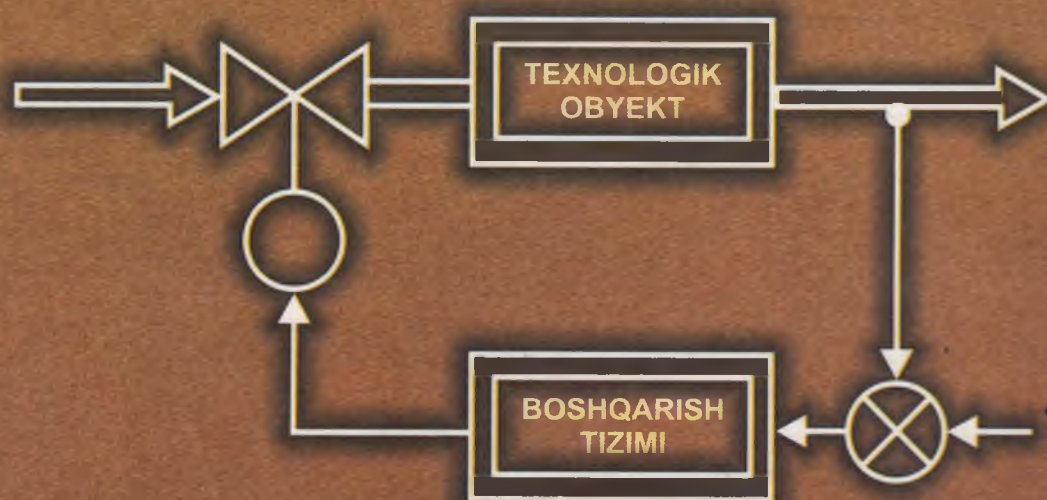


N.R. Yusupbekov, B.I. Muhamedov
SH.M. G'ulomov

TEXNOLOGIK JARAYONLARNI NAZORAT QILISH VA AVTOMATLASHTIRISH



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA‘LIM VAZIRLIGI**

**N.R. YUSUPBEKOV, B.I. MUHAMMEDOV,
SH.M. G‘ULOMOV**

TEXNOLOGIK JARAYONLARNI NAZORAT QILISH VA AVTOMATLASHTIRISH

*Texnika oliy o‘quv yurtlari talabalari
uchun darslik*

**„O‘QITUVCHI“ NASHRIYOT-MATBAA IJODIY UYI
TOSHKENT — 2011**

Darslikda metrologiya asoslari, sanoat ishlab chiqarishidagi texnologik jarayonlarning parametrlari (harorat, bosim, sath, sarf, konsentratsiya, zichlik, qovushqoqlik, mexanik kattaliklar) ni nazorat qilish usullari va asboblari tavsiflangan.

Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish asoslari, texnologik jarayonlarni avtomatik va avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlarini amalga oshirish mufassal bayon etilgan hamda avtomatlashtirishning zamonaviy texnik vositalari, dasturiy texnik majmualar va avtomatlashtiriladigan obyektlarni vizuallashtirishning SCADA tizimlari atroflicha yoritilgan.

Shuningdek, darslikning ayrim bo‘limlari texnologik jarayonlarni ko‘p sathli avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlarini loyihalash masalalarini o‘zida mujas-samlagan bo‘lib, TJABT ni ishga tushirish, to‘xtatish va normal ishlatishning yangi tipik texnologik jarayonlari, qurilmalari hamda majmualariga misollar keltirilgan.

Darslik texnika oliy o‘quv yurtlarining muhandis-texnolog ixtisosligi talabalariga mo‘ljallangan bo‘lib, undan shu soha bo‘yicha tahsil oluvchi aspirantlar, ilmiy va muhandis-texnik xodimlar, qolaversa, shu sohaga qiziqqan barcha kitobxonlar ham foydalanishlari mumkin.

Taqrizchilar: **Egamberdiyev X.Z.** — Toshkent Davlat texnika universitetining „Avtomatlashtirish va boshqarish“ kafedrasi mudiri, t.f.d., prof.,
Ismoilov M. A. — O‘zRFA Informatika instituti direktori muovini, t.f.d., prof.

SO‘ZBOSHI

O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligida olib borilayotgan tadbirlarning asosiy maqsadi — ta’lim tizimi islohotlarini hayotga tatbiq etish, zamon talablariga javob beradigan yuqori malakali, raqobatbardosh mutaxassislar tayyorlashga qaratilgan. Mamlakatimizda Kadrlar tayyorlash milliy dasturining birinchi (1997—2001-yillar) va ikkinchi (2001—2005-yillar) bosqichi hamda uchinchi — sifat bosqichi (2005—2009-yillar) yakunlandi. O‘tgan vaqt mobaynida barcha oliy ta’lim muassasalarida yangi davlat ta’lim standartlari ishlab chiqilib, o‘quv jarayoniga tatbiq qilinmoqda.

2005—2006-o‘quv yilidan boshlab talabalarning bosqichma-bosqich lotin alifbosida o‘qishga o‘tishlari munosabati bilan Toshkent davlat texnika universiteti professorlari (mualliflar) hamkorlikda ushbu darslikni yaratishga alohida ahamiyat berdilar.

„Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish“ fani texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishning samaradorligini oshirish, mahsulot sifatini yuqori darajaga ko‘tarish, xarajatlarni kamaytirish, mehnat sharoitlarini yaxshilash, ishlab chiqarishda xavfsizlik texnikasini ta’minlash, atrof-muhitni muhofaza qilish va boshqa dolzarb muammolarni hal qilishda muhim ahamiyatga ega bo‘lib, talabalarga o‘z ixtisoslarini nazariy hamda amaliy jihatdan chuqur egallashlariga yordam beradi.

Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish — texnika taraqqiyotining asosiy yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, ilmiy tadqiqotlarga tobora kengroq kirib borib, fan va texnikani rivojlantirish uchun yangi imkoniyatlar ochib beradi, shuningdek, inson boshqarishga qodir bo‘lmagan yangi, yuqori intensiv jarayonlarni amalga oshirish, tabiatda ma’lum bo‘lmagan yangi, samarali materiallarni yaratish imkonini beradi.

„Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish“ fanini o‘qitish oldingi o‘quv kurslarida egallangan „Oliy matematika“, „Informatika va axborot texnologiyalari“, „Elektrotexnika, elektronika va elektr yuritmalar“, „Texnik tizimlarni boshqarish“, „Ishlab chiqarishning asosiy jarayonlari va uskunalari“ hamda ta’lim yo‘nalishlari bo‘yicha tarmoq texnologiyasi va uskunalari kabi bilimlar bilan uzviy bog‘langan holda tashkil qilingan.

Mazkur darslik bakalavriat ta’lim yo‘nalishlari: 5520100 — Issiqlik energetikasi; 5520400 — Metallurgiya; 5520700 — Texnologik mashinalar va jihozlar; 5521500 — Asbobsozlik; 5521800 — Avtomatlashtirish va boshqaruv; 5522300 — To‘qimachilik, yengil va qog‘oz sanoati buyumlari kimyoviy texnologiyasi; 5523800 — Texnologik jarayonlar va ishlab

chiqarishni avtomatlashtirish; 5522400 — Kimyoviy texnologiya (ishlab chiqarish turlari bo'yicha); 5522500 — Neft va neft-gazni qayta ishlash texnologiyasi; 5522600 — Yog'ochsozlik sanoati texnologiyasi, mashinalari va jihozlari; 5522900 — Biotexnologiya; 5540300 — Neft va gaz ishi; 5541100 — Oziq-ovqat texnologiyasi (mahsulot turlari bo'yicha); 5850100 — A'trof-muhit muhofazasi (tarmoqlar bo'yicha); 5140900 — Kasb ta'limi (bakalavriat ta'lim yo'nalishlari bo'yicha) talabalari uchun tuzilgan yangi namunaviy dastur asosida yozildi.

Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish — uzluksiz rivojlanuvchi tizim bo'lib, u ishlab chiqarishning o'ziga xos xususiyatlari va fan-texnikaning ko'pchilik sohalari bilan uzviy bog'langandir. Ishlab chiqarishni avtomatlashtirishda yuqori samaradorlikka erishishning bevosita sharti — asosiy va yordamchi ishlab chiqarish jarayonlarini mexanizatsiyalash hisoblanadi. Avtomatlashtirishni rivojlantirish jarayoniga quyidagi ko'p sonli qonuniy va tasodifiy omillar ta'sir ko'rsatadi: texnologiya va qurilmaning holati hamda avtomatlashtirishga tayyorgarligi, xomashyo, yarimtayyor mahsulotlar va energetik resurslarning sifati hamda barqarorligi, xodimlarning malakasi, ishchi va mutaxassislar faoliyatini tashkil etish va hokazo.

Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish faqat ishlab chiqarish texnikasini takomillashtirish hamda mehnat sharoitlarini yaxshilash bilangina emas, balki ishlab chiqarish rentabelligini oshirish, birlik mahsulotga ketadigan moddiy va mehnat xarajatlarini pasaytirib, uning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini orttirish bilan bog'liq.

Iqtisodiy omillar avtomatlashtirish obyektini tanlab olishda asosiy omil hisoblanadi. Sanoatda avtomatlashtirishning iqtisodiy samaradorligini orttirish omillari juda ko'p. Hozirgi sharoitda avtomatlashtirishning iqtisodiy samaradorligiga xizmat ko'rsatuvchi xodimlar sonini kamaytirish hisobigagina erishishga ko'p hollarda imkon bo'lmaydi, chunki zamonaviy zavodlar, korxonalar, bo'linmalarga nisbatan kam miqdordagi odamlar bilan xizmat ko'rsatiladi. Shuning uchun iqtisodiy samaradorlikni oshirish omillariga quyidagilarni kiritish mumkin: mahsulot sifatini oshirish, xomashyo va turli xil energiya sarfini, ishlab chiqarish chiqindilarini kamaytirish, ishlab chiqarish ritmini oshirish, mehnat unumdorligini va chiqarilayotgan mahsulot hajmini oshirish, xizmat ko'rsatuvchi xodimlarning mehnat sharoitini ishlab chiqarishning kishilar hayoti va sog'ligi uchun xavfli bo'lgan hududlardagi zararli ishlarni yo'qotish hisobiga yaxshilash.

Loyihalananayotgan va qurilayotgan yangi ishlab chiqarish korxonalarida avtomatlashtirish texnologiya bilan uzviy ravishda bog'lanishi kerak. Jadal texnik taraqqiyot tufayli „yosh“ ishlab chiqarish ma'lum davrdan so'ng eskiradi va yangilashni talab qiladi, shu jumladan, amaldagi texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish tizimlarini yanada zamonaviy hamda takomillashganlari bilan almashtirishni talab qiladi. Amaldagi ishlab

chiqarish korxonalaridagi avtomatlashtirish tizimlarini takomillashtirishda, shuningdek, texnologiya va jihozlarni yangilashda mustaqil iqtisodiy baholashlar bo'lishi mumkin.

Texnologik jarayonlarning murakkablashuvi va jadallashuvi tufayli zamonaviy ishlab chiqarish korxonalarini boshqarish ularni mikroprotsessor texnikasi va boshqaruvchi hisoblash texnikasini qo'llab, keng avtomatlashtirish asosidagina samarali bo'lishiga erishiladi. Avtomatlashtirish talablari texnologik jarayonlar loyihalananayotgan bosqichdayoq hisobga olinganda — avtomatlashtirish katta samara beradi.

Yuqorida aytilganlardan, texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirishning ilmiy-texnik, iqtisodiy jihatlari sanoat taraqqiyotini, mehnatkashlarning madaniyatini va turmush darajasini ko'tarishni ta'minlashda katta ahamiyatga ega bo'lishi kelib chiqadi. Biroq, sanoatni avtomatlashtirishda muvaffaqiyatga erishishning muhim sharti — oliy ta'lim muassasalarida, loyiha institutlarida va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish masalalarini yuqori ilmiy-texnik darajada hal qilishga qodir korxonalarda avtomatika bo'yicha ko'p sonli malakali kadrlar, mutaxassislar yetishtirishdan iborat.

Hozirgi kunda respublikamizdagi oliy o'quv yurtlarida olib borilayotgan tadbirlarning asosiy maqsadi — mutaxassislar tayyorlash sifatini tubdan yaxshilashdir. Bu ishlarni jadallashtirishda ta'lim, fan va ishlab chiqarishning uzviy aloqada bo'lishi asosiy omildir.

Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish bo'yicha muhim vazifalarni muvaffaqiyatli hal etish uchun yuqori malakali kadrlar kerak. Bunday kadrlar tubdan yangi ilmiy g'oyalarga va yuksak texnik yechimlarni hal etish, o'z ona tili — davlat texnologik jarayonlar haqida texnika tilida tushunarli gaplasha olish va yuksak saviyada yozishmalar olib bora olish qobiliyatiga ega bo'lishlari zarur. Xalq xo'jaligini fan-texnika taraqqiyoti asosida jadallashtirish — bozor iqtisodiyoti sharoitidagi muhim vazifalardan hisoblanadi. Bu ulkan ishlarni bajarish kadrlarning malakasiga bog'liqdir.

Xalq xo'jaligi uchun yuqori malakali kadrlar tayyorlashda „Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish“ fani katta ahamiyatga ega. Bu fan talabalarga o'z ixtisosliklarini nazariy jihatdan chuqur egallashga, ularning bilimlarini mustahkamlashga, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va texnologik jarayonlardan unumli foydalanish yo'llarini o'rgatadi. Avtomatlashtirish borasida eng mas'uliyatli ishlar esa, shubhasiz, kadrlar zimmasiga tushadi. Bugungi kun kadrlari yangi texnika va texnologiyadan foydalanishga, texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishni keng joriy etishga, ishlab chiqarish zaxiralarini aniqlash va uni jadallashtirishga, o'z ona tili — Davlat tilini yuksak texnika va texnologiya saviyasi darajasida bilishga qodir bo'lishlari kerak. Xususan, yosh kadrlar oldida fan-texnika taraqqiyotining yo'l boshlovchisi bo'lishdek mas'uliyatli vazifa turadi.

Shuning uchun texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish asoslarini shu soha mutaxassislarigina emas, balki texnolog-konstruktorlar, iqtisodchilar va boshqalar ham bilishlari muhim.

„Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish“ fani bo‘yicha o‘zbek tilida darsliklar 1982, 1997-yillarda ham nashr qilingan (N. R. Yusupbekov, B. E. Muhamedov, SH. M. G‘ulomov: 1) Avtomatika va ishlab chiqarish protsesslarining avtomatlashtirilishi; 2) Texnologik jarayonlarni boshqarish sistemalari. Toshkent, „O‘qituvchi“).

Hozirgi vaqtga kelib ushbu fan sohasida bir qator yangiliklar yuz berdi. Ana shu yangiliklar asosida fanni o‘qitishda ham o‘zgartirishlar qilindi.

Mazkur darslik mualliflarning Toshkent davlat texnika universitetida „Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish“ fani bo‘yicha olib borgan ko‘p yillik ilmiy-pedagogik tajribalari asosida yozildi. Darslikda texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirishning asosiy bo‘limlari, ya‘ni texnologik parametrlarni nazorat qilish usullari va vositalari, texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish, boshqarish, loyihalash va zamonaviy ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish bayon etilgan.

Mualliflar ushbu darslikni yozish jarayonida o‘zlarining qimmatli fikr-mulohazalari bilan yaqindan yordam bergan Toshkent davlat texnika universitetining professor-o‘qituvchilariga chuqur minnatdorchiliklarini izhor etadilar. Shuningdek, darslik qo‘lyozmasi bilan tanishib, uning sifatini yaxshilashga qaratilgan maslahatlari uchun texnika fanlari doktorlari, professorlar X.Z. Igamberdiyev va M.A. Ismoilovga samimiy tashakkur bildiradilar.

Darslikning sifatini yaxshilashga qaratilgan barcha taklif va mulohazalarni mualliflar mamnuniyat bilan qabul qiladilar.

Mualliflar

nalizatsiyalash uchun qo'llaniladi. EXO turidagi signalizator akustik o'zgartkichdan, uzatuvchi o'zgartkichdan va releli chiqishdan iborat. Signalizatsiya oralig'iga bog'liq holda turli xil akustik o'zgartkichlar qo'llaniladi. Sathdan qaytgan impulslar generatoridan kelayotgan impulslardan vaqt oralig'ining farqi bilan belgilanadi. Keyin moslashish sxemasidan chiqish signali chiqish qurilmasiga keladi, u yerda rele qurilmasini ishga tushuruvchi o'zgarimas tokning chiqish kuchlanishi shakllanadi.

Sath o'lchashning bir qator uslub va vositalari (radioizotopli, rezonansli, konduktometrik va boshq.) mavjud bo'lib, ular qurilmasi murakkab bo'lganidan yoki o'lchanayotgan muhitning tavsifiga ko'p jihatdan bog'liqligidan, yoki oziq-ovqat mahsulotlariga ta'sir ko'rsatishi mumkin bo'lganligidan sanoatda amalda deyarli qo'llanilmaydi, shunga qaramay ular yuqori metrologik xossalarga ega.

TAYANCH SO'Z VA IBORALAR

Moddalar sathini o'lchash; qalqovichli satho'lchagichlari; gidrostatik satho'lchagichlari; elektr satho'lchagichlari; ultratovushli satho'lchagichlari.

Nazorat savollari

1. Moddalar sathini o'lchashning qanday usullari mavjud?
2. Qalqovichli satho'lchagichlarni ishlash prinsipini tushuntirib bering.
3. Gidrostatik satho'lchagichlarni ishlash prinsipini tushuntirib bering.
4. Elektr satho'lchagichlarning ishlash prinsipini tushuntirib bering.
5. Ultratovushli satho'lchagichlar sanoatning qaysi tarmoqlarida ishlatiladi?
6. Sochiluvchan moddalar sathi qanday o'lchanadi?

VI bob. MODDALARNING TARKIBI VA FIZIK XOSSALARINI NAZORAT QILISH

6.1-§. ASOSIY MA'LUMOTLAR

Texnologik jarayonlarni harorat, bosim, sarf va sath kabi parametrlarga ko'ra boshqarish, ko'pincha, talab etilgan sifatdagi mahsulotlar olishga kafolat bera olmaydi. Ko'p hollarda ishlab chiqarilayotgan mahsulotlarning tarkibi va fizik xossalari avtomatik tarzda nazorat qilish zarurati tug'iladi. Texnologik jarayonlar davomida qayta ishlanayotgan moddalarning tarkibi va ularning fizik xossalari o'zgaradi, bu parametrlarni nazorat qilish texnologik jarayonlarning borishi to'g'risida bevosita fikr yuritishga imkon beradi, chunki ular ishlab chiqarilayotgan mahsulotlarning sifatini ifodalaydi, shuning uchun moddalarning tarkibini va fizik xossalari nazorat qilish asosiy masalalardan biridir. Shu munosabat bilan keyingi yillarda analitik asbobsozlikning jadal rivojlanishi sodir bo'lmoqda.

Moddalarning tarkibi va fizik-kimyoviy xossalari haqidagi o'lchash axborotini olish uchun mo'ljallangan o'lchash vositalarini **analizatorlar** deb atash qabul qilingan. Avtomatik analizatorlar tahlil qilinayotgan muhitning tarkibini emas, balki aniq fizik parametrni o'lchaydi, uning o'zgarishi bu muhitda aniqlanayotgan komponentning miqdoriy-sifatliy o'zgarishlarini ifodalaydi.

Turli xil belgilar bo'yicha analitik o'lchash vositalarini tasniflash ancha qiyin. O'lchash vositalari tahlil uslubi, tahlil qilinayotgan muhitning xossalari, komponentlar soni, ijro etilishi, chiqish signali, axborotni berish uslubi va hokazolar bo'yicha tasniflanishi (xarakterlanishi) mumkin.

Gazlarni avtomatik tahlil qilish uchun quyidagi usullar qo'llaniladi: namunani oldindan o'zgartirmasdan — termokonduktometrik, termomagnit, absorbsion optik (infragizil va ultrabinafsha nur yutiladigan), pnevmatik usullar: namuna oldindan o'zgartiriladigan — elektr-kimyoviy (konduktometrik, kulonometrik, polagrafik, potensiometrik) termokimyoviy, fotokalorimetrik, alanga-ionlashuv, aerazol-ionlashuv, xromatografik, masspektrometrik usullar.

Suyuq muhitlarning tarkibini va fizik xossalarini avtomatik nazorat qilishda sanoatda sinov moddasini dastlabki o'zgartirishsiz tahlil qilish uslubi keng tarqaldi: konduktometrik, potensiometrik, polarografik, dielkometrik, optik (refraktometrik, polarizatsion, turbodimetrik, nefelometrik), to'yingan bug' bosimlari bo'yicha, radioizotopli, mexanik (zichlik), kinematik (qovushqoqlik) va boshqalar hamda sinov moddasini dastlabki o'zgartirish bilan — titrometrik.

Namlik miqdorini o'lchash vositalari alohida guruhga ajratiladi.

6.2-§. GAZLARNING TARKIBINI TAHLIL QILISH

Gaz analizatorlari tekshirilayotgan gaz aralashmasidagi komponent yoki komponentlar yig'indisi konsentratsiyasi haqida ma'lumot beradigan qurilmalardir. Gaz analizatorlari sanoatning barcha sohalarida va ilmiy-tadqiqot ishlarida keng ishlatiladi. Keyingi yillarda atrof-muhitni muhofaza qilishga katta e'tibor berilayotganligi munosabati bilan sanoat korxonalari chiqindilari tarkibidagi zararli qo'shilmalar miqdorini, ishlab chiqarish xonalari va atmosferadagi zararli qo'shilmalar miqdorini nazorat qilishga mo'ljallangan gaz analizatorlari ishlab chiqarish va ulardan foydalanish keskin kengaydi. Aholi yashaydigan hududlar havosining sifatini nazorat qilish uchun havoni ifloslantiradigan is gazi, azot qo'shoksid, chang va boshqa shu kabi moddalar konsentratsiyasi o'lchanadi.

Sanoatda ishlatiladigan avtomatik gaz analizatorlarining ko'pchiligi gaz aralashmalaridagi bitta komponentning konsentratsiyasini o'lchash uchun mo'ljallangan. Bu holda gazlarning aralashmalari binar deb qaralib, undagi aniqlanadigan komponent o'lchanayotgan aralashmaning fizik-kimyoviy xossaloriga ta'sir qiladi, qolgan komponentlar esa, ularning tarkibi va konsentratsiyasidan qat'i nazar, ularning xossaloriga ta'sir qilmaydi va

aralashmaning ikkinchi komponenti hisoblanadi. Ko'p komponentli gaz aralashmalarining tashkil etuvchilarini tahlil qilish uchun mo'ljallangan gaz analizatorlari ham mavjud.

Gaz analizatorlari ishlash prinsipi (tahlil qilish usuli), tahlil qilinayotgan muhitning xossalari, aniqlanayotgan komponentlar soni, ishlanish turi, chiqayotgan signalni unifikatsiyalash usuli va o'lchash natijalarini berish usuli kabi belgilariga ko'ra tasniflanishi mumkin.

Eng oddiy holda namunani o'zgartirmasdan tahlil qilish mumkin, bunda tahlil qilinayotgan aralashma tarkibi to'g'risida o'lchanayotgan parametrga qarab bevosita xulosa chiqariladi. Tahlil qilishda namunani o'zgartirish analitik o'lchash tanlanuvchanligini oshirish imkonini beradi. Namunani o'zgartirish uchun fizik usullardan ham, kimyoviy usullardan ham foydalanish mumkin. Agar namunaga ta'sir qilish uning fizik xossalari tubdan o'zgartirib yuborsa, bunday o'zgartirish **fizik o'zgartirish** deb ataladi. Agar namunaga ta'sir qilish uning tarkibining tubdan o'zgarishiga olib kelsa, u **kimyoviy o'zgartirish** deb ataladi.

Gaz analizatorlari hajmga nisbatan %, g/m³, mg/l larda o'lchanadi. Birinchi birlik ancha qulaydir, chunki gaz aralashmalari komponentlarining foiz hisobidagi miqdori harorat va bosim o'zgarganida doimiyligicha qoladi.

Gaz analizatorlari tarkibiga datchik va chiqish signallarini o'lchagichdan tashqari, asbobning normal ishlashini ta'minlovchi bir qancha qurilmalar ham kiradi. Asosiy, yordamchi qurilmalar gaz aralashmasi namunasini tanlovchi, tozalovchi, uzatuvchi va tahlilga tayyorlovchi qurilmalardir.

Gaz analizatorlarining mavjud tasnifi aralashmaning aniqlanadigan komponentlarining konsentratsiyasini o'lchashga asos qilib olingan fizik-kimyoviy xossalarga asoslanadi.

Quyida sanoatda keng tarqalgan usullar va asboblarni ko'rib chiqiladi.

Termokonduktometrik gaz analizatorlari. *Termokonduktometrik gaz analizatorlarining ishlash prinsipi* gaz aralashmasini issiqlik o'tkazish xususiyatining tekshirilayotgan komponent konsentratsiyasiga bog'liqligiga asoslangan. Agar binar aralashmadagi komponentlarning issiqlik o'tkazuvchanligi har xil bo'lsa, bu usulni qo'llash qulay. Ko'p komponentli gaz aralashmasini tahlil qilishda yuqoridagi usulni qo'llash mumkin, lekin aniqlanmaydigan komponentlarning issiqlik o'tkazuvchanligi bir-biridan uncha farq qilmaydi, aniqlanayotgan komponentning issiqlik o'tkazuvchanligi esa ulardan ancha farq qilishi kerak.

Ko'pchilik gaz aralashmalarining issiqlik o'tkazuvchanligini quyidagi ifoda bilan aniqlash mumkin:

$$\lambda = \frac{C_1}{100} \lambda_1 + \frac{C_2}{100} \lambda_2 + \frac{C_3}{100} \lambda_3 + \dots + \frac{C_n}{100} \lambda_n, \quad (6.1)$$

bu yerda: $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ — issiqlik o'tkazuvchanligi tegishli $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ bo'lgan komponentlar miqdori (bunda, $C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n = 100$ % bo'lishi shart).

Aniqlanmaydigan komponentlarning yig'indi konsentratsiyasi C_B (6.1) ga ko'ra mos keladigan issiqlik o'tkazuvchanligi λ_B bo'lgan aralashmaning issiqlik o'tkazuvchanligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{C_A}{100} \lambda_A + \frac{C_B}{100} \lambda_B, \quad (6.2)$$

bu yerda: C_A — issiqlik o'tkazuvchanligi λ_A bo'lgan aniqlanadigan komponent miqdori.

$C_B + C_A = 1$ bo'lganligi uchun aniqlanadigan komponent konsentratsiyasi C_A ning aralashmaning o'lchanadigan issiqlik o'tkazuvchanligi λ ga bog'liqligi, aniqlanmaydigan va aniqlanadigan komponentlarning issiqlik o'tkazuvchanliklari ma'lum bo'lganda quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$C_A = (\lambda - \lambda_B) \cdot (\lambda_A - \lambda_B). \quad (6.3)$$

Gaz aralashmasining issiqlik o'tkazuvchanligini o'lchash uchun tahlil qilinayotgan aralashma bilan to'ldirilgan kameraga joylashtirilgan, qizdiriladigan o'tkazgichdan foydalaniladi. Agar o'tkazgichdan kamera devorlariga faqat issiqlik o'tkazuvchanlik tufayliga issiqlik berilsa, quyidagi ifoda to'g'ri bo'ladi:

$$Q = 2\pi \cdot l \cdot \lambda(t_o - t_d) / l_o(D/d), \quad (6.4)$$

bu yerda: Q — o'tkazgich 1 sekundda beradigan issiqlik miqdori; l, d — o'tkazgichning uzunligi va diametri; D — kamera diametri, λ — gaz aralashmasining issiqlik o'tkazuvchanligi; t_o, t_d — o'tkazgich va kamera devorlarining harorati.

O'tkazgich beradigan issiqlik Q va kamera devorlarining atrof-muhit haroratiga bog'liq bo'lgan harorati t_d o'zgarish bo'lganida gaz aralashmasining issiqlik o'tkazuvchanligi o'tkazgichning haroratini, binobarin, uning o'tkazuvchanligini bir xil qiymatda aniqlaydi. O'tkazgich sifatida elektr qarshiligining harorat koeffitsiyenti yuqori va kimyoviy jihatdan chidamli metall simdan foydalaniladi; platina ko'proq, volfram, nikel, tantal kamroq ishlatiladi.

Termokonduktometrik gaz analizatorlarining o'lchash elementlari o'zi qiziydigan qarshilik termometri rejimida ishlaydigan, platina tola joylashgan kamera shaklidagi o'zgartkichdan iborat. Gaz aralashmasi tarkibining o'zgarishi uning issiqlik o'tkazish qobiliyatini o'zgartiradi, natijada qizigan tola va gaz aralashmasi o'rtasida o'zaro issiqlik almashuvining jadalligi ham o'zgaradi. Tolaning elektr qarshiligi tekshirilayotgan komponent konsentratsiyasini bildiradi.

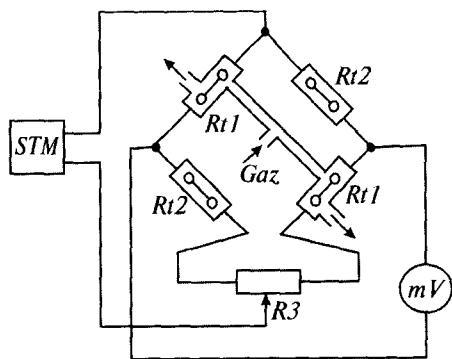
Bu turdagi sanoat gaz analizatorlarida o'lchashning differensial usuli qo'llaniladi, bu yerda tekshirilayotgan va namuna gaz aralashmalarining issiqlik o'tkazuvchanligi ishi solishtirma kameralar yordamida solishtiriladi. Ish kamerasi gaz oqib o'tadigan qilib ishlanadi, solishtirma kamera esa tarkibiga konsentratsiyasi o'lchashning pastki, o'rta va yuqorigi chegarasiga mos keladigan, o'lchanayotgan komponent kirgan gaz aralashmasi bilan to'ldiriladi.

O'lchash sxemalari bevosita hisoblash yoki avtomatik muvozanatlash prinsipiga ko'ra quriladi. 6.1-rasmda ko'rsatilgan termokonduktometrik gaz analizatori konsentratsiyani muvozanatlashgan ko'prik yordamida o'lchaydi. Doimiy sarfga ega bo'lgan, tekshirilayotgan gaz aralashmasi R_t1 ish kameralariga keladi. Ko'prikning qolgan yelkasiga etalon aralashmali R_t2 yordamchi kameralar ulangan. Sezgir elementning tolalari ko'prik sxemasining ta'minlash toki (STM — stabilizatsiya manbai) hisobiga qiziydi. Ko'prik sxemasi R_3 reostat orqali sozlanadi. Bu turdagi sanoat gaz analizatorining o'lchash asboblari standart avtomatik kompensator asosida bajariladi. Termokonduktometrik gaz analizatorlarida xatolik, asosan, quyidagi sabablarga ko'ra sodir bo'ladi:

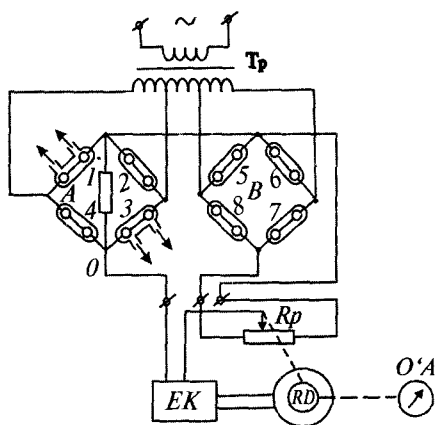
- atrof-muhit haroratining o'zgarishi, bunda o'lchash kameralarining devorlaridagi harorat o'zgaradi;
- o'lchash ko'prigi ta'minlovchi manba kuchlanishining o'zgarishi;
- gaz aralashmasining kameralar (yacheykalar) orasida o'tish tezligining o'zgarishi;
- ikkilamchi tekshirilmayotgan komponentlarning (xususan, suv bug'lari) mavjudligi.

O'lchash blokini termostatlash va stabilizatsiya ta'minlash manbalari-dan foydalanish zarurati asbobni murakkablashtiradi va qimmatlashtiradi. Havodagi yoki gaz aralashmalaridagi (vodoroddan tashqari tarkibida CO, CO₂, CN₄, N₂ va O₂ bo'lgan) vodorod miqdorini, shuningdek, ko'p komponentli aralashmalarda CO₂ miqdorini aniqlash uchun TP turidagi termokonduktometrik gaz analizatorlaridan foydalaniladi (6.2-rasm).

Sxema muvozanatlashmagan ikkita A va B ko'priklardan iborat bo'lib, ular o'zgaruvchan tok manbayidan transformator orqali ta'minlanadi. Ko'priklarning yelkalari platina simlardan tayyorlangan va shisha ballonchalarga joylashtirilgan. O'lchash ko'prigining ikkita ishchi yelkasi 1 va 3 ning atrofidan tahlil qilinayotgan gaz o'tib turadi. Qolgan ikkita yelkasi 2 va 4 gaz muhitida turadi, bu



6.1-rasm. Termokonduktometrik gaz analizatori.



6.2-rasm. TP turidagi avtomatik gaz analizatorining sxemasi.

gazning tarkibi asbob shkalasining boshlanishiga mos keladi. Taqqoslash ko'prigi *B* ning ikkita yelkasi 6 va 8 gaz muhitida turadi, uning tarkibi asbob shkalasining boshlanishiga mos keladi, yelkalar 5 va 7 esa tarkibi shkala oxiriga mos keladigan gaz muhitida turadi.

Taqqoslash ko'prigi *B* ning diagonaliga reoxord *R*, ulangan, uning surilgichi (dvijok) va *A* ko'prikning uchi elektron kuchaytirgich *EK* ning kirishiga ulangan. Reversiv dvigatel *RD* reoxordning surilgichini va asbobning ko'rsatkich strelkasini ko'prik uchlaridagi shkalada kuchlanish surilgichning reoxorddan oladigan kuchlanishi bilan muvozanatlashmaganiga qadar suradi. Gaz analizatorining ko'rsatishi ta'minlash manbayi kuchlanishining o'zgarishiga va atrof-muhit haroratining o'zgarishiga bog'liq emas.

TP turidagi gaz analizatorlari bir nechta rusumlarda ishlab chiqariladi: TP 1120 — binar va ko'p komponentli gaz aralashmalarida vodorod miqdorini aniqlash uchun; TP 7102 — havodagi geliy miqdorini aniqlash uchun; TP 4102 — havodagi azot va geliy miqdorini aniqlash uchun. Tahlil qilinayotgan gaz turi va o'lchash chegaralariga ko'ra asosiy xatolik $\pm 2,5$; $\pm 4,0$; ± 10 % bo'ladi. Gaz aralashmasining hajmiy sarfi 12 sm³/s, bosim 70—130 kPa. Ko'rsatishlarni aniqlash vaqti 3 dan 110 s gacha. Chiqish signallari 0—5 mA; 0—100 mV; 0—10V.

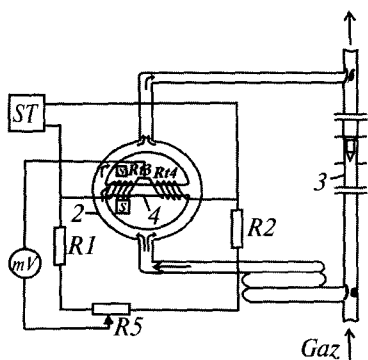
Termomagnitli gaz analizatori. Gazlar orasida kislorod alohida paramagnetizm xususiyatiga ega. Kislorod magnit maydonga boshqa gazlarga nisbatan ko'proq tortiladi. Uning bu xossasi murakkab gaz aralashmalaridagi kislorod konsentratsiyasini o'lchashga imkon beradi.

Barcha (kislorodni tahlil qiladigan) magnitli gaz analizatorlari termomagnit va magnitomexanik asboblarga bo'linadi.

Kislorodning harorati o'zgarganda uning magnit xossalarning o'zgarish samarasiga asoslangan **termomagnit** usuli keng tarqalgan. Bu usul termomagnit konveksiya hodisasiga asoslangan. Agar tok bilan qizdirilgan o'tkazgich bir jinsli bo'lmagan magnit maydonga o'rnatilsa, gaz aralashmasining xossasi kamayadi, shu sababli o'tkazgich atrofida magnit maydonning

kuchli yerlaridan kuchsiz yerlariga tomon aralashmaning harakati boshlanadi. Haroratning ko'tarilishi sababli gazning magnit xossasi kamayadi, natijada gaz aralashmasining ichki oqimi vujudga keladi. Bu oqimda qizigan gaz aralashmasi termomagnit konveksiya hodisasi sababli uzluksiz siqib chiqariladi. 6.3-rasmda termomagnitli gaz analizatorining prinsipal sxemasi keltirilgan.

Tekshirilayotgan gaz aralashmasining harorati issiqlik almashtirgich *I* yordamida turg'unlashadi. Aralashma sarfining doimiyliги o'lchash o'zgartkichi *2* ni rotometr *3*



6.3-rasm. Termomagnitli gaz analizatorining sxemasi.

orqali shuntlash yoʻli bilan taʼminlanadi. Shu sababli tizim kirishidagi gaz sarfining tebranishlari oʻzgartkichdan oʻtish tezligiga taʼsir qilmaydi, chunki a va b nuqtalar orasidagi bosimlar farqi doimiy boʻlib qoladi. Oʻzgartkichning gazli boʻshligʻi koʻndalang kanalli halqa kamera 4 shaklida diamagnit materialdan ishlanadi. Kanalning kirish qismi doimiy magnit maydon orasiga joylashadi, uning ichida esa $Rt3$, $Rt4$ ikki seksiyali platina chulgʻamlar oʻrnatiladi, bu chulgʻamlarning qarshiligi nomuvozanat koʻprikning ikki yelkasini hosil qiladi. Agar boshlangʻich aralashmada kislorod boʻlmasa, koʻndalang kanalda harakat boʻlmaydi. Aralashmada kislorod boʻlsa, uning molekulari magnit maydoniga yoʻnalib, kanalga tortiladi. Rt chulgʻamlar oʻlchash sxemasi manbayining toki taʼsirida 100 ... 200°C gacha qizdirilganligi sababli kanal 4 ga kelgan kislorod ham qiziy boshlaydi. Harorat koʻtarilishi bilan magnitning kislorodga taʼsiri kamayadi, shuning uchun gazning yangi qismi magnit maydon hududiga tortilib, qizigan kislorodni halqa kameraga itaradi.

Gazning hosil boʻlgan konveksion oqimi issiqlikni, asosan, chulgʻamdan oladi, shuning uchun seksiyalar harorati har xil boʻlib qoladi.

R_3 va R_4 qarshiliklarning tekshirilayotgan gaz konsentratsiyasiga mutanosib oʻzgarishi natijasida, koʻprikning oʻlchash diagonalida nobalanslik signali paydo boʻladi. Bu signal shkalasi kislorodning foiz miqdorida darajalangan avtomatik potensiometr orqali oʻlchanadi. Oʻlchash koʻprigi stabillashgan taʼminlash manbayidan (STM) taʼminlanadi. Qarshilik $R5$ koʻprik manbayining tok kuchini oʻrnatish uchun xizmat qiladi; $R1$ va $R2$ doimiy manganin qarshiliklar.

Oʻlchashning termomagnit usulida xatolar, asosan, quyidagi sabablarga koʻra sodir boʻladi:

a) atrof-muhit haroratining oʻzgarishi natijasida gaz aralashmasining magnitlanishi oʻzgaradi;

b) sezgir element issiqligining oʻzgarishi (oʻlchash koʻprigi manbayi kuchlanishining oʻzgarishi);

c) tekshirilayotgan gaz aralashmasi yoki atmosfera bosimining oʻzgarishi;

d) magnitlarning eskirishi natijasida magnit maydoni kuchlanganligining oʻzgarishi.

Sezgirlikni oshirish va xatoliklarni kamaytirish uchun sanoatda foydalaniladigan gaz analizatorlarida oʻlchash va taqqoslash koʻpriklarining tegishli yelkalariga ulangan ikkita halqali kompensatsion oʻlchash sxemalari qoʻllaniladi.

Tahlil qilinayotgan gaz harorati va bosimining oʻzgarishi, shuningdek, oʻlchash sxemasini taʼminlovchi kuchlanishning oʻzgarishi har qaysi koʻprikning oʻlchash diagonalidagi kuchlanishiga bir xilda taʼsir etadi, shuning uchun gaz analizatorining koʻrsatishlariga bu oʻzgarishlar taʼsir qilmaydi.

Tutun gazlaridagi kislorod miqdorini uzluksiz aniqlash uchun MN 5106-1 turidagi termomagnet gaz analizatori ishlatiladi, uning o'lchash chegaralari bir nechta bo'lib, ulardan eng maksimali 0—10 %. Yuqori o'lchash chegarasining asosiy xatoligi ± 2 %. MN 5130-1 rusumli gaz analizatori ikki yoki uch komponentli gaz aralashmalaridagi kislorod konsentratsiyasini uzluksiz o'lchash va standart elektr signallari berish uchun mo'ljallangan. Signal berish qurilmasi bilan jihozlangan. O'lchash natijalarini ko'rsatish va yozish uchun gaz analizatori bilan birgalikda ikkilamchi o'ziyozar asbobdan foydalaniladi. Kislorodni o'lchash chegaralari 0—0,5 dan 80—100 % gacha. Asosiy xatolik ± 2 dan 10 % gacha (o'lchash chegaralariga qarab) atrofida. Gaz aralashmasining hajmiy sarfi $12 \text{ sm}^3/\text{s}$, bosimi 90—105 kPa. O'lchash vaqti 120 s. Chiqish signallari 0—5 mA, 0—100 mV.

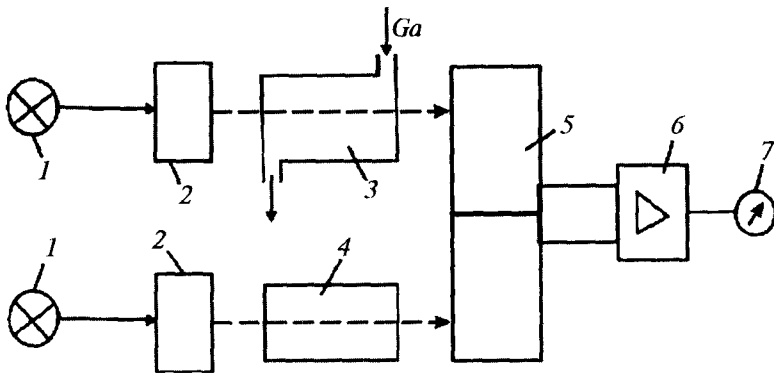
Absorbsion-optik gaz analizatorlari. Optik gaz analizatorlarida optik zichlik, sindirish koeffitsiyenti va boshqa optik xossalarning tekshirilayotgan komponent konsentratsiyasiga bog'liqligidan foydalaniladi. Elektromagnet nurlanish jadalligining pasayishi yoki nurlanish oqimining tekshirilayotgan gaz spektrining infraqizil, ultrabinafsha yoki ko'rinadigan qismlaridagi yutilishini o'lchashga asoslangan absorbsion-optik usul ko'proq tarqalgan.

Vodorod, ammiak, metan kabi gazlar infraqizil nurlarni, xlor, ozon, simob bug'lari esa ultrabinafsha nurlarni yutadi. Shuning uchun tahlil qilinayotgan komponent turiga qarab bunday gaz analizatorlarida infraqizil yoki ultrabinafsha nurlanishdan foydalaniladi.

Spektrning infraqizil sohasida ishlaydigan gaz analizatorlarida nurlatkichlar sifatida 700—800 °C gacha qizdirilgan sim spirallaridan foydalaniladi. Spektrning ultrabinafsha sohasida ishlaydigan gaz analizatorlarida esa gaz razryad lampasi nurlanish manbasi bo'lib xizmat qiladi.

Optik-absorbsion gaz analizatorlarining ko'pi differensial sxema bo'yicha qurilgan (6.4-rasm). Manba 1 dan olinadigan nurlanish oqimi yo'lida yorug'lik filtrlari 2 orasidan tekshirilayotgan gaz aralashmasi o'tadigan ishlovchi kamera 3 va aniqlanayotgan komponent qo'shilmagan gaz aralashmasi bilan to'ldirilgan taqqoslash kamerasi 4 o'rnatiladi. Qabul qilgich 5 ishchi va taqqoslash kameralaridagi nurlanish jadalligi farqini qabul qiladi, aniqlanayotgan komponent miqdoriga mutanosib bo'lgan nobalanslik signali esa kuchaytirgich 6 da kuchayib, o'lchash asbobi 7 da qayd qilinadi.

Odatda optik gaz analizatorlari kompensatsion sxema bo'yicha ishlanib, o'lchash sxemasi optik, gaz yoki elektr usullar yordamida muvozanatlanadi. Optik kompensatsiya usulida teskari aloqa signali to'siq yoki optik pona siljishiga aylantiriladi. Bu esa taqqoslash kanalida nurlanish jadalligini tegishlicha o'zgartiradi. Ikkinchi holda, taqqoslash kanalida nurlanish oqimi yo'lida kompensatsiyalovchi aralashma qatlamining qalinligi o'zgaradi. Va nihoyat, elektr kompensatsiyalash usulida zanjirda elektr bilan ta'minlash kuchlanishi o'zgartiriladi.



6.4- rasm. Optik-absorbsion gaz analizatorining blok sxemasi.

Infraqizil nurlanishli gaz analizatorlarida qoldiq energiya tekshirilayotgan komponent bilan to'ldirilgan nur qabul qilgichlarida yutiladi. Uzlukli nurlanishdan foydalanilganda nur qabul qilgichda energiyaning yutilishi sababli haroratning o'zgarishi, shu bilan birga, bosimning o'zgarishi vujudga keladi. Bu tebranishlarni tegishli o'lchash asbobi bilan olingan nur kabi qabul qilgich mikrofonining membranasi qabul qiladi.

Bunday nur qabul qilgichda gaz bosimining pulslanishi akustik samara nomini olgan. Bunday gaz analizatorlari esa *optik-akustik asboblari* deyiladi. Bu asboblarning afzalligi ularning universalligidadir, chunki ko'pchilik moddalarning infraqizil yutilish spektri bir-biridan farq qiladi.

Optik-akustik gaz analizatorlari gaz va bug'larning ma'lum to'lqin uzunlikdagi infraqizil nurlarni (0,76 dan 750 mkm gacha) tanlab yutishiga asoslangan. Bu gaz analizatorlarida, odatda faqat to'lqin uzunligi 2,5—25 mkm bo'lgan nurlardagina foydalaniladi. Agar gaz qatlami orqali infraqizil nurlar o'tkazilsa, ulardan faqat tebranish chastotasi gaz molekularining xususiy tebranish chastotalariga teng bo'lgan nurlargina yutiladi. Bu yerda yutilgan nurlarning energiyasi molekularning kinetik energiyasini ko'paytirishga sarflanadi va issiqlik tarzida tarqaladi. Molekularning tebranish chastotasidan farq qilinadigan chastotadagi nurlar esa gazdan o'zgarmasdan o'tadi. Har qaysi gaz o'ziga xos spektrlar sohasidagi ma'lum xossalari radiatsiyani yutadi, masalan, uglerod oksidi 4,7 mkm qiymatdagi, uglerod qo'shoksida — 2,7 va 4,3 mkm qiymatlardagi, metan — 3,3 va 7,65 mkm qiymatdagi radiatsiyalarni yutadi. Bu esa optik-akustik usullar bilan gazlarni tahlil qilishni tanlab o'tkazishga imkon beradi.

Tanlab yutish hodisasi Lambert-Ber qonuni bilan ifodalanadi, u to'lqin uzunligi λ bo'lgan monoxromatik nurlanish uchun quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$C = (I/K_{\lambda} \cdot l) \cdot \lg(j_0/j), \quad (6.5)$$

bu yerda: C — tekshirilayotgan gaz namunasida yutadigan moddaning konsentratsiyasi; K — to'lqin uzunligi λ bo'lganda moddaning yutish koeffitsiyenti; l — namuna

qatlarning qalinligi (kyuvetning uzunligi); j_0, j — namuna olinguncha va namuna olingandan keyingi nurlanish jadalligi.

Sanoatda foydalaniladigan infraqizil yutilishli optik-akustik gaz analizatorlarida vaqt-vaqti bilan infraqizil nurlar o'tkazib turiladigan kyuvet bo'yicha yo'naltirib turiladigan murakkab gaz aralashmasi tekshirilayotgan gaz namunasi bo'lib xizmat qiladi. Bu yerda nurlarning bir qismi yutiladi, bir qismi esa ikkinchi asbob bilan bog'langan sezgir elementga tushadi.

Nurlar namunadan o'tganidan keyin integral nurlanishlar farqini o'lchaydigan sezgir element sifatida tanlovchi nur qabul qilgichidan foydalaniladi. Bu qabul qilgich tahlil qilinadigan komponent bilan to'ldirilgan kameradan iborat bo'lib, infraqizil nurlar o'tishi uchun tuynuk bilan jihozlangan. Agar nur 1 qabul qilgichiga vaqt-vaqti bilan infraqizil nurlar tushib tursa, u holda kamerada turgan gaz vaqt-vaqti bilan isib-sovib turadi.

O'zgarma hajmli kamerada turgan gaz haroratining o'zgarishi natijasida uning bosimi ham o'zgaradi, bosimning bu o'zgarishini nur qabul qilgich ichida turgan membrana qabul qiladi. Nur qabul qilgich bitta gaz bilan to'ldirilgani uchun nur energiyasini yutish jarayoni tanlovchi bo'ladi va u bilan bog'liq bo'lgan harorat hamda bosim o'zgarishlari nur qabul qilgichni to'ldirib turgan gazning yutish spektriga mos keluvchi ma'lum to'lqin uzunligidagina sodir bo'ladi. Gaz aralashmasi o'tkaziladigan kyuvetda, aniqlanayotgan komponentning konsentratsiyasiga qarab, nur energiyasi oqimi susayadi, shuning uchun nur qabul qilgich kamerasida harorat va bosimning o'zgarish amplitudasi bu komponentning gaz aralashmasidagi miqdoriga teskari mutanosib ravishda o'zgaradi.

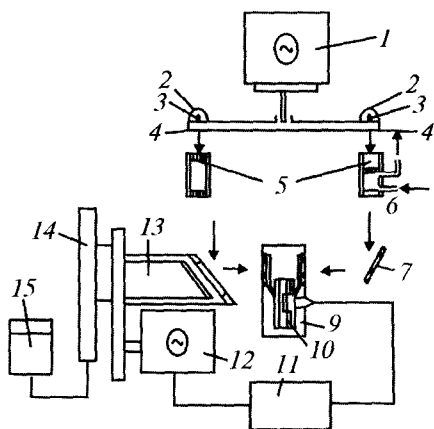
O'lchash sxemalariga ko'ra optik-akustik gaz analizatorlari ikki guruhga: kompensatsion va bevosita o'lchash analizatorlariga bo'linishi mumkin.

6.5-rasmda optik-akustik gaz analizatori OA-2209 ning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan, u gaz aralashmalarida uglerod qo'shoksidini aniqlash

uchun mo'ljallangan. Gaz analizatori uzluksiz ishlaydigan avtomatik asbob bo'lib, qabul qilgich bloki va ikkilamchi asbob KSU2 dan iborat.

Gaz aralashmasidagi tahlil qilina-yotgan komponentning miqdori kompensatsion usul bilan o'lchanadi. Elektr toki qizdiradigan ikkita nixrom spiral 3 infraqizil nurlanish manbayi bo'lib xizmat qiladi.

Nurlarning yo'nalgan oqimini hosil qilish uchun har qaysi spiral qay-targich 2 ning fokusiga joylashtirilgan. Infraqizil nurlar oqimi qizigan spiral-lardan ayni bir vaqtda obturator 4



6.5- rasm. Optik-akustik kompensatsion gaz analizatorining sxemasi.

yordamida 5 Hz chastota bilan uziladi va ikki optik kanalga yo'naltiriladi, obturatori sinxron dvigatel 1 aylantiradi.

O'ng kanalda infraqizil nurlarning uzlukli oqimi filtrlash kamerasi 5 va ish miqdori kompensatsion usul kamerasi 6 dan ketma-ket o'tib, qaytaruvchi plastina 7 ning ortiga tushadi va undan nur qabul qilgich 9 ning o'ng silindri 8 ga yo'naladi. Chap kanalda infraqizil nurlarning uzlukli oqimi filtrlash kamerasi 5 va kompensatsiyalovchi kamera 13 dan o'tib, nur qabul qilgich 9 ning chap silindriga tushadi. Faqat o'lchanmaydigan komponent bilan to'ldirilgan filtrlash kameralari 5 gaz analizatorlarning xatoligini qo'shimcha ravishda kamaytirishga imkon beradi, bu xatoliklarga gaz aralashmasida o'lchanmaydigan komponentlar miqdorining o'zgarishi sabab bo'ladi. Kompensatsiyalovchi kamera 13 chap kanaldagi infraqizil nurlar oqimining yo'lida gaz aralashmasi qatlamining qalinligini o'zgartirish, shuningdek, bu oqimning yo'nalishini o'zgartirish uchun xizmat qiladi.

Tekshirilayotgan gaz aralashmasi ishchi kamera 6 orqali uzluksiz o'tib turadi. Agar aralashmada tahlil qilinayotgan komponent bo'lmasa, u holda nur qabul qilgichning kamerasiga infraqizil nurlarning bir xil oqimlari keladi, membrana tebranmaydi va nur qabul qilgichdan signal chiqmaydi. Agar gaz aralashmasida izlanayotgan komponent bo'lsa, u holda ishchi kamera 6 da infraqizil nurlarning qisman yutilishi natijasida nur qabul qilgichning o'ng silindriga ularning zaiflashgan oqimi, chap silindriga esa zaiflashmagan oqimi kiradi. Bu esa silindrlardagi gaz harorati va bosimining farqlari hosil bo'lishiga olib keladi.

Obturator uzluksiz nur chiqarib turganida nur qabul qilgich silindrlaridagi gaz soviydi va bosim kamayadi, natijada silindrlarda bosimning vaqt-vaqti bilan pulsatsiyalanishi yuz beradi. Gaz analizatorning ko'rsatishlari aniqligini oshirish uchun silindrlariga inert gazlari qo'shilgan tahlil qilinayotgan gaz to'ldiriladi. Nur qabul qilgichning silindrlari faqat tahlil qilinayotgan komponent va infraqizil nurlarga inert bo'lgan azot bilan to'ldirilganligi uchun bosimning pulsatsiyalanishi faqat tahlil qilinayotgan gaz yutadigan nurlanish spektri hisobigagina vujudga keladi. Shunday qilib, asbobda tanlab yutishga va tahlil qilishga erishiladi.

Nur qabul qilgich 9 da bosimning o'zgarishi kondensatorli mikrofon 10 da o'zgaruvchan tokka aylanadi. Bu tok kuchaytirgichida kuchaytirilib, reversiv dvigatel 12 ga beriladi va uning rotori aylana boshlaydi. Bu yerda kompensatsiyalovchi kamera 13 ning qaytaruvchi porsheni biror tomonga surilib, yutuvchi qatlamning qalinligini oshiradi yoki kamaytiradi. Nur qabul qilgich silindrlariga tushayotgan nur oqimlari bir-biriga teng bo'lib qolgan paytda nur qabul qilgichdan chiqayotgan elektr signali yo'qoladi va dvigatel to'xtaydi. Shunday qilib, kamera 13 porshenining vaziyati doimo tahlil qilinayotgan komponent konsentratsiyasiga mos keladi. Porshenning bu vaziyati o'z navbatida reoxord 14 orqali ikkilamchi asbob 15 bilan qayd etiladi. Uglerod qo'shoksadini o'lchash chegaralari 0—1 dan 0—100 % gacha. Asosiy xatolik

$\pm 2,5$ %. Gaz aralashmasi sarfi $8,3 \text{ sm}^3/\text{s}$, bosim $0,3 \text{ kPa}$. Ko'rsatishlarni aniqlash vaqti 30 s . Chiqish signali $0-5 \text{ mA}$.

Bayon qilingan OA-2209 turidagi gaz analizatori differensial (ikki nurli, ikki kanalli) kompensatsiyalovchi asbobdir. Uning asosiy kamchiligi nurlatkichlarning eskirishi, ish kyuvetlarining ifloslanishi, shishalar shaffofligining o'zgarishi va shu kabilar tufayli shkala noli vaziyatining o'zgarib turishidir.

Bevosita o'lchaydigan bir nurli gaz analizatorida nolning turg'unligi ancha yuqori bo'ladi. Bu asbob differensial asbobga qaraganda tanlovchanligi yuqoriligi bilan farq qiladi. Masalan, metanni tahlil qilishda SO_2 , SO va namning ta'siri bir nurli asbob uchun ikki nurli asbobga qaraganda $3-5$ marta kam bo'ladi.

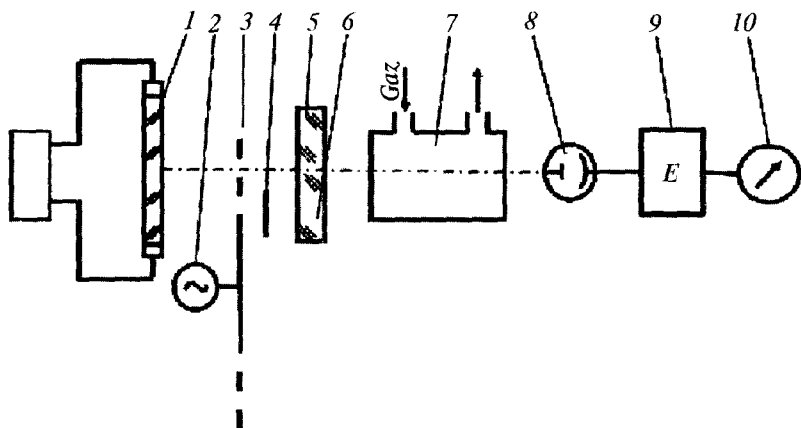
Ultrabinafsha nurlari yutiladigan gaz analizatorlarida havodagi simob bug'lari konsentratsiyasini, xlor, vodorod sulfid, azot qo'shoksidi va boshqa moddalarning konsentratsiyasini o'lchashda qo'llaniladi.

Ultrabinafsha nurlarning manbayi simobli lampalar bo'lib, ular chiqargan nurlarning ko'p qismi ultrabinafsha nurlar bo'ladi. Nurlanishni qo'shimcha monoxromatlash uchun shisha svetoforlardan foydalaniladi, ular tahlil qilinayotgan modda yutilishining maksimumi vaziyatiga qarab tanlanadi.

Ultrabinafsha nurlanishni elektr signaliga aylantirish uchun fotoelementlar va fotorezistorlardan foydalaniladi.

Amalda ultrabinafsha nurlarni yutadigan elektr kompensatsiyali ikki nurli gaz analizatorlari, optik kompensatsiyali gaz analizatorlari, shuningdek, bevosita o'lchaydigan, ultrabinafsha nurlarni yutadigan bir nurli gaz analizatorlari ham ishlatiladi.

6.6- rasmda bir nurli ultrabinafsha nurlarni yutadigan gaz analizatorning blok sxemasi ko'rsatilgan. Asbobda bitta manba 1 va bitta foto qabul qilgich 8 bor. Manbaning nurlanishini elektr dvigatel 2 aylantiradigan obturator 3 uzadi va u qarama-qarshi fazalarda o'zgaradigan ikkita bir xil oqimga bo'linadi. Bu oqimlarning har qaysisi tegishli optik yorug'lik filtri — ishchi filtr 5 va taqqoslash filtri 6 dan o'tadi.



6.6- rasm. Bir nurli ultrabinafsha gaz analizatorining blok sxemasi.

Filtrlarning shaffoflik polosalari berkitilmaydi va f_1 , f_2 chastotalar chegarasida to'plangan bo'ladi. Nurlarning filtrlangan oqimlari ishchi kyuvet 7 dan o'tadi, bu kyuvet orqali nurlanishni f_1 chastotada yutadigan tahlil qilinayotgan gaz kyuvet 7 ga haydaladi, so'ngra oqim umumiy nur qabul qilgichga keladi. Kyuvet 7 da tahlil qilinayotgan, komponent bo'lmaganida ishchi va taqqoslash oqimlarining jadalligi nolni rostlash zaslonkasi 4 ni surish yo'li bilan baravarlashtiriladi.

Bu holda tizim muvozanatlashadi va foto qabul qilgichdan olinadigan farq signali nolga teng bo'ladi. Tahlil qilinayotgan gaz kyuvetga kirganida f_1 chastotadagi nurlanish oqimining jadalligi kamayadi, f_2 chastotasidaginki esa o'zgarishsiz qoladi.

Foto qabul qilgich chiqishida farq signali hosil bo'ladi va u kuchaytirgich 9 da kuchaytiriladi. Farq signalining amplitudasi tahlil qilinayotgan komponent konsentratsiyasining o'lchovi bo'lib xizmat qiladi. Konsentratsiya ikkilamchi asbob 10 bilan o'lchanadi.

Harorat tufayli yuzaga keladigan xatoni yo'qotish uchun asbob termostatlanadi. O'lchash chegaralari 0—30 mg/l; massa bo'yicha 0—3 %; asosiy xatolik shkala diapazonining ± 4 % i atrofida.

Elektr-kimyoviy gaz analizatorlari. Elektr-kimyoviy usullardan gazlarni va bug'larni uzluksiz tarzda avtomatik tahlil qilishda foydalaniladi. Ayniqsa, bu usullar havodagi mavjud zaharli gazlarning mikrokonstratsiyasini, toza gazlar ishlab chiqarishda ifloslantiruvchi gazlar konstratsiyasini, shuningdek, suyuqliklarda erigan gazlar konstratsiyasini aniqlash uchun keng qo'llaniladi.

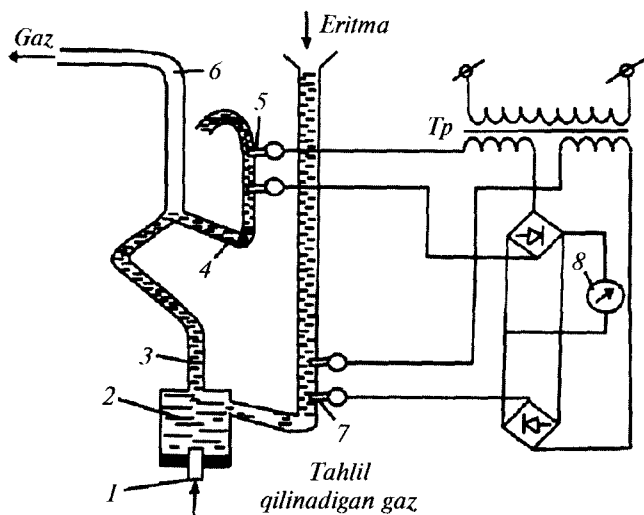
Elektr-kimyoviy gaz analizatorlarida biror komponentning konstratsiyasi aniqlanayotgan komponent bilan reaksiyaga kirishgan gaz aralashmasining elektr-kimyoviy xossalarning o'zgarishiga qarab aniqlanadi. Quyida eng ko'p tarqalgan asboblarning ko'rib chiqiladi.

Konduktometrik gaz analizatorlari gaz aralashmasining o'lchanadigan komponentini absorbsiyalovchi yutuvchi eritmalarining elektr o'tkazuvchanligini o'lchashga asoslangan.

Kontaktli konduktometrik usullar yutuvchi eritma o'lchash yacheykasining elektrodlari bilan bevosita kontaktlashishi bilan xarakterlanadi. Bu asboblarning murakkab qurilmalar bo'lishini talab qilmaydi, ko'rsatishlarni bevosita hisoblab borishga imkon beradi, tayyorlanishi va ishlatilishi sodda.

Yutuvchi eritma sifatida, odatda, shunday eritma tanlanadiki, u tahlil qilinayotgan komponent bilan qaytmas reaksiyaga kirishadi.

Dissotsiatsiyalangan molekullar soni kamayishi natijasida eritmaning elektr o'tkazuvchanligi yutilgan komponent miqdoriga mutanosib ravishda kamayadi. Yutuvchi eritmalar tahlil qilinayotgan komponent bilan qaytmas reaksiyaga kirishi natijasida asbob kanalchalarining devorlarida hamda o'lchash elektrodlarida cho'kmalar hosil bo'ladi, bu esa o'lchash natijalarini xato ko'rsatadi va komponentlarning mikrokonstratsiyalarini aniqlashda gaz analizatorlaridan foydalanishni cheklab qo'yadi.



6.7- rasm. Konduktometrik gaz analizatorining sxemasi.

Konduktometrik o'lchashlar uchun o'lchanayotgan komponent absorbsiyasining qaytar reaksiyalaridan ham foydalanish mumkin. Ularning afzalliklari: reaksiyalarda cho'kmalar absorbsiyalanmaydi va yutuvchi eritmalarning regeneratsiyalanish imkoni bor. Biroq, ko'pgina hollarda bunday yutuvchi eritmalarning tanlash darajasi kam bo'ladi.

6.7-rasmda konduktometriya prinsipida ishlaydigan gaz analizatorining sxemasi keltirilgan. Tahlil qilinadigan gaz kapillar naycha 1 orqali o'tadi va reaksiya boradigan idish 2 hamda chulg'amli naycha 3 ga beriladi, u yerda aniqlanadigan komponent o'zgarmas tezlikda berib turiladigan elektrolit eritmasi bilan absorbsiyalanadi. Shundan keyin elektrolit eritmasi bir juft elektrodleri 5 turgan o'lchash yacheykasidan o'tadi, gaz fazasi esa gaz analizatoridan naycha 6 orqali chiqariladi. Taqqoslash elektrodleri 7 naychada turadi, bu naycha orqali elektrolitning yangi eritmasi beriladi.

Shunday qilib, gaz analizatorlarida elektrolit eritmasining elektr o'tkazuvchanligi o'lchanayotgan komponent absorbsiyalanguncha va absorbsiyalangandan keyin o'lchanadi. O'tkazuvchanlik qiymatlaridagi farqlar aniqlanadigan komponentning ikkilamchi asbob 8 yordamida o'lchanadigan konsentratsiyasiga mutanosib bo'ladi. Elektroliz vaqtida cho'kmalar hosil bo'lishining oldini olish uchun yacheyka elektrodleriga o'zgaruvchan kuchlanish beriladi, keyin bu kuchlanish to'g'rilanadi.

Elektr o'tkazuvchanlikni o'lchashga asoslangan gaz analizatoridan O_2 , CO_2 , H_2S , SO_2 , NH_3 , suv bug'i va boshqa komponentlarni tahlil qilishda foydalanish mumkin.

Kulonometrik gaz analizatorlari elektroliz vaqtida sarflangan elektr miqdorini o'lchashga asoslangan. Faradey qonuniga ko'ra, elektrolizda G

miqdordagi modda ajralib chiqishi uchun eritma orqali τ vaqt mobaynida I tokni o'tkazish zarur:

$$G = M \cdot \tau(96492 \cdot n) , \quad (6.6)$$

bu yerda: M — oksidlangan yoki tiklangan (qaytarilgan) moddaning molekular massasi; n — elektroliz jarayonida qatnashuvchi elektronlar soni.

Elektroliz vaqtida ajralib chiqqan modda gaz aralashmasining tahlil qilinayotgan komponenti bilan batamom bog'lanadi, shu tufayli komponent konsentratsiyasining o'lchovi bo'lib o'tayotgan tok I xizmat qiladi. Tok eritmaning neytrallanishi ta'minlanadigan qilib tanlanadi.

Kulonometrik gaz analizatorlari o'lchashning kompensatsion usuli qo'llanilganligi tufayli o'lchash natijalarining yuqori aniqligini ta'minlaydi, ularning ko'rsatishi gazning namligiga, bosimiga, haroratiga, atrof-muhitning parametrlariga bog'liq bo'lmaydi.

Havodagi SO_2 , H_2S , Cl_2 , O_3 larning mikrokonstratsiyasini o'lchashga mo'ljallangan „Atmosfera 1“ va „Atmosfera 2“ gaz analizatorlar mavjud.

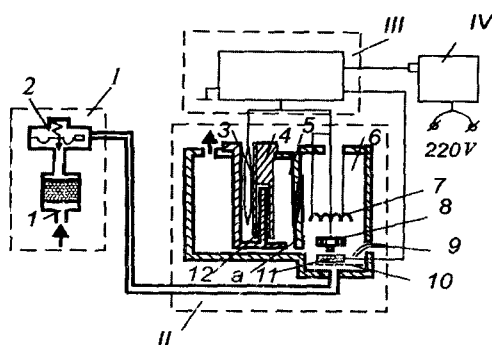
Polarografik gaz analizatorlari indikatorli, taqqoslovchi va yordamchi elektrodlari bor uch elektrodli elektrolitik yacheyka zanjirida diffuzion tokning chegaraviy kuchini o'lchashga asoslangan. O'lchashda indikator elektrod bilan taqqoslash elektrod o'rtasidagi potentsiallar farqi nazorat qilinadi, taqqoslash elektrodining potentsiali o'zgarmas bo'ladi. Potentsiallar farqi ta'minlash blokidan olinadigan tayanch kuchlanish bilan taqqoslanadi. Potentsiallar farqi tayanch kuchlanishdan uzilganida elektrodlarga beriladigan kuchlanish o'zgaradi, buning natijasida potentsiallar farqi bilan tayanch kuchlanishning tengligi tiklanganiga qadar yordamchi va indikatorli elektrodlar potentsiallar farqi o'zgaradi. Agar elektrodda elektr-kimyoviy jihatdan aktiv moddalar bo'lmasa, indikatorli elektrod qutblanadi va o'lchash zanjirida tok kuchi nolga teng bo'ladi.

Yacheykaga elektr-kimyoviy jihatdan aktiv modda kiritilsa, o'lchash zanjirida tok paydo bo'lib, uning kuchi moddalar konsentratsiyasiga mutanosib bo'ladi.

Kislorodni tahlil qiladigan polarografik gaz analizatorining gazlardan tozalangandagi sxemasi 6.8- rasmda ko'rsatilgan.

Gaz analizatori namuna tayyorlash bloki I, yacheyka II, ta'minlash bloki III, potentsiometr IV dan iborat. Indikatorli elektrod 8 va yordamchi elektrod 7 indikator kamerasi 6 da joylashtirilgan sterjenga o'rnatilgan. Taqqoslash elektrod 3 kamera 5 ga zaxira elektrolit bilan birga joylashgan alohida korpus 4 da joylashgan va ish elektroliti bilan osh tuzidan tayyorlangan ko'priq 12 yordamida birlashgan. Indikator kamerasida elektrolitning talab etilgan sathini saqlab turish uchun a va b kanallar xizmat qiladi. Indikator kamerasiga kameraning ish hajmini termostatlash uchun qizdirish elementi II va harorat indikator 9 o'rnatilgan.

Indikatorli va yordamchi elektrodlar oltindan tayyorlangan, taqqoslash elektrod 1 sifatida esa to'yintirilgan kalomel yoki kumush yugurtirilgan xlor



6.8- rasm. Polarografik gaz analizatorining sxemasi.

elektrodlardan foydalaniladi. Yacheykada elektrolit yordamida kislorodni aniqlashda NaOH ning 0,1 li eritmasi yoki NHCO_3 ning 0,1 li eritmasi ishlatilishi mumkin.

Gaz analizatoriga beriladigan gaz namunani mexanik qo‘shilmalardan tozalaydigan filtr 1 orqali yuboriladi. Namunani berish tezligi sarf rostlagichi yordamida rostlanadi. Shundan keyin gaz yacheykaga keladi, elektrolitda o‘z bosimiga mutanosib ravishda eriydi. Tahlil qilinayotgan

gaz elektrolit ustida yig‘ilib, elektrolitni indikatorli kameradan siqib chiqaradi, kanal *a* ning pastki kesigi sathiga qadar, so‘ngra zaxira elektrolit bilan kamera orqali barbotirlanib, atmosferaga chiqarib tashlanadi.

Gaz analizatori kislorodning beshta o‘lchash diapazoniga ega: 0—0,1; 0—0,2; 0—0,5; 0—1; 0—2. Asosiy xatolik o‘lchash diapazonining $\pm 5\%$ iga teng.

Termokimyoviy gaz analizatorlari. Bu gaz analizatorlarining *ishlashi* kislorodning boshqa gazlar bilan katalizatorlar ishtirokida o‘tadigan reaksiyasining issiqlik samarasini o‘lchashga asoslangan. Mazkur asboblarning ikki guruhi keng tarqalgan.

Asboblarning birinchi guruhida yonish katalitik aktiv bo‘lgan platina tolada sodir bo‘ladi, bu tola ayni bir vaqtda sezgir element — o‘lchash ko‘prigining yelkasi hisoblanadi. Bu guruhdagi asboblarda tahlil qilish aniqlanadigan komponent yonganida haroratning ortishini o‘lchashga asoslangan.

Ikkinchi guruh asboblarda oksidlanish reaksiyasi katalizator qatlamida sodir bo‘ladi, reaksiyaning issiqlik samarasi esa qarshilik termometri yoki shu katalizatorlarda joylashtirilgan termobatereya bilan o‘lchanadi.

Birinchi guruh termokimyoviy gaz analizatorlarining prinsipial sxemasi 6.9-rasmda keltirilgan. Gaz analizatorining o‘lchash sxemasi o‘zgarmas yoki o‘zgaruvchan tokda ishlaydigan muvozanatlashmagan ko‘prikdan iborat. Ishchi yacheyka deb yuritiladigan oqim o‘lchash yacheykasi ko‘prikning bitta yelkasi R_1 ni hosil qiladi. Ko‘prikning R_2 yelkasini hosil qiladigan taqqoslash yacheykasi o‘z parametrlari va tuzilishi jihatidan ishchi yacheykaga ekvivalent bo‘lib, havo to‘ldirilgan bo‘ladi. Ko‘prikning R_3 , R_4 yelkalari o‘zgarmas qarshiliklar bo‘lib, ular manganindan tayyorlangan. Ko‘prikli sxemaning noli reostat R_5 bilan o‘rnatiladi. Tahlil qilinayotgan komponentning yonishida haroratning ortishi bilan platina tolasi elektr qarshiligining o‘zgarishi o‘lchash ko‘prigi muvozanatining buzilishiga olib keladi. Muvozanat buzilgandagi tok kuchi gaz aralashmasidagi komponent miqdoriga mutanosib bo‘ladi. O‘lchash asbobi tahlil — nazorat qayta ulagichi yordamida sxemaga kiritilgan maxsus

o'zgarimas rezistorga ulanadi, asbobning strelkasi R_5 reostat strelkasi bilan talab etilgan reper (tayanch) nuqtaga qo'yiladi. Millivoltmetrning shkalasida platina tolasini qizdiradigan, turli komponentlarni tahlil qilish uchun zarur bo'lgan tok kuchini qo'yadigan uchta tayanch nuqta bor.

Bu turdagi asboblarda, asosan, havodagi yonuvchi (metan, benzin bug'lari va h.k.) gazlarning portlash xavfini yuzaga keltiradigan konsentratsiyasining indikatorlari va analizatorlari sifatida ishlatiladi. Ular ko'pincha ko'chma (ko'tarib yuradigan) turda chiqariladi. O'lchash xatoligi taxminan $\pm 10\%$.

Sanoat binolari xonalari havosining yonuvchi gazlar bilan ifloslanishini avtomatik nazorat qilish uchun yonuvchi gazlarga mo'ljallangan SGS turidagi, metanga mo'ljallangan CMC turidagi, benzina mo'ljallangan GPB turidagi va boshqa signalizatorlar ishlab chiqariladi.

Fotokolorimetrik gaz analizatorlari. Bu gaz analizatorlarida erigan moddaning konsentratsiyasi eritma yoki lentaning jadal bo'yalishiga qarab aniqlanadi. Suyuqlik va lentali fotokolorimetrik gaz analizatorlari gazlarning mikrokonsentratsiyasini aniqlash uchun ishlatiladi. Bu gazlar (H_2S , SO_2 , NH_3 , Cl_2 , NO , NO_2) maxsus tanlangan reaktivlar bilan rangli reaksiyaga kirishadi. Bu asboblarning fizikaviy asosi Buger-Lambert-Ber qonunidir. Bo'yalgan komponentlar (yoki reaksiyaga kirgan gaz massasi) ning konsentratsiyasi quyidagi ifoda bo'yicha aniqlanadi:

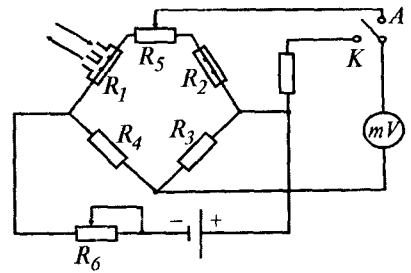
$$C = D_\lambda / (\varepsilon_\lambda \cdot l_\lambda) \quad (6.7)$$

bu yerda: D_λ — optik zichlik; ε_λ — yutilish koeffitsiyenti; l_λ — kyuvetning uzunligi.

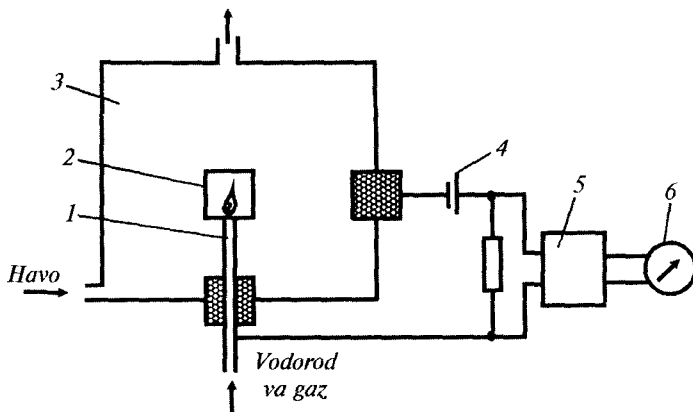
Fotokolorimetrik tahlil qilish usuli yuqori sezgirlikka va tanlovchanlikka ega. Bu usul sezgirligining yuqoriligi tahlil qilinadigan komponentni eritmada yoki indikator lentasida yig'ish imkoniyati borligi bilan belgilanadi. Usulning tanlovchanligi yuqoriligiga tahlil qilinayotgan komponent bilan reaktiv-indikator o'rtasidagi reaksiya sabab bo'ladi.

6.10-rasmda eritma yoki gaz davriy ravishda uzatiladigan FKG turidagi fotokolorimetrik gaz analizatorining sxemasi ko'rsatilgan. Asbobda ikki optik kanal: ishchi va taqqoslash kanallari bo'lib, ularning ichida ishchi kyuvet 4 va taqqoslash kyuveti 12 joylashtirilgan.

Absorbsiyalovchi eritma bak 15 dan nasos yordamida taqqoslash kyuveti orqali dozator 6 ga haydaladi. Dozator to'kish naychasi 7 bor bo'lib, u orqali ortiqcha eritma bakka qaytib qo'yiladi. Buyruq beruvchi rele belgilaydigan teng vaqt oraliqlarida elektromagnit klapan 3 ishga tushadi, u kyuvet 4 dagi ishlab bo'lgan eritmani bakka chiqarib yuboradi, bu yerda eritma



6.9- rasm. Termokimyoviy gaz analizatorining sxemasi.



6.11- rasm. Alanga-ionli gaz analizatorining sxemasi.

FSL turidagi lentali gaz analizatorlarining boshqa rusumlari ishlab chiqarish xonalari va texnologik liniya havosidagi fosgen, vodorod sulfid, sianid kislotani aniqlash uchun chiqariladi. Ishlab chiqarish xonalarining havosidagi ammiak miqdorini $0-3 \cdot 10^{-3}$ va $0-3 \cdot 10^{-2}$ % chegarasida aniqlash uchun FSL1,107 turidagi fotokolorimetrik gaz analizatorlari ishlab chiqariladi.

Lentali fotokolorimetrik gaz analizatorlari uchun ishchi eritma sarfining juda kamligi va u bilan bog'liq bo'lgan yuqori sezgirlikka erishish osonligi xarakterlidir, chunki gazlarning reaksiyaga kiruvchi miqdori bilan erigan miqdorining nisbati juda katta bo'lishi mumkin. Biroq lentali sirti bir jinsli bo'lmaganligi va boshqa bir qancha omillar ta'siri tufayli lentali fotokolorimetrik gaz analizatorlarining xatoligi suyuqlikli fotokolorimetrik gaz analizatorining xatoligidan yuqoridir.

Ionli gaz analizatorlari. Ionli gaz analizatorlaridan havodagi zararli moddalarni aniqlashda, shuningdek, portlash xavfi bor gaz aralashmalarini nazorat qilishda foydalaniladi. Ular ishlash prinsipi bo'yicha ikki guruhga: *alangali-ionli va aerezolli-ionli* gaz analizatorlariga bo'linadi.

Alangali-ionli gaz analizatorlari organik moddalarning vodorod alangasida ionlashuviga asoslangan. Alangali-ionli o'zgartkich elektr maydonga joylashtirilgan vodorod gorelkasidan iborat. Sof vodorod yonganida ionlar deyarli hosil bo'lmaydi, shuning uchun sof vodorodning elektr o'tkazuvchanligi juda ham past bo'ladi. Organik moddalarning alangasi paydo bo'lganida ularning ionlashuvi sodir bo'ladi va alanganing elektr o'tkazuvchanligi keskin ortadi.

Bu gaz analizatorining prinsipial sxemasi 6.11-rasmda keltirilgan. O'ltinchash elektrodlaridan biri gorelka 1 bo'lib, unga manba 4 dan 60—300 V li o'zgarmas kuchlanish beriladi, gorelka korroziyaga bardoshli po'lat yoki titandan tayyorlanadi. Ikkinchi (kollektorli deb yuritiladigan) elektrod o'rnida yupqa devorchali silindr xizmat qiladi, u gorelka 1 bilan o'qdosh bo'lib, nodir metallar (platina, oltin, titan) dan tayyorlanadi. O'zgartkichning ionlanish kamerasiga yonishni saqlab turish va vodorodning yonish mahsuloti bo'lgan suvning kondensatsiyalanishining oldini olish uchun havo kiritib turiladi.

O'zgartkich zanjirida ionlanish tokining paydo bo'lishiga reaksiya davomida elektrodalarda musbat va manfiy zaryad eltuvchilarning hosil bo'lishi sabab bo'ladi. Ionlanish tokining kuchi $10^{-7} - 10^{-8}$ A dan oshmaydi. Shu munosabat bilan o'zgartkichning tok signali o'zgarimas tok kuchaytirgichi 5 ga beriladi. Kuchaytirilgan signal ikkilamchi asbob 6 ga (masalan, avtomatik potensiometr ga yoki signallash qurilmasiga) keladi, bu qurilma konsentratsiya berilgan qiymatidan ortib ketganida signal chiqaradi.

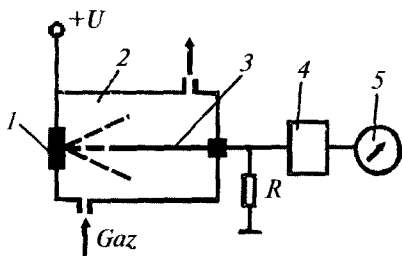
Aerazolli-ionli gaz analizatorlari gazni tahlil qiladigan radioizotopli asboblarga taalluqli bo'lib, ularda gaz muhitining fizik parametri — gazlarning elektr o'tkazuvchanligi, ionlanuvchi nurlanish ta'sirida bo'lgan gazlarning elektr o'tkazuvchanligi o'lchanadi. Bu asboblarda gazning yoki aktiv izotop ko'rinishidagi ichki ionlanish manbayiga ega bo'lgan ionlanish tok kamerasi sezgir element bo'lib xizmat qiladi. Muhitning nazorat qilinayotgan komponenti konsentratsiyasining o'lchovi bo'lib, kameraning elektrodleri orasida ularga kuchlanish berilganda hosil bo'ladigan ionlanish toki xizmat qiladi.

Bu gaz analizatorlarining xususiyati shundan iboratki, ularda nazorat qilinayotgan komponent oldin aerazol holatiga keltiriladi. Bu yerda hosil bo'ladigan aerazol zarralari soni nazorat qilinayotgan komponent konsentratsiyasiga mutanosib bo'lib, ionlanish tokining o'lchanayotgan kuchining o'zgarishini aniqlaydi.

Aerazol zarralari ta'sirida kamera ionlanish toki I ning o'zgarishi quyidagi munosabat bilan ifodalanadi:

$$I = I_0 \cdot e^{-CN\tau}, \quad (6.8)$$

bu yerda: I_0 — kamerada aerazol zarralari bo'lmagandagi boshlang'ich tok kuchi; N — Brikard doimiysi bo'lib, uni gaz ionlarining aerazol zarralarga o'tirish ehtimoli borligi nuqtayi nazaridan aniqlanadi; C — gazdagi aerazol zarralarining konsentratsiyasi; τ — gaz ionlarining kamera ichida „yashash“ vaqti bo'lib, uni ionlanish kamerasining tuzilishi va elektr maydonning kuchayishiga qarab aniqlanadi; r — aerazol zarralarining o'rtacha radiusi.



6.12-rasm. Aerazol-ionli gaz analizatorining sxemasi.

6.12-rasmda aerazolli-ionli gaz analizatorining prinsipl sxemasi ko'rsatilgan. Nurlanish manbai 1 va ionlar kollektori 3 joylashtirilgan ionizatsion oqim kamerasi 2 ga gaz sarfi uyg'otgichi bilan tahlil qilinayotgan havo so'rib olinadi. Ayni bir vaqtda kameraga tegishli kimyoviy reagentning bug'lari kiritiladi. Kamera ichida kimyoviy reaksiya sodir bo'lib, buning natijasida aniqlanayotgan komponent aerazolga aylanadi.

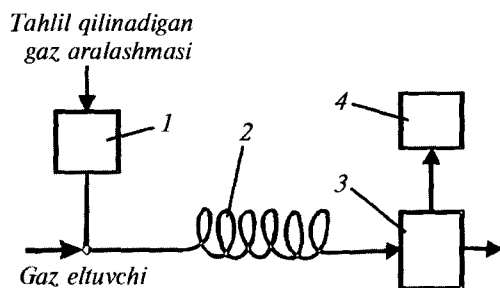
Ionizatsiya toki qarshiligi katta nagruzka rezistori R da kuchlanish tushuvini vujudga keltiradi, bu kuchlanish o'zgarma tok kuchaytirgichi 4 da kuchaytiriladi. Aerazol zarralarining konsentratsiyasiga ko'ra o'zgaradigan ionizatsion tokning kuchi aniqlanayotgan komponent konsentratsiyasining o'lchovi hisoblanadi. Ikkilamchi asbob 5 aniqlanayotgan komponentning konsentratsiyasini ko'rsatadi.

Asbobdan havodagi zararli moddalarni, shu jumladan, azot oksidlari, vodorod xlorid, ammiak, aminlar va boshqalarni nazorat qilishda foydalanish mumkin. Vazifasiga qarab gaz analizatorlari shkalasining yuqori chegarasi aniqlanayotgan komponentning 0,5 dan 50 mg/m³ miqdorida o'rnatiladi. Asosiy xatolik shkala chegarasining 10—15 % i atrofida.

Xromatografik gaz analizatorlari. Gaz analizatorlarining ko'rib o'tilgan hamma turlari gaz aralashmasidagi faqat bitta komponentning konsentratsiyasini aniqlashga imkon beradi. Xromatografik gaz analizatorlari (xromatograflar) ulardan farqli ravishda gaz aralashmasini to'la tahlil qilishga, ya'ni bu aralashmani tashkil etuvchi hamma gazlarning konsentratsiyasini aniqlashga imkon beradi.

Xromatografik ajratish yo'li bilan ko'p komponentli gaz aralashmalarini tahlil qilish uchun mo'ljallangan asboblarda *xromatograflar* deb ataladi. Ularning prinsipial sxemasi 6.13-rasmda keltirilgan. O'lchash jarayoni xromatografda ikki bosqichda o'tadi: oldin aralashma alohida komponentlarga ajratiladi, so'ngra aralashmadagi har qaysi komponentning miqdori o'lchanadi. Gaz aralashmasini ajratish kolonkasi 2 da sodir bo'ladi.

Bu kolonka yupqa naychadan iborat bo'lib, o'z sirtidagi gazlarni ushlab olish va tutib turish xususiyatiga ega bo'lgan modda — sorbent bilan to'ldirilgan bo'ladi. Tahlil qilinayotgan gazning dozatori 1 da o'lchab olingan porsiyasi davriy ravishda eltuvchi gaz deb ataladigan yordamchi gazning uzluksiz oqimiga berib turiladi. Kolonka orqali aralashma porsiyasi haydalganida tegishli komponentlarga ajraladi. Ajralish gazlarning turlicha absorbsiyalanishi tufayli yuz beradi. Absorbsiyalanish qancha yuqori bo'lsa, eltuvchi gaz molekularini sorbent sirtidan shuncha qiyinlik bilan ajratib oladi. Shuning uchun eltuvchi gaz kolonkaga to'xtovsiz kirib turib, undan komponentlarni navbati bilan siqib chiqaradi: oldin aralashmaning kuchsiz absorbsiyalanadigan komponenti, so'ngra qolganlarini. Shunday qilib, kolonkadan haqiqatan olganda binar aralashma chiqadi, uning komponentlaridan biri eltuvchi bo'lib, boshqasi tahlil qilinayotgan aralashma bo'ladi. Binar aralashmalar detektor 3 yordamida tahlil qilinadi.



6.13-rasm. Xromatografik gaz analizatorining sxemasi.

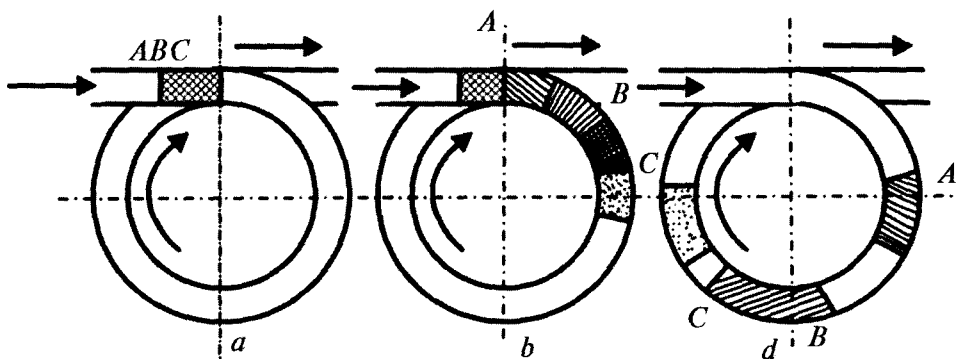
Detektorlarning eng ko'p tarqalgan turlaridan biri termokonduktometrik gaz analizatorlaridir. Detektorning chiqish signali qayd etuvchi asbob 4 ga beriladi.

Gazlarni tahlil qilish uchun gaz absorpsion va gaz taqsimlash xromatografiya usullari eng ko'p tarqalgan. Bularning birinchisida harakatchan faza — gaz va qo'zg'almas faza — maydalangan qattiq modda bo'ladi. Ikkinchi xil asboblarda harakatchan faza — gaz va qo'zg'almas faza — g'ovak asosga surtilgan suyuqlik bo'ladi. Gaz-absorpsion xromatograflarda komponentlarning ajralishiga ularning qo'zg'almas qattiq faza sirtiga turlicha absorpsiyalanishi, gaz taqsimlash xromatograflarda esa qo'zg'almas suyuq fazada turlicha erishi sabab bo'ladi.

6.14-rasmda gazlar aralashmasining komponentlarga gaz absorpsion usulda xromatografik ajralishining prinsipial sxemasi ko'rsatilgan. Gaz aralashmasining uchta *A*, *B* va *C* eltuvchi gaz yordamida uzun yupqa naycha — ajratish kolonkasi komponentlaridan tarkib topgan namunasi (6.14-rasm, *a*) orqali siqib chiqariladi, naycha spiral tarzida bukilgan va absorbent bilan to'ldirilgan bo'ladi.

Aralashma komponentlari turlicha absorpsiyalangan sababli ularning kolonkada harakatlanishi turlicha sekinlashadi. Ayni komponent molekulari qancha ko'p adsorbsiyalansa, ularning kechikishi shuncha katta bo'ladi va aksincha. Uning uchun aralashmaning ayrim komponentlari kolonkada turlicha tezlikda harakatlanadi. Ma'lum vaqtdan keyin (6.4-rasm, *b*) birinchi bo'lib kam absorpsiyalangan *C* komponent, undan keyin komponent *B* va nihoyat, eng ko'p absorpsiyalangan va shu sababli boshqalariga qaraganda sekinroq harakatlanadigan *A* komponent ketadi.

Keyingi vaqt oraliqlarida komponentlarning harakatlanish tezligi turlicha bo'lganligi tufayli komponentlar to'la ajraydi (6.14-rasm, *c*) va xromatografik kolonkadan ketma-ket yo eltuvchi gaz yoki eltuvchi gaz — komponentdan iborat binar aralashma chiqadi.



6.14-rasm. Gaz aralashmasini komponentlarga xromatografik absorpsion tarzda ajratish sxemasi.

Ko'p komponentli gazni tahlil qilishda komponentlar kolonkadan ularning molekular massalari ortib borishi tartibida chiqadi. Komponentlar ajralishining ma'lum o'zgarish sharoitlarida (harorat, eltuvchi gaz sarfi, absorbentning xossalari va h.k.) har qaysi komponentning ayni xromatografik kolonkadan o'tish vaqti, binobarin, uning chiqish vaqti o'zgarmaydi.

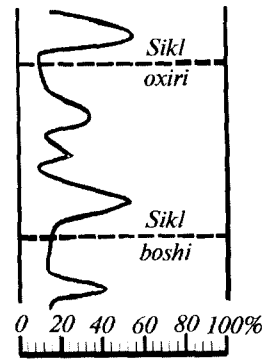
Shuning uchun har qaysi komponentning chiqish vaqti xromatografik tahlilning sifat ko'rsatkichi hisoblanadi.

Gaz-absorbtsion xromatografiyada eltuvchi gaz sifatida azot, geliy, havo va boshqa gazlardan foydalaniladi; absorbent sifatida esa aktiv ko'mir, silikagel, alumogel, magniy oksid va boshqalardan foydalaniladi.

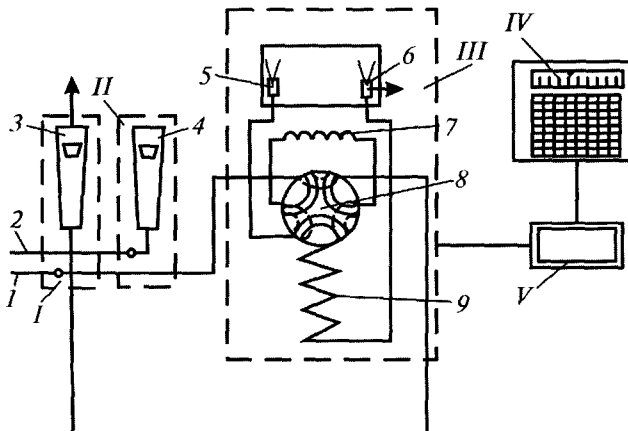
Tahlil natijalarini ikkilamchi asbob qayd etadi. 6.15- rasmda uch komponentli aralashmani tahlil qilish natijalarining lentali diagrammaga yozilishi ko'rsatilgan. Tahlil qilinayotgan aralashmaning xromatogrammasi bir nechta cho'qqi nuqtalari bo'lgan egri chiziqdan iborat. Sikl boshlangandan keyin cho'qqilarning paydo bo'lish vaqti aralashma komponentining turini, cho'qqining barcha cho'qqilar yig'indi yuziga keltirilgan yuzi esa ayni komponentning konsentratsiyasini belgilaydi.

Gaz-taqsimlash xromatografiyasida esa ko'p komponentli gaz aralashmalari xuddi shu tarzda tahlil qilinadi.

6.16-rasmda gaz-absorbtsion xromatografning sxemasi keltirilgan. Tahlil qilinadigan gaz namuna olish liniyasi I bo'yicha tahlil qilinadigan gazni tayyorlash paneli I ga keltiriladi, datchik III ga tushadi, kran-qayta ulagichdan o'tadi, dozalovchi spiral 7 dan va yana kran-almashlab ulagich 8 dan o'tadi va rotometr 3 orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi. Eltuvchi gaz ballondan



6.15-rasm. Gaz aralashmasining xromatogrammasi.



6.16-rasm. Gaz-absorbtsion xromatografning sxemasi.

liniya 2 bo'yicha tayyorlovchi paneli II ning rotametri 4 orqali beriladi, asbob datchigi detektorining taqqoslash kamerasi 5, almashlab ulagich 8, ajratish kolonkasi 9, detektorning o'lchash kamerasi 6 dan o'tadi va tashqariga chiqib ketadi.

Almashlab ulagich 8 bir-biriga ishqab moslangan ikkita plastinadan tayyorlangan bo'lib, ulardan biriga kanal qilingan va elektr dvigatel bilan aylantiriladi, shuning uchun u har 60° dan keyin ikki vaziyatni egallashi mumkin. 6.16-rasmda shunday vaziyat ko'rsatilganki, unda eltuvchi gaz almashlab ulagichga kelib, uning kanali bo'ylab ajratish kolonkasiga yo'naladi, tahlil qilinadigan gaz aralashmasi esa namuna oladigan almashtiriladigan spiral 7 dan o'tadi, u naycha ko'rinishida ishlangan bo'lib, hajmi 2, 3, 5 va 10 ml ni tashkil etishi mumkin.

Almashlab ulagichning plastinasi 60° ga burilganida uning kanallari rasmda shtrix chiziq bilan ko'rsatilgan vaziyatni oladi. Bu yerda eltuvchi gaz tahlil qilinyotgan belgilangan hajmdagi gaz namunasi dozalash spirali 7 dan ajratish kolonkasiga siqib chiqaradi, gaz aralashmasining asosiy oqimi esa bu vaqtda almashib, ulagichning boshqa kanali bo'yicha atmosferaga haydaladi. Almashlab ulagichning qo'zg'aluvchan plastinasi o'zgarimas vaqt oraliqlarida (3 dan 5 min gacha) taymer bilan avtomatik tarzda buriladi, bu vaqt tahlil qilinyotgan gaz aralashmasining tarkibi va uning ajralishiga qo'yiladigan talabga qarab o'rnatiladi.

Ajratish kolonkasi 9 zanglamaydigan po'latdan yoki misdan ichki diametrini 6 mm va uzunligini 2—10 m qilib (tahlil qilish sharoitlariga qarab) tayyorlangan hamda ichiga sorbent to'ldirilgan spiral naychadan iboratdir. Tahlil qilinyotgan aralashmaning namunasi kolonka 9 ga tushib, uni tashkil etuvchi komponentlarga ajratadi va detektorlarga yuboriladi.

Datchik detektori tahlil qilinyotgan gaz aralashmasi komponentlarining ajralishini aniqlash uchun xizmat qiladi. Uning ishlashi eltuvchi gaz va tahlil qilinyotgan komponent binar aralashmasi issiqlik o'tkazuvchanliklarining ayirmasidan foydalanishga asoslangan. Detektor zanglamaydigan po'latdan tayyorlangan massiv blokdan iborat bo'lib, uning ikkita kameralari 5 va 6 bo'ladi, hajmi taxminan $0,2 \text{ sm}^3$ keladigan bu kameralarda esa qarshilik termometrlari (termistorlar) bo'lib, ular o'lchash ko'prigining yelkasini tashkil qiladi. Datchik kamerasini termostatlashga harorat rostlagichi yordamida erishiladi.

Eltuvchi gaz detektorning kameralari 5 va 6 dan o'tganida har ikki kamerada issiqlik berish sharoiti bir xil bo'ladi. O'lchash sxemasi muvozanatda bo'ladi va ikkilamchi asbobning diagrammasida nol chiziq yoziladi. Almashlab ulagichning qo'zg'aluvchan plastinasi 60° ga burilganida eltuvchi gaz dozalash kamerasida ajratib qolingani namunani siqib chiqaradi va uni ajratish kolonkasiga yuboradi, u yerdan detektorning o'lchash kamerasiga goh eltuvchi gaz, goh tegishli binar aralashma beriladi. O'lchash kamerasiga issiqlik o'tkazuvchanligi sof gaz eltuvchining issiqlik o'tkazuvchanligidan boshqacha bo'lgan binar aralashmaning kirishi natijasida qarshilik termometrlarining

harorati va qarshiligi, binobarin, ko'prikning muvozanati o'zgaradi. Muvozanatning bunday o'zgarishini qayd etuvchi asbob *IV* cho'qqi ko'rinishida qayd etadi.

Xromatografning boshqarish bloki *V* ga asbobning o'lchash sxemasi elektron harorat rostlagichi, vaqtni belgilovchi — taymer, nolni avtomatik qo'yish qurilmasi, almashlab ulovchi qurilma *8* ni boshqarish qurilmasi va rele kiradi.

Sanoatda ishlatiladigan XP-499 xromatografi gazsimon mahsulotlar — nouglevodorodli gazlar va ularning izomerlarini tahlil qilish uchun mo'ljallangan. Xromatograf texnologik oqimlardan olingan gazlarni tahlil qilishga imkon beradi, tahlil natijalarini uzluksiz qayd etishni ta'minlaydi, shuningdek, standart elektr va pnevmatik chiqish signallari olishni ta'minlaydi va boshqarish tizimida foydalanishi mumkin. Konsentratsiya bo'yicha o'lchash chegarasi 0,05—100 %, asosiy xatoligi ± 1 %. Xromatograf portlashdan himoyalangan tarzda chiqariladi.

Sanoatda ishlatiladigan „Neflexim-SKEP“ xromatografi ko'p komponentli gaz aralashmalari, bug'lar va suyuqliklarning tarkibini ajratish kolonkalarining harorati 200 °C gacha bo'lgan sharoitda aniqlashga imkon beradi. Uzluksiz rejimda ishlaydi va boshqarish tizimlarida datchik sifatida foydalanish mumkin. Konsentratsiya bo'yicha o'lchash chegarasi 0—100 %, chiqish signallari 0—5 mA; 0—10 V; 0,02—0,1 mPa. Portlashdan himoyalangan tarzda chiqariladi.

Massa-spektrometrik gaz analizatorlari. Massa-spektrometrlar gazlarni tahlil qilishda eng takomillashgan asboblardandir. Ular kimyoviy va fizik xossalardan qat'i nazar, moddalarning izotop va molekular tarkibini aniqlashga mo'ljallangan.

Massa-spektrometrik usul murakkab aralashmalardagi ko'p komponentlarning miqdorini aniqlashga imkon berib, tahlilni juda tez o'tkazishni ta'minlaydi.

Tahlil qilishda tahlil qilinayotgan moddaning molekularlari qizigan katod emitterlaydigan elektronlar yordamida ionlanadi, elektr linzalar tizimi vositasida tor dasta tarzida fokuslanadi, tezlatuvchi elektronning elektr maydonida tezlatiladi va elektronlar kollektorida tutib qolinadi. Ion dastaning tarkibi tahlil qilinayotgan gaz aralashmasining molekular tarkibiga mos keladi. Ko'ndalang magnit maydoni ta'sirida oqim ionlar massasining ularning zaryadlariga nisbati bilan farq qiladigan ion nurlariga ajraladi, bular keyin kollektorga keladi. Kollektor zanjirida massalari turlicha ionlar elektr toki hosil qiladi va bu toklar oldin kuchaytirilganidan keyin o'lchanadi hamda elektron qayd etuvchi qurilma yordamida yozib qo'yiladi. Magnit maydonining kuchlanganligi asta-sekin o'zgartirib borilganida, tekshirilayotgan gazning molekular tarkibini xarakterlovchi ion toklari spektri yoki massa-spektrlari yoziladi. Miqdoriy tahlil o'tkazish uchun massa-spektrometрни tekshirilayotgan moddada bor deb taxmin qilingan har qaysi komponent bo'yicha oldindan darajalanadi.

Massa-spektrometrlarning tuzilishi analitik va o'lchash qismlaridan iborat. Analitik qismda ion dastalari massalari bo'yicha hosil qilinadi, shakllantiriladi va ajratiladi. O'lchash qismi ionlar manbayini va ishga tushirish tizimining stabillashgan kuchlanish bilan ta'minlash, ion toklarini o'lchash va qayd etish, vakuum tizimida bosimni o'lchash, massa sonlarini indekslash va hokazolar uchun mo'ljallangan.

Massa-spektrometrlar uchta turga: kimyoviy tarkibni tahlil qilish uchun — MX; moddaning strukturasi va xossalari tekshirish uchun — MS; izotoplarni tahlil qilish uchun — MI turlarga bo'linadi. MS turidagi massa-spektrometrlar laboratoriya sharoitlarida o'tkaziladigan ilmiy tadqiqotlar uchun mo'ljallangan.

Asbobsozlik sanoati kimyoviy tarkibini tahlil qiladigan MX-7201, MX-7304, MX-1320 va izotopni tahlil qiladigan MI-1201B massa-spektrometrlarini ishlab chiqaradi.

MX-7201 massa-spektrometri metallarda va ularning qotishmalarida N_2 , O_2 , N_2 , S_2 gazlari va ularning gaz hosil qiluvchi qo'shilmalari miqdorini aniqlash uchun mo'ljallangan. Tekshirilayotgan materialdan gaz ajralib chiqishi vakuumda suyuqlantirish yo'li bilan yoki grafitli tigelda amalga oshiriladi. Gazsimon qo'shilmalarning tarkibini aniqlash monopolar (bir qutbli) massa-spektrometr yordamida amalga oshiriladi. Massa sonlari bo'yicha o'lchash chegaralari 2—60.

Magnitsiz MX-7304 massa-spektrometri so'rib (tortib) olish tizimlari bilan ta'minlangan vakuumli tizimlarda qoldiq gazlarni sifat jihatidan tahlil qilish uchun mo'ljallangan. Massa sonlari bo'yicha o'lchash chegaralari 2—200, tahlil qilish xatoligi $\pm 2,5$ %.

MX-1320 massa-spektrometri gaz aralashmalarini, suyuqliklarni va 400 °C gacha haroratda gazsimon holatga o'tadigan qattiq moddalarni miqdor va sifat jihatidan tahlil qilish uchun mo'ljallangan. Massa sonlari bo'yicha o'lchash chegarasi 1—4000, tahlil qilish xatoligi $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ %.

MI-1201B massa-spektrometri gazlarning va qattiq moddalarning izotop tarkibini sanoat sharoitida tahlil qilish uchun mo'ljallangan. Natijalarini SM1 bazaviy hisoblash kompleksi yordamida amalga oshiriladi. Massa sonlari bo'yicha o'lchash chegaralari 2—720, tahlil qilish xatoligi $\pm 0,15$ %.

6.3-§. SUYUQLIKLARNING TARKIBINI TAHLIL QILISH

Suyuqliklar tarkibini tahlil qilish deyilganda ularning elementar, funksional yoki molekular tarkibini aniqlash tushuniladi. Tarkibni aniqlaydigan asboblarni *analizatorlar* deb ataladi. Muhitda faqat bitta komponentning miqdorini aniqlash uchun mo'ljallangan analizatorlar ba'zan *konsentratometrlar* deb yuritiladi. Suyuqliklar konsentratsiyasini o'lchash uchun quyidagi o'lchov birliklari eng ko'p tarqalgan: mg/sm³; g/sm³; massasi yoki hajmi bo'yicha, %.

Harorat, bosim va shu kabi parametrlarning o'lchash natijalariga kuchli ta'sir etishi analitik o'lchashlarning o'ziga xos xususiyatlaridan biridir. Bu parametrlar, ayniqsa, o'lchash aniqligiga ta'sir qiladi. Shuning uchun avtomatik analizatorlar, odatda namunalarni tanlab olish, ularni tahlilga tayyorlash, o'lchash sharoitlarini stabillash yoki tuzatishlarni avtomatik kiritish va hokozolar uchun qo'shimcha murakkab jihozlar bilan ta'minlangan bo'ladi.

Tahlil qilinadigan suyuqliklarning turli-tumanligi va ularning tarkibi hamda xossalarning keng chegarada bo'lishi tahlil qilish usullari turlicha bo'lgan avtomatik asboblarni ishlab chiqarishni taqozo etadi. Asbobsozlik sanoati xilma-xil suyuqliklarni tahlil qiluvchi turli avtomatik analizatorlar ishlab chiqaradi. Suyuqliklarni tahlil qilishning sanoatda eng ko'p tarqalgan usullariga konduktometrik, potensiommetrik, optik, titrommetrik va radioizotopli usullar kiradi. Quyida sanoatda keng tarqalgan usullar va asboblarni ko'rib chiqiladi.

Eritmalarni tahlil qilishning konduktometrik usuli. Elektrolit eritmalarining konsentratsiyasini ularning elektr o'tkazuvchanligiga ko'ra o'lchash (konduktometrik usul) laboratoriya sharoitida ham, sanoat sharoitida ham avtomatik nazorat qilish uchun keng qo'llaniladi. Konduktometrik konsentratmetrlarning ishlashi eritmalar elektr o'tkazuvchanligining ular konsentratsiyasiga bog'liqligiga asoslangan.

Arrenius nazariyasiga ko'ra elektrolitlar suvda eritilganida molekullar, ionlar dissotsiatsiyalanib, shu ionlarning eritmada mavjud bo'lishi eritmaning elektr o'tkazuvchanligiga sababdir. Dissotsiatsiyalanish darajasiga ko'ra kuchli va kuchsiz elektrolitlar bo'ladi. Kuchli elektrolitlar deyarli batamom ionlarga dissotsiatsiyalangan bo'ladi, kuchsiz elektrolitlarning eritmalarida esa ma'lum miqdorda dissotsiatsiyalanmagan molekullar ham bo'ladi.

Turli moddalar eritmalarining elektr o'tkazuvchanligini baholash uchun Kolraush ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik tushunchasini kiritdi, u 1 sm^3 eritmada 1 g.ekv modda bo'lgan eritmaning elektr o'tkazuvchanligi sifatida aniqlanadi:

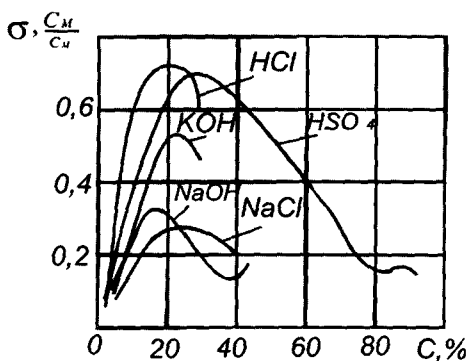
$$\lambda = \frac{\sigma}{\eta}, \quad (6.9)$$

bu yerda: λ — eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi; σ — eritmaning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi, C_m/sm ; η — erigan moddaning ekvivalent konsentratsiyasi, $\text{g} \cdot \text{ekv}/\text{sm}^3$.

Barcha elektrolitlar uchun ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik dissotsiatsiyalanish kuchayishi natijasida eritma suyula borishi bilan ortadi. Eritma to'la dissotsiatsiyalanganda (ya'ni eritma cheksiz suyulganida) u eng katta qiymatiga erishadi. Eritmaning solishtirma o'tkazuvchanligi bilan suyultirilgan elektrolitning tabiati hamda uning konsentratsiyasi o'rtasidagi bog'liqlik Kolraush qonuni bilan aniqlanadi:

$$\Sigma = \alpha \cdot \eta (v_k - v_a), \quad (6.10)$$

bu yerda: α — elektrolitik dissotsiatsiyalanish darajasi; v — ionlar (kationlar v_k va



6.17- rasm. 18 °C haroratda ba'zi moddalar suvdagi eritmalarining solishtirma elektr o'tkazuvchanligini ularning konsentratsiyasiga bog'liqligi.

maximumdan bir tomonda joylashgan konsentratsiyalar chegarasida bajarish zarur. Rasmdagi bog'liqliklardan ko'rinib turibdiki, maksimumdan chapdagi egri chiziqlarning tikligi katta bo'ladi. Binobarin, konsentratsiyalarning bu sohasida konduktometrik usul eng katta sezgirlikka ega bo'ladi. Elektr o'tkazuvchanliklarning konsentratsiyaga bog'liqligining bir xilmaslik xarakterini hisobga olib, konduktometrning ishlash sohasini oldindan bilish zarur, bunda o'lchashlarning ekstremum bo'lishiga yo'l qo'ymaslik kerak.

Ko'pgina hollarda konduktometrik usuldan bir komponentli eritmalarini nazorat qilish uchun foydalaniladi.

Elektr o'tkazuvchanlikni o'lchash uchun mo'ljallangan asboblarga konduktometrlar, tuz o'lchagichlar, konsentratomerlar kiradi. Bu asboblarning birinchisi elektr o'tkazuvchanlik birliklarida darajalangan, ikkinchisi shartli tuz miqdori birliklarida, odatda NaCl ning miqdorini ko'rsatuvchi foizlarda darajalangan bo'ladi. Konsentratomerlar tahlil qilinayotgan moddaning foiz hisobidagi miqdorlarida darajalanadi.

Eritmalarining konsentratsiyasini ularning elektr o'tkazuvchanligiga ko'ra o'lchash uchun elektrodli va elektrodsiz usullar qo'llaniladi. Elektrodsiz o'lchash usulidan, asosan, kislota, ishqorlarning konsentratsiyasini o'lchashda foydalaniladi.

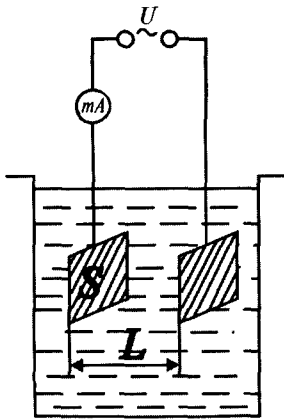
Elektrodli konduktometriyada ikki elektroddan iborat o'lchash yacheykalaridan foydalaniladi, elektrodlar nazorat qilinayotgan eritma solingan idishda bir-biridan ma'lum masofada o'rnatilgan bo'ladi. O'lchash yacheykasi (6.18-rasm) elektr qarshiligi bilan xarakterlanadi. Bu qarshilikning kattaligi quyidagiga teng (Om hisobida):

$$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{L}{S}, \quad (6.11)$$

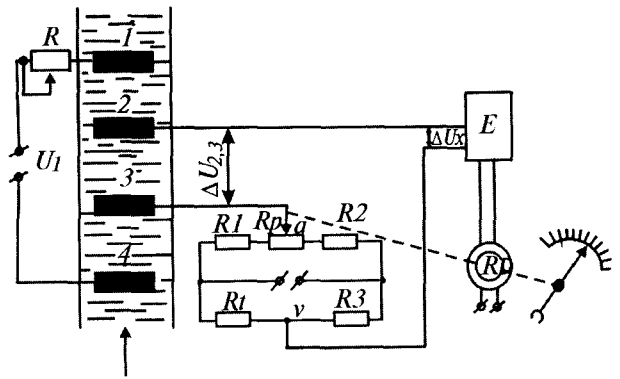
bu yerda: σ — eritmaning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi; C_m/s ; L — elektrodlar orasidagi masofa, sm; S — elektrodning yuzi, sm^2 .

anionlar v_a) ning eritma cheksiz suyulgandagi qo'zg'aluvchanligi, ya'ni ularning kuchlanish gradiyenti IB/sm bo'lgan elektr maydonidagi siljish tezligi, C_m/s bilan ifodalanadi.

6.17-rasmda solishtirma elektr o'tkazuvchanlikning konsentratsiyaga bog'liqligi ko'rsatilgan. Grafikdan ko'rinib turibdiki, eritmaning konsentratsiyasi oshganda uning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi avval tez ortib, maksimal qiymatga yetadi, so'ngra kamayadi. Binobarin, konduktometrik tahlilda konsentratsiya bilan elektr o'tkazuvchanlik o'rtasida bir xil bog'liqlikka ega bo'lish uchun o'lchashlarni maksimumdan bir tomonda joylashgan konsentratsiyalar chegarasida bajarish zarur.



6.18-rasm. Konduktometrning ikki elektrodli o'lchash sxemasi.



6.19-rasm. To'rt elektrodli o'lchash yacheykasi bo'lgan konduktometr sxemasi.

Konduktometrik o'lchashlar amaliyotida L/S nisbat o'lchash yacheykalarining tajribada aniqlanadigan konstantalari degan nom oldi. Buning uchun yacheyka etalon eritma bilan to'ldiriladi (bu eritma sifatida, odatda, kaliy xloridning eritmasidan foydalaniladi), yacheykaning qarshiligi o'lchanadi va quyidagi teglamadan K ning kattaligi aniqlanadi:

$$K = R \cdot \sigma_1, \quad (6.12)$$

bu yerda: R — elektrodlar orasidagi o'lchangan qarshilik, Om; σ_1 — etalon eritmaning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi, C_m/sm .

Elektr o'tkazuvchanlikni o'lchashda sanoat chastotasidagi yoki chastotasi oshirilgan o'zgarimas tokdan ham o'zgaruvchan tokdan ham foydalanish mumkin.

Ikki elektrodli o'lchash yacheykasi bilan bir qatorda to'rtta elektrodli bor yacheykalardan ham foydalaniladi (6.19-rasm). Tok eritmada ikki tashqi elektrodlar 1 va 4 orasida o'tadi, bu elektrodlar kuchlanish manbai U_1 ga ulangan bo'ladi. Rezistor R ning cheklovchi qarshiligi kattaligi tufayli yacheyka zanjiridagi tok kuchi I , eritmaning qarshiligi o'zgarishidan qat'i nazar, o'zgarimasdan qoladi.

Ikki ichki elektrod 2 va 3 potensiometr vazifasini bajaradi va eritmada kuchlanish tushuvini o'lchash uchun mo'ljallanadi:

$$\Delta U_{2,3} = I \cdot R_{ya}, \quad (6.13)$$

bu yerda: $R_{ya} = K/\sigma$ — elektrodlar 2 va 3 orasidagi eritmaning qarshiligi (K — to'rt elektrodli o'lchash yacheykasining konstantasi, u elektrodlar 2 va 3 ning oralig'iga va ular sirtining yuzasiga bog'liqdir).

Binobarin,

$$\Delta U_{2,3} = \frac{K \cdot I}{\sigma} = K' / \sigma, \quad (6.14)$$

bu yerda $K = K' \cdot I = const$.

Shunday qilib, elektrodlar 2 va 3 orasidagi potentsiallar farqi nazorat qilinayotgan eritmaning konsentratsiyasi bilan bir qiymatda aniqlanadi. O'lgan kattalik $\Delta U_{2,3}$ muvozanatlovchi ko'priknig a va b uchlaridagi potentsiallar ayirmasi U_{ab} bilan taqqoslanadi. Agar $U_{ab} \neq \Delta U_{2,3}$ bo'lsa, u holda elektron kuchaytirgich EK ning kirishiga muvozanatning buzilish signali $\Delta U_x = \Delta U_{ab} - \Delta U_{2,3}$ kiradi. Muvozanat vaqtida $U_{ab} = \Delta U_{2,3}$ bo'lib, bunda elektrodlar 2 va 3 zanjirida tok bo'lmaydi.

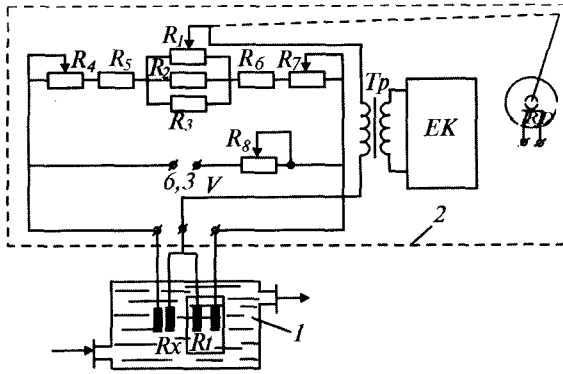
O'lchashdagi harorat xatoliklarini avtomatik kompensatsiyalashni muvozanatlovchi ko'priknig yelkalaridan biriga ulangan metall qarshilik termometri R_1 bajaradi. Nazorat qilinayotgan eritmaning harorati o'zgaraganida, R_1 qarshilik ham o'zgaradi, buning natijasida potentsiallar ayirmasi U_{ab} ham o'zgaradi. R_1 o'zgarandagi orttirma $\Delta U_{ab}(\Delta t)$ nazorat qilinayotgan eritmaning harorati o'zgarishi Δt tufayli hosil bo'lgan orttirma $\Delta U_{2,3}(\Delta t)$ ga kattaligi jihatidan teng va ishorasi jihatidan qarama-qarshi bo'lishi kerak. Bu tenglikka kompensatsiyalovchi ko'priknig parametrlarini (R_1 , R_2 , R_3 rezistorlarning qarshiliklarini) hamda kuchlanish U_2 ni tanlash yo'li bilan erishiladi.

Eritmalarning elektr o'tkazuvchanligi haroratga juda bog'liq. Eritma harorati 1°C ga ortsa, uning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $1,5\text{--}2\%$ ga oshadi. Eritmalarning harorati amalda juda keng chegaralarda o'zgaradi, shuning uchun konduktometrik konsentratomerlar harorat o'zgarishining o'lchash natijalariga ta'sir qilishini bartaraf qiluvchi avtomatik kompensatorlarga ega bo'lishi kerak. Sanoatda avtomatik harorat kompensatorlari eng ko'p tarqalgan bo'lib, suyuqlikli kompensatorlar ularning turlaridan biridir.

Suyuqlikli kompensator parametrlari o'lchash yacheykasining parametrlariga o'xshash elektrod datchikdan iboratdir. Kompensator elektr o'tkazuvchanlik harorat koeffitsiyenti nazorat qilinayotgan suyuqlikning harorat koeffitsiyentiga taxminan teng bo'lgan etalon suyuqlik bilan to'ldiriladi. Kompensator nazorat qilinayotgan suyuqlikka konsentratomerning o'lchash yacheykasi bilan birgalikda kiritiladi. Kompensator ko'prikli o'lchash sxemasining yelkasiga ulanadi. Etalon va nazorat qilinayotgan suyuqlikning haroratlari bir xil bo'lganligi va harorat koeffitsiyentlari bir-biriga yaqin bo'lganligi sababli haroratlar o'zgaraganida, o'lchash yacheykasi qarshiligining o'zgarishini suyuqlikli kompensatorning qarshiligini o'zgartirish yo'li bilan to'la kompensatsiyalash mumkin.

Sulfat kislota konsentratomeri KSO-u (6.20-rasm) eritmadagi sulfat kislota konsentratsiyasini nazorat qilish, qayd etish va rostlash uchun mo'ljallangan.

Konsentratomer elektrodli datchik 1 va ikkilamchi asbob 2 KSMZ dan iborat. Konsentratomerning datchigi idishdan iborat bo'lib, uning ichiga teshiklar bilan yonma-yon qilib past tomoni ochiq stakan o'rnatilgan hamda



6.20-rasm. Sulfat kislota konsratomerining prinsial sxemasi.

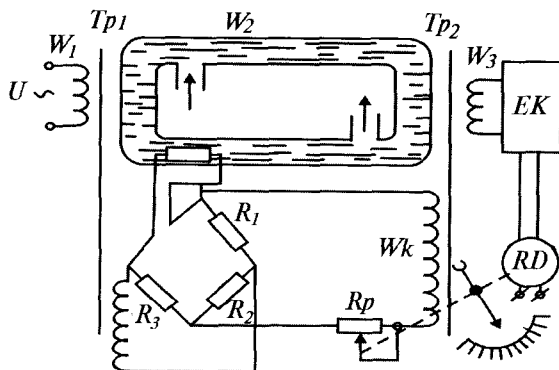
o'lchash va taqqoslash yacheykalari joylashtirilgan. O'lchash yacheykasi ikkita o'lchash elektrodidan iborat bo'lib, ularning har qaysisi elektrod kavsharlangan ochiq shisha naychadan iborat. Taqqoslash yacheykasi haroratni avtomatik tarzda kompensatsiyalash uchun mo'ljallangan bo'lib, shisha naychaga kavsharlangan elektrodlardan iboratdir, naychalarga sulfat kislota to'ldirilgan bo'ladi, uning konsratsiyasi esa asbob shkalasidagi o'rta belgiga mos keladi.

Elektr o'tkazuvchanlik muvozanatdagi ko'prik sxemasi bo'yicha o'lchani, o'lchaydigan R_x va taqqoslaydigan R_l elektrod yacheykalari ko'prikning ikki yelkasi bo'lib xizmat qiladi. Ko'prik sxemasining qolgan ikki yelkasini o'zgarmas rezistorlar R_4 , R_5 , R_6 , R_7 va shuntlovchi rezistorlari R_2 hamda R_3 va reoxord R_1 tashkil qiladi. Ko'prik sanoat chastotasidagi o'zgaruvchan tok bilan ta'minlanadi. O'lchash sxemasidagi tok kuchi o'zgaruvchan tok manbayiga parallel qilib ko'prikning ta'minlash diagonaliga ulangan rezistor R_8 ni siljitish yo'li bilan rostlanadi.

Datchik orqali oqib o'tadigan eritmaning konsratsiyasi o'zgaranda o'lchash yacheykasining qarshiligi o'zgaradi, buning natijasida o'lchash ko'prigining muvozanati buziladi. Nomuvozanat kuchlanishi KSMZ ko'prikning elektron kuchaytirgichi EK transformatori T_r ning birlamchi chulg'amiga kelib, kuchaytiriladi va reversiv dvigatel RD ning rotorini aylantiradi, bu dvigatel reoxord R_1 ning surilgichi va asbob strelkasi bilan kinematik bog'langan bo'ladi.

Konsratomerining o'lchash chegaralari: 75—79; 93—96 va 95—99 % li sulfat kislota. Asosiy xatolik $\pm 0,2$ dan $\pm 0,5$ % gacha.

KK rusumidagi konduktometrlar suyuqlikli analizatorlarning keng tarqalgan turlariga kiradi, ularda ikki va to'rt elektrodli o'zgartkichlar ham kontaktsiz o'zgartkichlar ham bo'ladi. Bu rusumdagi asboblarda yordamida ish haroratlari diapazoni 25 ± 15 °C va chegaraviy asosiy xatolik $\pm 2,5$ % bo'lganida 10—6 dan $1 \text{ C}_m/\text{sm}$ gacha bo'lgan elektr o'tkazuvchanlikni o'lchash mumkin.



6.21-rasm. Kontaktsiz past chastotali konduktometr sxemasi.

Elektrodli konduktometrlarning eng katta kamchiligi elektrodning qutblanishi va elektrodlar sirtida sodir boʻladigan elektr-kimyoviy reaksiyalarda hosil boʻladigan moddalar bilan, shuningdek, eritmadagi mavjud mahsulotlar bilan ifloslanishidir.

Kontaktsiz konduktometrlarda oʻlchanayotgan muhit bilan bevosita kontaktga ega boʻlmagan birlamchi oʻzgartkichlar boʻladi, shu sababli ularda bunday kamchiliklar boʻlmaydi. Taʼminlovchi kuchlanishning chastotasiga qarab kontaktsiz konduktometrlar past chastotali (1000 Hz gacha boʻlgan sanoat va tovush chastotasidagi) va yuqori chastotali (1 kHz dan ortiq) turlarga boʻlinadi.

Past chastotali kontaktsiz konduktometrlarda tahlil qilinayotgan eritma berk halqa hosil qiluvchi naychada oqadi. Naycha dielektrik materialdan tayyorlangan. Naychaga tashqi tomondan ikki transformator uygʻotuvchi T_{r1} va oʻlchash transformatorlari T_{r2} ning (6.21-rasm) chulgʻamlari oʻralgan boʻladi. T_{r1} transformatorning birlamchi chulgʻami oʻzgaruvchan tok manbayiga ulanadi. Elektrolit eritmasi naychada hosil qilgan berk suyuqlik oʻrami transformator T_{r1} ning ikkilamchi chulgʻami vazifasini bajaradi. Suyuqlik oʻramidagi elektromagnit taʼsirlashuv natijasida EYK induksiyalanadi:

$$E_r = \frac{\omega_1}{\omega_2} \cdot U, \quad (6.15)$$

bu yerda: ω_1 — transformator T_{r1} ning birlamchi chulgʻamlaridagi oʻramlar soni; ω_2 — suyuqlik oʻramlari soni, odatda ($\omega_2 = 1$); U — transformator T_{r1} ning birlamchi chulgʻamini taʼminlovchi kuchlanish.

EYK taʼsirida suyuqlikdan oʻtayotgan tok kuchi

$$I_r = \frac{E_r}{R_r} = \frac{E_r \cdot x}{K_r} = \frac{\omega_1 \cdot U}{\omega_2 K_r} x, \quad (6.16)$$

bu yerda: R_r — suyuqlik oʻramining qarshiligi; K_r — past chastotali konduktometrik yacheykaning konstantasi, uning qiymati suyuqlik oʻrami uzunligining oʻtkazuvchi

kesimi yuzi nisbatiga teng bo'lib, odatda K_r ning kattaligi tajriba yo'li bilan topiladi; x — eritmaning elektr o'tkazuvchanligi.

(6.16) tenglamaning o'ng qismidagi x kattalikdan boshqa hamma kattaliklar o'zgarmasdir. Shuning uchun tok kuchi I_r nazorat qilinayotgan eritmaning konsentratsiyasiga teng bo'ladi.

Tok kuchi I_r ikkinchi transformator T_{r2} bilan o'lchanadi, suyuqlik o'rami uning uchun birlamchi chulg'am bo'lib xizmat qiladi. O'lchash transformatori T_{r2} ning ikkilamchi chulg'amida hosil bo'ladigan EYK $E_{o'ch}$ ning kattaligi konsentratsiyaga mutanosib bo'ladi. Ko'pgina hollarda uni kompensatsion usulda o'lchanadi, buning uchun transformator T_{r2} ning qo'shimcha chulg'ami w_g dan foydalaniladi, bu transformatorning amper-o'ramlari soni eritmaning amper-o'ramlariga ko'ra hisoblanadi.

Kompensatsiya sharti:

$$I_k w_k = I_r w_2. \quad (6.17)$$

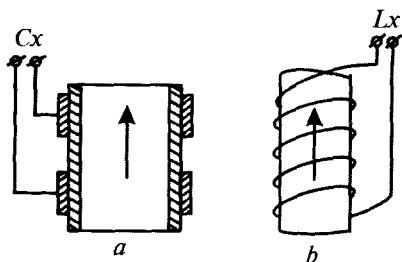
Kompensatsiyalovchi chulg'am orqali o'tadigan tok kuchini o'lchash uchun reversiv dvigatel PD dan foydalaniladi, u surilgich R_r ni siljitadi. Reoxord surilgichining va asbobning u bilan bog'langan strellkasining vaziyati nazorat qilinayotgan eritma konsentratsiyasiga mutanosib bo'ladi. O'lchashdagi harorat xatoliklarini kompensatsiyalash uchun qarshilik termometri R_r mo'ljallangan, u ko'priksxemasiga ulangan bo'lib, nazorat qilinayotgan eritma ichida turadi.

Kontaktsiz past chastotali konduktometrlardan solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $1 \cdot 10^{-6} \text{ C}_m/\text{sm}$ chegarasida bo'lgan elektrolitlarning konsentratsiyasini nazorat qilishda foydalaniladi.

Yuqori chastotali konduktometrlarda tahlil qilinayotgan eritmaning konsentratsiyasini o'lchash eritmaning unga bog'liq bo'lgan reaktiv qarshiligini nazorat qilish yo'li bilan bajariladi.

Yuqori chastotali kontaktsiz konduktometrlarning birlamchi o'zgartkichlari o'lchanadigan reaktiv qarshilikning turiga qarab sig'imli va induktivli xillarga bo'linadi. Har ikki turdagi o'zgartkichlarning sxemasi 6.22-rasmda ko'rsatilgan. Eritmaning konsentratsiyasi bilan o'zgartkichlarning chiqish parametrlari C_x va L_x o'rtasida murakkab bog'liqlik mavjud bo'lganligi sababli (bu bog'liqlikka eritmaning tabiatidan tashqari o'zgartkichning o'lchamlari va materiali, ta'minlash chastotasi va boshqalar ta'sir qiladi) ularning darajalanish tavsiflari har qaysi konkret o'zgartkich va eritma uchun tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

Yuqori chastotali konduktometrlarning o'lchash o'zgartkichlari sifatida yuqori chastotali generatorlardan ta'minlanadigan ko'priqli va rezonansli sxemalardan foydalaniladi. Rezonansli sxemalarda rezonans konturining birlamchi o'zgartkich induktivli yoki sig'imli qarshiliklariga bog'liq bo'lmagan xususiy tebranishlari o'lchanadi.



6.22-rasm. Kontaktsiz yuqori chastotali konduktometrning o'zgartkichlari: *a* — sig'imli; *b* — induktivli.

Tahlil qilishning potentsiometrik usuli.

Potentsiometrik usul muayyan indikator elektrodlar hosil qilgan EYK ni o'lchash yo'li bilan ionlar konsentratsiyasini aniqlashga asoslangan. Bu yerda konsentratsiyani bevosita potentsiallari farqini o'lchash bilan aniqlash mumkin.

Texnologik jarayonlarda eritma konsentratsiyasi, ko'pincha, pH ning qiymati bo'yicha o'lchanadi: agar $\text{pH} < 7$ bo'lsa, kislotali; $\text{pH} = 7$ bo'lsa, neytral; $\text{pH} > 7$ bo'lsa, ishqorli eritma bo'ladi.

Avtomatik asboblarda pH ni o'lchash uchun elektr usuldan foydalaniladi. U tekshirilayotgan eritmaga botirilgan, shishadan tayyorlangan o'lchash elektrodining eritma pH qiymatiga ko'ra elektrod eritma chegarasida potentsiallar farqini o'zgartirishiga asoslangan. Biroq, faqat bitta elektrod va eritma o'rtasidagi potentsiallar farqini o'lchab bo'lmaydi, chunki o'lchash asosi ulanganida asbobni eritmaga ulaydigan o'tkazgich bilan eritma orasida ham potentsiallar farqi hosil bo'lib, u ham eritmadagi vodorod ionlari konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi. Shu sababli elektrod potentsiallarini o'lchashda o'lchash elektrodi bilan bir qatorda yordamchi elektrodan ham foydalaniladi, uning potentsiali o'zgarmas bo'lib, eritmaning xossalariga bog'liq bo'lmaydi. Yordamchi elektrod sifatida kalomel yoki kumush xlorid qoplangan elektrodlar ishlatiladi.

Har ikki elektrod galvanik element hosil qiladi. Suvli eritmalarga tatbiq etiladigan Nernst tenglamasiga ko'ra bunday galvanik elementning EYK I, agar yordamchi elektrodning potentsiali nolga teng bo'lsa, quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$E = -2,3 (RT/F) \cdot \text{pH}, \quad (6.18)$$

bu yerda: R — universal gaz doimiysi; T — eritmaning mutlaq harorati, $^{\circ}\text{K}$; F — Faradey soni.

(6.18) tenglama shuni ko'rsatadiki, shisha elektrodning EYK eritmaning pH miqdoriga va uning haroratiga bog'liq ekan. Eritmaning harorati o'zgarmas bo'lganida, shisha elektrodning EYK faqat eritmaning pH miqdori funksiyasidan iborat bo'ladi. Bu tenglamaga R , T va F ning son qiymatlarini qo'yib, 20°C uchun shisha elektrodning potentsiali qiymatini (V hisobida) topamiz:

$$E = -0,0581 \cdot \text{pH}. \quad (6.19)$$

6.23-rasmda tekshirilayotgan eritma 10 ga tushirilgan shisha 1 va kalomel elektrodlar 7 dan foydalanilgan holda eritmaning pH miqdorini o'lchash sxemasi ko'rsatilgan. Ulardan hosil bo'lgan potentsiallar farqi eritmaning pH

miqdoriga mutanosib bo'lib, potentsiometr 4 bilan o'lchanadi. Shisha elektrod shisha naychadan iborat bo'lib, uchi elektrod shishasidan yasalgan yupqa devorli (0,1—0,2 mm), ichi kovak zoldir kavsharlab qo'yilgan. Zoldirga pH miqdori ma'lum bo'lgan eritma 3 to'ldirilgan bo'lib, eritmaga esa kumush xlorid qoplangan kontaktli yordamchi elektrod 2 botirilgan, u zoldirning ichki sirtida potentsiallar farqini olish uchun xizmat qiladi. Shisha elektrod-larning xususiyati shundan iboratki, ularning ichki elektr qarshiligi juda katta bo'lib, 20 °C da 100—200 mOm ga yetadi.

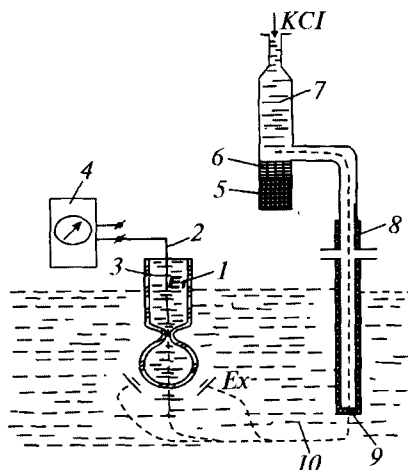
Kalomel elektrod 7 dielektrikdan tayyorlangan, ichiga kimyoviy toza simob 5 to'ldirilgan bo'ladi. Uning ustida yomon eriydigan kalomel pastasining qatlami 6, to'yintirilgan kaliy xlorid eritmasi 8 joylashtirilgan. Elektr kontakt hosil qilish uchun kam o'tkazadigan to'siq 9 o'rnatilgan bo'lib, u orqali kaliy xlorid asta-sekin sizib o'tadi va bu bilan tekshirilayotgan eritmada yordamchi elektrodga chet ionlar o'tib qolishining oldini oladi. Shunday qilib, shisha va kalomel elektrodlardan iborat pH-metrning elektr zanjiri ketma-ket ulangan elementlar qatoridan tashkil topgan bo'lib, ularning potentsiali o'lchash asbobi qayd etadigan yig'indi EYK ni beradi:

$$E_{\Sigma} = E_1 + E_2 + E_3 + E_x, \quad (6.20)$$

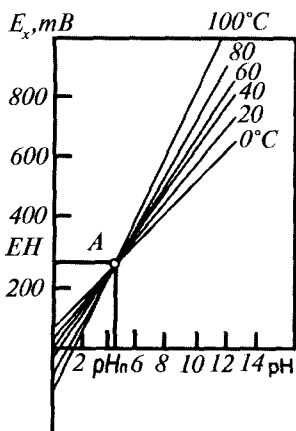
bu yerda: E_1 — kumush xlorid qoplangan kontaktli elektrod bilan xlorid kislotasi orasidagi potentsialning keskin o'zgarishi; E_2 — xlorid kislotasi eritmasi bilan shisha elektrod zoldiri ichki yuzasi o'rtasidagi potentsialning o'zgarishi; E_3 — simob bilan kalomel o'rtasidagi yordamchi elektroddagi potentsialning o'zgarishi; E_x — shisha elektrod zoldiri tashqi sirti bilan tekshirilayotgan eritma o'rtasidagi potentsialning o'zgarishi.

E_1 , E_2 va E_3 kattaliklar nazorat qilinayotgan eritmaning tarkibiga bog'liq bo'lmaydi va faqat haroratga qarab o'zgaradi. Shisha elektrod zoldirining tashqi yuzasida hosil bo'ladigan elektr yurituvchi kuch E_x eritmaning pH miqdori va temperaturasi bilan aniqlanadi hamda (6.18) tenglama bilan hisoblanishi mumkin. Binobarin, pH-metr elektr zanjirining yig'indi EYK ma'lum harorat uchun tekshirilayotgan eritmadagi vodorod ionlari aktivligining funksiyasidan iboratdir. Bu EYK ni o'lchab tekshirilayotgan eritma uchun pH kattalikni topish mumkin.

Nazorat qilinayotgan eritmaning harorati o'zgarganida shisha elektrodning elektrod potentsiali o'zgaradi. Buning natijasida eritmaning turli haroratlaridagi



6.23-rasm. Shisha va kalomel elektrodlari bo'lgan pH-metrning sxemasi.



6.24- rasm. Elektrod tizimining haroratga bog‘liqligi.

aynan bir xil kattalidagi pH larga elektrod tizimining turli qiymatlari mos keladi.

6.24-rasmda elektrod tizimi EYK ning nazorat qilinayotgan eritmaning turli haroratlaridagi pH lariga bog‘liqlik xarakteri ko‘rsatilgan. Eritmaning harorati ortishi bilan tizim tavsifining tikligi oshadi. Izopotensial nuqta deb ataladigan A nuqtada to‘g‘ri chiziqlar kesishadi va demak, elektrod tizimining EYK eritmaning haroratiga bog‘liq bo‘lmaydi. Bu nuqtada eritma haroratining shisha elektrod ichki va tashqi potentsiallariga ta’siri o‘zaro kompensatsiyalangan. Izopotensial nuqtaning E_i va pH_n bilan belgilangan koordinatalari elektrod tizimining eng muhim tavsiflari hisoblanadi, ularga pH-metrning harorat kompensatsiyasi sxemasini hisoblashda amal qilinadi.

Sanoat pH-metrlarida o‘lchash elektrod va yordamchi elektrod bitta korpusda joylashtiriladi va sig‘imlarda o‘rnatiladigan, botirib qo‘yiladigan datchiklar tarzida yoki quvurlarda o‘rnatiladigan, oqar suvda turadigan datchik tarzida tayyorlanadi. pH zanjirning EYK ini o‘lchashda odatda kirish qarshiligi katta bo‘lgan avtomatik potentsiometrlardan foydalaniladi, ularning shkalasi pH birliklarida darajalanadi. Tekshirilayotgan eritmalarning harorati keng chegaralarda o‘zgarib turganida o‘lchash tizimida eritma haroratlarining o‘zgarib turishini avtomatik kompensatsiyalovchi qurilma bo‘lishi kerak.

Asbobsozlik sanoatida ishlab chiqariladigan pH-metrlarning eng ko‘p tarqalgan turlariga pH-201 va pH-261 xillari kiradi. Ularning o‘lchash o‘zgartkichlari o‘zgarimas kuchlanish bo‘yicha 0–50 mV va tok bo‘yicha 0–5 mA chiqish signallariga ega bo‘ladi. Bu esa ularning avtomatik potentsiometrlar, nazorat qilish va rostdash qurilmalari bilan birgalikda ishlashga imkon beradi.

pH-metrning komplekti pH-201 eritmalarida vodorod ionlari aktivligini o‘lchash, qayd etish hamda rostdash uchun mo‘ljallangan. pH-metrga oqar suvda turadigan datchik — sezgir element DM-5M shisha va kumush xlorid qoplangan elektrodlar bilan, yuqori chastotali sanoat o‘zgartkichli P-201 va o‘ziyozar potentsiometr KSP-2 kiradi.

Sanoat P-201 o‘zgartkichi pH larni o‘lchashda qo‘llaniladigan elektrod tizimlarining sezgir elementlari EYK ni unifikatsiyalangan o‘xshash elektr signallariga o‘zgartirish uchun mo‘ljallangan. O‘zgartkich ko‘rsatuvchi asbob M1730A (yoki M325) bilan jihozlangan. O‘zgartkich chiqish toki bo‘yicha manfiy teskari aloqa bilan qamrab olingan o‘zgarimas tok kuchaytirgichidan iborat, bu esa katta chiqish qarshiliklari olishga imkon beradi. P-201 o‘zgartkichi bilan elektrod tizimining EYK ni o‘lchash sxemasi 6.25-rasmda ko‘rsatilgan. Elektrod tizimining o‘lchanadigan EYK E_x teskari ishorali U_{chiq}

kuchlanish bilan taqqoslanadi. Bu kuchlanish rezistor R dan kuchaytirgichning chiqish toki I_{chiq} o'tayotganida kuchlanish tushuvi natijasida hosil bo'ladi. Binobarin, elektron kuchaytirgich EK ning kirishiga $U_{kir} = E_x - U_{chiq}$ kuchlanishlar ayirmasi beriladi; bu yerdan

$$E_{\Sigma} = U_{chiq} + U_{kir}$$

Elektron kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsiyenti (u kuchaytirgich chiqish kuchlanishining kirish kuchlanishi nisbatiga teng) qiymati ancha katta bo'lganida $U_{chiq} \gg U_{kir}$ bo'ladi, shuning uchun U_{kir} ning qiymatini hisobga olmasa ham bo'ladi. U holda

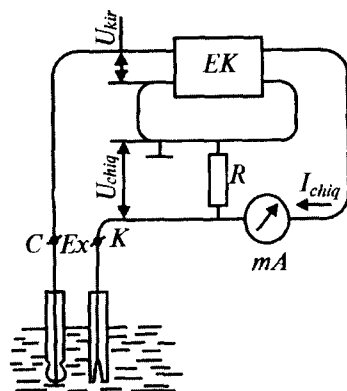
$$E_{\Sigma} = U_{chiq} = I_{chiq} \cdot R.$$

Shunday qilib, rezistor orqali o'tayotgan tok kuchi amalda elektrod tizimida hosil bo'ladigan EYK ga mutanosib bo'ladi. Uning kattaligini o'lchab, E_x ning va binobarin, eritmaning pH miqdorini aniqlash mumkin.

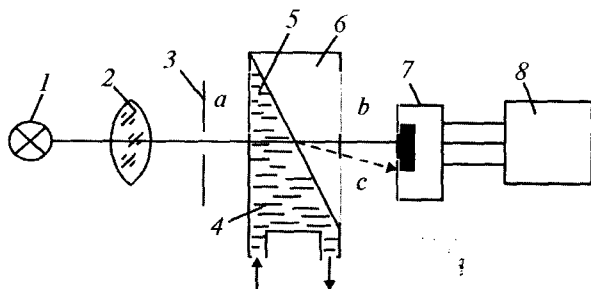
O'zgartkichda o'lchash chegaralari 10 dan 100 mV gacha bo'lgan o'ziyozar potensiomترلarni ulash uchun kuchlanish va tok bo'yicha chiqishlari bor. Harorat kompensatsiyasi 0 dan 100 °C gacha. Sezgir elementdan o'zgartkichgacha yo'l qo'yiladigan eng katta masofa 150 m. Chiqish signallari o'zgarimas tok bo'yicha 0—5 mA; o'zgarimas tok kuchlanishi bo'yicha 0 dan (10—100) mV gacha. Ko'rsatishlarni aniqlash vaqti 10 s. pH-201 asbobida pH sonlarini o'lchashning besh chegarasi bor: 1; 2,5; 5; 10; 15. Elektr chiqish signallari bo'yicha asosiy xatolik $\pm 1\%$. Ko'rsatuvchi asbob bo'yicha $\pm 2\%$.

Suyuqlik tarkibini tahlil qilishning optik usuli. *Optik analizatorlarda* tahlil qilinayotgan suyuqlik tarkibi bilan shu suyuqlik orqali yorug'likning tarqalish qonunlari o'rtasidagi bog'lanishdan foydalaniladi. Eritmalarni tahlil qilishning optik usullari suyuqliklar optik xossalarning sindirish va qaytarish koeffitsiyenti, optik zichligi, qutblanish burchagi va boshqa ko'rsatkichlarning tekshirilayotgan modda konsentratsiyasiga bog'liqligiga asoslangan. Eng ko'p tarqalgan optik analizatorlarga fotoelektrik refraktometrlar, fotoelektrik kalorimetrlar, fotoelektrik nefelometrlar va fotoelektrik polarimetrlar kiradi.

Refraktometrlarda tahlil yorug'likning bir muhitdan ikkinchi bir muhitga o'tishida (bu muhitlarning optik xossalari turlicha bo'lganligi sababli) o'z yo'nalishini o'zgartirish xususiyatlaridan foydalaniladi. Agar muhitlardan birining optik xossasi o'zgarimasdan qolsa (etalon muhit),



6.25- rasm. Elektrod tizimi EYK ni P-201 o'zgartkichi bilan o'lchash.



6.26- rasm. Avtomatik refraktometr sxemasi.

ikkinchisining xossasi esa suyuqlikdagi komponentlarning o'zgarishi bo'yicha bu komponentning konsentratsiyasini o'lchash mumkin.

Yorug'lik nurining chetga chiqishini (sinish ko'rsatkichini) aniqlashning bir necha usuli mavjud bo'lib, ulardan asosiylari spektrometrik va to'la ichki qaytarish usullaridir.

Spektrometrik usul yorug'lik oqimining nazorat qilinayotgan shisha prizmalarda eng kam chetga chiqish burchagi bo'yicha yorug'likning sinish ko'rsatkichini aniqlashga asoslangan.

6.26-rasmda avtomatik refraktometrning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan bo'lib, unda tahlil qilinayotgan eritma ikki kyuvet 4 va 6 dan iborat differensial kyuvet orqali o'tkaziladi. Har ikki kyuvet umumiy devorcha 5 ga ega prizmadan iborat. Kyuvet 4 orqali tahlil qilinayotgan eritma o'tkaziladi, kyuvet 6 da esa etalon suyuqlik turadi.

Yorug'lik manba 1 dan linza 2 va diafragma 3 yordamida yorug'lik polisasi *a* ga o'zgaradi, u ikkala kyuvetdan o'tib, qo'shaloq fotorezistor 7 ga tushadi. Agar 4 va 6 kyuvetlardagi suyuqliklarning optik xossalari bir xil bo'lsa, chiqayotgan yorug'lik oqim *b* ning yo'nalishi yorug'lik oqimi *a* ning yo'nalishi bilan bir xil bo'ladi. Bu holda har ikki fotorezistor bir xilda yoritilgan va ularning qarshiliklari teng bo'ladi.

Tahlil qilinayotgan suyuqlikning optik xossalari o'zganganida yorug'lik oqimi o'z yo'nalishini ikki marta o'zgartiradi: etalon kyuvet 6 ga kirishda va undan chiqishda. Nurning ν yo'nalishda siljishi natijasida pastki rezistorning yoritilganligi oshadi, yuqorigi fotorezistorniki esa kamayadi. Fotorezistorlar qarshiligining o'zgarishi ko'priks sxema yordamida o'lchanadi.

Yana bir keng tarqalgan turlaridan biri avtomatik refraktometrlar bo'lib, ularning ishlashi to'la ichki qaytarish hodisasiga asoslangan.

Refraktometrlar benzin, kerosin, xlorid va nitrat kislotalari, spirtlar va boshqa suyuqliklarni tahlil qilishda qo'llaniladi. Ba'zi refraktometrlar kyuvetining tuzilishi ulardan agressiv, zaharli, polimerlanadigan va yuqori haroratli muhitlarni tahlil qilishda foydalanishga imkon beradi. Miqdor jihatdan tahlil qilishning kalorimetrik usuli rang qo'shilgan eritmalarining ulardan o'tadigan yorug'lik oqimini bir xilda yutmasligiga asoslangan. Miqdoriy nisbatlar Lambert-Ber qonuniga muvofiq aniqlanadi.

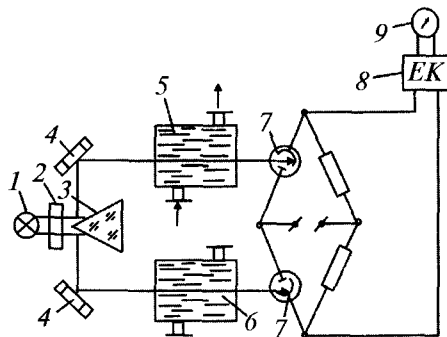
Fotoelektrik kalorimetrlar spektrning ko‘rinadigan qismida ishlash uchun mo‘ljallangan. Konsentratsiyani o‘lchash tahlil qilinayotgan moddaning bo‘yalish jadalligi bo‘yicha bajariladi, asbobning nomi ham shundan olingan („kolor“ — rang degani). Odatda, fotokalorimetrlar spektrning keng sohasida ishlaydi, shuning uchun ularda nurlanish manbalari sifatida cho‘g‘lanish lampalaridan foydalaniladi. O‘lchash sezgirligi va tanlanishini oshirish uchun fotokalorimetrlarda yorug‘lik filtrlaridan keng foydalaniladi. Yorug‘lik oqimlarining jadalligini qayd etish uchun qabul qilgichlar sifatida turli fotoelementlar, fotoqarshiliklar va fotoko‘paytirgichlardan foydalaniladi.

Avtomatik fotokalorimetrlarda, odatda, ikki kanalli (differensial) sxemalar qo‘llaniladi. Bu sxemalar yorug‘lik manbayidagi o‘zgarishlarga sezgir emas, chunki ularda o‘lchash ishlari taqqoslash usulida bajariladi. Ikki kanalli kalorimetrlarda (6.27-rasm) ikki fotoelementning fototoklari taqqoslanadi; fototoklardan birining kattaligi nazorat qilinayotgan eritma orqali o‘tayotgan yorug‘lik oqimiga, ikkinchi fototokning kattaligi esa etalon eritmadan o‘tgan yorug‘lik oqimiga mutanosib bo‘ladi.

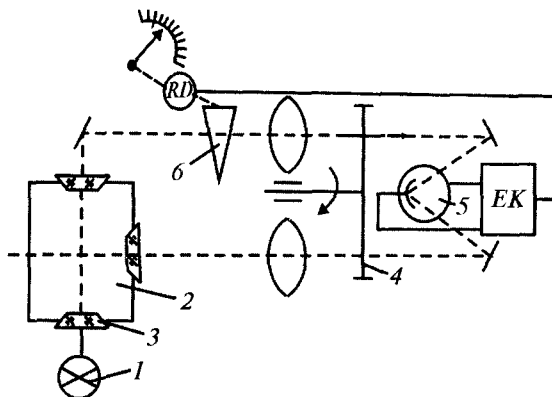
Etalon va tekshirilayotgan suyuqliklarning optik xossalari bir xil bo‘lgan hollarda har ikki fotoelementning yoritilganligi bir xil bo‘ladi va ko‘prik diagonalida tok bo‘lmaydi. Agar tekshirilayotgan suyuqlik etalon suyuqlikidan farq qiladigan konsentratsiyaga ega bo‘lsa (kuchli yoki kuchsiz bo‘yalgan bo‘lsa), u holda ko‘prikning diagonalida tok paydo bo‘lib, uning kattaligi konsentratsiyaga funksional bog‘liq bo‘ladi.

Optik qismining nisbatan murakkabligi va sxema elementlari spektral tavsiflarining o‘lchash natijalariga ta‘sir qilishi bu asboblarning kamchiligi hisoblanadi. Bunday asboblarning xatoligi kyuvet darchalarining va nurlar yo‘lidagi boshqa elementlarning bir xilda ifloslanmasligi tufayli katta bo‘ladi.

Suyuqlikda erimay qolgan muallaq zarralar konsentratsiyasini nazorat qilish uchun loyqa muhitlarda yorug‘likning sochilishiga asoslangan usullar qo‘llaniladi. Agar loyqa muhit orqali yorug‘lik oqimi o‘tkazilsa, u holda uning bir qismi suyuqlikdagi zarralar orqali sochiladi. Nazorat qilinayotgan suyuqlikda muallaq zarralar konsentratsiyasi qancha yuqori bo‘lsa, yorug‘lik oqimining shuncha katta qismi sochiladi. Bunda nazorat qilinayotgan suyuqlik orqali o‘tayotgan yorug‘lik oqimi jadalligining kuchsizlanishi ham (turbidimetrik o‘lchash) yorug‘lik oqimining sochilish jadalligi ham (nefelometrik o‘lchash) konsentratsiya o‘lchovi bo‘lishi mumkin.



6.27-rasm. Ikki kanalli fotokalorimetr sxemasi: 1 — yorug‘lik manbayi; 2 — yorug‘lik filtri; 3 — prizma; 4 — ko‘zgu; 5 — o‘lchash kyuvetasi; 6 — etalon kyuveta; 7 — fotoelement; 8 — elektron kuchaytirgich; 9 — o‘lchash asbobi.



6.28- rasm. Nefelometrning prinsipial sxemasi.

Ikki optik kanalli nefelometrning prinsipial sxemasi 6.28-rasmda ko'rsatilgan. Yorug'lik oqimi manba 1 dan chiqib, shisha darchalar 3 bilan jihozlangan o'lchash kamerasi 2 orqali o'tadi. Kamera 2 orqali o'tgan yorug'lik oqimi taqqoslash kanaliga yo'naladi, sochilgan yorug'lik oqimi esa o'lchash kanaliga yo'naladi. Har ikki oqim obyurator 4 yordamida navbatma-navbat fotoelement 5 ga tushadi. Sochilgan yorug'lik oqimi bilan taqqoslash oqimi o'rtasidagi farq (ayirma) muallaq zarralar konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi. Nefelometrlarda yorug'lik oqimlarining kompensatsiyalanish prinsipidan foydalaniladi, buning uchun ularning notengligi mavjud bo'lganida elektron kuchaytirgich chiqishiga ulangan reversiv dvigatel RD asbob strelkasini optik pona 6 sari siljitib, yorug'lik oqimlarini tenglashtiriladi.

Nefelometrlar, asosan, emulsiyalarni tahlil qilishda va qisman oqova suvlardagi neft mahsulotlari miqdorini tahlil qilishda ishlatiladi.

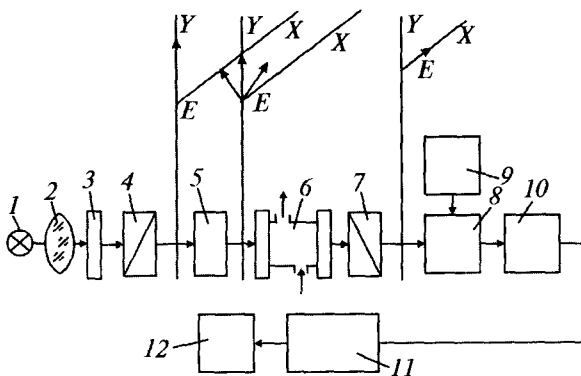
Turbidimetrik analizatorlar ichimlik va oqova suvlarning loyqaligini, tindirgichlar va texnologik uskunalaridagi shlam sathini, suspenziyalardagi zarralar konsentratsiyasini o'lchashda qo'llaniladi. Turbidimetrik analizatorlar suv loyqaligini o'lchaydigan 0—3 dan 0—500 mg/l gacha o'lchash chegarasiga ega, o'lchash xatoligi $\pm 2\%$ dan oshmaydi.

Konsentratsiyani aniqlashning polarimetrik usuli ba'zi optik jihatdan aktiv moddalarning ulardan o'tayotgan qutblangan yorug'likning qutblan-tirish tekisligini aylantirish xossasidan foydalanishga asoslangan. Optik jihat-dan aktiv moddalari bor eritmalar qutblanish uchun qutblanish tekisligini aylantirish burchagi a eritma qalinligi bir xil turganida shu eritma qatlamiga mutanosib bo'ladi:

$$a = a_0 \cdot l \cdot C \quad (6.21)$$

bu yerda: a_0 — qutblanish tekisligining qutblangan yorug'lik haroratiga, uning to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lgan solishtirma aylanishi; l — qatlam qalinligi; C — eritmaning konsentratsiyasi.

Shunday qilib, a_0 ning qiymatini bilgan holda, l ni o'lchangan qiymati bo'yicha konsentratsiya C ni aniqlash mumkin.



6.29- rasm. Avtomatik polarimetrning sxemasi.

6.29-rasmda avtomatik polarimetrning prinsipial sxemasi keltirilgan. Yorug'lik nurlari manba 1 dan chiqib, linza 2 yordamida parallel tutamga yaqinroq yorug'lik tutamiga aylantirilgach, interferensiyon filtr 3 dan o'tib, monoxromatik bo'lib qoladi. Polarizator 4 bu nurlanishni azimuti ma'lum qutblangan chiziqli nurlanishga aylantiradi. Modulator 5 (masalan, Faradey yacheykasi) qutblanish azimutini f chastota bilan o'rta vaziyatdan bir xildagi kattalikka o'zgartiradi. Analizator 7 qutblanish azimutining o'rtacha vaziyatiga nisbatan 90° burchak hosil qilib o'rnatilgan (ayqash vaziyat) bo'lib, foto qabul qilgich 8 ga qutblanish azimuti o'zgarishining qo'shaloq chastotasi ($2f$) ga teng modulatsiyali amplituda bilan kiradi. Foto qabul qilgich ta'minlash bloki 9 dan ishlaydi va nurlanishni elektr signaliga o'zgartiradi.

Agar modulator bilan analizator o'rtasiga optik jihatdan aktiv obyekt 6 joylashtirilsa, u holda qutblanish azimuti o'rtacha vaziyatdan ma'lum burchak a ga o'zgaradi va foto qabul qilgichga f chastotali nurlanish kiradi. f chastotali elektr signal elektron kuchaytirgich 10 da nomuvofiqlik signalini hosil qiladi, bu signal analizator bilan bikir aloqaga ega bo'lgan ijro mexanizmi 11 ga keladi. Nomuvofiqlik signalining fazasiga qarab, ijro mexanizm analizatorning tizimini optik o'qi atrofida u yoki bu tomonga buradi. Bu hol to ayqash vaziyat yana qaror topguniga qadar davom etadi va analizatordan keyin nurlanish chastotasi $2f$ ga teng bo'lmay qoladi.

Analizatorning burilish burchagi qutblanish azimutining optik jihatdan aktiv obyekt bilan birga aylanish burchagiga teng bo'ladi. O'lchash natijalari analizator bilan ijro mexanizmi orqali bog'langan sanoq qurilmasi 12 da qayd etiladi.

Qutblanish-optik usullar amalda inersiyasiz bo'lib, yuqori aniqlikka egadir.

Avtomatik titrlash. Titrlash — eritmalarni miqdoriy tahlil qilishning keng tarqalgan universal usullaridan bo'lib, zavod laboratoriyalarida bajarilgan tahlillarning asosiy qismi shu usulga to'g'ri keladi. Avtomatik titrlash uchun asboblari (avtomatik titrometrlar) ning qo'llanilishi tahlillar o'tkazish

tezligini keskin oshiradi, ko'pgina hollarda ularning aniqligini orttiradi, ko'psonli laborantlar, analitiklarni kamaytiradi.

Eritmada boshqa komponentlar bilan turgan, tabiati ma'lum bo'lgan modda A ning konsentratsiyasini aniqlash **titrlash** deb ataladi. Buning uchun maxsus reagent B tanlanadi, uni titrlovchi modda (titrant) deb ataladi, u quyidagi sxema bo'yicha tahlil qilinayotgan aralashmaning ma'lum komponentiga tanlab reaksiya ko'rsatadi:



bu yerda M va N — titrlash reaksiyasi mahsulotlari.

Titrlovchi modda B ni namunadagi modda A ning hammasi reaksiyaga kirmaganiga qadar qo'shiladi. Bu yerda, titrlovchi modda miqdori Q_B boshlang'ich namunadagi titrlanayotgan moddaning miqdori Q_A ga ekvivalent bo'ladi:

$$Q_A = K_r \cdot Q_B, \quad (6.23)$$

bu yerda K_r — titrlash reaksiyalarining stexiometrik koeffitsiyenti.

Titrlanadigan modda miqdori:

$$Q_A = C_A \cdot Q_N, \quad (6.24)$$

bu yerda: C_A — tahlil qilinayotgan aralashmadagi modda A ning konsentratsiyasi; $Q_N = \text{const}$ — boshlang'ich namuna miqdori.

Titrlovchi moddaning ekvivalent miqdori:

$$Q_B = C_B \cdot V_B, \quad (6.25)$$

bu yerda: C_B — titrlovchi moddaning konsentratsiyasi; V_B — titrlovchi moddaning ekvivalent hajmi.

Q_A va Q_B ning miqdorlarini (6.23) tenglamaga qo'yib, izlanadigan konsentratsiya C_A ning titrlovchi moddaning ekvivalent hajmiga bog'liqligini hosil qilamiz:

$$C_A = K_r \cdot V_B, \quad (6.26)$$

bu yerda $K_r = \frac{K_r \cdot C_B}{Q_N} = \text{const}$.

Shunday qilib, titrlashda namunadagi komponentning aniqlanadigan konsentratsiyasining o'lchovi titrlovchi moddaning ekvivalent hajmidan iborat bo'ladi.

Titrlash reaksiyalarining borishini nazorat qilish uchun ishlatiladigan asboblarning ishlash prinsipiga qarab, titrlashning quyidagi xillari bo'ladi: konduktometrik, potensiommetrik, amperometrik va fotometrik.

Titrlash jarayoni diskret (davriy) va uzluksiz bo'lishi mumkin. Davriy titrlashda tahlil qilinayotgan moddaning alohida dozasi (namunasi) tahlil qilinadi. Uzluksiz titrlashda tahlil qilinayotgan moddaning sarf bo'yicha stabilashgan oqimi tahlil qilinadi, bu modda uzluksiz ishlovchi reaktorga kirib

turadi. Uzlüksiz titrlashda titrlovchi moddaning ekvivalent sarfi aniqlanadigan komponentning o'lchovi bo'ladi, ya'ni

$$C_A = K_T^1 \cdot q_B^{ekv}, \quad (6.27)$$

bu yerda:

$$K_T^1 = \frac{K_r \cdot C_B}{q_A} = const$$

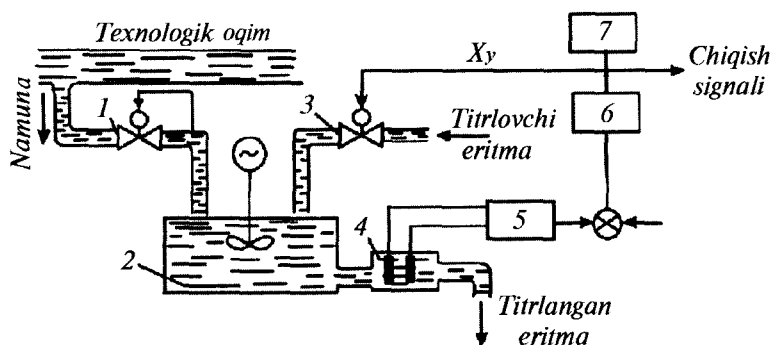
$q_A = const$ — tahlil qilinayotgan modda A oqimining sarfi; q_B^{ekv} — titrlovchi modda B ning ekvivalent sarfi.

Avtomatik titrlash usuli bilan tahlillarni avtomatik tarzda bajarish uchun mo'ljallangan asboblar **titrometrlar** deb ataladi. Vazifasiga ko'ra, avtomatik titrometrlar laboratoriya va ishlab chiqarish titrometrlariga bo'linadi. Laboratoriya titrometrlari yarimavtomatik asboblardir, chunki titrlash siklining barcha tayyorgarlik va yordamchi operatsiyalari qo'lda bajariladi. Ishlab chiqarishdagi avtomatik titrometrlar sanoat sharoitida texnologik jarayonlarni uzluksiz siklik yoki uzluksiz avtomatik tarzda tahlil qilish uchun mo'ljallangan.

Uzluksiz ishlaydigan avtomatik titrometrning prinsipial sxemasi 6.30-rasmda ko'rsatilgan.

Nazorat qilinayotgan texnologik oqimdan namuna olinadi, u sarf stabilizatori 1 orqali aralashtirgich 2 ga uzluksiz tushib turadi. Bu yerga titrlovchi eritma tushadi, uning sarfini rostlovchi organ 3 (masalan, yuqori aniqlikdagi dozalovchi nasos) bilan aniqlanadi. Namuna va titrlovchi eritma oqimlari uzluksiz ravishda aralashib va o'zaro reaksiyaga kirishib turadi. Agar aralashtirgichga vaqt birligi ichida tushib turgan titrlovchi eritma miqdori xuddi shu vaqt ichida namuna bilan birga tushib turgan titrlovchi modda miqdoriga ekvivalent bo'lsa, u holda reaksiyaga kirgan aralashma titrlashning oxirgi nuqtasiga mos keladi. Aks holda titrlab bo'lingan aralashmada moddalardan birining miqdori ortiqcha bo'ladi.

Aralashmadagi titrlovchi eritma bilan titrlovchi moddaning miqdorlari nisbati yordamchi avtomatik kondensator 5 va birlamchi o'zgartkich 4



6.30-rasm. Uzluksiz ishlaydigan avtomatik titrometr sxemasi.

yordamida nazorat qilib turiladi. Datchikning chiqish signali Z titrlashning oxirgi nuqtasiga mos keladigan Z_T ning berilgan qiymati bilan taqqoslanadi. Ular teng bo'lganida titrlovchi eritma sarfi o'zgarmaydi va namunaning nazorat qilinayotgan komponentining konsentratsiyasini xarakterlaydi. Aks holda nomuvofiqlik signali rostlagich 6 yordamida ma'lum qonun bo'yicha o'zgartiriladigan nomuvofiqlik signali rostlovchi organ 3 ga beriladi va bu organ berilayotgan titrlovchi eritma miqdorini o'zgartiradi. Rostlovchi organ 3 ning tavsifi chiziqli bo'lganida titrlovchi eritma sarfi boshqaruvchi signal X_u ga mutanosib bo'ladi. Binobarin, X_u ning kattaligini qayd etuvchi ikkilamchi asbob aniqlanayotgan modda konsentratsiyasining birliklarida darajalash mumkin.

Ba'zi hollarda, uzluksiz avtomatik titrometrning tuzilishini namuna va titrlovchi eritmalarining oqimlarini stabilash yo'li bilan soddalashtirish mumkin. Agar bu yerda, xarakteristik parametrning o'zgarishi nazorat qilinayotgan komponentning chiziqli funksiyasidan iborat bo'lsa, u holda bunday asbobdan avtomatik rostdash tizimining datchiki sifatida foydalanish mumkin.

Tahlil qilishning radioizotop usuli. Radioizotop usulining asosiy afzalligi — kontaktsiz o'lchashdir. Bu agressiv qovushqoq suyuqliklarni, shuningdek, harorati va bosimi yuqori suyuqliklarni tahlil qilishni osonlashtiradi. Radioizotop analizatorlarda, odatda, β va j yumshoq nurlanishlardan foydalaniladi. Energiyasi taxminan 100—150 keV bo'lgan j , nurlanish *yumshoq nurlanish* hisoblanadi.

Suyuqlikning zichligi ρ va qatlami qalinligi x ni bilgan holda va energetik jihatdan bir jinsli bo'lgan j — nurlar tutamining jadalligi i ni o'lchab, izlanayotgan komponent C_A ning massa ulushini aniqlash mumkin:

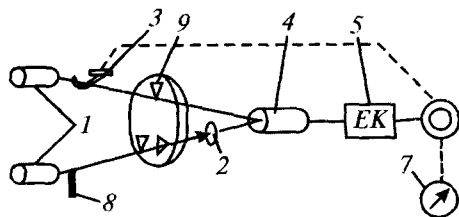
$$C_A = \frac{i_n \cdot j_0 / j}{\rho \cdot x (\mu_{fA} - \mu_{fB})} - \frac{\mu_f}{\mu_{fA} - \mu_{fB}}, \quad (6.28)$$

bu yerda: j_0 — qatlam sirtidagi j — nurlanishning jadalligi; μ_f — yumshoq j — nurlar zaiflashuvining fotoelektrik massaviy koeffitsiyenti; μ_{fA} — tahlil qilinayotgan muhitda og'ir elementlar zaiflashuvining o'rtacha koeffitsiyenti; μ_{fB} — tahlil qilinayotgan muhitda yengil elementlar zaiflashuvining o'rtacha koeffitsiyenti.

Bu usul neft mahsulotlarida oltingugurt, xlorli organik suyuqliklarda xlorni va hokazolarni aniqlashda qo'llaniladi.

Radioizotopli, avtomatik, kompensatsion, suyuqlik analizatorining funksional sxemasi 6.31-rasmda keltirilgan. Ikki manbadan chiqqan nurlanish (Fe^{55} izotoplar) obturator 9 bilan uzilganidan keyin, asbobning ishchi va taqqoslash kanallaridan uzilganidan keyin navbatma-navbat o'tadi. Ishchi kanalda nazorat qilinayotgan oqar suyuqlikli kyuvet 2, taqqoslash kanalida esa kompensatsion polietilen pona 3 joylashgan. Teng darajada kuchsizlashgan oqimlar bitta ssintillatsion detektor 4 — fotoelektron ko'paytirgich

FEK ga kiradi. FEK ning chiqishidagi kuchlanish impulslari elektron kuchaytirgich 5 ga kelib, bu yerda quvvati va amplitudasi bo'yicha kuchaytiriladi va qo'shiladi. Kuchaytirgich chiqishidagi signalning kattaligi va fazasi $J_r - J_i$ ayirmaning kattaligi va ishorasi bilan aniqlanadi, bu yerda J_r va J_i — tegishli ish va taqqoslash kanallaridan o'tgan



6.31-rasm. Radioizotopli avtomatik kompensatsion analizatorning funksional sxemasi.

nurlanish oqimlarining jadalligi. Signal kuchaytirgich 5 dan kompensatsion pona 3 va o'lchash asbobi 7 bilan kinematik bog'langan reversiv dvigatel 6 ga tushadi. Signalning fazasiga qarab, reversiv dvigatel har ikki kanalidagi oqimlarning jadalligi bir xil bo'lmaganiga qadar ponani suradi; bu yerda signal nolga teng bo'ladi. Kompensatsion ponaning vaziyati tahlil qilinayotgan muhitning konsentratsiyasining o'lchovi bo'ladi. Shkalaning nol nuqtasi zaslonka 8 bilan o'rnatiladi. Shkalaning o'lchov chegarasi kompensatsion ponaning yo'lini o'zgartirish bilan amalga oshiriladi.

Suyuqlik analizatorlarida β -nurlanishdan foydalanilganda o'lchashning ikki usuli — suyuqlikning β -nurlanish tutamini susaytirish va uning qaytarilishi qo'llanilishi mumkin. Birinchi usul tahlil qilinayotgan muhitdan o'tgan β -nurlanish jadalligini o'lchashga, ikkinchi usul tahlil qilinayotgan muhit qaytargan β -nurlanish jadalligini o'lchashga asoslangan. Ikkinchi usulda radioaktiv manba va nurlanish detektorini nurlanish bevosita detektorga tushmaydigan qilib o'rnatiladi.

β va j -nurlanishlardan foydalanish uchta va undan ortiq komponentli suyuqliklar tarkibini tahlil qiladigan analizatorlar yaratishga ham imkon beradi. Uch komponentli suyuqliklarni tahlil qilish uchun, masalan β -zarralar tutamlarining zaiflanish va qaytarilish koeffitsiyentlarini ayni bir vaqtda o'lchashdan foydalanish mumkin, chunki bu samaralar energiyalari yetarli darajada turlicha bo'lgan yumshoq j -nurlanish tutamlarining tarkibiga turlicha darajada bog'liq bo'ladi.

6.4- §. SUYUQLIKLARNING ZICHLIGINI O'LCHASH

Moddalarning zichligi texnologik mahsulotning sifatini, ba'zi hollarda esa tarkibini ham xarakterlovchi asosiy parametrlardan hisoblanadi. Zichlikni avtomatik o'lchash asboblari kimyo, oziq-ovqat va boshqa sanoat tarmoqlaridagi bir qator jarayonlarni avtomatlashtirishdagi muhim vositalardan hisoblanadi. Masalan, bug'latuvchi qurilmalar, absorber, distillatsion, rektifikatsion va boshqa uskunalarni nazorat qilish hamda boshqarishda

zichliklarni uzluksiz o'lchab turilish talab qilinadi. Ba'zi ishlab chiqarishda suyuqliklarning zichligi erigan modda konsentratsiyasini aniqlash maqsadida o'lchanadi.

Modda massasining hajmiga nisbati *zichlik* deyiladi, ya'ni

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (6.29)$$

bu yerda: ρ — zichlik, kg/m^3 ; m — moddaning massasi, kg ; V — modda hajmi, m^3 .

Suyuqlikning zichligi haroratga bog'liq va normal (20°C) haroratda quyidagi ifoda bilan hisoblanadi:

$$\rho_{20} = \rho_t [1 - \beta(20 - t)], \quad (6.30)$$

bu yerda: ρ_t — suyuqlikning ishchi haroratidagi zichligi, kg/m^3 ; β — suyuqlik hajmiy issiqlik kengayishining o'rtacha koeffitsiyenti, $1/^\circ\text{C}$; t — suyuqlik harorati, $^\circ\text{C}$.

Sanoatda suyuqlikning zichligini o'lchash uchun qalqovichli, vaznli, gidrostatik va radioizotopli zichlik o'lchagichlar ko'p qo'llaniladi.

Qalqovichli zichlik o'lchash asboblari. Qalqovichli zichlik o'lchagichlarda Arximedning qalqovichga ta'sir etuvchi itarib chiqaruvchi kuchining suyuqlik zichligiga bog'liqligidan foydalaniladi. Bu asboblarda *suzib yuruvchi va batamom cho'kadigan qalqovichli* bo'ladi. Birinchi tur asboblarda zichlikni o'lchash qiymati qalqovichning cho'kish chuqurligiga bog'liq bo'ladi. Ikkinchi tur asboblarda qalqovichni cho'kish chuqurligi o'zgarmaydi. Faqat uning itaruvchi kuchi o'lchanadi, bu kuch esa suyuqlikning zichligiga mutanosib bo'ladi.

Birinchi tur zichlik o'lchagichlarda qalqovichning og'irlik kuchi qalqovichga zichligi ρ bo'lgan, tekshiriladigan muhit tomonidan, ham suyuqlik yuzasida bo'lgan zichligi ρ_0 bo'lgan muhit tomonidan (6.32- rasmga qarang) ta'sir etadigan itaruvchi kuch bilan muvozanatlashadi. Qalqovich muvozanatda turganida itaruvchi kuch qalqovichning og'irlik kuchiga teng bo'ladi. Bu yerda, tekshirilayotgan muhit zichligining har bir qiymatiga qalqovichning ma'lum botish chuqurligi mos keladi. Ixtiyoriy shakldagi qalqovichga ta'sir etuvchi itaruvchi kuch Arximed qonuniga ko'ra aniqlanadi:

$$F_x = \rho_0 g \int_{h-x}^h S(x) dx + \rho g \int_0^x S(x) dx, \quad (6.31)$$

bu yerda: ρ_0 — suyuqlik ustidagi muhitning zichligi; g — erkin tushish tezlanishi; ρ — qalqovichning pastki qismi botirilgan suyuqlik zichligi; S — qalqovich kesimining yuzi, h — qalqovichning balandligi; x — qalqovichning suyuqlikka botish sathi.

O'zgarmas kesimli qalqovich uchun:

$$F_{(x)} = \rho_0 g S h + (\rho - \rho_0) g S x. \quad (6.32)$$

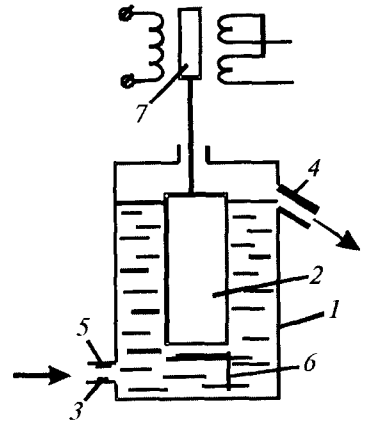
Agar suyuqlik ustida havo bo'lsa, u holda $\rho_0 = 0$. Unda umumiy holda

$$F_{(x)} = \rho \cdot g \int_0^x S(x) dx \quad (6.33)$$

O'zgarmas kesimli qalqovich uchun itaruvchi kuch ifodasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$F = \rho \cdot g \cdot S \cdot x, \quad (6.34)$$

6.32- rasmda suzib yuruvchi, qalqovichli zichlik o'lchash asbobining prinsipial sxemasi ko'rsatilgan. Asbob qalqovich 2, o'lchash idishi 1 dan iborat. Suyuqlik asbobga tarnov 3 orqali kelib, tarnov 4 orqali chiqib ketadi. Oqimning tezligi doimiy kesimli drossel 5 yordamida aniqlanadi. Plastinalar 6 qalqovichni uyurmalaridan saqlaydi.



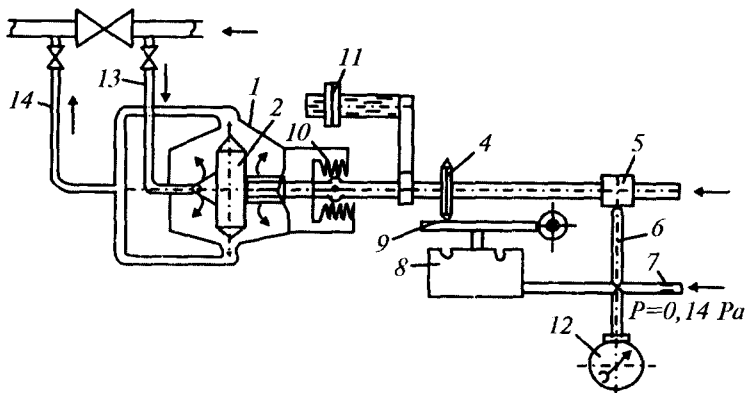
6.32-rasm. Suzib yuruvchi qalqovichli zichlik o'lchagich sxemasi.

Suyuqlik zichligining o'zgarishi qalqovich va u bilan bog'liq bo'lgan o'zak 7 ning siljishiga olib keladi. O'zak differensial-transformator o'zgartkich g'altagida siljiydi. Ikkilamchi (ko'rsatuvchi yoki qayd qiluvchi) asbob zichlik birligida darajalanadi. Haroratning kompensatsiyasi ikkilamchi asbobning o'lchash sxemasiga ulangan qarshilik termometri yordamida amalga oshiriladi. Zichlik o'lchagichlar korroziyaga chidamli materiallardan tayyorlanib, agressiv suyuqliklar zichligini o'lchashda ham ishlatilishi mumkin.

Oraliqdagi o'zgartkichning turiga qarab, zichlik o'lchagich elektrik yoki pnevmatik unifikatsiyalangan chiqish signaliga ega bo'lishi mumkin.

6.33-rasmda qalqovichi batamom cho'kadigan zichlik o'lchagichning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan. Bu asbobda pnevmatik o'zgartkich ishlatilgan. Ventil yoki boshqa toraytirish qurilmasi hosil qilgan bosimning pasayishi ta'sirida suyuqlik quvur 13 dan halqa taqsimlagich orqali o'lchash kamerasi 1 ga keladi va chiqarma quvurchalar yordamida quvur 14 dan asosiy quvurga uzatiladi. Suyuqlikning bunday yo'nalishi oqim tezligining qalqovich 2 ga ko'rsatilgan ta'sirini yo'qotadi. Qalqovich zoldirli podshipnikda turgan va silfon 10 dan o'tadigan koromislo uchiga o'rnatilgan. Koromislo posangi 11 orqali muvozanatlashadi. Posangi shunday rostlanganki, qalqovich eng kichik zichlikka ega bo'lgan (o'lchash asbobining pastki chegarasi) suyuqlikda pastga siljiy boshlaydi. Zichlik ko'payishi bilan qalqovich ko'payuvchi, itaruvchi kuch ta'sirida ko'tariladi va tizimdagi muvozanat buziladi.

Pnevmatik o'zgartkich yordamida muvozanat qaytadan tiklanadi. Buning uchun asbobga filtr, reduktor va drossel 7 orqali havo uzluksiz kelib turadi va soplo 6 bilan koromislo 3 uchiga o'rnatilgan to'siq 5 oraliq'idan atmosferaga chiqib ketadi. Qalqovich ko'tarilganda, to'siq soplo tomon siljiydi, natijada soplodan siqilgan havoning atmosferaga chiqishi kamayadi va membranali kuchaytirgich 8 da havo bosimi oshadi. Bu yerda, membranadan itaruvchi



6.33-rasm. Cho'kadigan qalqovichli pnevmatik o'zgartkichli zichlik o'lchagich sxemasi.

richag 9 ga uzatiladigan kuch oshadi va rolik 4 orqali koromislarning o'ng uchi yuqoriga ko'tariladi, natijada to'siq soplodan uzoqlashadi. Membranaga ta'sir etgan havo bosimi qalqovichning itaruvchi kuchiga mutanosib bo'lib, suyuqlik zichligining o'lchovi hisoblanadi va ikkilamchi asbob 12 orqali o'lchanadi. O'lchashning pastki chegarasi (50 kg/m^3) rostlagich posangisi 11 ni siljitish yo'li bilan rostlanadi. O'lchashning yuqorigi chegarasi qalqovich hamda membrana gabaritlariga yoki ularning koromislo o'qiga nisbatan burilish masofasiga bog'liq. Asbobdan o'tgan havo sarfi o'zgarmas kesimli drossel 7 yordamida amalga oshiriladi.

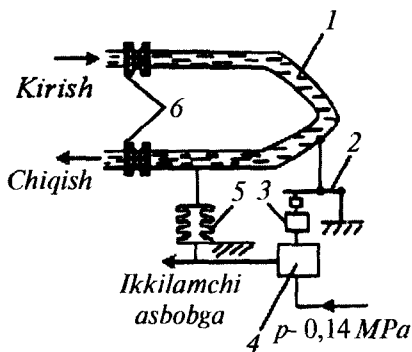
Batamom cho'kadigan qalqovichli zichlik o'lchagichlarning turli tuzilishlari mavjud. Ular bir-biridan qalqovichining tuzilishi, muvozanatlovchi qurilma, ko'rsatishlarni masofaga uzatuvchi mexanizmning usullari, avtomatik harorat kompensatsiyasi usuli va boshqalar bilan farq qiladi.

Kimyo, oziq-ovqat va boshqa sanoat tarmoqlarida keng tarqalgan zichlik o'lchagichlar bir-birlaridan qalqovichning shakli, ko'rsatishlarni masofaga uzatish usuli bilan farq qiladi. Qalqovichli asboblarda $1000 \dots 1400 \text{ kg/m}^3$ chegaradagi suyuqlik zichligini $\pm 2\%$ aniqlik bilan o'lchaydi.

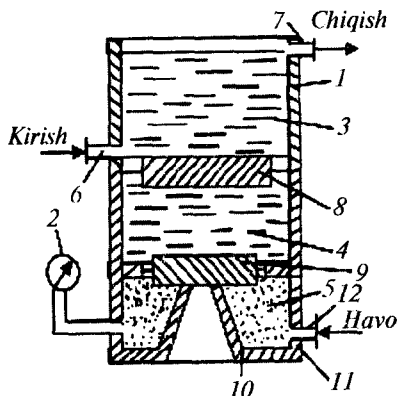
Vaznli zichlik o'lchagichlar. Vaznli zichlik o'lchash asboblarining ishlash prinsipi nazorat qilinayotgan suyuqlikning ma'lum bir doimiy hajmining vaznini uzluksiz o'lchab turishga asoslangan.

Toza suyuqliklar zichligi o'lchashdan tashqari vaznli zichlik o'lchagichlar suspenziya va tarkibida qattiq moddalar bo'lgan suyuqliklar zichligini o'lchashda ham ishlatiladi.

6.34-rasmda pnevmatik o'zgartkichli vaznli zichlik o'lchagichning prinsipial sxemasi keltirilgan. Suyuqlik rezina tarnov va metall silfonlari 6 bo'lgan sirtmoqsimon quvur 1 dan o'tadi. Sirtmoqsimon quvur pnevmoo'zgartkichining to'sig'i 2 bilan bog'liq. Suyuqlik zichligi oshganda sirtmoqsimon quvurning vazni ortadi va u pastga harakatlanadi, soplo 3 bilan to'siq 2 oralig'i kichrayadi, o'zgartkichdagi bosim ko'tariladi.



6.34-rasm. Pnevmatik o'tkazgichi bor vaznli zichlik o'lchagich sxemasi.



6.35-rasm. Membrana vaznli zichlik o'lchagich sxemasi.

Unifikatsiyalangan pnevmatik signal kuchaytirgich 4 orqali silfon 5 ga uzatiladi (teskari aloqa). Silfondagi bosim suyuqlik zichligining o'zgarishiga mutanosib o'zgaradi va shkalasi zichlik birligida darajalangan ikkilamchi asbob bilan o'lchanadi. Asbob suyuqlikning zichligini sirtmoqsimon quvur to'ldirilayotgan paytdagi amaliy haroratda o'lchaydi.

Vaznli zichlik o'lchagichlarning afzalligi sirtmoqsimon quvur kesimining doimiyligi va quvurdan suyuqlikning katta tezlikda o'tishidir. Bu esa suyuqlik tarkibidagi qattiq jismlarning sirtmoqsimon quvur tubiga (devorlariga) cho'kishiga yo'l qo'ymaydi. Sanoatda $500 \dots 2500 \text{ kg/m}^3$ o'lchash chegaralariga mo'ljallangan vaznli zichlik o'lchagichlar chiqariladi. O'lchashdagi asosiy xatolik $\pm 2 \%$.

6.35- rasmda Toshkent davlat texnika universiteti professor-o'qituvchilari yaratgan zichlik o'lchagichning sxemasi keltirilgan.

U korpus va o'lchash asbobi 2 dan iborat. Korpus nazorat qilinayotgan suyuqlik solingan kamera 3, bufer suyuqlik bilan to'ldirilgan oraliq kamera 4 va pnevmoo'zgartkich vazifasini bajaradigan kamera 5 dan iborat. Zichligi o'lchanayotgan suyuqlik kamera 3 ga kirish shtutseri 6 orqali to'xtovsiz kelib turadi va undan chiqish shtutseri 7 orqali chiqib ketadi, bu esa kamerada suyuqlikning bir sathda turishini ta'minlaydi. Oraliq kamera 4 idish 3 tubi 8 ning siljishini kuzatish uchun mo'ljallangan, u bikir markazli elastik membrana 9 dan iborat, markaz kamera 4 ning tubida o'rnatilgan. Kamera 5 sopro 10 bilan jihozlangan. Siqilgan havo naycha 11 orqali kamera 5 ga doimiy drossel 12 orqali kiradi. Membrananing bikir markazi sopro 10 ning to'sig'i rolini o'ynaydi. Membrana 8 ning suyuqlik vazni (zichligi) ga bog'liq bo'lgan siljishi oraliq kamera 4 orqali membrana 9 ga beriladi, bu membrana siljib sopro 10 ni bekitadi. Kamera 5 dagi havo bosimi o'lchash asbobi 2 yordamida nazorat qilib turiladi va suyuqlikning zichlik o'lchovi bo'lib xizmat qiladi.

Membrana-vaznli zichlik o'lchagich o'lchash sezgirligi va aniqligini oshirishga imkon beradi.

Gidrostatik zichlik o'lhagichlar. *Gidrostatik zichlik o'lhagichlar* o'zgaras balandlikdagi suyuqlik ustunining bosimini o'lchashga asoslangan.

Gidrostatik zichlik o'lhagichlar keng tarqalgan, chunki bu asboblarda sodda tuzilgan va tahlil qilinayotgan suyuqlikka o'rnatiladigan datchiklarda harakatlanadigan qismlari yo'q. Ularning ishlash prinsipi quyidagicha. Suyuqlik sirtiga nisbatan H chuqurlikdagi P bosim quyidagicha ifodalanadi:

$$P = \rho \cdot g \cdot H, \quad (6.35)$$

bu yerda: ρ — suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ; g — og'irlik kuchining tezlanishi, m/s^2 .

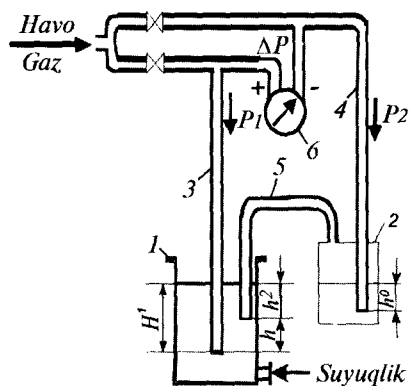
Suyuqlik ustunining balandligi H o'zgaras bo'lsa, bosim suyuqlik zichligining o'lchovi bo'ladi. Gidrostatik zichlik o'lhagichlarda suyuqlik ustunining bosimi, odatda, suyuqlik orasidan inert gaz (havo) ni uzluksiz haydab o'lchab turiladi. Bu gaz (havo) ning bosimi suyuqlik ustuni bosimiga mutanosib bo'ladi. Suyuqlik ustunining bosimini bu usulda o'lchash, olingan (pyezometrik zichlik o'lhagichlar) ko'rsatkichlarini masofaga uzatish imkoniyatini beradi. Haydaladigan inert gaz suyuqlik xususiyatlariga ko'ra tanlanadi. Haydaladigan gaz sarfi katta bo'lmay, doimiy bo'lishi shart, chunki sarfning o'zgarib turishi o'lchashda qo'shimcha xatoliklarga olib kelishi mumkin.

Odatda, suyuqlikning turli balandlikdagi ikkita ustunidagi bosimlar farqi o'lchanadi (differensial usul). Bu esa o'lchanayotgan zichlikning aniqligiga ta'sir ko'rsatadigan sath o'zgarishlarini yo'qotadi, (6.35) ifodadan:

$$P_1 - P_2 = (H_1 - H_2) \cdot \rho \cdot g \quad \text{yoki} \quad \Delta P = \Delta H \cdot \rho \cdot g, \quad (6.36)$$

bu yerda: P_1 va P_2 — suyuqlik ustunlarining bosimi, Pa; H_1 va H_2 — suyuqlik ustunlari sathi, m.

Havo (inert gaz) uzluksiz haydaladigan pyezometrik differensial ikki suyuqlikli zichlik o'lhagichda (6.36-rasm) tekshirilayotgan suyuqlik idish 1 dan uzluksiz oqib o'tadi, bu idishda suyuqlik sathi doimiy saqlanadi. Doimiy sathli idish 2 ma'lum zichlikli etalon suyuqlik bilan to'ldirilgan bo'ladi. Inert gaz naycha 3 orqali tekshirilayotgan suyuqlik qatlami orqali o'tadi va asboddan chiqib ketadi. Xuddi shu inert gaz naycha 4 orqali etalon suyuqlik qatlamidan o'tadi, keyin qo'shimcha naycha 5 orqali tekshirilayotgan suyuqlikning ma'lum qatlamidan o'tib asboddan chiqadi. Pyezometrik naychalarning chuqurligi va etalon suyuqlikning zichligi ma'lum bo'lsa, differensial manometr 6 ning ko'rsatishi tekshirilayotgan suyuqlik zichligining o'lchovi bo'ladi.



6.36-rasm. Pyezometrik zichlik o'lhagich sxemasi.

(6.36) ifodaga muvofiq difmanometrning ko'rsatishi quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta P = h_1 \cdot \rho \cdot g - (h_2 \rho + h_0 \rho_0)g = (h\rho - h_0 \rho_0)g. \quad (6.37)$$

Etalon suyuqlikning zichligi tekshirilayotgan suyuqlikning zichligiga yaqin qilib tanlanadi. U holda $h_0 = h$ bo'lsa, bosimlar farqi $\Delta R = 0$. Unda tekshirilayotgan suyuqlikning zichligi minimal bo'ladi. Agar tekshirilayotgan suyuqlikning zichligi maksimal bo'lsa, bosimlar farqi maksimal qiymatga ega bo'ladi.

Asbobda etalon suyuqlikli idish 2 tekshirilayotgan suyuqlikli idish 1 dan yuqoriroqda joylashgan. Etalon va tekshirilayotgan suyuqlikning harorat koeffitsiyenti bir xil bo'lib, ularning harorati teng bo'lsa, harorat kompensatsiyasi avtomatik ravishda ta'minlanadi.

Gidrostatik zichlik o'lchagichlar sanoatda $900 \dots 1800 \text{ kg/m}^3$ o'lchash chegarasiga mo'ljallab chiqariladi. Bu asboblarning asosiy xatoligi $\pm 4 \%$.

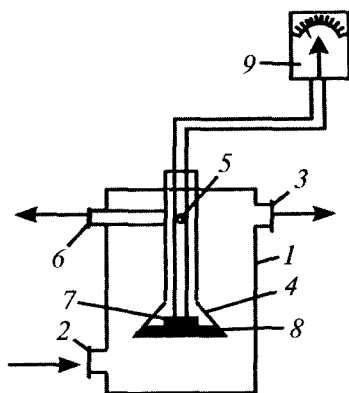
Silfonli, tenzometrik, ximotron va boshqa zichlik o'zgartkichlari gidrostatik zichlik o'lchagichlarning turlaridir.

6.37-rasmda tenzometrik zichlik o'lchagichning sxemasi keltirilgan. Nazorat qilinayotgan suyuqlik idish 1 ga shtutser 2 orqali uzluksiz tushib turadi va undan shtutser 3 orqali chiqib ketadi, bu esa idishda doimo bir xil sath bo'lishini ta'minlaydi. Asosiy idish 1 ning ichida etalon suyuqlik bilan to'ldirilgan idish 4 joylashtirilgan bo'lib, uning zichligi nazorat qilinayotgan suyuqlikning minimal zichligiga teng bo'lishi kerak. Etalon suyuqlik tuynuk 5 orqali kiradi, ortiqchasi esa to'kish naychasi 6 orqali chiqib ketadi. Bu bilan sathning doimiyligiga, ballast bosimning va harorat o'zgarishlarining kompensatsiya qilinishiga erishiladi.

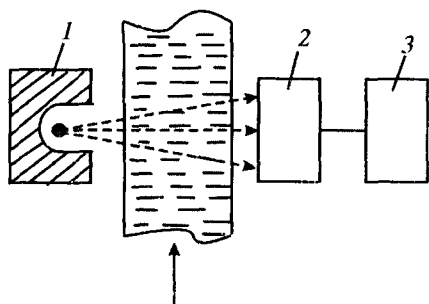
Nazorat qilinayotgan suyuqlik zichligi ozgina o'zgarishi bilan elastik element 8 ning markaziga yelimlab yopishtirilgan tenzodatchik 7 ning qarshiligi o'zgaradi. Zichlik o'lchagichi sifatida elektron avtomatik ko'priq 9 qo'llanilgan bo'lib, uning yelkalarining biriga tenzodatchik 7 ulangan. Ko'priq shkalasi zichlik birliklarida darajalangan.

O'lchashning pastki chegaralari ko'priq shkalasini darajalashda idishlar 1 va 4 ni zichligi tekshirilayotgan suyuqlikning minimal zichligiga teng bo'lgan suyuqlik bilan to'ldirishda aniqlanadi.

Radioizotopli zichlik o'lchagichlar. Radioizotopli zichlik o'lchagichlarning ishlash prinsipi radioaktiv manba j -nurlarining suyuqlikdan o'tishida yutilishiga asoslangan. Bular suspenziya, pulpa, agressiv va katta bosimli suyuqliklarning zichligini o'lchashda ishlatilishi mumkin. O'lchash vositalari o'lchanayotgan muhit bilan kontaktsiz bog'langan. Bu esa bunday asboblarning afzalligiga kiradi.



6.37- rasm. Tenzometrik zichlik o'lchagich sxemasi.



6.38-rasm. Radioizotopli zichlik o'lgagich sxemasi.

Radioizotopli zichlik o'lgagich tarkibiga (6.38-rasm) j -nurlanishlar manbai 1 va qabul qilgich 2 kiradi, uning chiqish signali avtomatik potentsiometr 3 ga beriladi. Qabul qilgich 2 qabul qiladigan nurlanish jadalligi quvurdan oqib o'tadigan suyuqlikning zichligiga bog'liq bo'ladi: zichlik qancha katta bo'lsa, j -nurlarning yutilishi shuncha kuchli va qabul qilgich 2 ning kirishida signal shuncha kuchsiz bo'ladi. Bu signalning kattaligiga quvur devorlarining qalinligi, suyuqlik

tarkibi va manba nurlanishini kamaytiradigan boshqa omillar ta'sir qiladi. Bu omillarning ta'siri turg'un bo'lganligi sababli asbobni darajalashda olingan tuzatmani ko'rsatishlarga kiritish yo'li bilan hisobga olinadi.

Sanoat radioizotopli zichlik o'lgagichlardan PJR-2, PJR-2N, PJR-5, PR-1024, PR-1025M va boshqa turlarini ishlab chiqaradi.

PJR-2 zichlik o'lgagichining o'lchash chegarasi $600 \div 2000 \text{ kg/m}^3$, asbobning o'lchash xatoligi $\pm 2 \%$.

6.5- §. SUYUQLIKLARNING QOVUSHQOQLIGINI O'LCHASH

Suyuq muhitlarning qovushqoqligini o'lchash sanoatda TJABT ni joriy qilishda eng murakkab muammolardan biridir. Jarayonlarning ko'pchiligi dispers tizimlar, suspenziyalar, kolloid eritmalar va plastik massalarni qayta ishlash bilan bog'liq. Ayrim mahsulotlar sezgir elementga yopishib qolib, ishlab chiqarish jarayonida sezgir elementga ta'sir etib, ulardan foydalanishni qiyinlashtirishi mumkin.

Sanoatda viskozimetrlarning qo'llanilishi qovushqoqlikni o'lchash uslublarining konstruktiv-texnik kamchiliklari yoki viskozimetrlarning o'zicha ishlatish sharoitlarini yaratish qiyinligi sababli juda ham cheklangandir.

Sanoatning bir qancha tarmoqlarida, masalan, sun'iy tolalar, sintetik smolalar, kauchuk eritmaları, bo'yoqlar, surkov moylari va boshqa mahsulotlar ishlab chiqarishda qovushqoqlik mahsulot tarkibi va sifatini aniqlovchi kattalik hisoblanadi. Shuning uchun ko'pgina hollarda qovushqoqlikni avtomatik tarzda uzluksiz o'lchab turish muhim ahamiyatga ega bo'ladi.

Suyuqliklarning sirpanish yoki siljishga qarshilik ko'rsatish xususiyati *qovushqoqlik* deyiladi.

Berilgan oqimda suyuqlik ikki qatlamining siljishida tangensial kuch vujudga keladi. Shu kuch Nyuton qonuniga ko'ra quyidagicha aniqlanadi:

$$F = \mu \cdot S \frac{dv}{dn} \quad (6.38)$$

bu yerda: F — siljish kuchi, N ; μ — dinamik qovushqoqlik yoki qovushqoqlik

koeffitsiyenti, $Pa \cdot s$; S — ichki ishqalanish yuzasi, m^2 ; $\frac{dv}{dn}$ — harakatdagi qatlam qalinligi bo'yicha tezlik gradiyenti (siljish tezligi), $1/s$; v — qatlam oqimining tezligi, m/s ; n — harakatdagi qatlam qalinligi, m . (6.38) tenglamadan dinamik qovushqoqlikni aniqlaymiz:

$$\mu = \frac{F}{S \frac{dv}{dn}}, \quad (6.39)$$

SI tizimida dinamik qovushqoqlik birligi qilib, suyuqlik oqimining shunday qovushqoqligi qabul qilinganki, bu oqimda $1 N/m^2$ siljish bosimi ta'sirida chiziqli tezligining gradiyenti siljish tekisligiga perpendikular bo'lgan $1 m$ masofada $1 m/s$ bo'ladi. Dinamik qovushqoqlikning bu birligi $N s/m^2$ yoki $Pa \cdot s$ o'lchovga ega.

Amalda ko'pincha dinamik qovushqoqlikning suyuqlik zichligi ρ ga bo'lgan nisbatida ifodalanuvchi kinematik qovushqoqlikdan foydalaniladi, ya'ni

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}. \quad (6.40)$$

Kinematik qovushqoqlik SI da m^2/s o'lchovga ega. Qovushqoqlik amalda puaz (P) va santipuaz (sP) birliklarida o'lchanadi. Bu birliklar SI dagi qovushqoqlikning birligi bilan quyidagicha bog'langan:

$$1P = 0,1 Pa \cdot s; \quad 1sP = 1 mPa \cdot s.$$

Nyuton qonuniga bo'ysunuvchi suyuqliklar, ya'ni qovushqoqligi jadal mexanik ta'sirlarga bog'liq bo'lmagan siljish (surilish tezligiga chiziqli bog'lanish) ga ega suyuqliklar *nyuton suyuqliklari* deyiladi. Agar bu bog'lanish chiziqli bo'lmasa, u holda bunday suyuqliklar *nonyuton suyuqliklar* deyiladi. Suyuqliklar, eritmalar, plastik va oziq-ovqat mahsulotlarining asosiy qismi nonyuton suyuqliklar guruhiga kiradi.

Oziq-ovqat sanoatida ko'pincha qovushqoqlik shartli birliklarda (VU graduslarida) o'lchanadi, bu birliklar ma'lum hajmdagi tahlil (tahlil) qilinayotgan suyuqlikning oqib ketish vaqtining shu hajmidagi distillangan suvning oqib ketish vaqtiga nisbatidan iborat:

$$VU = \frac{\tau_c}{\tau_{dc}}. \quad (6.41)$$

Qovushqoqlikni o'lchash paytida haroratning ta'sirini e'tiborga olib, tegishli tuzatishlar kiritish lozim.

Suyuqlik qovushqoqligini o'lchaydigan bir qator asboblardan mavjud. Bu asboblardan ishlash prinsipi jihatidan kapillar, zoldirli, rotatsion, tebranishli va ultratovushli asboblarga (viskozimetrlarga) bo'linadi.

Kapillar viskozimetrlar. M.P. Volarovichning ma'lumotlariga ko'ra, qovushqoqlik o'lchashning taxminan 80% i kapillar asboblardan bilan

o'tkazilib, ular nazariy jihatdan eng ko'p ishlab chiqilgan va amalda tadbiq qilingan.

Kapillar viskozimetrlar o'lchash aniqligining yuqoriligi, o'lchashning katta diapazoni va nisbatan soddaligi tufayli keng tarqalgan. Keyingi yillarda texnologik jarayonning o'tishidagi qovushqoqlikni avtomatik tarzda nazorat qilish va rostdashga mo'ljallangan kapillar viskozimetrlar yaratildi. Bu asboblarning nisbatan toza va bir jinsli suyuqliklarni qovushqoqligini nazorat qilishda ishlatiladi.

Kapillar viskozimetrlarning ishlash prinsipi Puazeyl kapillar naychasidan suyuqlikning oqib chiqish qonuniga asoslangan. Bu qonun quyidagicha ifodalanadi:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^4}{\mu \cdot l} \Delta P \quad (6.42)$$

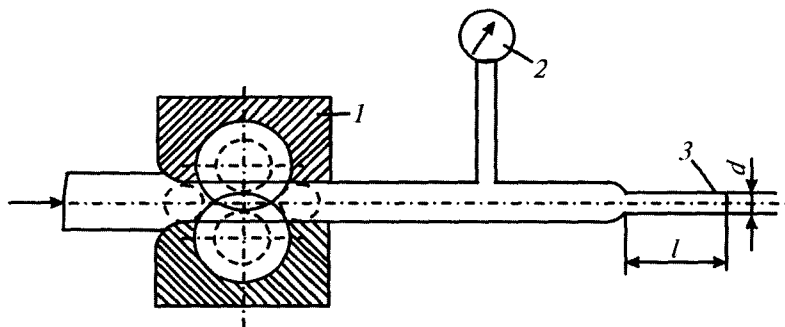
bu yerda: Q — naychadan oqib chiqadigan suyuqlikning hajmiy sarfi, m^3/s ; d — naycha diametri, mm ; μ — suyuqlikning dinamik qovushqoqligi, $Pa \cdot s$; l — naychaning uzunligi, m ; ΔP — naycha uchlaridagi bosimlar farqi, Pa .

Agar Q , d , l kattaliklarning qiymati doimiy bo'lsa, qovushqoqlikni aniqlovchi ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$M = K \cdot \Delta P \quad (6.43)$$

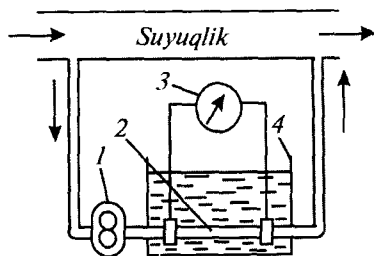
Shunday qilib, suyuqlik qovushqoqligini o'lchash suyuqlik o'tadigan kapillyar naycha uchlaridagi bosimlar farqini o'lchashdan iborat. Bu yerda, suyuqlikning yumaloq kesimi tirqishlardan oqib chiqishi og'irlik kuchi bosimi yoki tashqi bosim ta'sirida sodir bo'lishi mumkin. Kapillar viskozimetrlar ikki katta guruhga bo'linadi: laboratoriya viskozimetrlari va avtomatik ishlaydigan viskozimetrlar. Keyingi viskozi metrlarga bosim ostida suyuqlik oqib chiqadigan va erkin oqib chiqadigan asboblarning kiradi. Suyuqlik erkin oqib chiqadigan asboblarning, o'z navbatida, ikki turga: sath o'zgaradigan va o'zgarmaydigan asboblarga bo'linadi.

6.39-rasmda kapillar viskozimetr sxemasi keltirilgan. Shesternali nasos 1 tahlil qilinayotgan suyuqlikning mutlaqo doimiy miqdorini kapillar naycha 3 ga uzatadi. Kapillar naychaning kirishi va chiqishidagi bosimlar farqi



6.39-rasm. Kapillar viskozimetr.

sezgir difmanometr 2 orqali o'lanadi. Difmanometrning shkalasi qovushqoqlik birligida darajalanadi. Kapillar naychani diametri d va uzunligi l o'lchash chegaralari va o'lchanayotgan suyuqlik turiga qarab tanlanadi. O'zgaras haroratni ta'minlash uchun viskozimetr naychasi, odatda, haroratni avtomatik rostlovchi termostatga ulanadi. Kapillar viskozimetrning o'lchash chegaralari 0,001... 10 Pa s. Laboratoriya asboblari o'lchash xatoligi $\pm 3...5\%$.



6.40- rasm. Avtomatik kapillar viskozimetr.

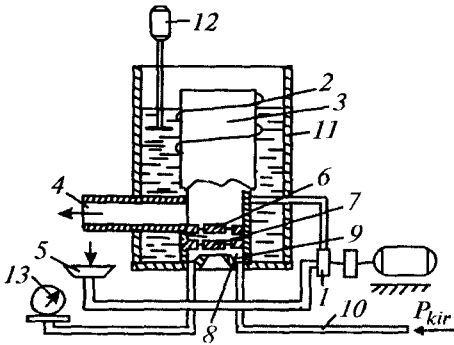
6.40-rasmda avtomatik kapillar viskozimetrning tuzilishi biroz o'zgaragan prinsipial sxemasi keltirilgan. Nazorat qilinayotgan suyuqlik o'zgaras sarf bilan dozlovchi nasos 1 yordamida kapillar naycha 2 orqali so'rib olinadi. Naychadagi bosimning pasayishi difmanometr 3 bilan o'lchanadi, uning shkalasi qovushqoqlik birliklarida darajalangan. Viskozimetr termostat 4 ga o'rnatilgan. Odatda, asbob diametri va uzunligi turlicha bo'lgan kapillarlar komplekti bilan ta'minlangan bo'ladi. Kapillarning diametri va uzunligi o'lchash chegaralariga qarab tanlanadi.

Ishlash prinsipi o'z og'irligi ta'sirida suyuq mahsulotlarning oqib chiqishiga asoslangan viskozimetrlar eng ko'p tarqalgan. Ularning asosiy qismi datchik bo'lib, u pastki tomonidan kalibrlangan naycha bilan tugaydigan sig'imdan iborat. Sig'imga uzluksiz ravishda suyuqlik beriladi, uning sarfi doimo bir xilda saqlab turiladi. Sig'imdagi suyuqlik sathi uning qovushqoqligiga mutanosib ravishda o'zgaradi. Sathni o'lchab, qovushqoqlikning qiymati topiladi. Bu asboblarning boshqa turlarida, aksincha, suyuqlik sathi bir xilda ushlab turiladi, lekin qovushqoqlikka bilvosita bog'liq bo'lgan boshqa parametr (masalan, suyuqlik sarfi, kapillarning siljishi, kapillarning diametri yoki uzunligi va hokazo) o'lchanadi. Birinchi tur asboblari o'zgaruvchan sathli viskozimetrlar deb, ikkinchi tur asboblari esa o'zgaras sathli viskozimetrlar deb ataladi.

Toshkent davlat texnika universiteti professor-o'qituvchilari tomonidan suyuq mahsulotlarning erkin oqib chiqishiga asoslangan pnevmatik va elektrik viskozimetrlarning har xil turlari yaratilgan. Erkin oqib chiqishga asoslangan viskozimetrlardan o'zgaruvchan sathli asboblari keng qo'llanilmoqda.

6.41-rasmda membranali pnevmatik viskozimetrning sxemasi keltirilgan. Tekshiriladigan suyuqlik nasos-dozator 1 yordamida so'rib olinadi va issiqlik almashgich 2 orqali silindrik idish 3 ga haydaladi, u yerdan kapillar 4 orqali sig'im 5 ga oqib chiqadi.

Kapillar 4 idish 3 ning yon devorida joylashgan bo'lib, gidravlik kamera 7 ning yuqorigi membranasi 6 shu idishning tubi bo'lib xizmat qiladi. Gidravlik kamera ostida chiqarish soplosi 9 bilan pnevmatik kamera 8 joylashgan. Havoni pnevmatik kameraga ma'lum 0,14 MPa bosim bilan doimiy

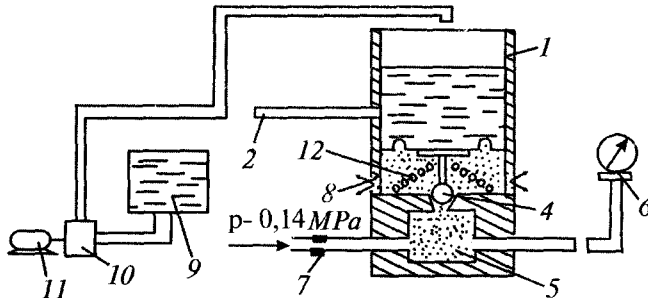


6.41- rasm. Membranali pnevmatik viskozimetr.

bosimi o'zgaradi va bu o'zgarish o'lchash asbobi 13 yordamida o'lchanadi. Uning shkalasi bevosita kinematik qovushqoqlik birliklarida darajalangan.

6.42-rasmda zoldirli pnevmatik viskozimetrning sxemasi keltirilgan. Pnevmokamerani atmosfera bilan tutashtiruvchi zoldirli klapaning qo'llanilishi juda yuqori aniqlikda o'lchashni ta'minlaydi.

Suyuqlikning qovushqoqligini o'lchashda uning kapillar 2 li idish 1 dagi sathi o'zgaradi. Qovushqoqlikning ortishi — suyuqlikning gidravlik bosimi hisobiga membrana 3 ning pastga egilishiga sabab bo'ladi. Natijada zoldirli membrana bilan birlashtirilgan zoldirli klapan 4 havo bilan to'ldirilgan pnevmokamera 5 ning yuqorigi qismidagi konussimon teshikni berkitadi. Havo pnevmokameraga magistral havo yo'lidan doimiy drossel 7 yordamida 0,14 MPa bosimda beriladi. Bosim suyuqlik sathini balandligining o'zgarishiga mutanosib ravishda ortadi, bunga prujina 12 ning siljishi natijasida erishiladi. Qovushqoqlik kamayganda zoldirli klapan ko'tariladi va havo teshik 8 orqali atmosferaga chiqib ketadi. Kapillar 2 dan oqib chiqadigan suyuqlik sig'im 9 ga tushadi, u yerdan shesternali nasos 10 yordamida so'rib olinadi, nasosni reduktorli sinxron dvigatel 11 harakatga keltiradi. Nasos tekshirilayotgan suyuqlikni termostat orqali so'rib oladi (chizmada ko'rsatilmagan). Ikkilamchi asbob 6 sifatida o'ziyozar PV4-E yoki manometrardan foydalanilgan bo'lib, ularning shkalalari qovushqoqlik birliklarida darajalangan bo'ladi



6.42- rasm. Zoldirli pnevmatik viskozimetr.

O'lchash chegaralari $(212-938) \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ni, nisbiy keltirilgan xatolik $\pm 2\%$ ni tashkil etadi.

6.43-rasmda halqali viskozimetrning prinsipial sxemasi keltirilgan. Halqasimon kamera 3 prizma 2 ning tayanch oyoqlari yordamida o'z geometrik markaziga osib qo'yilgan. Halqaning pastki qismiga yuk 4 mahkamlab qo'yilgan. Suyuqlik termostat orqali halqasimon kamera 3 ga so'rib olinadi va kapillar naycha 5 dan idish 6 ga oqib chiqadi. Suyuqlikning qovushqoqligi o'zgariganda aylantiruvchi moment hosil bo'ladi, uning ta'sirida halqasimon kamera strelkasi bilan tayanch nuqta atrofida aylanishga teskari ta'sir etuvchi moment bilan muvozanatlashmagunga qadar buriladi. Shkala 1 bevosita qovushqoqlik birliklarida darajalangan. Qovushqoqlikni o'lchash chegaralarini yuk 4 og'irligini oshirish yoki kamaytirish yo'li bilan o'zgartirish mumkin. Asbobning maksimal xatoligi tajriba yo'li bilan aniqlangan bo'lib, $\pm 1,5\%$ ni tashkil qiladi, halqaning maksimal burilish burchagi 60° , o'lchash chegarasi esa $20 \text{ mPa} \cdot \text{s}$.

Ichi kovak halqada suyuqlik sathining o'zgarishi quyidagi aylantiruvchi momentni hosil qiladi:

$$M_{\text{ayl}} = H \cdot j \cdot S \cdot R. \quad (6.44)$$

Buning ta'sirida halqa soat strelkasi harakati yo'nalishida buriladi. Halqaning burilishi teskari ta'sir etuvchi momentni yuzaga keltiradi:

$$M_{\text{tes}} = F \cdot b \cdot \sin \alpha. \quad (6.45)$$

Momentlar teng bo'lganida ichi kovak halqa yangi muvozanat vaziyatida to'xtaydi:

$$M_{\text{ayl}} = M_{\text{tes}} \quad (6.46)$$

yoki

$$H \cdot j \cdot S \cdot R = F \cdot b \cdot \sin \alpha,$$

bu yerda: H — suyuqlik sathi; j — suyuqlikning solishtirma og'irligi; S — halqa yarimqismlari o'rtasidagi to'siqning yuzi; R — halqaning o'rtacha radiusi; F — yukning og'irlik kuchi; b — tizimi og'irlik markazining tayanch nuqtasigacha masofasi; α — halqaning burilish burchagi.

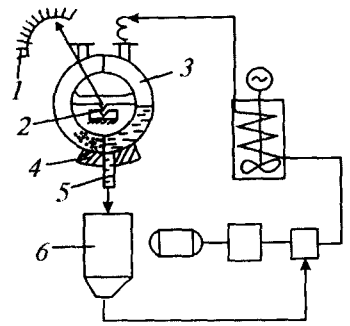
Ayni halqa uchun F , b , S , R kattaliklar o'zgarimas, shuning uchun

$$H \cdot j = K \cdot \sin \alpha, \quad (6.47)$$

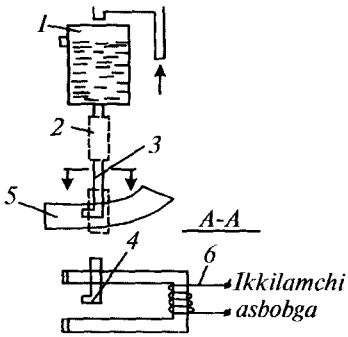
bu yerda:

$$K = F \cdot b / S \cdot R.$$

(6.47) tenglama asbobning statik tavsifini ifodalaydi va idishdagi suyuqlik sathi bir xil bo'lganida uning og'irligi halqa burilish burchagining sinusiga



6.43- rasm. Halqali viskozimetr.



6.44- rasm. Doimiy sathli viskozimetr sxemasi.

uchi 90° ga bukilgan kapillar 3 mahkamlangan bo‘ladi. Kapillar induktorli datchik 5 ning qisqa tutashtirilgan chulg‘ami (ekrani) 4 bilan bikiq qilib birlashtirilgan. Datchik induktiv chulg‘ami 6 bo‘lgan P-simon sterjendan iborat.

Suyuqlik yig‘gich idishdan nasos yordamida idish 1 ga uzatiladi va kapillar 3 orqali oqib chiqadi. Kapillardan chiqadigan suyuqlikning sathi oqib chiqayotgan suyuqlikning sarfiga bog‘liq bo‘lgan reaktiv kuch hosil qiladi. Bu kuch kapillar 3 ning erkin uchini siljishga majbur qiladi.

Tekshirilayotgan suyuqlikning va uning kapillardan o‘tayotgan sarfi o‘zgaradi, buning natijasida reaktiv kuch ham o‘zgarib, kapillarning erkin uchini siljitadi. Kapillarning uchi bilan birga u bilan bikiq qilib birlashtirilgan qisqa tutashtirilgan chulg‘am 5 siljiydi.

O‘zgaruvchan tok bilan ta‘minlangan induktiv chulg‘am 6 π -simon magnit o‘tkazgich sterjen va bu sterjenning erkin uchi orasidagi tirqish orqali o‘zgaruvchan magnit oqimi hosil qiladi. Sterjen 5 ning bitta yarim qismga qisqa tutashtirilgan chulg‘am 4 kiydirilgan, u magnit kuch chiziqlarini berkitish xossasiga ega bo‘ladi, chunki bu halqaning siljishi natijasida sterjen 5 ning erkin uchlari orasidagi tirqish orqali magnit oqimi o‘tadigan yuza o‘zgaradi. Natijada induktiv chulg‘am 6 hosil qiladigan magnit oqimi qisqa tutashtirilgan chulg‘amdan nariga o‘tmaydi, ya‘ni berkilib qoladi. Bu yerda, induktivlik o‘zgaradi va uni ikkilamchi asbob qayd etadi. Shunday qilib, qovushqoqlik o‘zgariganida ekran 4 bilan bikiq, birikkan kapillar sterjen 5 bo‘ylab siljiydi, buning natijasida ikkilamchi asbob qayd etadigan induktivlik o‘zgaradi. Toshkent davlat texnika universiteti professor-o‘qituvchilari yaratgan bu viskozimetrlar o‘lchash aniqligi va asbobning ishonchli ishlashini oshirishga imkon beradi.

Zoldirli viskozimetrlar. Zoldirli viskozimetrlar suyuqliklarning qovushqoqligini o‘lchashda keng ishlatiladi. *Qovushqoqlikni erkin tushuvchi jism usuli bilan o‘lchash Stoks qonuniga asoslangan.* Bu qonunga muvofiq erkin tushuvchi jismning suyuqlikdagi tezligi shu suyuqlik qovushqoqligi bilan bog‘langan, bu bog‘lanish quyidagicha ifodalanadi:

mutanosib va faqat qovushqoqlikka bog‘liqligini bildiradi. Viskozimetr shkalasining notekisligini maxsus lekalo yordamida bartaraf etish mumkin.

Doimiy sathli viskozimetrning ishlashi sathni belgilangan balandlikda saqlab turish prinsipiga asoslangan. O‘zgaruvchan sathli asboblardan farqli ravishda bu yerda suyuqlik sarfining qat‘iy bir doimiylikda bo‘lishi shart emas.

6.44- rasmda doimiy sathli viskozimetrning sxemasi keltirilgan. Silindrik idish 1 ga elastik biriktiruvchi 2 yordamida, masalan,

6.44- rasmda doimiy sathli viskozimetrning sxemasi keltirilgan. Silindrik idish 1 ga elastik biriktiruvchi 2 yordamida, masalan,

6.44- rasmda doimiy sathli viskozimetrning sxemasi keltirilgan. Silindrik idish 1 ga elastik biriktiruvchi 2 yordamida, masalan,

6.44- rasmda doimiy sathli viskozimetrning sxemasi keltirilgan. Silindrik idish 1 ga elastik biriktiruvchi 2 yordamida, masalan,

6.44- rasmda doimiy sathli viskozimetrning sxemasi keltirilgan. Silindrik idish 1 ga elastik biriktiruvchi 2 yordamida, masalan,

6.44- rasmda doimiy sathli viskozimetrning sxemasi keltirilgan. Silindrik idish 1 ga elastik biriktiruvchi 2 yordamida, masalan,

6.44- rasmda doimiy sathli viskozimetrning sxemasi keltirilgan. Silindrik idish 1 ga elastik biriktiruvchi 2 yordamida, masalan,

6.44- rasmda doimiy sathli viskozimetrning sxemasi keltirilgan. Silindrik idish 1 ga elastik biriktiruvchi 2 yordamida, masalan,

6.44- rasmda doimiy sathli viskozimetrning sxemasi keltirilgan. Silindrik idish 1 ga elastik biriktiruvchi 2 yordamida, masalan,

6.44- rasmda doimiy sathli viskozimetrning sxemasi keltirilgan. Silindrik idish 1 ga elastik biriktiruvchi 2 yordamida, masalan,

6.44- rasmda doimiy sathli viskozimetrning sxemasi keltirilgan. Silindrik idish 1 ga elastik biriktiruvchi 2 yordamida, masalan,

6.44- rasmda doimiy sathli viskozimetrning sxemasi keltirilgan. Silindrik idish 1 ga elastik biriktiruvchi 2 yordamida, masalan,

$$\mu = K \frac{(\rho_1 - \rho_2) \cdot g \cdot r^2}{v} \quad (6.48)$$

bu yerda: ρ_1 va ρ_2 — erkin tushuvchi jism (zoldir) materialining va suyuqlikning zichliklari, kg/m^3 ; g — og'irlik kuchining tezlanishi, m/s^2 ; r — zoldirning radiusi, m ; v — zoldirning bir me'yorda tushish tezligi, m/s ; K — qabul qilingan o'lchovga bog'liq bo'lgan sonli doimiy koeffitsiyent.

Stoks qonuni bir jinsli suyuqlikning mutlaqo sferik zoldirga nisbatan laminar harakatida ishlatilishi mumkin. (6.48) ifodadan ma'lumki, tekshirilayotgan suyuqlikning qovushqoqligini o'lchash suyuqlikdagi zoldirning tushish tezligini yoki zoldirning belgilangan masofadan o'tish vaqtini o'lchashdan iborat. Qovushqoqlikning zoldir tushish vaqtiga bog'liqligi quyidagicha ifodalanadi:

$$M = K \cdot \tau, \quad (6.49)$$

bu yerda: K — asbob doimiysi, Pa ; τ — zoldirning belgilangan masofadan o'tish vaqti, s .

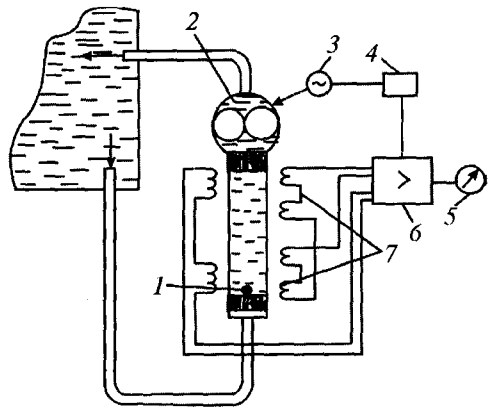
Qovushqoqlikni zoldirning erkin tushish vaqti bo'yicha aniqlaydigan avtomat qurilmaning prinsipial sxemasi 6.45-rasmda ko'rsatilgan.

Suyuqlik oqimi zoldir I ni boshlang'ich holatga shesternali nasos 2 yordamida ko'taradi. Bu shesternali nasos elektr dvigatel 3 ga ega. Zoldirni ko'tarish bilan birga nasos suyuqlikdan namuna olib, uni sinaydi. Zoldir yuqorigi cheklovchi to'rga yetgach, nasos to'xtaydi, zoldir harakatsiz muhitda erkin pastga tushadi. Induksion g'altaklar 7 orqali zoldirning belgilangan yo'l l dan o'tish vaqti hisoblanadi. Zoldirning induksion g'altaklardan o'tishida nomuvozanatlik signallari hosil bo'ladi va bu signal elektron kuchaytirgich 6 orqali kuchaytiriladi. Shesternali nasosning avtomatik ravishda ulanishi va vaqtning hisoblanishi rele bloki 4 va o'lchash asbobi 5 yordamida bajariladi.

Asbobning o'lchash chegaralari induksion g'altaklar orasidagi masofa l va zoldir diametrining o'zgarishi bilan tanlanadi. Bunday asboblarda $100 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ chegaradagi suyuqlik qovushqoqligini o'lchash mumkin. Asboblarining o'lchash aniqligi $\pm 2 \%$.

Rotatsion viskozimetrlar. Suyuqliklar qovushqoqligini o'lchashda hamda ularning reologik xususiyatlarini o'rganishda rotatsion viskozimetrlardan foydalanish qulay. Bu asboblarda tekshirilayotgan suyuqlik hosil qiluvchi qarshilik momentlari va aylantiruvchi momentlarni o'lchashga asoslangan.

Qovushqoq suyuqlikda jism aylanganida qovushqoqlik qarshiligi teskari



6.45- rasm. Erkin tushuvchi zoldirli avtomatik viskozimetr sxemasi.

ta'sir etuvchi moment hosil qiladi. Agar jism doimiy tezlik bilan aylansa, bu moment suyuqlik hosil qiladigan aylantiruvchi momentga teng va dinamik qovushqoqlikka mutanosib bo'ladi:

$$M = K \cdot \mu \cdot \omega, \quad (6.50)$$

bu yerda: M — aylantiruvchi moment, Nm; K — asbob doimiysi; μ — dinamik qovushqoqlik, Pa · s; ω — aylanuvchi jismning burchak tezligi, 1/s.

Rotatsion viskozimetrlar aylanuvchi jism shakli va aylantiruvchi momentni o'lchash usuliga ko'ra bir-biridan farq qiladi. Boshqa asboblarga nisbatan koaksial silindrli, aylanuvchi jism va tahlil qilinayotgan suyuqlikka cho'ktiriladigan aylanuvchi parallel diskli asboblarga ko'proq ishlatiladi. 6.46-rasmda rotatsion viskozimetr turlarining prinsiplari sxemalari ko'rsatilgan.

Koaksial silindrli viskozimetr (6.46-rasm, a) tashqi silindri tahlil qilinayotgan suyuqlik bilan to'ldirilgan ikki silindrdan iborat. Tashqi silindr 2 o'zgarimas tezlik bilan aylanganda dvigatel 1 ta'sirida suyuqlik statsionar aylanish holatiga keladi va aylantiruvchi momentni ichki silindr 3 ga uzatadi. Bu silindrni tinch holatda saqlash uchun silindrga kattaligi teng, lekin teskari ishorali kuch momenti ta'sir qilishi kerak. Bu kuch, rasmda ko'rsatilganidek, kalibrlangan yuk 4 yordamida hosil qilinadi.

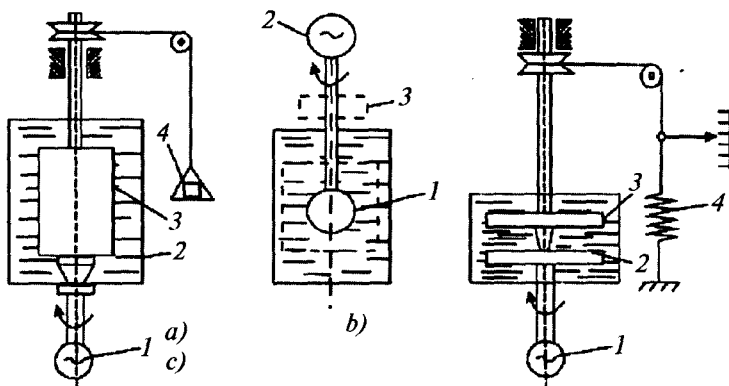
Laminar harakatda kuch momenti bilan ko'rilayotgan suyuqlikning qovushqoqligi quyidagicha bog'langan:

$$M = \pi \cdot l \cdot \mu \cdot \omega \frac{R^2 \cdot r^2}{R^2 - r^2}, \quad (6.51)$$

bu yerda: M — kuch momenti, N · m; l — ichki silindrning uzunligi, m; ω — tashqi silindr aylanishining burchak tezligi, 1/s; R va r — tashqi va ichki silindrlarning radiusi, m.

Viskozimetrlarning tashqi va ichki silindri harakatsiz bo'ladi.

Tekshiriladigan suyuqlikka cho'ktiriladigan aylanuvchi jism (6.46-rasm, b) sharsimon yoki silindrik rotor 1 kabi ishlaydi. Bu rotor dvigatel 2 yordamida o'zgarimas aylanishlar chastotasi bilan aylantiriladi. Suyuqlikning rotor aylanishiga ko'rsatilgan qarshiligi maxsus qurilma 3 yordamida o'lchanadi.



6.46-rasm. Rotatsion viskozimetr.

Aylanuvchi diskli viskozimetr (6.46-rasm, *d*) tekshirilayotgan suyuqlikka cho'ktirilgan ikki parallel disk 2 va 3 dan iborat. Disk 2 dvigatel 1 yordamida ravon aylanadi. Tekshirilayotgan suyuqlikning qovushqoqlik xususiyati tufayli disk 3 ga aylantiruvchi moment uzatiladi. Bu aylantiruvchi moment suyuqlik qovushqoqligiga mutanosib bo'lib, hisoblash asbobi bilan bog'langan silindrik prujina 4 yordamida muvozanatlanadi.

Aylanuvchi diskli viskozimetrlardan suyuqliklarning qovushqoqligini uzluksiz o'lchashda ham foydalanish mumkin.

Rotatsion viskozimetrlarning o'zgarmas koeffitsiyentlari analitik ravishda yoki etalon suyuqliklar bo'yicha tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Rotatsion viskozimetrlarning o'lchash chegarasi 0,01...1000 Pa·s.

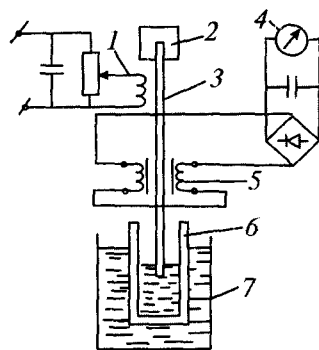
Tebranishli viskozimetrlar. Keyingi yillarda katta o'lchash chegaraga, yuqori sezgirlikka va aniqlikka ega bo'lgan, shuningdek, har xil sharoitlarda turli muhitlarni tahlil qiluvchi umumiy afzalliklarga ega bo'lgan tebranishli viskozimetrlar keng tarqalmoqda.

Tebranishli viskozimetrlarning ishlash prinsipi nazorat qilinayotgan muhitga cho'ktirilgan sezgir element tebranishi so'nish darajasining shu muhit qovushqoqligiga bog'liqligiga asoslangan. Tuzilish jihatdan tebranishli asboblardan elektromagnitli va ultratovushli bo'ladi. Elektromagnitli (past chastotali) viskozimetrlar 1 kHz gacha va ultratovushli asboblardan 10—1000 kHz chastotalarda ishlaydi.

6.47-rasmda ko'rsatilgan elektromagnit tebranishli viskozimetrning ishlash prinsipi quyidagicha. Idish 6 dagi nazorat qilinayotgan suyuqlikka sezgir element — po'lat plastinka 3 ning bir uchi tushiriladi. Uning yuqorigi qismi maxsus qisqichli asbob 2 ga mahkamlangan. Idish 6 termostatlovchi qurilma 7 ga o'rnatiladi. Elektromagnit 1 yordamida po'lat plastinka 3 rezonans tebranishli harakatga keltiriladi. Tekshirilayotgan suyuqlikning qovushqoqligini o'lchashda po'lat plastinka tebranishlarining amplitudasi o'zgaradi. Bu o'zgarish elektromagnit datchiklar 5 yordamida qabul qilinadi. Datchiklarda induksiyalangan kuchlanish to'g'rilanib, o'lchash asbobi 4 ga uzatiladi, asbob qovushqoqlik birligida darajalangan. Ular qovushqoqlikni $\pm 3 \dots 5 \%$ xatolik bilan o'lchaydi.

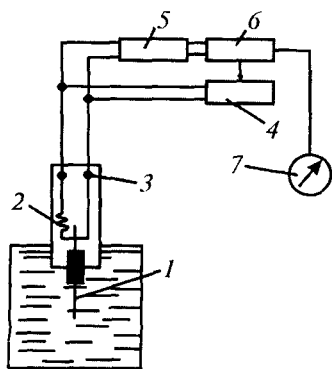
Ultratovushli viskozimetrlar universal hisoblanadi. Bu asboblardan katta o'lchash chegarali, yuqori aniqlik, inersiyasizlik, harakatlanuvchi qismlarining yo'qligi kabi afzalliklarga ega. Lekin bu asboblardan murakkab elektron qurilmalardan iborat bo'lganligi sababli ularning ishlatilishi cheklangan.

Ultratovushli viskozimetrlardan ultratovushlarning muhit qovushqoqligiga qarab yutilishiga asoslangan. 6.48-rasmda ultratovush tebranish-



6.47-rasm.

Elektromagnit tebranishli viskozimetrning sxemasi.



6.48- rasm. Ultratovushli viskozimetr sxemasi.

larining soʻnish tezligini oʻlchaydigan ultratovushli viskozimetrning sxemasi koʻrsatilgan.

Magnitostriksion materialdan yasalgan plastina 1 gilza Z ga mahkamlangan. Plastinaning pastki qismi qovushqoqligi oʻlchanayotgan suyuqlikka tushirilgan. Gilzada impuls generatori 4 dan taʼminlanadigan uygʻotish gʻaltagi 2 bor. Gʻaltakka uzunligi 20 mks ga yaqin impuls yuboriladi, natijada plastinada boʻylama tebranishlar yuz beradi. Tebranishli chastotasi, plastina geometriyasi orqali, soʻnish amplitudasi esa suyuqlik qovushqoqligi orqali aniqlanadi. Impulslarni yuborish bilan bir vaqtda, kuchaytirish va detektorlash operatsiyasi kuchaytirgich 5 va detektor 6 da

bajariladi, natijada trigger generatorini berkitadi. Plastinaning tebranishida teskari magnitostriksion samara tufayli, gʻaltakda plastinaning tebranish chastotasiga teng boʻlgan kuchlanish (EYK) hosil boʻladi.

$$U = U_m \exp(-a\tau) \cdot \sin(\omega\tau), \quad (6.52)$$

bu yerda: U — gʻaltak uchlaridagi kuchlanish; U_m — kuchlanishning boshlangʻich amplitudasi; a — tebranishning suyuqlik qovushqoqligiga bogʻliq boʻlgan soʻnish koeffitsiyenti; τ — vaqt; ω — plastinaning tebranish chastotasi.

Bu kuchlanish impuls generatorini plastina tebranishlarining soʻnishi tugaguncha berkitib turadi, shundan soʻng generator qayta uygʻonadi.

Shunday qilib, soʻnish jadalligining oʻlchovi impuls generatorining ketma-ket uygʻonishidagi vaqt oraligʻi kattaligidan iborat. Suyuqlik qovushqoqligi qancha katta boʻlsa, impuls orasidagi vaqt oraligʻi shuncha kichik boʻladi. Oʻlchash signali detektordan ikkilamchi asbob 7 ga keladi.

Qovushqoqlik birligida darajalangan oʻlchash asbobi impuls intervalining oʻrtacha qiymatini oʻlchaydi. Asbobning oʻlchashdagi xatoligi $\pm 1\%$.

Ultratovushli viskozimtrlar texnologik oqimlardagi turli suyuqliklarni uzluksiz nazorat qilish uchun ishlatiladi. Bu viskozimtrlarning oʻlchash chegarasi 0,0001...100 Pa·s.

Tebranishli, ayniqsa, ultratovushli viskozimtrlarning qoʻllanilish sohasi Nyuton suyuqliklari bilan cheklab qoʻyiladi, bu suyuqliklarning qovushqoqligi mexanik taʼsir jadalligiga bogʻliq boʻlmaydi. Nyuton suyuqliklarida ular kamaytirib koʻrsatadi, bu holda ham ulardan faqat qovushqoqlik indikatorlari sifatidagina foydalanish mumkin.

6.6- §. MODDALARNING NAMLIGINI OʻLCHASH

Gazlar, suyuq muhit va qattiq jismlarning namligi kimyo, oziq-ovqat, metallurgiya, neft-gaz, toʻqimachilik sanoatida va boshqa sanoat tarmoqlaridagi hamda qurilishdagi koʻpgina texnologik jarayonlarning muhim koʻrsatkichlaridan hisoblanadi.

Har qanday jismda namlikning mavjudligi uning absolut (mutlaq) hamda nisbiy namligi bilan xarakterlanadi.

Gazning mutlaq namligi deyilganda normal sharoitlarda $1,0 \text{ m}^3$ gaz aralashmasidagi suv bug‘i massasi tushuniladi. Mutlaq namlikning birliklari g/m^3 yoki kg/m^3 .

Nisbiy namlik deyilganda $1,0 \text{ m}^3$ aralashmadagi suv bug‘i massasi (hajmi) ning shu haroratdagi $1,0 \text{ m}^3$ aralashmadagi suv bug‘ining maksimal massasi (hajmi) ga nisbati tushuniladi. Nisbiy namlik o‘lchovsiz kattalik, ba’zan u foizlarda ifodalanadi.

Materialdagi nam miqdorini miqdor jihatidan xarakterlash uchun ikkita kattalik — nam saqlami va namlikdan foydalaniladi.

Nam jism massasining mutlaq quruq material massasiga nisbati **nam saqlami** deb ataladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$N_s = \frac{M}{M_0} \quad \text{yoki} \quad N_s = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \cdot 100\%, \quad (6.53)$$

bu yerda: M — nam massasi; M_0 — mutlaq quruq materialning massasi; M_1 — nam materialning massasi.

Nam jismdagi namlik massasining nam material massasiga nisbati quyidagicha ifodalanadi:

$$W = \frac{M}{M_1}. \quad (6.54)$$

Nam saqlamidan namlikka o‘tish va aksincha hollarda quyidagi nisbatdan foydalaniladi:

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

Gaz namligini o‘lchash usullariga psixrometrik, shudring nuqtasi, gigrometrik (sorbsion), kondensatsion, spektrometrik, elektr-kimyoviy, issiq o‘tkazuvchanlik usullari kiradi. Bulardan birinchi uchtasi eng ko‘p tarqalgan.

Suyuqliklarning namligini o‘lchash uchun sig‘imli, absorbsion asboblar va suyuqlikning namlikka aloqasi bor biror xossasini o‘lchaydigan asboblardan foydalaniladi.

Qattiq va sochiluvchan jismlarning namligini o‘lchash uchun bevosita va bilvosita usullar qo‘llaniladi.

Quritish, ekstraksion va kimyoviy usullar bevosita o‘lchash usullarining ichida eng ko‘p tarqalgandir.

Konduktometrik, dielkometrik, o‘ta yuqori chastotali, optik, yadroviy magnit rezonansli, termovakuum, issiqlik fizikasi usullari bilvosita o‘lchash usullariga kiradi.

Quyida sanoatda eng ko‘p tarqalgan usullarni ko‘rib chiqamiz.

Gazlarning namligini o‘lchash. Hozir texnologik jarayonlarda gazlarning

va havoning namligini o'lchashning psixrometrik, shudring nuqtasi va gigrometrik usullari eng ko'p tarqalgan.

Psixrometrik asboblardan namlikni o'lchash prinsipi suv bug'ining elastikligi hamda quruq va nam termometrlarning ko'rsatishlari o'rtasidagi bog'lanishga asoslangan. Psixrometrik samarani o'lchash uchun psixrometr ikkita bir xil termometrga ega bo'lishi kerak. Bulardan birining (ho'l termometrning) issiqlik qabul qiluvchi qismi idishdan suvni so'rib oluvchi gigroskopik jismga tutashib turadi va doimo nam holda saqlanadi. Ho'l termometrning sirtidagi namlik bug'langanda uning harorati pasayadi. Natijada quruq va ho'l termometrlar o'rtasida psixrometrik farq deb ataluvchi haroratlar farqi paydo bo'ladi.

Psixrometrik farqqa bog'liq nisbiy namlik quyidagi nisbatdan aniqlanadi:

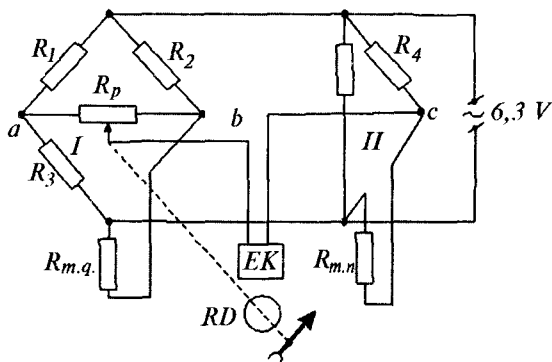
$$\varphi = \frac{P_n - A(t_q - t_n)}{P_q}, \quad (6.55)$$

bu yerda: P_n — nam termometrning t_n haroratida tekshirilayotgan muhitning to'yintiruvchi bug'lari elastikligi, P_a ; P_q — quruq termometrning t_q haroratida tekshirilayotgan muhitning to'yintiruvchi bug'lar elastikligi, P_a ; A — psixrometrik koeffitsiyent bo'lib, u psixrometrning tuzilishi, nam termometrga gaz haydash tezligi va gaz bosimiga bog'liq, $1/^\circ\text{C}$.

A koeffitsiyent ma'lum tuzilishli psixrometrlar uchun tuzilgan maxsus jadvallardan olinadi. Bu koeffitsiyentga ho'l termometrda gaz haydash tezligi katta ta'sir qiladi. Gaz oqimining tezligi oshishi bilan A koeffitsiyent kamayadi va $2,5 \div 3$ m/s dan ortiq tezlikda doimiy bo'lib qoladi. Sanoat psixrometrlarida gaz oqimining tezligini o'zgartirmaydigan qurilmalar bor. Bu tezlik $3 \div 4$ m/s dan kam emas.

Elektr psixrometrlarda haroratni aniqlash uchun termojuftlar, yarim-o'tkazgichli termoqarshiliklar va standart metall qarshilik termometrlari ishlatiladi.

6.49- rasmda qarshilik termometrlariga ega bo'lgan elektr psixrometrning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan. Asbobning o'lchash qismi *I* va *II*



6.49- rasm. Elektr psixrometr sxemasi.

ko‘priklaridan iborat. Ikkala ko‘prik ham elektron kuchaytirgichning ikkita umumiy R_1 va R_3 yelkalariga ega. R_{mq} quruq qarshilik termometri I ko‘prikning yelkasiga, R_{mH} ho‘l qarshilik termometri II ko‘prik yelkasiga ulangan. I ko‘prik R_1, R_2, R_3, R_{mq} qarshiliklardan iborat. II ko‘prik R_1, R_3, R_4, R_{mH} qarshiliklardan iborat.

Ko‘prik diagonalining a va b uchlaridagi potentsiallar farqi quruq qarshilik termometrining haroratiga, a va c uchlaridagi potentsiallar farqi esa ho‘l qarshilik termometrining haroratiga mutanosib. Qo‘shaloq ko‘prik diagonalining v va s nuqtalari orasidagi kuchlanishning pasayishi quruq va ho‘l qarshilik termometrlarining haroratlari farqiga mutanosib. O‘lchash tizimining muvozanati RD reversiv dvigatel yordamida harakatga keltiriladigan R reoxord sirpang‘ichini avtomatik ravishda siljitish yo‘li bilan hosil qilinadi. Shu bilan birga, dvigatel asbob strelkasini ham siljitadi. Asbobning shkalasi nisbiy namlik foizlarida darajalangan.

Psixrometrik usulning afzalliklari — musbat haroratda o‘lchashning yetarli darajada aniqligi va inersionligining kichikligi; kamchiliklari — o‘lchash natijalarining gaz harakati tezligiga va atmosfera bosimi o‘zgarishlariga bog‘liqligi; harorat pasayishi bilan sezgirlikning kamayishi va xatoning ko‘payishidir.

Avtomatik psixrometrik namlik o‘lchagich APV-201 texnologik obyektlardagi bug‘-gaz aralashmasining nisbiy namligini uzluksiz nazorat qilish uchun mo‘ljallangan. Uning ishlash prinsipi nisbiy namlikni o‘lchashning psixrometrik usuliga asoslangan.

Namo‘lchagich uchta blokdan: birlamchi o‘zgartkich, ikkilamchi o‘zgartkich va muvozanatlashtirilgan ko‘prik KSM-3 dan iborat. Nisbiy namlikni o‘lchash chegaralari 10...100 %. O‘lchanayotgan muhitning harorati 30...100 °C. Asosiy xatolik nisbiy namlikning 3 % iga teng.

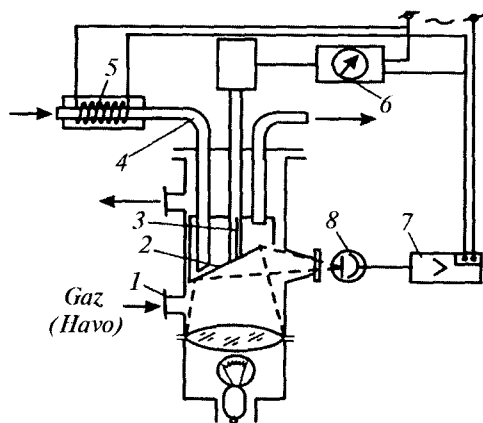
„Shudring nuqtasi“ usuli yoki gazlarning namligini kondensatsion usul bo‘yicha o‘lchash quyidagi bog‘lanishga asoslangan:

$$\varphi = \frac{P_\tau}{P_t} \quad (6.56)$$

bu yerda: P_τ — „shudring nuqtasi“ning τ — haroratida bug‘ning elastikligi, Pa; P_t — to‘yingan bug‘ning t haroratdagi elastikligi, Pa.

Shunday qilib, „shudring nuqtasi“ni va tekshirilayotgan gazning haroratini bilsak, nisbiy namlikni aniqlash mumkin. „Shudring nuqtasi“ usuli katta qulaylikka ega, chunki u namlikni gazning istalgan bosimi sharoitida o‘lchashga imkon beradi (10...15 mPa va undan ortiq). Bu usul bo‘yicha namlikni o‘lchash haroratni o‘lchashdan iborat. Shu usulda o‘lchash asbobining tuzilishi 6.50-rasmda ko‘rsatilgan.

Tekshirilayotgan gaz yoki havo kanal I orqali quvur 4 dan keladigan sovuq havo bilan sovitiladigan ko‘zgu 2 gacha keladi. Sezgir element



6.50-rasm. Kondensatsion namlik o'lchagichning tuzilish sxemasi.

o'lchash jarayoni takrorlanib turadi.

Bu asboblarning bir qancha turlari bor. Ular bir-biridan sezgir elementni sovitish, kondensatsiya paytini qayd etish, shudring paydo bo'lish haroratini o'lchash usullari bilan farq qiladi. Lekin deyarli barcha namlik o'lchagichlar murakkab tuzilishga ega bo'lib, ishlatishda katta malaka va e'tiborni talab qiladi. Shuning uchun bu asboblarning boshqa usullarni qo'llab bo'lmagan hollardagina ishlatiladi.

Gigrometrik namlik o'lchagichlarda sezgir element o'lchanayotgan gaz bilan gigrometrik muvozanatda turishi kerak. Texnik o'lchashlar amaliyotida gigrometrik o'zgartkichlarning quyidagi turlari tarqalgan: elektrolitik, qizdirishli elektrolitik va sorbsion. Elektrolitik gigrometrlarda o'lchash o'zgartkichida elektrolitli namga sezgir element bo'ladi. Gazning namligi o'zgarib, bu elementdagi nam miqdori o'zgaradi, natijada elektrolitning konsentratsiyasi hamda tegishli qatlamning qurshiligi yoki elektr o'tkazuvchanligi o'zgaradi. Elektrolit sifatida, ko'pincha, litiy xlorid ishlatiladi. Elektrolitik gigrometrlarning o'lchash sxemalari ko'prikli o'lchash sxemalarining turli variantlaridan iborat bo'ladi. Elektrolitik gigrometrlarning kamchiligiga ularning darajalanish tavsiflarining noturg'unligini, shuningdek, ularning ko'rsatishiga haroratning va eritma konsentratsiyasining ta'sirini kiritish mumkin.

Qizdirishli elektrolitik o'zgartkichlar tuzilishi jihatidan elektrolitik o'zgartkichlarga yaqin. Biroq ishlash prinsipi bo'yicha farq qiladi. Gaz namligi o'zgarishi natijasida o'zgartkich elektr o'tkazuvchanligi o'zgarib, uning harorati ham o'zgaradi. Agar gazning namligi ortsa, o'zgartkichning elektr o'tkazuvchanligi ham ortib, tokning ko'payishiga, o'zgartkich haroratining ko'tarilishiga va o'zgartkichdan namning bug'lanishiga olib keladi. Bu esa, o'z navbatida elektr o'tkazuvchanlikning, tokning va o'zgartkich haroratining kamayishiga olib keladi. Shunday qilib, tahlil qilinayotgan

ko'zgucha sirtiga kichik inersiyali termojuft 3 o'rnatilgan, unga millivoltmetr 6 ulangan. Ko'zguchada shudring paydo bo'lish payti fotorele sxemasi bo'yicha ulangan fotoelement 8 yordamida qayd qilinadi va shu paytda kontaktlar 7 tutashib, millivoltmetr ulanadi hamda ko'zgucha haroratini o'lchaydi. Ayni bir vaqtda havo isitgich 5 ning elektr qizdirish elementi ulanadi, bu element ko'zgucha qizib, ravshanlanguncha ulangan holda turadi. Ko'zgucha sirtidagi shudring batamom bug'langanda isitgich uziladi va ko'zgucha isiydi. Shunday qilib,

gazdagi suv bug'larining parsial bosimlari bilan elektrolitning to'yingan eritmasi ustidagi parsial bosimlarning muvozanat holatiga mos keladigan rejim avtomatik tarzda saqlab turiladi. Bu muvozanat holatiga mos keluvchi harorat biror termometr bilan o'lchanadi. Qizdirishli elektrolitik gigrometrlar nisbatan sodda va ishonchlidir. Ularning tavsifi amalda gazning changishiga yoki ifloslanishiga, tezligiga, bosimiga va ta'minlash kuchlanishiga bog'liq emas.

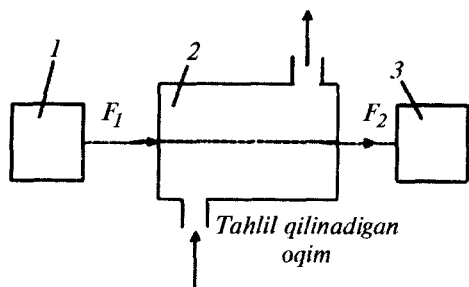
Sorbsion gigrometrlarda sorbsion materiallar (keramika, mikrog'ovakli materiallar, aluminiy oksidlar va boshqalar) fizik xossalarining ulardagi gaz namligiga bog'liq bo'lgan nam miqdoriga qarab o'zgarishidan foydalaniladi. Odatda, nam saqlami o'zgarishi bilan o'lchash o'zgartkichining elektr qarshiligi, sig'imi, biror boshqa parametri o'zgaradi. Asbobning o'lchash sxemasi o'lchash o'zgartkichining chiqish signali bilan belgilanadi. Bu turdagi asboblarning individual darajalanish tavsiflari bilan farq qiladi, shuning uchun ularning sanoatda keng qo'llanilishi cheklab qo'yilgan.

Suyuqliklarning namligini o'lchash. Suyuqliklarning namligini o'lchash uchun maxsus nam o'lchash asboblari yoki suyuqlikning biror boshqa xossasini o'lchaydigan asboblarning qo'llaniladi (bu xossa suyuqlikning namligiga bog'liq bo'lishi kerak). Masalan, pulpani xarakterlaydigan tavsiflardan biri uning tarkibidagi suyuqlik, qattiq modda nisbatidir. Bu kattalik odatda zichlik o'lchagichlari bilan o'lchanadi. Pulpadan faqat suyuq faza chiqarib tashlanayotgan hollarda (bug'latish, filtrlash yo'li bilan) zichlik o'lchagichining ko'rsatkichlari pulpadagi suyuqlik miqdori bilan aniqlanadi. U holda zichlik o'lchagich nam o'lchagich vazifasini bajaradi.

Suyuqliklar uchun mo'ljallangan maxsus nam o'lchagichlarda sig'imli va absorbsion o'lchash usullaridan foydalaniladi.

Sig'imli nam o'lchagichlarning ishlashi suyuqlikda suv miqdori kamayganda uning dielektrik singdiruvchanligining o'zgarishiga asoslangan. Bunday nam o'lchagichning elektr sxemasi sig'imli sath o'lchagichning elektr sxemasiga o'xshash. Suyuqlik namligining o'zgarishi sig'imning va chiqish kuchlanishining o'zgarishiga olib keladi. Bunday nam o'lchagichlari bilan neftdagi suv miqdori o'lchanadi.

Asbobsozlik zavodlari PAVN turidagi analizatorlar ishlab chiqaradi, uning yordamida neft va neft mahsulotlaridagi suv miqdori aniqlanadi. U neftdagi va dielektrik xossalari jihatidan unga yaqin neft mahsulotlaridagi (moylar, mazut, dizel yoqilg'illari va h.k.) suv miqdorini aniqlash uchun mo'ljallangan. Analizator o'lchash bloki, ta'minlash va nazorat bloklari (TNB) hamda o'lchanadigan parametrlarni qayd etadigan avtomatik potensiometr KSP4I dan iborat. Analizatorning ishlash prinsipi nazorat qilinayotgan mahsulotlarning dielektrik singdiruvchanligini o'lchashga asoslangan bo'lib, bu kattalikning qiymati mahsulotdagi suv miqdoriga mutanosib bo'ladi. O'lchash chegaralari 0...5 va 5...15 %, o'lchanadigan muhitning harorati 5...50 °C, zichligi 0,320 ... 0,900 g/sm³.



6.51- rasm. Absorbsion namlik o'lhagich sxemasi

Absorbsion namlik o'lhagichning ishlash prinsipi (suyuqlik uchun) suvning infraqizil nur sohasiga yaqin spektr nurlanish energiyasini yutishiga asoslangan. Bunday namo'lhagichning prinsipial sxemasi 6.51-rasmda ko'rsatilgan.

Suyuqlik kamera 2 dan o'tkaziladi, u yerda suyuqlik orqali manba 1 dan nurlanish oqimi F_1 o'tadi. Kamerada energiyaning bir qismini nam yutganligi uchun chiqayotgan nur-

lanish oqimi F_2 ning energiyasi aralashmadagi nam qiymati qancha ko'p bo'lsa, shuncha kam bo'ladi. Oqim F_2 ni qabul qilgich 3 o'lhaydi. Nurlanish manbayi bo'lib cho'g'lanish lampasi, qabul qilgich bo'lib esa fotorezistor xizmat qiladi. Sanoatda ishlatiladigan nam analizatorlari aseton va spirdagi nam qiymatini 0 dan 5 % gacha aniqlash uchun xizmat qiladi.

Qattiq va sochiluvchan materiallarning namligini o'lchash. Qattiq va sochiluvchan materiallarning namligini o'lchash usullari shartli ravishda ikki guruhga bo'linadi: 1) namunadagi nam yoki quruq modda massasini aniqlashga imkon beradigan bevosita usullar (quritish, ekstraksion va kimyoviy usullar); 2) namlikni unga bog'liq parametrni o'lchash yo'li bilan aniqlaydigan bilvosita usullar (konduktometrik, dielkometrik, o'ta yuqori chastotali, optik, yadroviy magnit rezonansli, termovakuum, issiqlik fizikasi usullari).

Bevosita usullar yuqori o'lchash aniqligi va uzoq davom etishi bilan farqlanadi (10—15 soatgacha).

Bilvosita usullar yuqori tezlikda bajarilishi va o'lchash aniqligi ancha pastligi bilan xarakterlanadi.

Texnik o'lchashlarda deyarli hamma vaqt bilvosita usullar qo'llaniladi. Bilvosita usullardan konduktometrik, dielkometrik (sig'imli), o'ta yuqori chastotali va optik usullar keng tarqalgan.

Odatda sanoatda ishlatiladigan materiallarning ko'pchiligi kapillar-g'ovak moddalar bo'lib, ularda nam g'ovaklarda saqlanadi. Material yutishi mumkin bo'lgan nam miqdori kapillarlarining shakli, o'lchami va joylashuviga, shuningdek, suvning material bilan bog'lanish jihatiga bog'liq. Namning material bilan turlicha bog'lanishi uning fizik tavsiflariga turlicha ta'sir qiladi va bu bog'lanishni aniqlash ancha qiyinchiliklarga bog'liq. Shuning uchun qattiq va sochiluvchan materiallarning namligini o'lchash qiyinchiliklar tug'diradi va darajalangan tavsiflarning yetarli bo'lmasligiga olib keladi.

Kapillar-g'ovak materiallar quruq holda solishtirma qarshiligi $10^8 \text{ Om} \cdot \text{m}$ va undan yuqori bo'lgan dielektrik moddalar hisoblanadi. Kapillar-g'ovak

materiallar namlanganida solishtirma qarshiligi $10^4 \text{ Om} \cdot \text{m}$ bo'lgan o'tkazgichlarga aylanishi mumkin.

Konduktometrik namlik o'lchagichlar qattiq va sochiluvchan materiallar namligini o'lchashda keng ishlatiladi. **Konduktometrik usul** modda namligi bilan uning elektr qarshilik o'rtasidagi bog'lanishga asoslangan.

Bu bog'lanish quyidagicha ifodalanadi:

$$R = \frac{C}{W^n}, \quad (6.57)$$

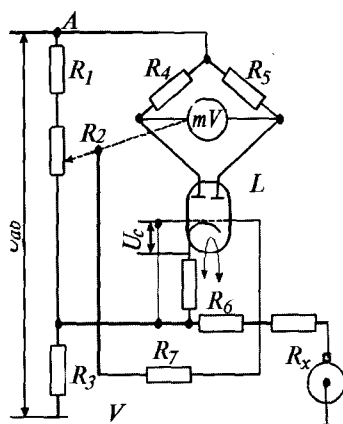
bu yerda: R — materialning qarshiligi, Om ; C — material tabiatiga bog'liq bo'lgan doimiy kattalik; W — materialning namligi, %; n — tekshirilayotgan materiallarning strukturasi va tabiatiga bog'liq bo'lgan daraja ko'rsatkichi (turli materiallar uchun keng chegaralarda o'zgarib turadi).

C doimiy ham daraja ko'rsatkichi n ham har bir material uchun tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

Qarshilikning namlikka bo'lgan darajali nisbati kapillar-g'ovak materiallar namligini konduktometrik usul bilan aniqlash usulining yuqori sezgirligini ko'rsatadi. Lekin qarshilikning boshqa omillarga (harorat, material tarkibi, zichlik, kimyoviy tarkib, elektrolitlar mavjudligi va boshqalar) murakkab bog'liqligi namlikni avtomatik ravishda uzluksiz o'lchashda bu usulni yaroqsiz qilib qo'yadi. Shuning uchun konduktometrik namlik o'lchagichlarning ishlatilishi cheklangan.

Konduktometrik namlik o'lchagichlarning o'zgartkichlari yassi plastinalar, silindrik naychalar, roliklar va hokazo ko'rinishda ishlangan ikki elektrodan iborat. Konduktometrik namlik o'lchagichlarning ko'rsatishlari faqat tortilmalarning presslanishidagina tiklanadi, shuning uchun sochiluvchan materiallarga mo'ljallangan o'zgartkichlarning ko'pi elektrodlar orasidagi tortilmalarni presslovchi qurilmalar bilan ta'minlangan.

O'lchash sxemalar orasida unumlisi ko'priklilik sxemalardir. Ko'priklilik o'lchash sxemalari yuqori sezgirlikka ega bo'lib, o'rtacha va yuqori (5 ... 25 %) namliklarni o'lchashda ishlatiladi. 6.52-rasmda ko'priklilik o'lchash sxemasiga ega bo'lgan avtomatik namlik o'lchagichning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan. Tekshirilayotgan material rolik va val orasidan o'tkaziladi (rolik valdan izolatsiyalangan). Zanjirning asosiy elementi ko'prikdir, ko'prikning R_4 va R_5 yelkalari doimiy qarshiliklar, boshqa ikki yelkasi esa qo'sh triodning ichki qarshiliklaridir (sxemada ikki qo'shimcha R_1 va R_3 qarshiliklar mavjud). Ko'priklilik diagonali bo'ylab millivoltmetr ulangan. Lampaning chap



6.52-rasm. Ko'priklilik o'lchash sxemasiga ega bo'lgan avtomatik namlik o'lchagich.

yarimto'ridagi U_c manfiy kuchlanish R_x qarshilikdagi kuchlanishning pasayishi orqali aniqlanadi va u doimiy bo'ladi. Shuning uchun triodning chap yarimidagi qarshilik ham doimiy bo'ladi. O'ng triod to'ridagi manfiy kuchlanish U_c dan $I R_b$ kattalikka farq qiladi. I tok esa ko'rilayotgan materialning R_x qarshiligi va R_2 reoxord sirpang'ichining holatiga bog'liq. Reoxord sirpang'ichi millivoltmetr strelkasining nol holatidan (ko'prik muvozanati buzilgan) chetga chiqishida R_2 da kuchlanishning pasayishi, R_6 va R_7 larda kuchlanishning pasayishi bilan muvozanatlashguncha kompensator orqali harakatga keltiriladi.

Triodning ikkala yarmidagi siljish kuchlanishlari bir xil bo'lganida, ko'prik muvozanat holatiga keladi. Namlikning material qarshiligi R_x ning o'zgarishi bilan R_6 qarshilikda tok hosil bo'ladi, ko'prik muvozanati buziladi, natijada R_2 sirpang'ich tegishli qiymatga siljiydi. Har bir namlik qiymatiga reoxord sirpang'ichi R_2 ning muayyan holati mos keladi.

Yuqorida aytilganidek, o'zgartkich qarshiligi material namligidan tashqari boshqa omillarga ham bog'liq. Shuning uchun qarshilik va namlik o'rtasidagi nisbatni ta'riflovchi egri chiziqlarning xarakteri bir xil bo'lsa ham turli moddalarga mos kelmaydi (har bir modda uchun darajali egri chiziq yoki hisoblash jadvallari kerak bo'ladi).

Dielkometrik usul kapillar-g'ovak jismlar namligining o'zgarishi ularning dielektrik singdiruvchanligini o'zgartirib yuborishiga asoslangan. Quruq jismlarda dielektrik singdiruvchanlik $\varepsilon = 1 \dots 6$, suvniki esa $\varepsilon = 81$. Materialning namligi o'zgarishi natijasida dielektrik singdiruvchanlikning o'zgarishini, odatda, qoplamlari orasiga tahlil qilinayotgan material joylashtirilgan kondensator sig'imining o'zgarishi bo'yicha aniqlanadi. Dielkometrik namlik o'lchagichning o'zgartkichi ikkita yassi plastina yoki ikkita konsentrik silindrlar tarzida yasaliib, ularning orasi tahlil qilinayotgan material bilan to'ldiriladi. Geometrik o'lchamlari ma'lum kondensatorning sig'imini quyidagi tenglama bilan ifodalash mumkin:

$$C = K \cdot \varepsilon, \quad (6.58)$$

bu yerda: K — kondensatorning geometrik o'lchamlari va shakliga qarab aniqlanadigan doimiy; ε — materialning namligi bo'yicha aniqlanadigan dielektrik singdiruvchanlik.

Sig'imli o'zgartkichining yuqori chastotali tebranish konturiga ulanishi o'zgartkichning sig'imini va unga qarab materialning namligini o'lchash uchun lampada yoki yarimo'tkazgichli asboblarning rezonansli sxemalaridan foydalanishga imkon beradi. Sig'imli o'zgartkichlar materialning tarkibi, uning tuzilishi hamda elektrod bilan material o'rtasidagi kontakt qarshilikka kam sezgir. Chunki ko'pchilik materiallarning dielektrik singdiruvchanligi haroratga bog'liq bo'ladi, sanoat asboblarida haroratning o'zgarishiga tuzatmani avtomatik kiritish ko'zda tutiladi. Sig'imli namlik o'lchagichlarning

xatoligi 0,2...0,5 % ni tashkil etishi mumkin. Biroq namuna olish usuli (kondensator qoplamlari orasini material bilan to'ldirish) o'lchash natijalariga ta'sir qilishi mumkin. Masalan, hatto tahlil qilinayotgan material zarrachalarining o'zgarishi namlik o'lchagichning ko'rsatishiga juda katta ta'sir qiladi. Shu sababli qattiq va sochiluvchan moddalarning namligini o'lchaydigan sig'imli namlik o'lchagichlar texnik o'lchashlarda kamroq qo'llaniladi.

Qattiq sochiluvchan, shuningdek, tolali materiallar namligini o'lchashning murakkabligi shundaki, datchik material bilan o'zaro ta'sirlashganida uning strukturasi, to'kilma zichligi va boshqa omillar o'zgarishi va ular asbob xatoligini juda ko'paytirib yuborishi mumkin. Shuning uchun sanoatda, asosan, kontaktsiz o'lchash usullari qo'llanilgan: o'ta yuqori chastotali va optik usullar.

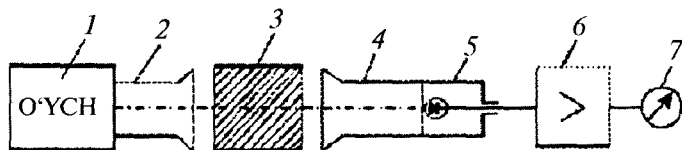
O'ta yuqori chastotali (O'YCH) namlik o'lchagichlarda suv va quruq moddaning elektr xossalari ancha (o'nlab marta) farq qilishidan foydalaniladi. Namlik qiymati tahlil qilinayotgan material qatlamidan o'tayotgan **o'ta yuqori chastotali** nurlanishlarning susayishiga qarab o'lchanadi.

O'ta yuqori chastotali (O'YCH) usul ultraqisqa santimetrli radio-to'lqinlar sohasida (3000...10000 MHz) materiallarning elektr xususiyatlari ulardagi namlikka bog'liq ekanligiga asoslangan. O'YCH namlik o'lchagichlarning tuzilish sxemasi 6.53- rasmda tasvirlangan.

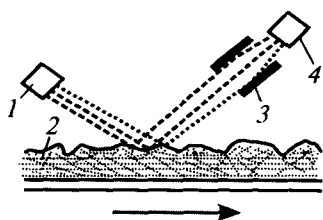
Tekshirilayotgan material 3 O'YCH generator 1 dan ta'minlanuvchi uzatuvchi antenna 2 va qabul qiluvchi antenna 4 orasidan o'tadi. Qabul qiluvchi antennada O'YCH li nurlanishning zaiflashgan signalini qabul qiluvchi detektor 5 joylashgan. Kuchaytirgich 6 orqali kuchaytirilgan bu signal o'lchash asbobi 7 ga keladi.

O'YCH li usul kontaktsiz va inersiyasiz bo'lib, mavjud elektrolitlarga va boshqa elektr usullarga ko'ra materialdagi namlikning notekis tarqalishiga unchalik sezgir emas.

O'YCH li namlik o'lchagichlarning asosiy kamchiligi asbob shakllanishining murakkabligidir. Bundan tashqari, bu asboblarda nazorat qilinayotgan materialning doimiy zichlik darajasining yoki zichligi haqidagi ma'lumotni talab qiladi.



6.53- rasm. O'ta yuqori chastotali namlik o'lchagich sxemasi.



6.54- rasm. Optik namlik o'lgagich.

O'YCH li namlik o'lgagichlar 0... 100 % li keng chegarada namlikni yuqori aniqlik bilan o'lgashga imkon beradi.

Optik namlik o'lgagichlarda moddaning namligi bilan undan qaytgan nurlanishning orasidagi bog'lanishdan foydalaniladi. Eng katta sezgirlik hosil qilish uchun spektrning infra-qizil sohasidagi nurlanishdan foydalaniladi. Uni manba 1 hosil qiladi (6.54-rasm).

Tahlil qilinayotgan material 2 dan qaytgan yorug'lik oqimi to'plash qurilmasi 3 yordamida qabul qilgich 4 ga yuboriladi. Materialning namligi qancha katta bo'lsa, u infraqizil nurlarni shuncha yaxshi yutadi va qaytgan oqim miqdori shuncha kam bo'ladi.

Bu usul bilan faqat yupqa qatlamning (5 ... 30 mm) namliginigina o'lgash mumkin bo'lganligidan namlik o'lgagichdan, odatda, konveyer lentalarida tashilayotgan sochiluvchan materiallar uchun foydalaniladi. „Bereg“ turidagi optik namlik o'lgagichlar namligi 80 % gacha bo'lgan materiallarni tahlil qilishga imkon beradi.

TAYANCH SO'Z VA IBORALAR

Analiz qilish; kimyoviy gaz analizatori; elektr-kimyoviy gaz analizatori; termokimyoviy gaz analizatori; xromatografik gaz analizatori; termokonduktometrik gaz analizatori; termomagnet gaz analizatori; absorbsion-optik gaz analizatori; eritmalarining tarkibini analiz qilishning konduktometrik, optik, potensiommetrik usullari; zichlik o'lgagichlari; psixrommetrik, shudring nuqtasi, sorbsion, sig'imli, absorbsion, konduktometrik, dielkometrik, o'ta yuqori chastotali, optik namlik o'lgagichlar.

Nazorat savollari

1. Gaz aralashmalari tarkibini analiz qilishning qanday usullarini bilasiz?
2. Termokimyoviy, termokonduktometrik, termomagnet gaz analizatorlarining ishlash prinsipini tushuntiring.
3. Kimyoviy va elektrokimyoviy gaz analizatorlarining bir-biridan farqi nimada?
4. Xromatografik, absorbsion-optik gaz analizatorlarining ishlash prinsipini tushuntirib bering.
5. Eritmalarining tarkibini analiz qilishning konduktometrik, optik, potensiommetrik usullarini tushuntirib bering.
7. Sanoatda gaz aralashmalari va eritmalarining tarkibini analiz qilishda qanday muammolar mavjud?
8. Suyuqliklar zichligini o'lgash usullarini izohlab bering.
9. Qalqovichli, vaznli, gidrostatik, radioizotopli zichlik o'lgagichlarining ishlash prinsipini tushuntiring.
10. Suyuqliklarning qovushqoqligini o'lgash usullarini izohlab bering.
11. Kapillar, erkin tushuvchi zoldirli, tebranishli, aylanma momentli viskozimetrlarning ishlash prinsipini tushuntirib bering.

12. Moddalarning namligi qanday o'lchanadi?
13. Psixrometrik, shudring nuqtasini, sorbsion, sig'imli, chastotali, optik namlik o'lchagichlarining ishlash prinsipini tushuntirib bering.
14. Sanoatda zichlik, qovushqoqlik va namliklarni o'lchashda qanday muammolar mavjud?

VII bob. MEXANIK PARAMETRLARNI NAZORAT QILISH

7.1- §. ASOSIY TUSHUNCHALAR

Mexanik parametrlarni (o'lchamlarni, siljishlarni, kuchlarni, tezliklarni va hokazolarni) nazorat qilish asboblari turli texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishda keng qo'llanilmoqda, bu yerda qalinlikni, chiziqli va burchakli siljishlarni, burchak tezliklarni (mashina va mexanizmlarning aylanishlar sonini), kuchlanishlarni, deformatsiyalarni, tebranishlarni va boshqalarni o'lchash talab qilinadi.

Chiziqli o'lchamlarni o'lchashning elektr usullarini kichik va katta o'lchamlarni o'lchash usullariga ajratish mumkin.

Juda ham kichik o'lchamlarni (mikrometrning ulushlaridan bir necha mikrometrgacha) o'lchash usullaridan detallarning g'adir-budurligini o'lchashda, ularga ishlov berish sifatini baholashda foydalaniladi. Bir necha mikrometrdan 100—200 mm gacha bo'lgan o'lchamlarni o'lchovchi asboblarni *mikrometrlar* yoki *qalinlik o'lchagich* (толщинометр) deb ataladi va sanoatda avtomatik nazorat qilishning juda turli-tuman sohalarida qo'llaniladi.

Katta o'lchamlarni (bir necha metrgacha) o'lchash usullari suyuqliklar va sochiluvchan moddalarning sathini aniqlash uchun sath o'lchagichlar yasashda foydalaniladi.

G'adir-budurlikni (notekislikni) o'lchashning elektr usullari, odatda, paypaslash (ushlab ko'rish) usuliga asoslangan bo'lib, *profilometrlar* yoki *profilograflar* deyiladi. Profilometrlar g'adir-budurlikning faqat ko'rinma balandligini baholashga imkon beradi, profilograflar esa sirtning profilogrammasini olishga imkon beradi. Profilometrlar pyezoelektrik, induktiv va induksion o'zgartkichlar bilan quriladi.

Mikrometrlarda induktiv, fotoelektrik va sig'imli o'zgartkichlar juda tez-tez qo'llaniladi. Qalinlik o'lchagichlarda magnit zanjirlarning xossalaridan foydalanishga asoslangan o'zgartkichlar va ionli o'zgartkichlar keng tarqalgan. Qalinlik o'lchagichlarga ko'pincha bunday talab qo'yiladi: obyektning qalinligi faqat bir tomonidan borib o'lchanishi kerak. Shuning uchun qalinlik o'lchagichlarni yasash usullari, masalan, o'zgarimas magnitning yoki elektromagnitning tortish kuchlanishini buyumning qalinligiga yoki ustqoplamaning qalinligiga, yoki o'lchanayotgan materialning (induktiv asboblarning) qalinligiga bog'liq holda, magnit zanjiri qarshiligining o'zgarishiga bog'liq holda o'lchashga asoslanadi. Ionli qalinlik o'lchagichlarda tekshirilayotgan qalinlik β -, j -yoki rentgen nurlarini yutish jadalligiga ko'ra (ikki tomondan borish

mumkin bo'lganda) yoki bu nurlarning tarqalish jadalligiga ko'ra (bir tomondan borish mumkin bo'lganda) aniqlanadi.

Mexanik harakatning asosiy parametrlari — siljish, tezlik va tezlanish o'zaro oddiy differensial bog'lanishlar bilan bog'langanligi ma'lum. Harakat parametrlarining bu xossasidan ularni o'lchash asboblarini yasashda foydalaniladi.

Harakat parametrlarini o'lchash usullari ikki asosiy guruhga ajratilishi mumkin. Birinchi guruhga harakatdagi obyekt bilan harakatsiz deb qabul qilingan tizim o'rtasidagi bevosita kontaktni amalga oshirishga asoslangan usullar kiradi. Kontakt (tegish) albatta mexanik bo'lishi shart emas, u optik, akustik, radio va boshqa usullar bilan vujudga kelishi mumkin. Bunday asboblarning tabiiy kirish kattaligi siljish hisoblanadi. Bu usullarning ikkinchi guruhi hisob boshi deb qabul qilingan qo'zg'almas tizim bilan bevosita kontaktni amalga oshirishni talab qilmaydi. Bu guruhdagi asboblarning inersial deyiladi va ularning tabiiy kirish kattaligi tezlanish hisoblanadi.

Tezliklarni va tezlanishlarni o'lchovchi asboblarning *velosimetr* va *akselometr*lar deyiladi; vibratsion siljishlarni o'lchovchi asboblarning esa *vibrometr*lar deyiladi.

Harakat parametrlari o'zgarish xarakteriga ko'ra, ikki asosiy sinfga ajratilishi mumkin: ilgarilanma (yoki aylanma) harakat parametrlari va tebranma harakat parametrlari.

Deformatsiyalar va mexanik kuchlanishlarni o'lchash uchun ko'pincha tenzoqarshiliklar va induktiv tenzometrlardan foydalaniladi.

Kuch, bosim va aylanuvchi (buraluvchi) momentlarni elektrik o'lchash usullari bir-biriga ancha o'xshash va ikki xil turga ajratilishi mumkin: tabiiy kirish kattaligi o'lchanayotgan kattalikning o'zi bo'lgan o'zgartirgichlardan foydalanishga asoslangan usullar va o'lchanayotgan kuchlarning ta'sirida bo'ladigan elastik elementlarning materialidagi mexanik kuchlanishlarni o'lchashga asoslangan usullar.

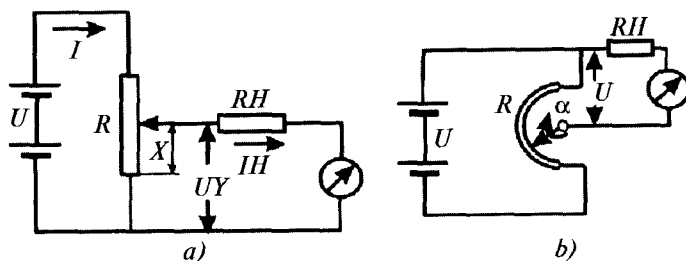
Mexanik parametrlarni nazorat qilish uchun elektrik o'zgartirgichlar ishlash prinsipiga ko'ra potensimetrik, tenzometrik, sig'imli, induktiv va boshqa turlardagi datchiklarga bo'linadi. Shularning ayrimlari bilan tanishib chiqamiz.

7.2- §. SILJISHNI O'LCHASH

Chiziqli va burchakli siljishlarni o'lchovchi asboblarning turli xil texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishda keng qo'llaniladi.

Potensimetrik siljish o'lchagichlar oraliq X yoki burchak α bo'yicha siljishni o'lchaydi va elektr signalga aylantiradi. Kirish signali oraliq X ga yoki α burchakka siljish bo'lsa, oraliq X yoki α dagi, kuchlanish potensimetrik chiquvchi signal U_{chiq} bo'ladi (7.1-rasm, a , b).

Potensimetr U kuchlanishli manbaga ulanganda, qarshilik R orqali tok I o'tadi. Agar surilgich S qarshilik R bo'yicha X oraliqqa surilsa, undan



7.1- rasm. Siljishni o'laydigan bir tokli potensiometr.
 a — to'g'ri chiziq bo'yicha surilgichli potensiometr; b — burchak bo'yicha surilgichli potensiometr.

chiquvchi signal quyidagicha aniqlanadi:

$$U_{chiq} = IR_x = U \cdot \frac{R_x}{R}, \quad (7.1)$$

bu yerda:

$$I = \frac{U}{R}.$$

Potensiometrning chulg'ami bir tekis o'ralgan va uni birlik oraliqlaridagi qarshiligi o'zgarmas bo'lsa, quyidagi tenglama o'rinli bo'ladi:

$$\frac{R_x}{R} = \frac{U_{chiq}}{U}, \quad (7.2)$$

chiqish signali

$$U_{chiq} = \frac{U}{R} R_x = K \cdot R_x, \quad (7.3)$$

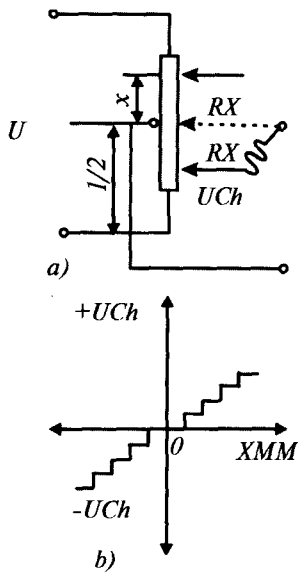
bu yerda: $K = \frac{U}{R}$ uzatish koeffitsiyenti, R_x — surilgich surilgan oraliqdagi qarshilik, R — potensiometrning to'la qarshiligi.

(7.3) ifoda potensiometrlik sezgichlardan chiquvchi U_{chiq} kuchlanish bilan kiruvchi signal (surilish oralig'i) X orasida to'g'ri mutanosiblik borligini ko'rsatadi.

Potensiometr chulg'amining solishtirma qarshiligi katta va issiqlik koeffitsiyenti juda kichik bo'lgan simlar (konstanta, manganin, nixrom va boshqalar) dan tayyorlanadi.

Avtomatik tizimlarda bunday bir taktli surilish sezgichlari o'rnida, ko'pincha ikki taktli potensiometrlik sezgichlar ham qo'llaniladi. Bu sezgichlarning surilgichidan olinadigan signal U_{chiq} ning miqdoridan tashqari ishorasi ham o'zgaradi. Undagi signal o'tkazuvchi simlarning bir uchi

potensiometr qarshiligining o'rta nuqtasi $\frac{l}{2}$ da ulanadi, ikkinchi uchi esa surilgichga ulangan bo'ladi. Agar surilgich qarshilikning o'rta nuqtasi $\frac{l}{2}$ da



7.2- rasm. Ikki taktli potentsiometrik datchik: a — prinsipial sxemasi; b — yuklamasiz rejimdagi statik xarakteristikasi.

tursa, potentsiometrda signal chiqmaydi ($U_{chiq} = 0$). Surilgich 0 nuqtadan yuqorida bo'lganda, chiquvchi signal musbat ($+U_{chiq}$), pastda bo'lsa, manfiy ($-U_{chiq}$) bo'ladi (7.2-rasm).

Potentsiometrik sezgichlar, ko'pincha, mashina va mexanizmlarning ma'lum kichik oraliqqa surilishini yoki burchakka burilishini o'lchash uchun xizmat qiladi.

Potentsiometrik sezgichlarning afzalligi ularning tuzilishining soddaligi, massasi va hajm o'lchamlarining kichikligi, o'zgarmas va o'zgaruvchan tok manbalariga ulanishi mumkinligi, yuqori stabilikka egaligi va sozlash ishlarining soddaligidir. Undagi surilma kontaktning mavjudligi uning ishonchli ishlashi va ish muddati qisqarishiga sabab bo'ladi. Sezuvchanligining yuqori emasligi va pog'onali tavsifga egaligi bunday sezgichlarning asosiy kamchiligi hisoblanadi. Potentsiometr chulg'aming reaktiv qarshiligi hisobga olinmaydi.

Induktiv siljish o'lchagichlarning ishlash prinsipi elektromagnit tizimining qo'zg'aluvchi temir o'zagidagi havo oralig'i δ ga bog'liq ravishda elektromagnit chulg'aming induktivligi L ning unga mutanosib o'zgarishiga asoslanadi (7.3-rasm, a).

O'lchanadigan miqdor — siljish X ta'sirida qo'zg'aluvchan temir o'zakning siljishi elektromagnit chulg'ami induktivlikni o'zgartiradi. Induktivlik tenglamasiga muvofiq:

$$L = \frac{\Phi \cdot w}{I}; \quad \Phi = \frac{I \cdot w}{R_m}; \quad \text{bundan} \quad L = \frac{w^2}{R_m} = \frac{w^2}{R_l + R_\sigma}, \quad (7.4)$$

bu yerda: w — elektromagnit chulg'amidagi o'ramlar soni; R_l — magnit zanjirining qarshiligi; R_l — temir o'zakning magnit qarshiligi; R_σ — havo oralig'ining magnit qarshiligi.

Temir o'zakning magnit qarshiligi R_l o'zgarmas qiymat; havo oralig'i qarshiligi R_σ esa temir o'zak siljishiga bog'liq bo'lgan havo oralig'i δ ning o'zgarishiga mutanosib ravishda o'zgaradi:

$$R_\sigma = \frac{2\sigma}{\mu \cdot F_0}, \quad (7.5)$$

bu yerda: F_0 — havo oralig'ining ko'ndalang kesim yuzi; μ — havo oralig'ining magnit singdiruvchanligi.

Havo oralig'ining qarshiligi temir o'zak magnet zanjirining magnet qarshiligidan juda katta $R_{\sigma} \gg R_l$ ekanini nazarga olganda, elektromagnet chulg'amining induktivligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$L = \frac{W^2 \cdot \mu \cdot F_0}{2\delta} \quad (7.6)$$

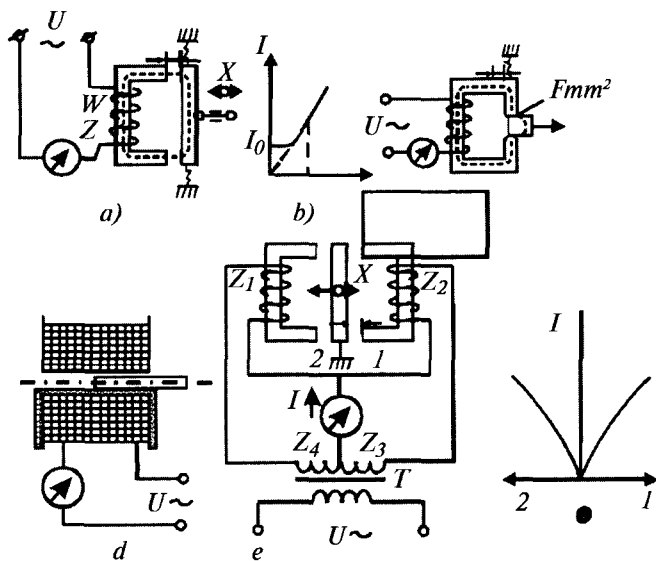
Induktivlik ifodasidan foydalanib, zanjirdagi tok ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + w^2 L^2}} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + w^2 \left(\frac{W^2 \mu \cdot f_0}{2\delta} \right)^2}} \quad (7.7)$$

bu yerda: R — zanjirning aktiv qarshiligi; w — o'zgaruvchan tok chastotasi.

Bu ifoda zanjirdagi tok I o'zgarishi, o'lchagichdagi havo oralig'i δ havo oralig'ining ko'ndalang kesimi F_0 yoki havo oralig'ining magnet singdiruvchanligi μ lar o'zgarishiga mutanosibligini va shu tok orqali mexanik siljish qiymatini o'lchash mumkinligini ko'rsatadi.

Induktiv siljish o'lchagichlar uch turli bo'ladi: 1) havo oralig'i δ o'zgarishiga asoslangan (7.3-rasm, a); 2) havo oralig'i ko'ndalang kesimi yuzi F_0 ning o'zgarishiga asoslangan (7.3- rasm, b); 3) elektromagnet tizim,



7.3- rasm. Induktiv siljish o'lchagichlari:

- a — havo oralig'i o'zgaradigan o'lchagich; b — o'lchagich xarakteristikasi; c — havo oralig'i yuzasi o'zgaradigan o'lchagich; d — solenoidli, magnet singdiruvchanligi o'zgaradigan o'lchagich; e — differensial siljish o'lchagich; f — differensial siljish o'lchagichning xarakteristikasi.

magnit tizim, magnit singdiruvchanligi μ ning o'zgarishiga asoslangan siljish o'lchagichlar (7.3-rasm, *d*).

Havo oralig'i δ o'zgarishiga asoslangan siljish o'lchagichlar 0...1 mm oralig'idagi siljishni o'lchaydi. Havo oralig'i bundan ortiq bo'lganda $\leq f(\delta)$ funksiya to'g'ri chiziqililigini yo'qotadi. O'lchash xatoligi ortib ketadi. Siljish 5...8 mm bo'lsa, ikkinchi turdagi o'lchagich va siljish 50 ... 60 mm gacha bo'lganda esa, uchinchi turli (solenoidli) o'lchagichlar qo'llaniladi.

Induktiv siljish o'lchagichlarda (7.3-rasm, *a, c, d*), o'lchanishi lozim bo'lgan parametr o'zgarishini sezgichdan chiquvchi signal — tok I ning o'zgarishiga muvofiq o'lchanadi. Bunday sezgichlarda o'lchanadigan siljish nolga teng bo'lganda ham o'lchov asbobi orqali I tok o'tib turadi.

Datchikning bunday kamchiligini yo'qotish uchun amalda induktiv differensial sezgichlar (7.3-rasm, *e*) qo'llaniladi.

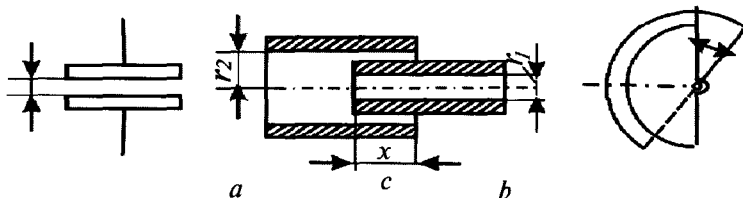
Differensial siljish o'lchagichlar ikkita bir xil induktiv siljish o'lchagichning differensial sxema bo'yicha ulanishidan hosil bo'ladi (7.3-rasm, *f*).

Qo'zg'aluvchi temir o'zak (yakor) o'rta holatda turganda, $\delta_1 = \delta_2 = \delta_0$ chiquvchi signal nolga teng bo'ladi ($I_{ch} = 0$). Yakorning bu holati o'zgarishi, kiruvchi signal X ta'sirida qo'zg'aluvchi temir o'zakni o'ngga yoki chap tomonga siljishi natijasida hosil bo'lib, chiquvchi signal I_{ch} hosil bo'ladi. Yakorning δ_0 ga nisbatan o'ngga yoki chappa og'ishi bilan hosil bo'ladigan signallar bir-biriga qarama-qarshi yo'nalishda (ularning fazasi 180° ga burilgan) bo'ladi.

Buni differensial induktiv siljish o'lchagichning statik tavsifidan (7.3-rasm, *f*) ko'rish mumkin. Siljish o'lchagichning sezuvchanligi oddiy induktiv o'lchagichlar sezuvchanligidan ancha katta bo'lib (tavsif bo'yicha) quyidagi ifoda asosida topiladi.

$$\frac{\Delta I}{\Delta \delta} = \text{tg } a. \quad (7.8)$$

Sig'imli siljish o'lchagichlar sifatida elektrodleri (plastinalari) to'g'ri chiziq yoki burchak bo'yicha siljiy oladigan kondensatorlar qo'llaniladi. Kondensator elektrodlarining siljishi kiruvchi signal bo'lsa, uning sig'imining o'zgarishi chiquvchi signal bo'ladi. Bunday kondensatorlar texnologik jarayon davomida materiallarning qalinligi, sath mazkur darslikning V bobidagi 5.4- § da ko'rilgani kabi texnologik parametrlarni o'zgarishini o'lchash imkonini beradi.



7.4-rasm. Sig'imli siljish o'lchagichlar.

Sig'imli siljish o'lhagichlarning ba'zi turlari 7.4- rasmda ko'rsatilgan.

Yassi elektrodli (plastinali) kondensator (7.4- rasm, a) sig'imi quyidagicha ifodalanadi:

$$C = \frac{\varepsilon \cdot F}{4\pi \cdot X}, \quad (7.9)$$

bu yerda: ε — kondensator plastinalari orasidagi moddaning dielektrik doimiysi; F — kondensator plastinasining yuzi; X — plastinalar orasidagi masofa.

Plastinalar oralig'ining o'zgarishi kondensator sig'imi C ning o'zgarishiga olib keladi. O'lhagichning sezuvchanligi:

$$\frac{dC}{dX} = \frac{\varepsilon \cdot F}{4\pi \cdot X^2}. \quad (7.10)$$

Silindrik kondensatorning sig'imi ichki silindrning o'qi bo'yicha siljishi X bilan quyidagicha bog'lanishda bo'ladi (7.4-rasm, b):

$$C = \frac{\varepsilon \cdot x}{\ln r_2 / r_1}, \quad (7.11)$$

bu yerda: r_1 — ichki silindrning radiusi; r_2 — tashqi silindrning radiusi, X — silindrlarning bir-biriga tushish oralig'i.

O'lhagichning sezuvchanligi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{dC}{dx} = \frac{\varepsilon}{\ln r_2 / r_1}. \quad (7.12)$$

Burchak bo'yicha siljish o'lhagichi 7.4-rasm, c da ko'rsatilgan. Bunday kondensatorning sig'imi quyidagicha ifodalanadi:

$$C = \frac{\varepsilon \cdot F}{4\pi d} \left(1 - \frac{a}{\pi}\right). \quad (7.13)$$

bu yerda: F — kondensatorning $d=0$ bo'lgandagi yuzi; d — plastinalar orasidagi masofa; a — qo'zg'aluvchi plastinalarning siljish burchagi.

O'lhagichning sezuvchanligi:

$$dC/da = \varepsilon \cdot F/4\pi^2 d. \quad (7.14)$$

Sig'imli o'lhagichlardan chiquvchi signal juda zaif bo'lganligi tufayli, ular signal kuchaytirgich elementi bilan jihozlanadi. O'lhagichlar 50 Hz gacha bo'lgan chastotada ishlasa, ularning signal kuchaytirgichi juda ham katta quvvatga ega bo'lishi kerak bo'ladi. Shuning uchun sig'imli o'lhagichlar ancha yuqori chastotalarda (10 kHz va undan yuqori) ishlaganda, o'rinli bo'ladi. Sig'imli o'lhagichlarning yana bir kamchiligi ularning o'lchash aniqligiga parazit sig'imlar (ulovchi simlarning yerga nisbatan sig'imlari) ta'siri kattaligidir. Bunday ta'sirlarni yo'qotish uchun ekranlangan simlardan foydalaniladi. O'lhagichning o'zi ham metall karkas bilan ekranlangan bo'ladi. Sig'imli o'lhagichlar texnologik jarayonlarda moddalarning sathini, qalinligini, namligini hamda bosimini o'lchash uchun keng qo'llaniladi.

7.3- §. KUCHNI O'LGHASH

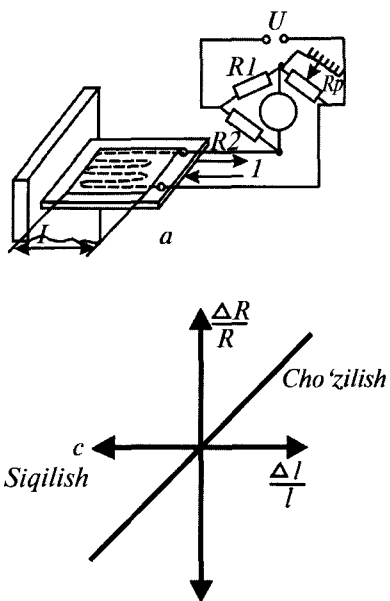
Texnologik jarayonlarda mashina va mexanizmlarning alohida qismlariga ta'sir qiladigan kuchlar va bu kuchlar ta'sirida vujudga keladigan deformatsiyalarni (cho'zilish, qisilish, bukilish va hokazo) o'lchash uchun ko'pincha tenzometrik o'lchagichlar qo'llaniladi. Bunday o'lchash o'tkazgich yoki yarimo'tkazgich simlar aktiv qarshiligining deformatsiya natijasida o'zgarish samarasiga asoslanadi. Bu samara *tenzosezuvchanlik* deb ataladi. Tenzometrik o'lchagichlarning tenzosezuvchanlik koeffitsiyenti

$$S_T = \frac{\Delta R_N}{\Delta l_N}, \quad (7.15)$$

bilan xarakterlanadi,

bu yerda: $\Delta R_n = \frac{\Delta R}{R}$ — qarshilikning nisbiy o'zgarishi; $\Delta l_n = \frac{\Delta l}{l}$ — cho'zilish yoki qisilishning nisbiy o'zgarishi; l — tenzoo'lchagichning deformatsiyagacha bo'lgan uzunligi; Δl — tenzoo'lchagichning deformatsiya natijasida cho'zilishi, R — tenzoo'lchagichning deformatsiyagacha bo'lgan aktiv qarshiligi; ΔR — tenzoo'lchagich qarshiligining deformatsiya natijasida o'zgarishi.

Hozirgi vaqtda juda ingichka sim, folga va yarimo'tkazgich materiallardan tayyorlangan tenzometrik o'lchagichlar texnikada keng qo'llanilmoqda. Simdan yasalgan tenzoo'lchagichning tuzilishi, mashina va mexanizmning tekshirilishi lozim bo'lgan qismiga o'rnatilishi sxemasi va tavsifi 7.5-rasm, *a*, *b*, *c* larda ko'rsatilgan. Undagi tenzoo'tkazgich diametri 0,02...0,05 mm gacha bo'lgan ingichka zigzag shakliga ega bo'lgan sim bo'lagidan tuzilgan va yupqa qog'oz yoki plyonka orasiga olinib, yelim bilan yopishtirilgan bo'ladi. Bunday tenzoo'lchagich statik yoki dinamik deformatsiyasi o'lchanishi kerak bo'lgan mashina va mexanizmning tekshirilishi kerak bo'lgan qismiga yelimlab mustahkam yopishtiriladi. Bunda sim zigzaglarining uzun tomoni l mashina va mexanizmning deformatsiyasi o'lchanishi kerak bo'lgan qismiga ta'sir qiladigan kuch f yo'nalishiga mos yo'nalgan bo'lishi kerak (7.5-rasm, *a*). Shunda kuch yo'nalishi bo'yicha vujudga kelgan deformatsiya (cho'zilish, qisilish) tenzoo'lchagich simining



7.5- rasm. Tenzoo'lchagich: *a* — tenzodatchikning o'rnatilish sxemasi; *b* — muvozanatlashadigan ko'priks sxemasi; *c* — tenzoo'lchagichning statik xarakteristikasi.

uzunligi l ni ham o'zgartiradi. Natijada simning ko'ndalang kesimi S va solishtirma qarshiligi ρ ham o'zgaradi. Agar simning cho'zilgunga qadar bo'lgan qarshiligi

$$R = \rho_k \frac{l}{S} \quad (7.16)$$

bo'lsa, cho'zilgandan keyingi qarshiligi $R + \Delta R$ bo'ladi.

Amalda tenzoo'lchagich qarshiligining o'zgarishi ΔR muvozzatlanadigan ko'prik sxema yordamida o'lchanadi (7.5-rasm, a , b).

Simli tenzoo'lchagichlar ko'pincha konstantan yoki nixromdan tayyorlanadi. Chunki bu simlarning solishtirma qarshiligi ρ_k katta, qarshilik o'zgarishiga haroratning ta'siri juda kam bo'ladi.

Simli tenzoo'lchagichlarning xarakterli o'lchamlari: nominal qarshiligi $R = (50 - 400)$ Om; simning kuch yo'nalishi bo'yicha uzunligi $l = (15 - 45)$ mm; eni $b = 7 - 10$ mm; sezuvchanlik koeffitsiyenti

$$S_T = \frac{\Delta R / R}{\Delta l / l} = 1,8 \div 2,5, \quad (7.17)$$

massasi juda ham kichik bo'ladi.

So'nggi paytlarda texnikada yarimo'tkazgichli tenzoo'lchagichlar keng qo'llanila boshlandi. Bunday tenzoo'lchagichlar asosan germaniy yoki kremniy plastinalaridan tayyorlanadi. Plastinalar yupqa qog'oz yoki plyonka orasiga olinib, yelimlanadi va tekshirilishi kerak bo'lgan mashina qismiga yelim bilan mustahkam yopishtiriladi.

Afzalliklari: tenzosezuvchanlik koeffitsiyenti sim yoki folganikiga nisbatan 60 marta katta, plastinaning aktiv uzunligi 3–10 mm. Tashqi muhit harorati $-160 + 300^\circ\text{C}$ gacha o'zgarganda ham normal ishlayveradi. Nisbiy deformatsiya + 0,1% o'zgarganda ham tavsifining to'g'ri chiziqiligi saqlanadi.

Kamchiliklari: plastinalarning elastikligi kam, bir turdagi tenzoo'lchagichlarning tavsiflari har xil va to'g'ri chiziqli emas.

7.4-§. TEZLIKNI O'LCHASH

Turli texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishda tezlikni o'lchash asboblari keng qo'llanilmoqda, bu jarayonlarda mashina va mexanizmlar qismlarining aylanishlar sonini o'lchash hamda nazorat yoki boshqarish tizimiga berilgan qiymatdagi aylanishlarga yetganda buyruq berish talab qilinadi. Burchak tezlikni o'lchovchi asboblari — taxometrlar ishlash prinsipiga ko'ra mexanik, stroboskopik, magnitoinduksion, elektrik va elektronli bo'ladi. Taxometrlar ko'rsatishlarni (ma'lumotlarni) masofaga uzatuvchi va ma'lumotlarni bevosita joyda ko'rsatuvchi turlarda ishlab chiqariladi. Asboblari o'lchash obyektiga ulash usuliga ko'ra turli xil tuzilishda yasaladi. Mexanik va stroboskopik taxometrlar avtomatlashtirish tizimlarida cheklangan tarzda qo'llaniladi, shu munosabat bilan mazkur darslikda ular qarab chiqilmaydi.

Magnitoinduksion taxometrlar texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish tizimlaridagi mexanizmlar va mashinalar qismlarining aylanishlar sonini ham, mahalliy o'lchash uchun ham masofadan o'lchash uchun keng qo'llaniladi. Masofadan turib o'lchaydigan *magnitoinduksion taxometrlar*ning ishlash prinsipi obyekt valining aylanish chastotasini birlamchi o'zgartkich tomonidan valning aylanish chastotasiga mutanosib chastotali elektr yurituvchi kuchga aylantirishga hamda uch fazali toklar tizimining aylanuvchi magnit maydonini vujudga keltirish xossasiga asoslangan. Tuzilishi jihatidan o'zgartkich o'zgarmas magnitli, uch fazali, o'zgaruvchan tok generatoridan iborat. Kuchlanish generatoridan ko'rsatuvchi asbobga keladi, unda esa qabul qilgich (priyomnik) sifatida doimiy magnitlarni aylantiruvchi sinxron dvigatel qo'llanilgan. Aylanish chastotasining strelkaning burchak siljishiga o'zgartirish magnitoinduksion o'lchov uzeli (bo'g'ini) vositasida amalga oshiriladi, bo'g'inning ishlashi esa aylanuvchi doimiy magnitlar magnit maydonning shu maydonning metall diskka yo'naltirgan induksion toklar bilan o'zaro ta'siriga asoslangan. Bunday o'zaro ta'sir natijasida strelka bilan bog'liq diskning aylanish momenti yuzaga keladi, bu moment magnitlarning aylanish chastotasiga mutanosibdir, disk qarshi ta'sir ko'rsatuvchi prujina yordamida muvozanatga keltirib turiladi.

Uzoq masofaga uzatmaydigan taxometrlarda mexanizm valining aylanishi doimiy magnitlar o'rnatilgan asbob valiga bevosita uzatiladi.

Magnitoinduksion taxometrlar aylanish tezligini o'lchashning ishchi oralig'i doirasida 1% gacha aniqlikda o'lchashga imkon beradi, shkalaning qolgan qismida esa o'lchashning yuqori chegarasidan ko'pi bilan 1,5% aniqlikda o'lchashga imkon beradi.

Elektr taxometrlar mexanizm va mashinalar vallarining aylanish chastotasini masofadan turib o'lchash imkonini beradi. Taxometrlarda datchik sifatida o'zgaruvchan va o'zgarmas tok generatorlaridan foydalaniladi, ko'rsatuvchi asboblarning sifatida esa shkalasi tegishli graduslarga ajratilgan strelkali elektr o'lchov asboblariidan foydalaniladi. Taxometrlar val mexanizmlari bilan birlashtirilgan yoki turli xil tuzilishdagi ulash muftalari orqali ulanadi. Yo'l qo'yiladigan xato o'lchamining yuqori chegarasidan 1,5% bo'ladi. Taxometr atrofidagi havoning harorati $10 \div 60^\circ\text{C}$ bo'lganda va nisbiy namlik 80% gacha bo'lganda ishlashga mo'ljallangan. Texnologik mashinalarning aylanish (burchak) tezliklarini o'lchash uchun kichik quvvatli o'zgarmas yoki o'zgaruvchan tok mashinalari — taxogeneratorlardan foydalaniladi (7.6-rasm). Taxogeneratorning val texnologik mashinalar valiga mexanik bog'langan bo'lib, undan chiqadigan signal — elektr yurituvchi (EYK) texnologik mashina va mexanizmlarning aylanish tezligi p ga mutanosib bo'ladi.

O'zgarmas tok taxogeneratorining sxemasi 7.6-rasm, a da ko'rsatilgan. Undan olinadigan elektr yurituvchi kuch (EYK):

$$e = S_e \cdot p. \quad (7.18)$$

Kollektor bilan cho'tka orasidagi qarshilikning o'zgaruvchanligi taxogeneratordan chiquvchi signal e ning qiymatiga ta'sir qiladi. Ish vaqtida taxogeneratordan chiqadigan shovqinning yuqoriligi, gabarit o'lchamlari va massasining katta bo'lishi taxogeneratorning asosiy kamchiliklari hisoblanadi.

Bunday kamchiliklardan birmuncha xoli bo'lganligi uchun hozirgi paytda o'zgaruvchan (asinxron, sinxron) tok taxogeneratorlari keng qo'llanilmoqda.

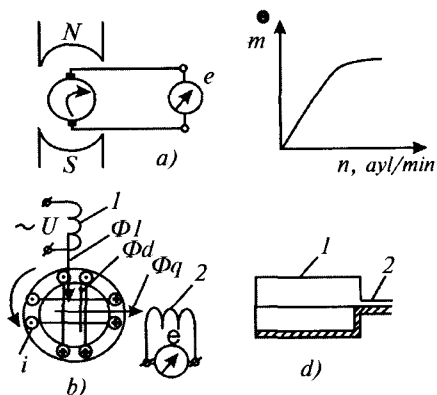
7.6-rasm, d da asinxron taxogeneratorning tuzilish sxemasi ko'rsatilgan. Asinxron taxogenerator statorida o'zaro 90° ga burilgan ikki chulg'am o'rnatilgan. Birinchi chulg'am I o'zgaruvchan tok manbayiga ulanadi. Ikkinchi chulg'amdanda olinadigan EYK esa tezlikni o'lchash uchun xizmat qiladi. Taxogeneratorning rotori I jez yoki aluminiydan stakansimon yasalgan bo'lib, uning vali 2, stakanning tub tomonida bo'ladi (7.6-rasm, c).

Statorning manbaga ulangan chulg'amida hosil bo'ladigan pulsatsiyalanuvchi oqim Φ_1 rotor devorlarida induksiyalanadigan, o'zaro 90° burchakka burilgan ikki xil tok va ular tufayli vujudga keladigan Φ_d va Φ_q oqimlarni hosil qiladi. Taxogeneratorning ikkinchi chulg'amida induksiyalanadigan EYK qiymati rotorning aylanish tezligi p ga mutanosib ($\Phi_q = \text{const}$) bo'lgani uchun

$$E_q = C_e \cdot n \quad (7.19)$$

bo'ladi. Bunday EYK ni ko'rsatuvchi millivoltmetr shkalasidan texnologik mashinaning aylanish chastotasi (tezligi) p aniqlanadi.

Elektron taxometrlarning ishlash prinsipi berilgan barqaror vaqt oralig'ida birlamchi o'zgartkichdan chiqadigan impulslar sonini elektron qurilma yordamida sanashga asoslangan. Birlamchi o'zgartkich o'zgaruvchan tokni kuchaytiruvchisi bo'lgan magnitoelektrik o'zgartkichdan iborat. Nazorat qilinayotgan obyektning valida mahkamlangan ferromagnit materialdan yasalgan tishli disk aylanganda, birlamchi o'zgartkichning chulg'amida o'zgaruvchan kuchlanishli impulslar paydo bo'lib, ular kuchaya boradi va taxometrning elektron blokiga keladi. Impulslarning chastotasi tishli diskning aylanish chastotasiga mutanosib, demak, nazorat qilinayotgan obyektning aylanish chastotasiga ham mutanosib bo'ladi. Elektron blokiga kelayotgan impulslarning o'zgarishi o'lchangan aylanish chastotasining zarur tarzda axborot berishini ta'minlashga imkon beradi,



7.6- rasm. Taxogeneratorlar:
 a, b — o'zgaruvchan tok taxogeneratorlar va uning xarakteristikasi; d, c — o'zgaruvchan tok taxogeneratori va uning stakansimon rotori; 1 va 2 — stator chulg'amlari.

shuningdek, berilgan aylanishlar soniga yetganda elektr signali agregati tomonidan boshqarish tizimiga signal berishga va chiqarishga imkon beradi.

Aylanish tezliklarini o'lchash oraliqlari 2—4000 ayl/min. Asosiy o'lchashning yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi ko'pi bilan 0,5%. Taxometr atrof havosining harorati $10 \div 50^{\circ}\text{C}$ bo'lganda va nisbiy namlik 80% gacha bo'lganda ishlash uchun mo'ljallangan.

TAYANCH SO'Z VA IBORALAR

Mikrometr; qalinlik o'lchagich; profilometr; profilograf; velosimetr; akselometr; vibrometr (tebranish o'lchagichi).

Nazorat savollari

1. Mexanik parametrlarni o'lchash deganda nima tushuniladi?
2. Siljishni o'lchash usullarini izohlab bering.
3. Tenzometrik o'lchagichlarning ishlash prinsipini tushuntirib bering.
4. Taxometrlarning qanday turlarini bilasiz va ularning ishlash prinsipini izohlab bering.
5. Profilometr qanday asbob, uning ishlash prinsipini tushuntirib bering.
6. Profilometr va profilograf orasida qanday farq bor?
7. Velosimetr va akselometr asboblarining ishlash prinsipi nimaga asoslangan?
8. Mikrometr qanday asbob va u qayerlarda qo'llaniladi?
9. Tezlikni o'lchashda qanday asboblardan foydalaniladi?
10. Taxogeneratorlarning qanday turlari mavjud, ularning ishlash prinsiplari bir-biridan nimasi bilan farq qiladi?
11. Tenzoo'lchagichlar qanday afzalliklarga ega?

VIII bob. SIGNAL O'ZGARTGICHLAR, MASOFAGA UZATISH TIZIMLARI VA IKKILAMCHI ASBOBLAR

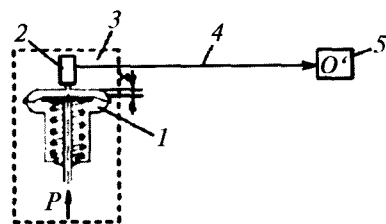
8.1- §. UMUMIY MA'LUMOTLAR

Har qanday o'lchash qurilmasida o'lchash axborotini o'zgartirish zarurligi nazarda tutiladi. Bu ishni bajaradigan elementlar *o'lchash o'zgartirgichlari* deyiladi. Kirishiga o'lchanayotgan fizik kattalik keladigan o'zgartirgich *birlamchi* va o'lchash signallarini o'zgartirishni amalga oshiradiganlari *oraliq o'zgartirgich* deb yuritiladi.

Texnologik parametrlarni o'lchash uchun qurilgan ko'pgina zamonaviy qurilmalar birlamchi o'zgartirgich, ikkilamchi asbob va ularni ulovchi aloqa yo'llaridan tashkil topgan tizimlardan iborat.

Birlamchi o'zgartirgich o'lchash joyiga yaqin o'rnatiladi. U nazorat qilinaotgan muhit ta'sirida bo'ladi va o'lchanayotgan kattalikni boshqa fizik tabiatga ega bo'lgan (elektrik, pnevmatik, gidravlik) aloqa yo'llari bo'yicha boshqarish shchitiga o'rnatilgan ikkilamchi asbobga uzatish uchun qulay bo'lgan signalga o'zgartirishga mo'ljallangan.

Umumiy ko‘rinishda birlamchi o‘zgartgich sezgir elementdan va uzatuvchi o‘lchash o‘zgartgichidan iborat bo‘ladi. Sezgir element o‘lchanayotgan parametрни qabul qiladi va uni boshqa fizik tabiatli signalga o‘zgartiradi. Agar bu signal masofaga uzatishga qulay bo‘lsa, unda u aloqa yo‘li bo‘yicha ikkilamchi asbobga uzatiladi va u bilan o‘lchanadi.



8.1-rasm. Bosimni o‘lchash uchun o‘lchash komplekti sxemasi.

Agar sezgir element o‘lchanayotgan kattalikni masofaga uzatish mumkin bo‘lmaydigan fizik kattalikka, masalan, siljish yoki kuchga o‘zgartirsa, unda oraliq o‘zgartgichni qo‘llash zarurati tug‘iladi. Bu o‘zgartgich kattalikni (siljish yoki kuchni) elektr yoki pnevmatik signalga o‘zgartiradi, keyin bu signal aloqa yo‘li bo‘yicha ikkilamchi asbobga uzatiladi. Misol sifatda 8.1-rasmda bosim o‘lchash tizimining sxemasi keltirilgan. P bosim o‘zgarganda membrana I (sezgir element) egiladi, bunda uning markazining siljishi X statik tavsifi $X = f(p)$ ga mos ravishda bosim bilan bir qiymatli bog‘langan bo‘ladi. Agar bunday asbob faqat ko‘rsatuvchigina bo‘lsa edi, unda bosimni aniqlash uchun strelkani membrana markazi bilan kinematik aloqa yordamida ulash yetarli bo‘lardi. Bosimni masofadan o‘lchashda mexanik kattalik — X siljishni aloqa yo‘li 4 bo‘yicha ikkilamchi asbob 5 ga uzatish uchun, mutanosib elektr signalga o‘zgartirish kiritish zarurati tug‘iladi. Bu o‘zgartirish birlamchi asbob 3 ning oraliq o‘zgartkichi 2 yordamida bajariladi.

Chiziqli siljishni bir xillashtirilgan chiqish signaliga o‘zgartirish uchun differensial-transformatorli va magnit-kompensatsiyali o‘zgartkichlar keng qo‘llana boshlandi. Burchak siljishlarni o‘zgartirish uchun ferrodinamik va chastotali, kuchlarni o‘zgartirish uchun kuch kompensatsiyali (elektr va pnevmatik) o‘zgartgichlar qulay. O‘zgartgich turi o‘zgartirilayotgan signalning ko‘rinishi va aloqa yo‘li bo‘yicha uzatiladigan signalning berilgan ko‘rinishiga bog‘liq (tok, kuchlanish, bosim va h.).

Zamonaviy o‘zgartgichlar va asboblarning muhim xususiyati ularning chiqarish signallarining bir xillashtirishidir. Bu o‘lchov vositalari o‘zaro almashinuvchanlikni, markazlashtirilgan nazorat qilishni ta‘minlaydi va ikkilamchi asboblarni turlarini qisqartirishga imkon beradi.

O‘zgaruvchi tokning bir xillashtirilgan chiqarish signaliga ega bo‘lgan o‘zgartgichlar eng istiqbolidir. Shu bilan birga o‘zgaruvchi tok kuchlanishining chiqarish signaliga, chastotali elektr chiqarish signaliga ega bo‘lgan o‘zgartgichlar ham qo‘llaniladi. O‘zgaruvchi tokning chiqarish signaliga ega bo‘lgan o‘zgartgichlar keng qo‘llanmoqda. Bunday signal yo‘l o‘zaro induksiyaning o‘zgarishi ko‘rinishida, yoki o‘zgaruvchan tok kuchlanishining o‘zgarishi ko‘rinishida namoyon bo‘ladi. Kimyo sanoatida bir xillashtirilgan pnevmatik chiqarish signaliga ega bo‘lgan o‘zgartgichlar qo‘llaniladi.

Keyingi yillarda sanoat asboblari va avtomatlashtirish vositalarining Davlat tizimi yaratilgan bo‘lib, u blok-modul prinsipi asosida tuziladi hamda pnevmatik, gidravlik, elektrik (tokli, kuchlanishli, chastotali va impulsli) kirish va chiqish signallariga ega bo‘lgan asboblarni birlashtiruvchi tarmoqlarga bo‘linadi. Ular uchun bir xillashtirilgan qiymatlar belgilangan bo‘lib, texnologik jarayonlarni nazorat qilish, sozlash va boshqarishning turli-tuman tizimlarining texnik vositalar bilan ta‘minlash muammolarini eng qulay usul bilan hal etish imkonini beradi.

Blokli prinsipdan foydalanish asboblarning qo‘llanish chegarasini kengaytirish imkonini beradi va ularni tekshirilgan qismlarning minimal sondagisini almashtirishda eng ko‘p sondagi parametrlarni o‘lchashga yaroqli holga keltiriladi.

Ishlatishda faqat bir turdagi energiyadan foydalanadigan qurilmalar o‘lchash asboblarning yagona tuzilishdagi tarmog‘ini tashkil etadi.

Pnevmatik tarmoqdagi asboblari oson yonadigan va portlaydigan muhitlarda bexavotir qo‘llanishi: og‘ir sharoitli ishlarda, ayniqsa agressiv muhitda ishonchliligi yuqoriligi bilan xarakterlanadi. Ularni osongina birini ikkinchisi bilan almashtirish mumkin. Ammo pnevmatik asboblari texnologik jarayonlar katta tezlikni talab etganda yoki signallarni uzoq masofaga uzatishda elektr asboblardan qolib keladi.

Gidravlik o‘lchash asboblari katta zo‘riqishlarda ijrochi mexanizmlarning aniq siljishini aniqlashga imkon beradi. Amalda avtomatik tizimlarda ularning tarmoqlarini turli kombinatsiyalarda yoki alohida qurilmalarini birgalikda qo‘llash ancha samaralidir.

Elektr asbob tarmoqlaridan tashkil etilgan avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari quyidagi afzalliklarga ega. Elektr tizimga yuqori sezgirlik va aniqlik, tezkorlik, uzoq masofalar bilan aloqa bog‘lashga imkon beradi, asboblarning sxema va tuzilishi jihatidan yuqori bir xillashtirishni ta‘minlaydi. Yarim-o‘tkazgich texnikadan integral sxemalarni qo‘llashga o‘tish asboblarning o‘lchamlarini va og‘irligini kamaytirishga olib kelish bilan birga ularning mustahkamligini oshirishga va funksional imkoniyatlarini kengaytirishga imkon tug‘diradi. Boshqarishning zamonaviy avtomatlashtirilgan tizimlarida elektronikani qo‘llash, ayniqsa, nazorat-o‘lchov asboblari guruhida muhim ahamiyat kasb etadi, chunki ularning boshqariladigan elektron hisoblash mashinalari bilan bevosita aloqasini ta‘minlash imkonini beradi.

Sanoat asboblari va qurilmalari orasida axborot bog‘lanishni ta‘minlash uchun bir xillashtirilgan signallar (US) ishlatiladi. US ning bir xillashtirilgan parametri deyilganda uning axborot eltuvchi parametri, ya‘ni o‘zgarimas yoki o‘zgaruvchi tok kuchi, kuchlanish, chastota, kod, pnevmatik signal — havoning bosimi tushuniladi.

Bir xillashtirilgan parametrlarning turiga qarab, US larning to‘rt guruhi mavjud:

1. Uzluksiz tok va kuchlanish signallari.
2. Uzluksiz chastotali signallar.

3. Kodlangan signallar.

4. Pnevmatik signallar.

Elektrik uzluksiz tok va kuchlanish signallaridan turli uzluksiz o'zgaruvchi fizik kattaliklarning son qiymatlarini tasvirlash uchun foydalaniladi. Axborot, parametr turiga qarab, US ning shu guruhi o'zgarmas tokning tok signali, o'zgarmas tokning kuchlanish yoki o'zgaruvchi tokning kuchlanish signalidan iborat bo'lishi mumkin.

O'zgarmas tok kirish va chiqish signallarining o'zgarish chegaralari quyidagicha:

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

O'zgarmas tok kuchlanishi kirish va chiqish signallarining o'zgarish chegaralari quyidagicha:

$0-10\text{mV}; -10 - 0 - + 10\text{ mV}; 0 - 20\text{ mV}; - 20 - 0 - +20\text{ mV}; 0 - 50\text{ mV}; 0 - 100\text{ mV}; 0 - 1\text{ V}; - 1 - 0 - + 1\text{V}; 0 - 10\text{V}; - 10 - 0 - + 10\text{V}.$

O'zgaruvchan tok (50 yoki 400 Hz chastotali) kuchlanish signallarining nominal o'zgarish chegaralari:

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

Elektrik uzluksiz chastotali signallar fizik kattalik haqidagi axborotni eltuvchi signalning bir xillashirilgan parametri sifatida o'zgaruvchi tok chastotasidan yoki impulslar chastotasidan foydalaniladi.

Turg'un rejimda chastotali chiqish signallarining nominal qiymatlari quyidagi kattaliklarga ega bo'lishi mumkin: 0,6; 1,2; 3; 4; 6; 8; 12; 24; 48; 60; 110 yoki 220 V.

Uzluksiz chastotali kirish signalli o'lchov asboblari amplitudasi quyidagi chegaralarning birida bo'lgan signallarni qabul qilishga mo'ljallangan: 2,5 - 10; 10 - 40; 40 - 160; 160 - 600 mV; 0,6-2,4; 2,4 -12 V; 12 - 36 V; 36 - 120 V.

Elektrik kodlangan signallardan turli xil elektron hisoblash va boshqarish mashinalarida, raqamli avtomatika va telemexanikaning raqamli qurilmalarida foydalaniladi. Funktsional asbob va tizimlarda kattaliklar qiymati sakkizta karrali ikkilik xonalarda (baytlarda) tasvirlanadi.

Pnevmatik signallar shu guruh US dan o'zgartkichlar, ikkilamchi asboblardan, funksional va to'g'rilovchi bloklar hamda ijrochi qurilmalar orasida axborot uzatishda foydalaniladi.

Pnevmatik chiqish signallari o'zgarishining ish chegarasini ta'minlash — bosimining nominal qiymati 140 kPa bo'lganda, 20–100 kPa chegarasida bo'ladi.

Me'yorlashtiruvchi oraliq o'zgartgich tabiiy chiqish signalini bir xillashirilgan signalga o'zgartiradi. Oraliq o'zgartgichlar alohida mustaqil qurilmalardan iborat. Ularning ishlash prinsipi mazkur darslikning II bobidagi 2.4 va 2.5-§ larida keltirilgan. Asbobsozlik tizimida o'zaro almashinuvchan pnevmatik va elektr o'zgartkichlarning blok turidagi o'zgartgichlari ishlab chiqilgan. Bunday turdagi o'zgartgichlar katta sondagi turli o'lchanayotgan

parametrlarni nisbatan oddiy va yetarli aniqlik bilan bitta chiqarish kattaligiga — kuchga o'zgartiradi.

Bir xillashtirilgan o'zgartkichlarning aniqlik sinfi 0,6; 1,0 va faqat ba'zilari uchungina 1,6; 2,5.

8.2- §. ELEKTR O'ZGARTKICHLAR

Noelektr kattaliklarni elektr chiqish signaliga o'zgartirish va ko'rsatishlarni masofaga uzatish uchun kuch kompensatsiyali o'zgartgichlar, siljish kompensatsiyali o'zgartgichlar va chastotali o'zgartkichlar qo'llaniladi.

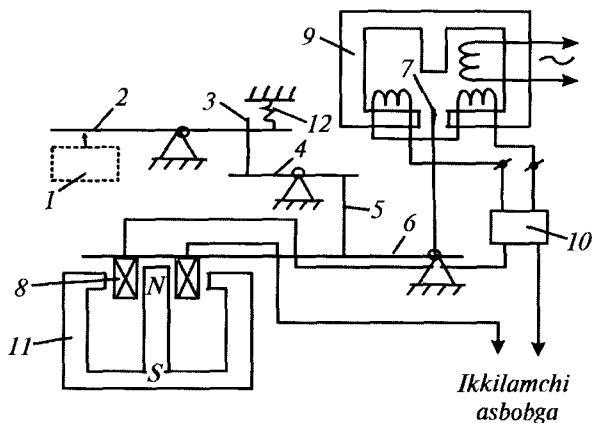
Kuch kompensatsiyali o'zgartgichlar birlamchi asbob sezgir elementining kuchini 0–5 yoki 0–20 mA li o'zgarimas tokning bir xillashtirilgan signaliga o'zgartirishga mo'ljallangan.

Elektr-kuch o'zgartgichlarning ishlashi kuchni kompensatsiyalash prinsipiga asoslangan: sezgir element tomonidan o'lchanayotgan kattalik ta'sirida hosil qilingan kuch shu sezgir elementga teskari aloqa qurilmasi tomondan ta'sir etadigan kuch bilan muvozanatlashadi.

O'lchash tizimi analog shoxobchasining elektr o'zgartgichlarida elektr-kuch o'zgartgichlarning ikki turidan foydalaniladi: kuch va chiqish signali orasida to'g'ri mutanosiblik (chiziqli) munosabatni ta'minlaydigan chiziqli o'zgartgichlar va chiqish signali kuch qiymatidan olingan kvadrat ildizga mutanosib bo'lgan kvadratik o'zgartgichlar. Kvadratik o'zgartgichlardan difmanometrlarda — sarf o'lchagichlarda foydalaniladi. Ular chiqish signalini o'lchanayotgan suyuqlik va gaz sarfiga to'g'ri mutanosib o'zgaradigan o'zgarimas tok ko'rinishida olishni ta'minlaydi. O'zgartgichlar alohida blok ko'rinishida yasaladigan UP-20 turli kuchaytirgich bilan jamlanadi.

Chiziqli va kvadratik o'zgartgichlar faqat kuch mexanizmi qurilmasi bilan farq qiladi.

Kuch kompensatsiyali, elektr analog o'zgartgichining prinsipial sxemasi 8.2-rasmda ko'rsatilgan. O'lchanayotgan parametr o'lchash bloki *I* ning sezgir elementiga (masalan, manometr membranasiga) ta'sir ko'rsatadi va



8.2-rasm. Kuch kompensatsiyali, elektr analog o'zgartgichi.

F mutanosib kuchga aylanadi, bu signal richag 2 ga uzatiladi. Richagning surgich 3, oraliq richag 4 va lenta(tasma)li tortqi 5 orqali burilishi kompensatsion richag 6 ga uzatiladi. Kompensatsion richagda differensial-transformatorli indikatorning o'zagi 7 va magnitoelekt kuch mexanizmining g'altagi 8 o'rnatilgan. Yarmo 9 ikkilamchi chulg'amlarining bir-biriga qarab ulanishi natijasida hosil bo'lgan zanjirdagi muvozanat o'rtacha holatdan chetga chiqadi, sanoat chastotali, o'zgaruvchan tok signali paydo bo'ladi. Bu signal elektron kuchaytirgich 10 ga keladi. Kuchaygan va to'g'rilangan signal masofaga uzatish aloqasiga va shu bilan birga, aloqa bilan ketma-ket bog'langan muvozanat indikatorining g'altagi 8 ga (teskari bog'lanish) keladi. G'altak 8 dagi tok hosil qilgan magnit maydon bilan doimiy magnit 11 o'rtasidan o'zaro ta'sir natijasida richag 6 da kuch paydo bo'ladi, bu kuch o'lchanayotgan kirish (masalan, bosim o'zgarishi natijasida) kuchini muvozanatlaydi. Asbobning nol nuqtasi prujina 12 orqali sozlanadi. Asbobni o'zgartgichning berilgan o'lchash chegarasiga sozlash uchun surgich 3 va lentali tortqi 5 ni siljtiladi.

Kuch kompensatsiyasi prinsipi shu sxemaga nisbatan quyidagidan iborat: muvozanat paytida sezgir element hosil qilgan kuch F unga teskari aloqa tomonidan ta'sir etadigan kuch F_m ga teng.

Chiziqli o'zgartgichda doimiy magnit 11 bilan g'altakdan o'tayotgan tok hosil qiladigan magnit maydoni orasidagi o'zaro ta'sir shu tokka mutanosib bo'lgan, richag tizimi orqali kirish kuchini muvozanatlashtiradigan kuch hosil qiladi, ya'ni,

$$F_M = K \cdot I_{chiq}, \quad (8.1)$$

bunda: F_M — teskari aloqa tomonidan ta'sir etadigan kuch; K — o'zgarmas koeffitsiyent; I_{chiq} — chiqish toki.

Kvadratik o'zgartgichda teskari aloqa kuch F_M bilan chiqish signali I_{chiq} orasidagi o'zaro ta'sirlashuv magnitoelekt mexanizm o'rniga elektromagnit kuch mexanizmini qo'llash yordamida ta'minlanadi. Bu holda teskari aloqa kuchi bilan chiqish signali orasidagi munosabat quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$F_m = K \cdot I_{chiq}^2. \quad (8.2)$$

UP-20 turidagi yarimo'tkazgichli kuchaytirgich nomuvofiqlashtirish indikatorini signalini o'zgarmas elektr toki signaliga o'zgartiradi. Signalni masofaga uzatish 10 km ga yetishi mumkin. O'zgartkichga ulanadigan ikkilamchi asboblarni ikki guruhga bo'lish mumkin: o'zgarmas tokning unifikatsiyalangan signalidan ishlaydigan (milliampermetrlar) va o'zgarmas kuchlanish signalidan ishlaydigan asboblarni (voltmetrlar, potensiometrar, markaziy nazorat va boshqarishning elektr mashinalari).

Siljishni kompensatsiyalash sxemasi bo'yicha quriladigan elektr analog o'zgartgichlaridan noelektr kattaliklarni elektr chiqish signaliga o'zgartirish va ko'rsatishlarni masofaga uzatish uchun differensial-transformatorli, ferrodinamik, magnitomodulatsion va selsinli o'zgartkichlar tarqalgan. Differensial-transformatorli o'zgartkichlardagi birlamchi asbob o'zagining siljishi

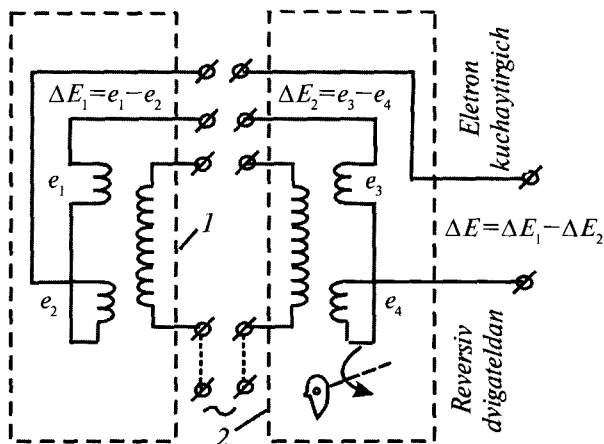
ikkilamchi asbob o'zaging siljishi bilan muvozanatlashadi. Differensial-transformatorli o'zgartgichlar sarf, bosim, sath va boshqa parametrlarni o'lchashda ishlatiladi, bunda bu parametrlarning qiymati birlamchi asbob g'altagi o'zaging siljishiga o'zgartiriladi.

Differensial- transformatorli asbob sxemasi (8.3-rasm) ikkita bir xil g'altakdan iborat.

Ulardan biri birlamchi asbob 1, ikkinchisi esa ikkilamchi asbob 2 ga joylashtirilgan. G'altaklarni birlamchi chulg'amlari ketma-ket ulanib, elektron kuchaytirish kuch transformatorining chulg'amidagi o'zgaruvchan tok kuchlanishidan ta'minlanadi. Ikkilamchi chulg'amlar bir-biriga yo'nalgan holda ulanib, chiqishlari elektron kuchaytirgichga qaratilgan. G'altaklar ichida temir o'zaklari o'rtacha holatda bo'lsa, g'altakdagi e_1 va e_2 EYK lar teng bo'ladi, ya'ni $\Delta E_1 = e_1 - e_2 = 0$ va $\Delta E_2 = e_3 - e_4 = 0$, demak, $\Delta E = \Delta E_1 - \Delta E_2$ kuchaytirgich kirishidagi farq ham nolga teng bo'ladi.

O'zaklar holati o'zgarganda g'altaklarda kattaligi va fazasi birlamchi asbob g'altagidagi o'zak siljishining kuchlanishiga bog'liq bo'lgan nobalans kuchlanish vujudga keladi. Nobalans kuchlanish elektron kuchaytirgich orqali reversiv dvigatelni boshqarish uchun kerak bo'lgan qiymatgacha kuchayadi. Reversiv dvigatel profillangan disk yordamida ikkilamchi asbob g'altagi o'zagini, birlamchi asbob g'altagi o'zagi bilan muvofiqlashtirilgan holatga siljitadi, natijada ikkala g'altakdagi EYK lar tenglashadi, binobarin, muvozanat holati tiklanadi. Ikkilamchi chulg'amlarning EYK yana nolga teng bo'ladi va reversiv dvigatel to'xtaydi. Reversiv dvigatel ikkilamchi asbobning strelkasi va perosi bilan bog'langan.

Birlamchi asbobning o'zagi 5 mm ga siljiganda induksiyalangan EYK ning bog'lanishi chiziqli bo'lib qoladi. Differensial-transformatorli tizimlarning ikkilamchi asboblari potensimetrlar asosida qurilgan.



8.3-rasm. Differensial-transformatorli o'zgartgich sxemasi.

O'lash tizimida teleuzatishning differensial-transformatorli tizimi uchun ikkilamchi asboblarga KSD va KSU kiradi. Asboblarning quyidagi turlari chiqariladi: juda kichik o'lchamli ko'rsatuvchi KPD1; VMD va o'ziyozar KSD1, kichik o'lchamli ko'rsatuvchi, silindrlil siferblati aylanadigan KVD1 va o'ziyozar KSD2, aylanasimon diagrammali KSD3. Hamma asboblarning aniqlik sinfi 1. Ikkilamchi asboblardan yo qo'shimcha chiqish o'zgartgichlari, yoki boshqariluvchi qurilma bilan ta'minlanishi mumkin. Sarf o'lhagich asboblarda, ko'pincha, ichiga o'rnatilgan integrallovchi qurilmalardan foydalaniladi.

Ferrodinamik o'zgartkichlarda burchak siljishlar o'zgaruvchan tok EYUK ning mutanosib qiymatiga o'zgartiriladi. Ular bosim, sarf, sath va boshqa kattaliklarni o'lashda ishlatiladi. Bunda bu kattaliklarning qiymati ferrodinamik o'zgartgich ramkasining burilish burchagiga o'zgartirilishi mumkin. O'zgartgich (8.4-rasm) uning magnit tizimini hosil qiluvchi magnit o'tkazgich 1, boshmoq 2, o'zak 3 va harakatchan plunjer 7 hamda plunjer 7 ning siljishi vaqtida o'zgaradigan ikkita halqasimon 4 va rostlanuvchi 6 havo oralig'laridan iborat. G'altak 9 da sanoat chastotali o'zgaruvchan tokdan ta'minlanuvchi uyg'otish chulg'ami joylashgan. Bu g'altak hosil qilgan magnit oqimi uyg'otish chulg'amiga o'ralgan siljish chulg'ami va o'zgartgichning aylanuvchi ramkasi 5 da EYK induksiyalaydi. Ramkacha siljish va uyg'otish chulg'amlarining uchlari klemmali panel 8 ga chiqarilgan.

Ramkacha joylashgan havo oralig'ida radikal magnit oqimi bo'lib, ramkacha neytral holat chizig'i NN bilan mos kelganda, magnit oqimi ramkachani kesib o'tmaydi va undagi EYK nolga teng bo'ladi. Ramka NN chiziqdan chetga chiqqanda undagi EYK ramkachaning burilish burchagiga mutanosib induksiyalanadi.

Ramkacha 5 birlamchi asbobning sezgir elementi bilan bog'langan. Ramkacha neytral holatdan chetga chiqqanda unda EYUK induksiyalanadi:

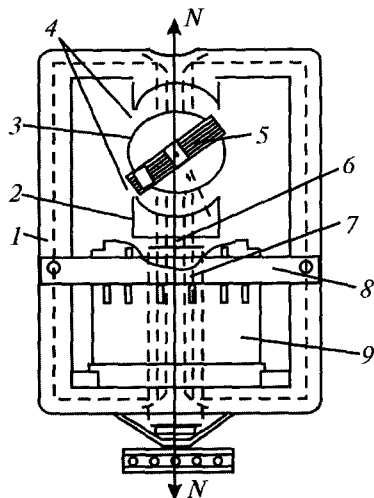
$$E_p = \frac{w}{\sqrt{2}} B \cdot I \cdot r_{o'r} \cdot \varphi, \quad (8.3)$$

bu yerda: w — tokning burchak chastotasi; B — magnit induksiyasi; I — ramkachaning magnit maydoni kesib o'tgan o'tkazgichi uzunligi; $r_{o'r}$ — ramkachaning o'rtacha radiusi; φ — ramkachaning burilish burchagi.

Ramkacha o'ramlari soni va magnit induksiyasi o'zgarimas bo'lganda, ferrodinamik o'zgartgich kattaligi E_r , burilish burchagi yoki o'lchanayotgan parametr qiymatiga mutanosib, ya'ni

$$E_p = K \cdot \varphi, \quad (8.4)$$

bu yerda: K — o'zgartirish koeffitsiyenti.



8.4-rasm. Ferrodinamik o'zgartgich sxemasi.

Magnit oqimining kattaligi boshmoq 2 va qo'zg'aluvchan plunjer 7 orasidagi masofaga bog'liq bo'lgani sababli, ramkacha va siljish chulg'ami EYK ini havo oralig'ini roslash yo'li bilan o'zgartirish mumkin.

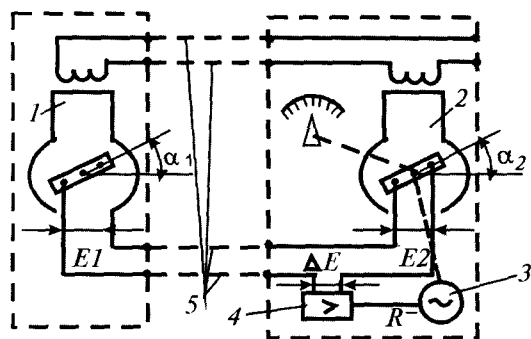
Masofaga uzatish ferrodinamik tizimining ishlash prinsipi PF datchiklarni ishlatishga asoslangan. Bu usul birlamchi asbob datchigidan olingan EYK ni ikkilamchi asbob ferrodinamik o'zgartgichning EYK bilan kompensatsiyalashdan iborat. Ferrodinamik tizim (8.5-rasm) o'lchash asbobining uzatuvchi o'zgartgichi (datchik) 1, aloqa yo'li 5 va ikkilamchi asbob elementlari bo'lgan o'zgartgich 2, elektron kuchaytirgich 4 va reversiv elektr dvigatel 3 dan iborat. Ferrodinamik o'zgartgich 1 va 2 larning ramkachalari ketma-ket ulangan, ulardagi EYK lar bir-biriga qarama-qarshi, shuning uchun elektron kuchaytirgich 4 kirishiga ikkala datchik EYK larining farqi $E = E_1 - E_2$ uzatiladi.

Agar $\Delta E = 0$ bo'lsa, tizim muvozanat holatida bo'ladi. Agar o'zgartgich 1 ramkachasining holati o'lchanayotgan parametr ta'sirida φ_1 burchakka burilsa, EYK ham o'zgarib, E_1 ga teng bo'lib qoladi, tizimning muvozanati buziladi, kuchaytirgich 4 kirishiga ΔE EYK uzatiladi, bu kattalik kuchayib, elektr dvigatel 3 ga uzatiladi. Elektr dvigatel ikkilamchi asbob ramkachasini burchaklar φ_1 va φ_2 tenglashguncha siljitadi (E_1 va E_2 EYK lar ham tenglashadi).

Ferrodinamik o'zgartgichlardagi induksiyalangan EYK ramka burilish burchagiga bog'lanishi chiziqli bo'lgani sababli ular differensial-transformatorli o'zgartgichlarga nisbatan katta o'lchash chegaralariga ega. Masofaga signal uzatiladigan ferrodinamik o'zgartgichlar o'zlarining ishonchliligi, ishlatilishi oddiy va qulayligi, universalligi, yuqori metrologik tavsiflarga ko'ra keng tarqalgan.

Sanoatda quyidagi turdagi o'zgartgichlar chiqariladi: PF-ferrodinamik o'zgartgichlar; PFF — ferrodinamik funksional o'zgartgichlar; PFF-K — ferrodinamik funksional korreksiyalik o'zgartgichlar.

PFF va PFF-K turdagi o'zgartgichlarda PS, PF, PP va BD turdagi



8.5- rasm. Masofaga uzatish ferrodinamik tizimning prinsipl sxemasi.

chiqish o'zgartgichlarining borligi o'lchanayotgan kattalikka mutanosib bo'lgan elektr va pnevmatik signallarni berishga imkon beradi.

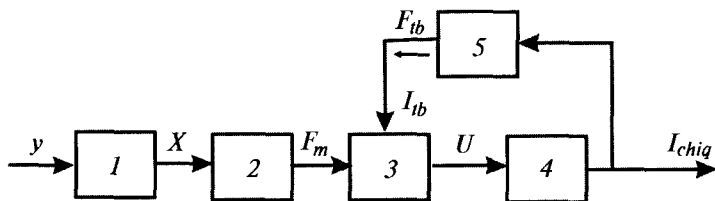
Torli (simli) chiqish o'zgartgichi PS chastotali signal olishga imkon beradi. Undan integrallovchi qurilmalarda axborotni raqamli avtomatikaning turli qurilmalariga, boshqariluvchi va hisoblash mashinalariga kiritish uchun foydalaniladi. Ferrodinamik

chiqish o'zgartgichi PF ushbu PFF va PFF—K turdagi o'zgartgichlarni turli hisoblash tizimlarida, teleo'lchash va boshqarish tizimlarida qo'llashga imkon beradi. Pnevmatik chiqish o'zgartgichi PP o'zgartgichlar bilan pnevmatik apparatura orasida bog'lanishni amalga oshirish, axborotni pnevmatik raqamli — yechuvchi va boshqarish mashinalariga kiritish, shuningdek, pnevmatik qurilmalar qo'llashni talab etadigan alohida sxemalar bilan aloqa o'rnatish imkonini beradi. Chiqish selsini BD ning borligi o'zgartgichlar bilan selsinlar orqali ishlaydigan qurilmali o'zgartgichlar orasida masofaga uzatish uchun aloqani amalga oshirishga imkon beradi.

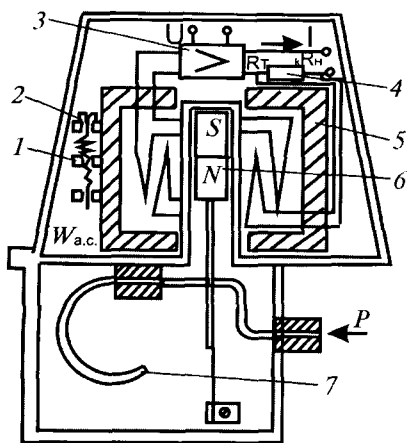
Magnitomodulatsion o'zgartgichlar (magnit kompensatsiyali uzatuvchi o'zgartgichlar) ning ishi magnit oqimlarini kompensatsiyalashga asoslangan. Magnitomodulatsion o'zgartgichlar birlamchi asbob sezgir elementining chiziqli siljishini o'zgarimas tokning unifikatsiyalangan chiqish signaliga o'zgartirish uchun mo'ljallangan. Bunday o'zgartgichlarning ishlash prinsipi quyidagidan iborat: maxsus qurilma — indikatora hosil qilinadigan boshqaruvchi magnit oqimi harakatdagi element o'zgarimas magnitning (birlamchi o'zgartgichning sezgir elementi bilan siljiriladigan) siljishida shu indikatora teskari aloqa toki yordamida hosil qilinadigan magnit maydoni bilan kompensatsiyalanadi. Bunda chiqish toki va qo'zg'aluvchan elementning siljishi va, demak, o'lchanayotgan kattalik qiymati orasida ma'lum munosabat o'rnatiladi.

O'zgartgichning struktura sxemasi 8.6-rasmda keltirilgan. Birlamchi o'zgartgichning qayishqoq sezgir elementi 1 o'lchanayotgan kattalik Φ ni o'zgartgich 2 o'zgarimas magnitining chiziqli siljishi X ga o'zgartiradi. Magnitning siljishida boshqaruvchi magnit oqimi Φ_m o'zgaradi. U magnit oqimlari 3 ning indikatorida teskari aloqa (bog'lanish) magnit oqimi $\Phi_{t.b.}$ bilan tenglashadi. Indikator chiqishidan magnit oqimlari ayirmasi $\Delta\Phi = \Phi_m - \Phi_{t.b.}$ ga mutanosib bo'lgan kuchlanish U paydo bo'ladi. U kuchaytirgich 4 yordamida chiqish toki signali I_{chiq} ga o'zgartiriladi.

Chiqish toki I_{chiq} masofadagi uzatish aloqasiga va bir vaqtda teskari aloqa qurilmasi 5 ga boradi, uning chiqish toki $I_{t.b}$ magnit oqimi F_m ni kompensatsiya qiluvchi magnit oqimi $\Phi_{t.b.}$ hosil qiladi. Shunday qilib, o'lchanayotgan kattalik U ni orttirilganda magnit siljishi X ortadi, boshqarish magnit oqimi F_m ortadi va, demak, Φ_m ni kompensatsiya qiluvchi magnit oqimi $\Phi_{t.b.}$ ni paydo qilish uchun katta chiqish toki I_{chiq} va teskari aloqa toki I_{tb} zarur bo'ladi.



8.6- rasm. O'zgartgichning magnit kompensatsiyali struktur (tuzilish) sxemasi.



8.7-rasm. Magnit kompensatsiyali o'zgartgichning blok sxemasi.

chulg'amlari $w_{1,b}$ dan o'zgaras tok I_{chiq} o'tganda paydo bo'ladigan teskari aloqa magnit oqimi F_{tb} bilan kompensatsiyalanadi. Φ_m oqimni o'zgartirganda magnit modulatsion o'zgartgich 5 o'zaklarining magnitlanganligi o'zgaradi va uning w_6 o'ramlarida nomuvofiqlik signali paydo bo'ladi. Bu signal kuchaytirish qurilmasi 3 ning masofaga uzatish aloqasiga va bir vaqtda teskari aloqa o'ramasiga uzatiladigan chiqish signali I ni boshqaradi.

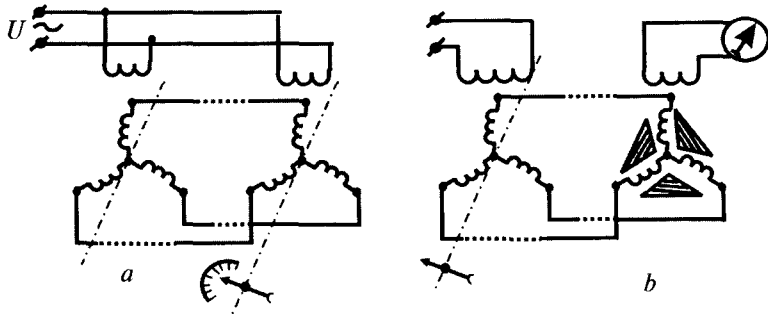
O'zgartgich chegarasini sozlash uchun qarshilik 4 o'zgartiriladi, nolga sozlash uchun esa ferromagnit shunt 1 ni 2 vint yordamida ravon siljtiladi. Magnit kompensatsiyali o'zgartgichlar qator afzalliklarga ega: bir necha ikkilamchi asboblarni bitta o'zgartgichga ulash imkoniga, titrashga nisbatan yetarlicha yuqori turg'unlikka va mustahkamlikka ega. Kamchiliklari — harorat tufayli xatoligi ancha yuqori va kuchaytirgichning elektron sxemasi elementlariga zararli ta'sir etuvchi muhitlarda ishlay olmaydi, shuningdek, sezgir element va magnit oqimi indikator, va xatoliklarining birlamchi o'zgartgich xatoligiga ta'siri katta. Shu turdagi o'zgartgichlar 1 va 1,5 sinfga oid bo'ladi.

Ikkilamchi asboblarning sifatida 1 va 1,5 sinfli milliampermetr yoki ASK tizimdagilarning ko'p shkalali, tor profilli asboblardan foydalaniladi.

Yuqorida ta'riflangan ko'rsatishlarni masofaga uzatish tizimlari birlamchi o'zgartgichlar hosil qilgan chiziqli yoki burchakli siljishlar uncha katta bo'lmagan hollarda ishlatiladi. Lekin ba'zi hollarda o'zgartgich chiqish o'qining bir necha o'ramida birlamchi asbob o'zgartgichi signalini yoki bir necha metrga cho'zilgan siljishlarni masofaga uzatish kerak bo'ladi. Masalan, sath o'lchagichlarda ko'rsatishlarni masofaga uzatishda shunday vazifa qo'yiladi. Bunday masalani selsinli uzatish yo'li bilan hal qilish mumkin.

Teskari aloqa qurilmasi 5 o'zgartirishning zarur qonuni $I_{chiq} = f(y)$ ni topish imkonini beradi. Bu munosabat yo chiziqli, yoki kvadratik bo'lishi mumkin.

Magnit kompensatsiyali o'zgartgichning prinsipial sxemasi 8.7-rasmda ko'rsatilgan. O'zgartgichda o'lchana-yotgan parametr (masalan, bosim) sezgir element (masalan, bir o'ramli naychasimon prujina 7) bilan o'zgaras magnit 6 siljishiga o'zgartiriladi. U magnit oqimi Φ_m ko'rinishida boshqarish ta'sirini hosil qiladi. Bu oqim chiqish signali teskari aloqa (bog'lanish)



8.8- *rasm.* Selsinli masofaga uzatish tizimining prinsipl sxemasi:
a — indikatorli rejim; *b* — transformatorli rejim.

O‘zgaruvchan tokda ishlaydigan selsinli masofaga uzatish ham burchakli siljishlarni uzatishga mo‘ljallangan.

Uzatuvchi va qabul qiluvchi selsinlar sifatida kontakt halqalarga ega bo‘lgan sinxronlanuvchi asinxron elektr dvigatellar yoki chulg‘amsiz rotorli, kontaktsiz selsinlar ishlatiladi. Uzatuvchi va qabul qiluvchi selsinlar rotorlarining simmetrik holati buzilganda ularning chulg‘amida qiymatlari turlicha bo‘lgan EYKlar induksiyalanadi, aloqa simi bo‘yicha muvozanatlovchi toklar o‘tadi va sinxronlash momenti vujudga keladi, natijada qabul qiluvchi selsin rotori buriladi. Selsinlarning bunday ulanishi (8.8-rasm, *a*) indikatorli rejim deyiladi.

Transformatorli rejimda (8.8-rasm, *b*) qabul qiluvchi selsinning rotori tormozlangan bo‘ladi va voltmetrning ko‘rsatishlari uzatuvchi selsin buri-lishiga mutanosib o‘zgaradi. Voltmetr qabul qiluvchi selsinning stator chulg‘amiga ulangan.

Sanoat selsinlarning ta‘minlash kuchlanishining turli odatda, 50 dan 500 gs gacha chastotalariga mo‘ljallangan bir necha turlarini chiqaryapti. Kontaktli selsinlarning eng katta kamchiligi kontakt, cho‘tkalaridagi xato-liklarga olib keluvchi va selsin ishining ishonchligini kamaytiruvchi ishqalanishdan iborat.

Chastotali o‘zgartgichlar texnologik jarayonlarni avtomatik nazorat qilish va boshqarish tizimlarida keng qo‘llaniladi.

O‘lchash axborotini bir xillashtirilgan chastotali signal bilan uzatish tizimi birlamchi o‘lchash o‘zgartgichlari asosida amalga oshirilib, bunda birlamchi o‘lchash o‘zgartgichlari o‘lchanayotgan texnologik parametrni bir xillashtirilgan chastotaviy signalga o‘zgartiradi.

O‘zgartirish parametr \rightarrow kuch \rightarrow chastota sxemasi bo‘yicha yuz beradi.

Kuch chastotali o‘zgartgichlarning ishlash prinsipi mexanik kuchlanishni torli elementning ko‘ndalang tebranishlar chastotasiga o‘zgar- tirishga asoslangan. O‘lchanayotgan fizik kattaliklar o‘lchash asbobining sezgir elementiga ta‘sir qilib, fizik kattaliklarga mutanosib bo‘lgan F

kuchga aylanadi (8.9-rasmda torli chastota o'zgartgichning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan). Bu kuch elastik sterjen (richag) 1 va u bilan bog'langan torli element 3 tomonidan qabul qilinadi. O'lchanayotgan fizik kattalik F kuch o'zgarishi bilan elastik sterjen va o'zgarimas magnit qutblari 4 orasida joylashgan torli elementda kichik (mikronlarda o'lchanadigan) deformatsiya hosil qiladi, natijada torning ko'ndalang tebranishlar chastotasi o'zgaradi.

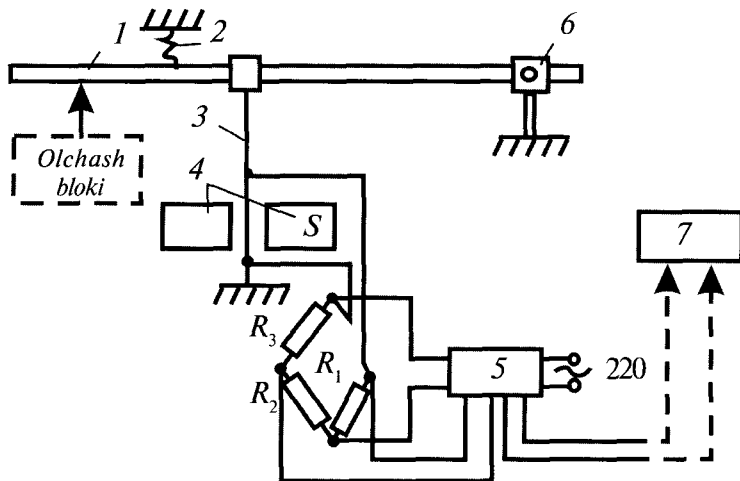
Kuch-chastota o'zgartgichi rezistorlar R_1 , R_2 , R_3 va R_4 qarshilikli tor 3 yordamida tashkil etilgan ko'prikl sxemani ifodalovchi torli generator asosida amalga oshiriladi.

Ko'priklning o'lchash diagonali 5 elektron kuchaytirgichning kirishiga ulangan, uning chiqishi esa ko'prikl manbai diagonaliga ulangan. Tor doimiy 4 magnitning qutblari orasiga joylashgan. Torning pastki uchi qo'zg'almas asosiga bikir mahkamlangan, yuqori uchi esa — harakatlanuvchi richag 1 ga mahkamlangan. Tordan o'zgaruvchan tok o'tganda tor tebrana boshlaydi va unda shakliga ko'ra sinusoidaga yaqin bo'lgan EYK induksiyalanadi. Torda kechadigan fizik jarayonlarga muvofiq uning magnit maydonidagi tebranishlarida tebranish konturi ko'rinishiga ega bo'lgan elektr sxema 8.10- rasmda berilgan.

Tebranish konturining parametrlari tor parametrlari bilan quyidagi munosabatlar orqali bog'langan:

$$L = \frac{B^3 l^3 S}{2\pi^2 F}; \quad C = \frac{2\rho}{B^2 l}; \quad R = \frac{B^2 l}{4\rho v} \quad (8.5)$$

bu yerda: L — ekvivalent induktivlik; B — doimiy magnit oralig'idagi (tirgishidagi) induksiya; l — torning uzunligi; S — torning ko'ndalang kesimi yuzi; F — kuchlanish; C — ekvivalent sig'im; ρ — tor materialning zichligi; v — havoga ishqalanish koeffitsiyenti; R — tebranayotgan torning dinamik qarshiligi.



8.9-rasm. Torli chastota o'zgartgich.

Ekvivalent sxemasidagi r qarshilik tor harakatsiz bo'lganda uning aktiv qarshiligini ifodalaydi. Tor tebranayotganda sof aktiv qarshiliklarni o'z ichiga olgan ko'prik sxemasi chastota bog'liqli elementlari bo'lgan ko'prikka aylanadi. Ma'lumki, o'z-o'zini uyg'otuvchi generatorning chastotasi tebranish konturining f_0 xususiy chastotasi bilan aniqlanadi, u esa konturning L induktivligi va C sig'imi bilan quyidagi ko'rinishda bog'langan:

$$f_0 = 1 / (2\pi\sqrt{LC}).$$

Qarab chiqilayotgan generator uchun xususiy tebranishlar chastotasi f_0 ushbu

$$f_0 = 0.5\sqrt{F / (I^2 S \rho)} \quad (8.6)$$

ifoda bilan aniqlanadi.

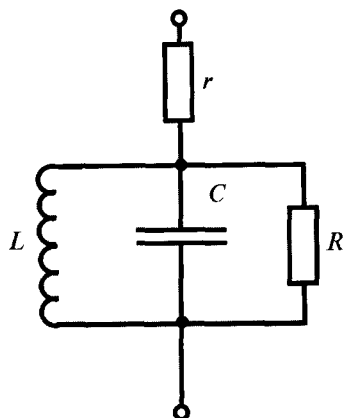
(8.6) tenglamadan generatorning xususiy tebranish chastotasi torning xususiy tebranishlar chastotasi orqali aniqlanishi va taranglanish kuchiga bog'liq bo'lishi kelib chiqadi. Qarab chiqilgan generator 10^2-10^4 Hz chastotalar diapazonida ishlaydi. Tordan o'tadigan tok 100 mA dan oshmaydi. Tor, odatda, diametri 0,05 mm va uzunligi 20–50 mm atrofida bo'lgan volfram simdan tayyorlanadi.

O'lchanayotgan parametrning chastotaviy signalga o'zgarishi quyidagicha amalga oshiriladi. O'lchash blokining sezgir elementi o'lchadigan parametrni richag I va u bilan birga tor 3 qabul qiladigan mutanosib F kuchlanishga o'zgartiradi. Tor tarangligining o'zgarishi generatorning xususiy tebranishlar chastotasining o'zgarishiga olib keladi, bu esa uning chiqish signalida o'zgaruvchan tok chastotasi ko'rinishida aks etadi. O'zgartgichni berilgan o'lchashlar chegarasiga moslash richag I ning epyura 6 nuqtasini surish bilan amalga oshiriladi. Chiqish signa-ling boshlang'ich qiymatini nol signal korrektori 2 o'rnatadi.

(8.6) tenglamadan ko'rinishicha, o'zgartgichning statik tavsifi chiziqli emas. Statik tavsifni chiziqilashtirish maqsadida o'zgartgichning ba'zi turlarida kvadraturalar qo'llaniladi. Chiziqli, statik tavsifli, birlamchi o'lchov o'zgartkichlarining chiqish signalini quyidagi tenglama bo'yicha hisoblab topish mumkin:

$$f_0 = f_1 + \frac{N - N_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}} \cdot \Delta f, \quad (8.7)$$

bu yerda: f_1 — boshlang'ich chastota; N — o'lchanayotgan parametr qiymati; N_{\max} , N_{\min} — o'lchashlar oralig'ining (diapazonining) mos ravishda yuqori va quyi qiymatlari; Δf — chastotaning o'zgarish oralig'i.



8.10- rasm. Magnit maydonida tor tebranishining elektr sxemasi.

Chastotali signallari bir xillashtirilgan birlamchi o'lchash o'zgartgichlaridan keladigan o'lchov axborotlarini qabul qiluvchilari (priyomniklari) raqamli mashinalar, boshqaruvchi va hisoblash mashinalari bo'lishi mumkin. Chastotali signali birlashtirilgan birlamchi o'lchash o'zgartgichlarining aniqlik sinfi 0,5 va 1,0. Axborotni uzatish uzoqligi 10 km. gacha.

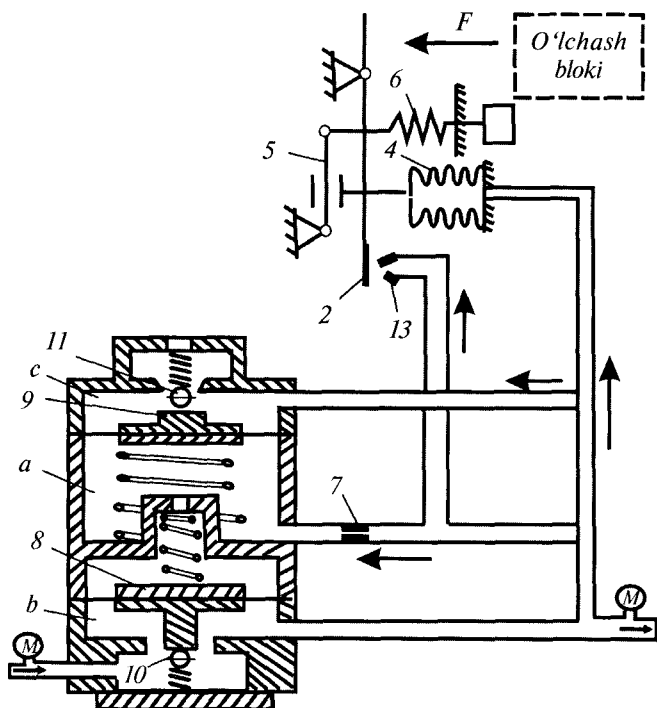
8.3- §. PNEVMATIK O'ZGARTKICHLAR

O'lchanayotgan kattalikni pnevmatik chiqish signaliga o'zgartirish va ko'rsatishlarni masofaga uzatish uchun qo'llaniladigan pnevmatik o'zgartgichlar ichida kuch kompensatsiyali va siljish kompensatsiyali o'zgartgichlar yong'in va portlash xavfi bor korxonalarda keng ishlatiladi.

Kuch kompensatsiyali pnevmatik o'zgartgichlar o'lchash blokidan sezgir elementining kuchini 20—100 kPa (0,2—1 kgk/sm²) qiymatda bir xillashtirilgan pnevmatik chiqish signalni o'zgartirish uchun mo'ljallangan.

Pnevmatik kuch o'zgartgichlarining ishlash prinsipi pnevmatik kuch kompensatsiyasidan foydalanishga asoslangan.

Kuch kompensatsiyasiga ega pnevmatik o'zgartgichning prinsipial sxemasi 8.11-rasmda ko'rsatilgan. O'lchanayotgan parametr o'lchash blokining sezgir elementiga ta'sir ko'rsatadi va F mutanosib kuchga aylanadi. F kuch ta'sir



8.11-rasm. Kuch kompensatsiyali, pnevmatik o'zgartgich sxemasi.

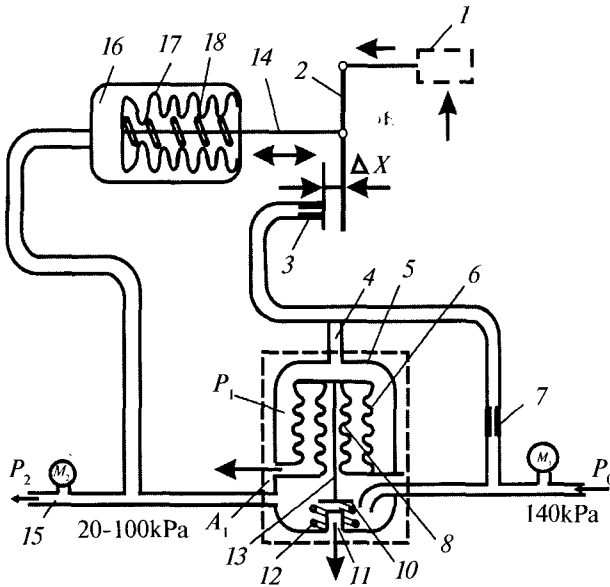
qilayotgan richag *1* orqali to'siq *2* soplo *3* ga nisbatan siljiydi. Soplo va to'siq orasidagi tirqishning o'zgarishi natijasida o'zgarmas kesimli drossel *7* orqali keladigan havo bosimi o'zgaradi. Shu bilan birga, kuchaytirish pnevmorelesining *a* kamerasidagi bosim ta'sirida membranalar *8* va *9* ning egilishi natijasida kirish *10* va chiqish *11* soqqali klapanlarning holati o'zgaradi.

Natijada *b* va *c* kameralarda bosim o'zgaradi. To'siq *2* silfon *4* ta'sirida soploga nisbatan shunday holatni egallaydiki, silfondagi kuch o'lchash blokining *F* kuchiga tenglashib, *b* va *c* kameralardagi bosim shunga qarab o'zgaradi. O'zgartkich berilgan o'lchash chegarasiga silfonni richag *5* bo'ylab siljitish orqali sozlanadi. O'zgartgichning chiqish signali 20 kPa (0,2 kGk/sm²) — boshlang'ich bosim nol korrektorning prujinasi *6* yordamida o'rnatiladi. O'zgartgich chang, nam va yog'dan tozalangan havo bilan ta'minlanadi. Havoning nominal bosimi 140 ± 14 kPa. Chiqish signalini 300 metr masofaga uzatish mumkin. O'zgartkichning aniqlik sinfi 1,0.

Siljish kompensatsiyali o'zgartgichlar o'lchash bloki sezgir elementi-ning siljishini 20–100 kPa qiymatda pnevmatik chiqish signaliga o'zgartirish uchun mo'ljallangan.

8.12- rasmda siljish kompensatsiyali sxema bo'yicha ishlaydigan pnevmatik o'zgartgichning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan. Ta'minlovchi havo bosimi hamda o'zgartgich chiqishidagi havo bosimi M_1 va M_2 manometrlar orqali nazorat qilinadi.

Birlamchi rele tarkibiga o'zgarmas kesimli drossel *7*, soplo *3* va o'lchash bloki *1* ning sezgir elementi bilan bog'langan to'siq *2* kiradi. Kuchaytirgich ikkita ketma-ket ulangan drossel va silfon turidagi yuritmadan iborat. Drossel tizimi soplo *9* va *11* larni o'z ichiga oladi. Birinchi soplodan P_0 bosimli



8.12-rasm. Siljish kompensatsiyali pnevmatik o'zgartgich sxemasi.

siqilgan havo kuchaytirgichga keladi, ikkinchi soplo orqali esa havo kuchaytirgichdan atmosferaga chiqadi. Soplolarning teshiklari orasida likobchasimon klapan mavjud. Uning holatiga ikkala drossel havo oqimlari kesimlarining yuzi, binobarin, drossel qarshiliklari ham bog'liq. Kuchaytirgich yuritmasi kamera 5 ichiga joylashgan, bir-biriga nisbatan konsentrik o'rnatilgan silfonlar 6 va 8 dan iborat. Likobchasimon klapan silfonlarning harakatchan tagi bilan shtok 13 orqali, kuchaytirgich esa birlamchi rele va ikkilamchi asbob bilan naychalar 4 va 15 orqali bog'langan. Silfon yuritmasiga P_1 va P_2 bosimlardan o'zaro muvozanatlashgan ikkita kuch ta'sir qiladi.

To'siqning siljishi birlamchi asbob sezgir elementining holatiga yoki tekshirilayotgan parametr qiymatiga bog'liq. To'siq soplone bekitganda silfonga ta'sir qiladigan P_1 bosim ko'payadi, silfonlar siqiladi, likobchasimon klapan 10 soplo 9 teshigini ochib, soplo teshigi 11 ni bekitadi; P_2 bosim oshadi va soplo 11 batamom bekilganda, P_2 bosim o'zining maksimal qiymatiga erishadi. To'siq soplodan chetlashganida teskari hodisa yuz beradi, ya'ni soplo 9 teshigi bekilib, soplo 11 teshigi ochiladi. Havoning atmosferaga chiqishidagi qarshilik kamayadi, shuning uchun P_2 bosim pasayadi va u soplo 11 ning to'liq ochilishida nolga tenglashadi.

Havo bosimining va o'lchanayotgan parametrning o'zgarishi quyidagicha bo'ladi. P_2 bosim oshganda, silfon 17 siqiladi va shtok 14 orqali to'siqni soplo 3 dan chetga suradi hamda soplone batamom bekilishiga yo'l qo'ymaydi. Pnevmatik tizimlardagi ikkilamchi asbob sifatida har qanday bosim o'lchagichlar ishlatilishi mumkin.

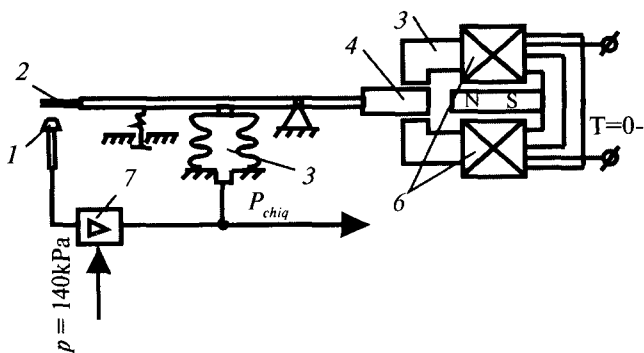
8.4-§. ELEKTR-PNEVMATIK VA PNEVMO-ELEKTR O'ZGARTGICHLAR

Avtomatik nazorat, sozlash va boshqarishning kombinatsiyalangan elektr-pnevmatik tizimlarni yaratishda elektr va pnevmatik chiqish signallariga ega bo'lgan asboblari qo'llaniladi. O'lchash tizimining elektr va pnevmatik shoxobchalarini moslashtirish uchun elektr-pnevmatik va pnevmo-elektr o'zgartgichlar chiqariladi.

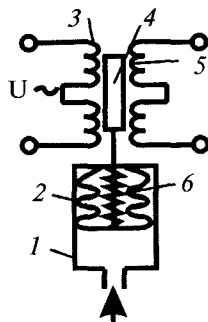
Elektr-pnevmatik o'zgartgich 0–5 mA o'zgarimas tokning uzluksiz elektr signalini bir xillashtirilgan 20–100 kPa qiymatidagi pnevmatik signalga o'zgartirishga mo'ljallangan. EPP turidagi elektr-pnevmatik o'zgartgichning prinsipial sxemasi 8.13-rasmda tasvirlangan. O'zgartgich ishi kuch kompensatsiyasi prinsipiga asoslangan. O'zgartgichdan nazorat va sozlash tizimlarida elektr analog asboblari bilan pnevmatik asboblari hamda tizimlari orasida bog'lanish o'rnatishda foydalaniladi.

Asbob vazifasi turlicha ikki blok: elektr-mexanik o'zgartgich (magnitoelektrik mexanizm va richaglar tizim majmuasi) va pnevmatik kuchaytirgichdan tuzilgan.

Elektr kirish signali ($I = 0–5\text{mA}$) elektromagnit 5 ning g'altaklari 6 ga beriladi. Bunda magnit o'tkazgichida yakor 4 ning siljishiga olib keladigan



8.13-rasm. Elektr-pnevmatik o'zgartgichning prinsipial sxemasi.



8.14-rasm. Pnevmo-elektrik o'zgartgichning prinsipial sxemasi.

magnit oqimi paydo bo'ladi. Yakordagi kuch tok miqdoriga to'g'ri mutanosib. Shu kuch ta'sirida richag 2 ning siljishi soplo 1 aloqasida bosim o'zgarishiga olib keladi. Bu bosim pnevmatik kuchaytirgich 7 bilan kuchaytiriladi va pnevmoaloqalar bo'ylab o'zgartkich chiqishiga va teskari aloqa silfoni 3 ga beriladi. Chiqish bosimi ta'sirida silfonda paydo bo'ladigan kuch yakorda kirish signalidan hosil bo'lgan kuch bilan kuch richagi orqali muvozanatlashtiriladi. Aniqlik sinfi 0,5; 1,0.

Pnevmo-elektr o'zgartkich 20—100 kPa qiymatdagi uzluksiz pnevmatik signalni 0—5 mA o'zgarimas tokning bir xillashtirilgan elektr signaliga o'zgartirish uchun mo'ljallangan.

Uzluksiz kirish va chiqish signallari uchun pnevmo-elektr o'zgartgichlar ham, to'g'ri ta'sir etuvchi o'zgartgich ham qo'shimcha energiya manbayidan foydalanadigan kompensatsion turdagi o'zgartgich tarzida chiqarilishi mumkin.

To'g'ri ta'sirli pnevmo-elektr o'zgartkich (8.14-rasm) pnevmatik kirish signalini qabul qiluvchi o'lchash bloki 1 dan va differensial transformatorida uzatuvchi o'zgartgichdan tashkil topgan. Bosim ta'sirida silfon 2 ning qo'zg'aluvchan tubi va u bilan bog'langan, birlamchi 3 va ikkilamchi 5 chulg'amga ega bo'lgan o'zak 4 siljiydi. Aks ta'sir etuvchi kuch prujina 6 yordamida yaratiladi. O'zakning maksimal siljishi tufayli paydo bo'ladigan asosiy xatolik $\pm 1\%$ dan oshmaydi.

Kompensatsion pnevmo-elektr o'zgartgichlarda kuchlarni kompensatsiyalash prinsipidan foydalaniladi. To'g'ri ta'sirli o'zgartgichlar kompensatsion turdagi o'zgartgichlarga qaraganda kamroq aniqlikka ega. Ammo kompensatsion turdagi o'zgartgichlar to'g'ri ta'sirli o'zgartgichlarga nisbatan qimmat turadi.

8.5- §. TELEO'LCHAGICHLAR TIZIMI HAQIDA TUSHUNCHA

O'lchashlarni uzoq masofalarga uzatishda aloqa liniyalari parametrlarining o'zgarishi uzatish aniqligiga ta'sir qilishi mumkin bo'lganda teleo'lchagichlar tizimlari ishlatiladi. Bu tizimlarda o'lchash natijalari aloqa liniyasiga uzatishda

avval kodlanadi va qabul qilish punktida deshifrovka qilinadi. Ma'lumotlarni uzatish uchun son-impulsli, vaqt-impulsli va chastotali tizimlar qo'llaniladi.

Son-impulsli tizimning ishlash prinsipi o'lchanayotgan kattalikning har bir qiymatiga aloqa liniyasi bo'ylab yuboriladigan tok impulsning muayyan soni to'g'ri kelishiga asoslangan. Kodlashni, masalan, o'lchash tizimi bilan bog'liq bo'lgan valikning har bir aylanishida bir impulsni qabul qilish bilan amalga oshirish mumkin.

Vaqt-impulsli tizimning uzatish qurilmasi o'lchangan kattalikni o'zgaruvchan davomligida impulsarga o'zgartiradi. Bunday modulatsiya kenglikli modulatsiya deyiladi. Agar tizim o'lchangan kattalikni impuls yo'li davrining muayyan, ya'ni o'lchangan qiymatiga mutanosib qismini ajratuvchi 0 va hisoblovchi ikki impuls yordamida uzatsa, bunday modulatsiya *fazoviy modulatsiya* deyiladi. O'lchangan kattalikni kodlash uchun yuguruvchi, signalni deshifrovka qilish uchun esa detektorlovchi qurilmalar ishlatiladi.

Chastotali tizimlar ikki turda bo'ladi:

1. Chastota-impuls modulatsiyasi tizimining signallari o'lchangan kattalikka mutanosib bo'lgan chastota bilan aylanuvchi o'lchash tizimi valiklaridan olinishi mumkin. Signallarni detektorlar yoki jamg'aruvchi kondensator yordamida qabul qilish mumkin.

2. Chastotali modulatsiya o'zgaruvchan tok bilan amalga oshiriladi, uzatuvchi qurilma o'zgaruvchan sig'imli yoki induktivli sinusoidal tebratishlar generatoridan iborat. O'lchangan kattalikning o'zgarishi o'lchash tizimi orqali bajariladi. Uzatilgan signal kuchaytirish kaskadi orqali detektorlovchi qurilmaga keladi, bu qurilma esa signal chastotasiga mutanosib bo'lgan tok yoki kuchlanishni o'lchashga imkon beradi.

8.6- §. IKKILAMCHI ASBOBLAR

Boshqarishning turli darajalarini avtomatlashtirish tizimlarida axborotni akslantirish vositalari birlamchi, ikkilamchi va ichiga o'rnatilgan o'zgartirgichlar bilan birgalikda ishlaydigan analogli ko'rsatuvchi-qayd qiluvchi va raqamli ko'rsatuvchi ikkilamchi asboblardan bo'ladi.

Analogli ikkilamchi asboblardan ishlatishda oddiyliigi uchun, nisbatan arzonligi, yetarlicha aniqligi, ko'p funkcionalligi, ergonomik afzalliklari uchun keng tarqaldi. Ergonomik afzalligiga, xususan parametrlarning o'zgarish tezligi diagrammasiga ko'ra baholashning ko'rsatmaliligi tegishlidir.

Qayd qiluvchi analogli ikkilamchi asboblardan ham xo'jalik hisobini hisobga olishda, hisobot tizimida, avtomatik rostlash tizimlarini sozlashda tez o'zgaruvchi parametrlarni qayd qilish uchun foydalaniladi.

Hozirgi vaqtda KS turidagi bir xillashtirilgan asboblarni yanada zamonaviy mikroelement asosli, jumladan, DISK-250 va RP160 o'lchov asboblari bilan asta-sekin almashtirilmoqda.

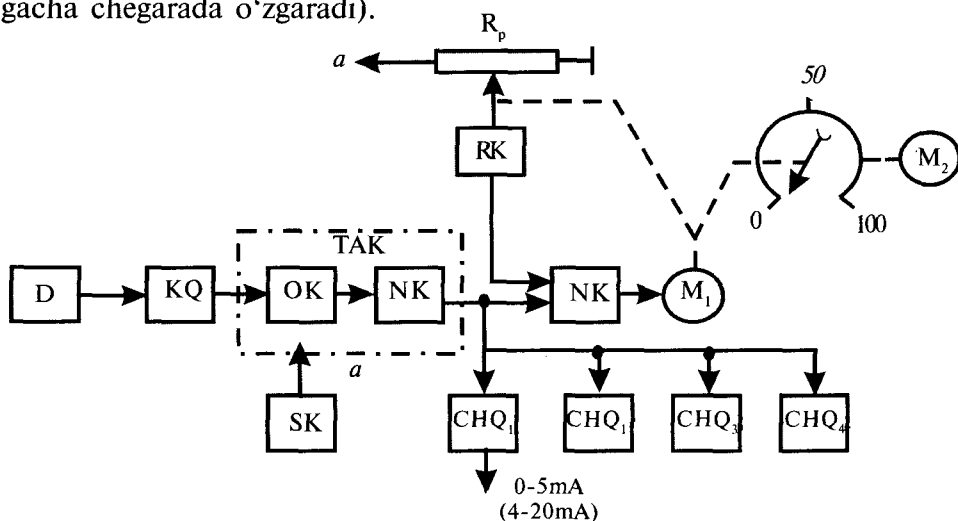
DISK-250 turidagi avtomatik asboblardan tok kuchini va o'zgaruvchan tok kuchlanishini o'lchash uchun, shuningdek, tok yoki kuchlanishning bir

xillashtirilgan signallariga almashtirilgan boshqa noelektrik kattaliklarni o'lchash uchun mo'ljallangan.

DISK-250 turli texnologik kattaliklarni diagrammali diskda uzluksiz o'zgartiradi va qayd qiladi. Kirish signalini (50m, 100m, 10P, 50P, 100P, XK, XA, PR) bir xillashtirilgan chiqish signali 0–5 yoki 4–20 mA ga o'zgartiradi; releli chiqishli ikki pozitsiyali signal (kam-ko'p); kontaktsiz yoki releli chiqishli uch pozitsiyali rostdash (kam — normal — ko'p); datchikning uzilganligi indikatsiyasi, asbobni ulash va rostdlovchi, signal beruvchi qurilmalarning holati nazorat qilinadi.

Asosiy xatolik chegarasi $\pm 0,5\%$ (qayd qilishga ko'ra $\pm 1\%$). DISK-250 ning ishlashiga elektromexanik kuzatuv muvozanatlashish prinsipi asos qilib olindi. Datchikdan kela-yotgan kirish signali oldindan kuchaytiriladi va shundan so'nggina kompensatsiyalovchi element (reoxord) signali bilan muvozanatlashtiriladi. Ishlash prinsipi 8.15-rasmdagi struktura sxema asosida izohlanadi.

D datchikdan chiqayotgan kirish signali KQ kirish qurilmasiga keladi, bu yerda keyinchalik ishlov berish qulay bo'lishi uchun o'lchashning quyi chegarasi bo'yicha normallashtiriladi. Bundan tashqari, kirish qurilmasi qarshilik termoo'zgartgichlarini va termoelektrik o'zgartgichlarning sovuq qotishmalar termo EYKini o'lchashda harorat kompensatsiyasi mis rezistori ta'minoti uchun tok manbaiga ega. Keyin kirish signali bikir, manfiy, teskari aloqali TAK kuchaytirgichga keladi, u yerda o'lchashning yuqori chegarasi bo'yicha normallashtiriladi. Shunday qilib, TAK ning chiqishidan o'lchashning quyi va yuqori chegaralari bo'yicha normallashtirilgan signal olinadi (kirish signallari o'lchashning quyidan yuqori chegaralarigacha o'zgarib, TAK kuchaytirgichning chiqish signali DISK-250 asboblari — 0,5 dan — 8,5 V gacha chegarada o'zgaradi).



8.15-rasm. DISK-250 ikkilamchi asbobning struktura sxemasi.

RP reoxorddan kelayotgan signal RK kuchaytirgichda +0,5 dan +8,5 gacha kuchaytirilib, NK nobalans kuchaytirgichi kirishida TAK signali bilan taqqoslanadi.

O'lchanayotgan parametr qiymatining o'zgarishida MK kuchaytirgich kirishida balansning buzilish signali paydo bo'ladi, u shu kuchaytirgich bilan kuchaytiriladi va MI dvigatelning ishini boshqaradi, dvigatel esa o'z navbatida R_p reoxord surgichini RK kuchaytirgich signali TAK kuchaytirgich signaliga teng bo'lgunga qadar (mutlaq qiymati bo'yicha) suradi. Shu tarzda o'lchanayotgan parametrning har bir qiymatiga (NK kuchaytirgichi kirishida) reoxord surilgichining va u bilan bog'liq asbob ko'rsatkichining ma'lum vaziyati mos keladi. Reoxord chulg'ami qarshiligi taxminan 940 Om (+5%) ni tashkil etadi.

TAK kuchaytirgichdan kelayotgan signal chiqish qurilmalari kuchaytirgichlarining kirishiga ham keladi. CHQ_1 kirish signalini bir xillashtirilgan chiqish signaliga o'zgartiruvchi qurilma 0–5, 4–20 mA; CHQ_2 — uch pozitsiyali rostlovchi qurilma; CHQ_3 — o'lchanayotgan parametrning manqilinuvchi quyi chegarasidan chiqib ketishi haqida signal beruvchi qurilma; CHQ_4 — o'lchanayotgan parametrning yuqorigi yo'l qo'yilgan qiymatidan chiqishi haqida signal beruvchi qurilma.

Hamma asosiy (funktional) bo'g'inlar stabillashgan (barqarorlashgan) kuchlanish manbai SKMdan ta'minlanadi, indikatsiya asbobning oldingi panelidagi yorug' maxsus diodlar yordamida amalga oshiriladi.

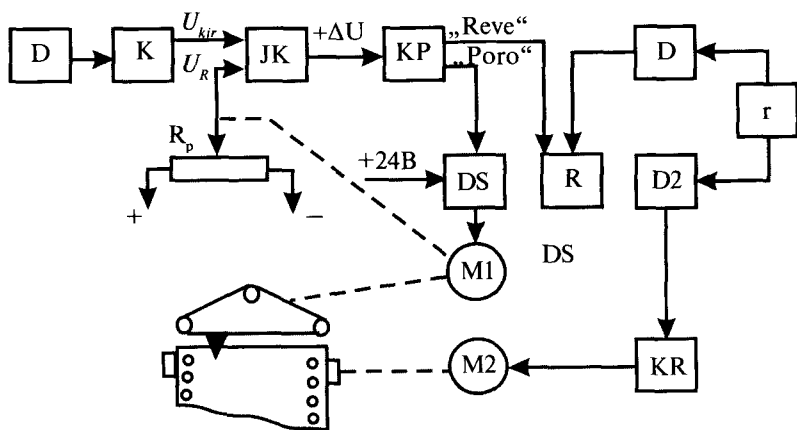
Asboblardan foydalanishning universalligini oshirish va ishlatish jaryonida qayta darajalashni osonlashtirish uchun DISK-250 da an'anaviy manganin rezistorlar o'rniga R-2R turidagi ikkilamchi rezistiv matritsalaridan iborat mikroyig'malar qo'llanilgan.

DISK-250 asboblari dastlabki me'yorlovchi kuchaytirgichli sxemalarning qo'llanilishi KSZ asbobida foydalaniladigan mexanik uzal (bo'g'in) lardan voz kechishga va kirish signali signalizatsiyasi, rostlash va o'zgartirish vazifalarini mikroelektronika elementlarini qo'llab, sof elektrik usullar bilan chiqish signaliga o'tkazishga imkon berdi, bu esa chiqish qurilmalarining aniqligini oshirishga, asbobni ixchamlashtirishga, bloklararo montajni sodalashtirishga, massasini, o'lchamlarini, energiya sig'imini ancha kamaytirishga hamda ta'mirlanish darajasini kamaytirishga imkon beradi.

DISK-250 ni EPP-M turidagi elektro-pnevmatik o'zgartgich va PI-rostlagich bilan birgalikda (bir komplektda) foydalanish tavsiya etiladi.

RP 160 turidagi qayd qiluvchi ikkilamchi asbob o'zgarimas tok va kuchlanishini o'lchash va qayd qilish uchun, shuningdek, o'zgarimas tok va kuchlanish elektr signallariga yoki aktiv qarshilikka o'zgartirilgan noelektrik kattaliklarni o'lchash va qayd qilish uchun mo'ljallangan.

Asbob qarshilik termoo'zgartgichlari (10P, 50P, 100P, 50M, 100M), termoelektrik o'zgartgichlar (TXK, TXA, TPR) va o'zgarimas tok chiqish signallari manbalari bilan ishlashga mo'ljallangan. Asbob sxemasi



8.16- rasm. RP 160 ikkilamchi asbobning tuzilish sxemasi.

o'lchanayotgan parametrning berilgan qiymatdan shkala uzunligining 5% dan 25% gacha oraliqda chetlashishini signallashtirishni ta'minlaydi. Asbobning asosiy xatoligi $\pm 0,5\%$ (qayd qilinishiga ko'ra $\pm 1\%$).

RP160 asbobining struktur (tuzilishi) sxemasi 8.16-rasmda keltirilgan.

Asbobning ishlash prinsipi o'zgarmas tok kuchlanishining ikkita signalini taqqoslashga asoslangan: birlamchi o'zgartgichning U_{kir} kirish signali va U_R teskari bog'lanish signali, u R_r reoxordning harakatlanuvchi kontakti (dvijok) dan olinadi.

U_{kir} birlamchi o'zgartgich signali K kuchaytirgichning chiqishdan jamlovchi kuchaytirgich JK ga keladi, u yerga teskari aloqa U_R signali ham uzatiladi. Jamlovchi (yig'indi) kuchaytirgich JK ning chiqishidan olingan kuchaytirilgan farqiy signal $\pm \Delta U$ komparator KP ga keladi. Komparator KP ikkita signalni shakllantiradi. M_1 („Revers“) ning aylanish yo'nalishini belgilab beruvchi ΔU ($\pm \Delta U$) belgi (ishora) signali va M_1 („Bo'sag'a" — „poro“) stator chulg'amiga +24V kuchlanish ulanishini ta'minlovchi signal. Bu kuchlanishning M_1 statorning chulg'amlarida ΔU ning qiymatiga, ΔU ning ishorasiga va asbobning berilgan tezkorligiga bog'liq holda kommutatsiyalash tartibini PC reversiv hisoblagich aniqlaydi, uni G generatoridan D_1 chastota ajratuvchi orqali keladigan to'g'ri burchakli impulsar va DSH deshifrador boshqaradi.

$\Delta U \neq 0$ da M_1 rotor ΔU ning ishorasiga bog'liq holda u yoki bu tomonga aylana boshlaydi. R_p reoxordning harakatlanuvchi kontakti bilan kinematik bog'langan rotor ΔU nolga teng bo'lib qolguncha aylanadi.

Muvozanat paytida ($\Delta U=0$) asbob shkalasidagi ko'rsatkichning holati o'lchanayotgan parametrning qiymatini belgilaydi.

R_p160 asbobi qarshilik termoo'zgartgichlari bilan ishlashda yuqorida qarab chiqilgan barcha avtomatik ko'priklardan farqli ravishda, qarshilik

termo'zgartgich (TS) ga to'rt simli liniya bo'yicha ulanadi. Ikki simi TS ning ta'minot liniyasi, qolgan ikkitasi — o'lchov liniyalari, bu aloqa liniyasi qarshiligini moslashni talab etmaydi. Aloqa liniyasining yo'l qo'yiladigan qarshiligi 500 Om dan ortiq emas. TS orqali o'tadigan tok kuchi qiymati ko'pi bilan 7mA.

Termoelektrik o'zgartgichlar asbobga o'zlarining chiqishlari bilan yoki kompensatsiyalovchi (uzaytiruvchi) simlari bilan ulanadi. Bunda aloqa liniyasining qarshiligi 1000 Om dan oshmasligi kerak.

R_p160 asboblarda sozlikni tekshirish ta'minlangan: „Kontrol“ (nazorat) knopkasi (tugmachasi) bosilganda asbob ko'rsatkichi shkala uzunligining 50% ga mos keluvchi belgini ko'rsatadi.

Asbobda qayd etish zoldirli yozuv bilan uzluksiz chiziq tarzida amalga oshiriladi. Texnologik jarayonlarning parametrlarini sakkizta mustaqil kanal bo'yicha o'lchash, nazorat qilish va rostlash uchun 9060 PIM turidagi o'lchovchi ko'p kanalli mikroprotessorli asbob mo'ljallangan. Asbobga chiqish signallari 0—10; 0—100 mV; 0—5, 0—20 mA bo'lgan birlamchi o'zgartkichlar va turli xildagi tenzorezistorli kuch o'lchovchi o'zgartgichlar ulanishi mumkin.

Ikkilamchi pnevmatik asboblarning kirishiga uzatiladigan analogli bosimlarning chegarasi (diapazoni) 20—100kPa ni tashkil etadi; ular chang va moydan quritilgan hamda tozalangan 140 kPa bosimli havo bilan ta'minlanadi.

Asboblarning o'lchash mexanizmining ishlash prinsipi kuch kompensatsiyasi usuliga asoslangan bo'lib, bunda sezgir element ta'siri orqali vujudga kelgan moment teskari aloqa prujinasi hosil qiladigan moment bilan muvozanatlanadi.

Tuzilishiga ko'ra ikkilamchi pnevmatik asboblarda ko'rsatuvchi, o'zi yozuvchi va integrallovchi asboblarga bo'linadi. Asboblarning aniqlik sinfi 0,5 va 0,1.

Raqamli ikkilamchi asboblarda o'lchangan parametrning qiymatlari maxsus raqamli indikatorlar yordamida raqam shaklida akslantiriladi. Axborotni berishning bunday usuli idrok qilish uchun ancha qulay, shuningdek, u o'lchanayotgan parametrning qiymatlarini strelkali asboblarga nisbatan baholashning subyektiv xatolarini yo'q qiladi. Bundan tashqari, raqamli ikkilamchi asboblarda maxsus kelishuvchi (moslashuvchi) qurilmalar yordamida o'lchangan parametrning qiymatini raqam bosuvchi qurilmalarda va perforatorlarda qayd qilish imkonini beradi, shuningdek, ma'lumotlarni elektron hisoblash mashinalariga kiritishni ta'minlaydi. Asboblarda birlamchi o'zgartgichlardan foydalanish hamda fizik kattaliklarni bevosita o'lchash uchun, shuningdek, bir xillashtirilgan o'lchov o'zgartgichlari bilan ishlash uchun mo'ljallangan.

Raqamli asboblarda axborot-o'lchash tizimlarida agregat o'lchash vositasi sifatida yoki shchit montajida avtonom (alohida) ikkilamchi asboblarda sifatida keng qo'llanilmoqda.

8.7-§. O'LCHASH VOSITALARINI TANLASH

Har bir ayrim holda texnologik parametrlarni o'lchash, qayd qilish va nazorat qilish vositalarini joriy qilish masalalarini hal qilishda o'lchash vositalarini (O'V) tanlashni asoslashga to'g'ri keladi.

O'lchash vositalarini tanlash O'V ga aniq talablar qo'yishdan va O'Vning bu talablarga javob beruvchi turlarini tanlashdan, o'lchash algoritmini ishlab chiqishdan (yoki aniqlantirishdan) iborat. O'Vni tanlash va tanlovni asoslash ularning umumlashgan metrologik tavsiflarini O'V ni o'lchashda hamma ishtirok etuvchilarning ta'sirini, qo'shimcha qurilmalarni, moddalar va materiallarning, o'lchash usullarining xususiyatlarini va uning natijalariga ishlov berishni hisobga olishni hamda aniqlashni talab qiladi.

O'Vga bo'lgan talablar texnologik, konstruktiv, metrologik, iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy xarakterga ega bo'lib, unga: yo'l qo'yiladigan xatoliklar chegarasi; o'lchash sharoitlari (o'lchash obyekti va atrof muhitning O'V ma'lumotlari bo'yicha o'lchanmaydigan, ammo o'lchash natijasiga ta'sir etuvchi parametrlar); O'V ning tez ta'sir ko'rsatishi; o'lchash axborotining turi (mahalliy ko'rsatishlar, masofadan turib ko'rsatishlar, avtomatik qayd qilish, integrallash, signalizatsiya va hokazo); mikroprotsektor va EHM asosida avtomatik boshqarish tizimlarida axborotdan foydalanish zarurati va imkoniyatlari; O'V ni o'rnatish xonalariga va sharoitlariga talablar; foydalanish qiymati va iqtisodiy samaradorlik; O'V va qurilmalarni montaj qiluvchi hamda texnik xizmat ko'rsatuvchi xodimlarga talablar.

O'Vni tanlash, odatda, uch bosqichda amalga oshiriladi.

Birinchi bosqich o'lchash obyektini tahlil qilishdan iborat, bunda mahsulotning tegishli turiga ko'ra tegishli normativ-texnik va texnologik hujjatlar o'rganiladi, mahsulotning sifati va miqdoriy ko'rsatkichlari tahlil qilinadi, ular o'lchovlarining chegarasi, texnologik jarayonning kechish sharoitlari, texnologik jarayonlar parametrlarini va mahsulot sifati ko'rsatkichlarini o'lchash va nazorat qilishning mumkin bo'ladigan turlari tahlil qilinadi. Birinchi bosqich natijalariga ko'ra, mahsulotning nazorat qilinadigan ko'rsatkichlari va texnologik jarayon parametrlari ro'yxati quyidagi namuna bo'yicha tuziladi: texnologik jarayon bosqichining nomi; parametrlarning nomi; parametrlarning o'zgarishi mumkin bo'lgan chegaralari; parametrlarni nazorat qilishning mumkin bo'ladigan turi; jarayonning muhim tavsiflari.

Ikkinchi bosqich O'V ni tanlashda qo'llaniladigan va taklif etiladigan usullarni taqqoslab tahlil qilishdan iborat. Bu bosqichda qanday o'lchashlarni — bevosita yoki bilvosita o'lchashlarni tanlash kerakligi hal qilinadi; bo'lishi mumkin bo'lgan o'lchash xatoliklari turli uslublar va vositalar bilan baholanadi va O'V ning afzal variantlari tanlanadi; sinov tanlab olish joylari yoki O'V ni o'rnatish joylari, ko'rsatishlarini yozib olish uslublari va davriyligi aniqlanadi, o'lchash natijalariga ishlov berish algoritmi va ulardan

foydalanish tartibi o'rnatiladi. Ikkinchi bosqich natijalariga ko'ra, texnologik parametrni nazorat qilish sxemasi tuziladi.

Uchinchi bosqich — taklif etilayotgan O'V ini va haqiqiy sifatlarini aniqlash uchun O'V ni tanlash uslublarini tajribada tekshirib ko'rishdan (tadqiqot sinovlaridan) iborat.

O'lchash vositalarini tanlash va tanlashni asoslashning quyida keltirilgan tartibi, asosan, texnologik jarayonlarning parametrlarini nazorat qilishni avtomatlashtirish bo'yicha o'quv ishlarini bajarishda tavsiya etiladi.

Ma'lum parametrni o'lchash bo'yicha topshiriqda (loyihalashda u texnik vazifa deyiladi) quyidagilar bo'lishi kerak:

- 1) texnologik parametrning nomi (masalan, harorat, t);
- 2) uning o'lchanadigan qiymati (masalan, $t_{o'lch} = 100^{\circ}\text{C}$);
- 3) mumkin bo'ladigan, ya'ni texnologik yo'l qo'yiladigan chetlanishlar chegaralari (masalan, $\Delta t_{qo'sh} = \pm 1,5^{\circ}\text{C}$);
- 4) o'lchash shartlari (masalan, diametri 500 mm bo'lgan idishda, muhitning bosimi 0,5 mPa dan ortiq bo'lmaganda);
- 5) texnologik jarayonning kechish sharoitlari (masalan, harorat asta-sekin o'zgaradi, muhit agressiv emas, qovushqoq emas va shu kabi);
- 6) nazorat qilish turi (masalan, diskli diagrammada ko'rsatish va qayd etish);
- 7) ma'lumotlarni uzatish uchun o'lchash axborotining turi (masalan, bir xillashtirilgan (unifikatsiyalangan) tokli signal 0—5 mA).

Shunday qilib, bizning misolimizda diametri 500 mm bo'lgan idishda bosim 0,5 mPa dan ortiq bo'lmaganda agressiv bo'lmagan muhitning $100 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ haroratini o'lchash va qayd etish uchun O'V ni tanlash zarur; bunda ikkilamchi asbob bir xillashtirilgan tokli signal 0—5 mA bo'lishi kerak.

Topshiriqning metrologik talablaridan kelib chiqib va iqtisodiy maqsadga muvofiqlikni hisobga olgan holda, TSM turidagi qarshilik termoo'zgartgichidan (2-bobga qarang) va DISK-250 turidagi ikkilamchi qayd qiluvchi asbobdan (8-bob 6-§ ga qarang) iborat o'lchash majmuasini oldindan aniqlash mumkin.

O'V o'lchashlarining yuqori chegarasi (N_{max}) quyidagi ifodalarga ko'ra aniqlanadi:

- 1) sekin o'zgaruvchi o'lchanayotgan kattalik uchun:

$$N_{o'zg} \leq (3/2)N_{max};$$

- 2) tez o'zgaruvchi kattalik uchun:

$$N_{o'zg} \leq 2N_{max}.$$

Shunday qilib, $t_{max} \geq 3 \cdot 100/2 = 150^{\circ}\text{C}$.

Shuni aniqlashtiramizki, TSM.-0879 NSX 100 M (ruxsat sinfi V) 200°C gacha chegarada (diapazonda) ishlaydi, ya'ni topshiriqning shartlari qanoatlantiriladi.

Termoqarshilikning o'rnatish chuqurligini 250 mm deb hisoblab, TSM turini aniqlaymiz: TSM-0879 5S2.821 430-58.

Ruxsat sinfi V bo'lgan TSM ning asosiy yo'l qo'yiladigan xatoligi 100°C harorat uchun $\Delta t_{tq} = 0,25 + 0,0035t = 0,25 + 0,0035 \cdot 100 = 0,6^\circ\text{C}$ ifoda bilan aniqlanadi (1-bobga qarang).

DISK-250 ikkilamchi asbob uchun dastlab N_{\max} o'lchashning yuqori chegarasini aniqlash zarur. U standart qatordan tanlab olinadi; $t_{\max} = 150^\circ\text{C}$, $t_{\min} = 0$.

Talab qilingan N_{\max} ning standart qator qiymatlari bilan mos tushmaslik hollarida N_{\max} ning eng yaqin katta qiymati tanlanadi va xatolik shu qiymat bo'yicha olib boriladi. Masalan, hisoblashda biz $t = 175^\circ\text{C}$ qiymatni olgan bo'lsak, u holda yuqori chegara 200°C tanlangan bo'lar edi.

Keyin ikkilamchi asbobning turi tanlanadi: DISK-250-1131, aniqlik sinfi 0,5.

DISK-250 ikkilamchi asbobning asosiy yo'l qo'yiladigan xatoligi

$$\Delta t_{i.a.} = \pm \frac{K(t_{\max} - t_{\min})}{100} = \pm \frac{0,5(150 - 0)}{100} = \pm 0,75^\circ\text{C}.$$

Shunday qilib, topshiriqqa binoan $\Delta t_{tq} = 0,6^\circ\text{C}$ bo'lgan TSM = 08795 s2.821 qarshilik termoo'zgartgichi va $\Delta t_{i.a.} = 0,75$ bo'lgan DISK = 250 - 1131 ikkilamchi qayd etuvchi asbobdan iborat o'lchash majmuasi tanlangan.

O'V ni aniqligi bo'yicha tanlashni asoslashda tanlangan o'lchash majmuasi (yoki alohida O'V) o'lchanayotgan parametrning topshiriq bo'yicha yo'l qo'yadigan chetlashishni ta'minlanishini isbotlash zarur:

$$\Delta t_{k.fakt} = \pm \sqrt{\Delta t_{t.q.}^2 + \Delta t_{i.a.}^2} = \pm \sqrt{0,36 + 0,56} \approx 1^\circ\text{C}.$$

$\Delta t_{k.fakt} < \Delta t_{qo'sh}$ bo'lgani uchun tanlash to'g'ri bajarilgan.

Agar $\Delta t_{k.fakt} > \Delta t_{qo'sh}$ bo'lgan holda tanlangan o'lchash vositalari foydalanishi mumkin emas va birlamchi o'zgartgichning yo'l qo'yilgan chetlashishlari bo'yicha tanlov masalasini qayta ko'rib chiqish zarur yoki aniqlik sinfi yuqoriroq bo'lgan ikkilamchi asbobni qo'llash yoki boshqa O'V ni tanlash zarur.

Bunday turdagi masalalar har bir parametr bo'yicha asosiy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishda hal etiladi.

Ikkinchi darajali parametrlarni nazorat (texnologik nazorat, signalizatsiya va hokazo) odatda, tanlangan O'V ning haqiqiy xatosi 1-bobda bayon qilingan qoidalar bo'yicha aniqlanadi.

TAYANCH SO'Z VA IBORALAR

Signal o'zgartgichlar; masofaga uzatish tizimlari; kuch kompensatsiyali elektr o'zgartgichlar; kuch kompensatsiyali pnevmatik o'zgartgichlar; pnevmatik masofaga uzatish; me'yorlovchi o'zgartgich; elektr-pnevmatik o'zgartgich; pnevmo-elektr o'zgartgich.

Nazorat savollari

1. Signal o'zgartgichlarning texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish tizimida vazifasi nimadan iborat?
2. Masofaga uzatish tizimlarining tuzilishini izohlab bering.
3. Kuch kompensatsiyali, elektr o'zgartgichning ishlash prinsipini tushuntirib bering.
4. Kuch kompensatsiyali pnevmatik o'zgartgichning sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntirib bering.
5. Elektr va pnevmatik masofaga uzatish tizimlarida qanday farq hamda o'xshashliklar mavjud?
6. Me'yorlovchi o'zgartgichning texnologik jarayonlarni boshqarish tizimlarida roli nimadan iborat?
7. Elektr-pnevmatik va pnevmoelektrik o'zgartgichlarda qanday farq hamda o'xshashlik mavjud?

IX bob. TEXNOLOGIK O'LCHASH VOSITALARIDA MIKROPROTSESSORLARNING QO'LLANILISHI

9.1-§. UMUMIY MA'LUMOTLAR

Texnologik o'lchashlarni bajarishda bir qator hollarda o'lchanayotgan kattaliklarning qiymatlarini va o'lchash xatoliklarini aniqlash bilan bog'liq bo'lgan turli hisoblash ishlarini (operatsiyalarini) bajarish zarur bo'ladi. Bundan tashqari, texnologik parametrlarni avtomatik nazorat qilishni samarali tashkil etish uchun turli xil mantiqiy operatsiyalarni bajarish talab qilinadi. Bu masalalar mikroprotsektor qurilmalar yordamida hal qilinadi.

O'lchov asboblari, o'zgartgichlarda va texnologik o'lchashlar uchun foydalaniladigan tizimlarda mikro EHM va mikroprotsektorlar qo'llaniladi. Bu qurilmalarning texnik asosi bitta kristalda 10^3 — 10^6 ta elementi bo'lgan katta va o'ta katta integral sxema (KIS va O'KIS) lar hisoblanadi.

Keyingi paytlarda mikroelektronika va hisoblash texnikasining eng muhim yutuqi KIS asosidagi mikroprotsektorlarni yaratish hisoblanadi.

Dastlabki mikroprotsektorli KIS 1971-yilda chet elda yaratildi va hisoblash texnikasi va raqamli avtomatika vositalarini ishlab chiqaruvchi — mutaxassislarni uning dasturiy boshqarishning imkoniyatlari bilan ta'minlanuvchi keng qo'llanish istiqbollari bilan o'ziga jalb qildi. Hozir mikroprotsektorlarning paydo bo'lishini elektronika va hisoblash texnikasi

sohasidagi ekspertlar inqilobiy hodisa sifatida baholab, uni XX asrning 50-yillardagi birinchi yarimo'tkazgichli elementlar va qurilmalar bilan taqqoslashadi.

Mikroprotessor — funksional tugallangan, bitta yoki bir necha KIS yoki O'KIS ko'rinishida bajarilgan, raqamli axborotni ishlovchi, xotirada saqlovchi dastur bilan boshqariluvchi qurilmadir. Bu qurilmani mikroprotessor deyiladi, chunki u vazifalari va tuzilishiga ko'ra odatdagi EHM protessorining soddalashtirilgan xilini eslatadi. Ixchamligi, og'irligi kamligi va kam energiya iste'mol qilishi mikroprotessorni o'lchov qurilmalarining, avtomatik rostdash va boshqarish vositalarining elektron sxemasiga bevosita ulash imkonini beradi. Mikroprointegratsiyalashning kichik va o'rtacha darajasidagi integral sxemalarda qurilgan protessorlarga qaraganda ancha arzon, ishlatishda tejamliroq va ishonchliroqdir. Mikroprotessor dasturlanuvchi mantiqli KIS yoki O'KIS ga asoslangani uchun u qat'iy qayd etilgan mantiqli integral sxemalarning ancha turlarining o'rnini bosdi. Mikroprotessorning dasturini o'zgartirib, uning yordamida ko'pgina turli xil masalalarni yechish imkoni yaratilishi mumkin.

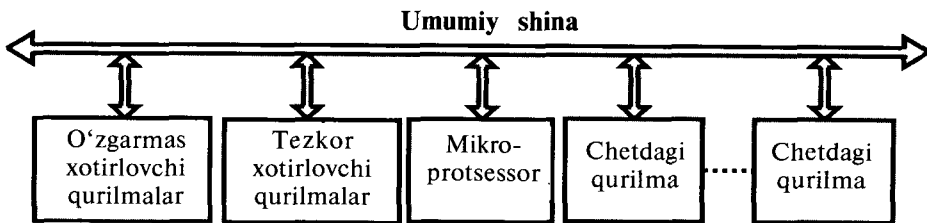
Mikroprotessor, odatda, maxsus ishlab chiqilgan o'zining konstruktiv-texnologik qiymatlariga ko'ra bir xil va yagona butun yig'ilishi mumkin bo'lgan alohida mikroprotessorli va boshqa integral sxemalarning yig'indisidan iborat bo'lgan mikroprotessor komplekti (to'plami) tarkibida foydalaniladi. Komplekt tarkibiga: mikroprotessorlar, xotirlovchi qurilmalar, axborotni kiritish, chiqarish, mikrodasturli boshqaruv va hokazolarning integral sxemalari kiradi.

Mikroprotessor komplektlari mikroprotessorli tizimlar, mikro EHMlar, mikrokontrollerlar va boshqalar kabi keng funksional imkoniyatlarga va yagona matematik ta'minotga ega bo'lgan raqamli boshqariluvchi hisoblash qurilmalarini qurish uchun mo'ljallangan.

Mikroprotessorli tizim — ishlayotgan tizimga tashkil qilingan mikroprotessorli komplektning o'zaro ta'sirlanuvchi integral sxemalarining yagona bir butun to'plamiga yig'ilgan to'plamidir, ya'ni mikroprotessorli hisoblash yoki boshqarish tizimi axborotga ishlov berish bo'g'ini sifatida.

MikroEHM — bu konstruktiv tugallangan hisoblash qurilmasi bo'lib, u alohida korpusda integral sxemalarning mikroprotessor komplekti asosida tuzilgan va ta'minot manbaiga, boshqaruv pultiga, axborotni kiritish-chiqarish bo'g'inlariga ega bo'lib, bu esa undan o'z dasturli ta'minotiga ega avtonom (erkin) ishlovchi qurilma sifatida foydalanishga imkon beradi.

MikroEHM lar strukturasi ko'ra odatdagi EHM lardan ancha sodd qilib quriladi. Bu, magistral modulli deb ataluvchi juda o'zgaruvchan strukturaning asosini (9.1-rasm) umumiy magistral (umumiy shina) tashkil etib, unga mashinaning bir-biri bilan interfeyslar yordamida bog'langan konstruktiv tugallangan modullari ko'rinishida bajarilgan talab qilingan nomenklatura va miqdordagi hamma qurilmalari ulanadi.



9.1- rasm. Mikro EHM ning struktura sxemasi.

Interfeys (inglizcha — interface — o‘zaro bog‘lanish) raqamli hisoblash texnikasi qurilmalari o‘rtasidagi axborot almashishni amalga oshirish uchun mo‘ljallangan signal chiziqlari va shinalari, elektron sxemalar va algoritmlar majmuasini (to‘plamini) ifodalaydi.

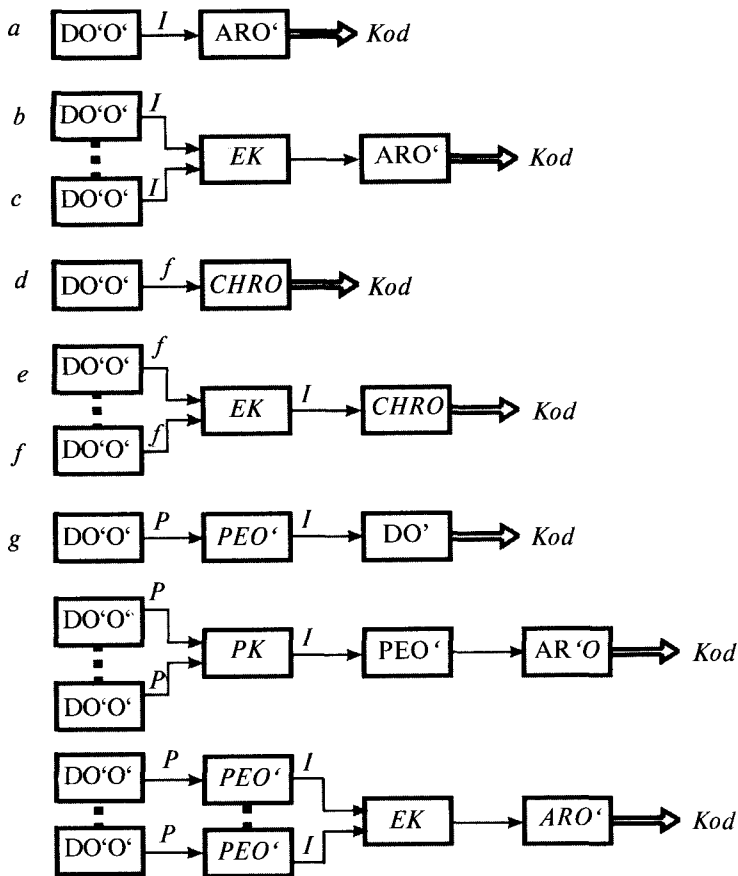
Mikrokontroller (kontroller) — mikroprotssessorlar yoki mikroEHM asosida bajarilgan mantiqiy boshqaruv qurilmasi.

9.2- § RAQAMLI HISOBLASH TEXNIKASI QURILMASIGA TEKNOLOGIK PARAMETRLAR HAQIDAGI AXBOROTNI KIRITISH

VIII bobda ta’kidlab o‘tilganidek, texnologik parametrlarni o‘lchashning zamonaviy vositalari o‘zgarmas tok, chastota va bosim ko‘rinishidagi chiqish signallariga ega bo‘ladi, ya’ni analogli bo‘ladi. Bu signallarni raqamli hisoblash texnikasi vositalariga kiritish uchun tegishli moslovchi qurilmalardan (yoki qo‘shish qurilmalaridan) foydalanish zarur. Bunda hal qilinadigan umumiy masala dastlabki o‘lchov o‘zgartgichlari (DO‘O‘) signallarini hisoblash texnikasi vositalari qabul qiladigan elektr kodli signalga almashtirishdan iborat. Texnologik parametrlarni o‘lchash vositalarining va hisoblash texnikasi vositalarining ishini moslashtirish uchun foydalaniladigan qurilmalarning eng umumiy struktura sxemalari 9.2-rasmda ko‘rsatilgan.

O‘zgarmas tok I ning elektr signallari kod signallariga analogli-raqamli o‘zgartgich (ARO‘) yordamida (9.2-rasm, a va b lar), f chastota signallariga esa chastotaviy-raqamli o‘zgartgich (CHRO‘) yordamida o‘tkaziladi (9.2-rasm, c va d). Agar aytib o‘tilgan o‘zgartgichlar bir nechta dastlabki o‘lchov o‘zgartgichlari, masalan, $DO‘O‘_1$ — $DO‘O‘_n$ ning signallarini o‘zgartirish uchun foydalanilsa, u holda signallar navbati bilan ARO‘ ga elektr kommutator EK orqali keltiriladi (9.2-rasm, b).

Pnevmatik DO‘O‘ lar ishlab chiqaradigan siqilgan havoning bosimi signallarini almashtirish uchun, odatda, pnevmoelektrik o‘zgartgich PEO‘ yordamida bosimni o‘zgarmas tok elektr signaliga dastlabki almashtirishdan foydalaniladi (9.2-rasm e , f , g). Bunda agar bir necha DO‘O‘ ning signallarini almashtirish uchun bitta PEO‘ va bitta ARO‘ qo‘llanilsa, u holda



9.2-rasm. O'lchash va hisoblash texnikasi vositalarining ishini moslashtirish qurilmalarining struktura sxemasi.

$DO'O'$ ni PEU ga navbati bilan ulash pnevmatik kommutator PK yordamida amalga oshiriladi (9.2-rasm, f). Agar, har bir PEO' ning signalini o'zgartirish uchun shaxsiy PEO' dan foydalanilsa, u holda EK yordamida $DO'O'_1 - DO'O'_n$ ni ARO' ga navbati bilan ulash amalga oshiriladi (9.2-rasm, g).

Kod signalini hisoblash texnikasi vositalariga kiritish asboblari interfeyslar yordamida amalga oshiriladi.

O'lchash vositalari uchun interfeys (asboblari interfeys) tegishli kod ko'rinishdagi chiqish signaliga ega bo'lgan o'lchov vositalari bilan raqamli hisoblash texnikasi vositalari o'rtasida axborot almashish uchun mo'ljallangan.

Keyingi paytlarda raqamli hisoblash texnikasi vositalarini o'z ichiga olgan o'lchov tizimlarida magistral turdagi (umumiy magistralli) asboblari interfeyslar qo'llanilmoqda. Bunday interfeyslarga Xalqaro Elektrotexnik

Komissiya tavsiya etgan asbobli interfeys MEK (IEC — International Electrotechnical Commission) va interfeys KAMAK (SAMAS — Computer Automated Measurement and Control) kiradi.

9.3-rasmda bir necha o'lchash va hisoblash qurilmalarini umumiy magistralga ulash sxemasi ko'rsatilgan. Bu magistralga ulanadigan barcha qurilmalar mazkur holda asboblard deyiladi. Interfeys asbobli va interfeysli axborotlarni tezlik bilan uzatuvchi umumiy magistraldan va o'lchov vositalarining interfeysli qismidan, va boshqa ulanuvchi qurilmalardan (9.3-rasmdagi *A*, *B*, *C* interfeyslar), shuningdek boshqaruv (kontroller) qurilmasidan iborat. Magistralga ulangan asbob quyidagi holatlarda bo'lishi mumkin:

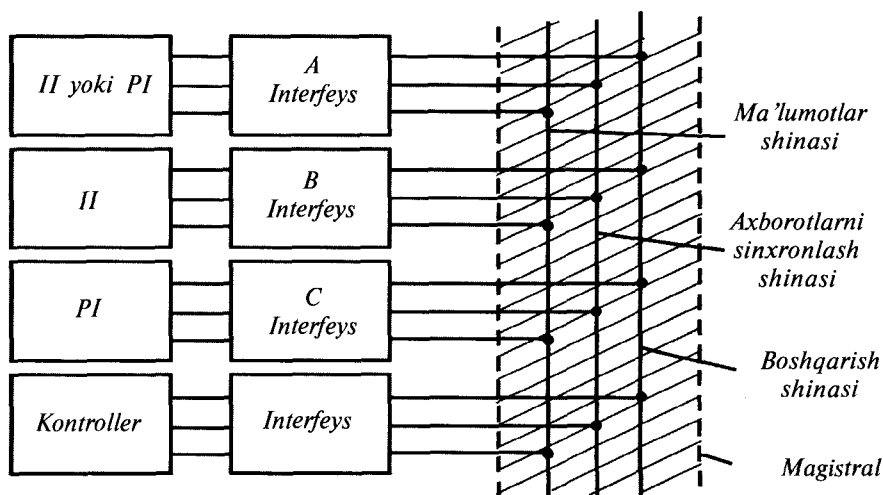
— zaxira, axborot manbai (II) sifatida ishlash va axborot qabul qiluvchi (PI) sifatida ishlash. Shu tarzda asboblard ishi dastur bo'yicha boshqariladi.

Dastur bo'yicha boshqariluvchi asboblarning interfeys qismlari ikki xil ko'rinishda bajariladi:

— asbobning orqa panelida standart raz'yom o'rnatilgan, asbobning ichida tarkibiy qismi sifati ishlangan va konstruktiv o'rnatilgan sxema ko'rinishida (bu xil ko'rinish amaldagi xalqaro andazalarga muvofiq ishlab chiqarilayotgan yangi asboblarda qo'llaniladi);

— yalpi ishlab chiqarilayotgan yoki chiqish signali kod ko'rinishidagi, ilgari ishlab chiqarilgan qurilmalarga ulanadigan, alohida ishlangan modullar ko'rinishida. O'lchov qurilmalarining interfeys qismi magistraliga ulanganda kodlangan adres beriladi.

Magistralda ma'lum vazifani bajaruvchi bir qancha chiziqlar interfeys shinasiga birlashtirilgan, xususan, ma'lumotlar shinasini, sinxronlash shinasini, boshqarish shinasini va magistralni.



9.3-rasm. Bir necha o'lchash va hisoblash qurilmalarini umumiy magistralga ulash sxemasi.

shinasi, boshqaruv shinasi (9.3-rasm). Ma'lumotlar shinasi axborotli ma'lumotlarni uzatishda foydalaniladi, ularga o'lchash natijalari va birliklari, o'lchash ketma-ketligi (dasturi) va hokazolar kiradi.

Sinxronlashtirish va boshqarish shinalari bo'yicha magistralga ulangan qurilmalarning o'zaro ta'sirlashuvini ta'minlovchi interfeysli ma'lumotlar uzatiladi. Interfeys (li) ma'lumotlarga bu qurilmalarga quyidagi kabi biror xizmat vazifalarini amalga oshiruvchi ma'lumotlar kiradi: axborot manbai, axborotni qabul qilgich, kontroller, uzatishni, qabul qilishni sinxronlashtirish, xizmat ko'rsatishga so'rov, parallel so'rov, qurilmani tozalash, asbobni ishga tushirish, masofadan turib va mahalliy boshqaruv.

9.3- §. TEXNOLOGIK O'LCHASH VOSITALARIDA MIKROPROTSESSORLARNING QO'LLANILISHI

Asbobsozlik rivojining hozirgi bosqichi o'lchov vositalari tarkibida mikroprotsektorlar — mikroprotsektor tizimlari asosiga qurilgan hisoblash qurilmalaridan keng foydalanish bilan ifodalanadi. O'lchov qurilmalarida bunday tizimlarining qo'llanilishi natijasida ikki maqsadga erishiladi: o'lchov qurilmalarining vazifalari kengaytiriladi va ularning tavsiflari yaxshilanadi.

Mikroprotsektor tizimlarning (MPT) elektr o'lchov vositalarida foydalanilishi ularni joylashtirishga va ishlatish algoritmlariga yangicha yondashishga, axborot berish imkoniyatlarini oshirishga, aniqligini, ishonchligini va tez ishlashini yanada oshirishga imkon beradi.

Texnologik o'lchashlar sohasida samarali yechimlarni izlash va MPT ichiga qurilgan o'lchov asboblarni ishlab chiqish davom ettirilmoqda.

Umumiy holda o'lchov qurilmalari tarkibiga MPT ning kiritilishi quyidagi kabi asosiy vazifalarni hal qilishga imkon beradi:

- ifodalar bo'yicha hisoblash (shu jumladan linearizatsiya, mashtablash, o'lchamlar natijalariga ishlov berish va hokazolar);
- berilgan algoritm bo'yicha hisoblash;
- statistik ishlov berish;
- parametрни tahlil qilish (maksimumga, minimumga va hokazo);
- statistik tavsifni tuzatish (jumladan, almashtirish koeffitsiyentini tiklash va signalning nol darajasini tuzatish);
- o'lchov qurilmasi ulangan tizimi bilan bog'lanish;
- o'z-o'zini diagnostika qilish;
- o'lchashlarni boshqaruv;
- o'lchov qurilmasining rejim (sharoit) parametrlarini stabillash yoki dasturiy sozlash.

Biroq MPTni o'lchov qurilmalari tarkibiga ularga bevosita yangi ijobiy sifatlarni berish bilan bir qatorda, kiritish bu qurilmalarning ancha murakkablashuviga olib keladi. Murakkabligi bo'yicha MPT kiritilgan o'lchov qurilmalari mikro EHM qatnashgan o'lchov tizimlariga yaqindir. Misol

tariqasida hozirgi vaqtda texnologik parametrlar o'lchov qurilmalarini yaratish uchun foydalaniladigan struktura sxemalarini qarab chiqamiz (9.4-rasm).

Yordamchi o'lchashlar uslubini amalga oshiruvchi sxema (9.4 rasm, *a*) eng ko'p qo'llaniladi. Bunday sxema bo'yicha yasalgan o'lchov qurilmasi ishida asosiy parametr va yordamchi parametrlar P_1 , P_2 — ta'sir ko'rsatuvchi kattaliklar (atrof harorati, atmosfera bosimi va boshqalar) haqidagi axborotdan foydalaniladi. MPT yordamida ta'sir funksiyalari orqali ta'sir ko'rsatuvchi kattaliklarning ta'sirlarini hisobga olish, o'lchash qurilmasining xatosini kamaytiradi. Bunday sxemaga ko'ra bosimni, haroratni, sathni, sarfni, hajmni va boshqalarni o'lchash qurilmalari quriladi. Bunda asosiy va yordamchi parametrlar to'g'ri va muvozanatlovchi uslub bilan o'lchanishi mumkin.

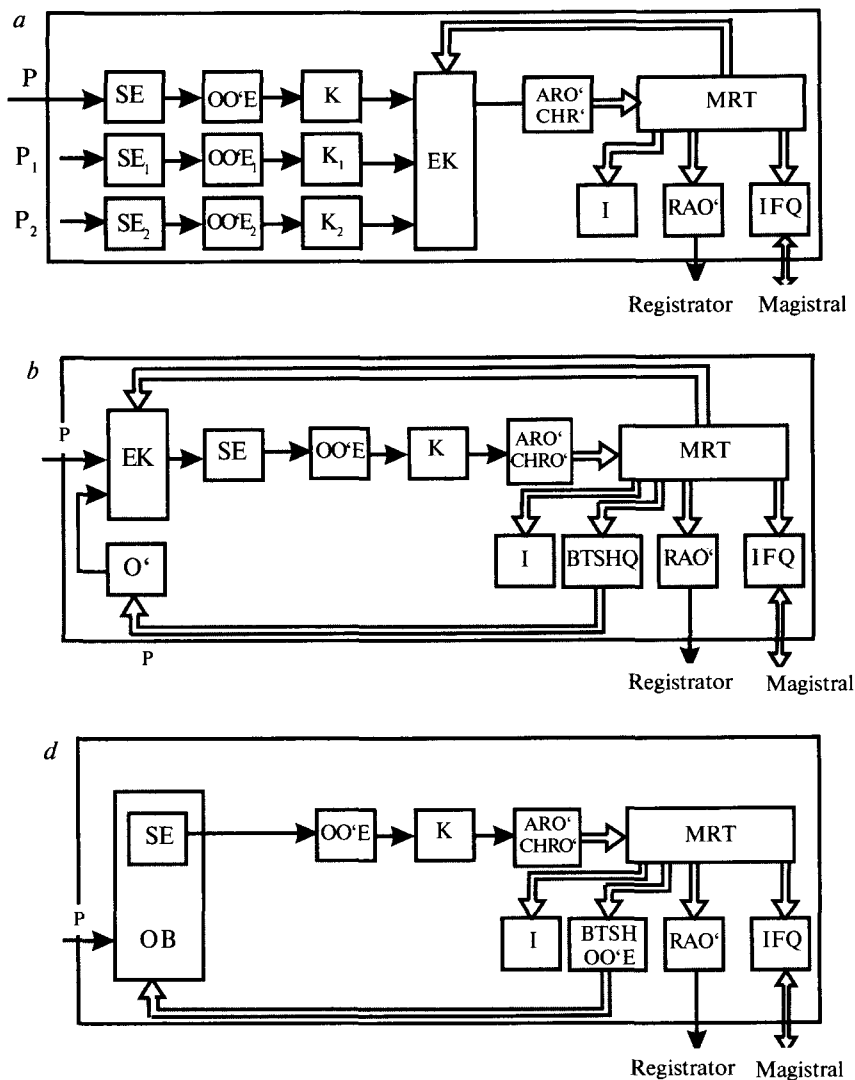
9.4-rasm, *b* da MPT kiritilgan o'lchov qurilmasining struktura sxemasi ko'rsatilgan bo'lib, u o'lchashlarni namunali signallar va birgalikdagi o'lchashlar uslubi bilan amalga oshirishni ta'minlaydi. Mazkur qurilmaning o'lchov qismi P parametrni, M o'lchovni (o'lchovlar to'plamini), shuningdek, P parametr va o'lchovlar to'plamini birgalikda o'lchaydi. MPT axborotga ishlov beradi va o'lchash jarayonini boshqaradi.

Sxema (9.4-rasm, *c*) bo'yicha qurilgan o'lchov qurilmasi tarkibiga operatsion bo'g'in OB kiradi, unda MPT buyruqlariga ko'ra boshqaruvchi ta'sirlarni shakllantirish qurilmasi (BTSHQ) yordamida elementlarni almashtirish uchun zarur o'lchashlar amalga oshiriladi, bularning natijasida o'lchanayotgan parametr P ning sezgir element SE ga ta'siri (ta'sirlari) shakllanadi.

Sxemalar (9.4-rasm, *b*, *c*) massa, hajm, suyuq muhitlarning zichligi va boshqalarni yaratishda qo'llaniladi.

MPT dan foydalanishning eng samarali usuli ulardan analitik texnika vositalarida foydalanish hisoblanadi, bunda asosiy va bir qator yordamchi parametrlarni o'lchash bilan bir qatorda, analitik qurilma bo'g'inlarini (mantiqiy va o'xshash) boshqarish va axborotga ishlov berish bilan bog'liq katta hajmdagi hisoblashlarni bajarish talab qilinadi.

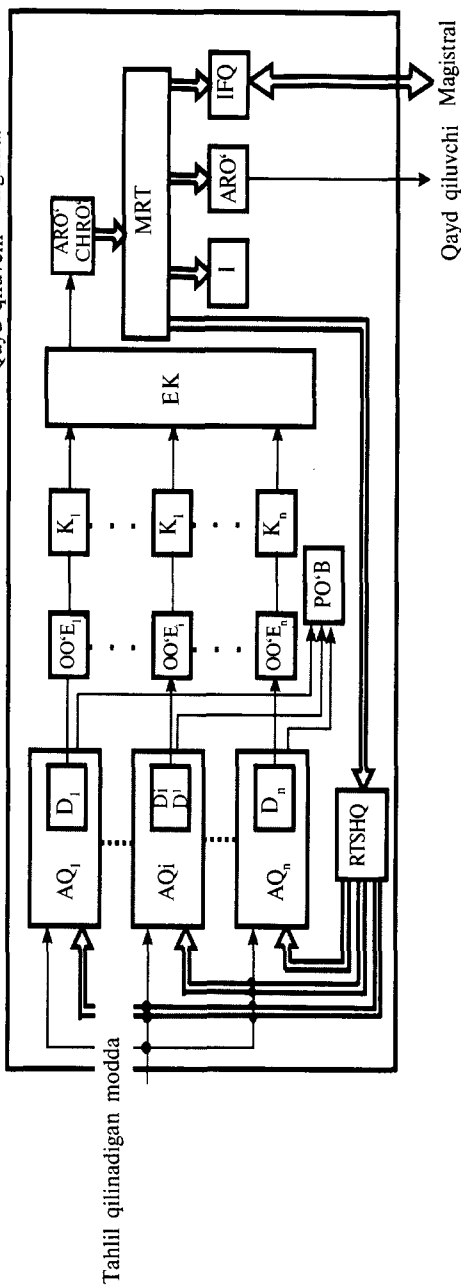
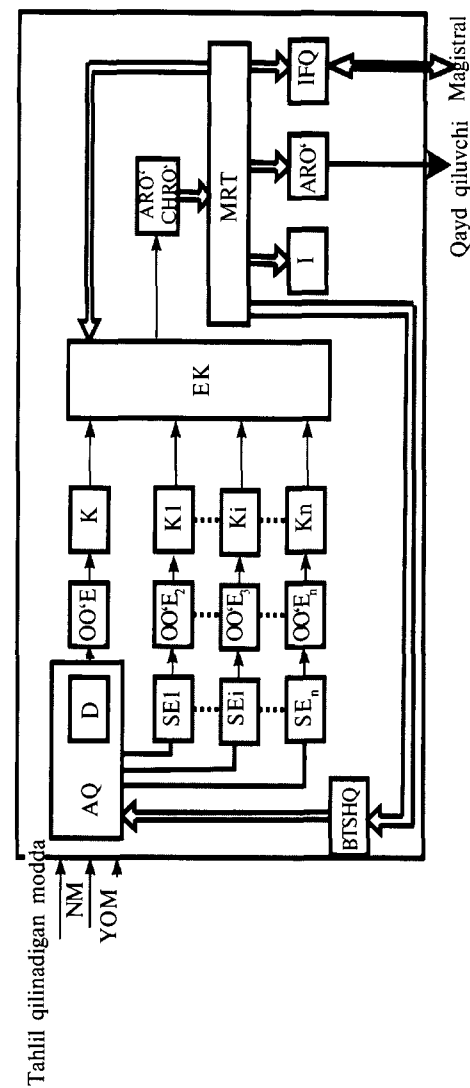
9.5-rasm, *a* da avtomatik sifat analizatorining umumlashtirilgan struktura (tuzilma) sxemasi ko'rsatilgan. Bitta parametrni o'lchashni amalga oshiruvchi analizatorlarda o'lchov axborotining asosiy signali u yoki bu detektor D yordamda analitik qurilma AQ da shakllanadi. Analizatorning xatosini kamaytirish uchun va uning bir qator sezgir element yordamida me'yorida ishlashini ta'minlash uchun bir qator parametrlarning qiymatlari bo'yicha statik tavsif tuziladi, analitik qurilmaning rejimli parametrlari stabillashadi va tahlil o'tkazish uchun zarur ulashlar amalga oshiriladi. Oxirgi ikki vazifa MPT tomonidan BTSHQ orqali amalga oshiriladi. Analitik blokka tahlil



9.4-rasm. Texnologik parametrlarni o'lash uchun MPT o'rnatilgan qurilmalarning struktura sxemalari:

SE, SE₁, SE₂ — sezgir elementlar; OO'E, OO'E₁, OO'E₂ — oraliq o'zgartichli elementlar; K, K₁, K₂ — kuchaytirgichlar; EK — elektr kommutator; IFQ — interfeysli qurilma; O' — o'lchov; BTSHQ — boshqaruvchi ta'sirlarni shakllantirish qurilmasi; OB — operatsion bo'g'in; ARO' — analog-raqamli o'zgartich; CHRO' — chastotaviy-raqamli o'zgartich; RAO' — raqamli-analog o'zgartich; MPT — mikroprotessorli tizim; I — raqamli indikator.

qilayotgan va yordamchi modda (YOM) lardan tashqari, namunaviy modda (NM) ni uzatish imkoniyati kuzatiladi, bu esa analizatorning davriy ravishda o'zini darajalashini ta'minlaydi.



9.5- rasm. MPT o'ratilgan analizatorning struktura sxemasi:

AQ, AQ₁, AQ₂, ..., AQ_n — analitik qurilmalar; D, D₁, D₂, ..., D_n — detektorlar; PO'B — analitik qurilmalar parametrlarini o'ichash bloki (qolgan belgilar keltirilgan).

Tarkibni tahlil qilishning ko'p parametrlil uslubini amalga oshiruvchi analizatorlarda (9.5-rasm, *b*), tegishli detektorli bir necha analitik qurilmalardan foydalaniladi.

Yordamchi va rejimli parametrlarning barcha zarur o'lchashlarini analitik qurilmalar parametrlarini o'lchash bloki PO'B bajaradi, u EK bloki bilan kommutatsiyalanadi (9.5-rasm, *b* da PO'B orasidagi bog'lanish ko'rsatilmagan).

9.1-jadval

MPT kiritilgan o'lchash asboblari yordamida o'lchanadigan kimyoviy-texnologik jarayonlarning parametrlari

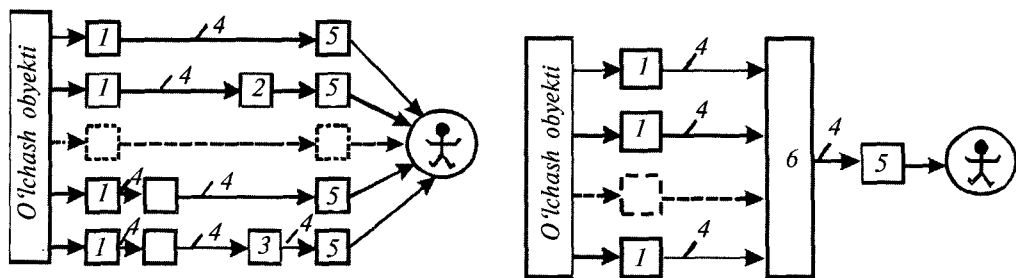
O'lchanadigan parametr	O'lchanadigan yordamchi parametr	Hisoblash qurilmasi xotirasida saqlanadigan axborot
Bosim	Bosim SE harorati	Bosim va harorat SE statik tavsifi. Haroratning o'lchov qurilmasi signaliga ta'siri funksiyasi. Torayuvchi qurilmaning statik tavsifi. Bosim va haroratning SE o'zgarishi.
Sarf (torayuvchi qurilmada bosimning o'zgarishi bo'yicha)	Bosim o'zgarishi SE harorati	Haroratning o'lchov qurilmasi signaliga ta'siri funksiyasi. Termoelektrik SE va termorezistorlarning „sovuq kavshar“ning haroratini o'lchash uchun statik tavsiflari.
Harorat (termoelektrik SE)	„Sovuq kavshar“ning harorati	Spektral nisbatni aniqlash uchun qabul qilingan fotometr, to'lqin uzunligining statik tavsifi
Harorat (spektral nisbatning parametri bilan)		Bosim, harorat, SE ning statik tavsifi. Bosimning bosim o'lchash o'zgartgichining signaliga ta'siri funksiyasi
Rezervuardagi suyuqlikning hajmi (sathiga ko'ra)	Sathning SE harorati	Rezervuarni darajalash tavsifi Harorat, bosim, sarf, tok, kuchlanish, SE ning statik tavsiflari. Analizatorning statik tavsifini tuzatish amalga oshiriladigan parametrlar uchun tavsif funksiyasi
Fizik-kimyoviy xossalar, sifat ko'rsatkichlari, konsentratsiya, tarkibi	Analitik qurilmaning harorati. Tahlil qilinayotgan yordamchi va namunaviy moddaning sarfi va bosimi; atmosfera bosimi; elektr zanjirlarning rejimli parametrlari	O'lchov axborotiga va boshqalarga ishlov berish uchun zarur ma'lumotlar va konstantalar

Bu qurilmalar ishini boshqarish uchun zarur signallar va ularning rejim parametrlarini stabillashni MPT ishlab chiqaradi va analitik qurilmalarga BTSHQ orqali keladi. 9.1- jadvalda texnologik parametrlar keltirilgan bo'lib, ular uchun mikroprotsessori tizimlari kiritilgan o'lchov asboblari yaratilgan.

9.4-§ MIKROPROTSESSOR VA RAQAMLI HISOBLASH TEXNIKASI VOSITALARINING O'LCHOV TIZIMLARIDA QO'LLANILISHI

9.6-rasm, *a*, *b* da tasvirlangan o'lchov tizimlari (O'T) hozirgi vaqtda kimyoviy-texnologik jarayonlarni avtomatik nazorat qilish, rostdash va boshqarishda keng qo'llanilmoqda. 9.6-sxema, *a* da yasalgan o'lchov tizimi o'lchash obyektidagi hamma kattaliklarni bir vaqtda o'lchashni va qayd qilishni ta'minlaydi. 9.6-sxema, *b* bo'yicha yasalgan o'lchov tizimi esa navbati bilan o'lchashni va qayd qilishni ta'minlaydi.

Rasmda keltirilgan o'lchov tizimlaridagi o'lchov axboroti birlamchi o'lchov o'zgartgichlar *1* yordamida shakllanadi va signallar tarzida aloqa kanali *4* ga yuboriladi. O'lchanayotgan fizik kattalikning turiga, birlamchi o'lchov o'zgartgichining ishlov prinsipiga va axborotni uzatish zarur bo'lgan masofaga bog'liq holda o'lchov tizimi tarkibiga birlamchi o'lchov o'zgartgichlardan tashqari, oraliq *2* (9.6-rasm, *a*) va uzatuvchi *3* o'lchov o'zgartgichlari ham kiritilishi mumkin. Bunda o'lchov o'zgartgichi birlamchi o'lchov o'zgartgichi yonida yoki aloqa kanalidan kelayotgan signalni o'lchovchi asbob *5* yonida joylashgan bo'lishi mumkin, bu signal odam qabul qilishi uchun qulay va qayd qiluvchi bo'ladi. O'lchov asbobi *5* ni ikkilamchi asbob deb atab, bunda u bilan bir to'plam (komplekt)dagi o'lchov o'zgartgichlarining hammasi birlamchi asboblari bo'ladi. O'lchov tizimida (9.6-rasm, *b*) birlamchi o'lchov o'zgartgichlarni asbob *5* ga navbatma-navbat ulash bilan kommutator *6* qo'llanilib, uni yordamchi qurilma deb qarash lozim bo'ladi. Soddalik uchun, 9.6-rasm, *b* da tarkibida faqat birlamchi o'lchov o'zgartgichlari bo'lgan o'lchov tizimi ko'rsatilgan. Umumiy holda unga oraliq va uzatuvchi o'lchov o'zgartgichlari kiritilishi mumkin. Bunda hamma o'lchanuvchi kattaliklar o'zgartgichlarining chiqish signallari 9.6-



9.6-rasm. O'lchov tizimlarining struktura sxemalari.

rasm, *a* da sxema bo'yicha yasalgan tizimidan farqli ravishda, tabiati va o'lchash oraliqlariga ko'ra bir xil bo'lishi kerak. O'lchov oralig'i ayni bir asbob 5 bilan o'lchash va qayd qilish imkoniyatini ta'minlash uchun zarur.

Bir necha birlamchi o'lchov o'zgartgichlari BO'O' bo'lgan bitta ikkilamchi asboblilik o'lchov tizimlarining (9.6-rasm, *b*) ish imkoniyatlari cheklangan bo'lib, parametrlarni avtomatik rostdash vositalarini murakablashtirib yuboradi.

Bir necha yuz parametrlarni o'lchash talab qilinadigan zamonaviy kimyoviy-texnologik jarayonlardagi har bir birlamchi o'lchov o'zgartgichi uchun individual ikkilamchi asboblilik bo'lgan O'T ning qo'llanilishi — nazorat va boshqaruv shchitlarining ortishi bilan va operatorning qisqa vaqt ichida juda ko'p axborotni idrok qilish zarurligi bilan bog'liq qiyinchiliklar bilan bog'langan. Fiziologik cheklanishlar tufayli, hayotda ancha tajribali operator ham bunday O'T olgan axborotni zarur tarzda qayta ishlay va foydalana olmaydi. Shuning uchun bu ish bilan bir vaqtda bir necha operator shug'ullanadi.

Texnologik qurilmalar quvvatining ortishi, shu munosabat bilan o'lchanayotgan parametrlar sonining ancha ortishi, axborotlarga ishlov berishning raqamli texnikasining rivojlanishi va TJABT ni qo'llanish yo'li bilan jarayonlarni optimallashtirishga o'tish — axborot tizimi (AT) ning yangi yo'nalishlarini, texnologik jarayonlarda AT bilan birga, „axborot-o'lchov tizimlari“ (AO'T) tushunchasi bilan birlashtirilgan shakllarni ajrata olish tizimini ham qo'llanishni belgilab berdi.

AO'T bilan bog'liq o'lchov texnikasi sohasida quyidagi tushunchalar foydalaniladi.

O'lchash-hisoblash tizimi (O'HT) — bu, tarkibiga dastur bilan boshqariluvchi raqamli hisoblash qurilmasi (mikroprotssessor, mikro va mini EHM va hokazolar) kiruvchi AO'T dir.

O'lchash-hisoblash majmuasi (O'HM) — O'HT ning universal yadrosi bo'lib, unga o'lchov axborotiga raqamli ishlov berish, saqlash, qayd etish va akslantirish kiradi (bundan birlamchi o'lchov o'zgartgichlari mustasno).

Elektrik kattaliklarni o'lchashda O'HT va O'HM ning texnik vositalari bir xil bo'lishi mumkin, chunki axborotni birlamchi o'zgartirish amalda bo'lmaydi.

AO'T ning o'lchov va axborotini olish, ishlov berish va uzatish vositalarining mahalliy avtomatik ishlashini tizimli tashkil etishdan iborat asosiy konsepsiyasi (yo'nalishi) ko'p jihatdan rivojlanuvchi raqamli hisoblash texnikasi ta'sirida XX asrning 60-yillari boshlarida ifodalangan edi. O'sha vaqtlarda AO'T ning birinchi avlodi yaratilgan bo'lib, ular axborotni AO'T ga kirgan maxsuslashtirilgan hisoblash qurilmalari yordamida ishlov berish bilan markazlashgan siklik olish bilan ifodalanadi. Bunday AO'Tlarning elementlar bazasi diskretli — yarimo'tkazgichli texnika bo'ladi.

Texnologik jarayonlarda birinchi avlod AO'Tlar markazlashgan nazorat tizimi ko'rinishida foydalanilar edi. Bu AO'T lar kimyoviy-texnologik jarayonlarda uning kechishi tarixi va an'anasini aniqlashni qiyinlashtiruvchi o'lchash axborotini ifodalashning jadval shakli tufayli, shuningdek, jarayonda foydalaniladigan o'lchashlar va boshqarishning shchitli tizimi funksiyalarini takrorlash tufayli keng qo'llaniladi.

AO'Tlarning ikkinchi avlodi XX asr (70-yillar) axborotni adresli to'plash, uni AO'T tarkibiga kiruvchi EHM yordamida ishlash va kichik hamda integratsiya darajasidagi mikroelektron sxemaning element bazasi sifatida foydalanish bilan ifodalanadi.

AO'T larning hozirgi vaqtda rivojlanayotgan uchinchi avlodi ularning tarkibida katta mikrosxemalar, mikroprotessorli komplekt va mikroEHM larning foydalanishi bilan ifodalanib, bu AO'T ning ko'pgina tavsiflarini ancha yaxshilashga va axborotni to'plash, ishlov berish hamda saqlash jarayonini ma'lum darajada markazlashtirmaslikka imkon beradi. Bu AO'T larda mikroprotessor vositalar hisobiga axborotni olish joyiga maksimal darajada yaqinlashtirilgan joylarda, masalan, qarab chiqilgan MPT ichiga qurilgan o'lchov qurilmalarida axborot ishlanadi va oraliq saqlanadi.

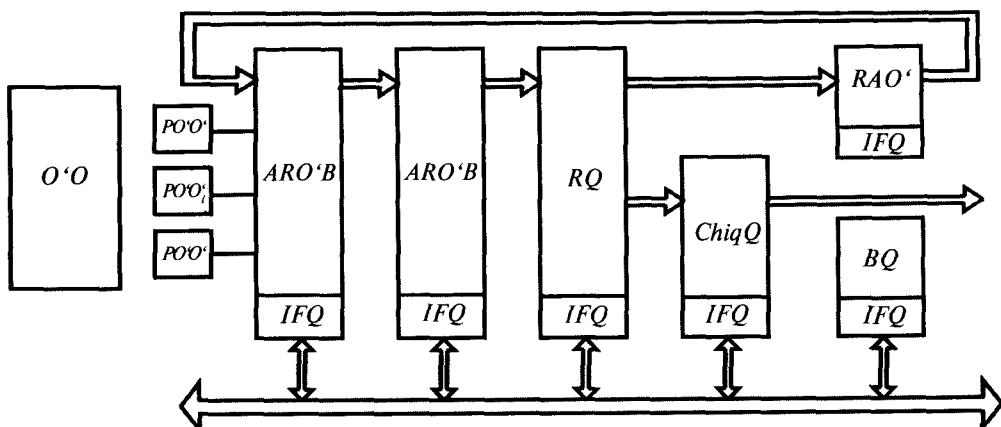
Markaziy EHM bunda ancha murakkab va tezkor masalalarni bajaradi. Ikkinchi va uchinchi avlod axborot-o'lchov tizimlari yuqorida keltirilgan ta'rifga muvofiq AHT ni ifodalaydi.

Hozirgi vaqtda sanoatda AHK larning bir qancha turlari ishlab chiqarilmoqda, ularga AO'T ni yaratish uchun tegishli o'lchov qurilmalarini ulash yetarli.

Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishda, texnologik parametrlarni o'lchash masalasi rostdash va boshqarish masalalari bilan uzviy bog'liq holda hal qilinganda AHT lar TJABT doirasida uning tarkibiga kiruvchi boshqaruvchi hisoblash mashinalari (BHM) yoki boshqaruvchi hisoblash komplekslari (BHK) asosida yaratiladi. TJABT ni tashkil etish o'z mafkurasiga ko'ra uchinchi avlod AO'T lari uchun AHK ni tashkil etishga o'xshash.

Zamonaviy AHT va BHK da magistrat modul struktura bo'yicha yasalgan mikroprotessorlar, mini va mikroEHM larning keng qo'llanilishi — apparat vositalarining ko'payishining soddaligini va AHT yoki BHK hal qiladigan masalalarni dasturlash yo'li bilan o'zgartirishga imkon beradi. Buni AO'T larining barcha turlari, xususan, axborotni to'plash va ishlov berish o'lchov tizimlari, avtomatik nazorat tizimlari, texnik diagnostika va texnik shakllarni ajratish tizimlari, asosan, bir xil strukturaga ega bo'lishi belgilab beradi, bu struktura umumlashtirilgan ko'rinishda 9.7-rasmda ko'rsatilgan.

Birlamchi o'lchov axboroti, masalan, kimyoviy-texnologik jarayonning (o'lchov obyekt — O'O) parametrlari haqidagi axborot birlamchi o'lchov o'zgartirishlari (BO'O) tomonidan ishlab chiqiladi, BO'O signallari



9.7-rasm. Axborot-hisoblash tizimining struktura sxemasi.

analogli oraliq o'zgartgichlari blokida (AOO'B) energiyaning shakli va turiga qarab bir xillashtiriladi va shakli o'zgaradi (masalan, pnevmatika elektr energiyaga aylanadi). Analog-raqamli o'zgartgichlar blokida (ARO'B) bir xillashtirilgan analogli elektr kanallar kodga almashtiriladi va raqamli qurilmaga (RQ) keladi, bu vazifani zamonaviy AHT da mini yoki mikroEHM lar o'taydi. Xususiy hollarda, raqamli qurilmalar sifatida mikroprotessorlar, maxsuslashtirilgan hisoblash qurilmalaridan foydalaniladi. AHT da chiqish qurilmasi sifatida displey, raqamli indikatorlar, signalizatorlar, magnit lenta(tasma)larida to'plagichlar va hokazolardan foydalaniladi.

Raqamli-analogli o'zgartgichlar (RAO') bloki o'lchanayotgan kattaliklarni o'zgartirish jarayonida kompensatsiyalovchi ta'sirlarni shakllantirish uchun xizmat qiladi. AHT ning barcha funksional (ish) bloklari o'zaro standart interfeys qurilmalar (IFQ) orqali birlashtirilishi mumkin. AHT ni boshqarish esa, boshqarish qurilmasi (BQ) orqali amalga oshiriladi. Xususiy hollarda, AHT ning yuqorida nomlari etib o'tilgan bloklaridan ba'zilari bo'lmasligi mumkin. Masalan, agar AHTda chiqish signali kod ko'rinishda bo'lgan, yuqorida qarab chiqilgan o'lchov qurilmalaridan foydalanilsa, u holda AHT ga AOO'B va ARO'B bloklarini kiritish zarurati qolmaydi.

Kimyoviy-texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishda AHT lar ayni bir PO'O' lardan kelayotgan o'lchov axborotlaridan foydalanib, o'lchash, nazorat va texnik diagnostika vazifalarini bajaradi. Bu vazifalar AHK dastur vositalari bilan amalga oshiriladi.

AHT ning asosiy vazifalaridan biri — o'lchash axborotini to'plash va ishlov berishdir. Bunda AHT ham bevosita, ham bilvosita o'lchashlarning bajarilishini, shu bilan birga jarayonning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari hisobining bajarilishini ta'minlaydi. 9.2-jadvalda AHT dan bilvosita majmua o'lchashlarni bajarishda foydalanishga misollar keltirilgan.

Kimyoviy-texnologik jarayonlarda AHT yordamida amalga oshiriladigan bilvosita va majmua o'lchashlar

Parametr	O'lchanadigan parametrlar	Funksiya	AHT xotirasida saqlanadigan axborot
Gazning sarfi (torayuvchi qurilmada bosimning o'zgarish prinsipi)	$\Delta P, P_p, T_p, \rho_H$	$G = K \sqrt{\rho_H \frac{P_p}{T_p} \Delta P}$	O'lchanayotgan parametrlarning birlamchi o'lchov o'zgartgichlari statik tavsiflari va torayuvchi qurilmaning statik tavsifi
Gaz yoki suyuqlikning massaviy sarfi (torayuvchi qurilmada bosimning o'zgarish prinsipi)	$\Delta P, \rho_p$	$G = K \sqrt{\rho_p \Delta P}$	Yuqoridagining o'zi
Massa (turbinali hisoblagich bilan)	n, ρ_p, η_p	$m = f(n, \rho_p, \eta_p)$	Birlamchi o'lchov o'zgartgichlarining statik tavsiflari Ta'sir funksiyalari
Isitish pechining foydali ish koeffitsiyenti	G_c, G_r, t_1, t_2	$\eta = \frac{G_c(C_{c_2}t_2 - C_{c_1}t_1)}{G_{rq}}$	Birlamchi o'lchov o'zgartgichlarining statik tavsiflarining qiymatlari
Ko'p komponentli aralashmalarning tarkibi (bir nechta analizator bilan)	Fizik-kimyoviy xossalari	6-bobga qarang	Analizatorlarning statik tavsiflari. Tenglamalar sistema-sining koeffitsiyentlari
Bikrlilik funksiyasi (destruktiv jarayonlarda)	t, Q	$W = t \cdot \tau^a = t(V/Q)^a$	Birlamchi o'zgartgichning statik tavsiflari V va a ning qiymatlari
Suyuqlik oqimi issiqlik energiyasi sarfi	G, t_2, t_1	$\theta = G \cdot C_c(t_2 - t_1)$	Birlamchi o'lchov o'zgartgichlarining statik tavsiflarining qiymati

9.2-jadvaldagi belgilashlar:

- ΔP — torayuvchi qurilmada bosimning o'zgarishi (farqi);
 P_r va T_r — gaz oqimining mutlaq bosimi va harorati;
 ρ_n — gazning normal sharoitdagi zichligi;
 ρ_r — gazning ish sharoitidagi zichligi;
 p — turbinaning aylanishlari soni;
 S_p — ish sharoitidagi dinamik qovushqoqlik;
 $F_{x.a}$ va $F_{y.o}$ — xomashyo va yonilg'ining massa sarfi;
 t_2 va t_1 — xomashyoning pechdan chiqish va kirishdagi yoki iste'molchi
issiqlik energiyasining harorati;
 q — yonilg'ining eng quyi massa yonish issiqligi;
 C_{r2} va C_{r1} — xomashyoning o'zgarmas bosimda pechdan chiqish va
kirishdagi issiqlik sig'imi;
 T — destruktiv jarayonning o'ziga xos harorati;
 τ — kontakt vaqti;
 Q — o'rtacha hajmiy sarf;
 V — reaktor hajmi;
 a — o'zgarmas kattalik;
 C_s — suyuqlikning issiqlik sig'imi.

AHT yordamida olingan axborotni operativ statistik va hisobot turlariga bo'lish qabul qilingan.

Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va boshqarish uchun foydalaniladigan axborot **operativ axborot** deyiladi. Texnik-iqtisodiy parametrlar haqidagi axborot uning muhim qismi hisoblanadi.

Ko'p marta o'lchashlar asosida olinadigan va texnologik jarayonning sifati haqida uzoq vaqt davomida (bir necha soat, kun, oy) hukm yuritishga imkon beruvchi axborotga **statistik axborot** deyiladi.

Xomashyo miqdori, sifati va turi, texnologik jarayonning oraliq va pirovard mahsulotlari haqidagi ma'lumotlarni o'z ichiga olgan axborot **hisobot axboroti** deyiladi.

AHT dan foydalanishning hozirgi paytda jadal rivojlanayotgan ikkinchi muhim yo'nalishi qurilmaning nosozligi va shikastlanishlari haqida axborot beruvchi texnik diagnostika hisoblanadi, uning asosida shikastlangan joylarni topish va bu shikastlanishlar hamda buzilish sodir bo'lgan asboblarni aniqlash masalasi hal qilinadi. Texnik diagnostika masalasi jarayonning nazorat kartalaridan, jarayon modellarining o'zgaruvchan holatlari va parametrlarini baholashdan, texnik obrazlar, axborot graflarini tanlash uslublaridan foydalanib hal etiladi.

TAYANCH SO‘Z VA IBORALAR

Mikroprotsektor; mikroEHM; mikrokontroller; interfeys; analogli-raqamli o‘zgartgich; elektr kommutator; pnevmatik kommutator.

Nazorat savollari

1. Dastlabki mikroprotsektor qachon yaratilgan?
2. Mikroprotsektorlar qanday vazifalarni bajaradi?
3. MikroEHM ning texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishdagi roli nimalardan iborat?
4. Analogli-raqamli o‘zgartgich (ARO‘) qanday vazifalarni bajaradi?
5. Elektr va pnevmatik kommutatorlar nimasi bilan bir-biridan farq qiladi?
6. Mikroprotsektorlarning texnologik jarayonlarni nazorat qilishda va avtomatlashtirishdagi ahamiyati nimalardan iborat?
7. Raqamli hisoblash texnikasi vositalarini avtomatlashtirishda qo‘llashdan maqsad nima?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Karimov I.A. Barkamol avlod — O‘zbekiston taraqqiyotining poydevori. — T.: „Sharq“, 1997. — 63 b.
2. Yusupbekov N.R., Muhamedov B.I., G‘ulomov Sh.M. Texnologik jarayonlarni boshqarish sistemalari. Texnika oliy o‘quv yurtlari uchun darslik. — T.: „O‘qituvchi“, 1997. — 704 b.
3. Yusupbekov N.R., Igamberdiyev X.Z., Malikov A. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish asoslari. — T.: ToshDTU, 2007. — 237 b.
4. Artikov A.A., Musayev A.K., Yunusov I.I. Texnologik jarayonlarni boshqarish tizimi: O‘quv qo‘llanma. — T.: TKTI, 2002.
5. Лапшенков Г.И., Полоский Л.М. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. — М.: „Химия“, 1991. — 180 с.
6. Автоматическое управление в химической промышленности: - Учебник для вузов. под ред. Е.Г.Дудникова — М.: „Химия“, 1987. — 358 с.
7. Емельянов А.И. и др. Проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами: — М.: „Машиностроение“, 1984. 155 с.
8. Шестихин О.Ф. и др. АСУ предприятиями нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности: Учебное пособие. — Л.: „Химия“, 1986. — 200 с.
9. О.Е.Вершинин. Применение макропроцессоров для автоматизации технологических процессов. — Л.: „Энергоатомиздат“, 1966. — 208 с.
10. Фарзана Н.Г. и др. Технологические измерения и приборы. М.: „Высшая школа“, 1989. — 456 с.
11. Промышленные приборы и средства автоматизации: — Справочник. под ред. В.В. Церенкова. — Л.: „Машиностроение“, 1987. — 847 с.
12. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств. Учебник для вузов. 3-е изд. — М.: „Машиностроение“, 1983. — 424 с.

MUNDARIJA

Soʻz boshi 3

BIRINCHI BOʻLIM TEXNOLOGIK PARAMETRLARNI NAZORAT QILISH USULLARI VA VOSITALARI

I bob. Metrologiya asoslari va oʻlchash vositalari

1.1-§. Metrologiya haqida asosiy tushunchalar	7	1.4-§. Oʻlchash vositalari, ularning elementlari va parametrlari	17
1.2-§. Oʻlchashlar. Oʻlchash turlari	11	1.5-§. Oʻlchash xatoliklari va aniqlik sinfi	21
1.3-§. Oʻlchash oʻzgartirishlari va oʻzgartkichlar	14		

II bob. Haroratni oʻlchash

2.1-§. Harorat va uni oʻlchash haqida tushuncha	23	2.6-§. Nurlanish pirometrlari	67
2.2-§. Kengayish termometrlari	31	2.7-§. Maxsus harorat oʻlchash termometrlari	73
2.3-§. Manometrik termometrlar	34	2.8-§. Zamonaviy harorat oʻlchashning vositalari	75
2.4-§. Termoelektr termometrlar	39		
2.5-§. Qarshilik termometrlari	55		

III bob. Bosimni oʻlchash

3.1-§. Asosiy maʼlumotlar	77	3.3-§. Prujinali asboblard	82
3.2-§. Suyuqlikli bosim oʻlchash asboblari ..	78	3.4-§. Elektr asboblard	88

IV bob. Modda sarfi va miqdorini oʻlchash

4.1-§. Asosiy maʼlumotlar	94	4.6-§. Ultratovushli, issiqlik va ionli sarf-oʻlchagichlar	105
4.2-§. Bosimlar farqi oʻzgaruvchan sarf-oʻlchagichlar	95	4.7-§. Suyuqlik va gazlar miqdorini oʻlchash	108
4.3-§. Bosimlar farqi oʻzgarmas sarf-oʻlchagichlar	98	4.8-§. Sochiluvchan materiallar va donador buyumlarning miqdorini oʻlchash	112
4.4-§. Oʻzgaruvchan sathli sarf-oʻlchagichlar	102	4.9-§. Moddalar sarfini oʻlchashning zamonaviy usullari va vositalari	115
4.5-§. Elektromagnit sarf oʻlchagichlar	104		

V bob. Suyuq va sochiluvchan moddalar sathini oʻlchash

5.1-§. Asosiy maʼlumotlar	123	5.5-§. Elektr sath oʻlchagichlar	132
5.2-§. Sath oʻlchashning vizual vositalari	124	5.6-§. Radioizotopl sath oʻlchagichlar ..	135
5.3-§. Qalqovichli sath oʻlchagichlar	125	5.7-§. Ultratovushli va radiotoʻlqini sath oʻlchagichlar	135
5.4-§. Gidrostatik sath oʻlchagichlar	129	5.8-§. Sochiluvchan moddalar sathini oʻlchash	139

VI bob. Moddalarning tarkibi va fizik xossalarini nazorat qilish

6.1-§. Asosiy maʼlumotlar	141	6.5-§. Suyuqliklarning qovushoqqligini oʻlchash	192
6.2-§. Gazlarning tarkibini tahlil qilish	142	6.6-§. Moddalarning namligini oʻlchash	202
6.3-§. Suyuqliklarning tarkibini tahlil qilish	166		
6.4-§. Suyuqliklarning zichligini oʻlchash	185		

VII bob. Mexanik parametrlarni nazorat qilish

7.1- §. Asosiy tushunchalar.....	213	7.3- §. Kuchni o'lchash	220
7.2- §. Siljishni o'lchash	214	7.4- §. Tezlikni o'lchash	221

VIII bob. Signal o'zgartkichlar, masofaga uzatish tizimlari va ikkilamchi asboblari

8.1- §. Umumiy ma'lumotlar	224	8.5- §. Teleo'lchagichlar tizimi haqida tushuncha	241
8.2- §. Elektr o'zgartkichlar	228	8.6- §. Ikkilamchi asboblari	242
8.3- §. Pnevmatik o'zgartkichlar	238	8.7- §. O'lchash vositalarini tanlash	247
8.4- §. Elektr-pnevmatik va pnevmoelektr o'zgartkichlar	240		

IX bob. Texnologik o'lchash vositalarida mikroprotsektorlarning qo'llanilishi

9.1- §. Umumiy ma'lumotlar	250	9.3- §. Texnologik o'lchash vositalarida mikroprotsektorlarni qo'llanilishi	255
9.2- §. Raqamli hisoblash texnikasi qurilmasiga texnologik parametrlar haqidagi axborotni kiritish	252	9.4- §. Mikroprotsektor va raqamli hisoblash texnikasi vositalarining o'lchash tizimlarida qo'llanilishi	260

IKKINCHI BO'LIM TEXNOLOGIK JARAYONLARNI BOSHQARISH TIZIMLARI

X bob. Avtomatik rostdashning vazifasi

10.1- §. Asosiy tushuncha va qoidalar	267	10.4- §. Kombinatsiyalashgan rostdash tizimlari	271
10.2- §. Chetga chiqishlar bo'yicha rostdash	269	10.5- §. Avtomatik rostdash tizimining tuzilishi	272
10.3- §. G'alayonlanish bo'yicha rostdash	270		

XI bob. Avtomatik rostdash tizimlari va ularning elementlarini tahlili

11.1- §. Elementlarning matematik tavsifi, ahamiyati va ishlatilishi	275	11.6- §. Chiziqli avtomatik rostdash tizimlari	287
11.2- §. Statik va dinamik modellar	276	11.7- §. Operatsion hisoblarning chiziqli avtomatik rostdash tizimlari tahlilida ishlatilishi	289
11.3- §. Rostlash tizimlarining statik tavsiflari	278	11.8- §. Avtomatik rostdash tizimlarining tuzilish sxemalari va ularning o'zgarishi	292
11.4- §. Avtomatik rostdash tizimlarining tavsiflarini chiziqlantirish	280		
11.5- §. Rostlanuvchi obyektning o'tish tavsiflari	282		

XII bob. Rostlanuvchi obyektlar

12.1- §. Rostlanuvchi obyektning xossalari	295	12.3- §. Bir va ko'p sig'imli obyektlar	300
12.2- §. O'z-o'zidan to'g'rilanish xususiyati. Statik, astatik va noturg'un obyektlar	297	12.4- §. Yuklama	301
		12.5- §. Obyektlarda kechikish	302

XIII bob. Rostlash sifati

13.1- §. Chiziqli avtomatik rostdash tizimlarining turg'unligi	304	13.2- §. Raus — Gurvits algebraik mezonlari	305
--	-----	---	-----

13.3- §. Mixaylovning geometrik mezonı	305	13.5- §. Rostlash jarayonining sifati	308
13.4- §. Naykvist-Mixaylov chastotaviy mezonı	307	13.6- §. Texnologik jarayonning rejimini statik va dinamik optimallashtirish	310

XIV bob. Rostlash qonunlari va avtomatlashtirishning texnik vositalari

14.1- §. Rostlash qonunlari	314	14.6- §. Proporsional rostlagichlar	329
14.2- §. Avtomatik rostlagichlarning tasnifi	324	14.7- §. Integral rostlagichlar	332
14.3- §. Bevosita ta'sir qiluvchi rostlagichlar	325	14.8-§. Proporsional-integral (izodrom) rostlagichlar	333
14.4- §. Elektr rostlagichlar	327	14.8-§. Proporsional-differensial rostlagichlar	335
14.5- §. Pozitsion rostlagichlar	329		

XV bob. Agregat tizimlar va komplekslar

15.1-§. Umumiy tizimning bog'lanishida buyurtmachining vazifalari	337	15.3-§. Texnologik jarayonni boshqarish tizimini texnik vositalar kompleksi bilan jihazlash	343
15.2-§. Agregatlashtirish-zamonaviy boshqarish tizimi tuzilishining asosi	341		

XVI bob. Texnologik jarayonlarning avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari

16.1-§. Texnologik jarayonlarning avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlarining umumiy tavsifi va tasnifi	356	16.4-§. TJABT ning funksional strukturasi	366
16.2-§. TJABT ning asosiy funksiyalari	361	16.5-§. TJABT ning axborot bilan ta'minlanishi	371
16.3-§. Faoliyatining umumlashtirilgan sxemasi	362	16.6-§. TJABT ning matematik ta'minoti ...	373
		16.7-§. TJABT ning ishonchligi	376

XVII bob. Texnologik jarayonlarni boshqarish avtomatlashtirilgan tizimining umumiy vazifalari

17.1-§. Axborot masalalarining ro'yxati va tarkibi	377	17.3-§. Boshqarish tizimlarining texnik vositalari	390
17.2-§. Texnologik jarayonlarni boshqarish masalalari ro'yxati va tarkibi	385		

XVIII bob. Texnologik jarayonlarning avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlarida axborotlarga ishlov berish

18.1-§. O'lchanayotgan kattaliklarning dastlabki o'zgartkichlari (datchiklari) ni so'rash chastotasini aniqlash	394	18.2-§. Uzlüksiz signalning korrelatsiya funksiyasi bo'yicha datchiklarning so'rash davrini aniqlash	394
		18.3-§. Birlamchi axborotlarni silliqlash usullari	399

XIX bob. Davriy texnologik jarayonlarni avtomatik boshqarish

19.1-§. Davriy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish muammosi	402	19.2-§. Kombinatsion boshqarish sxemalarini sintez qilish	408
---	-----	---	-----

19.3-§. Kombinatsion boshqaruv qurilmasi sxemasini yasash	418	19.5-§. Chekli avtomatlarni strukturali sintez qilish	431
19.4 -§. Chekli avtomatlar nazariyasi asoslari	427		

XX bob. Avtomatika tizimlarining ijro mexanizmlari, rostdlash organlari va dasturiy-texnik vositalari

20.1-§. Avtomatika tizimlarining ijro mexanizmlari va rostdlash organlari	444	20.2-§. Dasturiy-texnik majmualar va kontrollerlar	449
---	-----	--	-----

**UCHINCHI BO'LIM
AVTOMATLASHTIRISH TIZIMLARINI LOYIHALASH**

XXI bob. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish tizimlarini loyihalash

21.1-§. Avtomatlashtirish tizimlarini loyihalash masalalari va ularning vazifasi	479	21.7-§. Texnologik jarayonlarning avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlarini (TJABT) loyihalash	519
21.2-§. Avtomatlashtirish tizimlarini loyihalash bosqichlari	480	21.8-§. Moslashuvchan avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish	523
21.3-§. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish prinsipial sxemalari	484	21.9-§. Avtomatik loyihalash tizimlari	529
21.4-§. Boshqarish parametrlari va avtomatlashtirish vositalarini tanlash	494	21.10-§. Avtomatlashtirish tizimlarining ishonchliligi	533
21.5-§. Texnologik obyektlarni avtomatlashtirish darajasini aniqlash	499	21.11-§. Avtomatlashtirish tizimlarining texnik-iqtisodiy samaradorligi	537
21.6-§. Prinsipial elektr va pnevmatik sxemalar	508		

XXII bob. Avtomatlashtirish tizimini loyihalashga doir misollar

22.1-§ Markazdan qochma kompressor ..	539	22.5-§ Sig'imlar tizimi	559
22.2-§ Nasos va klapan	544	22.6-§ Aralashtirish rezervuari	564
22.3-§ Separator	549	Foydalanilgan adabiyotlar	571
22.4-§ Issiqlik almashtirgich	554		

30.61 **Yu91** **Yusupbekov, Nodirbek Rustambekovich.**
Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish : texnika oliy o'quv yurtlari talabalari uchun darslik / N.R. Yusupbekov, B.I. Muhamedov, Sh. M. G'ulomov; O'zR oliy va o'rta-maxsus ta'lim vazirligi. —T.: O'qituvchi, 2011. — 576 b.

Muhamedov, B.I. II. G'ulomov, Sh.M.
ISBN 978-9943-02-455-7

УДК:004(075)
ББК 30.61я73+30.61-5-05я73

**Yusupbekov Nodirbek Rustambekovich,
Muhamedov Baxtiyor Ergashevich,
G'ulomov Shuhrat Mannopovich**

TEXNOLOGIK JARAYONLARNI NAZORAT QILISH VA AVTOMATLASHTIRISH

Texnika oliy o'quv yurtlari talabalari uchun darslik

*„O'qituvchi“ nashriyot-matbaa ijodiy uyi
Toshkent — 2011*

Muharrir *D.Abbosova*
Badiiy muharrir *D. Mulla-Axunov*
Texn-muharrir *S.Nabiyeva, T. Greshnikova*
Kompyuterda sahifalovchi *B. Abdikadirova*
Musahhihlar *A. Ibrohimova, Z. G'ulomova*

Nashriyot litsenziyasi AI №161. 14.08.2009. Original-maketdan bosishga ruxsat etildi 18.10.2011. Bichimi 70×100¹⁶/₁₆. Kegli 11,0 shponli. Tayms garn. Ofset bosma usulida bosildi. Ofset qog'ozi. Bosma t. 36,0. Shartli b.t. 46,44. Nashr t. 45,21. 1000 nusxada bosildi. Buyurtma №201-11.

O'zbekiston Matbuot va axborot agentligining „O'qituvchi“ nashriyot-matbaa ijodiy uyi. Toshkent — 129. Navoiy ko'chasi, 30-uy. // Toshkent, Yunusobod dahasi, Yangishahar ko'chasi, 1-uy. Shartnoma № 07-85-11.