлемент; 8 — эл. кучайтиргич; 9 — ўлчов асбоби

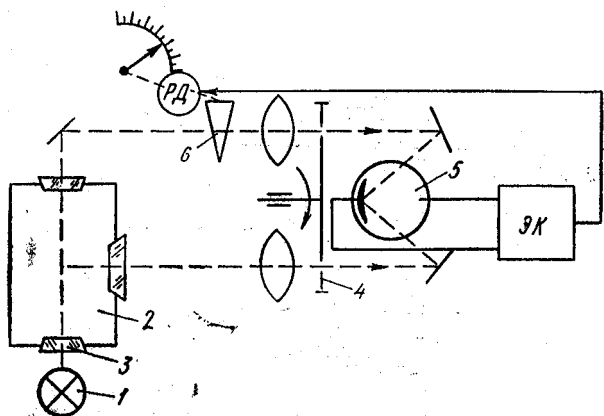
да унинг бир қисми суюқликдаги зарралар орқали сочилади. Назорат қилинаётган суюқликда муаллақ зарралар концентрацияси қанча юқори бўлса, ёруғлик оқимининг шунча катта қисми сочилади. Бунда назорат қилинаётган суюқлик орқали ўтаётган ёруғлик оқими интенсивлигининг кучсизланиши ҳам (турбидиметрик ўлчаш), ёруғлик оқимининг сочилиш интенсивлиги ҳам (нефелометрик ўлчаш) концентрация ўлчови бўлиши мумкин.

Икки оптик канали бор нефелометрнинг принципаал схемаси 16.12-расмда кўрсатилган. Ёруғлик оқими манба 1 дан чиқиб, шиша дарчалар 3 билан жиҳозланган ўлчаш камераси 2 орқали ўтади. Камера 2 орқали ўтган ёруғлик оқими таққослаш каналига йўналади, сочилган ёруғлик оқими эса ўлчаш каналига йўналади. Ҳар икки оқим обтюратор 4 ёрдамида навбатма-навбат фотоэлемент 5 га тушади. Сочилган ёруғлик оқими билан таққослаш оқими ўртасидаги фарқ (айирма) муаллақ зарралар концентрациясига боғлиқ бўлади. Нефелометрларда ёруғлик оқимларининг компенсацияланиш принциpidан фойдаланилади, бунинг учун уларнинг нотенглиги мавжуд бўлганида электрон кучайтиргич чиқишига уланган реверсив двигатель РД асбоб стрелкасини оптик пона 6 сари силжитиб, ёруғлик оқимларини тенглаштиради.

Нефелометрлар асосан эмульсияларни анализ қилишда ва қисман оқова сувлардаги нефть маҳсулотлари миқдорини анализ қилишда ишлатилади.

Турбидиметрик анализаторлар ичимлик ва оқова сувларнинг лойқалигини, тиндирғичлар ва технологик аппаратлардаги шлам сатҳини, суспензиялардаги зарралар концентрациясини ўлчашда қўлланилади.

Турбидиметрик анализаторлар сув лойқалигини ўлчайдиган 0—3 дан 0—500 мг/л гача ўлчаш диапозонига эга, ўлчаш хатолиги $\pm 2\%$ дан ошмайди



16.12-расм. Нефелометрнинг принципаал схемаси.

Концентрацияни аниқлашнинг поляриметрик усули баъзи оптик жиҳатдан актив моддаларнинг улардан ўтаётган қутбланган ёруғликнинг қутблантириш текислигини айлантириш хоссасидан фойдаланишга асосланган.

Оптик жиҳатдан актив моддалари бор эритмалар қутбланиш учун қутбланиш текислигини айлантириш бурчаги α эритма қалинлиги бир хил турганида шу эритма қатламига пропорционал бўлади:

$$\alpha = \alpha_0 \cdot l \cdot c, \quad (16.13)$$

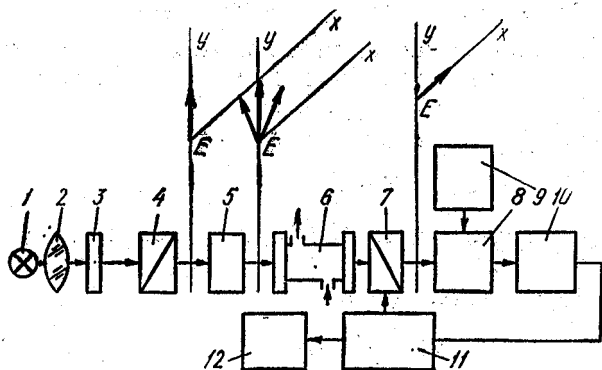
бу ерда α_0 —қутбланиш текислигининг қутбланган ёруғлик температурасига унинг тўлқин узунлигига боғлиқ бўлган солиштирма айланиши; l —қатлам қалинлиги; c —эритманинг концентрацияси.

Шундай қилиб, α_0 нинг қийматини билган ҳолда, l нинг ўлчанган қиймати бўйича концентрация c ни аниқлаш мумкин.

16.13-расмда автоматик поляриметрнинг принципиал схемаси келтирилган.

Ёруғлик нурлари манба 1 дан чиқиб линза 2 ёрдамида параллел тутамга яқинроқ ёруғлик тутамига айлантирилгач, интерференцион филтър 3 дан ўтиб, монохроматик бўлиб қолади. Поляризатор 4 бу нурланишни азимути маълум қутбланган чизиқли нурланишга айлантиради. Модулятор 5 (масалан, Фарадей ячейкаси) қутбланиш азимутини f частота билан ўрта вазиятдан бир хилдаги катталиқка ўзгартиради. Анализатор 7 қутбланиш азимутининг ўртача вазиятига нисбатан 90° бурчак ҳосил қилиб ўрнатилган (айқаш вазият) бўлиб, фотоприёмник 8 га қутбланиш азимути ўзгаришининг қўшалок частотаси ($2f$) га тенг модуляцияли амплитуда билан кирази. Фотоприёмник таъминлаш блоки 9 дан ишлайди ва нурланишни электр сигнаliga ўзгартиради.

Агар модулятор билан анализатор ўртасига оптик жиҳатдан актив объект 6 жойлаштирилса, у ҳолда қутбланиш ази-



16.13-расм. Автоматик поляриметрнинг схемаси.

мути ўртача вазиятдан маълум бурчак α га ўзгаради ва фото-приёмникка f частотали нурланиш киради. f частотали электр-сигнал электрон кучайтиргич 10 да номувофиқлик сигналини ҳосил қилади, бу сигнал анализатор билан бикр алоқага эга бўлган ижро механизми 11 га тушади. Номувофиқлик сигна-лининг фазасига қараб, ижро механизми анализаторни систе-манинг оптик ўқи атрофида у ёки бу томонга буради. Бу ҳол то айқаш вазият яна қарор топганига қадар давом этади ва анализатордан кейин нурланиш частотаси $2f$ га тенг бўлмай қолади. Анализаторнинг бурилиш бурчаги қутбланиш ази-мутининг оптик жиҳатдан актив объект билан бирга айланиш бурчагига тенг бўлади. Ўлчаш натижалари анализатор билан ижро механизми орқали боғланган санок қурилмаси 12 да қайд этилади.

Қутбланиш-оптик усуллар амалда инерциясиз бўлиб, юқо-ри аниқликка эгадир.

16.5-§. АВТОМАТИК ТИТРЛАШ

Титрлаш—эритмаларни миқдорий анализ қилишнинг энг кенг тарқалган универсал усулларида бўлиб, завод лаборато-рияларида бажарилган анализларнинг асосий қисми шу усул-га тўғри келади. Автоматик титрлаш учун асбоблар (автома-тик титрометрлар) нинг қўлланилиши анализлар ўтказиш тез-лигини кескин оширади, кўпгина ҳолларда уларнинг аниқлигини орттиради. кўп сонли лаборантлар-аналитикларни бўшатади.

Эритмада бошқа компонентлар билан турган, табиати маъ-лум бўлган модда A нинг концентрациясини аниқлаш титрлаш деб аталади. Бунинг учун махсус реагент B танланади, уни титрловчи модда (титрант) деб аталади, у қуйидаги схема бўйича анализ қилинаётган аралашманинг маълум компонен-тига танлаб реакция кўрсатади:



бу ерда M ва N —титрлаш реакциясининг маҳсулотлари.

Титрловчи модда B ни намунадаги модда A нинг ҳаммаси реакцияга кирмаганига қадар қўшилади. Бунда титрловчи мод-да миқдори Q_B бошланғич намунадаги титрланаётган модда-нинг миқдори Q_A га эквивалент бўлади

$$Q_A = K_p \cdot Q_B, \quad (16.15)$$

бу ерда K_p —титрлаш реакцияларининг стехиометрик коэф-фициенти.

Титрланадиган модда миқдори

$$Q_A = C_A \cdot Q_{\text{пр}}. \quad (16.16)$$

бу ерда C_A —анализ қилинаётган аралашмадаги модда A нинг концентрацияси; $Q_{\text{пр}} = \text{const}$ —бошланғич намуна миқдори.

Тигрловчи модданинг эквивалент миқдори

$$Q_B = C_B \cdot V_B, \quad (16.17)$$

бу ерда C_B —титрловчи модданинг концентрацияси; V_B —титрловчи модданинг эквивалент ҳажми.

Q_A ва Q_B нинг миқдорларини (16—15) тенгламага қўйиб, изланаётган концентрация C_A нинг титрловчи модданинг эквивалент ҳажмига боғлиқлигини ҳосил қиламиз:

$$C_A = K_T \cdot V_B, \quad (16.18)$$

бу ерда

$$K_T = \frac{K_P \cdot C_B}{Q_{\text{пр}}} = \text{const.}$$

Шундай қилиб, титрлашда намунадаги компонентнинг аниқланадиган концентрациясининг ўлчови титрловчи модданинг эквивалент ҳажмидан иборат бўлади.

Титрлаш реакцияларининг боришини назорат қилиш учун ишлатиладиган асбобларнинг ишлаш принципига қараб титрлашнинг қуйидаги хиллари бўлади: кондуктометрик, потенциометрик, амперометрик ва фотометрик.

Титрлаш процесси дискрет (даврий) ва узлуксиз бўлиши мумкин. Даврий титрлашда анализ қилинаётган модданинг алоҳида намунаси (дозаси) анализ қилинади. Узлуксиз титрлашда анализ қилинаётган модданинг сарф бўйича стабиллашган оқими анализ қилинади, бу модда узлуксиз ишловчи реакторга кириб туради. Узлуксиз титрлашда титрловчи модданинг эквивалент сарфи аниқланадиган компонентнинг ўлчови бўлади, яъни

$$C_A = K'_1 q_B^{\text{эКВ}} \quad (16.19)$$

бу ерда

$$K'_1 = \frac{K_P \cdot C_B}{q_A} = \text{const}; q_A = \text{const}—$$

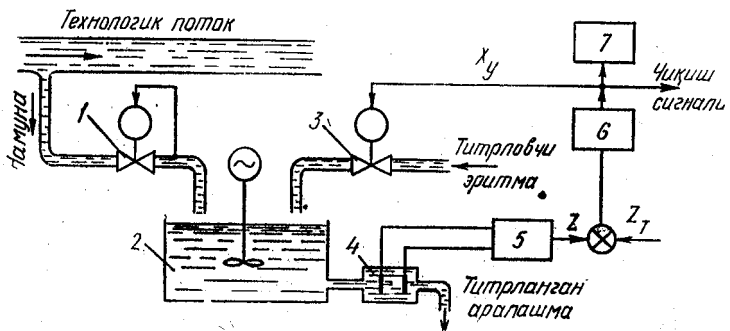
анализ қилинаётган модда А оқимининг сарфи; $q_B^{\text{эКВ}}$ — титрловчи модда В нинг эквивалент сарфи.

Автоматик титрлаш усули билан анализларни автоматик тарзда бажариш учун мўлжалланган асбоблар титрометрлар деб аталади. Вазифасига кўра автоматик титрометрлар лаборатория ва ишлаб чиқариш титрометрларига бўлинади. Лаборатория титрометрлари ярим автоматик асбоблардир, чунки титрлаш циклининг барча тайёргарлик ва ёрдамчи операциялари қўлда бажарилади. Ишлаб чиқаришдаги автоматик титрометрлар саноат шароитида технологик оқимларни узлуксиз циклик ёки узлуксиз автоматик тарзда анализ қилиш учун мўлжалланган.

Узлуксиз ишлайдиган автоматик титрометрнинг принципиал схемаси 16.14-расмда кўрсатилган. Назорат қилинаётган технологик оқимдан намуна олинади, у сарф стабилизатори 1 оркали аралаштиргич 2 га узлуксиз тушиб туради. Бу ерга титрловчи эритма тушади, унинг сарфини ростловчи орган 3 (масалан, юқори аниқликдаги дозаловчи насос) билан аниқланади. Намуна ва титрловчи эритма оқимлари узлуксиз равишда аралашиб ва ўзаро реакцияга киришиб туради. Агар аралаштиргичга вақт бирлиги ичида тушиб турган титрловчи эритма миқдори худди шу вақт ичида намуна билан бирга тушиб турган титрловчи модда миқдорига эквивалент бўлса, у ҳолда реакцияга кирган аралашма титрлашнинг охириги нуқтасига мос келади. Акс ҳолда титрлаб бўлинган аралашмада моддалардан бирининг миқдори ортиқча бўлади.

Аралашмадаги титрловчи эритма билан титрловчи модданинг миқдорлари нисбати ёрдамчи автоматик концентратор 5 ва бирламчи ўзгарткич 4 ёрдамида назорат қилиб турилади. Датчикнинг чиқиш сигнали z титрлашнинг охириги нуқтасига мос келадиган z_T нинг берилган қиймати билан таққосланади. Улар тенг бўлганида титрловчи эритма сарфи ўзгармайди ва намунанинг назорат қилинаётган компонентининг концентрациясини характерлайди. Акс ҳолда номувофиқлик сигнали регулятор 6 ёрдамида маълум қонун бўйича ўзгартириладиган номувофиқлик сигнали ростловчи орган 3 га берилади ва бу орган берилаётган титрловчи эритма миқдорини ўзгартиради. Ростловчи орган 3 нинг характеристикаси чизиқли бўлганида титрловчи эритма сарфи бошқарувчи сигнал X_u га пропорционал бўлади. Бинобарин, X_u нинг катталитини қайд этувчи иккиламчи асбоб 7 ни аниқланаётган модда концентрациясининг бирликларида даражалаш мумкин.

Баъзи ҳолларда узлуксиз автоматик титрометрнинг конструкциясини намуна ва титрловчи эритмаларнинг оқимларини стабиллаш йўли билан соддалаштириш мумкин. Агар бунда характеристик параметрнинг ўзгариши назорат қилинаётган



16.14-расм. Узлуксиз автоматик титрометрнинг схемаси.

компонентнинг чизиқли функциясидан иборат бўлса, у ҳолда бундай асбобдан автоматик ростлаш системасининг датчиги сифатида фойдаланиш мумкин.

16.6-§. АНАЛИЗ ҚИЛИШНИНГ РАДИОИЗОТОП УСУЛИ

Радиоизотоп усулнинг асосий афзаллиги—контактсиз ўлчашдир. Бу агрессив, жуда қовушоқ суюқликларни, шунингдек температураси ва босими юқори суюқликларни анализ қилиш-ни осонлаштиради. Радиоизотоп анализаторларда одатда β ва γ юмшоқ нурланишлардан фойдаланилади. Энергияси тах-минан 10—150 кэВ бўлган J -нурланиш юмшоқ нурланиш ҳи-собланади.

Суюқликнинг зичлиги ρ ва қатлами қалинлиги x ни билган ҳолда ва энергетик жиҳатдан бир жинсли бўлган j -нурлар тутамининг интенсивлиги I ни ўлчаб, изланаётган компонент C_A нинг масса улушини аниқлаш мумкин:

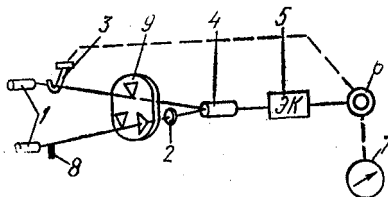
$$C_A = \frac{I_n j_0 / j}{\rho \cdot x (\mu_{\text{ФА}} - \mu_{\text{ФБ}})} - \frac{\mu_{\text{ФА}}}{\mu_{\text{ФА}} - \mu_{\text{ФБ}}} \quad (16.20)$$

бу ерда j_0 —қатлам сиртидаги γ -нурланишнинг интенсивлиги; $\mu_{\text{Ф}}$ —юмшоқ j -нурлар заифлашувининг фотоэлектрик массавий коэффициенти; $\mu_{\text{ФА}}$ —ана-лиз қилинаётган муҳитда оғир элементларнинг заифлашувининг ўртача коэф-фициентти; $\mu_{\text{ФБ}}$ —анализ қилинаётган муҳитда енгил элементлар заифлашу-вининг ўртача коэффициенти.

Бу усул нефть маҳсулотларида олтингугуртни, хлорли ор-ганик суюқликларда хлорни ва ҳоказоларни аниқлашда қўлла-нилади.

Радиоизотопли автоматик компенсацион суюқлик анализа-торининг функционал схемаси 16.15-расмда келтирилган. Икки

манбадан чиққан нурланиш (Fe изотоплар) обтюратор 9 билан узилганидан кейин асбобнинг иш ва таққослаш каналларидан навбатма-навбат ўтади. Иш каналида назорат қилинаётган оқар суюқликти кювет 2, таққослаш каналида эса компенсацион полиэтилен пона 3 жойлашган. Тенг даражада кучсизлашган оқимлар битта сцинтилляцион детектор 4—фотоэлектрон кў-пайтиргич ФЭУ га киради. ФЭУ нинг чиқишидаги куч-ланиш импульслари электр-троп кучайтиргич 5 га келиб, бу ерда қуввати бўйича ва амплитудаси бўйича кучайти-рилади ва қўшилади. Кучай-тиргич чиқишидаги сигналнинг катталиги ва фазаси $i_p - i_j$ айирманинг катталиги ва ишо-раси билан аниқланади, бу



16.15- расм. Суюқликнинг радиоизотопли автоматик компенсацион анализаторининг функционал схемаси.

ерда I_p ва I_T — тегишлича иш ва таққослаш каналларидан ўтган нурланиш оқимларининг интенсивлиги. Сигнал кучайтиргич 5 дан компенсацион пона 3 ва ўлчаш асбоби 7 билан кинематик боғланган реверсив двигатель 6 га тушади. Сигналнинг фазасига қараб реверсив двигатель ҳар икки каналдаги оқимларнинг интенсивлиги бир хил бўлмаганига қадар понани суради; бунда сигнал нолга тенг бўлади. Компенсацион понанинг вазияти анализ қилинаётган муҳитнинг концентрациясининг ўлчови бўлади. Шкаланинг ноль нуқтаси заслонка 8 билан қўйилади. Шкаланинг диапозони компенсацион понанинг йўлини ўзгартириш ёрдамида ростланади.

Суюқлик анализаторларида β -нурланишдан фойдаланилганда ўлчашнинг икки усули — суюқликнинг β -нурланиш тутамини суьсайтириши ва унинг қайтарилиши қўлланилиши мумкин. Биринчи усул анализ қилинаётган муҳитдан ўтган β -нурланиш интенсивлигини ўлчашга, иккинчи усул анализ қилинаётган муҳит қайтарган β -нурланиш интенсивлигини ўлчашга асосланган. Иккинчи усулда радиоактив манба ва нурланиш детектори нурланиш бевосита детекторга тушмайдиган қилиб ўрнатилади.

β - ва j -нурланишлардан фойдаланиш учта ва ундан ортиқ компонентли суюқликлар таркибини анализ қиладиган анализаторлар яратишга ҳам имкон беради. Уч компонентли суюқликларни анализ қилиш учун, масалан, β -зарралар тутамларининг заифланиш ва қайтарилиш коэффициентларини айна бир вақтда ўлчашдан фойдаланиш мумкин, чунки бу эффектлар энергиялари етарли даражада турлича бўлган юмшоқ j -нурланиш тутамларининг таркибига турлича даражада боғлиқ бўлади.

Саккизинчи бўлим

17-боб. СУЮҚЛИКЛАРНИНГ ЗИЧЛИГИНИ ЎЛЧАШ

17.1-§. АСОСИЙ МАЪЛУМОТЛАР ВА КЛАССИФИКАЦИЯСИ

Моддаларнинг зичлиги технологик маҳсулотнинг сифатини, баъзи ҳолларда эса таркибини ҳам характерловчи асосий параметрлардан ҳисобланади. Зичликни автоматик ўлчаш асбоблари химия, озиқ-овқат ва бошқа саноат тармоқларидаги бир қатор процессларни комплекс автоматлаштиришдаги муҳим элементлардандир. Масалан, буғлатувчи қурилмалар, абсорбер, дистилляция, ректификация ва бошқа аппаратураларни назорат қилиш ҳамда бошқариш зичликнинг узлуксиз ўлчаб турилишини талаб қилади. Баъзи ишлаб чиқаришда суюқликларнинг зичлиги эриган модда концентрациясини аниқлаш мақсадида ўлчанади.

Модда массасининг ҳажмга нисбати зичлик дейилади, яъни

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (17.1)$$

бу ерда ρ —зичлик, кг/м³; m —модданинг массаси, кг; V —модданинг ҳажми, м³.

Суюқликнинг зичлиги температурага боғлиқ ва нормал (20° С) температурада қуйидаги формула билан ҳисобланади:

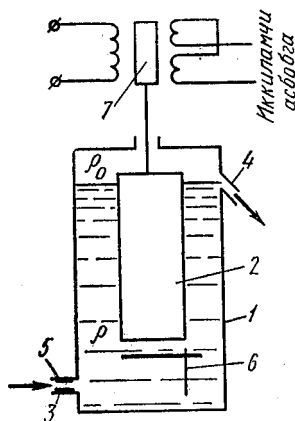
$$\rho_{20} = \rho_t [1 - \beta(20 - t)], \quad (17.2)$$

бу ерда ρ_t —суюқликнинг иш температурасидаги зичлиги, кг/м³; β —суюқлик ҳажмий иссиқлик кенгайишининг ўртача коэффициенти 1/°С; t —суюқликнинг температураси, °С.

Саноатда суюқликнинг зичлигини ўлчаш учун қалқовичли, ва-ззли, гидростатик ва радиоизотопли зичлик ўлчагичлар энг кўп қўлланилади.

17.2-§. ҚАЛҚОВИЧЛИ ЗИЧЛИК ЎЛЧАШ АСБОБЛАРИ

Қалқовичли зичлик ўлчагичларда архимеднинг қалқовичга таъсир этувчи итариб чиқарувчи кучининг суюқлик зичлигига боғлиқлигидан фойдаланилади. Бу асбоблар сузиб юривчи ва батамом чўкадиган қалқовичли бўлади. Биринчи тур асбоблар-



17.1-расм. Сузиб юривчи қалқовичли зичлик ўлчагичининг схемаси.

вичга таъсир этувчи итарувчи куч Архимед қонунига кўра аниқланади:

$$F_x = \rho_0 g \int_{h-x}^h s(x) dx + \rho g \int_0^x s(x) dx \quad (17.3)$$

бу ерда ρ_0 —сууюқлик устидаги муҳитнинг зичлиги; g —эркин тушиш тезла-
ниши; ρ —қалқовичнинг пастки қисми ботирилган сууюқликнинг зичлиги; s —
қалқович кесимининг юзи; h —қалқовичнинг баландлиги; x —қалқовичнинг
сууюқликка ботиш сатҳи.

Ўзгармас кесимли қалқович учун

$$F_{(x)} = \rho_0 g S h + (\rho - \rho_0) g S x. \quad (17.4)$$

Агар сууюқлик устида ҳаво бўлса, у ҳолда $\rho_0 = 0$. Унда умумий ҳолда

$$F_{(x)} = \rho \cdot g \int_0^x s_{(x)} dx. \quad (17.5)$$

Ўзгармас кесимли қалқович учун итарувчи куч ифодаси қуйидаги кўринишда бўлади

$$F = \rho \cdot g \cdot s \cdot x. \quad (17.6)$$

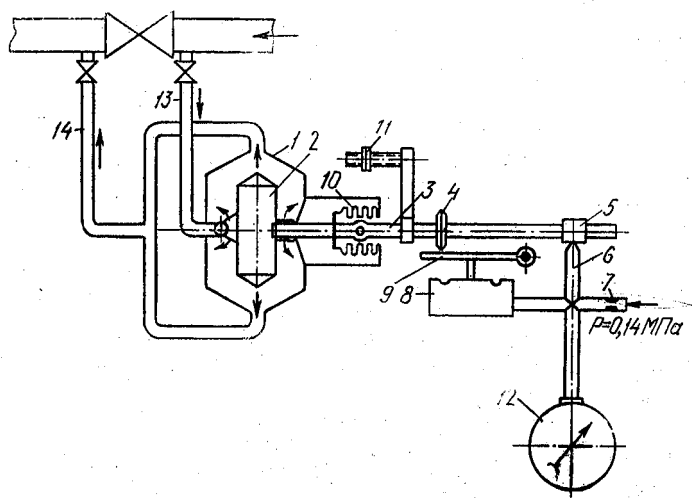
17.1-расмда сузиб юривчи қалқовичли зичлик ўлчаш асбоби-
нинг принципиал схемаси кўрсатилган. Асбоб қалқович 2, су-
зиб юривчи ўлчаш идиши 1 дан иборат. Сууюқлик асбобга тар-
нов 3 орқали келиб, тарнов 4 орқали чиқиб кетади. Оқимнинг

тезлиги доимий кесимли дроссель 5 ёрдамида аниқланади. Пластиналар 6 қалқовични уюмалардан сақлайди.

Суюқлик зичлигининг ўзгариши қалқович ва у билан боғлиқ бўлган ўзак 7 нинг силжишига олиб келади. Ўзак дифференциал трансформатор ўзгарткич ғалтагида силжийди. Иккиламчи (кўрсатувчи ёки қайд қилувчи) асбоб зичлик бирлигида даражаланади. Температуранинг компенсацияси иккиламчи асбобнинг ўлчаш схемасига уланган қаршилик термометри ёрдамида амалга оширилади. Зичлик ўлчагичлар коррозияга чидамли материаллардан тайёрланиб, агрессив суюқликлар зичлигини ўлчашда ҳам ишлатилиши мумкин.

Оралиқдаги ўзгарткичнинг типига қараб зичлик ўлчагич электрик ёки пневматик унификацияланган чиқиш сигнаliga эга бўлиши мумкин.

17.2-расмда қалқовичи батамом чўкадиган зичлик ўлчагичнинг принципиал схемаси кўрсатилган. Бу асбобда пневматик ўзгарткич ишлатилган. Вентиль ёки бошқа торайтириш қурилмаси ҳосил қилган босимнинг пасайиши таъсирида суюқлик труба 13 дан ҳалқа тақсимлагич орқали ўлчаш камераси 1 га келади ва чиқарма трубкалар ёрдамида труба 14 дан трубопроводга узатилади. Суюқликнинг бундай йўналиши оқим тезлигининг қалқович 2 га кўрсатадиган таъсирини йўқотади. Қалқович шарикоподшипникда турган ва зичловчи сиффон 10 дан ўтадиган коромисло учига ўрнатилган. Коромисло посанги 11 орқали мувозанатлашади. Посанги шундай ростланганки, қалқович энг кичик зичликка эга бўлган (ўлчаш асбобининг пастки чегараси) суюқликда пастга силжий бошлайди. Зичлик кў-



17.2- расм. Чўкадиган қалқовичли пневматик ўзгарткичли зичлик ўлчагичнинг схемаси.

пайиши билан қалқович кўпаювчи, итарувчи куч таъсирида кўтарилади ва системадаги мувозанат бузилади. Пневматик ўзгарткич ёрдамида мувозанат қайтадан тикланади. Бунинг учун асбобада филтёр, редуктор ва дроссель 7 орасидан ҳаво узлуксиз келиб туради ва сопло 6 билан коромисло 3 учига ўрнатилган тўсиқ 5 орасидаги зазордан чиқиб кетади. Қалқович кўтарилганда, тўсиқ сопло томон силжийди, натижада соплодан сиқилган ҳавонинг атмосферага чиқиши камаяди ва мембранали қути 8 да ҳаво босими ошади. Бунда мембранадан итарувчи ричаг 9 га узатиладиган куч ошади ва ролик 4 орқали коромислонинг ўнг учи юқорига кўтарилади, натижада тўсиқ соплодан узоқлашади. Мембранага таъсир этган ҳаво босими қалқовични итарувчи кучга пропорционал бўлиб, суюқлик зичлигининг ўлчови ҳисобланади ва иккиламчи асбоби 12 орқали ўлчанади. Ўлчашнинг пастки чегараси (50 кг/м^3) ростлагич посангиси 11 ни силжитиш йўли билан ростланади. Ўлчашнинг юқориги чегараси ва диапозони қалқович ҳамда мембрана габаритларига ёки уларнинг коромисло ўқиға нисбатан бурилиш масофасига боғлиқ. Асбобдан ўтган ҳаво сарфи ўзгармас кесимли дроссель 7 ёрдамида аниқланади.

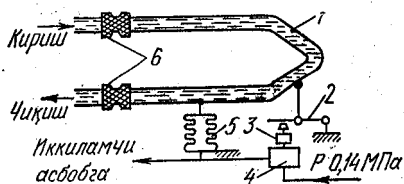
Батамом чўкадиган қалқовичли зичлик ўлчагичларнинг турли-туман конструкциялари мавжуд. Улар бир-биридан қалқовичининг конструкцияси, мувозанатловчи қурилма, кўрсатишларни масофага узатувчи механизмнинг конструкциялари, автоматик температура компенсацияси усули ва бошқалар билан фарқ қилади.

Химия, озиқ-овқат ва бошқа саноат соҳаларида кенг тарқалган зичлик ўлчагичлар бир-бирларидан қалқовичнинг шакли, кўрсатишларни масофага узатиш усули бўйича фарқ қилади. Қалқовичли асбоблар $1000 \dots 1400 \text{ кг/м}$ диапозондаги суюқлик зичлигини $\pm 2\%$ аниқлик билан ўлчайди.

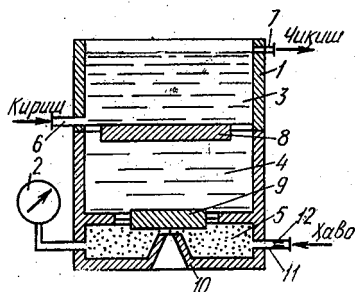
17.3-§. ВАЗНЛИ ЗИЧЛИК ЎЛЧАГИЧЛАР

Вазнли зичлик ўлчаш асбобларининг ишлаш принципи назорат қилинаётган суюқликнинг маълум бир доимий ҳажмининг вазнини узлуксиз тортиб туришга асосланган. Тоза суюқликлар зичлигини ўлчашдан ташқари вазнли зичлик ўлчагичлар суспензия ва таркибда қаттиқ моддалар бўлган суюқликлар зичлигини ўлчада ҳам ишлатилади.

17.3-расмда пневматик ўзгарткичли вазнли зичлик ўлчагичнинг принципаал схемаси келтирилган. Суюқлик резина тарнов ва металл сильфонлари 6 бўлган сиртмоқсимон трубка 1 дан ўтади. Сиртмоқсимон трубка пневмо ўзгарткичнинг тўсиғи 2 билан боғлиқ. Суюқлик зичлиги ошганда сиртмоқсимон трубканинг вазни ортади ва у пастга ҳаракатланади, сопло 3 билан тўсиқ 2 орасидаги зазор кичраяди, ўзгарткичдаги босим кўтарилади. Унификацияланган пневматик сигнал кучайтиргич 4 орқали сильфон 5 га узатилади (тескари алоқа). Сильфондаги



17.3- рasm. Пневматик ўзгарткичли вазнли зичлик ўлчагичнинг принципиал схемаси.



17.4- рasm. Мембрана-вазнли зичлик ўлчагичнинг схемаси.

босим суюқлик зичлигининг ўзгаришига пропорционал ўзгаради ва шкаласи зичлик бирлигида даражаланган иккиламчи асбоб билан ўлчанади. Асбоб суюқликнинг зичлигини сиртмоқсимон трубка тўлдирилаётган пайтдаги амалий температурада ўлчайди.

Вазнли зичлик ўлчагичларнинг афзаллиги трубка кесимининг доимийлиги ва трубкадан суюқликнинг катта тезликда ўтишидир. Бу эса суюқлик таркибидаги қаттиқ жисмларнинг трубка тубига (деворларига) чўкишига йўл қўймайди. Саноатда $500 \dots 2500 \text{ кг/м}^3$ ўлчаш чегараларига мўлжалланган вазнли зичлик ўлчагичлар чиқарилади. Ўлчашдаги асосий хатолик $\pm 2\%$.

17.4- рasmда Тошкент политехника институтининг ходимлари ишлаб чиққан зичлик ўлчагичнинг схемаси келтирилган.

У корпус 1 ва ўлчаш асбоби 2 дан иборат. Корпус назорат қилинаётган суюқлик солинган камера 3, буфер суюқлик билан тўлдирилган оралиқ камера 4 ва пневмоўзгарткич ролини ўйнайдиган камера 5 дан иборат. Зичлиги ўлчанаётган суюқлик камера 3 га кириш штуцери 6 орқали тўхтовсиз келиб туради ва ундан тўкиш штуцери 7 орқали чиқиб кетади, бу эса камерада суюқликнинг бир сатҳда туришини таъминлайди. Оралиқ гидравлик камера 4 идиш 3 нинг туби 8 нинг силжишини узатиш учун мўлжалланган, у бикр марказли эластик мембрана 9 дан иборат, марказ камера 4 нинг тубида ўрнатилган. Камера 5 сопло 10 билан жиҳозланган. Сиқилган ҳаво груба 11 орқали камера 5 га доимий дроссель 12 орқали киради. Мембрана 9 нинг бикр маркази сопло 10 нинг тўсиғи ролини ўйнайди. Мембрана 8 нинг суюқлик вазни (зичлиги) га боғлиқ бўлган силжиши оралиқ камера 4 орқали мембрана 9 га берилади, бу мембрана силжиб сопло 10 ни беркитади. Камера 5 даги ҳаво босими ўлчаш асбоби 2 ёрдамида назорат қилиб туради ва суюқликнинг зичлик ўлчови бўлиб хизмат қилади.

Мембрана-вазнли зичлик ўлчагич ўлчаш сезгирлиги ва аниқлигини оширишга имкон беради.

17.4-§. ГИДРОСТАТИК ЗИЧЛИК ЎЛЧАГИЧЛАР

Гидростатик зичлик ўлчагичлар ўзгармас баландликдаги суюқлик устунининг босимини ўлчаш учун хизмат қилади.

Гидростатик зичлик ўлчагичлар кенг тарқалган, чунки бу асбоблар содда тузилган ва анализ қилинаётган суюқликка ўрнатиладиган датчикларда ҳаракатланадиган қисмлар йўқ. Уларнинг ишлаш принципи қуйидагича. Суюқлик сиртига нисбатан H чуқурликдаги P босим қуйидагича ифодаланади:

$$P = \rho \cdot g \cdot H, \quad (17.7)$$

бу ерда ρ —суюқликнинг зичлиги, кг/м^3 ; g —оғирлик кучининг тезланиши, м/с^2 .

Суюқлик устунининг баландлиги H ўзгармас бўлса, босим P суюқлик зичлигининг ўлчови бўлади. Гидростатик зичлик ўлчагичларда суюқлик устунининг босими, одатда, суюқлик орасидан инерт газ (ҳаво) ни узлуксиз ҳайдаб ўлчаб турилади. Бу газ (ҳаво) нинг босими суюқлик устуни босимига пропорционал (пъезометрик зичлик ўлчагичлар). Суюқлик устунининг босимини бу усулда ўлчаш кўрсатишларни масофага узатиш имкониятини беради. Ҳайдаладиган инерт газ суюқлик хусусиятларига кўра танланади. Ҳайдаладиган газ сарфи катта бўлмай доимий бўлиши шарт, чунки сарфнинг ўзгариб туриши ўлчашда қўшимча хатоликларга олиб келиши мумкин.

Одатда, суюқликнинг турли баландликдаги иккита устунидаги босимлар фарқи ўлчанади (дифференциал усул). Бу эса ўлчанаётган зичликнинг аниқлигига таъсир кўрсатадиган сатҳ ўзгаришларини йўқотади, (17.7) формуладан

$$P_1 - P_2 = (H_1 - H_2) \rho \cdot g \text{ ёки } \Delta P = \Delta H \cdot \rho \cdot g \quad (17.8)$$

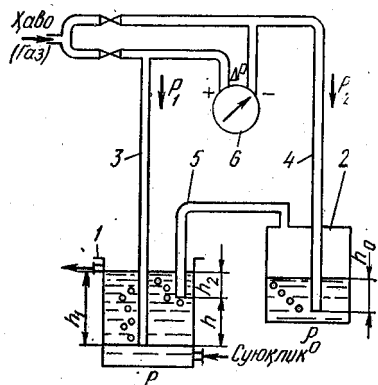
бу ерда P_1 ва P_2 —суюқлик устуналарининг босими, Па; H_1 ва H_2 —суюқлик устуналари сатҳининг баландлиги, м.

Ҳаво (инерт газ) узлуксиз ҳайдаладиган пъезометрик дифференциал икки суюқлики зичлик ўлчагичда (17.5-расм) текширилаётган суюқлик идиш 1 дан узлуксиз оқиб ўтади, бу идишда суюқлик сатҳи доимий сақланади. Доимий сатҳли идиш 2 маълум зичликли эталон суюқлик билан тўлдирилган бўлади. Инерт газ найча 3 орқали текширилаётган суюқлик қатлами орқали ўтади ва асбобдан чиқиб кетади. Худди шу инерт газ найча 4 орқали эталон суюқлик қатлампдан ўтади, кейин қўшимча найча 5 орқали текширилаётган суюқликнинг маълум қатлампдан ўтиб асбобдан чиқади.

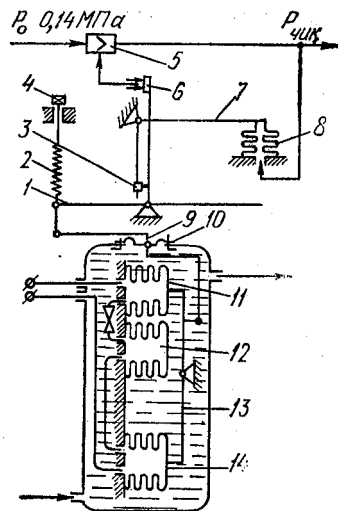
Пъезометрик найчаларнинг чўкиш чуқурлиги ва эталон суюқликнинг зичлиги маълум бўлса, дифференциал манометр 6 нинг кўрсатишлари текширилаётган суюқлик зичлигининг ўлчови бўлади.

(17—8) формулага мувофиқ дифманометрнинг кўрсатишлари қуйидагича бўлади:

$$\Delta P = h_1 \cdot \rho \cdot g - (h_2 \rho + h_0 \rho_0) g = (h \cdot \rho - h_0 \rho_0) g. \quad (17.9)$$



17.5-рasm. Пьезометрик зичлик ўлчагичининг схемаси.



17.6-рasm. ПЖС-II типдаги сиффонли зичлик ўлчагичининг схемаси.

Эталон суюқликнинг зичлиги текшириляётган суюқликнинг зичлигига яқин қилиб танланади. У ҳолда $h_0 = h$ бўлса, босимлар фарқи $\Delta P = 0$; унда текшириляётган суюқликнинг зичлиги минимал бўлади. Агар текшириляётган суюқликнинг зичлиги максимал бўлса, босимлар фарқи максимал қийматга эга бўлади.

Асбобда эталон суюқликли идиш 2 текшириляётган суюқликли идиш 1 дан юқориқда жойлашган. Эталон ва текшириляётган суюқликнинг температура коэффициентлари бир хил бўлиб, уларнинг температураси тенг бўлса, температура компенсацияси автоматик равишда таъминланади.

Гидростатик зичлик ўлчагичлар саноатда $900 \dots 1800 \text{ кг/м}^3$ ўлчаш диапозонига мўлжаллаб чиқарилади. Бу асбобларнинг асосий хатолиги $\pm 4\%$.

Сиффонли, тензометрик, химотрон ва бошқа зичлик ўзгарткичлари гидростатик зичлик ўлчагичларнинг турларидир.

Сиффонли зичлик ўлчагичларда (17.6-рasm) ўлчанаётган муҳит зичлигининг ўзгариши назорат қилинаётган идишда жойлаштирилган бошқа элементларнинг деформациясини вужудга келтиради.

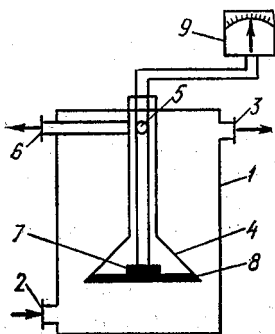
Ўлчаш камераси ичида бир-биридан маълум масофада сиффонлар 11 ва 14 жойлаштирилган бўлиб, улар коромисло 13 билан бирлаштирилган бўлади. Ўлчаш камераси ичидаги суюқликнинг зичлиги ўзгаришида сиффонларнинг деформацияси ўзгаради ва коромисло ўзининг таянч нуқтаси атрофида бурилади. Коромисло 13 бурчакли рычаг 9 орқали унификациялан-

ган пневмо ўзгарткичнинг *T*-симон ричаги *1* билан бирлашган. Ричагнинг чиқишидаги герметикликни мембрана *10* таъминлайди. Чиқиш конструкцияси ричаг *9* нинг бурилиш эҳтимолини кўзда тутлади.

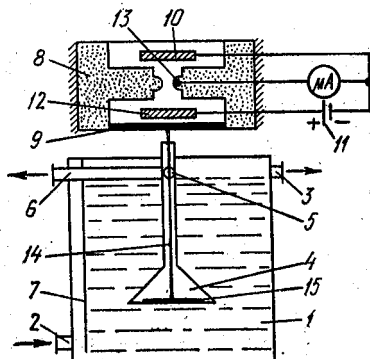
Сильфонлар *11* ва *14* нинг, шунингдек, ўлчанаётган суюқлик температурасининг ўзгариши келтириб чиқарадиган хатоликни компенсациялаш учун мўлжалланган сильфон *12* нинг ички бўшлиқлари кетма-кет вентилли найча билан бирлаштирилган. Сильфонлар зичлиги минимал бўлган назорат қилинаётган суюқлик билан тўлдирилган. ПЖС-П зичлик ўлчагичи $500-2500 \text{ кг/м}^3$ диапозонидаги зичликни ўлчашга имкон беради.

17.7-расмда тензометрик зичлик ўлчагичнинг схемаси келтирилган. Назорат қилинаётган суюқлик идиш *1* га штуцер *2* орқали узлуксиз тушиб туради ва ундан тўкиш штуцери *3* орқали чиқиб кетади, бу эса идишда доимо бир хил сатҳ бўлишини таъминлайди. Асосий идиш *1* нинг ичида эталон суюқлик билан тўлдирилган идиш *4* жойлаштирилган бўлиб, унинг зичлиги назорат қилинаётган маҳсулотнинг минимал зичлигига тенг бўлиши керак. Эталон суюқлик туйнук *5* орқали киради, ортиқчаси эса тўкиш трубаси *6* орқали чиқиб кетади. Бу билан сатҳнинг доимийлигига, балласт босимнинг ва температура ўзгаришларининг компенсация қилинишига эришилади.

Назорат қилинаётган маҳсулот зичлиги озгина ўзгариши билан эластик элемент *8* нинг марказига елимлаб ёпиштирилган тензодатчик *7* нинг қаршилиги ўзгаради. Зичлик ўлчагичи сифатида электрон автоматик кўприк *9* қўлланилган бўлиб, унинг елкаларининг бирига тензодатчик *7* уланган. Кўприк шкаласи зичлик бирликларида даражаланган. Ўлчашнинг пастки чегаралари кўприк шкаласини даражалашда идишлар *1* ва *4* ни зичлиги текшириляётган суюқликнинг минимал зичлигига тенг бўлган суюқлик билан тўлдиришда аниқланади.



17.7.- расм. Тензометрик зичлик ўлчагичнинг схемаси.



17.8.- расм. Химотронли зичлик ўлчагичнинг схемаси.

17.8- расмда химотрон зичлик ўлчагичнинг схемаси келтирилган. Зичлиги ўлчаниши керак бўлган суюқлик идиш 1 га кириш штуцери 2 орқали узлуксиз кириб туради ва ундан тўкиш штуцери 3 орқали чиқиб кетади. Идиш 1 нинг ичида эталон суюқлик солинган идиш 4 жойлаштирилган. Эталон суюқлик идиш 4 га тўйнуқ 5 орқали берилади ва ундан тўкиш труба 6 орқали чиқиб кетади. Эталон суюқликнинг зичлиги назорат қилинаётган суюқликнинг минимал зичлигига тенг қилиб олинади. Асбобнинг конструкцияси сатҳнинг ўзгармаслигини ва балласт босимнинг компенсацияланишини таъминлайди. Назорат қилинаётган суюқлик кираётган оқимининг мавжланиш эҳтимолининг олдини олиш учун тўсиқ 7 кўзда тутилган.

Пластмасса корпусли химотрон датчик 8 электролит билан тўлдирилган. Электролит калий йодиднинг бир оз йод қўшиб тайёрланган сувдаги эритмасидир. Датчикнинг эластик мембранаси 9 босим оёғина ўзгарганида ҳам эгилади. Датчик корпусининг ичида иккита тўрсимон платина электрод бор, улардан бири қўшимча катод 10 бўлиб хизмат қилади ва ток манбаи 11 нинг минуси билан бирлаштирилган, иккинчиси анод 12 бўлиб хизмат қилади ва таъминлаш манбаининг плюсига уланган. Тўсиқдаги паррон тешикда ўрнатилган учинчи электрод анод ҳамда катод камераларини ажратиб туради ва асосий катод 13 ҳисобланади.

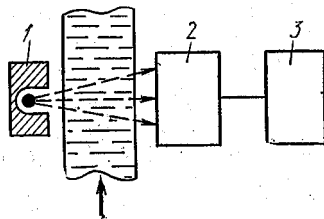
Химотрон датчикнинг мембранаси 9 шток 14 ёрдамида идиш 4 нинг эластик элементи 15 билан бириктирилган. Зичликнинг оёғина ўзгариши эластик элемент 15, бинобарин, химотрон датчикнинг мембранаси 9 нинг эгилишини вужудга келтиради.

Датчик мембранасининг силжиши натижасида электролит анод камерасидан катод камерасига оқиб ўтади, бу эса микроамперметр занжирида токнинг анча кўпайишига олиб келади, унинг шкаласи бевосита зичлик бирликларида даражаланган бўлади.

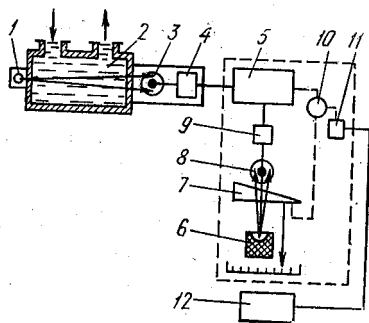
17.5- РАСМ. РАДИОИЗОТОПЛИ ЗИЧЛИК ЎЛЧАГИЧЛАР

Радиоизотопли зичлик ўлчагичларнинг ишлаш принципи радиоактив манба γ -нурларининг суюқликдан ўтишида ютилишига асосланган. Булар суспензия, пульпа, агрессив ва катта босимли суюқликларнинг зичлигини ўлчашда ишлатилиши мумкин. Ўлчаш асбоблари ўлчанаётган муҳит билан контактсиз боғланган. Бу эса бундай асбобларнинг афзаллигига киради.

Радиоизотопли зичлик ўлчагич составига (17.9- расм) γ -нурланишлар манбаи 1 ва приёмниги 2 киради, унинг чиқиб кетган сигнали авто-



17.9- расм. Радиоизотопли зичлик ўлчагичнинг схемаси.



17.10- расм. ПЖР-2 типидаги радиоизотопли компенсацион зичлик ўлчагичнинг принципиал блок-схемаси.

матик потенциометр 3 га бериллади. Приёмник 2 қабул қиладиган нурланиш интенсивлиги трубопроводдан оқиб ўтадиган суюқликнинг зичлигига боғлиқ бўлади: зичлик қанча катта бўлса γ-нурларнинг ютилиши шунча кучли ва приёмник 2 нинг киришида сигнал шунча кучсиз бўлади. Бу сигналнинг катталигига труба деворларининг қалинлиги, суюқлик таркиби ва манба нурланишини камайтирадиган бошқа факторлар таъсир қилади. Бу факторларнинг таъсири стабил бўлганлиги са-

бабли асбобни даражалашда олинган тузатмани кўрсатишларга киритиш йўли билан ҳисобга олинади.

17.10- расмда ПЖР-2 типидаги суюқлик зичлигини ўлчаш радиоизотопли асбобнинг блок-схемаси келтирилган. Суюқлик ўтадиган трубопровод 2 да радиоактив нурланиш манбаи 1 ва нурланиш приёмниги 3 ўрнатилган. Нурлаткич сифатида радиоактив изотоплар (Co^{60} , Cs^{137}) ишлатилган.

Гамма нурлар трубопровод деворлари ва назорат қилинаётган суюқлик қатламидан ўтиб, нурланиш приёмнигига келади.

Ўлчанаётган зичликнинг функцияси бўлган приёмникнинг электр сигнали блок 4 да шаклланади ва электрон ўзгарткич 5 киришига узатилади. Манба 6 дан чиққан нурлар компенсацион пона 7 дан ўтиб, приёмник 8 га келади ва блок 9 да ишланган электр сигнали ҳамда юқорида айтилган электрон ўзгарткич 5 га келади. Манба 6 приёмник 8 ва блок 9, манба 1 приёмник 3 ва блок 4 га ўхшаш. Сигналлар фарқи электрон ўзгарткич орқали кучайтирилади ва реверсив двигатель 10 га узатилади. Реверсив двигатель компенсацион пона 7 ва иккиламчи асбоб 12 нинг дифференциал-трансформаторли датчигидаги плунжер 11 билан боғлиқ.

Сигналнинг катталиги ва ишорасига қараб реверсив двигатель понани сигналлар фарқи нолга тенглашгунча силжитади. Кўрсатувчи асбоб билан боғланган пона силжишининг қиймати суюқлик зичлигининг ўзгаришига пропорционал.

ПЖР-2 зичлик ўлчагичининг ўлчаш диапазони 600 ... 2000 кг/м^3 , асбобнинг ўлчаш хатолиги $\pm 2\%$.

Саноат радиоизотопли зичлик ўлчагичлардан ПЖР-2, ПЖР-2Н, ПЖР-5, ПР-1024 ва бошқа маркаларини ишлаб чиқаради.

18-боб. СУЮҚЛИКЛАРНИНГ ҚОВУШОҚЛИГИНИ ЎЛЧАШ

18.1-§. АСОСИЙ МАЪЛУМОТЛАР ВА КЛАССИФИКАЦИЯ

Саноатнинг бир қанча тармоқларида, масалан, сунъий тола-лар, синтетик смолалар, каучук эритмалари, бўёқлар, сурков мойлари ва бошқа маҳсулотлар ишлаб чиқаришда қовушоқлик маҳсулот таркиби ва сифатини аниқловчи катталиқ ҳисоблана-ди. Шунинг учун кўпгина ҳолларда қовушоқликни автоматик тарзда узлуксиз ўлчаб туриш муҳим аҳамиятга эга бўлади.

Суюқликларнинг сирпаниш ёки силжишга қаршилик кўрса-тиш хусусияти *қовушоқлик* дейилади.

Берилган оқимда суюқлик икки қатламининг силжишида тангенсил куч вужудга келади. Шу куч Ньютон қонунига кўра қуйидагича аниқланади:

$$F = \mu S \frac{dv}{dn}, \quad (18.1)$$

бу ерда F — силжиш куч, Н; μ — динамик қовушоқлик ёки қовушоқлик ко-эффициенти, Па · с; S — ички ишқаланиш юзаси, м²; $\frac{dv}{dn}$ — ҳаракатдаги қат-лам қалинлиги бўйича тезлик градиенти (силжиш тезлиги), 1/с; v — қатлам оқимининг тезлиги, м/с; n — ҳаракатдаги қатлам қалинлиги, м.

(18.1) тенгламадан динамик қовушоқликни аниқлаймиз:

$$\mu = \frac{F}{S \frac{dv}{dn}}. \quad (18.2)$$

СИ системасида динамик қовушоқлик бирлиги қилиб, су-юқлик оқимининг шундай қовушоқлиги қабул қилинганки, бу оқимда 1 Н/м² силжиш босими таъсирида чизиқли тезлигининг градиенти силжиш текислигига перпендикуляр бўлган 1 м ма-софада 1 м/с бўлади. Динамик қовушоқликнинг бу бирлиги Н с/м² ёки Па · с ўлчовига эга.

Амалда кўпинча динамик қовушоқликнинг суюқлик зичли-ги ρ га бўлган нисбатига ифодаланувчи кинематик қовушоқ-ликдан фойдаланилади, яъни

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}. \quad (18.3)$$

Кинематик қовушоқлик СИ системасида $\text{м}^2/\text{с}$ ўлчовига эга. Тажрибада, шунингдек, пауз (П) ва сантипауз қовушоқлик бирликларида ўлчанади. Бу бирликлар СИ системасидаги қовушоқликнинг бирлиги билан қуйидагича боғланган:

$$1 \text{ П} = 0,1 \text{ Па} \cdot \text{с}; 1 \text{ сП} = 1 \text{ мПа} \cdot \text{с}.$$

Қовушоқликни ўлчаш пайтида температуранинг таъсирини эътиборга олиб, тегишли тузатишлар киритиш лозим.

Ҳозир суюқлик қовушоқлигини ўлчайдиган бир қатор асбоблар мавжуд. Бу асбоблар ишлаш принципи жиҳатидан капилляр, шарикли, ротацион ва тебранишли асбобларга (вискозиметрларга) бўлинади.

18.2- §. КАПИЛЛЯР ВИСКОЗИМЕТРЛАР

М. П. Воларовичнинг маълумотларига кўра қовушоқликни ўлчашнинг тахминан 80% и капилляр асбоблар билан ўтказилиб, улар назарий жиҳатдан энг кўп ишлаб чиқилган ва амалда тадқиқ қилинган.

Капилляр вискозиметрлар ўлчаш аниқлигининг юқорилиги, ўлчашнинг катта диапазони ва нисбатан соддалиги туфайл кенг тарқалган. Кейинги йилларда технологик процесснинг ўтишидаги қовушоқликни автоматик тарзда назорат қилиш ва ростлашга мўлжалланган капилляр вискозиметрлар яратилади. Бу асбоблар нисбатан тоза ва бир жинсли суюқликлар қовушоқлигини назорат қилишда ишлатилади.

Капилляр вискозиметрларнинг ишлаш принципи Пуазейл капилляр найчасидан суюқликнинг оқиб чиқиш қонунига асосланган. Бу қонун қуйидагича ифодаланади:

$$Q = \frac{\pi d^4}{128 \mu l} \Delta P, \quad (18.4)$$

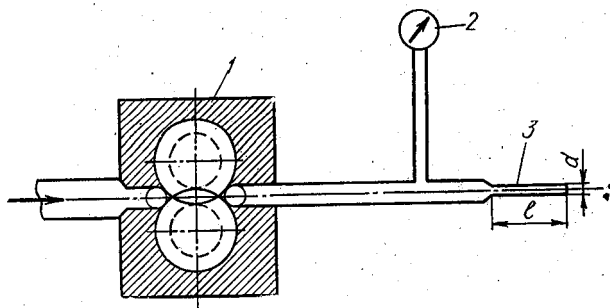
бу ерда Q — найчадан оқиб чиқадиган суюқликнинг ҳажмий сарфи, $\text{м}^3/\text{с}$; d — найча диаметри, м ; μ — суюқликнинг динамик қовушоқлиги, $\text{Па} \cdot \text{с}$; l — найчанинг узунлиги, м ; ΔP — найча учларидаги босимлар фарқи, Па .

Агар Q , d , l катталикларнинг қиймати доимий бўлса, қовушоқликни аниқловчи формула қуйидаги кўринишга келади:

$$\mu = K \Delta P. \quad (18.5)$$

Шундай қилиб, суюқлик қовушоқлигини ўлчаш суюқлик ўтадиган капилляр найча учларидаги босимлар фарқини ўлчашдан иборат. Бунда суюқликнинг юмалоқ кесимли тирқишлардан оқиб чиқиши оғирлик кучи босими ёки ташқи босим таъсирида содир бўлиши мумкин.

Капилляр вискозиметрлар икки катта гурппага бўлинади: лаборатория вискозиметрлари ва автоматик ишлайдиган вискозиметрлар. Кейинги вискозиметрларга босим остида суюқлик оқиб чиқадиган ва эркин оқиб чиқадиган асбоблар киради. Суюқлик эркин оқиб чиқадиган асбоблар ўз навбатида икки



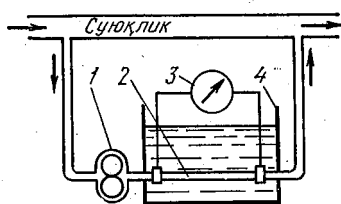
18.1-рasm. Капилляр вискозиметр схемаси.

классга; сатҳ ўзгарадиган ва ўзгармайдиган асбобларга бўлинади.

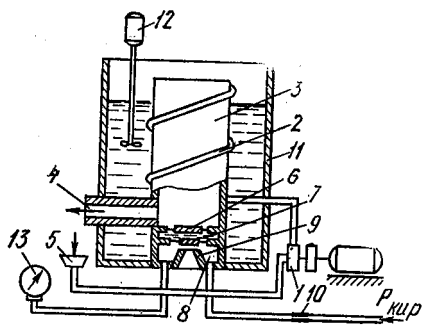
18.1-рasmда капилляр вискозиметр схемаси келтирилган. Шестерняли насос 1 анализ қилинаётган суюқликнинг мутлақо доимий миқдорини капилляр найча 3 га узатади. Капилляр найчанинг кириши ва чиқишидаги босимлар фарқи сезгир дифманометр 2 орқали ўлчанади. Дифманометрнинг шкаласи қовушоқлик бирлигида даражаланади. Капилляр найчанинг диаметри d ва узунлиги l ўлчаш чегаралари ва ўлчанаётган суюқлик турига қараб танланади. Ўзгармас температурани таъминлаш учун вискозиметр найчаси одатда, температурани автоматик ростловчи термостатга уланади. Капилляр вискозиметрнинг ўлчаш чегаралари $0,001 \dots 10$ Па·с. Лаборатория асбобларида ўлчаш хатолиги 0,3, автоматик асбобларда ўлчаш хатолиги $+3 \dots 5\%$.

18.2-рasmда автоматик капилляр вискозиметрнинг конструкцисы бир оз ўзгарган принципиал схемаси келтирилган. Назорат қилинаётган суюқлик ўзгармас сарф билан дозаловчи насос 1 ёрдамида капилляр найча 2 орқали тортиб олинади. Найчадаги босимнинг пасайишини дифманометр 3 билан ўлчанади, унинг шкаласи қовушоқлик бирликларида даражаланган. Вискозиметр термостат 4 га ўрнатилган. Одатда асбоб, диаметри ва узунлиги турлича бўлган капиллярлар комплекти билан таъминланган бўлади. Капиллярнинг диаметри ва узунлиги ўлчаш чегараларига қараб танланади.

Ишлаш принципи ўз оғирлиги таъсирида суюқ маҳсулотларнинг оқиб чиқишига асосланган вискозиметрлар энг кўп тарқалган. Уларнинг асосий органи датчик бўлиб, у паст томонида калибрланган найча билан тугайдиган сифимдан иборат. Сифимга узлуксиз равишда



18.2-рasm. Автоматик капилляр вискозиметрнинг принципиал схемаси.



18.3-расм. Мембранали пневматик вискозиметрнинг схемаси.

сарфи, капиллярнинг силжиши, капиллярнинг диаметри ёки узунлиги ва ҳоказо) ўлчанади. Биринчи тип асбоблар ўзгарувчан сатҳли вискозиметрлар деб, иккинчи тип асбоблар эса ўзгармас сатҳли вискозиметрлар деб аталади.

Тошкент политехника институтининг ходимлари томонидан суюқ маҳсулотларнинг эркин оқиб чиқишига асосланган пневматик ва электрик вискозиметрларнинг ҳар хил конструкциялари яратилган. Эркин оқиб чиқишга асосланган вискозиметрлардан ўзгарувчан сатҳли асбоблар кенг қўлланилмоқда.

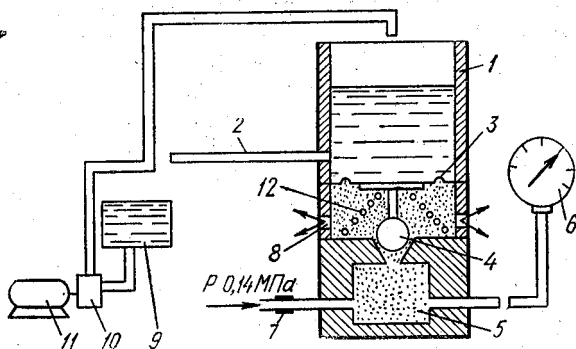
18.3-расмда мембранали пневматик вискозиметрнинг схемаси келтирилган. Текшириладиган суюқлик насос-дозатор 1 ёрдамида сўриб олинади ва иссиқлик алмашгич 2 орқали цилиндрик идиш 3 га ҳайдалади, у ердан капилляр 4 орқали сифим 5 га оқиб чиқади. Капилляр 4 идиш 3 нинг ён деворида жойлашган бўлиб, гидравлик камера 7 нинг юқориги мембранаси 6 шу идишнинг туби бўлиб хизмат қилади.

Гидравлик камера 7 остида чиқариш соплоси 9 билан пневматик камера 8 жойлашган. Ҳаво пневматик камерага маълум 0,14 МПа босим билан доимий дроссель 10 орқали берилади. Асбоб бутунлай аралаштиргичли двигатель 12 билан таъминланган термостат 11 да туради.

Текширилаётган суюқликнинг қовушоқлиги ўзгарганда унинг идиш 3 даги сатҳи ўзгаради. Бунинг натижасида гидравлик камеранинг юқориги мембранаси эгилади ва у ўз навбатида заслонка ролини бажарувчи мембрана 6 ни эгилишга мажбур этади. Натижада сопло 9 нинг очилиш ёки ёпилиш даражасини ўзгартиради, бу сопло пневматик камера 8 ни атмосфера билан туташтириб туради, бунда камера 8 да ҳаво босими ўзгаради ва бу ўзгаришни ўлчаш асбоби 13 ёрдамида ўлчанади. Унинг шкаласи бевосита кинематик қовушоқлик бирликларида даражаланган.

18.4-расмда шарикли пневматик вискозиметрнинг схемаси келтирилган. Пневмокамерани атмосфера билан туташтирувчи шарикли клапаннинг қўлланилиши жуда юқори аниқликда ўл-

суюқлик тортиб туширилади, унинг сарфи доимо бир хилда сақлаб турилади. Сифимдаги суюқлик сатҳи унинг қовушоқлигига пропорционал равишда ўзгаради. Сатҳ баландлигини ўлчаб, қовушоқликнинг қиймати топилади. Бу асбобларнинг бошқа типларида, аксинча, суюқлик сатҳи бир хилда ушлаб турилади, лекин қовушоқликка бевосита боғлиқ бўлган бошқа параметр (масалан, суюқлик

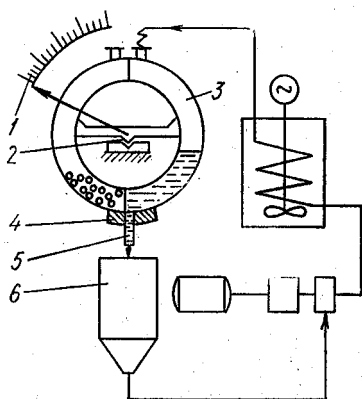


18.4-расм. Шарикли пневматик вискозиметрнинг схемаси.

чашни таъминлайди. Суюқликнинг қовушоқлигини ўлчашда унинг капилляр 2 ли идиш 1 даги сатҳи ўзгаради. Қовушоқликнинг ортиши суюқликнинг гидравлик босими ҳисобига мембрана 3 нинг пастга эгилишига сабаб бўлади. Натижада шарикли мембрана билан бириктирилган шарикли клапан 4 ҳаво билан тўлдирилган пневмокамера 5 нинг юқориги қисмидаги конуссимон тешикни беркитади. Ҳаво пневмокамерага магистрал ҳаво йўлидан доимий дроссель 7 ёрдамида 0,14 МПа босимда берилади. Босим суюқлик сатҳининг ўзгаришига пропорционал равишда ортади, бунга пружина 12 нинг сиқилиши натижасида эришилади. Қовушоқлик камайганда шарикли клапан кўтарилади ва ҳаво тешик 8 орқали агмосферага чиқиб кетади. Капилляр 2 дан оқиб чиқадиған суюқлик сиғим 9 га тушади, у ердан шестерняли насос 10 ёрдамида сўриб олинади, насосни редукторли синхрон двигатель 11 ҳаракатга келтиради. Насос текширилайётган суюқликни термостат орқали тортиб олади (чизмада кўрсатилмаган). Иккиламчи асбоб 6 сифатида ўзиёзар ПВ42Э ёки намуна манометрдан фойдаланилган бўлиб, уларнинг шкалалари қовушоқлик бирликларида даражаланган бўлади.

Ўлчаш чегаралари (212 — 938) 10^3 Па·с ни ташкил қилди. Нисбий келтирилган хатолик $\pm 2\%$ ни ташкил қилади.

18.5-расмда ҳалқали вискозиметрнинг принципиал схемаси



18.5-расм. Ҳалқали вискозиметрнинг схемаси.

келтирилган. Ҳалқасимон камера 3 призма 2 нинг таянч оёқлари ёрдамида ўз геометрик марказига осиб қўйилган. Ҳалқанинг пастки қисмига юк 4 маҳкамлаб қўйилган. Суюқлик термостат орқали ҳалқасимон камера 3 га тортиб олинади ва капилляр трубка 5 дан идиш 6 га оқиб чиқади. Суюқликнинг қовушоқлиги ўзгарганда айлантирувчи момент ҳосил бўлади, унинг таъсирида ҳалқасимон камера стрелкаси билан таянч нуқта атрофида айланиш тескари таъсир этувчи момент билан мувозанатлашмагунга қадар бурилади. Шкала 1 бевосита қовушоқлик бирликларида даражаланган. Қовушоқликни ўлчаш чегараларини юк 4 оғирлигини ошириш ёки камайтириш йўли билан ўзгартириш мумкин. Асбобнинг максимал хатолиги тажриба йўли билан белгиланган бўлиб, 1,5% ни ташкил қилади, ҳалқанинг максимал бурилиш бурчаги 60° , ўлчаш чегараси эса 20 мПа · с.

Ичи ковак ҳалқада суюқлик сатҳининг ўзгариши қуйидаги айлантирувчи моментни ташкил қилади:

$$M_{\text{айл}} = H \cdot \gamma \cdot S \cdot R. \quad (18.6)$$

Бунинг таъсирида ҳалқа соат стрелкаси ҳаракати йўналишида бурилади. Ҳалқанинг бурилиши тескари таъсир этувчи моментни юзага келтиради:

$$M_{\text{тес}} = F \cdot b \cdot \sin \alpha. \quad (18.7)$$

Моментлар тенг бўлганида ичи ковак ҳалқа янги мувозанат вазиятида тўхтайд.

$$M_{\text{айл}} = M_{\text{тес}}$$

ёки

$$H \cdot \gamma \cdot S \cdot R = Fb \sin \alpha. \quad (18.8)$$

бу ерда H — суюқлик сатҳи; γ — суюқликнинг солиштира оғирлиги; S — ҳалқа ярим қисмлари ўртасидаги тўсиқнинг юзи; R — ҳалқанинг ўртача радиуси; F — юкнинг оғирлик кучи; b — система оғирлик марказининг таянч нуқтасигача масофаси; α — ҳалқанинг бурилиш бурчаги.

Айни ҳалқа учун F , b , S , R катталиклар ўзгармас, шунинг учун

$$H \cdot \gamma = K \cdot \sin \alpha, \quad (18.9)$$

бу ерда $K = Fb/SR$.

(18.9) тенглама асбобнинг статик характеристикасини ифодалайди ва идишдаги суюқлик сатҳи бир хил бўлганида унинг оғирлиги ҳалқа бурилиш бурчагининг синусига пропорционал ва фақат қовушоқликка боғлиқлигини билдиради. Вискозиметр шкаласининг нотекислигини лекало ёрдамида бартараф этиш мумкин.

Доимий сатҳли вискозиметрнинг ишлаши сатҳни белгиланган баландликда сақлаб туриш принципига асосланган. Ўзгарувчан сатҳли асбоблардан фарқли равишда бу ерда суюқлик гарфининг қатъий бир доимийликда бўлиши шарт эмас.

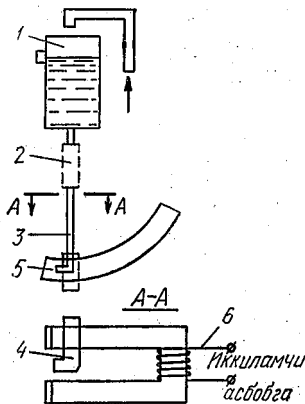
18.6- расмда доимий сатҳли вискозиметрнинг схемаси келтирилган. Цилиндрик идиш 1 га эластик бириктирувчи 2 ёрдамида, масалан, учи 90° га букилган капилляр 3 маҳкамланган бўлади. Капилляр индукторли датчик 5 нинг қисқа туташтирилган чулғами (экрани) 4 билан бикр қилиб бирлаштирилган. Датчик индуктив чулғами 6 бўлган П-симон стержендан иборат.

Суюқлик йиғич идишдан насос ёрдамида идиш 1 га берилади ва капилляр 3 орқали оқиб чиқади. Капиллярдан чиқадиган суюқликнинг сатҳи оқиб чиқаётган суюқликнинг сарфига боғлиқ бўлган реактив куч ҳосил қилади. Бу куч капилляр 3 нинг эркин учини силжишга мажбур қилади.

Текширилаётган суюқликнинг қовушоқлиги ўзгарганда унинг капиллярдан ўтаётган сарфи ўзгаради, бунинг натижасида реактив куч ҳам ўзгариб, капиллярнинг эркин учини керакли катталиқка силжитади. Капиллярнинг учи билан бирга у билан бикр қилиб бириктирилган қисқа туташтирилган чулғам 5 силжийди.

Ўзгарувчан ток билан таъминланадиган индуктив чулғам 6 П-симон магнит ўтказгич стержень ва бу стерженнинг эркин учи орасидаги зазор орқали ўзгарувчан магнит оқими ҳосил қилади. Стержень 5 нинг битта ярим қисмига қисқа туташтирилган чулғам 4 кийдирилган, у магнит куч чизиқларини беркитиш хоссасига эга бўлади, чунки бу ҳалқанинг силжиши натижасида стержень 5 нинг эркин учлари орасидаги зазор орқали магнит оқими ўтадиган юза ўзгаради. Натижада индуктив чулғам 6 ҳосил қиладиган магнит оқими қисқа туташтирилган чулғамдан нарига ўтмайди, яъни беркилиб қолади. Бунда индуктивлик ўзгаради ва уни иккиламчи асбоб қайд этади. Шундай қилиб, қовушоқлик ўзгарганида экран 4 билан бикр бириккан капилляр стержень 5 бўйлаб силжийди, бунинг натижасида иккиламчи асбоб қайд этадиган индуктивлик ўзгаради.

Тошкент политехника институти ходимлари ишлаб чиққан бу вискозиметрлар ўлчаш аниқлиги ва асбобнинг ишончли ишлашини оширишга имкон беради.



18.6- расм. Ўзгармас сатҳли вискозиметрнинг схемаси.

18.3- §. ШАРИКЛИ ВИСКОЗИМЕТРЛАР

Шарикли вискозиметрлар суюқликларнинг қовушоқлигини ўлчашда кенг ишлатилади.

Қовушоқликни эркин тушувчи жисм усули билан ўлчаш Стокс қонунига асосланган. Бу қонунга мувофиқ эркин тушув-

чи жисмнинг суюқликдаги тезлиги шу суюқлик қовушоқлиги билан боғланган. Бу боғланиш қуйидагича ифодаланади:

$$\mu = K \frac{(\rho_1 - \rho_2) g \cdot r^2}{v}, \quad (18.10)$$

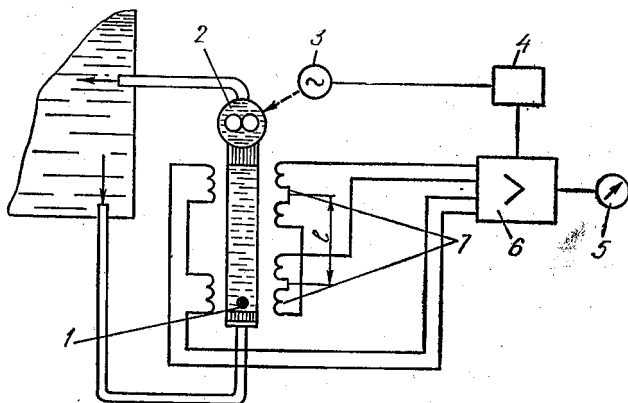
бу ерда ρ_1 ва ρ_2 — шарик материалнинг ва суюқликнинг зичликлари, кг/м³; g — оғирлик кучининг тезланиши, м/с²; r — шарикнинг радиуси, м; v — шарикнинг бир меъёрда тушиши тезлиги, м/с; K — қабул қилинган ўлчовга боғлиқ бўлган сонли доимий коэффициент.

Стокс қонуни бир жинсли суюқликнинг мутлақо сферик шарикка нисбатан ламинар ҳаракатида ишлатилиши мумкин (18.10) формуладан маълумки, текширилаётган суюқликнинг қовушоқлигини ўлчаш суюқликдаги шарикнинг тушиш тезлигини ёки шарикнинг белгиланган масофадан ўтиш вақтини ўлчашдан иборат. Қовушоқликнинг шарик тушиш вақтига боғлиқлиги қуйидагича ифодаланади:

$$\mu = K \cdot \tau, \quad (18.11)$$

бу ерда K — асбоб доимийси, Па; τ — шарикнинг белгиланган масофадан ўтиш вақти, с.

Қовушоқликни шарчанинг эркин тушиш вақти бўйича аниқлайдиган автомат қурилманинг принципаал схемаси 18.7-расмда кўрсатилган. Суюқлик оқими шарик 1 ни бошланғич ҳолатга шестерняли насос 2 ёрдамида кўтаради. Бу шестерняли насос электр двигатели 3 га эга. Шарикни кўтариш билан бирга насос суюқликдан намуна олиб, уни синайди. Шарик юқориги чекловчи тўрға етгач, насос тўхтайди, шарик ҳаракатсиз муҳитда эркин пастга тушади. Индукцион ғалтаклар 7 орқали шарикнинг белгиланган йўл 1 дан ўтиш вақти ҳисобланади. Шарикнинг индукцион ғалтаклардан ўтишида номувозанатлик сигналлари ҳосил бўлади ва бу сигнал электрон кучайтиргич



18.7-расм. Эркин тушувчи шарчали автоматик вискозиметрнинг принципаал схемаси.

6 орқали кучайтирилади. Шестерняли насоснинг автоматик ра-
вишда уланиши ва вақтнинг ҳисобланиши реле блоки 4 ва ўл-
чаш асбоби 5 ёрдамида бажарилади.

Асбобнинг ўлчаш чегаралари индукцион ғалтаклар ораси-
даги масофа l ва шарча диаметрининг ўзгариши билан танла-
нади.

Бундай асбобларда 100 Па с диапазондаги суюқлик қову-
шоқлигини ўлчаш мумкин. Асбобларнинг ўлчаш аниқлиги $\pm 2\%$.

18.4- §. РОТАЦИОН ВИСКОЗИМЕТРЛАР

Суюқликлар қовушоқлигини ўлчашда ҳамда уларнинг рео-
логик хусусиятларини ўрганишда ротацион вискозиметрлардан
фойдаланиш қулай. Бу асбоблар текшириладиган суюқлик ҳо-
сил қилувчи қаршилик моментлари ва айлантирувчи момент-
ларни ўлчашга асосланган.

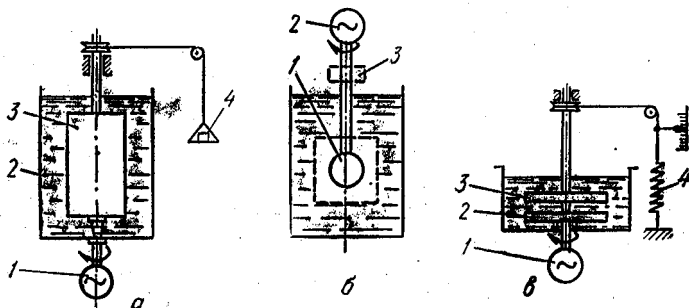
Қовушоқ суюқликда жисм айланганида қовушоқлик қарши-
лиги тескари таъсир этувчи момент ҳосил қилади. Агар жисм
доимий тезлик билан айланса, бу момент суюқлик ҳосил қи-
ладиган айлантирувчи моментга тенг ва динамик қовушоқлик-
ка пропорционал бўлади:

$$M = K \cdot \mu \cdot \omega, \quad (18.12)$$

бу ерда M — айлантирувчи момент, Н · м; K — асбоб доимийси; μ — дина-
мик қовушоқлик, Па · с; ω — айланувчи жисмнинг бурчак тезлиги, 1/с.

Ротацион вискозиметрлар айланувчи жисм шакли ва айлан-
тирувчи моментни ўлчаш усулига кўра бир-биридан фарқ қи-
лади. Бошқа асбобларга нисбатан коаксиал цилиндрли, айла-
нувчи жисм ва анализ қилинаётган суюқликка чўктириладиган
айланувчи параллел диски асбоблар кўпроқ ишлатилади.
18.8- расмда ротацион вискозиметр турларининг принципиал
схемалари кўрсатилган.

Коаксиал цилиндрли вискозиметр (18.8- расм, а) ташқи ци-
линдри анализ қилинаётган суюқлик билан тўлдирилган икки
цилиндрдан иборат. Ташқи цилиндр 2 ўзгармас тезлик билан



18.8- расм. Ротацион вискозиметр.

айланганда двигатель 1 таъсирида суюқлик стационар айланиш ҳолатига келади ва айлантирувчи моментни ички цилиндр 3 га узатади. Бу цилиндрни тинч ҳолатда сақлаш учун цилиндрга катталиги тенг, лекин тескари ишорали куч моменти таъсир қилиши керак. Бу куч, расмда кўрсатилганидек, калибланган юк 4 ёрдамида ҳосил қилинади. Ламинар ҳаракатда куч моменти билан кўриладиган суюқликнинг қовушоқлиги қуйидагича боғланган

$$M = \pi l \mu \omega \frac{R^2 \cdot r^2}{R^2 - r^2}, \quad (18.13)$$

бу ерда M — куч моменти, Н · м; l — ички цилиндрнинг узунлиги, м; — ташқи цилиндр айланишининг бурчак тезлиги, 1/с; R ва r — ташқи ва ички цилиндрларнинг радиуси, м.

Вискозиметрларнинг ташқи ва ички цилиндри ҳаракатсиз бўлади.

Текшириладиган суюқликка чўктириладиган айланувчи жисм (18.8- расм, б) шарсимон ёки цилиндрик ротор 1 каби ишлайди. Бу ротор двигатель 2 ёрдамида ўзгармас айланишлар частотаси билан айлантирилади. Суюқликнинг ротор айланишига кўрсатган қаршилиги махсус қурилма 3 ёрдамида ўлчабди.

Айланувчи дискили вискозиметр (18.8- расм, в) текшириладиган суюқликка чўктирилган икки параллел диск 2 ва 3 дан иборат. Диск 2 двигатель 1 ёрдамида раво айланади. Текшириладиган суюқликнинг қовушоқлик хусусияти туфайли диск 3 га айлантирувчи момент узатилади. Бу айлантирувчи момент суюқлик қовушоқлигига пропорционал бўлиб, ҳисоблаш асбоби билан боғланган цилиндрик пружина 4 ёрдамида мувозанатланади.

Айланувчи дискили вискозиметрлардан суюқликларнинг қовушоқлигини узлуксиз ўлчада ҳам фойдаланиш мумкин.

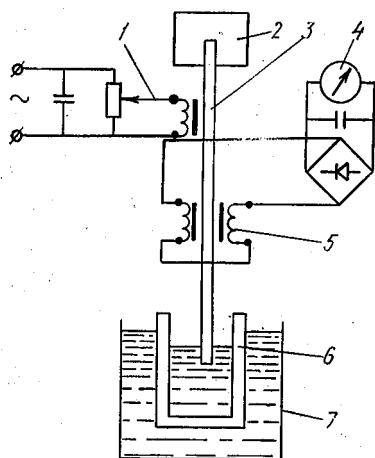
Ротацион вискозиметрларнинг ўзгармас коэффицентлари аналитик равишда ёки эталон суюқликлар бўйича тажриба йўли билан аниқланади. Ротацион вискозиметрларнинг ўлчаш диапазони 0,01 ... 1000 Па · с.

18.5- §. ТЕБРАНИШЛИ ВИСКОЗИМЕТРЛАР

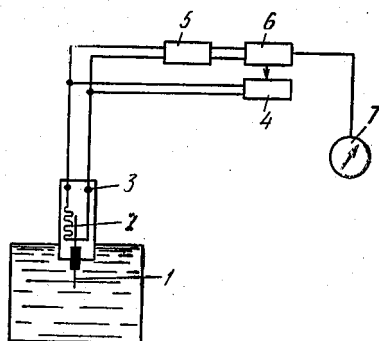
Кейинги йилларда катта ўлчаш диапазониға, юқори сезгирликка ва аниқликка эға бўлган, шунингдек, ҳар хил шароитларда турли муҳитларни анализ қилувчи умумий афзалликларға эға бўлган тебранишли вискозиметрлар кенг тарқалмоқда.

Тебранишли вискозиметрларнинг ишлаш принципи назорат қилинаётган муҳитға чўктирилган сезгир элемент тебраниши сўниш даражасининг шу муҳит қовушоқлигига боғлиқлигига асосланган. Қонструктив жиҳатдан тебранишли асбоблар электромагнитли ва ультратовушли бўлади. Электромагнитли (паст частотали) вискозиметрлар 1 кГц гача ва ультратовушли асбоблар 10—1000 кГц частоталарда ишлайди.

18.9- расмда кўрсатилган электромагнит тебранишли виско-



18.9-рasm. Электромагнит тебранишли вискозиметрнинг принципиал схемаси.



18.10-рasm. Ультратовушли вискозиметрнинг схемаси.

зиметрнинг ишлаш принципи қуйидагича. Идиш 6 даги назорат қилинаётган суюқликка сезгир элемент — пўлат пластинка 3 нинг бир учи туширилади. Унинг юқориги қисми махсус қисқичли асбоб 2 га маҳкамланган. Идиш 6 термостатловчи қурилма 7 га ўрнатилади. Электромагнит 1 ёрдамида пўлат пластинка 3 резонанс тебранишли ҳаракатга келтирилади. Текширилаётган суюқликнинг қовушоқлигини ўлчашда пўлат пластинка тебранишларининг амплитудаси ўзгаради. Бу ўзгариш электромагнит датчиклар 5 ёрдамида қабул қилинади. Датчикларда индукцияланган кучланиш тўғриланиб, ўлчаш асбоби 4 га узатилади, асбоб қовушоқлик бирлигида даражаланган. Улар қовушоқликни $\pm 3 \dots 5\%$ хатолик билан ўлчайди.

Ультратовушли вискозиметрлар энг универсал ҳисобланади. Бу асбоблар катта ўлчаш диапозони, юқори аниқлик, инерциясизлик, ҳаракатланувчи қисмларининг йўқлиги каби афзалликларга эга. Лекин бу асбоблар мураккаб электрон қурилмалардан иборат бўлганлиги сабабли уларнинг ишлатилиши чекланган.

Ультратовушли вискозиметрлар ультратовушларнинг муҳит қовушоқлигига қараб ютилишига асосланган. 18.10-рasmда ультратовуш тебранишларининг сўниш тезлигини ўлчайдиган ультратовушли вискозиметрнинг схемаси кўрсатилган.

Магнитострикцион материалдан ишланган пластина 1 гильза 3 га маҳкамланган. Пластинанинг пастки қисми қовушоқлиги ўлчанаётган суюқликка туширилган. Гильзада импульслар генератори 4 дан таъминланадиган уйғотиш ғалтаги 2 бор. Ғалтакка узунлиги 20 мкс га яқин импульс юборилади, натижада пластинада бўйлама тебранишлар юз беради. Тебраниш-

лар частотаси пластина геометрияси орқали, сўниш амплитудаси эса суюқлик қовушоқлиги орқали аниқланади. Импульсни юбориш билан бир вақтда кучайтириш ва детектирлаш операцияси кучайтиргич 5 ва детектор 6 да бажарилади, натижада триггер генераторни беркитади. Пластинанинг тебранишида тескари магнитострикцион эффект туфайли ғалтакда пластинанинг тебраниш частотасига тенг бўлган кучланиш (ЭЮК) ҳо сил бўлади.

$$U = U_m \exp(-\alpha t) \cdot \sin(\omega t), \quad (18.14)$$

бу ерда U — ғалтак учларидаги кучланиш; U_m — кучланишнинг бошланғич амплитудаси; α — тебранишнинг суюқлик қовушоқлигига боғлиқ бўлган сўниш коэффиценти; t — вақт; ω — пластинанинг тебраниш частотаси. Бу кучланиш импульслар генераторини пластина тебранишларининг сўниши тугагунча беркитиб туради, шундан сўнг генератор қайта уйғонади.

Шундай қилиб, сўниш интенсивлигининг ўлчови импульслар генераторининг кетма-кет уйғонишидаги вақт оралиғи катталигидан иборат. Суюқлик қовушоқлиги қанча катта бўлса, импульслар орасидаги вақт оралиғи шунча кичик бўлади. Ўлчаш сигнали детектордан иккиламчи асбоб 7 га келади.

Қовушоқлик бирлигида даражаланган ўлчаш асбоби импульслар интервалининг ўртача қийматини ўлчайди. Асбобнинг ўлчашдаги хатолик $\pm 1\%$.

Ультратовушли вискозиметрлар технологик оқимлардаги турли суюқликларни узлуксиз назорат қилиш учун ишлатилади. Бу вискозиметрларнинг ўлчаш диапозони 0,0001 ... 100 Па. с.

Тебранишли, айниқса, ультратовушли вискозиметрларнинг қўлланилиш соҳаси ньютон суюқликлари билан чеклаб қўйилади, бу суюқликларнинг қовушоқлиги механик таъсир интенсивлигига боғлиқ бўлмайди. Ньютон суюқликларда улар камайтириб кўрсатади, бу ҳолда ҳам улардан фақат қовушоқлик индикаторлари сифатидагина фойдаланиш мумкин.

19-б о б. ГАЗЛАРНИНГ ТАРКИБИНИ АНАЛИЗ ҚИЛИШ

19.1-§. АСОСИЙ МАЪЛУМОТЛАР ВА КЛАССИФИКАЦИЯСИ

Газ анализаторлари текширилаётган газ аралашмасидаги компонент ёки компонентлар йиғиндиси концентрацияси ҳақида маълумот берадиган қурилмалардир. Газ анализаторлари саноатнинг барча соҳаларида ва илмий-тадқиқот ишларида кенг ишлатилади. Газларнинг таркибини узлуксиз автоматик назорат қилиш асосида металлургияда, кокс-химия саноатида, нефтни қайта ишлашда, газ саноатида ва бошқа жойларда газ ҳосил қилиш ва ундан фойдаланиш билан боғлиқ бўлган химиявий-технологик процессларни автоматик бошқариш амалга оширилади. Масалан, иссиқлик электр станцияларида органик ёқилғиларни ёқишда ёниш процессини назорат қилиш ва керакли ҳаво миқдорини (ортиқча миқдорини) аниқлаш учун автоматик газ анализаторлари ишлатилади. Технологик объектларнинг хавфсиз ишлашини таъминловчи системаларда ишлатиладиган газ анализ қилиш асбоблари ҳам катта аҳамиятга эга. Кейинги йилларда атроф-муҳитни муҳофаза қилишга катта эътибор берилаётганлиги муносабати билан саноат корхоналари чиқиндилари таркибидаги зарарли қўшилмалар миқдорини, ишлаб чиқариш хоналари ва атмосферадаги зарарли қўшилмалар миқдорини назорат қилишга мўлжалланган газ анализаторлари ишлаб чиқариш ва улардан фойдаланиш кескин кенгайди. Аҳоли яшайдиган пунктлар ҳавосининг сифатини назорат қилиш учун ҳавони ифлослантирадиган ис гази, азот қўшоксид, чанг ва бошқа шу каби моддалар концентрацияси ўлчанади.

Технологик процессларни назорат қилишда ва автоматлаштиришда турли шароитларда бўлган (температуралари, босимлари ва ҳоказолари турлича бўлган) аралашмаларни анализ қилишга, газ анализаторларининг турли-туман хилларини аниқлашга тўғри келади.

Саноатда ишлатиладиган автоматик газ анализаторларининг кўпчилиги газ аралашмаларидаги битта компонентнинг концентрациясини ўлчаш учун мўлжалланган. Бу ҳолда газларнинг аралашмалари бинар деб қаралиб, ундаги аниқлана-

диган компонент ўлчанаётган аралашманинг физик-химиявий хоссаларига таъсир қилади, қолган компонентлар эса, уларнинг таркиби ва концентрациясидан қатъи назар, уларнинг хоссаларига таъсир қилмайди ва аралашманинг иккинчи компоненти ҳисобланади. Кўп компонентли газ аралашмаларининг турли ташкил этувчиларини анализ қилиш учун мўлжалланган газ анализаторлари ҳам мавжуд.

Газ анализаторлари ишлаш принципи (анализ қилиш усули), анализ қилинаётган муҳитнинг хоссалари, аниқланадиган компонентлар сони, ишланиш тури, чиқиш сигналинини унификациялаш усули ва ўлчаш натижаларини бериш усули каби белгиларига кўра классификацияланиши мумкин.

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

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

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

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

Газларни автоматик анализ қилиш учун қуйидаги усуллар қўлланилади: (классификация ГОСТ 13320-81 бўйича): намунани олдиндан ўзгартирмасдан — термокондуктометрик, термоманит, абсорбцион-оптик (инфрақизил ва ультрабинафша нур ютиладиган), пневматик усуллар: намуна олдиндан ўзгартириладиган усуллар — электрохимиявий (кондуктометрик, кулонометрик, поляграфик, потенциометрик) термохимиявий, фотоколориметрик, аланга-ионлашув, аэрозол-ионлашув, хроматографик, массаспектрометрик усуллар. Қуйида сановатда энг кенг тарқалган усуллар ва асбоблар кўриб чиқилган.

19.2-§. ТЕРМОКОНДУКТОМЕТРИК ГАЗ АНАЛИЗАТОРЛАРИ

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

Кўпчилик газ аралашмаларининг иссиқлик ўтказувчанлигини қуйидаги формула билан аниқлаш мумкин:

$$\lambda = \frac{C_1}{100} \lambda_1 + \frac{C_2}{100} \lambda_2 + \frac{C_3}{100} \lambda_3 + \dots + \frac{C_n}{100} \lambda_n, \quad (19.1)$$

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

Аниқланмайдиган компонентларнинг йиғинди концентрацияси C_B (19-1) га кўра мос келадиган иссиқлик ўтказувчанлиги λ_B бўлган аралашманинг иссиқлик ўтказувчанлиги қуйидаги ифодадан аниқланади

$$\lambda = \frac{C_A}{100} \lambda_A + \frac{C_B}{100} \lambda_B, \quad (19.2)$$

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

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

$$C_A = (\lambda - \lambda_B) \cdot (\lambda_A - \lambda_B) \quad (19.3)$$

Газ аралашмасининг иссиқлик ўтказувчанлигини ўлчаш учун анализ қилинаётган аралашма билан тўлдирилган камерага жойлаштирилган қиздириладиган ўтказгичдан фойдаланилади. Агар ўтказгичдан камера деворларига фақат иссиқлик ўтказувчанлик туфайлигина иссиқлик берилса, қуйидаги ифода тўғри бўлади:

$$Q = 2\pi l \lambda (t_n - t_c) / \ln(D/d), \quad (19.4)$$

бу ерда Q — ўтказгич 1 секундда берадиган иссиқлик миқдори; l, d — ўтказгичнинг узунлиги ва диаметри; l — камера диаметри, λ — газ аралашмасининг иссиқлик ўтказувчанлиги, t_p, t_c — ўтказгич ва камера деворларининг температураси.

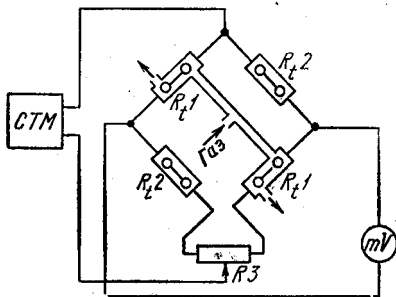
Ўтказгич берадиган иссиқлик Q ва камера деворларининг атроф-муҳит температурасига боғлиқ бўлган температураси t_c ўзгармас бўлганида газ аралашмасининг иссиқлик ўтказувчанлиги ўтказгичнинг температурасини, бинобарин, унинг ўтказувчанлигини бир хил қийматда аниқлайди. Ўтказгич сифатида электр қаршилигининг температура коэффициентни юқори ва химиявий жиҳатдан чидамли металл симдан фойдаланилади; платина кўпроқ, вольфрам, никель, тантал камроқ ишлатилади.

Термокондуктометрик газ анализаторларнинг ўлчаш элементлари ўзи қизийдиган қаршилиқ термометри режимида ишлайдиган, платина тола жойлашган камера шаклидаги ўзгарткичдан иборат. Газ аралашмаси таркибининг ўзгариши унинг иссиқлик ўтказиш қобилиятини ўзгариради, натижада қизиган тола ва газ аралашмаси ўртасида ўзаро иссиқлик алмасишунинг интенсивлиги ҳам ўзгаради. Толанинг электр қаршилиги текшириляётган компонент концентрациясини билдиради.

Бу турдаги саноат газ анализаторларида ўлчашнинг дифференциал усули қўлланилади, бунда текшириляётган ва намуна газ аралашмаларининг иссиқлик ўтказувчанлиги ишловчи ва солиштирма камералар ёрдамида солиштирилади. Ишловчи камера оқиб ўтадиган қилиб ишланади, солиштирма камера эса таркибига концентрацияси ўлчашнинг пастки, ўрта ва юқори чегарасига мос келадиган ўлчанаётган компонент кирган газ аралашмаси билан тўлдирилади.

Ўлчаш схемалари бевосита ҳисоблаш ёки автоматик мувозанатлаш принципига кўра қурилади. 19.1-расмда кўрсатилган термокондуктометрик газ анализатори концентрацияни мувозанатлашган кўприк ёрдамида ўлчайди. Донмий сарфга эга бўлган текшириляётган газ аралашмаси R_1 ишловчи камераларга келади. Кўприкнинг қолган елкасига эталон аралашмалари R_2 ёрдамчи камералар уланган. Сезгир элементнинг толлари кўприк схемасининг таъминлаш токи (СТМ — стабиллашган таъминловчи манба) ҳисобига қизийди. Кўприк схемаси R_3 реостат орқали созилади. Бу турдаги саноат газ анализаторининг ўлчаш асбоблари стандарт автоматик компенсатор асосида бажарилади. Термокондуктометрик газ анализаторларида ҳато асосан, қуйидаги сабабларга кўра содир бўлади:

а) атроф-муҳит температурасининг ўзгариши, бунда ўлчаш камераларининг деворларидаги температура ўзгаради;



19.1-расм. Термокондуктометрик газ анализатори.

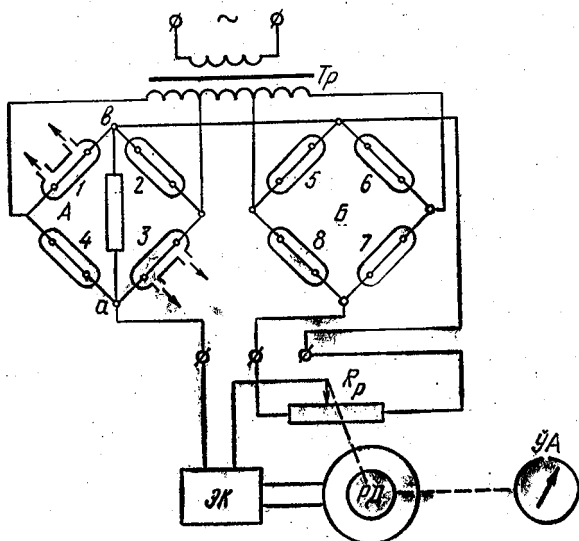
б) ўлчаш кўприги таъминловчи манба кучланишининг ўзгариши;

в) газ аралашмасининг камералар (ячейкалар) орасида ўтиш тезлигининг ўзгариши;

г) иккиламчи текширилмаётган компонентларнинг (хусусан, сув буғлари) мавжудлиги.

Ўлчаш блокини термостатлаш ва стабиллашган таъминлаш манбаларидан фойдаланиш зарурати асбобни мураккаблаштиради ва қимматлаштиради. Ҳаводаги ёки газ аралашмаларидаги (водороддан ташқари таркибида CO , CO_2 , CH_4 , N_2 ва O_2 бўлган) водород миқдорини, шунингдек, кўп компонентли аралашмаларда CO_2 миқдорини аниқлаш учун ТП типидagi термомонддуктометрлик газ анализаторларидан фойдаланилади (19.2- расм).

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



19.2- расм. ТП типидagi автоматик газ анализаторининг схемаси.

Таққослаш кўприги B нинг диагоналига реохорд R_p уланган, унинг сурмаси ва A кўприкнинг учи электрон кучайтиргич ЭК нинг киришига уланган. Реверсив двигатель РД реохорднинг сурмасини ва асбобнинг кўрсаткич стрелкасини a ва b кўприк учларидаги шкалада то кучланиш сурманинг реохорддан оладиган кучланиш билан мувозанатлашмаганига қадар суради. Газ анализаторининг кўрсатиши таъминлаш манбаи кучланишининг ўзгаришига ва атроф-муҳит температурасининг ўзгаришига боғлиқ эмас.

ТП типидagi газ анализаторлари бир нечта модификацияда чиқарилади: ТП (1120 — бинар ва кўп компонентли газ аралашмаларида водород миқдорини аниқлаш учун; ТП 7102 — ҳаводаги гелий миқдорини аниқлаш учун; ТП 4102 — ҳаводаги азот ва гелий миқдорини аниқлаш учун. Анализ қилинаётган газ тури ва ўлчаш чегараларига кўра асосий хатолик $\pm 2,5$; $\pm 4,0$; $\pm 10\%$ бўлади. Газ аралашмасининг ҳажмий сарфи $12 \text{ см}^3/\text{с}$, босим $70\text{--}130 \text{ кПа}$. Кўрсатишларни аниқлаш вақти 30 дан 110 с гача. Чиқиш сигналлари $0\text{--}5 \text{ мА}$; $0\text{--}100 \text{ мВ}$; $0\text{--}10 \text{ В}$.

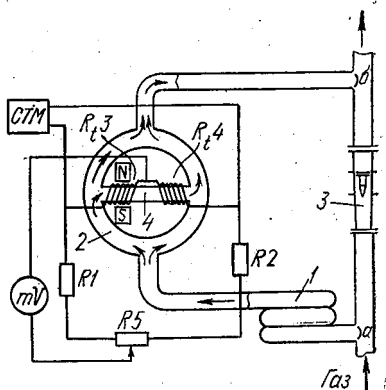
19.3. §. ТЕРМОМАГНИТ ГАЗ АНАЛИЗАТОРИ

Газлар орасида кислород алоҳида парамагнетизм хусусиятига эга. Кислород магнит майдонга бошқа газларга нисбатан кўпроқ тортилади. Унинг бу хоссаси мураккаб газ аралашмаларидаги кислород концентрациясини ўлчашга имкон беради. Барча (кислородни анализ қиладиган) магнитли газ анализаторлари термомагнит ва магнитомеханик асбобларга бўлинади.

Кислороднинг температураси ўзгарганда унинг магнит хоссаларининг ўзгариш эффектига асосланган термомагнит усули кенг тарқалган. Бу усул термомагнит конвекция ҳодисасига асосланган. Агар ток билан қиздирилган ўтказгич бир жинсли бўлмаган магнит майдонга ўрнатилса, газ аралашмасининг хоссаси камаяди, шу сабабли ўтказгич атрофида магнит майдоннинг кучли ерларидан кучсиз ерларига томон аралашманинг ҳаракати бошланади. Температуранинг кўтарилиши сабабли газнинг магнит хоссаси камаяди, натижада газ аралашмасининг ички оқими вужудга келади. Бу оқимда қизиган газ аралашмаси термомагнит конвекция ҳодисаси сабабли узлуксиз сиқиб чиқарилади. 19.3-расмда термомагнит газ анализаторининг принципиал схемаси келтирилган.

Текширилаётган газ аралашмасининг температураси иссиқлик алмаштиргич ёрдамида турғунлашади. Аралашма сарфининг доимийлиги ўлчаш ўзгартгичи 2 ни ротаметр 3 орқали шунтлаш йўли билан таъминланади. Шу сабабли система киришидаги газ сарфининг тебранишлари ўзгартгичдан ўтиш тезлигига таъсир қилмайди, чунки a ва b нуқталар орасидаги босимлар фарқи доимий бўлиб қолади. Ўзгарткичнинг газли бўшлиғи кўндаланг каналли ҳалқа камера 4 шаклида диамагнит

материалдан ишланади. Каналнинг кириш қисми доимий магнит майдон орасига жойлашади, унинг ичида эса R_{i3} , R_{i4} икки секцияли платина чулғамлар ўрнатилади, бу чулғамларнинг қаршилиги номувозанат кўприкнинг икки елкасини ҳосил қилади. Агар бошланғич аралашмада кислород бўлмаса, кўндаланг каналда ҳаракат бўлмайди. Аралашмада кислород бўлса, унинг молекулалари магнит майдонига йўналиб, каналга тортилади. R_1 чулғамлар ўлчаш схемаси манбаининг токи таъсирида $100 \dots 200^\circ\text{C}$ гача қиздирилгани сабабли канал



19.3- расм. Термомагнит газ анализаторининг принципиал схемаси.

4 га келган кислород ҳам қизий бошлайди. Температура кўтарилиши билан магнитнинг кислородга таъсири камаяди, шунинг учун газнинг янги қисми магнит майдон зонасига тортилиб, қизиган кислородни ҳалқа камерага итаради.

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

R_{i3} ва R_{i4} қаршиликларнинг текшириляётган газ концентрациясига пропорционал ўзгариши натижасида, кўприкнинг ўлчаш диагоналида нобаланслик сигнали пайдо бўлади. Бу сигнал шкаласи кислороднинг процент миқдорида даражаланган автоматик потенциометр орқали ўлчанади. Ўлчаш кўприги стабиллашган таъминлаш манбаидан (СТМ) таъминланади. Қаршилиқ R_5 кўприк манбаининг ток кучини ўрнатиш учун хизмат қилади; R_1 ва R_2 доимий манганин қаршиликлар.

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

а) атроф-муҳит температурасининг ўзгариши натижасида газ аралашмасининг магнитланиши ўзгаради;

б) сезгир элемент иссиқлигининг ўзгариши (ўлчаш кўприги манбаи кучланишининг ўзгариши);

в) текшириляётган газ аралашмаси ёки атмосфера босимининг ўзгариши;

г) магнитларнинг эскириши натижасида магнит майдони кучланишининг ўзгариши.

Сезгирликни ошириш ва хатоликларни камайтириш учун сафоатда фойдаланиладиган газ анализаторларида ўлчаш ва таққослаш кўприкларининг тегишли елкаларига уланган иккита ҳалқали компенсацион ўлчаш схемалари қўлланилади.

Анализ қилинаётган газ температураси ва босимининг ўзга-

риши шунингдек, ўлчаш схемасини таъминловчи кучланишнинг ўзгариши ҳар қайси кўприкнинг ўлчаш диагоналларидаги кучланишга бир хилда таъсир этади, шунинг учун газ анализаторининг кўрсатишларига бу ўзгаришлар таъсир қилмайди.

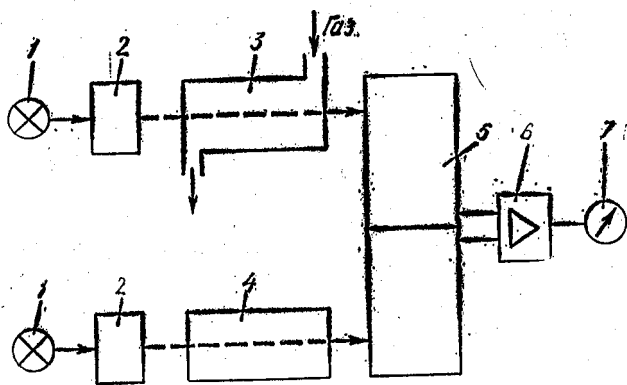
Тутун газларидаги кислород миқдорини узлуксиз аниқлаш учун МН 5106-2 типдаги термомагнит газ анализатори ишлатилади, унинг ўлчаш чегаралари бир нечта бўлиб, улардан энг максимали 0—10%. Юқориги ўлчаш чегарасининг асосий хатолиги $\pm 2\%$ МН 5130-1 типдаги газ анализатори икки ёки уч компонентли газ аралашмаларидаги кислород концентрациясини узлуксиз ўлчаш ва стандарт электр сигналлари бериш учун мўлжалланган. Сигнал бериш қурилмаси билан жиҳозланган. Ўлчаш натижаларини кўрсатиш ва ёзиш учун газ анализатори билан бир комплекта иккиламчи ўзиёзар асбобдан фойдаланилади. Кислородни ўлчаш чегаралари 0—0,5 дан 80—100% гача. Асосий хатолик ± 2 дан 10% гача (ўлчаш чегараларига қараб). Газ аралашмасининг ҳажмий сарфи $12 \text{ см}^3/\text{с}$, босими 90—105 кПа. Ўлчаш вақти 120 с. Чиқиш сигналлари 0—5 мА, 0—100 мВ.

19.4-§. АБСОРБЦИОН-ОПТИК ГАЗ АНАЛИЗАТОРЛАРИ

Оптик газ анализаторларида оптик зичлик, синдириш коэффициенти ва бошқа оптик хоссаларнинг текширилаётган компонент концентрациясига боғлиқлигидан фойдаланилади. Электромагнит нурланиш интенсивлигининг пасайиши ёки нурланиш оқимининг текширилаётган газ спектрининг инфрақизил, ультрабинафша ёки кўринадиган қисмларидаги ютилишини ўлчашга асосланган абсорбцион-оптик усул кўпроқ тарқалган. Водород, аммиак, метан каби газлар инфрақизил нурларни, хлор, озон, симоб буғлари эса ультрабинафша нурларни ютади. Шунинг учун анализ қилинаётган компонент турига қараб бундай газ анализаторларида инфрақизил ёки ультрабинафша нурланишдан фойдаланилади.

Спектрнинг инфрақизил соҳасида ишлайдиган газ анализаторларида нурлаткичлар сифатида 700—800°C гача қиздирилган сим спиралларидан фойдаланилади. Спектрнинг ультрабинафша соҳасида ишлайдиган газ анализаторларида эса газ-разряд лампаси нурланиш манбаи бўлиб хизмат қилади.

Оптик-абсорбцион газ анализаторларининг кўпи дифференциал схема бўйича қурилган (19.4- расм). Манба 1 дан олинadиган нурланиш оқими йўлида ёруғлик филтрлари 2 орасидан текширилаётган газ аралашмаси ўтадиган ишловчи камера 3 ва аниқланаётган компонент қўшилмаган газ аралашмаси билан тўлдирилган таққослаш камералари 4 ўрнатилади. Приёмник 5 иш ва таққослаш камераларидаги нурланиш интенсивлиги фарқини қабул қилади, аниқланаётган компонент миқдориға пропорционал бўлган нобаланслик сигнали эса кучайтиргич 6 да кучайиб, ўлчаш асбоби 7 да қайд қилинади.



19.4- расм. Оптик — адсорбцион газ анализаторининг блок-схемаси.

Одатда, оптик газ анализаторлари компенсацион схема бўйича ишланиб, ўлчаш схемаси оптик, газ ёки электр усуллари ёрдамида мувозанатланади. Оптик компенсация усулида тескари алоқа сигнали тўсиқ ёки оптик пона силжишига айлантирилади. Бу эса таққослаш каналида нурланиш интенсивлигини тегишлича ўзгартиради. Иккинчи ҳолда, таққослаш каналида нурланиш оқими йўлида компенсацияловчи аралашма қатламнинг қалинлиги ўзгаради. Ва, ниҳоят, электр компенсациялаш усулида занжирда электр билан таъминлаш кучланиши ўзгартирилади.

Инфрақизил нурланишли газ анализаторларида қолдиқ энергия текшириляётган компонент билан тўлдирилган нур приёмникларида ютилади. Узлукли нурланишдан фойдаланилганда нур қабул қилгичда энергиянинг ютилиши сабабли температуранинг ўзгариши, шу билан бирга босимнинг ўзгариши вужудга келади. Бу тебранишларни тегишли ўлчаш асбоби билан олинган нур қабул қилгич микрофонининг мембранаси қабул қилади.

Бундай нур қабул қилгичда газ босимининг пульсланиши акустик эффект номини олган. Бундай газ анализаторлари эса оптик-акустик асбоблар дейилади. Бу асбобларнинг афзаллиги уларнинг универсаллигидадир, чунки кўпчилик моддаларнинг инфрақизил ютилиш спектри бир-биридан фарқ қилади.

Оптик-акустик газ анализаторлари газ ва буғларнинг маълум тўлқин узунликдаги инфрақизил нурларни (0.76 дан 750 мкм гача) танлаб ютишига асосланган. Бу газ анализаторларида, одатда, фақат тўлқин узунлиги 2.5—25 мкм бўлган нурлардангина фойдаланилади. Агар газ қатлами орқали инфрақизил нурлар ўтказилса, улардан фақат тебраниш частотаси газ молекулаларининг хусусий тебраниш частоталарига тенг бўлган нурларгина ютилади. Бунда ютилган нурларнинг энер-

гияси молекулаларнинг кинетик энергиясини кўпайтиришга сарфланади ва иссиқлик тарзида тарқалади. Молекулаларнинг тебраниш частотасидан фарқ қиладиган частотадаги нурлар эса газдан ўзгармасдан ўтади. Ҳар қайси газ ўзига хос спектрлар соҳасидаги маълум хоссали радиацияни ютади, масалан, углерод оксиди 4,7 мкм соҳасидаги, углерод қўшоксидида — 2,7 ва 4,3 мкм соҳалардаги, метан — 3,3 ва 7,65 мкм соҳадаги радиацияларни ютади. Бу эса оптик-акустик усуллар билан газларни анализ қилишни танлаб ўтказишга имкон беради.

Танлаб ютиш ҳодисаси Ламберт-Бер қонуни билан ифодаланади, у тўлқин узунлиги λ бўлган монохроматик нурланиш учун қуйидаги кўринишга эга бўлади

$$C = (1/K_{\lambda} \cdot l) \cdot \lg(I_0/I), \quad (19.5)$$

бу ерда C — текширилаётган газ намунасида ютадиган модданинг концентрацияси; K_{λ} — тўлқин узунлиги λ бўлганда модданинг ютиш коэффициенти; l — намуна қатламининг қалинлиги (кюветнинг узунлиги); I_0 — намуна олингунча ва намуна олингандан кейин нурланиш интенсивлиги.

Саноатда фойдаланиладиган инфрақизил ютилишли оптик-акустик газ анализаторларида вақти-вақти билан инфрақизил нурлар ўтказиб туриладиган кювет бўйича йўналтириб туриладиган мураккаб газ аралашмаси текширилаётган газ намунаси бўлиб хизмат қилади. Бунда нурларнинг бир қисми ютилади, бир қисми эса иккинчи асбоб билан боғланган сезгир элементга тушади.

Нурлар намунадан ўтганидан кейин интеграл нурланишлар фарқини ўлчайдиган сезгир элемент сифатида танловчи нур приёмнигидан фойдаланилади. Бу приёмник анализ қилинаётган газ аралашмасидаги, концентрацияси аниқланаётган компонент билан тўлдирилган камерада иборат бўлиб, инфрақизил нурлар ўтиши учун туйнук билан жиҳозланган. Агар нур приёмнигига вақти-вақти билан инфрақизил нурлар тушиб турса, у ҳолда камерада турган газ вақти-вақти билан исбосиб туради.

Ўзгармас ҳажмли камерада турган газ температурасининг ўзгариши натижасида унинг босими ҳам ўзгаради, босимнинг бу ўзгаришини нур қабул қилгич ичида турган мембрана қабул қилади. Нур қабул қилгич битта газ билан тўлдирилгани учун нур энергиясини ютиш процесси танловчи бўлади ва у билан боғлиқ бўлган температура ҳамда босим ўзгаришлари нур қабул қилгични тўлдириб турган газнинг ютиш спектрига мос келувчи маълум тўлқин узунлигидагина содир бўлади.

Газ аралашмаси ўтказиладиган кюветда, аниқланаётган компонентнинг концентрациясига қараб, нур энергияси оқими сусаяди, шунинг учун нур қабул қилгич камерасида температура ва босимнинг ўзгариш амплитудаси бу компонентнинг газ аралашмасидаги миқдорига тескари пропорционал равишда ўзгаради.

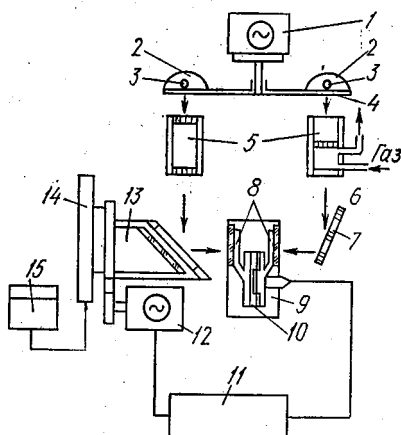
Ўлчаш схемаларига кўра оптик-акустик газ анализаторлари икки гурппага: компенсацион ва бевосита ўлчаш анализаторларига бўлиниши мумкин.

195- расмда оптик-акустик газ анализатори ОА-2209 ни принципаиал схемаси кўрсатилган, у газ аралашмаларида углерод қўшқоксидини аниқлаш учун мўлжалланган. Газ анализатори узлуксиз ишлайдиган автоматик асбоб бўлиб, приёмник блоки ва иккиламчи асбоб КСУ2 дан иборат.

Газ аралашмасидаги анализ қилинаётган компонентнинг миқдори компенсацион усул билан ўлчанади. Электр токи қиздирадиган иккита нихром спирал 3 инфрақизил нурланиш манбаи бўлиб хизмат қилади. Нурларнинг йўналган оқимини ҳосил қилиш учун ҳар қайси спирал қайтаргич 2 нинг фокусига жойлаштирилган. Инфрақизил нурлар оқими қизиган спираллардан айни бир вақтда обтюратор 4 ёрдамида 5 Гц частота билан узилади ва икки оптик каналга йўналтирилади, обтюраторни синхрон двигатель 1 айлантиради.

Ўнг каналда инфрақизил нурларнинг узлукли оқими филтрлаш камераси 5 ва иш камераси 6 лардан кетма-кет ўтиб, қайтарувчи пластина 7 нинг сиртига тушади ва ундан нур қабул қилгич 9 нинг ўнг цилиндри 8 га йўналади. Чап каналда инфрақизил нурларнинг узлукли оқими филтрлаш камераси 5 ва компенсацияловчи камера 13 дан ўтиб, нур қабул қилгич 9 нинг чап цилиндрига тушади. Фақат ўлчанмайдиган компонент билан тўлдирилган филтрлаш камералари 5 газ анализаторларининг хатолигини қўшимча равишда камайтиришга имкон беради, бу хатоликларга газ аралашмасида ўлчанмайдиган компонентлар миқдорининг ўзгариши сабаб бўлади. Компенсацияловчи камера 13 чап каналдаги инфрақизил нурлар оқимининг йўлида газ аралашмаси қатламининг қалинлигини ўзгартириш, шунингдек, бу оқимнинг йўналишини ўзгартириш учун хизмат қилади.

Текшириляётган газ аралашмаси иш камераси 6 орқали узлуксиз ўтиб туради. Агар аралашмада анализ қилинаётган компонент бўлмаса, у ҳолда нур қабул қилгичнинг камерасига инфрақизил нурларнинг бир хил оқимлари келади, мембрана тебранмайди ва нур қабул қилгичдан сигнал чиқмайди. Агар газ аралашмасида қидириляётган компонент бўлса, у ҳолда иш



195- расм. Оптик-акустик компенсацион газ анализаторининг схемаси.

камераси 6 да инфрақизил нурларнинг қисман ютилиши натижасида нур қабул қилгичнинг ўнг цилиндрига уларнинг заифлашган оқими, чап цилиндрига эса заифлашмаган оқими киради. Бу эса цилиндрлардаги газ температураси ва босимнинг фарқлари ҳосил бўлишига олиб келади.

Обтюратор узлуксиз нур чиқариб турганида нур қабул қилгич цилиндрларидаги газ совийди ва босим камаяди: натижада цилиндрларда босимнинг вақти-вақти билан пульсацияланиши юз беради. Газ анализаторининг кўрсатишлари аниқлигини ошириш учун цилиндрларига инерт газлари қўшилган анализ қилинаётган газ тўлдирилади. Нур қабул қилгичнинг цилиндрлари фақат анализ қилинаётган компонент ва инфрақизил нурларга инерт бўлган азот билан тўлдирилгани учун босимнинг пульсацияланиши фақат анализ қилинаётган газ ютадиган нурланиш спектри ҳисобигагина вужудга келади. Шундай қилиб, асбобда танлаб ютишга ва анализ қилишга эришилади.

Нур қабул қилгич 9 да босимнинг ўзгариши конденсаторли микрофон 10 да ўзгарувчан токка айланади. Бу ток кучайтиргич 11 да кучайтирилиб, реверсив двигатель 12 га берилади ва бунинг ротори айлана бошлайди. Бунда компенсацияловчи камера 13 нинг қайтарувчи поршени бирор томонга сурилиб, ютувчи қатламнинг қалинлигини оширади ёки камайтиради. Нур қабул қилгич цилиндрларига тушаётган нур оқимлари бир-бирига тенг бўлиб қолган пайтда нур қабул қилгичдан чиқаётган электр сигнали йўқолади ва двигатель тўхтайтиди. Шундай қилиб, камера 13 поршенининг вазияти доимо анализ қилинаётган компонент концентрациясига мос келади. Поршенинг бу вазияти ўз навбатида реохорд 14 орқали иккиламчи асбоб 15 билан қайд этилади. Углерод қўшоксидини ўлчаш чегаралари 0—1 дан 0—100% гача. Ассий хатолик $\pm 2,5\%$. Газ аралашмаси сарфи 8,3 см³/с, босим 0,3 кПа. Кўрсатишларни аниқлаш вақти 30 с. Чиқиш сигнали 0—5 мА.

Баён қилинган ОА-2209 типдаги газ анализатори дифференциал (икки нурли, икки каналли) компенсацияловчи асбобдир. Унинг ассий камчилиги нурлаткичларнинг эскириши, иш кюветларининг ифлосланиши, шишалар шаффофлигининг ўзгариши ва шу кабилар туфайли шкала ноли вазиятининг ўзгариб туришидир.

Бевосита ўлчайдиган бир нурли газ анализаторида нолнинг турғунлиги анча юқори бўлади. Бу асбоб дифференциал асбобга қараганда танловчанлиги юқорилиги билан фарқ қилади. Масалан, метанни анализ қилишда СО₂, СО ва намнинг таъсири бир нурли асбоб учун икки нурли асбобга қараганда 3—5 марта кам бўлади. Камералари оптик кетма-кетликда жойлашган бир нурли асбобнинг танловчанлиги юқорилигига сабаб шуки, босимнинг натижавий ортишида ютиш полосасининг фақат марказий участкаси қатнашади ва, шундай қилиб, полосанинг актив қисми тораяди.

Ультразвук фаши нурлари ютиладиган газ анализаторларида

ҳаводаги симоб буғлари концентрациясини, хлор, водород сульфид, азот қўшқоксид ва бошқа моддаларнинг концентрациясини ўлчашда қўлланилади.

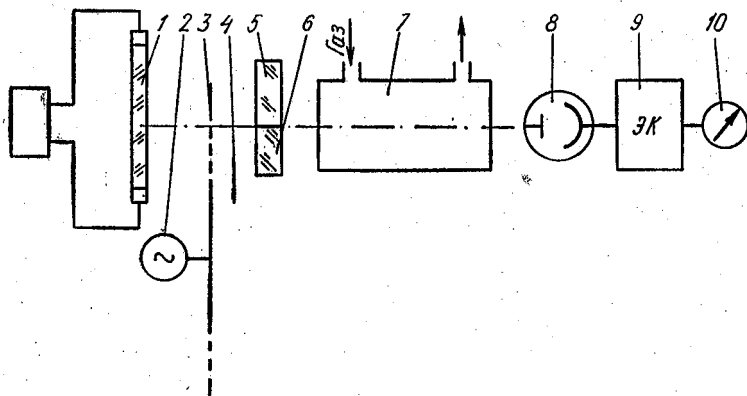
Ультрабинафша нурларнинг манбаи симобли лампалар бўлиб, улар чиқарган нурларнинг кўп қисми ультрабинафша нурлар бўлади. Нурланишни қўшимча монохроматлаш учун шиша светофорлардан фойдаланилади, улар анализ қилинаётган модда ютилишининг максимуми вазиятига қараб танланади.

Ультрабинафша нурланишни электр сигналига айлантириш учун фотоэлементлар ва фоторезисторлардан фойдаланилади.

Амалда ультрабинафша нурларни ютадиган электр компенсацияли икки нурли газ анализаторлари, оптик компенсацияли газ анализаторлари, шунингдек, бевосита ўлчайдиган, ультрабинафша нурларни ютадиган бир нурли газ анализаторлари ҳам ишлатилади.

19.6-расмда бир нурли ультрабинафша нурларни ютадиган газ анализаторининг блок-схемаси кўрсатилган. Асбобда битта манба 1 ва битта фотоприёмник 8 бор. Манбанинг нурланишни электр двигатели 2 айлантирадиган обтюратор 3 узади ва у қарама-қарши фазаларда ўзгарадиган иккита бир хил оқимга бўлинади. Бу оқимларнинг ҳар қайсиси тегишли оптик ёруғлик фильтри — иш фильтри 5 ва таққослаш фильтри 6 дан ўтади.

Фильтрларнинг шаффофлик полосалари беркитилмайди ва f_1 , f_2 частоталар диапозонида тўпланган. Нурларнинг филтрланган оқимлари иш кювети 7 дан ўтади, бу кювет орқали нурланишни f_1 частотада ютадиган анализ қилинаётган газ ҳайдалади, сўнгра оқим умумий нур қабул қилгичга келади. Кювет 7 да анализ қилинаётган компонент бўлмаганида иш ва таққослаш оқимларининг интенсивлиги нолни ростлаш заслонкаси 4 ни суриш йўли билан барабарлаштирилади. Бу ҳолда



19.6-расм. Бир нурли ультрабинафша газ анализаторининг блок-схемаси.

система мувозанатлашади ва фотоприёмникдан олинадиган фарқ сигнали нолга тенг бўлади. Анализ қилинаётган газ кюветга кирганида f_1 частотадаги нурланиш оқимининг интенсивлиги камаяди, f_2 частотасидагиники эса ўзгаришсиз қолади.

Фотоприёмник чиқишида фарқ сигнали ҳосил бўлади ва у кучайтиргич 9 да кучайтирилади. Фарқ сигналининг амплитудаси анализ қилинаётган компонент концентрациясининг ўлчови бўлиб хизмат қилади. Концентрация иккиламчи асбоб 10 билан ўлчанади.

Температура туфайли юзага келадиган хатони йўқотиш учун асбоб термостатланади. Ўлчаш чегаралари 0—30 мг/л; масса бўйича 0—3%; асосий хатолик шкала диапозонининг $\pm 4\%$ и атрофида.

19.5. §. ЭЛЕКТРОХИМИЯВИЙ ГАЗ АНАЛИЗАТОРЛАРИ

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

Электрохимиявий газ анализаторларида бирор компонентнинг концентрацияси аниқланаётган компонент билан реакцияга киришган газ аралашмасининг электр-химиявий хоссаларининг ўзгаришига қараб аниқланади. Қуйида энг кўп тарқалган асбоблар кўриб чиқилади.

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

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

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

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

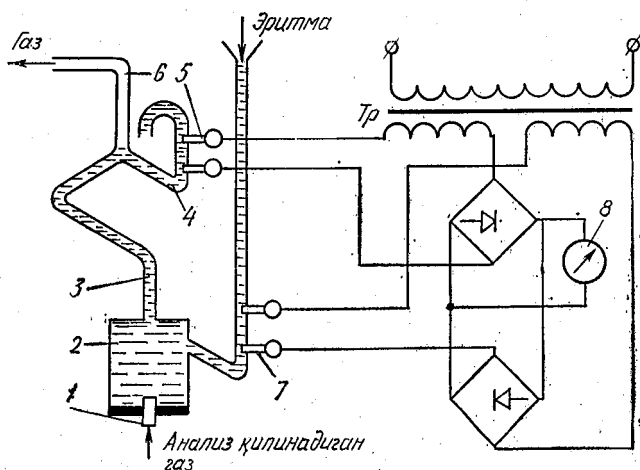
Кондуктометрик ўлчашлар учун ўлчанаётган компонент абсорбциясининг қайтар реакцияларидан ҳам фойдаланиш мумкин; уларнинг афзалликлари: реакцияларда чўкмалар абсорбцияланмайди ва ютувчи эритмаларнинг регенерацияланиш имкони бор. Бироқ кўпгина ҳолларда бундай ютувчи эритмаларнинг танлаш даражаси кам бўлади.

19.7-расмда кондуктометрия принципида ишлайдиган газ анализаторининг схемаси келтирилган. Анализ қилинадиган газ капилляр найча 1 орқали ўтади ва реакция борадиган идиш 2 ҳамда змеевик 3 га берилади, у ерда аниқланадиган компонент ўзгармас тезликда бериб туриладиган электролит эритмаси билан абсорбцияланади. Шундан кейин электролит эритмаси бир жуфт электродлари 5 турган ўлчаш ячейкасида ўтади, газ фазаси эса газ анализаторидан найча 6 орқали чиқарилади. Таққослаш электродлари 7 найчада туради, бу найча орқали электролитнинг янги эритмаси берилади.

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

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

Кулонометрик газ анализаторлари электролиз вақтида сарфланган электр миқдорини ўлчашга асосланган. Фарадей қонунига кўра электролизда G миқдордаги модда ажралиб чи-



19.7-расм. Кондуктометрик газ анализаторининг схемаси.

қиши учун эритма орқали t вақт мобайнида I токни ўтказиш зарур:

$$G = M \cdot J \cdot t (96492 \cdot n), \quad (19.6)$$

бу ерда M — оксидланган ёки тикланган (қайтарилган) модданинг молекуляр массаси; n — электролиз процессида қатнашувчи электронлар сони.

Электролиз вақтида ажралиб чиққан модда газ аралашмасининг анализ қилинаётган компоненти билан батамом боғланади, шу туфайли компонент концентрациясининг ўлчови бўлиб ўтаётган ток J хизмат қилади. Ток эритманинг нейтралланиши таъминланадиган қилиб танланади.

Кулонометрик газ анализаторлари ўлчашнинг компенсацион усули қўлланилганлиги туфайли ўлчаш натижаларининг юқори аниқлигини таъминлайди, уларнинг кўрсатиши газнинг намлигига, босимига, температурасига, атроф-муҳитнинг параметрларига боғлиқ бўлмайди.

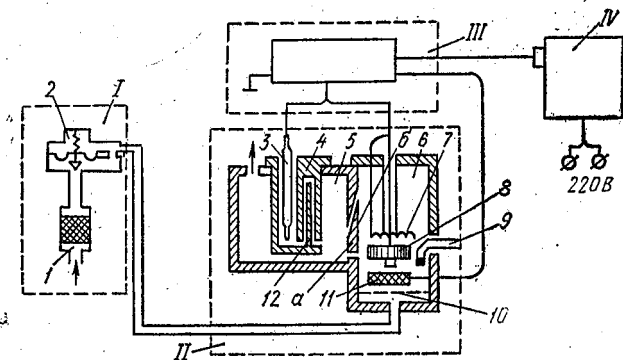
Ватанимиз заводлари ҳаводаги SO_2 , H_2S , Cl_2 , O_3 ларнинг микроконцентрациясини ўлчашга мўлжалланган «Атмосфера 1» ва «Атмосфера 2» газ анализаторлари чиқаради.

Полярографик газ анализаторлари индикаторли, таққословчи ва ёрдамчи электродлари бор уч электродли электролитик ячейка занжирида диффузион токнинг чегаравий кучини ўлчашга асосланган. Ўлчашда индикатор электрод билан таққослаш электроди ўртасидаги потенциаллар фарқи назорат қилинади, таққослаш электродининг потенциали ўзгармас бўлади. Потенциаллар фарқи таъминлаш блокidan олинadиган таянч кучланиш билан таққосланади. Потенциаллар фарқи таянч кучланишдан узилганида электродларга бериладиган кучланиш ўзгаради, бунинг натижасида потенциаллар фарқи билан таянч кучланишининг тенглиги тикланганига қадар ёрдамчи ва индикаторли электродлар потенциаллар фарқи ўзгаради. Агар электродда электр-химиявий жиҳатдан актив моддалар бўлмаса, индикаторли электрод қутбланади ва ўлчаш занжирида ток кучи нолга тенг бўлади.

Ячейкага электр-химиявий жиҳатдан актив модда киритилса, ўлчаш занжирида ток пайдо бўлиб, унинг кучи моддалар концентрациясига пропорционал бўлади.

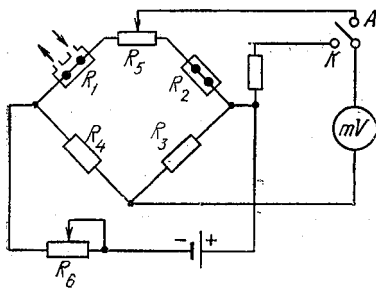
Кислородни анализ қиладиган полярографик газ анализаторининг газлардан тозалангандаги схемаси 19.8-расмда кўрсатилган.

Газ анализатори намуна тайёрлаш блоки I, ячейка II, таъминлаш блоки III, потенциометр IV дан иборат. Индикаторли электрод 8 ва ёрдамчи электрод 7 индикатор камераси 6 да жойлаштирилган стерженга ўрнатилган. Таққослаш электроди 3 камера 5 га запас электролит билан бирга жойлашган алоҳида корпус 4 да жойлашган ва иш электролити билан ош тузидан тайёрланган кўприк 12 ёрдамида бирлашган. Индикатор камерасида электролитнинг талаб этилган сатҳини сақлаб ту-



риш учун каналлар *a* ва *b* хизмат қилади. Индикатор камера-сига камеранинг иш ҳажмини термостатлаш учун қиздириш элементи 11 ва температура индикатори 9 ўрнатилган.

19.6- §. ТЕРМОХИМИЯВИЙ ГАЗ АНАЛИЗАТОРЛАРИ



19.9- расм. Термохимиявий газ анализаторининг ўлчаш схемаси.

маган кўприкдан иборат. Иш ячайкаси деб юритиладиган оқим ўлчаш ячейкаси кўприкнинг битта елкаси R_1 ни ҳосил қилади. Кўприкнинг R_2 елкасини ҳосил қиладиган таққослаш ячейкаси ўз параметрлари ва конструкцияси жиҳатидан иш ячейкасига эквивалент бўлиб, ҳаво тўлдирилган бўлади. Кўприкнинг R_3 , R_4 елкалари ўзгармас қаршиликлар бўлиб, улар манганиндан тайёрланган. Кўприкли схеманинг ноли реостат R_5 билан қўйилади. Анализ қилинаётган компонентнинг ёнишида температуранинг ортиши билан платина толаси электр қаршилигининг ўзгариши ўлчаш кўприги мувозанатининг бузилишига олиб келади. Мувозанат бузилгандаги ток кучи газ аралашмасидаги компонент миқдорига пропорционал бўлади. Ўлчаш асбоби анализ — назорат переключатели ёрдамида схемага киритилган махсус ўзгармас резисторга уланади ва асбобнинг стрелкаси R_5 реостат билан талаб этилган репер нуқтага қўйилади. Милливольтметрнинг шкаласида платина толасини қиздирадиган, турли компонентларни анализ қилиш учун зарур бўлган ток кучини қўядиган учта репер нуқта бор.

Бу типдаги асбоблар асосан ҳаводаги ёнувчи (метан, бензин буғлари ва ҳ.) газларнинг портлаш хавфини юзага келтирадиган концентрациясининг индикаторлари ва анализаторлари сифатида ишлатилади. Улар кўпинча кўчма (кўтариб юрадиган) типда чиқарилади. Ўлчаш хатолиги тахминан $\pm 10\%$.

Саноат бинолари хоналари ҳавосининг ёнувчи газлар билан ифлослишини автоматик назорат қилиш учун ёнувчи газларга мўлжалланган СГС типдаги, метанга мўлжалланган СМС типдаги, бензинга мўлжалланган ГПБ типдаги ва бошқа сигнализаторлар чиқарилади.

19.7- §. ФОТОКОЛОРИМЕТРИК ГАЗ АНАЛИЗАТОРЛАРИ

Бу газ анализаторларида эриган модданинг концентрацияси эритма ёки лентанинг интенсив бўялишига қараб аниқланади. Суюқликли ва лентали фотоколориметрик газ анализатор-

Иккинчи группа асбобларда оксидланиш реакцияси катализатор қатламида содир бўлади, реакциянинг иссиқлик эффекти эса қаршилиқ термометри ёки шу катализаторда жойлаштирилган термобатарея билан ўлчанади.

Биринчи группа термохимиявий газ анализаторларининг принципиал схемаси 19.9-расмда келтирилган. Газ анализаторининг ўлчаш схемаси ўзгармас ёки ўзгарувчан токда ишлайдиган мувозанатлаш-

лари газларнинг микроконцентрациясини аниқлаш учун ишлатилади. Бу газлар (H_2S , SO_2 , NH_3 , Cl_2 , NO , NO^2) махсус танланган реактивлар билан рангли реакцияга киришади. Бу асбобларнинг физикавий асоси Бугер—Ламберт—Бер қонунидир. Бўйланган компонентлар (ёки реакцияга кирган газ массаси) нинг концентрацияси қуйидаги формула бўйича аниқланади:

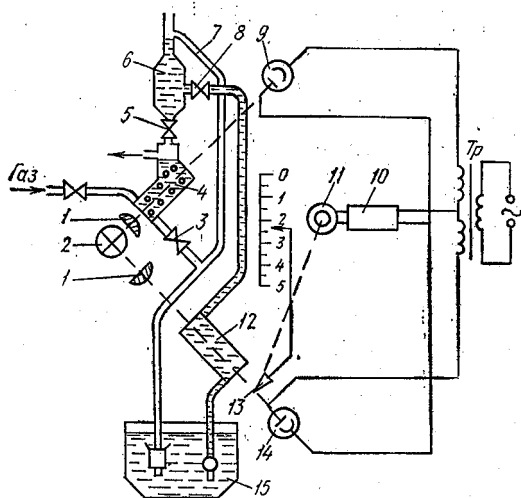
$$C = D_\lambda / (\epsilon_\lambda \cdot l_\lambda), \quad (19.7)$$

бу ерда D_λ — оптик зичлик; ϵ_λ — ютилиш коэффициенти; l_λ — кюветнинг узунлиги.

Фотоколориметрик анализ қилиш усули юқори сезгирликка ва танловчанликка эга. Бу усулнинг сезгирлигининг юқорилиги анализ қилинадиган компонентни эритмада ёки индикатор лентасида йиғиш имконияти борлиги билан белгиланади. Усулнинг танловчанлиги юқорилигига анализ қилинаётган компонент билан реактив-индикатор ўртасидаги реакция сабаб бўлади.

19.10- расмда эритма ёки газ даврий равишда узатиладиган ФКГ типдаги фотоколориметрик газ анализаторининг схемаси кўрсатилган. Асбобда икки оптик канал: иш ва таққослаш каналлари бўлиб, уларнинг ичида иш кювети 4 ва таққослаш кювети 12 жойлаштирилган.

Абсорбцияловчи эритма бак 15 дан насос ёрдамида таққослаш кювети орқали дозатор 6 га ҳайдалади. Дозаторда тўкиш найчаси 7 бор бўлиб, у орқали ортиқча эритма бакка қайтиб қуйилади. Команда берувчи реле белгилайдиган тенг вақт оралиқларида электромагнит клапан 3 ишга тушади, у кювет 4 даги ишлаб бўлган эритмани бакка чиқариб юборади, бу ерда



19.10- расм. Фотоколориметрик газ анализаторининг схемаси.

эритма регенерацияланади. Кюветлар бўшатилоганидан кейин 5 ва 8 клапанлар ишга тушиб, дозатор улар ёрдамида эритма берувчи трубадан узилади ва айни бир вақтда кювет 4 билан бирлашиб, унга эритманинг ўлчанган ҳажмини қуяди. Клапанлар 5 ва 8 дозаторни янги эритма билан тўлдириш учун дастлабки вазиятларига қайтади. Кювет 4 да эритманинг янги берилган порцияси орқали текширилаётган газ чиқиб кетганидан кейин рангли реакция содир бўлади. Маълум вақт тутиб турилганидан кейин команда релеси клапан 3 ни очади ва навбатдаги цикл бошланади. Ҳар иккала кювет орқали ёритиш лампаси 2 дан линза 1 орқали ёруғлик оқими ўтади. Кюветларнинг орқасида фотоэлементлар 9 ва 14 жойлашган бўлиб, улар кюветлардаги эритмалардан ўтган ёруғлик оқимларини қабул қилади. Фотоэлементлар электрон кучайтиргич 10 нинг чиқишига дифференциал тарзда уланган бўлиб, у икки фотоэлементнинг сигналлари фарқини кучайтиради. Кучайтирилган сигнал реверсив двигатель 11 нинг бошқарувчи чулғамига келади, двигатель компенсацияловчи оптик пона 13 ни кювет 12 нинг оптик каналида ҳар икки фотоэлемент бир хилдаги ёритилганликка эга бўлганига қадар керакли йўналишда силжитади. Оптик понанинг сурилиш катталиги ва у билан боғлиқ бўлган асбоб кўрсаткичининг сурилиш катталиги текширилаётган газдаги аниқланидиган компонент концентрациясининг ўлчови бўлади.

Ишлаб чиқариш хоналари ҳавосидаги хлор асарларини (қолдиқларини) ўлчаш диапозонидан $\pm 20\%$ хатолик билан аниқлашга имкон берадиган газ анализаторларидан саноат ФКГ-3М типидagi фото колориметрик анализаторларни чиқаради.

Ватанимиз асбобсозлик саноати ФСЛ типидagi фотоколориметрик газ анализаторларини чиқаради. Унинг ишлаши химиявий реакция натижасида ҳосил бўлган лентадagi доғдан қайтган ёруғлик оқимини эталон ёруғлик оқими билан таққослашга асосланган.

ФСЛ типидagi лентали газ анализаторларининг бошқа модификациялари ишлаб чиқариш хоналари ва технологик линия ҳавосидаги фосген, водород сульфид, цианид кислотани аниқлаш учун чиқарилади. Ишлаб чиқариш хоналарининг ҳавосидаги аммиак миқдорини $0-3 \cdot 10^{-3}$ ва $0-3 \cdot 10^{-2}\%$ чегарасида аниқлаш учун ФСЛ. 107 типидagi фотоколориметрик газ анализаторлари чиқарилади.

Лентали фотоколориметрик газ анализаторлари учун иш эритмаси сарфининг жуда камлиги ва у билан боғлиқ бўлган юқори сезгирликка эришиш осонлиги характерлидир, чунки газларнинг реакцияга кирувчи миқдори билан эритма миқдорининг нисбати жуда катта бўлиши мумкин. Бироқ лентанинг сирти бир жинсли бўлмаганлиги ва бошқа бир қанча факторлар туфайли лентали фотоколориметрик газ анализаторларининг хатолиги сууқликли фотоколориметрик газ анализаторларининг хатолигидан юқоридир.

19.8-§. ИОНИЗАЦИОН ГАЗ АНАЛИЗАТОРЛАРИ

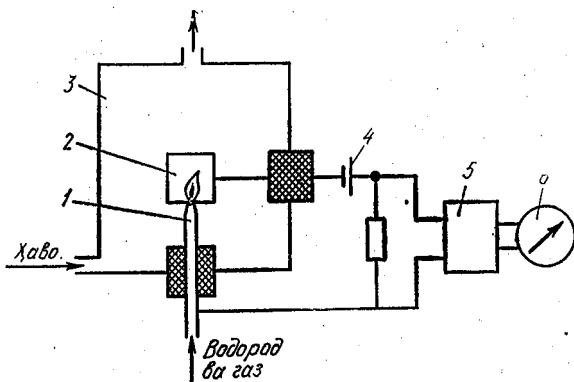
Ионизацион газ анализаторларидан ҳаводаги зарарли моддаларни аниқлашда, шунингдек, портлаш хавфи бор газ ара-лашмаларини назорат қилишда фойдаланилади.

Улар ишлаш принципи бўйича икки гурӯҳга: алангали—ионизацион ва аэрозолли—ионизацион газ анализаторларига бўлинади.

Алангали—ионизацион газ анализаторлари органик моддаларнинг водород алангасида ионлашувига асосланган. Алангали—ионизацион ўзгарткич электр майдонга жойлаштирилган водород горелкасидан иборат. Соф водород ёнганида ионлар деярли ҳосил бўлмайди, шунинг учун соф водороднинг электр ўтказувчанлиги жуда ҳам паст бўлади. Органик моддаларнинг алангаси пайдо бўлганида уларнинг ионлашуви содир бўлади ва аланганинг электр ўтказувчанлиги кескин ортади.

Бу газ анализаторининг принципиал схемаси 19.11-расмда келтирилган. Ўлчащ электродларидан бири горелка 1 бўлиб, унга манба 4 дан 60—300 В ли ўзгармас кучланиш берилади, горелка коррозиябардош пўлат ёки титандан тайёрланади. Иккинчи (коллекторли деб юритиладиган) электрод ўрнида юпқа деворчали цилиндр хизмат қилади, у горелка 1 билан ўқдош бўлиб, нодир металллар (платина, олтин, титан) дан тайёрланади. Ўзгарткичнинг ионизация камерасига ёнишни сақлаб туриш ва водороднинг ёниш маҳсулоти бўлган сувнинг конденсацияланишининг олдини олиш учун ҳаво киритиб турилади.

Ўзгарткичда занжирда ионизация токининг пайдо бўлиши-га реакция давомида электродларда мусбат ва манфий заряд элтувчиларнинг ҳосил бўлиши сабаб бўлади. Ионизация токи-нинг кучи $10^{-7} - 10^{-8}$ А дан ошмайди. Шу муносабат билан ўзгарткичнинг ток сигнали ўзгармас ток кучайтиргичи 5 га бе-



19.11- расм. Аланга-ионизацион газ анализаторининг схемаси.

рилади. Кучайтирилган сигнал иккиламчи асбоб 6 га (масалан, автоматик потенциометрга ёки сигнализация қурилмасига келади, бу қурилма концентрация берилган қийматидан ортиб кетганида сигнал чиқаради.

Аэрозолли—ионизацион газ анализаторлари газ анализ қиладиган радиоизотопли асбобларга тааллуқли бўлиб, уларда газ муҳитининг физик параметри—газларнинг электр ўтказувчанлиги, ионизацияловчи нурланиш таъсирида бўлган газларнинг электр ўтказувчанлиги ўлчанади. Бу асбобларда газнинг α ёки β актив изотоп кўринишидаги ички ионизация манбаига эга бўлган ионизацион ток камераси сезгир элемент бўлиб хизмат қилади. Муҳитнинг назорат қилинаётган компонентни концентрациясининг ўлчови бўлиб камеранинг электродлари орасида уларга кучланиш берилганда ҳосил бўладиган ионизация токи хизмат қилади.

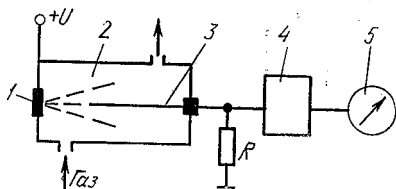
Бу газ анализаторларининг хусусияти шундан иборатки, уларда назорат қилинаётган компонент олдин аэрозоль ҳолатига келтирилади. Бунда ҳосил бўладиган аэрозоль зарралари сони назорат қилинаётган компонент концентрациясига пропорционал бўлиб ионизация токининг ўлчанаётган кучининг ўзгаришини аниқлайди.

Аэрозоль зарралари таъсирида камера ионизация токи / нинг ўзгариши қуйидаги муносабат билан ифодаланади:

$$I = J_0 \cdot e^{-CN\tau r}, \quad (19.8)$$

бу ерда J_0 —камерада аэрозоль зарралари бўлмагандаги бошланғич ток кучи; N —Брикард доимийси бўлиб, уни газ ионларининг аэрозоль зарраларга ўтириш эҳтимоли борлиги нуқтаи назаридан аниқланади; C —газдаги аэрозоль зарраларининг концентрацияси; τ —газ ионларининг камера ичида „яшаш“ вақти бўлиб, уни ионизация камерасининг конструкцияси ва электр майдоннинг кучланишига қараб аниқланади; r —аэрозоль зарраларининг ўртача радиуси.

19.12-расмда аэрозолли—ионизацион газ анализаторининг принципаал схемаси кўрсатилган. Нурланиш манбаи 1 ва ионлар коллектори 3 жойлаштирилган ионизацион оқим камераси 2 га газ сарфи уйғотгичи билан анализ қилинаётган ҳаво сўриб олинади. Айни бир вақтда камерага тегишли химиявий реагентнинг буғлари киритилади. Камера ичида химиявий реакция содир бўлиб, бунинг натижасида аниқланаётган компонент аэрозолга айланади. Ионизация токи қаршилиги катта нагрузка резистори R да кучланиш тушувини вужудга келтиради, бу кучланиш ўзгармас ток кучайтиргичи 4 да кучайтирилади; аэрозоль зарраларининг концентрациясига кўра ўзгарадиган



19.12- расм. Аэрозоль-ионизацион газ анализаторининг схемаси.

ионизация токининг кучи аниқланаётган компонент концентрациясининг ўлчови ҳисобланади. Иккиламчи асбоб 5 аниқланаётган компонентнинг концентрациясини кўрсатади.

Асбобдан ҳаводаги зарарли моддаларни, шу жумладан азот оксидлари, водород хлорид, аммиак, аминлар ва бошқаларни назорат қилишда фойдаланиш мумкин. Вазифасига қараб газ анализаторлари шкаласининг юқориги чегараси аниқланаётган компонентнинг 0,5 дан 50 мг/м³ миқдорида ўрнатилади. Асосий хатолик шкала диапозонининг 10—15% и атрофида.

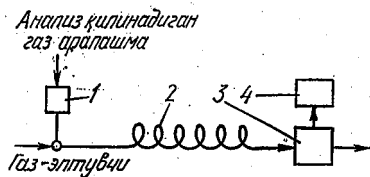
19.9-§. ХРОМАТОГРАФИК ГАЗ АНАЛИЗАТОРЛАРИ

Газ анализаторларининг кўриб ўтилган ҳамма типлари газ аралашмасидаги фақат битта компонентнинг концентрациясини аниқлашга имкон беради. Хроматографик газ анализаторлари (хроматографлар) улардан фарқли равишда газ аралашмасини тўла анализ қилишга, яъни бу аралашмани ташкил этувчи ҳамма газларнинг концентрациясини аниқлашга имкон беради.

Хроматографик ажратиш йўли билан кўп компонентли газ аралашмаларини анализ қилиш учун мўлжалланган асбоблар хроматографлар деб аталади.

Уларнинг принципиал схемаси 19.13-расмда келтирилган. Ўлчаш процесси хроматографда икки босқичда ўтади: олдин аралашма алоҳида компонентларга ажратилади, сўнгра аралашмадаги ҳар қайси компонентнинг миқдори ўлчанади. Газ аралашмасини ажратиш ажратиш колонкаси 2 да содир бўлади. Бу колонка юпқа найчадан иборат бўлиб, ўз сиртида газларни ушлаб олиш ва тутиб туриш хусусиятига эга бўлган модда—сорбент билан тўлдирилган бўлади. Анализ қилинаётган газнинг дозатор 1 да ўлчаб олинган порцияси даврий равишда элтувчи газ деб аталадиган ёрдамчи газнинг узлуксиз оқими-га бериб турилади. Колонка орқали аралашма порцияси ҳайдалганида тегишли компонентларга ажрайди. Ажралиш газларнинг турлича абсорбцияланиши туфайли юз беради. Абсорбцияланиш қанча юқори бўлса, элтувчи газ газ молекулаларини сорбент сиртидан шунча қийинлик билан ажратиб олади. Шунинг учун элтувчи газ колонкага тўхтовсиз кириб туриб, ундан компонентларни навбати билан сиқиб чиқаради: олдин аралашманинг кучсиз абсорбцияланадиган компоненти, сўнгра қолганларини. Шундай қилиб, колонкадан ҳақиқатан олганда бинар аралашма чиқади, унинг компонентларидан бири элтувчи газ бўлиб, бошқаси анализ қилинаётган аралашма бўлади.

Бинар аралашмалар детектор 3 ёрдамида анализ қилинади. Детекторларнинг энг кўп тарқалган типларидан бири термокон-



19.13-расм. Хроматографик газ анализаторининг схемаси.

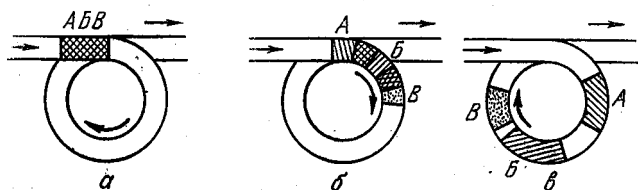
дуктометрик газ анализаторидир. Детекторнинг чиқиш сигнали қайд этувчи асбоб 4 га берилади.

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

19.14-расмда газлар аралашмасининг компонентларга газ-адсорбцион усулда хроматографик ажралишининг принципиал схемаси кўрсатилган. Газ аралашмасининг учта *A*, *B* ва *B* компонентларидан таркиб топган намунаси (19.14-расм, *a*) элтувчи газ ёрдамида узун юпқа найча—ажратиш колонкаси орқали сиқиб чиқарилади, найча спираль тарзида букилган ва адсорбент билан тўлдирилган бўлади.

Аралашма компонентлари турлича адсорбциялангани сабабли уларнинг колонкада ҳаракатланиши турлича секинлашади. Айни компонент молекулалари қанча кўп адсорбцияланса, уларнинг тормозланиши шунча катта бўлади, ва аксинча. Шунинг учун аралашманинг айрим компонентлари колонкада турлича тезликда ҳаракатланади. Маълум вақтдан кейин (19.14-расм, *b*) биринчи бўлиб кам адсорбцияланган *B* компонент, ундан кейин компонент *B* ва ниҳоят энг кўп адсорбцияланган ва шу сабабли бошқаларига қараганда секинроқ ҳаракатланган *A* компонент кетади. Кейинги вақт оралиқларида компонентларнинг ҳаракатланиш тезлиги турлича бўлганлиги туфайли компонентлар тўла ажрайди (19.14-расм, *в*) ва хроматографик колонкадан кетма-кет ё элтувчи газ, ёки элтувчи газ—компонентдан иборат бинар аралашма чиқади.

Кўп компонентли газни анализ қилишда компонентлар колонкадан уларнинг молекуляр массалари ортиб бориши тартибидан чиқади. Компонентлар ажралишининг маълум ўзгармас шароитларида (температура, элтувчи газ сарфи, адсорбентнинг хоссалари ва ҳ) ҳар қайси компонентнинг айни хроматографик колонкадан ўтиш вақти, бинобарин, унинг чиқиш вақти



19.14-расм. Газ аралашмасини компонентларга хроматографик тарзда ажратишнинг адсорбцион схемаси.

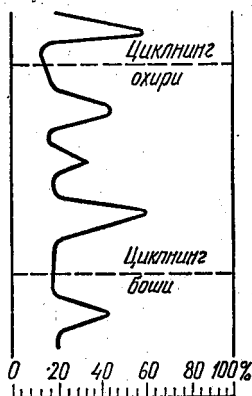
ўзгармайди. Шунинг учун ҳар қайси компонентнинг чиқиш вақти хроматографик анализнинг сифат кўрсаткичи ҳисобланади.

Газ-адсорбцион хроматографияда элутувчи газ сифатида азот, гелий, ҳаво ва бошқа газлардан фойдаланилади; адсорбент сифатида эса актив кўмир, силикагель, алюмогель, магний оксид ва бошқалардан фойдаланилади.

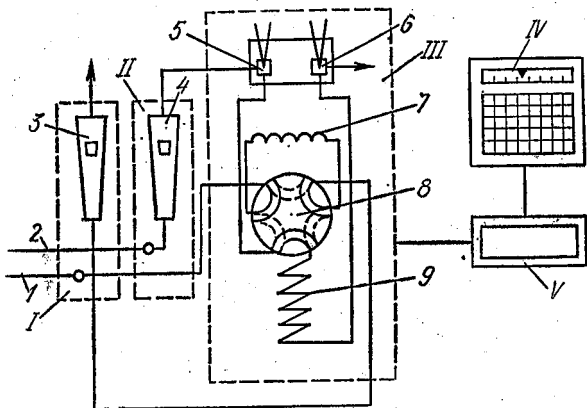
Анализ натижаларини иккиламчи асбоб қайд этади. 19.15-расмда уч компонентли аралашмани анализ қилиш натижаларининг лентали диаграммага ёзилиши кўрсатилган. Анализ қилинаётган аралашманинг хроматограммаси бир нечта чўққи нуқталари бўлган эгри чизиқдан иборат. Цикл бошлангандан кейин чўққиларнинг пайдо бўлиш вақти аралашма компонентининг турини, чўққининг барча чўққилар йиғинди юзига келтирилган юзи эса аини компонентнинг концентрациясини белгилайди.

Газ—тақсимлаш хроматографиясида эса кўп компонентли газ аралашмалари худди шу тарзда анализ қилинади.

19.16-расмда газ—адсорбцион хроматографининг схемаси келтирилган. Анализ қилинадиган газ намуна олиш линияси I бўйича анализ қилинадиган газни тайёрлаш панели I га келтирилади, датчик III га тушади, кран-переключателдан ўтади, дозаловчи спираль 7 дан ва яна кран-переключатель 8 дан ўтади ва ротаметр 3 орқали атмосферага чиқариб юборилади. Элутувчи газ баллондан линия 2 бўйича тайёрловчи панели II



19.15- расм. Газ аралашмасининг хроматограммаси



19.16- расм. Газ-адсорбцион хроматографининг схемаси.

нинг ротаметри 4 орқали берилади, асбоб датчиги детекторнинг таққослаш камераси 5, кран—переключатель 8, ажратиш колонкаси 9, детекторнинг ўлчаш камераси 6 дан ўтади ва ташқарига чиқиб кетади.

Кран—переключатель 8 бир-бирига ишқаб мосланган икки-та пластинадан тайёрланган бўлиб, улардан бирига канал қилинган ва электр двигатели билан айлантрилади, шунинг учун у ҳар 60° дан кейин икки вазиятни эгаллаши мумкин. 19.16-расмда шундай вазият кўрсатилганки, бунда элтувчи газ кран—переключателга келиб, унинг канали бўйлаб ажратиш колонкасига йўналади, анализ қилинадиган газ аралашмаси эса намуна оладиган алмаштириладиган спираль 7 дан ўтади, у найча кўринишида ишланган бўлиб, ҳажми 2, 3, 5 ва 10 мл ни ташкил этиши мумкин.

Кран—переключателнинг пластинаси 60° га бурилганида унинг каналлари расмда штрих чизиқ билан кўрсатилган вазиятни олади. Бунда элтувчи газ анализ қилинаётган белгиланган ҳажмдаги газ намунасини дозалаш спирали 7 дан ажратиш колонкасига сиқиб чиқаради, газ аралашмасининг асосий оқими эса бу вақтда кран-переключателнинг бошқа канали бўйича атмосферага ҳайдалади. Кран-переключателнинг қўзғалувчан пластинаси ўзгармас вақт оралиқларида (3 дан 5 мин гача) таймер билан автоматик тарзда бурилади, бу вақт анализ қилинаётган газ аралашмасининг таркиби ва унинг ажралишига қўйиладиган талабга қараб ўрнатилади.

Ажратиш колонкаси 9 зангламайдиган пўлатдан ёки мисдан ички диаметри 6 мм ва узунлигини 2—10 м қилиб (анализ қилиш шароитларига қараб) тайёрланган ҳамда ичига сорбент тўлдирилган спираль найчадан иборатдир. Анализ қилинаётган аралашманинг намунаси колонка 9 га тушиб, уни ташкил этувчи компонентларга ажралади ва детекторларга юборилади.

Датчик детектори анализ қилинаётган газ аралашмаси компонентларининг ажралишини аниқлаш учун хизмат қилади. Унинг ишлаши элтувчи газ ва анализ қилинаётган компонент бинар аралашмаси иссиқлик ўтказувчанликларининг айирмасидан фойдаланишга асосланган. Детектор зангламайдиган пўлатдан тайёрланган массив блокдан иборат бўлиб, унинг иккита: 5 ва 6 камералари бўлади, ҳажми тахминан $0,2 \text{ см}^3$ келадиган бу камераларда эса қаршилик термометрлари (термисторлар) бўлиб, улар ўлчаш кўпригининг елкасини ташкил қилади. Датчик камерасини термостатлашга температура регулятори ёрдамида эришилади.

Элтувчи газ детекторнинг камералари 5 ва 6 дан ўтганида ҳар икки камерада иссиқлик бериш шароити бир хил бўлади; ўлчаш схемаси мувозанатда бўлади ва иккиламчи асбобнинг диаграммасида ноль чизиқ ёзилади. Кран-переключателнинг қўзғалувчан пластинаси 60° га бурилганида элтувчи газ дозалаш камерасида ажратиш қилинган намунани сиқиб чиқаради ва уни ажратиш колонкасига юборади, у ердан детекторнинг

ўлчаш камерасига гоҳ элувчи газ, гоҳ тегишли бинар аралашма берилади. Ўлчаш камерасига иссиқлик ўтказувчанлиги соф газ элувчининг иссиқлик ўтказувчанлигидан бошқача бўлган бинар аралашманинг кириши натижасида қаршилиқ термометрининг температураси ва қаршилиги, бинобарин кўприкнинг мувозанати ўзгаради. Мувозанатнинг бундай ўзгиришини қайд этувчи асбоб IV чўққи кўринишида қайд этади.

Хроматографнинг бошқариш блоки V га асбобнинг ўлчаш схемаси, электрон температура регулятори, вақт белгилувчи—таймер, нолни автоматик қўйиш қурилмаси, переключатель 8 ни бошқариш қурилмаси ва реле киради.

Саноатда ишлатиладиган ХП-499 хроматографи газсимон маҳсулотлар ноуглеводородли газлар ва уларнинг изомерларини анализ қилиш учун мўлжалланган. Хроматограф технологик потоклардан олинган газларни анализ қилишга имкон беради, анализ натижаларини узлуксиз қайд этишни таъминлайди, шунингдек, стандарт электр ва пневматик чиқиш сигналлари олишни таъминлайди ва бошқариш системасида фойдаланилиши мумкин. Концентрация бўйича ўлчаш чегараси 0,05—100%, асосий хатолиги $\pm 1\%$. Хроматограф портлашдан ҳимояланган тарзда чиқарилади.

Саноатда ишлатиладиган «Нефтехим-СКЭП» хроматографи кўп компонентли газ аралашмалари, буғлар ва суюқликларнинг таркибини ажратиш колонкаларининг температураси 200°C гача бўлган шароитда аниқлашга имкон беради. Узлуксиз режимда ишлайди ва бошқариш системаларида датчик сифатида фойдаланиш мумкин. Концентрация бўйича ўлчаш чегараси 0—100%, чиқиш сигналлари 0—5 мА; 0—10 В; 0,02—0,1 МПа. Портлашдан ҳимояланган тарзда чиқарилади.

19.10-§. МАССА-СПЕКТРОМЕТРИК ГАЗ АНАЛИЗАТОРЛАРИ

Масса-спектрометрлар газларни анализ қилишда энг такомиллашган асбоблардандир. Улар химиявий ва физик хоссаларидан қатъи назар, моддаларнинг изотоп ва молекуляр таркибини аниқлашга мўлжалланган.

Масса-спектрометрик усул мураккаб аралашмалардаги кўпгина компонентларнинг миқдорини аниқлашга имкон бериб, бунда анализни жуда тез ўтказишни таъминлайди.

Анализ қилишда анализ қилинаётган модданинг молекулалари қизиган катод эмиттирлайдиган электронлар ёрдамида ионланади, электр линзалар системаси воситасида тор даста тарзида фокусланади, тезлатувчи электроннинг электр майдонида тезлатилади ва электронлар коллекторида тутиб қолинади. Ион дастанинг таркиби анализ қилинаётган газ аралашмасининг молекуляр таркибига мос келади. Қўндаланг магнит майдони таъсирида оқим ионлар массасининг уларнинг зарядларига нисбати билан фарқ қиладиган ион нурларига ажралади, булар кейин коллекторга келади. Коллектор занжирида массаларни турлича ионлар электр токи ҳосил қилади, бу ток-

лар олдин кучайтирилганидан кейин ўлчанади ва электрон қайд этувчи қурилма ёрдамида ёзиб қўйилади. Магнит майдонининг кучланганлиги аста-секин ўзгартириб борилганида текшириладиган газнинг молекуляр таркибини характерловчи ион тоқлари спектри ёки масса-спектрлар ёзилади. Миқдорий анализ ўтказиш учун масса-спектрометри текшириладиган моддада бор деб тахмин қилинган ҳар қайси компонент бўйича олдиндан даражаланади.

Масса-спектрометрларнинг конструкцияси аналитик ва ўлчаш қисмларидан иборат. Аналитик қисмда ион дасталари мас-салари бўйича ҳосил қилинади, шакллантирилади ва ажратилади. Ўлчаш қисми ионлар манбасини ва ишга тушириш системасини стабиллашган кучланиш билан таъминлаш; ион тоқларини ўлчаш ва қайд этиш, вакуум системасида босимни ўлчаш; масса сонларини индекслаш ва ҳоказолар учун мўлжалланган.

ГОСТ 12862-81 га кўра масса-спектрометрлар учта типга: химиявий таркибни анализ қилиш учун — МХ; модданинг структураси ва хоссаларини текшириш учун — МС; изотоп анализ қилиш учун — МИ типларга бўлинади. МС типдаги масса-спектрометрлар лаборатория шароитларида ўтказиладиган илмий тадқиқотлар учун мўлжалланган.

Ватанимиз саноати химиявий таркибни анализ қиладиган МХ-7201, МХ-7304, МХ-1320 ва изотоп анализ қиладиган МИ-1201Б масса-спектрометрларини чиқаради.

МХ-7201 масса-спектрометри металлларда ва уларнинг қотишмаларида H_2 , O_2 , N_2 , C_2 газлари ва уларнинг газ ҳосил қилувчи қўшилмалари миқдорини аниқлаш учун мўлжалланган. Текшириладиган материалдан газ ажратиб чиқиши вакуумда суюқлантириш йўли билан ёки графитли тигелда амалга оширилади. Газсимон қўшилмаларнинг таркибини аниқлаш монополяр (бир кутбли) масса-спектрометр ёрдамида амалга оширилади. Масса сонлари бўйича ўлчаш чегаралари 2-60.

Магнитсиз МХ-7304 масса-спектрометри сўриб (тортиб) олиш системалари билан таъминланган вакуумли системаларда қолдиқ газларни сифат жиҳатидан анализ қилиш учун мўлжалланган. Масса сонлари бўйича ўлчаш чегаралари 2—200, анализ қилиш хатолиги $\pm 2,5\%$.

МХ-1320 масса-спектрометри газ аралашмаларини, суюқликларни ва $400^\circ C$ гача температурада газсимон ҳолатга ўтадиган қаттиқ моддаларни миқдор ва сифат жиҳатидан анализ қилиш учун мўлжалланган. Масса сонлари бўйича ўлчаш чегараси 1—4000, анализ қилиш хатолиги $\pm 5 \cdot 10^{-6} \%$.

МИ-1201Б масса-спектрометри газларнинг ва қаттиқ моддаларнинг изотоп таркибини саноат шароитида анализ қилиш учун мўлжалланган. Ўлчаш натижаларини ўлчаш СМ1 базавий ҳисоблаш комплекси ёрдамида амалга оширилади. Масса сонлари бўйича ўлчаш чегаралари 2—720, анализ қилиш хатолиги $\pm 0,15\%$.

Ўн биринчи бўлим

20-боб. МОДДАЛАРНИНГ НАМЛИГИНИ ЎЛЧАШ

20.1-§. АСОСИЙ МАЪЛУМОТЛАР ВА КЛАССИФИКАЦИЯСИ

Газлар, қаттиқ жисмлар ва суюқ муҳитларнинг намлиги химия, озиқ-овқат, металлургия, тўқимачилик саноатида ва бошқа саноат тармоқларидаги ҳамда қурилишдаги кўпгина технологик процессларнинг муҳим кўрсаткичларидан ҳисобланади.

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

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

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

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

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

$$H = \frac{M}{M_0}, \quad \text{ёки} \quad H = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \cdot 100\%, \quad (20.1)$$

бу ерда M — нам массаси; M_0 — абсолют қуруқ материалнинг массаси; M_1 — нам материалнинг массаси.

Қаттиқ жисмларнинг намлиги дейилганда жисмдаги нам массасининг нам материал массасига нисбати тушунилади ва қуйидагича ифодаланади:

$$W = \frac{M}{M_1} \quad (20.2)$$

Нам сақламидан намликка ўтиш ва аксинча ҳолларда қуйидаги нисбатдан фойдаланилади

$$H = W(1 - W), \quad W = \frac{H}{1 + H}.$$

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

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

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

Қуриштиш, экстракцион ва химиявий усуллар бевосита ўлчаш усулларининг ичида энг кўп тарқалганидир.

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

Қуйида саноатда энг кўп тарқалган усулларни кўриб чиқамиз.

20.2- §. ГАЗЛАРНИНГ НАМЛИГИНИ ЎЛЧАШ

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

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

Психрометрик фарққа боғлиқ бўлган нисбий намлик қуйидаги нисбатдан аниқланади:

$$\varphi = \frac{P_H - A(t_K - t_H)}{P_K}, \quad (20.3)$$

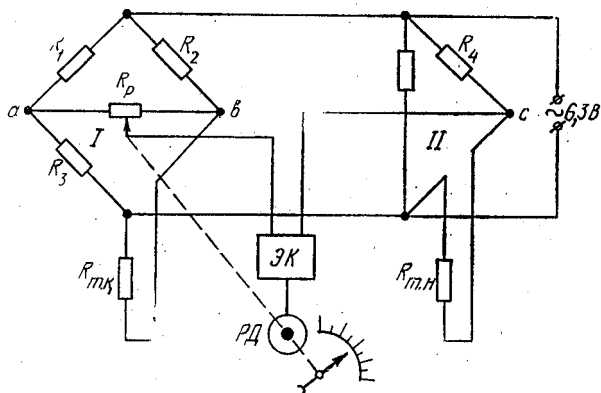
бу ерда P_H — ҳўл термометрнинг t_H — температурасида текширилатган муҳитнинг тўйинтирувчи буғлар эластиклиги, Па; P_K — қуруқ термометрнинг t_K — температурасида текширилатган муҳитнинг тўйинтирувчи буғлар эластиклиги, Па; A — психрометрик коэффициент бўлиб, у психрометрнинг тузилиши, нам термометрга газ ҳайдалиш тезлиги ва газ босими

боғлиқ, 1°C . A коэффициент маълум конструкцияли психрометрлар учун тузилган махсус жадваллардан олинади. Бу коэффициентга ҳўл термометрга газ ҳайдаш тезлиги катта таъсир қилади. Газ оқимининг тезлиги ошиши билан A коэффициент камаяди ва $2,5 \dots 3$ м/с дан ортиқ тезликда доимий бўлиб қолади. Саноат психрометрларида газ оқимининг тезлигини ўзгартирмайдиган қурилмалар бор. Бу тезлик $3 \dots 4$ м/с дан кам эмас.

Электр психрометрларда температурани аниқлаш учун термопаралар, ярим ўтказгичли термоқаршиликлар ва стандарт металл қаршилик термометрлари ишлатилади.

20.1-расмда қаршилик термометрларига эга бўлган электр психрометрнинг принципаи схемаси кўрсатилган. Асбобнинг ўлчаш қисми I ва II кўприклардан иборат. Иккала кўприк ҳам электрон кучайтиргичнинг иккита умумий R_1 ва R_3 елкалари-га эга. $R_{Т.К.}$ қуруқ қаршилик термометри I кўприкнинг елкаси-га, $R_{ТН}$ ҳўл қаршилик термометри II кўприк елкасига уланган. I кўприк $R_1, R_2, R_3, R_{Т.К.}$ қаршиликлардан иборат. II кўприк $R_1, R_3, R_4, R_{ТН}$ қаршиликлардан иборат.

I кўприк диагоналининг a ва b учларидаги потенциаллар фарқи қуруқ қаршилик термометрининг температурасига, a ва c учларидаги потенциаллар фарқи эса ҳўл қаршилик термометрининг температурасига пропорционал. Қўшалоқ кўприк диагоналининг b ва c нуқталари орасидаги кучланишнинг пайсaiи қуруқ ва ҳўл қаршилик термометрларининг температуралари фарқига пропорционал. Ўлчаш системасининг мувозанати РД реверсив двигатель ёрдамида ҳаракатга келтириладиган R_p реохорд сирпанғичини автоматик равишда силжитиш йўли билан ҳосил қилинади. Шу билан бирга двигатель асбоб стрелкасини ҳам силжитади. Асбобнинг шкаласи нисбий намлик процентларида даражаланган.



20.1-расм, Электр психрометрнинг схемаси.

Психрометрик усулнинг афзалликлари — мусбат температурада ўлчашнинг етарли даражада аниқлиги ва инерционлиги кичиклиги; камчиликлари — ўлчаш натижаларининг газ ҳаракати тезлигига ва атмосфера босими ўзгаришларига боғлиқлиги; температура пасайиши билан сезгирликнинг камайиши ва хатонинг кўпайиши.

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

Нам ўлчагич учта блоктан: бирламчи ўзгарткич, иккиламчи ўзгарткичдан ва мувозанатлаштирилган кўприк КСМ-3 дан иборат. Нисбий намликни ўлчаш чегаралари 10 ... 100%. Ўлча-наётган муҳитнинг температураси 30 ... 100°C. Асосий абсолют хатolik нисбий намликнинг 3% ига тенг.

Шудринг нуқтаси усули ёки газларнинг намлигини конденсацион усул бўйича ўлчаш қуйидаги боғланишга асосланган:

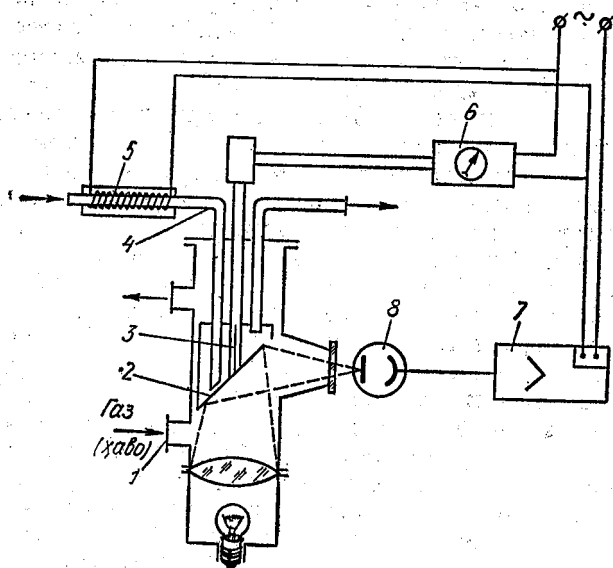
$$\varphi = \frac{P_{\tau}}{P_t}, \quad (20.4)$$

бу ерда P_{τ} — шудринг нуқтасининг τ температурасида бугнинг эластиклиги, Па; P_t — тўйинган бугнинг t температурадаги эластиклиги, Па.

Шундай қилиб, шудринг нуқтасини ва текшириладиган газнинг t температурасини билсак, унинг нисбий намлигини аниқлаш мумкин. Шудринг нуқтаси усули катта қулайликка эга, чунки у намликни газнинг исталган босими шароитида ўлчашга имкон беради (10 ... 15 МПа ва ундан ортиқ). Бу усул бўйича намликни ўлчаш температурани ўлчашдан иборат. Шу усул бўйича ўлчаш асбобининг тузилиши 20.2-расмда кўрсатилган.

Текшириладиган газ ёки ҳаво канал 1 орқали труба 4 дан келадиган совуқ ҳаво билан совитиладиган кўзгу 2 гача келади. Сезгир элемент кўзгуча сиртига кичик инерцияли термопара 3 ўрнатилган, унга милливольтметр 6 уланган. Кўзгучада шудринг пайдо бўлиш пайти фотореле схемаси бўйича уланган фотоэлемент 8 ёрдамида қайд қилинади ва шу пайтда контактлар 7 туташиб, милливольтметр уланади ҳамда кўзгуча температурасини ўлчайди. Айни бир вақтда ҳаво иситгич 5 нинг электр қиздириш элементи уланади, бу элемент кўзгуча қизиб, равшанлангунча уланган ҳолда туради. Кўзгуча сиртидаги шудринг батамом буғланганда иситгич узилади ва кўзгуча исийди. Шундай қилиб, ўлчаш процесси такрорланиб туради.

Бу асбобларнинг бир қанча конструкциялари бор. Улар биридан сезгир элементни совитиш; конденсация пайтини қайд этиш, шудринг пайдо бўлиш температурасини ўлчаш усуллари билан фарқ қилади. Лекин деярли барча намлик ўлчагичлар мураккаб тузилишга эга бўлиб, ишлатишда катта малака ва



20.2- расм. Конденсацион намлик ўлчагичнинг тузилиш схемаси.

этиборни талаб қилади. Шунинг учун бу асбоблар бошқа усулларни қўллаб бўлмаган ҳоллардагина ишлатилади.

Гигрометрик нам ўлчагичларда сезгир элемент ўлчанаётган газ билан гигрометрик мувозанатда туриши керак. Техник ўлашлар амалиётида гигрометрик ўзгарткичларнинг қуйидаги турлари тарқалган: электролитик, қиздиришли электролитик ва сорбцион. Электролитик гигрометрларда ўлчаш ўзгарткичида электролитли намга сезгир элемент бўлади. Газнинг намлиги ўзгарганда бу элементдаги нам миқдори ўзгаради, натижада электролитнинг концентрацияси ҳамда тегишлича унинг қаршилиги ёки электр ўтказувчанлиги ўзгаради. Электролит сифатида, кўпинча, литий хлорид ишлатилади. Электролитик гигрометрларнинг ўлчаш схемалари кўприкли ўлчаш схемаларининг турли вариантларидан иборат бўлади. Электролитик гигрометрларнинг камчилигига уларнинг даражаланиш характеристикаларининг нотўғунлигини, шунингдек, уларнинг кўрсаткичига температуранинг ва эритма концентрациясининг таъсири кириштириш мумкин.

Қиздиришли электролитик ўзгарткичлар тузилиши жиҳатиан электролитик ўзгарткичларга яқин. Бироқ ишлаш принциби бўйича фарқ қилади. Газ намлиги ўзгариши натижасида ўзгарткич электр ўтказувчанлиги ўзгариб, унинг температураси ҳам ўзгаради. Агар газнинг намлиги ортса, ўзгарткичнинг электр ўтказувчанлиги ҳам ортиб, токнинг кўпайишига, ўзгарт-

кич температурасининг кўтарилишига ва ўзгарткичдан наминг бугланишига олиб келади. Бу эса ўз навбатида электр ўтказувчанликнинг, токнинг ва ўзгарткич температурасининг камайишига олиб келади. Шундай қилиб, анализ қилинаётган газдаги сув бугларининг парциал босимлари билан электролитнинг тўйинган эритмаси устидаги парциал босимларнинг мувозанат ҳолатига мос келадиган режим автоматик тарзда сақлаб турилади. Бу мувозанат ҳолатига мос келувчи температура бирор термометр билан ўлчанади. Қиздиришли электролитик гигрометрлар нисбатан содда ва ишончлидирлар. Уларнинг хараakterистикаси амалда газнинг чанғишига ёки ифлосланишига, тезлигига, босимига ва таъминлаш кучланишига боғлиқ эмас.

Сорбцион гигрометрларда сорбцион материаллар (керамика, микроговакли материаллар, алюминий оксидлар ва бошқалар) физик хоссаларининг улардаги газ намлигига боғлиқ бўлган нам миқдорига қараб ўзгарадиган ўзгаришидан фойдаланилади. Одатда, нам сақлами ўзгариши билан ўлчаш ўзгарткичининг ё электр қаршилиги, ёки сўғими, ёхуд диэлектрик исрофлар тангенси ё бўлмаса, бирор бошқа параметри ўзгаради. Асбобнинг ўлчаш схемаси ўлчаш ўзгарткичининг чиқиш сигнали билан белгиланади. Бу типдаги асбоблар индивидуал даражаланиш хараakterистикалари билан фарқ қилади, шунинг учун уларнинг саноатда кенг қўлланилиши чеклаб қўйилган.

20.3-§. СУЮҚЛИКЛАРНИНГ НАМЛИГИНИ ЎЛЧАШ

Суюқликларнинг намлигини ўлчаш учун махсус нам ўлчаш асбоблари ҳам ёки суюқликнинг бирор бошқа хоссасини ўлчайдиган асбоблар ҳам қўлланилади (бу хосса суюқликнинг намлигига боғлиқ бўлиши керак). Масалан, пульпани хараakterлайдиган хараakterистикалардан бири унинг таркибидаги суюқлик: қаттиқ модда нисбатидир. Бу катталиқ одатда зичлик ўлчагичлар билан ўлчанади. Пульпадан фақат суюқ фаза чиқариб ташланаётган ҳолларда (буғлатиш, филтрлаш йўли билан) зичлик ўлчагичнинг кўрсаткичлари пульпадаги суюқлик миқдори билан аниқланади. Бу ҳолда зичлик ўлчагич нам ўлчагич вазифасини бажаради.

Суюқликлар учун мўлжалланган махсус нам ўлчагичларда сўғимли ва абсорбцион ўлчаш усулларида фойдаланилади.

Сўғимли нам ўлчагичларнинг ишлаши суюқликда сув миқдори камайганда унинг диэлектрик сингдирувчанлигининг ўзгаришига асосланган. Бундай нам ўлчагичнинг электр схемаси сўғимли сатҳ ўлчагичнинг электр схемасига ўхшаш. Суюқлик намлигининг ўзгариши сўғимнинг ва чиқиш кучланишининг ўзгаришига олиб келади. Бундай нам ўлчагичлар билан нефтдаги сув миқдори ўлчанади.

Ватанимиз асбобсозлик заводлари ПАВН типдаги анализаторлар ишлаб чиқаради, унинг ёрдамида нефть ва нефть маҳсулотларидаги сув миқдори аниқланади. У нефтдаги ва ди

электрик хоссалари жиҳатидан унга яқин нефть маҳсулотларидаги (мойлар, мазут, дизель ёнилғилари ва ҳ.) сув миқдорини аниқлаш учун мўлжалланган. Анализатор ўлчаш блоки, таъминлаш ва назорат блоклари (БПК) ҳамда ўлчанадиган параметрни қайд этадиган автоматик потенциометр КСП4И дан иборат. Анализаторнинг ишлаш принципи назорат қилинаётган маҳсулотнинг диэлектрик синдирувчанлигини ўлчашга асосланган бўлиб, бу катталикнинг қиймати маҳсулотдаги сув миқдорига пропорционал бўлади. Ўлчаш диапазонлари 0...5 ва 5...15%, ўлчанадиган муҳитнинг температураси 5...50°C, ўлчанадиган муҳитнинг зичлиги 0,320...0,900 г/см³.

Абсорбцион нам ўлчагичнинг ишлаш принципи (суюқлик учун) сувнинг инфракизил нур соҳасига яқин спектр соҳасидаги нурланиш энергиясини ютишига асосланган. Бундай нам ўлчагичнинг принципаал схемаси 20.3-расмда кўрсатилган.

Суюқлик камера 2 дан ўтказилади, у ерда суюқлик орқали манба 1 дан нурланиш оқими Φ_1 ўтади. Камерада энергиянинг бир қисмини нам ютганлиги учун чиқаётган нурланиш оқими Φ_2 нинг энергияси аралашмадаги нам концентрацияси қанча кўп бўлса, шунча кам бўлади. Оқим Φ_2 ни приёмник 3 ўлчайди.

Нурланиш манбаи бўлиб чўғланиш лампаси, приёмник бўлиб эса фоторезистор хизмат қилади. Саноатда ишлатиладиган нам анализаторлари ацетон ва спиртдаги нам концентрациясини 0 дан 5% гача аниқлаш учун хизмат қилади.

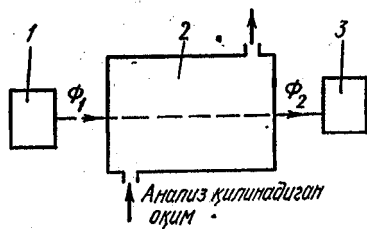
20.4-§. ҚАТТИҚ ВА СОЧИЛУВЧАН МАТЕРИАЛЛАРНИНГ НАМЛИГИНИ ЎЛЧАШ

Қаттиқ ва сочилувчан материалларнинг намлигини ўлчаш усуллари шартли равишда икки гурпуага бўлинади: 1) намунадаги нам ёки қуруқ модда массасини аниқлашга имкон берадиган бевосита усуллар (қуриштиш, экстракцион ва химиявий усуллар); 2) намликни унга боғлиқ параметрни ўлчаш йўли билан аниқлайдиган билвосита усуллар (кондуктометрик, диэлькометрик, ўта юқори частотали, оптик, ядровий магнит резонансли, термовакуум, теплофизик усуллар).

Бевосита усуллар юқори ўлчаш аниқлиги ва узоқ давом этиши билан фарқланади (10—15 соатгача).

Билвосита усуллар жуда юқори тезликда бажарилиши ва ўлчаш аниқлиги анча пастлиги билан характерланади.

Техник ўлчашларда деярли ҳамма вақт билвосита усуллар қўлланилади. Билвосита усуллардан кондуктометрик, диэлько-



20.3-расм. Абсорбцион намлик ўлчагичнинг схемаси.

метрик (сигимли), ўта юқори частотали ва оптик усуллар кенг тарқалган.

Одатда саноатда ишлатиладиган материалларнинг кўпчилиги капилляр-говак жиңслар бўлиб, уларда нам говакларда сақланади. Материал ютиши мумкин бўлган нам миқдори капиллярларнинг шакли, ўлчами ва жойлашувига, шунингдек, сувнинг материал билан боғланиш жиҳатига боғлиқ. Намнинг материал билан турлича боғланиши унинг физик характеристикаларига турлича таъсир қилади ва бу боғланишни аниқлаш анча қийинчиликларга боғлиқ. Шунинг учун қаттиқ ва сочилувчан материалларнинг намлигини ўлчаш қийинчиликлар тўғдиради ва даражаланган характеристикаларнинг етарли бўлмаслигига олиб келади.

Капилляр-говак материаллар қуруқ ҳолида солиштирма қаршилиги 10^8 Ом. м ва ундан юқори бўлган диэлектрик моддалар ҳисобланади. Капилляр-говак материаллар намланганида солиштирма қаршилиги 10^4 Ом. м бўлган ўтказгичларга айланиши мумкин.

Кондуктометрик намлик ўлчагичлар қаттиқ ва сочилувчан материаллар намлигини ўлчашда кенг ишлатилади. Кондуктометрик усул модда намлиги билан унинг электр қаршилиги ўртасидаги боғланишга асосланган. Бу боғланиш қуйидагича ифодаланади:

$$R = \frac{C}{Wn}, \quad (20.5)$$

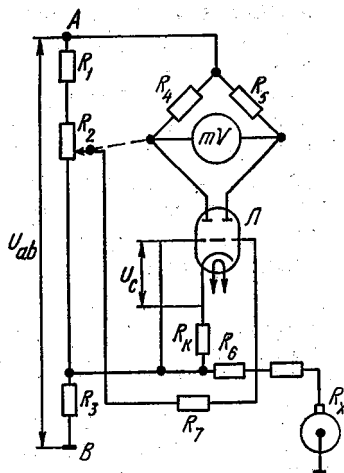
бу ерда R — материалнинг қаршилиги, Ом; C — материал табиатига боғлиқ бўлган доимий катталиқ; W — материалнинг намлиги, %; n — текшириладиган материалнинг структураси ва табиатига боғлиқ бўлган даража кўрсаткичи (турли материаллар учун кенг чегараларда ўзгариб туради).

C доимий ҳам, даража кўрсаткичи n ҳам ҳар қайси материал учун тажриба йўли билан аниқланади.

Қаршиликнинг намликка бўлган даражали нисбати капилляр-говак материаллар намлигини кондуктометрик усул бўйича аниқлаш усулининг юқори сезгирлигини кўрсатади. Лекин қаршиликнинг бошқа факторларга (температура, материал таркиби, зичлик, химиявий таркиб, электролитлар мавжудлиги ва бошқалар) мураккаб боғлиқлиги намликни автоматик равишда узлуксиз ўлчашда бу усулни яроқсиз қилиб қўяди. Шунинг учун кондуктометрик намлик ўлчагичларнинг ишлатилиши чекланган.

Кондуктометрик намлик ўлчагичларнинг ўзгарткичлари ясси пластиналар, цилиндрик трубкalar, роликлар ва ҳоказо кўринишда ишланган икки электроддан иборат. Кондуктометрик намлик ўлчагичларнинг кўрсатишлари фақат тортилмаларнинг прессланишидагина тикланади, шунинг учун сочилувчан материалларга мўлжалланган ўзгарткичларнинг кўпчилиги электродлар орасидаги тортилмаларни прессловчи қурилмалар билан таъминланган.

Ўлчаш схемалари орасида энг унумлиси кўприкли схемалардир. Кўприкли ўлчаш схемалари юқори сезгирликка эга бўлиб, ўртача ва юқори (5...25%) намликларни ўлчашда ишлатилади. 20.4-расмда кўприкли ўлчаш схемасига эга бўлган автоматик намлик ўлчагичнинг принципиал схемаси кўрсатилган. Текширилатган материал ролик ва вал орасидан ўтказилади (ролик валдан изоляцияланган). Занжирнинг асосий элементи кўприкдир, кўприкнинг R_4 ва R_5 елкалари доимий қаршилиқлар, бошқа икки елкаси эса қўш триоднинг ички қаршилиқларидир (схемада икки қўшимча R_1 ва R_3 қаршилиқлар мавжуд). Кўприк диагонали бўйлаб милливольтметр



20.4-расм. Кўприкли ўлчаш схемасига эга бўлган автоматик намлик ўлчагич.

уланган. Лампанинг чап ярми тўридаги U_c манфий кучланиш R_x қаршилиқдаги кучланишнинг пасайиши орқали аниқланади ва у доимий бўлади. Шунинг учун триоднинг чап ярмидаги қаршилиқ ҳам доимий бўлади. Унг триод тўридаги манфий кучланиш U_c дан IR_6 катталиқка фарқ қилади. I ток эса кўрилатган материалнинг R_x қаршилиги ва R_2 реохорд сирпанғичининг ҳолатига боғлиқ. Реохорд сирпанғичи милливольтметр стрелкасининг ноль ҳолатидан (кўприк мувозанати бузилган) четга чиқишида R_2 да кучланишнинг пасайиши, R_6 ва R_7 ларда кучланишнинг пасайиши билан мувозанатлашгунча компенсатор орқали ҳаракатга келтирилади.

Триоднинг иккала ярмидаги силжиш кучланишлари бир хил бўлганида кўприк мувозанат ҳолатига келади. Намлиқнинг, бинобарин материал қаршилиги R_x нинг ўзгариши билан R_2 қаршилиқда ток ҳосил бўлади, кўприк мувозанати бузилади, натижада R_2 сирпанғич тегишли қийматга силжийди. Ҳар бир намлик қийматига реохорд сирпанғичи R_2 нинг муайян ҳолати мос келади.

Юқорида айтилганидек, ўзгарткич қаршилиги материал намлигидан ташқари бошқа факторларга ҳам боғлиқ. Шунинг учун қаршилиқ ва намлик ўртасидаги нисбатни таърифловчи эгри чизиқларнинг характери бир хил бўлса ҳам турли моддаларга мос келмайди (ҳар бир модда учун даражали эгри чизиқ ёки ҳисоблаш жадваллари керак бўлади).

Диэлькометрик усул капилляр-говак жисмлар намлигининг ўзгариши уларнинг диэлектрик сингдирувчанлигини жуда ўзгартириб юборишига асосланган. Қуруқ жисмларда диэлектрик

сингдирувчанлик $\varepsilon = 1 \dots 6$, сувники эса $\varepsilon = 81$. Материалнинг намлиги ўзгариши натижасида диэлектрик сингдирувчанликнинг ўзгаришини, одатда, қопламалари орасига анализ қилинаётган материал жойлаштирилган конденсатор сигимининг ўзгариши бўйича аниқланади. Диэлькометрик намлик ўлчагичнинг ўзгарткичи иккита ясси пластина ёки иккита концентрик цилиндрлар тарзида ясаиб, уларнинг ораси анализ қилинаётган материал билан тўлдирилади. Геометрик ўлчамлари маълум конденсаторнинг сигимини қуйидаги формула билан ифодалаш мумкин

$$C = K \cdot \varepsilon, \quad (20\ 6)$$

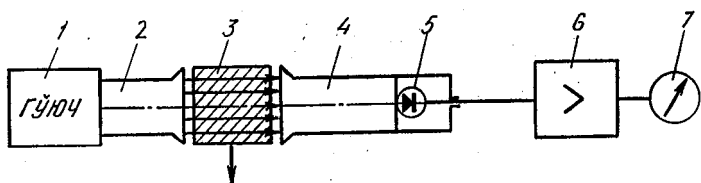
бу ерда K — конденсаторнинг геометрик ўлчамлари ва шаклига қараб аниқланадиган доимий; ε — материалнинг намлиги бўйича аниқланадиган диэлектрик сингдирувчанлик.

Сигимли ўзгарткичнинг юқори частотали тебраниш контурига улаиши ўзгарткичнинг сигимини ва унга қараб материалнинг намлигини ўлчаш учун лампали ёки ярим ўтказгичли асбобларнинг резонансли схемаларидан фойдаланишга имкон беради. Сигимли ўзгарткичлар материалнинг таркиби, унинг тузилиши ҳамда электрод билан материал ўртасидаги контакт қаршиликка кам сезгир. Чунки кўпчилик материалларнинг диэлектрик сингдирувчанлиги температурага боғлиқ бўлади, саноат асбобларида температуранинг ўзгаришига тузатмани автоматик киритиш кўзда тутилади. Сигимли намлик ўлчагичларнинг хатолиги $0,2 \dots 0,5\%$ ни ташкил этиши мумкин. Бироқ намуна олиш усули (конденсатор қопламалари орасини материал билан тўлдириш) ўлчаш натижаларига таъсир қилиши мумкин. Масалан, ҳатто анализ қилинаётган материал заррачаларининг ўзгариши намлик ўлчагичнинг кўрсатишига жуда катта таъсир қилади. Шу сабабли қаттиқ ва сочиловчан жисмларнинг намлигини ўлчайдиган сигимли намлик ўлчагичлар техник ўлчаларда камроқ қўлланилади.

Қаттиқ, сочиловчан, шунингдек, толали материаллар намлигини ўлчашнинг мураккаблиги шундаки, датчик материал билан ўзаро таъсирлашганида унинг структураси, тўкилма зичлиги ва бошқа факторлар ўзгариши ва улар асбоб хатолигини жуда кўпайтириб юбориши мумкин. Шунинг учун саноатда асосан контактсиз ўлчаш усуллари қўлланилган: ўта юқори частотали ва оптик усуллар.

Ўта юқори частотали (УЮЧ) намлик ўлчагичларда сув ва қуруқ модданинг электр хоссалари анча (ўнлаб марта) фарқ қилишидан фойдаланилади. Намлик концентрацияси анализ қилинаётган материал қатламидан ўтаётган юқори частотали нурланишларнинг сусайишига қараб ўлчанади.

Ўта юқори частотали (УЮЧ) усул ультрақисқа сантиметрли радиотўлқинлар соҳасида ($3000 \dots 10\ 000$ МГц) материалларнинг электр хусусиятлари улардаги намликка боғлиқ эканлигига асосланган. УЮЧ намлик ўлчагичларнинг тузилиш схемаси 20.5-расмда тасвирланган.



20.5-расм. Ўта юқори частотали намлик ўлчагичнинг тузилиш схемаси.

Текширилаётган материал 3 УЮЧ генератор 1 дан таъминланувчи узатувчи антенна 2 ва қабул қилувчи антенна 4 орасидан ўтади. Қабул қилувчи антеннада УЮЧ ли нурланишнинг заифлашган сигналини қабул қилувчи детектор 5 жойлашган. Кучайтиргич 6 орқали кучайтирилган бу сигнал ўлчаш асбоби 7 га келади.

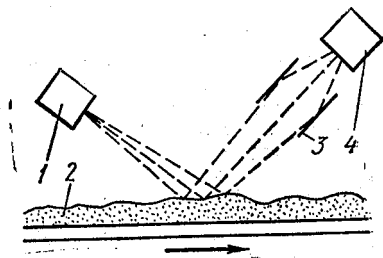
УЮЧ ли усул контактсиз ва инерциясиз бўлиб, мавжуд электролитларга ва бошқа электр усулларга кўра материалдаги намликнинг нотекис тарқалишига унчалик сезгир эмас.

УЮЧ ли намлик ўлчагичларнинг асосий камчилиги асбоб шаклланишининг мураккаблигидир. Бундан ташқари, бу асбоблар назорат қилинаётган материалнинг доимий зичлик даражасининг ёки зичлиги ҳақидаги маълумотни талаб қилади.

УЮЧ ли намлик ўлчагичлар 0...100% ли кенг диапазонда намликни юқори аниқлик билан ўлчашга имкон беради.

Оптик намлик ўлчагичларда модданинг намлиги билан ундан қайтган нурланишнинг орасидаги боғланишдан фойдаланилади. Энг катта сезгирлик ҳосил қилиш учун спектрнинг инфрақизил соҳасидаги нурланишдан фойдаланилади. Уни манба 1 ҳосил қилади (20.6-расм). Анализ қилинаётган материал 2 дан қайтган ёруғлик оқими тўплаш қурилмаси 3 ёрдамида приёмник 4 га юборилади. Материалнинг намлиги қанча катта бўлса, у инфрақизил нурларни шунча яхши ютади ва қайтган оқим миқдори шунча кам бўлади.

Бу усул билан фақат юпқа қатламнинг (5...30 мм) намлигинигина ўлчаш мумкин бўлганлигидан намлик ўлчагичдан, одатда, конвейер ленталарида ташилаётган сочилувчан материаллар учун фойдаланилади. «Берег» типидagi оптик намлик ўлчагичлар намлиги 80% гача бўлган материалларни анализ қилишга имкон беради.



20.6-расм. Оптик намлик ўлчагич.

21-б о б. АВТОМАТЛАШТИРИЛГАН НАЗОРАТ СИСТЕМАЛАРИ ВА УНИНГ САМАРАДОРЛИГИ

21.1-§. Микропроцессорлар ва ЭХМ лардан автоматлаштирилган назорат системасида фойдаланиш

Ҳозирги кунларда микропроцессорлар ва ЭХМ лар турмушимизга чуқур кириб келди ва деярли кундан-кун уларнинг янгидан-янги қўлланилиш соҳалари юзага келмоқда. Ҳозир микропроцессорлар қўлланилмаган техника соҳаси ёки илмий тадқиқотлар соҳаси бўлмаса керак.

Микропроцессорлардан фойдаланиш қўламининг кенглиги ва самарадорлиги жиҳатидан назорат-ўлчаш системаси етакчи ўринлардан бирини эгаллайди. Микропроцессорлар яқин ўн йиллар мобайнида техниканинг илғорлик мавқеини, фан-техника тараққиётини белгилаб бермоқда ва белгилаб беради.

Микропроцессорли системалар кўп сонли ва турли-туман параметрларни ўлчашда қўлланиладиган электрон ўлчаш асбобларининг ажралмас қисми бўлиб қолмоқда.

«Ўлчаш асбобларида микропроцессорлардан фойдаланиш қандай фойда беради?» деган савол берилиши табиийдир.

Ўлчаш техникасида микропроцессорлардан фойдаланиш асбобларнинг аниқлигини кескин оширишга, уларнинг имкониятларини анча кенгайтиришга, ишончлилиги, тез ишлашини оширишга, аввалари мутлақо ечилмаган масалаларни ҳал этишга имкон беради.

Ўлчаш асбобларида микропроцессорли системаларнинг функциясини конкрет қараб чиқиш шунинг кўрсатадики, бу системалар ёрдамида асбобларнинг кўп функционалликка эришилади, ўлчаш процессини бошқариш, ростлашларни автоматлаштириш, ўз-ўзини мувозанатлаш ва текширишни автоматлаштириш соддалашади, асбобнинг метрологик характеристикалари яхшиланади, ҳисоблаш амалларини бажариш, кузатиш натижаларини статистик ишлаш, ўлчанадиган физик катталиқни аниқлаш ва уни функциянинг чиқиқли шаклига ўтказиш, программалаштирилган ва тўла автоматлашган асбоблар яратиш имкониятлари туғилади. «Фикрлайдиган» ёки «Ақлли» деб юритиладиган асбобларнинг янги турлари яратилди.

Қуйида микропроцессорли системаларга эга бўлган асбобларнинг асосий имкониятларини, хусусиятларини кўриб чиқамиз ва бу имкониятларга нималар туфайли эришиш мумкинлигини аниқлаймиз.

Кўп функционаллик. Микропроцессорлар қўлланилганига қадар кўп функционал асбоблар битта яхлит конструкцияга бирлаштирилган бир нечта функционал узеллар йиғиндисидан иборат эди. Бундай асбобларни ишлашда битта функциядан иккинчи функцияга ўтиш коммутацияловчи қурилмалар ёрдамида бажариларди. Бирлаштирувчи занжирларни коммутациялаш натижасида фойдаланувчи алоҳида узеллардан сигналнинг конкрет параметрини ёки текширилаётган объектнинг характеристикасини ўлчаш учун маълум асбобни тузади, «йиғади». Ўлчаш воситаларининг уларни ишлаб чиқишда асос қилиб олинган ишлаш алгоритми фойдаланиш жараёнида ўзгармайди. Бошқача қилиб айтганда, анъанавий кўп функционал асбоблар қатъий мантиқли схема бўйича бажарилган. Унинг учун, бир томондан, кўп-функционаллик билан асбобнинг эҳтимолий функциялари сони ўртасидаги

қарама-қаршилик, иккинчи томондан, иқтисодий самарадорлик билан техник самарадорлик ўртасидаги қарама-қаршилик характерлидир. Коммутациялаш ва бошқариш проблемалари бир қанча функцияларни бажариш учун мўлжалланган асбобларни конструкциялашда ҳеч вақт кескин қаршиликсиз бўлмаган ва ҳамма вақт ҳам муваффақият билан ҳал этилмаган.

Кўп функционал ўлчаш воситалари таркибига киритилган микропроцессорли система уни тубдан ўзгартирди, қатъий мантиқ билан ишлайдиган қурилмани программа билан бошқариладиган қурилмага айлантирди. Бундай қурилманинг функционал имкониятлари бажариладиган программа билан белгиланади ва бир программдан доимий хотирлаш қурилмасида сақланадиган бошқа программага ўтиш йўли билан осонгина кўринишини ўзгартриш мумкин. Шунинг учун бундай асбобларнинг программаланадиган иш мантиқини «сақланадиган» мантиқ деб юритилади. У қайта қуришнинг мосланувчанлигини таъминлайди, асбобни модернизациялаш схемасида унча катта бўлмаган ўзгаришлар қилиб унинг функциясини кўпайтиришга имкон беради. Программаланадиган мантиқдан фойдаланиш, одатда, асбобни арзонлаштиради.

Асбоблар аниқлигининг ортиши. Ўлчаш асбобларининг ҳаттолиги унинг метрологик характеристикаларига киради. Асбоб таркибига микропроцессорли системани киритиш йўли билан метрологик характеристикаларни яхшилаш масаласи системали ҳатоликларни автоматик тарзда компенсация қилишдан (бартараф этишдан), ўлчашларни бошлашдан олдин нолни қўзғалмайдиган қилиб қўйишдан, даражалашни автоматик бажаришдан (ўз-ўзини даражалаш), ўз-ўзини назорат қилишдан, кўп мартабала кузатишлар ўтказиб, уларнинг натижаларини кейинчалик ўртачалаш йўли билан тасодиқий ҳатоликларнинг таъсирини камайтиришдан, қўпол ҳатоликларнинг олдини олиш ва аниқлаш ва уларнинг олдини олишдан, ўлчаш жараёнида ҳатоликларнинг сон қийматлари тўғрисидаги информацияни дисплейга чиқаришдан иборат.

Асбобларнинг ўлчаш имкониятларининг кенгайиши. Микропроцессорлардан фойдаланиш қурилмаларининг жуда кенг сигналлари ва характеристикаларининг жуда кенг сигналларини ўлчаш имкониятларини тубдан кенгайтиришга имкон беради. Бу биринчи галда эскиргандек туюлган билвосита ва бирликда ўлчаш турларидан фойдаланиш билан боғлиқ.

Бир неча асбоблардан фойдаланиш, бир қанча кўрсатишларини ёзиб олиб, кейин ҳисоблашлар қилиш зарурати туфайли билвосита ўлчашлар кўпгина экспериментаторлар томонидан ибтидоий бир ҳолдек қабул қилинади. Бундан ташқари, билвосита ўлчашлар ҳатоликларини баҳолаш ҳам унчалик оддий эмас, бунингсиз эса ҳеч қанақа ўлчашлар ҳақиқий деб тан олинмайди.

Асбоб таркибига микропроцессорли системалар киритилганида, аҳвол батамом ўзгаради. Бу система клавиатуралар олинадиган команда бўйича автоматик тарзда берилган программага кўра ўлчаш режимини танлайди, бевосита ўлчашлар натижаларини эсда сақлаб қолади, керакли ҳисоблашларни бажаради ва ўлчанадиган физик катталиқнинг топилаган қийматини дисплейга чиқаради. Ўлчашлар ўз табиати бўйича билвоситалигича қолса-да, экспериментатор уларни бевосита ўлчашдек қабул қилади, чунки асбобни текшириш объектига улаб, ўлчаш натижаларини бевосита олади.

Амалда кўпинча билвосита йўл билан бевосита ўлчанадиган кўп сонли бошқа физик катталиқларга боғлиқ бўлган физик катталиқларнинг қийматларини топиш зарурати туғилиб қолади. Микропроцессорли системалардан фойдаланиш бундай ўлчашларни соддалаштиради ва қулайлаштиради, натижада тажриба ўтказётган одам асбобнинг бевосита кўрсатишларини олчиш туфайли, ҳақиқатда мураккаб билвосита ўлчашлар амалга оширилганини сезмайди ҳам.

Микропроцессорли системалар биргаликда бажариладиган ўлчашларда, яъни айни бир вақтда бир неча бир хил номли физик катталиқларни ўлчашларда янада катта самара беради, бундай ўлчашларда қидирилатган катталиқларнинг қиймати бу катталиқларни турлича бевосита ўлчашда олинadиган тенгламалар системасини ечиш йўли билан топилади.

Ўлчанган қийматларнинг математик функцияларини олиш эҳтимоли борлиги. Экспериментаторни, ечиладиган масалага қараб, ўлчашда бевосита олинадиган физик катталиқ қиймати эмас, балки унинг турли математик функциялари қизиқтириши мумкин. Таркибида микропроцессорли системалар бўлган кўпгина асбоблар программалаштирилган функционал ўзгаришларни автоматик бажариши мумкин.

Батзи асбобларда, фойдаланувчининг хоҳишига қараб, ихтиёрий математик муносабатларни ҳисоблаш имконияти кўзда тутилган.

Статистик характеристикалар олиш. Таркибида микропроцессорли системалар бўлган бир қатор асбоблар анализ қилинаётган тасодифий ўзгарувчининг ўртача қиймат, ўртача квадратик қиймат, дисперсия, ўртача квадратик четга чиқиш, шунингдек, иккита тасодифий ўзгарувчиларнинг корреляция коэффицентини каби эҳтимолий характеристикаларини баҳолашга имкон беради.

Аппаратурани миниатюрлаш ва тежамлиги. Кўпгина функцияларни микропроцессорли система бажарганлиги туфайли схемадаги компонентлар сонининг кескин камайиши, уларнинг нисбатан арзон туриши, истеъмол қиладиган қувватининг анча камлиги кичик габаритли ва тежамли асбоблар ясаш имконини беради.

Асбоблар ишончлилигининг ортини. Бунга схема элементларининг камайиши, автодиагностика амалга оширилганлиги, характеристикалари калибрланган узеллардан фойдаланилганлиги, хатоликларни коррекциялаш эҳтимоли борлиги, метрологик ишончлилиги яхшиланганлиги туфайли эришилган.

Ишлаб чиқиш давомийлигининг қисқариши. Кўпинча микропроцессорли система асосида тайёрланган асбобларнинг янги хоссаларини олиш учун схемада ва бунинг устига асбоб конструкциясида анча катта ўзгаришлар қилиш талаб этилмайди. Ишлаб чиқишнинг асосий моҳияти зарур программа таъминотини яратишдан иборат. Буни ҳисобга олиб, кенг ишлатиладиган микропроцессорлар (масалан, КР580ИК80А, Intel 80,80А) учун ҳозирдаёқ етарли даражада такомиллаштирилган типавий амалий программалар тўпланган бўлиб, асбобнинг программа таъминотини ишлаб чиқиш кўпгина ҳолларда мавжуд программаларни рационал танлашдан иборат бўлади.

Ўлчаш системаларини ташкил этиш. Таркибида микропроцессорли система бўлган асбоб, одатда, уни стандарт интерфейс шинасига улашга имкон берадиган интерфейс карта билан жиҳозланган (ёки у билан тўлдирилган бўлиши мумкин) бўлади. Бу эса асбобларнинг маълум мажмуини ягона ўлчаш системасига (ўлчаш-ҳисоблаш комплексига бирлаштириш имконини беради.

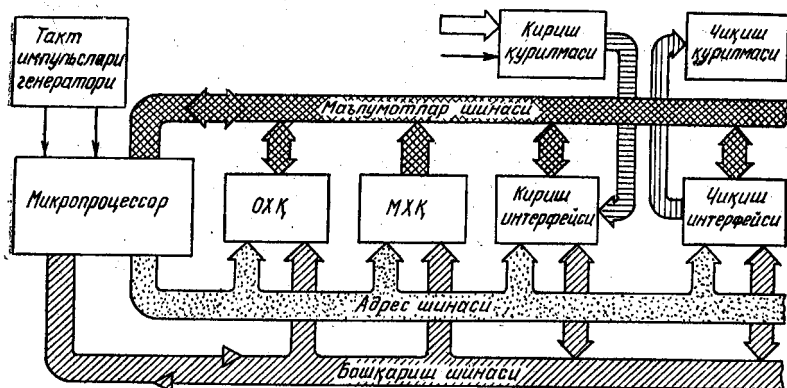
Микропроцессор — битта ёки бир нечта катта интеграл схемалар тарзида тайёрланган процессордир. У бир ёки бир нечта программа билан бошқарилувчи бир ёки бир нечта катта интеграл схемалардан иборат бўлган ва рақамли ахборотларни автоматик тарзда ишлайдиган ярим ўказгичли асбобдир. Микропроцессор хотирлаш қурилмалари ва ахборот киритиш-чиқариш қурилмалари билан бирга ишлатишга мўлжалланган.

Микропроцессорли система — ишловчи система тарзида ташкил этилган, яъни ахборотни ишловчи узел сифатидаги микропроцессорли комплект — модулларнинг ўзаро ишловчи катта интеграл схемаларининг яхлит қилиб йиғилган мажмуидир.

Микропроцессорли системанинг умумий тузилиш схемаси 21.1-расмда тасвирланган. Унинг таркибига кирувчи узелларни қисқача таърифлаб ўтамиз.

Такт импульслари генератори — тўғри тўртбурчакли импульслар кетма-кетлиги манбаи бўлиб, уларнинг ёрдамида ҳодисаларни вақт мобайнида бошқариш амалга оширилади. У командалар циклини хотирадан командани ўқиб олиш ва уни бажариш учун зарур бўлган вақт интервалини белгилайди.

Микропроцессор таркибига арифметик-мантиқ қурилмаси, бошқариш қурилмаси ва ички регистрлар блоки киради.



21.1-рasm. Микропроцессорли системанинг структурали схемаси.

Системанинг асосий хотираси доимий хотирлаш қурилмаси МХҚ (ПЗУ — постоянное запоминающее устройство) ва оператив хотирлаш қурилмаси (ОЗУ — оперативное запоминающее устройство) ОХҚ дан иборат. ОХҚ — программа сақланадиган қурилмадир. ОХҚ ишлов бериладиган маълумотларни ва ҳисоблаш натижаларини хотирада сақловчи қурилмадир.

Бирлаштирувчи қурилма интерфейси деб аталади. Микропроцессорли системада четки қурилмаларни система билан бирлаштириш (туташтириш) учун махсус интерфейсли катта интеграл схемалар қўлланилади. 21.1-рasm-да улар кириш интерфейси ва чиқиш интерфейси модуллари қўрилишида тасвирланган.

Кириш қурилмаси системага ишланиши керак бўлган маълумотларни ва командаларни киритади.

Чиқариш қурилмаси чиқиш маълумотларини фойдаланувчи учун ёки сақлаш учун қулай бўлган шаклга ўзгартиради.

Ахборотларни перфолента ва магнит лентасидан (ёки улардаги ёзувдан) ўқийдиган блоклар, кассетали магнитофонлар, эгилувчан дисклар, дисплейларнинг клавиатуралари, аналог-рақамли ва рақамли-аналог ўзгарткичлар, графясангичлар, телетайплар ва ҳоказолар кириш-чиқариш қурилмалари бўлиб хизмат қилади.

Маълумотлар шинаси — икки йўналишли шина бўлиб, маълумотлар улар бўйича ё микропроцессорга ёки ундан йўналиши мумкин.

Адрес шинаси ахборотни фақат бир йўналишда — микропроцессордан хотира модулига ёки кириш-чиқаришга узатиш учун мўлжалланган.

Бошқариш шинаси система барча модулларининг ва микропроцессор ички узелларининг ўзаро ишлашини, синхрон равишда ишлашини таъминловчи сигналларни узатиш учун хизмат қилади. Бошқариш шинаси линиясининг бир қисми микропроцессордан чиқадиган сигналларни узатиш учун, иккинчи қисми эса сигналларни микропроцессорга узатиш учун хизмат қилади.

Кейинги йилларда таркибда микропроцессорлар бўлган ўлчаш воситаларини муваффақият билан тестлашга имкон берадиган махсус асбоблар ишлаб чиқилди. Бироқ тестловчи асбобнинг маълум типига ориентациялаш ўлчаш воситаларини лойиҳалаш босқичидаёқ, уни ишлатиш шаронглари ҳамда хизмат кўрсатувчиларининг малакасини ҳисобга олган ҳолда амалга оширилиши керак.

Ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш, ўлчаш ахборотини ҳисоблаш ва бошқариш машиналарига кириш учун энг қулай шаклга келтиришни талаб қилди. Электрон техникасининг энг янги ютуқларидан фойдаланишга асосланган микроЭХМ ларнинг яратилиши ўлчаш техникаси ол-

дида янги истиқболларни очиб берди. Одатдаги ҳисоблаш машиналаридан фарқи равишда микроЭХМ лар габаритлари кичик бўлгани ҳолда катта ҳисоблаш имкониятларига эга ва уларни ўлчаш асбоблари ичига осонгина жойлаштириш мумкин. МикроЭХМ лардан фойдаланиш туфайли асбобларнинг қўлланилиш соҳалари кенгайди ва уларнинг метрологик характеристикалари яхшиланади.

Қўпгина ҳолларда — кичик вақт интервалида қўп сонли катталикларни тез ўзгарувчан катталикларни ўлчашда, ўлчаш натижаларини ишлаш зарурати туғилганда — тадқиқотчи битта асбоб билан ўз вазифасининг уддасидан чиқа олмайди. Ҳар қайси ўлчаш ўзгарткичига биттадан ўлчаш асбоби ўлашнинг иложи йўқ, чунки бунда асбоблар жуда қўпайиб кетиб, оператор уларнинг кўрсатишларини кузатишга улгура олмайди. Бундай муаммоларни ҳал этиш учун ахборот-ўлчаш системалари яратилган бўлиб, уларда жуда қўп сонли катталиклар автоматик тарзда ўзгарттирилади ва маълум программа бўйича ўзгартириш натижаларига ишлов берилади. Ахборот ўлчаш системалари санот синавларида, фан-техниканинг турли соҳаларида олиб бориладиган илмий тажрибаларни автоматлаштиришда жуда кенг қўлланилади.

Ахборот ўлчаш системасининг энг муҳим қўринишларидан бири ўлчаш-ҳисоблаш комплекси бўлиб, улар кейинги йилларда қўлланилмоқда. Бу система каби ўлчаш-ҳисоблаш комплекси ҳам мураккаб объектларда қўлланишга мўлжалланган автоматлаштирилган ўлчаш воситалари ва ўлчаш ахборотларини ишлашдан иборат. Уларнинг ўзига хос хусусияти шундан иборатки, системада эркин программалаштириладиган ЭХМ нинг мавжудлигидир, бу ЭХМ дан фақат ўлчаш натижаларига ишлов беришда эмас, балки ўлчаш процессининг ўзини бошқаришда, шунингдек, текшириш объектига бериладиган таъсирни бошқаришда фойдаланилади.

21.2-§. ТП АБС нинг ахборот-ўлчаш системаси

Технологик процессларни бошқаришнинг автоматлаштирилган системаси (ТП АБС) ва унинг корхонани бошқаришда тутган ўрни корхона турига, технологик объектнинг ҳилига ва фойдаланилаётган назорат қилиш ҳамда автоматлаштириш воситаларига боғлиқ. Назорат қилинадиган ва ростланадиган катталиклар сонининг ортиши ТП АБС нинг сифат ўзгаришларига сабаб бўлиб, бу сифат ўзгаришлари ахборот ва бошқариш ҳисоблаш машиналаридан, функционал группавий бошқаришдан фойдаланишда ўз ифодасини топди. ТП АБС одам-машина комплексидан иборат бўлиб, унинг структурасига қуйидаги системачалар киради: ахборот-ўлчаш, технологик сигнализация, дистанцион ва автоматик бошқариш, автоматик бошқариш ва технологик муҳофаза системачалари. Системачаларнинг ишини оператор блокли бошқариш шчитдан туриб назорат қилинади, бошқариш системасининг тузилиши унинг исталган системача ишига аралашувига имкон беради.

Ўлчанадиган параметрнинг муҳимлиги ва технологик объектнинг мураккаблигига қараб ахборотни узатиш, ўзгартириш ва уни операторга тақдим этишнинг бир нечта усуллари мавжуд (21.2-расм). Қўриб чиқиладиган структуралар бошқариш шчитига эга бўлган турли мураккабликдаги технологик объектларда қўлланилади. Ахборотни узатиш, ўзгартириш ва тақдим этишнинг электр системалари кенг тарқалганлиги туфайли келтирилган структуралар ва шу тилдаги системаларга киради. Унификацияланган пневматик сигналларга асосланган назорат қилиш системасини тузишда худди шу принциплардан фойдаланилади, бунда фақат фойдаланилаётган техник воситаларнинг тиллари жиҳатидан ва пневмоэлектрик ва электропневматик ўзгарткичлар каби қўшимча элементлар уланиши билан фарқ қилинади.

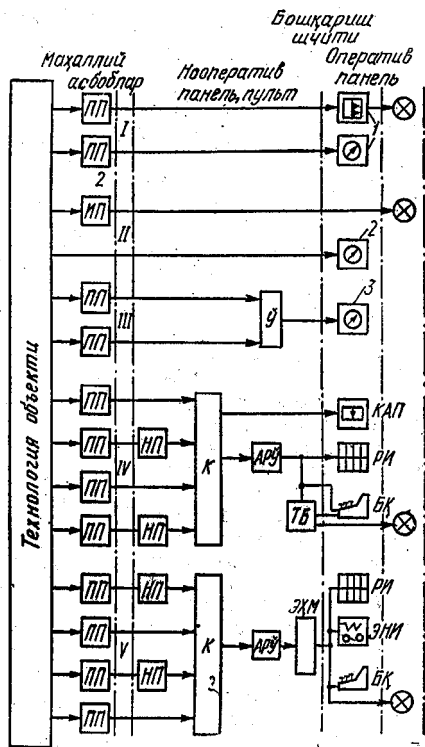
Юқорида кўриб ўтилган бирламчи асбоблар ва ўзгарткичлар *Е* (қаршилик термометрлари, термометрик, термометрлар, босим ўзгарткичлари, босимлар фарқи, сарфи, сатҳ ўзгарткичлари, суюқликлар ва газлар таркибининг анализаторлари) ёрдамида тегишли катталикларни ўлчаш ва уларни тегишли катталикларга ўзгартириш электрик аналог сигналларида амалга оширилади.

Параметрларни индивидуал назорат қилиш системасига I система қиради, унда бирламчи асбоблар ва ўзгарткичлар E дан келадиган сигналлар кўрсатадиган ёки ўзи ёздадиган иккиламчи асбоблар I га тушади, уларнинг ёрдамида шунингдек, назорат қилинаётган катталикларнинг чегаравий четга чиқиши тўғрисида сигнал бериш амалга оширилиши мумкин. Индивидуал назорат қилиш системаси II га технологик объектларда ўрнатиладиган кўрсатадиган ёки ўзи ёздадиган асбоблар қиради, параметрларнинг четга чиқиши тўғрисида улардан чиқаётган сигнал бошқариш шитига келади. Бундай асбоблар жумласига манометрлар, дифманометрлар, манометрик термометрлар ва бошқалар қиради. Агар бошқариш объекти объект яқинида бўлса, у ҳолда асбоблар 2 шитда жойлаштирилиши мумкин (техник эксплуатация қилиш қондалари йўл қўйганида).

Система III да назорат қилинадиган бир хилдаги параметрлар жуда кўп бўлганида бирламчи ўзгарткичларнинг сигналларини ўлчаш учун битта кўрсатадиган ёки ўзи ёздадиган асбоб 3 дан фойдаланилади. Унинг чиқиш занжирларининг коммутацияси дастаки ёки автоматик переключателлар. У билан амалга оширилади, автоматик переключателлар одатда иккиламчи асбоб ичига ўрнатилади. Сигналларни узатиш ва ўзгартиришнинг кўриб ўтилган бу учта системаси турли мураккабликдаги объектларни бошқариш системаларида қўлланилиши мумкин. Оддийроқ объектларда уларнинг асосида технологик процесснинг бориши ва ускуналарнинг ҳолати тўғрисидаги барча ахборотни тасвирлаш амалга оширилади.

Ўлчаш системаси тараққиётининг навбатдаги босқичи технологик объектларнинг мураккаблашуви ва уларни бошқариш учун зарур бўлган ахборотлар ҳажмининг кўпайиши билан боғлиқдир. Ахборотни юқорида кўриб чиқилган I—III системалар ёрдамида тақдим этишда иккиламчи асбоблар жойлаштирилган шитларнинг юзаси катталашади ва информацияни илғаб олиш операторнинг имкониятларини ҳисобга олганда жуда чеклаб қўйилади. Шу муносабат билан энг муҳим катталикларни назорат қилишда индивидуал назорат I дан фойдаланилганда, шунингдек, II, III системалардан фойдаланилганда параметрларнинг кўпчилиги марказлаштирилган назорат системаси IV нинг ёрдамида ўлчанади. Системадан фойдаланилганда ахборот кўп канали аналог машиналар КАП, рақамли индикаторлар РИ ёрдамида тақдим этилади ва электрик босиш қурилмалари БҚ билан қайд этилади.

IV системада унификацияланган ток сигналлари ПП дан ёки нормаловчи ўзгарткичлар НП дан коммутацияловчи қурилма К га келади, унинг чиқидан сигналлар ё КАП нинг потенциометрига, ёки аналограқамли ўзгарт-



21.2-рasm. ТП АБС қуйи системасининг ахборот-ўлчаш схемаси.

кич АРУ дан рақамли индикаторлар РИ га ёхуд электрик босиш қурилмаси БҚ га берилади. Босиш қурилмаси параметрларни ва уларнинг берилган қийматидан четга чиқишини танлаб қайд этади. Параметрларни уларнинг берилган қийматлари билан таққослаш таққослаш блоки ТБ да амалга оширилади. Параметр йўл қўйиладиган қийматлар соҳасидан чиқишда четга чиқишлар қайд этилади ва бу тўғрида сигнал берилади.

Марказлаштирилган назорат системасидан фойдаланилганда оператор ўлчанаётган кўп сонли барча катталикларни доимий кузатиб туришдан озод қилинади. Системада назорат қилинадиган параметрларни суриштириш амалга оширилади. Четга чиқиш мавжуд бўлган тақдирда сигнализация системаси томонидан огоҳлантирилган оператор параметрни кўп шкалали потенциалометрга ёки рақамли индикаторга чиқаради.

Марказлаштирилган назорат системасининг ишлаш принципи марказлаштирилган назорат машиналарининг ишлаш принципи яқин бўлиб, булар мустақил вазифаларни бажариши ҳам. ТП АБС таркибида жуда кўп назорат ишларини бажариши ҳам мумкин. Бундай машиналар жумласига „Пуск“, М-4, М-5, М-40, М-60 ва бошқа машиналарни киритиш мумкин. М-4 машиналарида температуралар назорат қилинадиган жойлар сони 240 тага етади, бунда суриштириш максимал тезлиги 5 жой/с.

Ахборот системаларининг тараққиёти йўлидаги кейинги қадам уларнинг структурасига ҳисоблаш машиналарининг киритилиши бўлди, бу уларнинг функционал имкониятларини кенгайтирди. Шунинг таъкидлаб ўтиш зарурки, ҳисоблаш машиналаридан фойдаланиш бошқариш системаларининг нархини анча ошириб юборди ва ЭХМ жорий этиши туфайли самарадорлик ошган ва объектининг ишончли ишлаши ортган технологик объектларнинг маълум қуввати ва унумдорлигида иқтисодий жиҳатдан оқланиши мумкин.

Мавжуд ахборот-ҳисоблаш системаларида ЭХМ ёрдамида объект ишининг техник-иқтисодий кўрсаткичлари ҳисобланади, белгиланган чегараларда параметрларнинг топилишини назорат қилади, техник ҳолатларни диагностика қилиш нуқтани назаридан маълум алгоритм ёрдамида ўлчашда олинган ахборотларга ишлов берилади, объект ва унинг элементлари ҳолати анализ қилинади, авария ҳолатлари қайд этилади.

21.2-расмда ЭХМ дан фойдаланиб ахборотларни ўзгартириш ва тақдим этишни V структура тасвирлайди. Коммутаторлар группаси аналог-рақамли ўзгарткич АРУ га бирламчи ПП га нормаловчи НП ўзгарткичларнинг чиқишларини кетма-кет улайди. Сигналлар рақамлар кўринишида ЭХМ га киритилади. Техник-иқтисодий кўрсаткичларни ҳисоблаш натижалари, объект ва унинг элементларини анализ қилиш натижалари рақам босиш қурилмасига киритилади; бу рақамларнинг ва, демак, ўлчанаётган катталикларнинг четга чиқишлари анализ қилинади. Ахборотларни тақдим этишнинг янги формаси электрон-нур индикаторлари ЭНИ дан фойдаланишдир, у алфавит рақамли дисплей ва мнемоскоплардан иборат. Уларнинг экранига ҳарф-рақамли ва график ахборотлар чиқарилиши ўлчанаётган параметрларнинг қийматлари ҳақидаги ахборот берилган мнемосхемаларнинг статик фрагментларини ёритиши мумкин.

Ахборотни ўзгартириш ва тақдим этиш учун V структуранинг қўлланилиши ахборот системачаларида индивидуал ва марказлаштирилган назоратни истисно қилмайди. Уларнинг биргаликда қўлланилиши туфайли ахборот-ўлчаш системачалари ишининг юқори даражада ишончли бўлиши таъминланади.

21.2-расмда келтирилган структураларда аналог ўлчаш ахборотининг ўзгартрилиши кўриб чиқилган. Ундан ташқари технологик процессни олиб бориш учун операторга беркитувчи ва ростловчи органларнинг вазияти, механизмларнинг ураниши ва узилиши тўғрисида ахборот берувчи дискрет ва аналог ахборотлар ҳам катта ўрин эгаллайди. IV, V структураларга мос келувчи реал системалар таркибда элементларнинг ишини синхронлаш ва бошқариш, ЭХМ дан ахборотни чиқариш ва унга ахборотни киритиш билан боғлиқ бўлган жуда кўп сонли элементлар кирди.

21.2-расмда кўрсатилган структураларни анализ қилиш шунинг кўрсатдики, уларнинг биринчи учтасила олдинги бобларда кўриб ўтилган бирламчи ва иккаламчи асбоблар бўлади. IV-V структураларда бирламчи ва норма-

ловчи ўзгарткичлардан, кўп шкалали потенциометрлардан ташқари комму-
тацияловчи қурилмалар, аналог-рақамли ўзгарткичлар ва ҳисоблаш машиниси,
рақамли ахборотларни тақдим этиш воситалари: дисплейлар, рақамли инди-
каторлар, рақам босиш қурилмалари қиради. Ахборотларни ўзгартириш,
узатиш ва тақдим этиш сифатига таъсир этувчи бу элементларнинг харак-
теристикасини қисқача кўриб чиқамиз.

Ахборот системачларида аналог сигналларнинг контактли ва контактсиз
коммутаторларидан фойдаланилади. Буларнинг биринчиси идеал переключатель
бўлиб, коммутациялашда хатоликлар ҳосил қилмайди, бироқ секин
ишлайди. Ярим ўтказгичли элементлар асосида тайёрланадиган контактсиз
коммутаторлар тез ишлайди, бироқ қўшимча хатоликлар манбаи ҳисоблана-
ди. Бошқарувчи ва ахборот ҳисоблаш машиналари объекти билан алоқа
қилиш қурилмаларида ҳар икки типдаги коммутацияловчи қурилма ишлати-
лади.

Контактли переключателлар сигналлари сатҳи 100 мВ гача бўлган қарши-
лик термометрлари ва термозлектрик термометрлар занжирларида коммута-
циялаш учун ишлатилади. Сатҳи юқорироқ сигналли занжирлар контактсиз
переключателлар билан коммутацияланади. Булардан фойдаланиш учун
термометрлар занжирларида уларнинг чиқишига нормаловчи ўзгарткичлар
уланади. Қолган бирламчи асбоблардан ток бўйича унификацияланган чи-
қиш сигналли билан фойдаланилади. Юқори сатҳли контактсиз коммутатор-
ларнинг коммутациялаш хатолиги кўпи билан 0,1 — 0,2% ва частотаси 10^4 —
 10^6 жой/с атрофида бўлади.

Аналог сигналларни рақамли кодга ўзгартириш учун аналог-рақамли
ўзгарткичлар АРУ дан фойдаланилади. ЭХМ билан объектнинг алоқа қурил-
малари таркибиде ишловчи АРУ нинг ўзгартиришдаги хатолиги 0,2 — 0,5%
ни ташкил этади. АРУ нинг кодлаш тезлиги секундига 10^4 — 10^5 ўзгари-
ришга тўғри келади. Ҳозир химия саноати ва энергоблокларнинг ТП АБС
ида М-40, М-60, М-6000, М-7000 сериясидаги, ҳисоблаш техникаси
АСВТ-М воситалари системасига кирувчи машиналар ишлатилади М-40
ва М-60 машиналари паст сатҳда ишлайди, ахборотни ййғади, ишлайди
ва тақдим этади. Машина паст ва юқори сатҳдаги сигналларни ўзгартира-
ди. Суриштириш тезлиги секундига 1000 сигнални ташкил этади, ўзгарти-
риш аниқлиги 0,4 — 1%. Ахборот машиналари М-6000 ва М-7000 машина-
лари билан биргаликда бошқариш режимида ишлаши мумкин.

УИЁК мамлакатларида ҳисоблаш машиналарининг СМ ЭХМ (СМ ЭВМ)
системаси ишлаб чиқилган ва ишлаб чиқарилмоқда. Улар бошқариш техно-
логик прецессларни бошқариш системаларида, автоматлаштирилган лойиҳа-
лашда ва илмий тадқиқотларда фойдаланишга мўлжалланган. СМ ЭХМ
умумий ишларга мўлжалланган ЕС ЭХМ лар билан бирга халқ ҳўжалиини
бошқаришнинг барча даражаларида ахборотларга ишлов бериш ва бошқа-
ришнинг техник асоси бўлиб хизмат қилади. Машиналарнинг ҳисоблаш
амалларини бажаришдаги хатолиги 16 хонали иккилик сўзлардан фойда-
нилганда ҳисоблаш алгоритмига боғлиқ бўлади ва, олатда, ҳисобга олмас-
лик даражада бўлади.

Рақамли ахборотни тақдим этиш учун алфавит-рақамли босиш қурил-
малари, рақамли индикаторлар ва дисплейлардан фойдаланилади. Ротацион
босиш қурилмаларининг босиш тезлиги минутага 400 сатрга этади, сатрда-
ги белгилар сони 128 та бўлади. Рақамли электромеханик индикация газ-
разряд лампалари ва электролюминесцент сегментлардан фойдаланувчи
электромеханик таблолар ва индикаторлар ёрдамида амалга оширилади.

Электрон-нур индикатори ЭНИ дисплейдан иборат бўлиб, унинг экрани-
да ахборот жадваллар, графиклар, мнемосхемаларнинг фрагментлари тар-
зида тақдим этилиши мумкин. ЭНИ нинг ахборотни тақдим этувчи бошқа
воситалардан фарқи уни яққот кўрсатган ҳолда тўплаш имконияти борли-
гидир. Чунончи, алфавит-рақамли ЭНИ экраннинг катта-кичиклигига қараб,
500 дан 2200 гача рақамларни тақдим этиши мумкин. Ахборотни ЭХМ дан
дисплейга қақриш клавиатура ёрдамида бажарилади, оператор машинага
маълумотларни киритишда ҳам шу клавиатурадан фойдаланиши мумкин.
ЭНИ билан ишлаш жўда катта хотира ҳажми ва машина вақти бўлишини
талаб қилади, шунинг учун улардан катта ЭХМ ларда фойдаланилади.

Дисплейдан фойдаланиб ахборотларни тақдим этишнинг энг рациснал формаларидан бири экранга объектининг мнемосхемалари фрагментларини параметрларнинг қийматлари ҳақидаги рақамли ахборотни қўшиб тақдим этишдир. Мнемосхемалар технологик объект ёки унинг алоҳида қисмлари функционал схемаларнинг статик-схематик тасвиридир. Мнемосхеманинг тегишли жойларига қўшиладиган динамик информация ҳисоблаш машинасининг буферли хотирлаш қурилмаси БЗУ да сақланади. Дисплей клавиатура-сидан бериладиган команда бўйича мнемосхеманинг маълум фрагменти ва БЗУ дан тегишли информация чиқарилади.

Рақамли ахборотларни рақам босиш қурилмалари, рақамли таблолар ва ЭНИ ёрдамида тақдим этиш унга хатоликлар киритмайди. Айтиб ўтилган қурилмаларнинг ишламай қолиши сабабли ахборотни тақдим этишда юзата келади хатоликлар бу ерда кўриб чиқилмайди.

21.3-§. Автоматик назорат қилиш воситаларининг самарадорлиги

Назоратқилишнинг автоматик воситаларидан фойдаланишнинг самарадорлиги агар бу воситалар улар жорий этилганига қадар ижтимоий меҳнатнинг ҳақиқий сарфланган даражасига нисбатан ижтимоий меҳнатни тежашни таъминласа, бу самарадорлики исботланган деб ҳисоблаш мумкин.

Ижтимоий меҳнат сарфларини аниқлаш ва уларнинг даражаларини таққослаш самарадорлик мезонлари деб аталувчи турли усуллар ва баҳолашлар ёрдамида амалга оширилиши мумкин. Ишлаб чиқаришнинг ҳозирги ривожланиш босқичида ТП АБС нинг ва ахборот-ўлчаш системасининг иқтисодий самарадорлигини ҳисоблашда қуйидаги мезонлар: келтирилган харажатларнинг минимуми, рентабеллик кўрсаткичи, мақсадларнинг вазн коэффицентларидан фойдаланилади.

Келтирилган харажатлар минимумининг кўрсаткичи жорий харажатларни қўшимча капитал харажатлар билан таққослашдан келтириб чиқарилади ва қуйидаги математик ифодага эга бўлади:

$$З = Cn + EK = \min; \quad (21.1)$$

бу ерда $З$ — йиллик маҳсулот чиқаришга кетган келтирилган харажатлар йиғиндиси; n — йиллик топшириқ, дон; C — битта деталнинг таннархи, сўм; E — самарадорлик нормаси (ўзини қоплаш муддатига тесқари катталиқ); K — назорат воситаларини жорий этиш муносабати билан асосий ва оборот фондларга қўйилган капитал харажатлар.

Ҳисоблашларда маҳсулот бирлигига қилинган келтирилган харажатлардан фойдаланиш анча қулайдир, яъни

$$z = Z/n = C + \delta = \min, \quad (21.2)$$

бу ерда

$$\delta = EK/n.$$

Бу ҳолда келтирилган харажатлар маҳсулот бирлиги таннархи билан самарадорлик нормасини ҳисобга олган ҳолда маҳсулот бирлигига қўйилган капитал харажатларнинг йиғиндисига тенг. $z = \min$ бўлишини таъминлайдиган ҳисоблаш варианти оптимал ҳисобланади.

Базавий вариант билан таққослаганда $З_1$ ва $З_2$ харажатлар таққосланади

$$З_1 = C_1n + EK_1 \quad (21.3)$$

$$З_2 = C_2n + EK_2. \quad (21.4)$$

Харажатларнинг камайиши ΔZ янги вариантда базавий вариантга таққослаганда қуйидагига тенг:

$$\begin{aligned} \Delta Z = З_1 - З_2 &= C_1n - C_2n + EK_1 - EK_2 = n(C_1 - C_2) + E(K_1 - K_2) = \\ &= n(C_1 - C_2) - E(K_2 - K_1). \end{aligned} \quad (21.5)$$

Таннархдан келган тежамни $(C_1 - C_2)n = \Delta C$ деб ва таннархга келтирилган капитал қўйилмалар айирмасини $E(K_2 - K_1) = \Delta K$ деб белгиланган харажатларни максимал тежаш ҳисобланади, яъни

$$\Delta Z = \Delta C - \Delta K = \max. \quad (21.6)$$

Келтирилган харажатларнинг минимуми кўрсаткичи (21.6) даги математик ифодаси кўринишида автоматик бошқариш системаларини қўллашдан келадиган самарадорлиқни йириклаштириб ҳисоблашда қўлланилади:

Рентабеллик кўрсаткичи — олинган фойданинг асосий ва оборот маблағлар йиғиндисига нисбатидан иборат бўлиб, корхона фаолиятига баҳо беришда асосий параметр ҳисобланади ва қуйидаги формула билан аниқланади:

$$R = (Ц - З_c) / K, \quad (21.7)$$

бу ерда $Ц$ — чиқарилган маҳсулотнинг чакана (харид) нархлари бўйича қиймати; $З_c$ — чиқарилган маҳсулотларга таннарх бўйича қилинган харажат; K — капитал қўйилма.

Ишлаб чиқариш ҳажми турлича бўлган вариантларни таққослашда ва маҳсулот ишлаб чиқаришда уларни чакана нархлар ва таннарх бўйича баҳолашда умумий самарадорлик қуйидаги катталиқ билан ифодаланади

$$\Delta_{\text{вар}} (Ц - C_2)n_2 - (Ц - C_1)n_1. \quad (21.8)$$

(21.8) айирмани қуйидаги ташкил этувчиларга: қўшимча ҳажмда чиқарилган маҳсулотдан олиннадиган қўшимча фойда $(Ц - C_1)(n_2 - n_1)$; қўшимча маҳсулот ишлаб чиқаришдан таннархнинг пасайиши $(C_1 - C_2)(n_2 - n_1)$; биринчи вариантда кўрсатилган ҳажмда маҳсулот ишлаб чиқаришдан таннархнинг пасайиши $(C_1 - C_2)n_1$ га ажратиш мумкин.

Назорат қилиш воситаларини жорий этишдан олиннадиган самарадорлиқнинг муҳим кўрсаткичи бўлиб, фойда олишдан ва таннархнинг пасайишидан келадиган самарадорлиқни ҳисобга олган ҳолдаги ўзини қоплаш муддати хизмат қилади:

$$t_{\text{ок}} = \frac{K_2 - K_1}{(Ц - C_2)n_2 - (Ц - C_1)n_1}. \quad (21.9)$$

Назорат қилиш самарадорлигини аниқлашда қўлланиладиган математик моделлар, инвариантлар мақсад функцияси сифатида у ёки бу самарадорлик мезонидан (жами келтирилган харажат, таннарх, рентабеллик ва ҳ. к.) фойдаланишдан қатъи назар ўзгармасдан қолади.

Локал автоматлаштириш, технологик параметрларни стабиллаш схемалари учун назорат қилиш воситаларини ишлаб чиқишда ҳамма вақт автоматлаштирилган назорат воситаларини қўллаш самарадорлигини баҳолашнинг иқтисодий мезонига асосланиб бўлавермайди. Бу ҳолда мақсадларнинг вазн коэффицентлари усулидан фойдаланилади.

Масала шундай қўйиладики, бунда назорат қилиш воситаларидан фойдаланиш бир қанча, масалан, z_1, z_2, z_3 мақсадларга етишга имкон беради. Кўрсатилган мақсадларга етишга бир нечта йўл (стратегия) — A_1, A_2, A_3 олиб бориши мумкин. Экспертлар ёрдамида вазн коэффицентлари аниқланади:

$z_1 = 0.4; z_2 = 0.2; z_3 = 0.1$ бўлсин. Қабул қилинган стратегияларнинг қўйилган мақсадга етишдаги таъсири уларнинг самарадорлиги билан аниқланади. Қуйидагича деб фараз қилайлик:

$$A_1 \text{ да } \begin{cases} z_1 \rightarrow 0.1 \\ z_2 \rightarrow 0.3 \\ z_3 \rightarrow 0.4 \end{cases}$$

$$A_2 \text{ да } \begin{cases} z_1 \rightarrow 0.9 \\ z_2 \rightarrow 0.8 \\ z_3 \rightarrow 1.0 \end{cases}$$

$$A_3 \text{ да } \begin{cases} z_1 \rightarrow 0.7 \\ z_2 \rightarrow 0.4 \\ z_3 \rightarrow 0.6 \end{cases}$$

Математик кутилманинг энг катта қийматини таъминлайдиган стратегия оптимал ҳисобланади. Бизнинг ҳол учун математик кутиллмаларни ҳисоблаймиз ва ўзаро таққослаймиз:

$$A_1 = 0,4 \cdot 0,1 + 0,2 \cdot 0,3 + 0,1 \cdot 0,4 = 0,14;$$

$$A_2 = 0,4 \cdot 0,9 + 0,2 \cdot 0,8 + 0,1 \cdot 1,0 = 0,62;$$

$$A_3 = 0,40 \cdot 0,7 + 0,2 \cdot 0,4 + 0,1 \cdot 0,6 = 0,42$$

A_2 стратегия оптималдир.

Автоматлаштирилган бошқариш системалари ва назорат қилиш системаларининг жорий этилиши ишлаб чиқариш процессини яхши ташкил этишга ва олиб боришга имкон беради.

Оператив бошқариш бўйича масалалар комплексини ишлаб чиқиш ва жорий этиш асбоб-ускуналарининг тўхтаб туришининг олдини олади, мавжуд иш вақти фонди чегараларида ремонт хизмати кўрсатишни анққ олиб боришни таъминлайди

Хом ашё омборлари ва тайёр маҳсулот омборларида, транспорт ва олиб-қўйиш операцияларида, ишларни ташкил этишнинг анча яхшиланишига технологик операцияларро оптимал запасларни таъминлаш комплекс масалаларининг жорий этилиши ёрдам беради.

Қўшимча харажатлар шартли-доимий қисмининг камайтирилиши ҳисобига корхона ишининг техник-иқтисодий кўрсаткичлари яхшиланади: ишлаб чиқаришга алоқаси бўлмаган харажатлар йўқотилади, маҳсулот сифати яхшиланади.

Оқибат натижада ТП АБС ни ва назорат қилиш системаларини жорий этишдан келадиган ҳамма ижобий жиҳатлар таннархга ва келтирилган харажатларга таъсир қилади, шунинг учун иқтисодий самарадорлиқни у намоён бўлган жиҳатлар бўйича баҳолаш қулайроқдир. Шу нарсани таъкидлаб ўтиш керакки:

а) бошқарма аппаратини қисқартириш иш ҳақи фонди ва таннархдан тежаш имконини беради; б) ишчи кучидан ва асбоб-ускуналардан самарали фойдаланиш иш ҳақи фондидан, таннархдан тежашга таъсир қилади, бу эса айнан ўша майдонлардан маҳсулот чиқаришни кўпайтиришга имкон беради; в) қўшимча харажатларнинг камайтирилиши ҳам маҳсулот таннархини пасайтиради; г) оборот маблағлари айланишининг тезлашуви келтирилган харажатларда ҳисобга олинади, шунингдек, иқтисодий кўрсаткичларга таъсир қилади.

Айни бир вақтда автоматлаштириш воситаларини жорий этишда автоматлаштирилган технологик комплекс (АТК) таркибида қуйидаги харажатларнинг пайдо бўлишини ҳисобга олиш керак: а) назорат қилиш ва бошқариш воситаларига хизмат кўрсатувчи ходимларнинг иш ҳақи; б) норматив ўзини қоплаш муддатига боғлиқ бўлган харажатлар орттирмаси; в) капитал қўйилмалар амортизацияси. Харажатларни ҳисоблаш ва таққослашни конкрет мисолда олиб бориш қулайдир.

1. Таннархнинг пасайишини аниқлаймиз.

Цемент заводига ТП АБС жорий этилганига қадар иш вақтидан йўқотиш ўтказилган хронометражга кўра 12,4% ни ташкил этади, шу жумладан хом ашё етказиб берилмаганлигидан 3,8%; иш ўз вақтида бошланмаганлиги ва тўхтатилмаганлиги сабабли 3,5%; асбоблар йўқлигидан 1%; асбоб-ускуна бузилганлигидан ва электр энергия йўқлигидан 3%; бошқа сабабларга кўра 1,1%.

Система жорий этилиши билан йўқотишлар 9,2% га камаяди, шу жумладан, хом ашё ўз вақтида етказиб берилиши туфайли 2,5% га, ремонт хизмати ва профилактика ремонтни яхши ташкил этилиши ҳисобига 2,9% га, асбоб ҳўжалигини яхши юритиш туфайли 0,5% га, меҳнат интизоми яхшиланганлиги ҳисобига 2,9% га, бошқа сабабларнинг таъсири камайганлиги туфайли 0,8% га пасайган.

Иш вақтидан йўқотиш давомийлиги система жорий этилганидан кейин кўпи билан $12,4 - 9,2 = 3,2\%$ ни ташкил этади. Иш вақтидан тежаш фойдаги иш фондига нисбатан $9,2 \cdot 100/87,6 = 10,502\%$ ни ташкил этади, яъни меҳнат унумдорлиги 10,5% га ортади.

Иш ҳақининг ўсиши бир йилда 3,2% деб қабул қилинади. Бинобарин, иш ҳақидан тежаш (ҳодимларни қисқартириш ва маҳсулот чиқариш ҳажми-ни кўпайтириш ҳисобига) $10,5 - 3,3 = 7,2\%$ ни ташкил қилади.

Таннархда иш ҳақининг солиштирма ҳиссаси 8% ни ташкил қилади. Иш ҳақи фонди 7,2% га қисқартирилганидан кейин тежам маҳсулот таннархидан $0,08 - 0,072 = 0,00576$ ни ташкил этади (таннарх 0,576% га пасаяди).

Меҳнат унумдорлигининг ўсиши ҳисобига ишлаб чиқариш ҳажми 10,5% га ортганида шартли-доимий харажатлар камаяди. Қўшимча харажатларнинг таннархдаги солиштирма ҳиссаси 12%, шартли-доимий харажатларнинг солиштирма ҳиссаси эса 60%. Шунинг учун бу харажатлар таннархда $12 \cdot 0,6/100 = 0,072$ ёки 7,2% ни ташкил этади.

Бу рақамни ҳодимларнинг қисқартирилиш сонига, яъни 7,2% га тузатамиз. Агар иш ҳақининг солиштирма ҳиссаси шартли-доимий харажатларда 1,12% ни ташкил этса, у ҳолда $0,072 (1 - 1,12 \cdot 0,072) = 0,0662$, яъни 6,62% ни ташкил қилади; маҳсулот ишлаб чиқариш ҳажмининг 10,5% га кўпайиши натижасида шартли-доимий харажатларнинг солиштирма ҳиссаси $6,62/1,105 = 6,015$ ни ташкил қилади, яъни таннархдан тежам $(0,576\% \text{ ни})$ ҳисобга олганда $= 0,605\%$ га тенг; бу эса иш ҳақидан тежам (0,576% ни) ҳисобга олганда маҳсулот бирлигига таннархни 1,18% га пасайтириш демакдир.

II. Капитал харажатларни аниқлаймиз (сўм ҳисобида):

1. „Электроника-60“ мини ЭҲМнинг нархи четки қурилмалари билан	
...	50 000
2. Монтаж, соzлаш, ишга тушириш	4 000
3. Тўрт жойда маълумотларга ишлов бериш учун (4×2000) механизация-лаштирилган қурилмалар	8 000
4. Кўпайтириш аппаратуралари (ЭРА-1)	2 600
метримпекс	600
5. Икки жойда сигнализация қуришмаси ва тўхтаб туришларни ҳисобга олиш қурилмаси	10 000
6. ДК-3-7-2М диспетчерлик коммутатори	4 300
7. Бошқа асбоб-ускуналар	7 000
	<u>Ҳами 86 500</u>

Бошқа қўшимча харажатлар

1. Капитал қўйилмалар суммасига амортизацион ажратмалар	6 055
2. Оператор ва созловчиларнинг иш ҳақи	9 000
3. Техник хизмат кўрсатиш ва машина ҳамда асбобларни сақлаш	2 595
	<u>Ҳами 17 650</u>

Харажатларнинг шартли ўсиши капитал қўйилмаларни самарадорлик коэффициентига кўпайтирганга тенг (самарадорлик коэффициентини норматив ўзини қоплаш муддати 4 йилга кўра 0,25 деб олинади), яъни $86\,500 \times 0,25 = 21\,625$ сўм. Бинобарин, назорат қилиш ёки бошқариш системаси, агар маҳсулот чиқариш ҳажми 1,18% га ортқ бўлса, $17\,600 + 21\,625 = 39\,225$ сўмга ортқ бўлса, самарали ҳисобланади. Йиллик маҳсулот чиқариш ҳажми таннарх бўйича $0,0118 \times 39\,225$, яъни $e^2 = 3,424$ млн. сўм.

Кўрсатилган ҳисоблаш усули математик тарзда қўйилганча ифодаланиши мумкин

$$\Delta C = C \left[\frac{1}{100} \left\{ \frac{\alpha}{100} \left[\frac{\beta_1 \cdot 100}{100 - \beta} - j \right] + \frac{\delta \cdot \epsilon}{100^2} 100 \left[\frac{-\omega}{100} \times \frac{\beta_1 \cdot 100}{100 - \beta} - j \right] \frac{\beta_1}{100 (\beta - \beta_1)} \right\} \right] \quad (21 - 10)$$

бу ерда ΔC — таннархнинг пасайиши, минг сўм (жорий этилган системанинг ишлаб туриши учун қилинган харажатларни ҳисобга олмасдан); C — таннархи бўйича йиллик маҳсулот чиқариш, минг сўм; α — маҳсулот умуий таннархда иш ҳақи ҳиссаси, %; β_1 — контрол қилиш системаси ва бошқариш системаси жорий этилганидан кейин иш вақтининг юз бериши мумкин бўлган йўқотишлари (умумий иш фондидан % ҳисобида).

β — система жорий этилганига қадар иш вақтидан ҳақиқий йўқотишлар (умумий иш фондидан % ҳисобида); f — иш ҳақининг кўзда тутилган ўсиши; δ — маҳсулот умумий таннархида қўшимча харажатлар улуши, ε — умумий қўшимча харажатлар суммасида шартли ± доимий харажатлар улуши, %; ω — шартли ± доимий қўшимча харажатларда иш ҳақининг улуши, %.

Асосий ўзгарувчан катталиқ $\frac{\beta_1 \cdot 100}{100 - \beta} = B$ меҳнат унумдорлигининг ўсиш эҳтимоли тўғрисида тасаввур беради; (21.10) ифодани соддалашти-
рамыз

$$\Delta C = C \frac{1}{100} \left[\frac{B}{100 + B} (m + k \cdot B) - f \right], \quad (21.11)$$

бу ерда m , k , f — нисбатан ўзгармас коэффициентлар

$$m = \alpha + \delta \varepsilon / 100 + \delta \cdot \varepsilon \cdot \omega \cdot f / 100^3;$$

$$k = \alpha / 100 - \delta \cdot \varepsilon \cdot \omega / 100^2; f = \alpha \cdot f / 100 \quad (21.12)$$

Олган мисолимизга қайтиб, (21.12) ифодадан фойдаланган ҳолда нисбатан ўзгармас коэффициентларни топамиз:

$$m = 8,0 + \frac{12 \cdot 60}{100} + \frac{12 \cdot 60 \cdot 1,12 \cdot 3,3}{100^3} = 8,0 + 7,2 + 0,00266 = 15,203;$$

$$k = \frac{8,0}{100} - \frac{12 \cdot 60 \cdot 1,2}{100^2} = 0,08 - 0,08064 = -0,00064;$$

$$f = \frac{8,0}{100} \cdot 3,3 = 0,264; \beta = 9,2; \beta = 12,4;$$

$$B = \frac{9,2 \cdot 100}{100 - 12,4} = 10,5$$

Бундан таннархнинг пасайиши

$$\Delta C'' = \frac{B}{100 + B} (m - kB) - f = \frac{10,5}{100 + 10,5} (15,203 - 0,00064 \cdot 10,5) - 0,264 = 0,095 (15,203 - 0,00672) = 0,095 \cdot 15,196 - 0,264 = 1,18\%.$$

ҒОЙДАЛАНИЛҒАН АДАБИЕТ

1. Кулаков М. В. Технологические измерения и приборы для химических производств: Учебник. — 3-е издание. — М.: Машиностроение, 1983, — 424 с.
2. Промышленные приборы и средства автоматизации: Справочник. Под ред. В. В. Черенкова. — Л.: Машиностроение, 1987, — 847 с.
3. Иванова Г. М., Кузнецова Н. Д., Чистяков В. С. Теплотехнические измерения и приборы: Учебник. — М.: Энергоатомиздат, 1984, — 232 с.
4. Кузнецов Н. Д., Чистяков В. С. Сборник задач и вопросов по теплотехническим измерениям и приборам: Учебное пособие. — 2-е изд. — М.: Энергоатомиздат, 1985, — 328 с.
5. Кремлёвский П. П. Расходомеры и счётчики количества. — 3-е изд. — Л.: Машиностроение, 1975, — 776 с.
6. Кремлёвский П. П. Измерение расхода многофазных потоков — Л.: Машиностроение, 1982, — 214 с.
7. Шкатов Е. Ф. Технологические измерения и КИП на предприятиях химической промышленности: Учебник. — М.: Химия, 1986, — 320 с.
8. Вершанин О. Е. Применение микропроцессоров для автоматизации технологических процессов. — Л.: Энергоатомиздат, 1986, — 208 с.
9. Лапшенков Г. И., Полоцкий Л. М. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. Технические средства и лабораторные работы: учебное пособие. — 3-е изд. — М.: Химия, 1988. — 288 с.
10. Петров И. К. Технологические измерения и приборы в пищевой промышленности: Учебник — 2-е изд. — М.: Агропромиздат, 1985, — 343 с.
11. Мирский Г. Я. Микропроцессоры в измерительных приборах: — М.: Радио и связь, 1984, — 161 с.
12. Мелик-Шахназаров А. М. и др. Измерительные приборы со встроенными микропроцессорами. — М.: Энергоатомиздат, 1985, — 240 с.
13. Каратаев Р. Н., Копырин М. А. Расходомеры постоянного перепада давления. — М.: Машиностроение, 1980, — 95 с.
14. Юсуфбеков Р. Н., Мухамедов Б. Э., Гуломов Ш. М. Автоматика ва ишлаб чиқариш процессларининг автоматлаштирилиши: дарслик. Тошкент, «Ўқитувчи», 1982, — 353 б.
15. Леонов М. В. Технологические измерения и приборы в лесной и деревообрабатывающей промышленности: Учебник. — М.: Лесная промышленность, 1984, — 352 с.
16. Малиновский В. Н. и др. Электрические измерения: Учебное пособие. — М.: Энергоатомиздат, 1985, — 416 с.
17. Юсуфбеков Н. Р., Мухамедов Б. И. (и др.). Плотномер для жидких сред. Авт. св. СССР, G6 01 п, Кл42 1 1/03 № 196429, 15.03.67, Б. И. 1967, № 11.

18. Юсупбеков Н. Р., Мухамедов Б. И. (и др.). Устройство для измерения плотности жидких сред. Авт. св. СССР G 601 п, Кл42 1 1/03 № 209026, 15.10.67, Б. И. 1968, № 4.
19. Юсупбеков Н. Р., Мухамедов Б. И. (и др.). Плотномер для жидких сред. Авт. св. СССР G 601 п, Кл42 1 1/03 № 211136, 23.11.67, Б. И. 1968, № 7.
20. Юсупбеков Н. Р., Мухамедов Б. И. (и др.). Капиллярный вискозиметр. Авт. св. СССР G 601 п, Кл42 1 7/01 № 219868, 25.03.68, Б. И. 1968, № 19.
21. Юсупбеков Н. Р., Мухамедов Б. И. (и др.). Капиллярный вискозиметр. Авт. св. СССР С-01 п, Кл42 1 7/02 № 232593, 23.09.68, Б. И. 1969, № 1.
22. Юсупбеков Н. Р., Мухамедов Б. И. (и др.). Вискозиметр для жидких сред. Авт. св. СССР G 601 п, Кл42 1 7/01 № 238873, 18.12.68, Б. И. 1969, № 10.
23. Юсупбеков Н. Р., Мухамедов Б. И. (и др.). Автоматический контроль и регулирование процесса обезвоживания нефти — «Механизация и автоматизация производств», 1966, № 11.
24. Юсупбеков Н. Р., Мухамедов Б. И. (и др.). Новые химотронные датчики — Бюллетень научно-технической информации «Янги техника», 1967, № 6.
25. Юсупбеков Н. Р., Мухамедов Б. И. (и др.). Электромеханический влагомер для измерения влажности хлопка-сырца и других волокнистых материалов. — Бюллетень научно-технической информации «Янги техника», 1966, № 12.
26. Юсупбеков Н. Р., Мухамедов Б. И. (и др.). Новый плотномер для измерения плотности различных жидкостей. — Бюллетень научно-технической информации «Янги техника», 1967, № 12.
27. Юсупбеков Н. Р., Мухамедов Б. И. (и др.). Новые пневматические вискозиметры для непрерывного измерения вязкости жидкостей. — Бюллетень научно-технической информации «Янги техника», 1969, № 6.
28. Юсупбеков Н. Р., Мухамедов Б. И. (и др.). Непрерывнодействующий кольцевой вискозиметр. — Сборник ТашПИ, серия Химия и химическая технология, 1969, вып. 55.
29. Хакимов Р. А. Капиллярные вискозиметры: Ташкент, «Фан», 1977, — 60 с.

МУНДАРИЖА

Сўзбоши	3
Биринчи бўлим	5
Метрология асослари ва ўлчаш воситалари	5
1-боб. Ўлчашлар ҳақида умумий маълумотлар	5
1.1-§. Ўлчашлар. Ўлчаш турлари	5
1.2-§. Ўлчаш воситалари, уларнинг элементлари ва параметрлари	8
1.3-§. Асбобларнинг давлат системаси (АДС)	13
2-боб. Ўлчаш хатоликлари ва уларни баҳолаш	16
2.1-§. Ўлчаш хатоликлари ва ўлчов асбоблари ҳақида умумий маълумотлар	16
2.2-§. Хатоликларнинг статистик характеристикаси	23
2.3-§. Ўлчов воситалари структураси	28
2.4-§. Техник ўлчашларда ўлчаш системалари хатоликларини баҳолаш	30
2.5-§. Ўлчов воситаларининг статик ва динамик характеристикалари ҳақида тушунча	33
2.6-§. Ўлчов асбобларининг ишончлилиги ҳақида асосий тушунчалар ва маълумотлар	37
Иккинчи бўлим	45
Температурани ўлчаш	45
3-боб. Температурани ўлчаш ҳақида асосий маълумотлар ва ўлчов асбобларининг классификацияси	45
3.1-§. Температура ва температура шкаллари ҳақида асосий маълумотлар	45
3.2-§. Температура ўлчаш асбобларининг классификацияси	48
4-боб. Кенгайиш термометрлари	50
4.1-§. Суюқликли, дилатометрик ва биметалли термометрлар	50
5-боб. Манометрик термометрлар	55
5.1-§. Газли, суюқликли ва конденсацион манометрик термометрлар	55
6-боб. Термoeлектр термометрлар	60
6.1-§. Назарий асослар ва термoeлектр занжирлар	60
6.2-§. Термoeлектр материаллар ва термoeлектр ўзгарткичлар	65
6.3-§. Узатувчи термoeлектрод симлари	69
6.4-§. Термoeлектр термометр эркин учлари температурасининг ўзгаришини компенсациялаш усуллари	70
6.5-§. Милливольтметрлар	71
6.6-§. Потенциометрлар	74
6.7-§. Автоматик потенциометрнинг ўлчаш схемасини ҳисоблаш	80
7-боб. Қаршилик термометрлари	82
7.1-§. Қаршилик термометрлари ҳақида умумий маълумотлар	82
7.2-§. Қаршилик термометрларининг тузилиши	85
7.3-§. Қаршилик термометрларини улаш усуллари	88
7.4-§. Логометрлар	90
7.5-§. Қаршиликлар ўлчашнинг кўприк схемаси	93
7.6-§. Қаршиликларни ўлчашнинг компенсацион усули	97
7.7-§. Автоматик кўприк ўлчаш схемасини ҳисоблаш	99
8-боб. Нурланиш пирометрлари	100
8.1-§. Температурани ўлчаш назарияси асослари	100

8.2-§. Квазимонохроматик (оптик) пирометрлар	102
8.3-§. Спектрал нисбатли (рангли) пирометрлар	105
8.4-§. Тўлиқ нурланиш (радиацион) пирометрлари	106
9-б о б. Температуранинг махсус ўлчаш учун термометрлар	107
9.1-§. Қаттиқ жисмлар сиртининг температурасини ўлчаш	107
9.2-§. Алағга (газ оқимларининг) температурасини ўлчаш	108
9.3-§. Эритмаларнинг температурасини ўлчаш	108
Учинчи бўлим	110
Сигнал ўзгарткичлар ва масофага узатиш системалари	110
Умумий маълумотлар	110
10-б о б. Электр ўзгарткичлар	112
10.1-§. Қуч компенсацияли ўзгарткичлар	112
10.2-§. Силжиш компенсацияли ўзгарткичлар	113
10.3-§. Частотали ўзгарткичлар	120
11-б о б. Пневматик ўзгарткичлар	121
11.1-§. Қуч компенсацияли ўзгарткичлар	122
11.2-§. Силжиш компенсацияли ўзгарткичлар	123
12-б о б. Нормаловчи ўзгарткичлар	124
12.1-§. Нормаловчи ўлчаш ўзгарткичлари	124
12.2-§. Электр-пневматик ва пневмо-электр ўзгарткичлар	125
Тўртинчи бўлим	127
Босим ўлчаш	127
13-б о б. Босим ўлчаш асбоблари	127
13.1-§. Асосий маълумотлар ва классификацияси	127
13.2-§. Суяқликли босим ўлчаш асбоблар	128
13.3-§. Деформацион (пружинали) асбоблар	138
13.4-§. Юк-поршенли асбоблар	145
13.5-§. Электр асбоблар	147
13.6-§. Ионизацион асбоблар	151
13.7-§. Иссиқлик ўтказувчи асбоблар	153
Бешинчи бўлим	155
14-б о б. Модда миқдори ва сарфини ўлчаш	155
14.1-§. Асосий маълумотлар ва классификацияси	155
14.2-§. Суяқлик ва газлар миқдорини ўлчаш	156
14.3-§. Босимлар фарқи ўлгарувчан сарф ўлчагичлар	160
14.4-§. Стандарт торайтирувчи қурилмаларни ҳисоблаш	171
14.5-§. Босим фарқлари ўлгармас сарф ўлчагичлар	180
14.6-§. Тезлик босими бўйича сарф ўлчагичлар	184
14.7-§. Ўлгарувчан сатҳли сарф ўлчагичлари	187
14.8-§. Индукцион сарф ўлчагичлар	190
14.9-§. Ўлгарувушли сарф ўлчагичлар	192
14.10-§. Қалориметрик (иссиқлик) сарф ўлчагичлар	194
14.11-§. Ионизацион сарф ўлчагичлар	195
Олтинчи бўлим	197
15-б о б. Суяқлик ва сочилувчан моддалар сатҳининг баландлигини ўлчаш	197
15.1-§. Асосий маълумотлар ва классификацияси	197
15.2-§. Қўрсатиш ойнаси	197
15.3-§. Қалқовичли сатҳ ўлчагичлар	199
15.4-§. Гидростатик сатҳ ўлчагичлар	202
15.5-§. Электр сатҳ ўлчагичлар	206

15.6-§. Радиоизотопли сатҳ ўлчагичлар	209
15.7-§. Ультратовушли сатҳ ўлчагичлар	211
15.8-§. Радиотўқинли сатҳ ўлчагичлар	212
15.9-§. Термокондуктометрли сатҳ ўлчагичлар	213
15.10-§. Сочилувчан моддаларнинг сатҳини ўлчаш	214
Еттинчи бўлим	218
16-боб. Суюқликларнинг таркибини анализ қилиш	218
16.1-§. Асосий маълумотлар ва классификацияси	218
16.2-§. Эритмаларни анализ қилишнинг кондуктометрик усули	219
16.3-§. Анализ қилишнинг потенциометрик усули	226
16.4-§. Суюқлик таркибини анализ қилишнинг оптик усули	231
16.5-§. Автоматик титрлаш	236
16.6-§. Анализ қилишнинг радиоизотоп усули	239
Саккизинчи бўлим	241
17-боб. Суюқликларнинг зичлигини ўлчаш	241
17.1-§. Асосий маълумотлар ва классификацияси	241
17.2-§. Қалқовичли зичлик ўлчаш асбоблари	241
17.3-§. Вазнли зичлик ўлчагичлар	244
17.4-§. Гидростатик зичлик ўлчагичлар	246
17.5-§. Радиоизотопли зичлик ўлчагичлар	249
Тўққизинчи бўлим	251
18-боб. Суюқликларнинг қовушоқлигини ўлчаш	251
18.1-§. Асосий маълумотлар ва классификация	251
18.2-§. Капилляр вискозиметрлар	252
18.3-§. Шарикли вискозиметрлар	257
18.4-§. Ротацион вискозиметрлар	259
18.5-§. Тебранишли вискозиметрлар	260
Унинчи бўлим	263
19-боб. Газларнинг таркибини анализ қилиш	263
19.1-§. Асосий маълумотлар ва классификацияси	263
19.2-§. Термокондуктометрик газ анализаторлари	265
19.3-§. Термоматнит газ анализатори	268
19.4-§. Абсорбцион-оптик газ анализаторлари	270
19.5-§. Электрохимиявий газ анализаторлари	276
19.6-§. Термохимиявий газ анализаторлари	279
19.7-§. Фотоколориметрик газ анализаторлари	280
19.8-§. Ионизацион газ анализаторлари	283
19.9-§. Хроматографик газ анализаторлари	285
19.10-§. Масса-спектрометрик газ анализаторлари	289
Ун биринчи бўлим	291
20-боб. Моддаларнинг намлигини ўлчаш	291
20.1-§. Асосий маълумотлар ва классификация	291
20.2-§. Газларнинг намлигини ўлчаш	292
20.3-§. Суюқликларнинг намлигини ўлчаш	296
20.4-§. Қаттиқ ва сочилувчан материалларнинг намлигини ўлчаш	297
Ун иккинчи бўлим	302
21-боб. Автоматлаштирилган назорат системалари ва унинг самарадорлиги	302
21.1-§. Микропроцессорлар ва ЭХМ лардан автоматлаштирилган назорат системасида фойдаланиш	302
21.2-§. ТП АБС нинг ахборот-ўлчаш системаси	306
21.3-§. Автоматик назорат қилиш воситаларининг самарадорлиги	310
	319

34.9
М 93

Муҳамедов Б.

Метрология, технологик параметрларни ўлчаш усуллари ва асбоблари: Олий техника ўқув юрт. «Технологик жараёнларни ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш» ихтисослиги талабалари учун дарслик // Масъул муҳаррир Ж. Исроилов/. — Т.: Ўқитувчи, 1991. — 320 б.

Муҳамедов Б. Э. Метрология, технологические измерения и приборы.

ББК 34.9я 73 + 30.10

№ 374-91
Навой номли ЎзССР
давлат кутубхонаси.
Тираж 2000
Карт. тиражи 4000

На узбекском языке

МУХАМЕДОВ БАХТИЁР ЭРГАШЕВИЧ

МЕТРОЛОГИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ПРИБОРЫ

Ташкент — «Ўқитувчи» — 1991

Масъул муҳаррир Ж. Исроилов
Нашриёт муҳаррири А. Аҳмедов
Бадний муҳаррир Ф. Некқадамбоев
Техн. муҳаррир Т. Скиба
Корректор Д. Умарова

ИБ № 4993

Теришга берилди 7.02.90. Босишга рухсат этилди 19.07.91. Формати 60 × 90/16. Тип. қоғози № 2. Литературная гарнитура. Кегли 10 шпонсиз. Юқори босма усулида босилди. Шартли б. л. 20. Шартли кр-отт. 20,125. Нашр. л. 15,23. Тиражи 3000. Зак. № 1245. Баҳоси 2 с. 50 т.

„Ўқитувчи“ нашриёти. Тошкент, 129. Навоий кўчаси, 30. Шартнома 11-276-89.

Область газеталарининг М. В. Морозов номидаги босмахонаси ва бирлашган нашриёти. Самарқанд ш., У. Турсунов кўчаси, 82. 1991.

Объединённое издательство и типография областных газет им. М. В. Морозова. Самарканд, ул. У. Турсунова, 82.