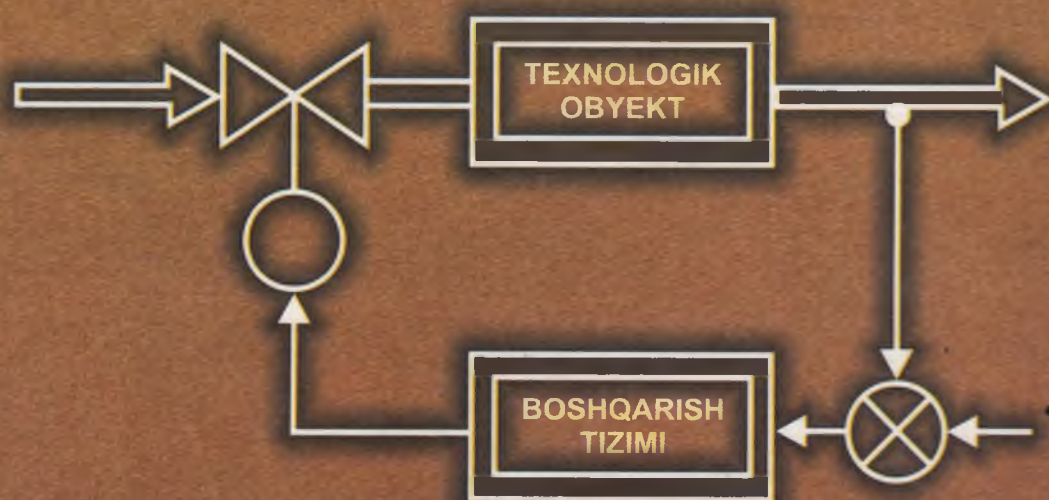


N.R. Yusupbekov, B.I. Muhamedov
SH.M. G'ulomov

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

Birinchi bo'lim

TEXNOLOGIK PARAMETRLARNI NAZORAT QILISH USULLARI VA VOSITALARI

I bob. METROLOGIYA ASOSLARI VA O'LCHASH VOSITALARI

1.1- § METROLOGIYA HAQIDA ASOSIY TUSHUNCHALAR

Metrologiya — o'lchashlar, uni ta'minlash usullari va vositalari hamda talab etilgan aniqlikka erishish yo'llari haqidagi fan. Metrologiyaning asosini o'lchashning umumiy masalalari, fizik kattaliklar birligi va ularning tizimlari haqidagi ma'lumotlar, o'lchashning usul va vositalari, o'lchash natijasining to'g'riligini aniqlash usullari va hokazolar hosil qiladi. O'lchashga doir fizik kattaliklar mexanik, elektr, issiqlik, optik, akustik bo'lishi mumkin. Bu kattaliklarning bir turi texnologik jarayon rivojlanishining bevosita ko'rsatkichi bo'lsa, boshqalari shu jarayon bilan funksional bog'langan bo'ladi.

Fizik hodisalarni o'rganish va ulardan amalda foydalanish turli fizik kattaliklarni o'lchash, ya'ni ma'lumot olish bilan bog'liq. Ma'lumot qancha to'la va xolisona bo'lsa, fizik hodisalarning tub ma'nosini tushunish shuncha chuqur bo'ladi. Fizik kattalikning muayyan qiymati texnologik jarayonning rivojlanishi haqidagi ma'lumotning muhim qismidir. Turli usul va asboblardan orqali ifodalangan texnologik jarayonning holati haqidagi axborotlarni *ma'lumot*, ya'ni *informatsiya* deb bilamiz. Informatsiyalar, asosan, o'lchash asboblari va qurilmalari yordamida olinadi.

Fizik obyektning sifat jihatdan umumiy, lekin miqdor jihatdan har bir obyekt uchun alohida xususiyati *fizik kattalik* deb ataladi. Shunday qilib, har bir fizik kattalik aynan shu kattalikning sonli qiymati birligiga ko'paytmasidan iborat bo'lgan individual qiymati bilan ifodalanadi.

Bir-biriga muayyan tarzda noerkin bog'langan kattaliklar yig'indisi *fizik kattaliklar tizimi* deyiladi. Fizik kattaliklar tizimi asosiy, qo'shimcha va hosila kattaliklardan iborat. Tizimga kirgan va boshqa tizimlarga nisbatan shartli ravishda erkin hisoblangan fizik kattalik *asosiy fizik kattalik* deb ataladi.

Xalqaro birliklar tizimi — SI (Sistem International — SI) fan va texnikaning barcha sohalarini uchun fizik kattaliklarning universal tizimi bo'lib, 1960-yilning oktabr oyida „O'lchov va tarozilar“ XI Bosh konferensiyasida qabul qilingan.

SI ning joriy etilishi shu tizimda nazarda tutilgan va uning tarkibiga kirmaydigan (ammo, hozir o'lchov birliklari sifatida qo'llanilayotgan) birliklarning ilmiy-tadqiqot natijalarini hisoblashda, ishlab chiqarish vositalari va asbob-uskunalarini loyihalashda, qurilish hamda qurilgan obyektlardan foydalanishda, shuningdek, o'quv-ta'lim ishlarida ko'p

qiyinchiliklar tugʻdirayotgan oʻlchov birliklaridagi turli xillikka barham beradi. SI ning hozirgi qoʻllanilayotgan ayrim oʻlchov tizimlariga nisbatan muhim afzalligi shundaki, u — universal; oʻlchov birliklarini bixillash-tirgan; asosiy, qoʻshimcha va oʻz hosilaviy birliklarini amaliyot uchun qulay oʻlchamlarga mujassamlashtirgan; kogerent, yaʼni hosilaviy birliklar oʻl-chamlarini aniqlovchi fizik tenglamalardagi mutanosiblik koeffitsiyentlarini tugatgan tizimdir. Uning tatbiqi bilan hisoblash tenglamalarining yozilishi ancha soddalashdi.

Xalqaro birliklar tizimi (SI) da yettita asosiy va ikkita qoʻshimcha kattalik qabul qilingan. Shuningdek, ular asosida koʻpgina hosilaviy kattaliklar va ularning birliklari ham tasdiqlangan. 1.1-jadvalda Xalqaro birliklar tizimi (SI) da ifodalangan asosiy va qoʻshimcha hamda oʻquv jarayonida tez-tez uchrab turadigan muhim hosilaviy kattaliklarning oʻlchov birliklari, belgilari keltirilgan.

1.1-jadval.

Xalqaro (SI) birliklar tizimi

№	Kattaliklar	Oʻlchov birligi	Qisqartirilgan belgilari		Hosilaviy birliklar
			oʻzbekcha	xalqaro	
Asosiy birliklar					
1	Uzunlik	metr	m	m	—
2	Massa	kilogramm	kg	kg	—
3	Vaqt	sekund	S	S	—
4	Tok kuchi	amper	A	A	—
5	Termodinamik	Kelvin gradusi	K	K	—
6	Yorugʻlik kuchi	kandela	kd	cd	—
7	Modda miqdori	mol	mol	mol	—
Qoʻshimcha birliklar					
1	Yassi burchak	radian	rad	rad	—
2	Fazoviy burchak	steradian	sr	sr	—
Hosilaviy birliklar					
1	Yuza	metr kvadrat	m ²	m ²	I (m) ²
2	Hajm	metr kub	m ³	m ³	I (m) ³
3	Chastota	Gers	Gs	Hz	I:(c)

4	Zichlik	Kilogramm taqsim metr kub	kg/m ³	kg/ m ³	(1kg):(1m ³)
5	Tezlik	metr taqsim sekund	m/s	m/s	(1m):(1s)
6	Burchak tezlik	radian taqsim sekund	rad/s	rad/s	(1rad):(1s)
7	Tezlanish	metr taqsim sekund kvadrat	m/s ²	m/s ²	(1m):(1s) ²
8	Burchak tezlanish	radian taqsim sekund kvadrat	rad/s ²	rad/s ²	(1rad):(1s) ²
9	Kuch	Nyuton	N	N	(1kg):(1m): (1s) ²
10	Bosim	Nyuton taqsim metr kvadrat	N/m ²	N/m ²	(1N):(1m) ²
11	Dinamik qovushqoqlik	Nyuton ko'paytirilgan sekund taqsim metr	N·s/m ²	N·S/m ²	(1N)·(1s): (1m) ²
12	Kinematik qovushqoqlik	metr kvad.taqsim sekund	m ² /s	m ² /s	(1 m) ² :(1s)
13	Ish, energiya, issiqlik miqdori	joul	J	J	(1J):(1s)
14	Quvvat	vatt	Vt	W	(1J): (1s)
15	Elektr miqdori	kulon	Kl	G	(1A):(1c)
16	Elektr kuchlanish, elektr potentsiallar ayirmasi, elektr yurituvchi kuch	volt	V	V	(1Bt):(1A)
17	Elektr maydoni kuchlanganligi	volt taqsim metr	V/m	V/m	(1V):(1m)
18	Elektr qarshilik	Om	Om		(1Vt):(1A)
19	Elektr sig'im	Farada	F	F	(1K):(1V)
20	Magnit induksiyasi oqimi	Veber	VB	Wb	(1k):(1Om)
21	Induktivlik	genri	Gn	N	(1Vb):(1A)
22	Magnit induksiyasi	tesla	tl	T	(1Vb):(1m) ²

23	Magnit maydoni kuchlanganligi	amper taqsim metr	A/M	A/m	(1A):(1m)
24	Magnit yurituvchi kuch	Amper	A	A	(1A)
25	Yorug'lik oqimi	Lyumen	Lm	Lm	(1qd):(1sr)
26	Ravshanlik	kandela taqsim metr kvadrat yoki nit lyuks	kd/m ²	cd/m ²	(1kA):(1m) ²
27	Yoritilish darajasi	Lyuks	LK	Lk	(1lm):(1m) ²

Shunday sohalar borki, unda SI birliklarini ishlatish hisoblashlarda biroz qiyinchiliklar tug'diradi. Masalan, SI ga binoan massani doimo kilogrammlarda o'lchash noqulay. U goh gramm (g) larda ifodalansa, goh tonna (t) larda o'lchanadi. Shu sababli massani gramm (g), milligramm (mg), tonna (t) kabi birliklarda ifodalash qulay. Ular asosida massa hisobini shu birliklarda olib borish xato hisoblanmaydi.

Shuning uchun, ba'zi hisoblashlarda qulaylik yaratish maqsadida birliklarning o'nlik karrali va ulushli qiymatlaridan foydalaniladi.

Birliklarning o'nlik karrali va ulushli qiymatlari barcha birliklardan emas, balki amaliy hisoblarda qulaylik yaratadigan birliklardangina hosil qilinadi. Shunday sohalar ham borki, ularda doimo karrali yoki ulushli birliklardangina foydalaniladi (masalan, chizmachilikda ularning o'lchamlari faqat millimetr — mm da ifodalanadi).

Birliklarning karrali va ulushli qiymatlari

№	Kattalik nomi	Belgilari		
		SI birliklari	SI ning karrali va ulushli birliklari	SI ga kirmagan birliklar
1	Uzunlik	m (metr)	km; sm; mm; mkm; nm.	
2	Yuza	m ² (metr kvadrat)	km ² ; dm ² ; sm ² mm ²	
3	Hajm va sig'im	m ³ (metr kub)	dm ³ ; sm ³ ; mm ³	l (litr)
4	Yassi burchak	rad (radian)	mrاد; mkrاد	...° (gradus) ...` (minut) ...` (sekund)

5	Vaqt	s (sekund)	ks; ms; mks;	Sut (sutka) Soat (soat, min)
6	Tezlik	m/s	—	km/soat
7	Aylanishlar takrorligi	s ⁻¹	—	min ⁻¹
8	Massa	kg (kilogramm)	Mg; g; mg; mkg	t (tonna)
9	Kuch, og'irlik	N (nyuton)	MN; kN; mkN	
10	Kuch momenti	N·m	MN·m; kN·m; mkN·m	
11	Bosim	Pa(paskal)	GPa; MPa; kPa; mkPa	
12	Dinamik qovushqoqlik	Pa·s	mPa·s	
13	Kinetik qovushqoqlik	m ² /s	mm ² /s	
14	Energiya, ish	J (joule)	TJ; GJ; MJ; kJ; mJ	EV (elektron volt)
15	Quvvat	Vt (vatt)	GVt; MVt; kVt; mkVt	
16	Harorat	K (kelvin)	MK; kK; mkK	
17	Elektr toki (elektr tokining kuchi)	A (amper)	kA; MA; mA; nA; pA	
18	Elektr miqdori, elektr zaryad	Kl (Kulon)	mKl; mkKl; nKl; pKl	
19	Modda miqdori	mol	kmol; mmol; mkmol	
20	Molyar massa	kg/mol		

1.1 va 1.2- jadvallarda fan, texnika va xalq xo'jaligining turli sohalarida keng qo'llaniladigan birliklarning o'nlik karrali va ulushli qiymatlari keltirilgan.

Mamlakatimizda o'lchovlarning mushtarakligi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining standartlar davlat qo'mitasi va metrologik muassasalari tomonidan amalga oshiriladi.

1.2- §. O'LCHASHLAR. O'LCHASH TURLARI

O'lchash — fizik kattaliklar qiymatlarini tajribada maxsus texnik vositalar yordamida aniqlash.

Ko'p hollarda o'lchash jarayonida o'lchanayotgan kattalik shunday fizik kattalik bilan taqqoslanadiki, unga 1 ga teng bo'lgan qiymat berilib, bu uning fizik kattalik birligi yoki *o'lchov birligi* deyiladi.

O'lchash natijasi — kattalikning o'lchash usuli bilan, masalan, kattalikni o'lchov birligi bilan taqqoslash yordamida topilgan qiymatidan iborat. O'lchash natijasini tenglama ko'rinishida quyidagicha yozish mumkin:

$$U = \frac{Q}{q} \text{ yoki } Q = U \cdot q \quad (1.1)$$

bu yerda, Q — o'lchanayotgan fizik kattalik, U — o'lchash natijasi yoki o'lchanayotgan kattalikning son qiymati, q — fizik kattalik birligi.

(1.1) tenglama *o'lchashning asosiy tenglamasi* deyiladi. Uning o'ng tomoni *o'lchash natijasi* deb yuritiladi. O'lchash natijasi doimo o'lchamli kattalik bo'lib, u o'z nomiga ega bo'lgan q birlikdan hamda ayni shu birlikdan o'lchanayotgan kattalikda nechta borligini anglatadigan U sondan tashkil topgan.

O'lchanayotgan kattalikning son qiymati bevosita, bilvosita, birlashtirib va qo'shma o'lchash usullari yordamida topiladi. Laboratoriya amaliyotida va ilmiy tekshirishlarda birlashtirib va qo'shma o'lchash usullaridan foydalaniladi.

Bevosita o'lchash deb o'lchanayotgan kattalikning izlanayotgan qiymati tajriba ma'lumotlaridan bevosita aniqlanadigan o'lchashga aytiladi. Masalan, haroratni termometr bilan, bosimni manometr bilan, uzunlikni chizg'ich bilan o'lchash va hokazolar bevosita o'lchashdan iborat.

Bevosita o'lchash tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$Q_{bev.} = C \cdot n \quad (1.2)$$

bu yerda, $Q_{bev.}$ — o'lchanayotgan kattalikning uning uchun qabul qilingan o'lchov birliklaridagi qiymati; S — raqamli hisoblash qurilmasi shkalasi bo'linmalarining yoki bir marta ko'rsatishining o'lchanayotgan kattalik birliklaridagi qiymati; n — shkala bo'linmalarining hisobida indikatorli qurilma bo'yicha olingan sanoq.

Bilvosita o'lchash deb o'lchash natijasi o'lchanayotgan kattalik bilan ma'lum munosabat yordamida bog'langan kattaliklarni bevosita o'lchashga asosan olinadigan o'lchashga aytiladi. Bilvosita o'lchash tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$Q_{bil} = f(Q_1, Q_2, \dots, Q_{bev}^n) \quad (1.3)$$

bu yerda, $Q_{bil.}$ — o'lchanayotgan kattalikning izlangan qiymati; $Q_1, Q_2, \dots, Q_{bev}^n$ — bevosita o'lchanadigan kattaliklarning son qiymatlari.

Bilvosita o'lchashga o'tkazgichning solishtirma elektr qarshiligini uning qarshiligi, uzunligi va ko'ndalang kesim yuzasi bo'yicha topish; modda zichligini uning massasi va hajmini o'lchash natijasi bo'yicha topish va boshqalar misol bo'la oladi. Bilvosita o'lchashlar bevosita o'lchashlarning iloji bo'lmagan ishlab chiqarish jarayonlarini nazorat qilishda keng qo'llanadi.

Birlashtirib o'lchash bir nechta bir nomli kattaliklarni bir vaqtda o'lchashdan iborat bo'lib, unda izlangan kattaliklarning qiymatlari bevosita o'lchashda hosil qilingan tenglamalar tizimidan topiladi.

Bir vaqtda ikki yoki bir nechta nomdagi turli kattaliklarni va ular orasidagi funksional munosabatlarni topish uchun olib borilgan o'lchashlar qo'shma o'lchash deyiladi. Jumladan, o'lchash rezistorining 20°C dagi elektr qarshiligi va harorat koeffitsiyentlari uning qarshiligini turli haroratlarda bevosita o'lchash ma'lumotlari bo'yicha topiladi.

O'lchashlar yana **mutlaq** va **nisbiy o'lchashlarga** bo'linadi.

Bir yoki bir nechta asosiy kattaliklarni fizik konstantalar qiymatlaridan foydalanib yoki foydalanmasdan bevosita o'lchash *mutlaq o'lchash* deb ataladi. Masalan, shtangensirkul yordamida bajarilgan o'lchashlar mutlaq o'lchashdir, chunki unda o'lchanayotgan kattalik qiymati bevosita olinadi.

Biror kattalikning shu ismli birlik vazifasini bajarayotgan kattalikka nisbatini o'lchash yoki kattalikni shu ismli birlik kattaligi deb qabul qilingan kattalik bo'yicha o'lchash *nisbiy o'lchash* deb ataladi. Masalan, haroratni termoelektr effektdan foydalanishga asoslangan o'lchash yoki massani tortish usuli bilan, ya'ni massaga mutanosib bo'lgan og'irlik kuchidan foydalanish usuli bilan o'lchash nisbiy o'lchashdan iborat. Nisbiy o'lchashdan katta aniqlik zarur bo'lgan hollarda foydalaniladi.

O'lchashlar o'lchash asosini aniqlab beradigan fizik hodisalarga asoslanib olib boriladi. Masalan, moddaning kengayishi bo'yicha haroratni o'lchash, muvozanatlashtiruvchi suyuqlik ustunining ko'tarilishi bo'yicha siyraklanish (vakuum)ni o'lchash. O'lchashning biror asosini amalga oshirish uchun turli texnik vositalar qo'llaniladi. O'lchashlarda qo'llaniladigan va normallashtirilgan metrologik xossalarga ega bo'lgan texnik vositalar *o'lchash vositasi* deyiladi. O'lchash asosi va vositasini belgilab beradigan usullar majmuyi *o'lchash usuli* deyiladi.

O'lchashlarda bevosita baholash, differensial, o'lchov bilan taqqoslash va nol (kompensatsion) usullar keng tarqalgan.

Bevosita baholash usuli o'lchanayotgan kattalik miqdorini bevosita o'lchash asbobining hisoblash qurilmasi bo'yicha bevosita topish imkonini beradi. Masalan, bosimni prujinali manometr bilan, massani siferblatli tarozida, tok kuchini ampermetr bilan o'lchash va hokazo. Bu usulda o'lchash aniqligi uncha katta bo'lmasa ham, o'lchash jarayonining tezligi uni amalda qo'llanishda tengi yo'q usulga aylantiradi.

Differensial usul o'lchanayotgan va ma'lum kattaliklarning ayirmasini o'lchashni xarakterlaydi. Masalan, gaz aralashmasi tarkibini havoning issiq o'tkazuvchanligiga taqqoslash yo'li bilan issiqlik o'tkazuvchanlik bo'yicha o'lchash.

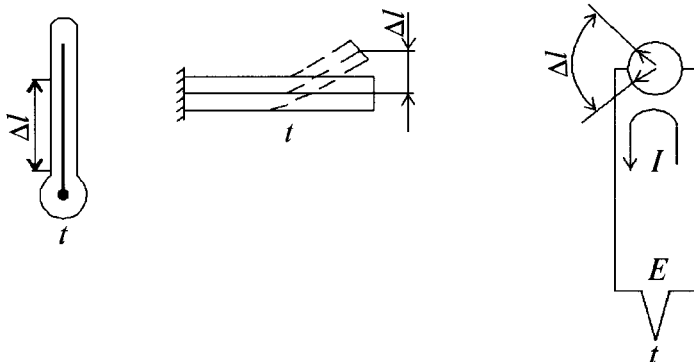
G'oyatda aniq o'lchashlarda **o'lchov bilan taqqoslash usuli** qo'llanadi. Bunda o'lchanayotgan kattalik o'lchash yordamida topilgan kattaliklar bilan taqqoslanadi. Masalan, o'zgarmas tokning kuchlanishini elektr yurituvchi kuchi normal element EYK ga teng bo'lgan taqqoslash kompensatorida

o'lchash yoki massani pishangli tarozilarda muvozanatlashtiruvchi toshlar bilan o'lchash. Bu usul ta'sir etuvchi kattaliklarning o'lchash natijasiga ta'sirini kamaytirishga imkon beradi.

Nol (kompensatsion) usul o'lchanayotgan kattalikni qiymati ma'lum bo'lgan kattalik bilan taqqoslashdan iborat, ammo ular orasidagi ayirma ma'lum kattalikni o'zgartirish usuli bilan nolga keltiriladi. Potensiometrlar, muvozanatlashtirilgan ko'priklar va boshqalar nol usulga asoslanib ishlovchi asboblarga misol bo'la oladi. Nol usul o'lchashning yuqori aniqligini ta'minlaydi.

1.3-§. O'LCHASH O'ZGARTIRISHLARI VA O'ZGARTKICHLAR

Texnologik o'lchashlarning mohiyatini texnik jihatdan qisqacha quyidagicha ifodalash mumkin: „Nima, qanday qilib va nima bilan o'lchani?“ Shuning uchun, bundan keyin aniq fizik kattaliklarni o'lchash usullari va o'lchashlarning eng keng tarqalgan ishonchli ishchi vositalari: o'lchash o'zgartkichlari va o'lchash asboblari qarab chiqiladi.



1.1-rasm. $\Delta l \rightarrow \Delta l$ o'zgartkichlar sxemasi.

O'lchash o'zgartirishi — bitta fizik kattalik o'lchamini boshqa fizik kattalik o'lchamiga o'zgartirishdan iboratdir. Misol tariqasida p bosimni deformatsion manometr yordamida o'lchashni qarab chiqamiz. Bosim ta'sirida naysimon prujina buraladi (uning erkin uchi biroz siljiydi) — bu o'zgartirishning birinchi bosqichi: $\Delta R \rightarrow \Delta l$. Naysimon prujina uchining siljishi o'qning burilish burchagiga o'zgaradi: $\Delta l \rightarrow \Delta \varphi$ — bu o'zgartirishning ikkinchi bosqichidir. O'qda strelka mavjud bo'lib, uning uchi bo'linmali shkala bo'yicha siljiydi — bu o'zgartirishning uchinchi bosqichidir $\Delta \varphi \rightarrow \Delta a$, u o'lchanayotgan kattalikning son qiymatini olishga imkon beradi. Umumiy holda hamma o'zgartirishlarni quyidagicha yozish mumkin:

$$\Delta P \rightarrow \Delta l \rightarrow \Delta \varphi \rightarrow \Delta a$$

O'lchash o'zgartkichi — o'lchashlar vositasi sifatida o'lchash o'zgartirishi $\Delta R \rightarrow \Delta a$ ni amalga oshirishga imkon beradi. Kattalikning ketma-ket o'zgartirishlar

qatoridan bittasi yuz beradigan o'lchash vositalari elementi *o'zgartirish elementi* deb ataladi. O'zgartirish elementi har doim ham konstruktiv ajralib turmaydi, ya'ni o'lchash vositasi tuzilishining ayni bitta elementi ikki va undan ortiq o'zgartirish elementiga ega bo'lishi mumkin.

O'lchash axboroti signali, hamma o'zgarishlarning amalga oshishini ta'minlovchi o'zgartirish elementlari to'plami o'lchash vositasining *o'lchash maqsadi* deyiladi. O'lchash zanjirida bevosita o'lchanayotgan kattalik ta'sirida bo'lgan birinchi o'zgartirish elementining qismi *sezgir element* deyiladi. Sezgir elementning o'lchash vositasini aniqlashda e'tiborli bo'lish va uni himoya armaturasi bilan chalkashtirmaslik kerak, chunki bu armatura o'lchanayotgan kattalikka bevosita tegib turadi. „O'lchash o'zgartirishi“ tushunchasi „o'lchash o'zgartkichi“ tushunchasiga qaraganda ancha keng ma'noga ega, chunki ayni bir o'lchash o'zgartirishi o'lchash o'zgartkichlarning ish (ta'sir) prinsipi turlicha bo'lgan ketma-ketlik bilan bajarilishi mumkin. 1.1-rasmda ayni bir xil harorat o'lchash o'zgartirishini mexanik D/ siljishga o'zgartiradigan turli o'zgartkichlarga misollar keltirilgan. Birinchi holda bu simob ustunining harorat ko'tarilishi natijasida kengayishidagi siljishi bo'lsa, ikkinchi holda — qatlamlari turlicha bo'lgan harorat kengayish koeffitsiyentiga ega bo'lgan bimetall plastinkalarning siljishi; uchinchi holda — harorat o'lchanadigan muhit bilan bevosita aloqada bo'lgan sezgir element bilan bog'liq asbob ko'rsatkichining (strelkasining) siljishi. Shunday qilib, o'lchash o'zgartirishining ko'rsatmasi nimani nimaga aylantirish kerak, degan savolgagina javob beradi, aniq o'lchash o'zgartkichlarining ko'rsatishi esa buni tabiatan qanday bajarish mumkin, degan savolga javob beradi. Aslida o'lchash o'zgartkichi bir xususiy o'lchash o'zgartirishini bajaruvchi ma'lum amaliy prinsipda yasalgan texnik qurilmani ifodalaydi.

O'lchash o'zgartkichining asosiy xarakteristikalaridan biri — o'zgartirish koeffitsiyenti bo'lib, u o'lchanayotgan kattalikni akslantiruvchi o'zgartkichning chiqishidagi signalning o'zgartkich kirishidagi signalga nisbatini ifodalaydi.

Funksional vazifasiga ko'ra, o'lchash o'zgartkichlarini quyidagi turlarga ajratish qabul qilingan: birlamchi, oraliq, masshtabli, uzatuvchi va boshqalar.

Birlamchi o'lchash o'zgartkichi — o'lchash o'zgartkichi ishining birinchi bosqichi bo'lib, unda o'lchanayotgan fizik kattalik qiymati boshqa fizik kattalik qiymatiga o'zgartiriladi, masalan, deformatsion manometrnin naysimon prujinasi. Birlamchi o'lchash o'zgartkichi yordamida o'lchanadigan kattalik yoki o'zgartiriladigan fizik kattalik boshqa o'zgartkichga yoki o'lchash asbobiga uzatilishi mumkin.

Oraliq o'lchash o'zgartkichi — o'lchash zanjirida birlamchi o'zgartkichdan keyingi o'rinni egallagan o'lchash o'zgartkichi bo'lib, o'lchanayotgan fizik kattalikni unifikatsiyalashgan (bir xil) signalga o'zgartirishga mo'ljallangan o'zgartkichdir.

Uzatuvchi o'lchash o'zgartkichi — o'lchash axboroti signallarini masofadan turib uzatish uchun mo'ljallangan o'zgartkichdir.

Masshtabli o'lchash o'zgartkichi — kattalikni berilgan marta o'lchash uchun mo'ljallangan o'zgartkich.

Istagan vazifani bajaruvchi o'lchash o'zgartkichi o'lchash asbobi bilan konstruktiv birlashtirilgan bo'lishi yoki o'zi alohida qurilmani tashkil etishi mumkin. O'lchash obyektiga o'rnatilgan va o'lchamlari, massasi hamda ta'sir ko'rsatuvchi omillarga, mustahkamligiga nisbatan alohida talablarga javob beruvchi, zarur yordamchi elementlar bilan birga o'lchov o'zgartkichlarining bir qator konstruktiv to'plamini *datchik* deb atash qabul qilingan.

Chiqish signalining turiga qarab, birxillashtirilgan, tabiiy yoki diskret (kontaktli) signallar farq qilinadi.

Chiqish signallari birxillashtirilgan o'lchash o'zgartkichlari chiqishda o'lchanayotgan fizik kattalikning turiga bog'liq bo'lmagan holda maxsus qurilmalar yordamida shakllanadigan signallarga ega (ular tegishli davlat andozalarida ko'zda tutilgan).

Chiqish signallari tabiiy bo'lgan o'lchash o'zgartkichlari shunday qurilmalarki, ularda chiqishdagi signallar tabiiy yo'l bilan shakllanadi, ya'ni o'lchanayotgan kattalikni birlamchi almashtirish uchun eng oddiy va samarali yo'l qo'llaniladi. O'lchanayotgan kattaliklarning juda xilma-xilligiga qaramay, tabiiy chiqish signallarining turlari, odatda, o'nta bilan chegaralanadi: siljish, burilish burchagi, kuchlanishi, vaqt oralig'i, o'zgarimas va o'zgaruvchan kuchlanish, aktiv va kompleks qarshilik, elektr sig'im, chastota (takroriylik). Ba'zi hollarda tabiiy signalli o'lchash o'zgartkichlarining asosan lokal nazorat qurilmalarida va uncha murakkab bo'lmagan obyektlarni avtomatlashtirishda qo'llanishi iqtisodiy va texnik jihatdan maqsadga muvofiqdir.

Tabiiy signallarni birxillashtirilgan signallarga aylantirish uchun maxsus **me'yorlovchi o'zgartkichlar** ko'zda tutilgan.

Diskret chiqish signalli o'lchash o'zgartkichlari (releli o'zgartkichlar) chiqishda o'lchanayotgan kattalik ma'lum qiymatga erishganda o'z holatini o'lchovchi kontaktga ega. Ular asosan texnologik signalizatsiya uchun qo'llanadi.

O'lchash qurilmalarida axborotni uzatish vositasi energiya yoki modda oqimlari hisoblanadi. O'lchash o'zgartkichining yoki asbobning kirishiga energiya kirmasa (o'lchash obyektidan yoki oldingi o'zgartkichdan), o'lchash axborotini uzatish mumkin bo'lmaydi. Buni hisobga olib, barcha birlamchi o'zgartkichlar ikki guruhga bo'linadi: generatorli va parametrik o'zgartkichlar.

Generatorli o'zgartkichlar — shunday o'zgartkichki, ularda axborot oqimini shakllantirish uchun qo'shimcha manbadan energiya talab qilinmaydi. Masalan, termopara haroratni termo EYKga aylantirib, energiyani

faqat o'lchash obyektidangina oladi. Shunday qilib, generatorli o'zgartkichlarda energiya va axborot oqimlarining yo'nalishlari bir xil bo'ladi.

Parametrik o'zgartkichlar — shunday o'zgartkichlarki, ularda energiya va axborot oqimlarining yo'nalishlari bir xil bo'lmaydi. Xususan, agar obyektida qarshiligi haroratga bog'liq bo'lgan termorezistor o'rnatilgan bo'lsa, u holda axborot olish uchun asbobdan yoki o'zgartkichdan termorezistorga tok o'tkazish zarur. Tokning o'zgarishi o'lchanayotgan haroratning o'zgarishi haqidagi axborot bo'ladi. Axborot signalining intensivligi manba signali intensivligiga bog'liq bo'lib, bu parametrik o'zgartkichlarning o'ziga xos xususiyatidir.

1.4- §. O'LCHASH VOSITALARI, ULARNING ELEMENTLARI VA PARAMETRLARI

O'lchash vositalari o'lchashlarda ishlatiladi va ular normallashtirilgan metrologik xossalarga, ya'ni kattaliklarning ma'lum sonli qiymatlariga hamda o'lchash natijalarining aniqligi va ishonchligini ifodalovchi xossalarga ega bo'ladi.

O'lchash vositalarining asosiy turlariga o'lchov, o'lchash asboblari, o'lchash o'zgartkichlari va o'lchash qurilmalari kiradi.

O'lchov — berilgan o'lchamdagi fizik kattalikni qayta o'lchash uchun mo'ljallangan o'lchash vositasi. Masalan, qadoqtosh — massa o'lchovi; o'lchov rezistori — elektr qarshilik o'lchovi; yoritish lampasi — yorug'lik o'lchovi va hokazo.

Bir xil o'lchamli turli fizik kattalikni qayta o'lchaydigan bir qiymatli hamda turli o'lchamdagi bir nomli qator kattaliklarni qayta o'lchaydigan ko'p qiymatli o'lchovlar bor. Ko'p qiymatli o'lchovlarga bo'linmali chizg'ichlar, induktivlik variometri va boshqalar misol bo'la oladi. Maxsus tanlangan, faqat alohidagina emas, balki turli birikmalarda turli o'lchamli bir nomli qator kattaliklarni qayta o'lchash maqsadida qo'llaniladigan o'lchovlar komplekti o'lchovlar to'plamini tashkil etadi. Masalan, qadoqtoshlar to'plami, uchlikli uzunlik o'lchovlari to'plami, o'lchov kondensatorlari to'plami va hokazo. O'lchovlar magazini — sanoq qurilmalari bilan bog'langan maxsus qayta ulagichlarga ega bo'lgan bitta konstruktiv butun qilib birlashtirilgan o'lchovlar to'plami. O'lchovlar magazini elektrotexnikada keng qo'llaniladi: qarshilik magazini, sig'imlar magazini, induktivliklar magazini.

O'lchovlarga standart namunalar va namuna moddalar ham kiradi.

Standart namuna — modda va materiallarning xossalari yoki tarkibini xarakterlovchi kattaliklarning birligini qayta tiklash uchun o'lchov. Masalan, tarkibidagi kimyoviy elementlari ko'rsatilgan ferromagnit materiallar xossalari standart namunasini.

Namuna modda — tasdiqlangan spetsifikatsiyada ko'rsatilgan, tayyorlash shartlariga rioya qilinganda tiklanadigan, ma'lum xossalarga ega bo'lgan moddadan iborat o'lchov. Masalan, „toza“ gazlar, „toza“ metallar, „toza“ suv.

Kuzatuvchi idrok qilishi uchun qulay shakldagi o'lchov axboroti signalini ishlab chiquvchi o'lchash vositasi *o'lchash asbobi* deyiladi. O'lchash asbobida kuzatuvchi o'lchanayotgan kattalikning son qiymatini o'qiydi yoki sanaydi. O'lchash asboblari analog va raqamli bo'lishi mumkin. *Analog o'lchash asboblarida* asbobning ko'rsatishi o'lchanayotgan kattalik o'zgarishining uzluksiz funksiyasidan iborat bo'ladi, *raqamli o'lchash asboblarida* esa ko'rsatishlar o'lchash axboroti signalini diskret o'zgartirish natijasidan iborat bo'lgan raqamli shaklda ifodalangan bo'ladi.

Keyingi vaqtlarda raqamli asboblar borgan sari kengroq qo'llanila boshlandi, chunki ularning ko'rsatuvlari osongina qayd qilinadi, ularni EHM ga kiritish qulay. Raqamli asboblarning tuzilishi o'lchashda analog asboblarga qaraganda katta aniqlikka erishishga imkon beradi. Shu bilan birga raqamli asboblar qo'llanganda o'qish xatoligi bo'lmaydi. Ammo analog asboblar raqamli asboblarga qaraganda anchagina sodda va arzonidir.

O'lchash asboblari ko'rsatuvchi, qayd qiluvchi, kombinatsiyalangan, integrallovchi va jamlovchi asboblarga bo'linadi. *Ko'rsatuvchi asboblarda* raqamli qiymatlar shkala yoki raqamli tablodan o'qiladi. *Qayd qiluvchi asboblarda* ko'rsatuvlarni diagramma qog'ozida yozib olish yoki raqamli tarzda chop etish ko'zda tutiladi. Kombinatsiyalangan asboblar o'lchanayotgan kattalikni bir vaqtning o'zida ko'rsatadi hamda qayd qiladi. Integrallovchi asboblarda o'lchanayotgan kattalik vaqt bo'yicha yoki boshqa erkli o'zgaruvchi bo'yicha integrallanadi. Jamlovchi asboblarda ko'rsatishlar turli kanallar bo'yicha unga keltirilgan ikki yoki bir necha kattalikning yig'indisi bilan funksional bog'langan bo'ladi.

O'lchashga doir axborotni uzatish, o'zgartirish, ishlov berish va saqlash uchun qulay bo'lgan, ammo kuzatuvchi bevosita idrok qilishi mumkin bo'lmaydigan shakldagi signalni ishlab chiquvchi o'lchash vositasi *o'lchash o'zgartkichi* deb ataladi. Inson o'zining sezgi organlari bilan o'lchash o'zgartkichi signallarini qabul qila olmaydi. O'zgartiriladigan fizik kattalik — *kirish kattaligi*, uning o'zgartirilgani esa *chiqish kattaligi* deyiladi. Kirish va chiqish kattaliklari orasidagi bog'lanishni o'zgartkich funksiyasi qaror toptiradi. O'lchash o'zgartkichlari o'lchash asboblarining, turli o'lchash tizimlarining, biror jarayonlarni avtomatik nazorat qilish yoki boshqarish tizimlarining tarkibiy qismi hisoblanadi. O'lchanayotgan kattalik berilgan o'lchash o'zgartkichi *birlamchi o'zgartkich* deyiladi. Birlamchi o'lchash o'zgartkichlari, ko'pincha, *datchik* deb yuritiladi. Uning bevosita o'lchanayotgan fizik kattalik ta'siridagi qismi *sezigir element* deyiladi. Masalan, termoelektrik termometrda termopara, manometrik termometrda termoballon ana shunday elementlardir. O'lchash asboblari va o'zgartkichlari o'lchanayotgan kattalikning turiga qarab, tegishli nomlarga ega bo'ladi, masalan, termometrlar, manometrlar, difmanometrlar, sarf o'lchagichlar, sath o'lchagichlar, gaz analizatorlari, konsentratomerlar, nam o'lchagichlar va hokazo.

Ayrim o'lchash vositalari va o'lchash tizimlaridan tashqari, murakkab axborot-o'lchash tizimlari ham qo'llanadi. Ular ko'plab texnologik usku-

nalarda avtomatik o'lchashni amalga oshirishnigina ta'minlab qolmay (o'lchash kanallari soni ming-minglab bo'lishi mumkin), balki o'lchash natijalarini berilgan algoritmlar bo'yicha zarur qayta ishlashni ham bajaradi. Shu munosabat bilan o'lchash o'zgartkichlarining axborot-hisoblash mashinalari va qurilmalari kirishiga keladigan signallarini unifikatsiyalashtirish (birxillashtirish) zarurati tug'iladi. Signallarni unifikatsiyalashtirish o'lchash asboblari turlarini minimumga keltirish imkonini beradi.

O'lchash vositalari o'lchash jarayonidagi bajarayotgan vazifasiga qarab ishchi, namunaviy va etalon o'lchash asboblariga bo'linadi.

Ishchi o'lchash asboblari xalq xo'jaligining barcha tarmoqlarida amaliy o'lchashlar uchun mo'ljallangan. Ular aniqligi orttirilgan o'lchash asboblariga va texnik o'lchash asboblariga bo'linadi.

Namunaviy o'lchash asboblari ishchi o'lchash asboblarini tekshirish va ularni o'zlari bo'yicha darajalashga xizmat qiladi.

Etalon asboblar fizik kattalik birikmalarini qayta tiklash va saqlash, ularning o'lchamlarini namunaviy o'lchash asboblari orqali xalq xo'jaligida qo'llanadigan ishchi o'lchash vositalariga o'tkazishga xizmat qiladi. Fizik kattaliklarning birliklari o'lchami shu usul bilan etalonlardan namunaviy o'lchash asboblari yordamida boshqa o'lchash asboblariga o'tkaziladi.

O'lchash vositalarining ko'rsatishlaridagi xatoliklarni aniqlash yoki ularning ko'rsatishlariga tuzatish kiritish maqsadida o'lchash vositalarining ko'rsatishlarini namunaviy o'lchash asboblarining ko'rsatishlariga solishtirish *taqqoslash* deb ataladi.

Shkala bo'linmalariga *asbobni tekshirish* uchun qabul qilingan o'lchov birliklarida ifodalangan qiymatlar berish amali *darajalash* deb ataladi.

O'lchash vositalari yordamida o'lchanayotgan fizik kattaliklar o'lchash axboroti signali foydalaniladigan biror chiqish kattaligiga o'zgartiriladi.

Fizik kattalikni o'lchashda o'lchash qurilmasi (asbobi) ko'rsatkichni fizik kattalikka mutanosib ravishda siljitadi:

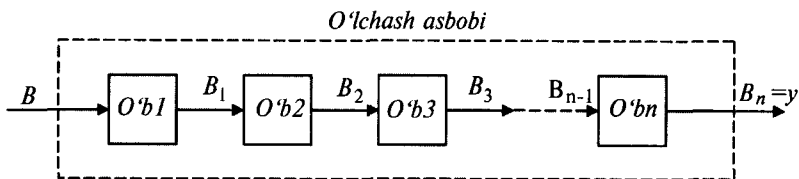
$$\varphi = f(B) \quad (1.4)$$

bu yerda, φ — asbob ko'rsatkichining burchakli yoki chiziqli siljishi, V — o'lchanayotgan fizik kattalik.

(1.4) bog'lanish asbob shkalasining tenglamasi yoki xarakteristikasi deyiladi.

Har qanday o'lchash asbobining ishlashi natijasida ko'rsatkichning siljishi o'lchanadigan kattalikni qiymatiga moslab o'zgartiriladi. Shu sababli o'lchash asbobini sxematik ravishda, o'lchanayotgan fizik kattalik B ni ko'rsatkichning mexanik siljish miqdori φ ga o'zgartiradigan o'zgartkich deb qarash mumkin.

Oraliq o'zgartishlar soniga qarab, asbobni bo'g'inlarga bo'lish mumkin, bu bo'g'inlarning har biri asbob ichida B miqdorni ma'lum tarzda o'zgartiradi. Ana shu bo'g'inlar majmuasi o'lchanayotgan kattalikning talab etilgan o'zgarishini ko'rsatkichning siljishi φ ga o'zgartiradi.

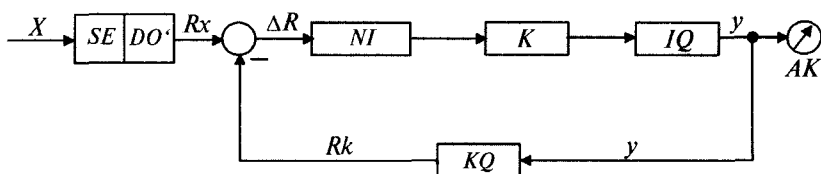


1.2- rasm. O'lchash asbobining umumlashgan strukturaviy sxemasi.

Istalgan o'lchash asbobining strukturaviy sxemasi, uning ishlash prinsipidan qat'i nazar, ketma-ket ulangan o'lchash bo'g'inlari $O'b_1, O'b_2, O'b_3, \dots, O'b_n$ (1.2-rasm) qatoridan tuzilgan zanjir kabi tasvirlanishi mumkin. Birinchi bo'g'in $O'b_1$ uchun kirish qiymati bo'lib B kattalik xizmat qiladi. Har bir bo'g'inning chiqish qiymati keyingi bo'g'in uchun kirish qiymati bo'lib xizmat qiladi. Oxirgi $O'b_n$ bo'g'inning chiqish qiymati ko'rsatkichning $B_n = \varphi$ siljishini anglatadi.

Umumiy holda o'lchash vositalarining strukturaviy sxemasini qurish prinsipiga qarab, ikki guruhga bo'lish mumkin: to'g'ri o'zgartiradigan o'lchash sxemasi va signali moslashtiriladigan o'lchash sxemalari. **To'g'ri o'zgartirish prinsipi** bo'yicha o'lchash vositalarida o'lchanayotgan kattalik dastlabki o'zgartkichga yoki uning o'lchash zanjiri qismidan iborat bo'lgan sezgir elementga keladi. O'lchash zanjirida, odatda, o'lchanayotgan kattalikni axborotning biror eltuvchisi (elektr tok kuchi yoki kuchlanishi, siqilgan havo bosimi va boshqalar) signaliga o'zgartirish kiritish bo'yicha amalga oshiriladi. So'ngra mazkur signal kuchaytiriladi va sanash qurilmasiga uzatiladi. Eng sodda variantda shu sxemadan faqat sezgir element va sanash qurilmasi qolishi mumkin. To'g'ri, o'zgartkich sxemalari sodda, ishonchli, yetarli tezkorlikka ega hamda uncha qimmatga tushmaydi. Ammo ulardan, amalda, kichik signallarni o'lchashda foydalanib bo'lmaydi. Differensial o'zgartkichlar va ular bilan o'lchash sxemalari to'g'ri o'zgartkich sxemalari turlaridan biridir.

Signalni muvozanatlashtiradigan o'lchash sxemalari strukturasi 1.3-rasmda keltirilgan. O'lchanayotgan kattalik X dastlabki o'zgartkich DO ga yoki uning sezgir elementi SE ga keladi va R_x signalga aylantiriladi, bu signal kompensatsiya qurilmasi KQ dan chiqqan R signal bilan moslashtiriladi. Kompensatsiya qurilmasi KQ chiqish signali φ ni kompensatsiya qiluvchi R_k signalga o'zgartiradi.



1.3- rasm. Signalni muvozanatlashtiruvchi o'lchash asboblarning strukturaviy sxemasi.

Nobalans signali ΔR nomuvofiqlashtirish indikatori NI orqali kuchaytirgich K kirishiga beriladi. Kuchaytirgichning chiqish signali integrallovchi qurilma IQ ga (masalan, reversiv dvigatelga) ta'sir qiladi yoki chiqish signali φ kuchaytirgich chiqishidan olinadigan signal yo'q bo'lganda o'zgar-may qolaveradi. Signal asbob ko'rsatkichi AK va kompensatsiya qurilmasi KQ ga beriladi. Shunday qilib, chiqish signali φ o'lchanayotgan X kattalik qiymatini aniqlaydi. Signalni muvozanatlashtiruvchi asboblari yuqori aniqlikka ega bo'lib, kichik signallarni o'lchash imkonini beradi, ammo ularning tezkorligi kam, bahosi yuqori, ishonchliligi esa to'g'ri o'zgartkich asboblari-nikiga qaraganda past.

1.5-§. O'LCHASH XATOLIQLARI VA ANIQLIK SINFI

O'lchash natijasida, odatda o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatidan farq qiladigan qiymati topiladi. Ko'pincha, fizik kattalikning haqiqiy qiymati noma'lum bo'ladi va shu kattalikning qiymati o'rnida uning tajriba yordamida topilgan qiymatlaridan foydalaniladi. Bu qiymat kattalikning haqiqiy qiymatiga shunchalik yaqin bo'ladi, ko'zda tutilgan maqsad uchun undan foydalanish mumkin. Kattalikning o'lchash usuli bilan topilgan qiymati ***o'lchash natijasi*** deyiladi. O'lchash natijasi bilan o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati orasidagi farq ***o'lchash xatoligi*** deyiladi. O'lchanayotgan kattalik birliklarida ifodalangan o'lchash xatoligi o'lchashning ***mutlaq xatoligi*** deyiladi:

$$\Delta X = X - X_h \quad (1.5)$$

bu yerda, ΔX — mutlaq xatolik; X — o'lchash natijasi; X_h — o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati.

O'lchash mutlaq xatoligining o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga nisbati o'lchashning ***nisbiy xatoligi*** deyiladi.

O'lchash xatolilari ularning kelib chiqishi sabablariga ko'ra muntazam, tasodifiy va qo'pol xatoliklarga bo'linadi.

Muntazam xatolik deyilganda faqat bitta kattalikni qayta-qayta o'lchaganda o'zgar-mas bo'lib qoladigan yoki biror qonun bo'yicha o'zgaradigan o'lchash xatoligi tushuniladi. Ular aniq qiymat va ishoraga ega bo'ladi, ularni tuzatmalar kiritish bilan bartaraf etish mumkin.

Kattalikni o'lchash natijasida olgan qiymatga muntazam xatolikni bartaraf etish maqsadida qo'shiladigan qiymat tuzatma deb ataladi. Odatda, muntazam xatoliklar instrumental (o'lchash asboblari), o'lchash usullari, subyektiv (noaniq o'qish), o'rnatish, uslubiy xatoliklarga bo'linadi.

Instrumental xatolik deyilganda qo'llanayotgan o'lchash asboblari xatoliklariga bog'liq bo'lgan o'lchash xatolilari tushuniladi. Yuqori aniqlikda o'lchaydigan asboblari qo'llanganda o'lchash asboblari-nikining takomillash-maganligi tufayli kelib chiqadigan instrumental xatoliklar tuzatma kiritish usuli bilan bartaraf etiladi. Texnik o'lchash asboblari-nikining instrumental

xatoliklarini bartaraf etib bo'lmaydi, chunki bu asboblarni tekshirilganda tuzatmalar bilan ta'minlanmaydi.

O'lchash usulining xatoligi deyilganda usulning takomillashmaganligi tufayli kelib chiqadigan xatolik tushuniladi. Ular, ko'pincha, yangi usullar qo'llanganda, qiymatlar orasidagi haqiqiy bog'lanishni taxminiy apporoksimatsiyalovchi tenglamalardan foydalanilganda paydo bo'ladi. O'lchash usulining xatoligi o'lchash vositasi, xususan, o'lchash qurilmasi, ba'zida esa, o'lchash natijasi xatoliklarini baholashda e'tiborga olinishi lozim.

Subyektiv xatoliklar kuzatuvchining shaxsiy xususiyatlaridan, masalan, biror signal berilgan paytni qayd qilishda kechikish yoki shoshilishdan, shkala bo'limi chegarasidagi ko'rsatishni noto'g'ri yozib olishdan, parallaksdan va hokazodan kelib chiqadi. Parallaksdan hosil bo'lgan xatolik deyilganda sanash xatoligiga kiradigan, shkala sirtidan biror masofada joylashgan strelka shu sirtga perpendikular bo'lmagan yo'nalishda vizirlash (belgilash) natijasida kelib chiqadigan xatolik tushuniladi.

O'rnatish xatoligi o'lchash asbobi strelkasining shkala boshlang'ich belgisiga noto'g'ri o'rnatilishi natijasida yoki o'lchash vositasini e'tiborsizlik bilan, masalan, vertikal yoki gorizontal bo'yicha o'rnatilmasligi natijasida kelib chiqadi.

O'lchash uslubi xatoliklari kattaliklarni (bosim, harorat va b. ni) o'lchash uslubi bilan bog'liq bo'lgan va qo'llanayotgan o'lchash asboblari bog'liq bo'lmagan xatoliklardan iborat.

O'lchashlarni, ayniqsa, aniq o'lchashlarni bajarishda o'lchash natijasini muntazam xatoliklar anchagina buzishi mumkin. Shuning uchun, o'lchashlarni bajarishga kirishishdan avval bu xatoliklarning barcha manbalarini aniqlash va ularni bartaraf etish choralarini ko'rish zarur. Ammo, muntazam xatoliklarni topish va bartaraf etish uchun uzil-kesil qoidalar berish amalda mumkin emas, chunki turli kattaliklarni o'lchash usullari g'oyatda turli-tumandir.

Tasodifiy xatolik deyilganda faqat bitta kattalikni qayta-qayta o'lchash mobaynida tasodifiy o'zgaruvchi o'lchash xatoligi tushuniladi. Tasodifiy xatolikning borligini faqat bitta kattalikni bir xil sinchkovlik bilan qayta-qayta o'lchangandagina sezish mumkin. Agar har bir o'lchash natijasi boshqalardan farq qilsa, u holda tasodifiy xatolik mavjud bo'ladi. Shu xatoliklarni baholash ehtimollar nazariyasi va matematik statistika nazariyasiga asoslangan bo'lib, ular o'lchash natijasi, o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqinlashish darajasini baholash usullarini, xatolikning ehtimoliy chegarasini baholash imkonini beradi, ya'ni natijani aniqlash, boshqacha aytganda, o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga anchagina yaqin qiymatini topish va kuzatish natijasini topish imkonini beradi.

O'lchashning qo'pol xatoligi deyilganda berilgan shartlar bajarilganda yuz beradigan, kutilgan natijadan tubdan farq qiladigan o'lchash xatoligi tushuniladi.

O'lchashdan ko'zda tutilgan maqsad va o'lchash aniqligiga qo'yiladigan talablarga qarab, o'lchashlar *aniq* (laboratoriya) va texnik o'lchashlarga bo'linadi. O'lchash natijasining o'lchanayotgan kattalik haqiqiy qiymatiga yaqinligini ifodalovchi o'lchash sifati ***o'lchash aniqligi*** deb ataladi. Aniqlikni oshirishga intilib, biz o'lchash xatoligini kamaytirishimiz lozim. Ammo, aniqlikni oshirish usullari, ko'pincha, murakkab bo'ladi va qimmat turadi. Shuning uchun, avval o'lchashning aniq shart-sharoitlari va maqsadlariga bog'liq bo'lgan maqbul aniqlikni baholab olish va zarur bo'lsa, so'ngra aniqlikni oshirish choralarini ko'rish lozim. O'lchashni bajaruvchi asboblar-ning ko'rsatishi o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatidan farq qiladi. Shuning uchun, o'lchash asbobining ko'rsatishi va haqiqiy ko'rsatishi degan tushunchalar mavjud.

Kattalikning sanoqqa ko'ra topilgan qiymati *o'lchash asbobining ko'rsatishi* deyiladi. Bu kattalikning namunaviy asboblar orqali aniqlangan ko'rsatishi *haqiqiy ko'rsatish* deyiladi.

Asbobning ko'rsatishi va o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati orasidagi farq ***o'lchash asbobining xatosi*** deyiladi. Kattalikning haqiqiy qiymatini aniqlash mumkin bo'lmaganligi sababli, o'lchash texnikasida namunaviy asbobning ko'rsatishi shu kattalikning haqiqiy qiymati deb qabul qilinadi.

Agar X_k bilan sanoq ko'rsatishidagi qiymatni, X_h bilan haqiqiy qiymatni belgilasak, quyidagi ifodadan ΔX mutlaq xatolikni topamiz:

$$\Delta X = X_k - X_h \quad (1.6)$$

O'lchash asbobining mutlaq xatoligi deb, shu asbobning ko'rsatishi bilan o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati orasidagi farqqa aytiladi. Bu yerda, xatoliklar plus yoki minus ishorasi bilan kattalikning birliklarida ifodalanadi. Mutlaq xatolik kattaligining haqiqiy qiymatga nisbati nisbiy xatolik deb ataladi. Nisbiy xatolik orqali o'lchashning aniqlik darajasini ifodalash juda qulay.

$$b = \pm \frac{\Delta X}{X_h} \cdot 100\% = \pm \frac{X_k - X_h}{X_h} \cdot 100\% \quad (1.7)$$

Odatda, haqiqiy qiymat — X_h va topilgan qiymatlar — X_k ga nisbatan ΔX juda kichik bo'ladi, ya'ni

$$\Delta X \leq X_h \quad \text{va} \quad \Delta X \leq X_k$$

Shuning uchun, quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$b = \pm \frac{\Delta X}{X_h} \cdot 100\% \approx \pm \frac{\Delta X}{X_h} \cdot 100\% \quad (1.8)$$

Shunday qilib, nisbiy xatolikni hisoblashda mutlaq xatolikning asbobni ko'rsatishiga nisbatini olish mumkin. Nisbiy xatolik % larda ifodalanadi.

Kattalikning haqiqiy qiymatini aniqlash uchun o'lchash asbobining ko'rsatishiga tuzatish kiritiladi. Uning son qiymati teskari ishora bilan olingan mutlaq qiymatga teng:

$$T = X_h - X_k \quad \text{yoki} \quad T = -\Delta X \quad (1.9)$$

bu yerda: T — tuzatma.

Asbobning xatoligi shkala diapazonining foizlarida ifodalanadi. Bunday xatoliklar keltirilgan xatolik deyiladi va mutlaq xatolikning asbobni o'lchash chegarasiga nisbatiga teng, ya'ni

$$j = \frac{\Delta X}{N} \cdot 100\% \quad (1.10)$$

bu yerda: N — asbobning o'lchash chegarasi.

Misol. Yuqorigi o'lchash chegarasi 300°C bo'lgan potensimetrlning ko'rsatishi $X_k = 240^\circ\text{C}$ va o'lchanayotgan haroratning haqiqiy qiymati $X_h = 241,2^\circ\text{C}$ bo'lgandagi mutlaq, nisbiy va keltirilgan xatoliklari topilsin.

Mutlaq xatolik (1.6) ifoda bo'yicha $\Delta X = -1,2^\circ\text{C}$, nisbiy xatolik (1.8) ifoda bo'yicha $b = -0,5\%$, keltirilgan xatolik (1.10) ifoda bo'yicha $j = 0,4\%$.

Xatolik qiymati o'lchash asbobi aniqligini, demak, o'lchash natijasini ham xarakterlaydi. O'lchash aniq bo'lishi uchun xatoligi kichik bo'lgan asboblardan foydalanish lozim. Ammo xatoliksiz asboblardan tayyorlash mumkin emas. Xatoligi kichik bo'lgan asboblardan ishlashda katta ehtiyotkorlik talab etiladi. Texnik o'lchashlar uchun belgilangan qiymatdan oshmaydigan, yo'l qo'yiladigan xatoligi bor asboblardan foydalaniladi.

Asbob ko'rsatishining standart yo'l qo'yiladigan eng katta xatoligi **yo'l qo'yiladigan xatolik** deyiladi. Xatolik miqdori o'lchashlar olib borilayotgan tashqi muhitga (atrof-muhit harorati, atmosfera bosimi, tebranish va boshqalarga) bog'liq bo'lganligi sababli asosiy va qo'shimcha xatoliklar tushunchalari kiritiladi.

O'lchash asbobi uchun texnik sharoitlar imkon bergan, maxsus yaratilgan normal ish sharoitida yo'l qo'yilgan xatolik **asosiy xatolik** deyiladi. Atrof-muhitning normal sharoiti deb 20°C harorat va 101325 N/m^2 (760 mm sim. ust.) atmosfera bosimi qabul qilingan. Tashqi sharoit o'zgarishining asboblarga bo'lgan ta'siridan kelib chiqadigan xatolik **qo'shimcha xatolikdir**. O'lchash asboblarining sifati ularning xatoliklaridan tashqari, asboblardan variatsiyasi, sezgirligi va sezgirlik chegarasi bilan xarakterlanadi.

Bir kattalikni ko'p marta takroriy o'lchashlar natijasida asbob ko'rsatishlari orasidagi eng katta farq **o'lchov asbobining variatsiyasi** deyiladi. Variatsiya o'lchanayotgan kattalikni ma'lum bir miqdorgacha asta-sekin oshirib va kamaytirib aniqlanadi. Variatsiya o'lchash asbobining mexanizmi, oraliqlari, gisterezisi va boshqa qismlardagi ishqalanishi sababli kelib chiqadi. Variatsiya (V) o'lchash asbobi shkala (bo'linma)si maksimal qiymatining foizi hisobida ifodalanib, asosiy yo'l qo'yiladigan xatolik qiymatidan oshib ketmasligi lozim:

$$V = \frac{\Delta N}{N_{\max} - N_{\min}} \cdot 100\% \quad (1.11)$$

bu yerda: $\Delta N'$ — asbob ko'rsatishidagi eng katta farq; N_{\max} va N_{\min} — asbob shkalasining yuqori va quyi qiymatlari.

Asbob ko'rsatishining aniqligiga uning sezgirligi ham katta ta'sir qiladi. Asbob strelkasi chiziqli yoki burchak siljishining, bu siljishni hosil qilgan fizik kattalik o'zgarishiga nisbati — asbobning sezgirligi deyiladi:

$$S = \frac{\Delta n}{\Delta Q} \quad (1.12)$$

bu yerda: S — asbobning sezgirligi; Δn — strelka siljishining o'zgarishi; ΔQ — o'lchanayotgan kattalikning o'zgarishi.

Sezgirligi yuqori bo'lgan asboblarda asosan aniq o'lchashlar uchun ishlatiladi.

O'lchanayotgan kattalik qiymatining asbob ko'rsatishiga ta'sir qila oladigan eng kichik o'zgarishi *sezgirlik chegarasi* deyiladi.

Shkala va strelkaga ega bo'lgan asboblarda uchun asbobning sezgirligiga teskari bo'lgan kattalik — shkala bo'linmasi qiymati deyiladi:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta n} \quad (1.13)$$

bu yerda: S — shkala bo'linmasining qiymati.

Ikkita yonma-yon belgi (shtrix yoki nuqtalar) orasidagi farq — shkala bo'linmasi deyiladi. Shkala bo'linmasining qiymati strelkani bir bo'linmaga siljitgan kattalik qiymatining o'zgarishini xarakterlaydi.

Ba'zan, kattalikning haqiqiy qiymatini topish uchun asbob ko'rsatishini tuzatish koeffitsiyenti K ga ko'paytiriladi:

$$X_h = k \cdot X_h \quad (1.14)$$

O'lchov asbobi ko'rsatishining kechikishi uning inersiyasini, ya'ni kattalik o'zgargan vaqtdan asbob ko'rsatishining siljishigacha o'tgan vaqtni xarakterlaydi. Asbob ko'rsatishining kechikishi qancha kam bo'lsa, asbobning sifati shuncha yuqori bo'ladi.

O'lchash vositalarining umumlashgan xarakteristikasi asosiy va qo'shimcha xatoliklarning chegaraviy qiymatlari bilan, shuningdek, o'lchash vositalari aniqligiga ta'sir etuvchi boshqa parametrlar bilan ifodalanadigan aniqlik sinfidan iborat bo'lib, parametrlarning qiymati o'lchash vositalarining ayrim turlari uchun standartlarda belgilangan. O'lchash vositalarining aniqlik sinfi ularning aniqlik xossalari xarakterlaydi, ammo, ular shu vositalar yordamida olib borilgan o'lchashlarning bevosita ko'rsatkichi bo'la olmaydi. Chunki, aniqlik — o'lchash usullariga hamda o'lchash o'tkazilayotgan sharoitga bog'liq. Yo'l qo'yiladigan asosiy xatoliklar chegaralari keltirilgan (nisbiy) xatoliklar ko'rinishida berilgan o'lchash asboblari uchun quyidagi sonlar qatoridan olingan aniqlik sinflari beriladi:

$(1, 1,5; 2,0; 2,5; 3; 4; 5; 6) \cdot 10^n$, bu yerda: $n = 1,0; -1; -2$ va hokazo.

O'lchash asbobining aniqlik sinfi foizlarda hisoblangan eng katta keltirilgan xatolikka teng:

$$A_A = j_{\max} = \frac{\Delta X_{\max}}{N} \cdot 100\% = \frac{\Delta X_{\max}}{N_{\max} - N_{\min}} \cdot 100\% \quad (1.15)$$

Turli o'lchash asboblari uchun davlat standartida turli aniqlik sinflari qabul qilingan. Ular asbobning siferblatida ko'rsatilgan. Masalan, shkalasi $0-100^\circ\text{C}$ dan iborat bo'lgan logometrni darajalash natijasida mutlaq xatolikning quyidagi qiymatlari olingan:

Shkalasi belgisi,	$^\circ\text{C} \dots$	0	20	40	60	80	100
Mutlaq xatolik,	$\Delta x, ^\circ\text{C} \dots$	0,4	1,6	1,0	0,4	0	-0,6

Bu yerda logometrning keltirilgan xatoligi:

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

Yuqorida keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra, aniqlik sinfini 2,0 ga teng deb olamiz (yaxlitlash kattalashtirish tomon olib boriladi).

Yo'l qo'yiladigan xatoliklar chegaralari foizlarda ifodalanadigan nisbiy xatoliklardan iborat asboblarning aniqlik sinflari qavs ichida yozilgan sonlar bilan belgilanadi (masalan, 5%), bu sonlar yo'l qo'yiladigan asosiy nisbiy xatoliklar qiymati bilan ustma-ust tushadi. Masalan, 2,5 aniqlik sinfidagi, shkalasi $0-100$ mV bo'lgan millivoltmetr uchun shkalaning ixtiyoriy belgisida asosiy nisbiy xatolik $\pm 2,5\%$ dan oshmaydi, ya'ni shkalaning ixtiyoriy belgisida mutlaq xatolik (mV larda) quyidagicha:

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

bu yerda: X_{κ} — asbobning ko'rsatishi.

Yo'l qo'yiladigan xatoliklar shkala uzunligi bilan aniqlanadigan me'yorlovchi qiymatlarga bog'liq foizlarda ifodalanadigan asboblarning aniqlik sinflari burchakcha bilan ajratib qo'yilgan sonlar bilan belgilanadi (masalan, 05; 1,5), bu sonlar yo'l qo'yiladigan asosiy keltirilgan xatoliklar qiymati bilan ustma-ust tushadi.

Masalan, shkalasi $5-50$ mV va aniqlik sinfi 2,5 bo'lgan millivoltmetr uchun yo'l qo'yiladigan asosiy mutlaq xatolik quyidagi ifoda bo'yicha (mV larda) hisoblanadi:

$$X_{\kappa} = \pm \frac{2,5 \cdot N_H}{100} = \pm \frac{2,5 \cdot 45}{100} = \pm 1,1$$

bu yerda: $N_H = N_{\max} - N_{\min}$ va N_{\min} — asbob shkalasining oxirgi va boshlang'ich qiymatlari.

O'lchash uchun asbob tanlashda uning aniqlik sinfi asosiy chegaraviy mutlaq xatolik bilan aniqlanishini e'tiborga olish lozim, bu xatolik shkalaning turli belgilarida nisbiy xatolikning turli qiymatlariga mos keladi.

Masalan, shkalasi 0...150 mV va aniqlik sinfi 1,5 bo'lgan millivoltmetr uchun asosiy chegaraviy mutlaq xatolik 2,25 mV ga teng bo'lib, shkalaning 25 va 100 mV belgilarida nisbiy xatolik, mos ravishda, quyidagiga teng bo'ladi (% larda):

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

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

Nisbiy xatolikni kamaytirish maqsadida, o'lchash asbobi shkalasining yuqorigi chegarasini shunday tanlash lozimki, o'lchanayotgan kattalikning kutiladigan qiymati (ko'rsatishi) uning oxirgi uchinchi qismida (yoki oxirgi yarmida) joylashishi maqsadga muvofiq.

O'lchash vositalarining xatoliklari statistik va dinamik xatoliklarga bo'linadi. **Statistik xatolik** o'zgarmas kattaliklarni o'lchash uchun foydalaniladigan o'lchash vositasining xatoligidir. Agar, o'lchanayotgan kattalik vaqtning funksiyasi bo'lsa, vositalarni **dinamik xatoligi** deb ataladigan umumiy xatolikning tashkil etuvchisi hosil bo'ladi. Dinamik rejimda umumiy xatolik statistik va dinamik xatoliklar yig'indisiga teng.

Ikki yoki undan ortiq o'lchov vositalariga ega bo'lgan o'lchash tizimidan foydalanganda, tizimning mutlaq xatoligi

$$\Delta X_{\text{tiz}} = \pm \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta X_2^2 + \dots + \Delta X_n^2} \quad (1.16)$$

ifoda bilan aniqlanadi, bu yerda: $\Delta X_1, \Delta X_2, \dots, \Delta X_n$ — tizimning 1-, 2-, ..., n- o'lchov vositasi.

Tizimning nisbiy va keltirilgan xatoligi ham shunga o'xshash aniqlanadi

$$b_{\text{tiz}} = \pm \sqrt{b_1^2 + b_2^2 + \dots + b_n^2} \quad (1.17)$$

$$j_{\text{tiz}} = \pm \sqrt{j_1^2 + j_2^2 + \dots + j_n^2} \quad (1.18)$$

TAYANCH SO'Z VA IBORALAR

Texnologik jarayonlarni nazorat qilish; ishlab chiqarishni avtomatlashtirish; avtomatlashtirish tizimi; birlamchi asbob; ikkilamchi asbob; markazlashtirilgan boshqarish tizimi; metrologiya; o'lchash turlari; o'lchash vositalari; o'lchash xatoliklari; aniqlik sinfi; shkala bo'linmasi qiymati; Sezgirlik; o'lchash chegarasi.

Nazorat savollari

1. Mehnat unumdorligini oshirishda texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirishning roli qanday?
2. Birlamchi o'zgartkich, birlamchi va ikkilamchi asboblarning haqida qanday tushunchaga egasiz?

3. Ishlab chiqarishni avtomatlashtirishda mikroprotssessor va elektron hisoblash mashinalarini qo'llashdan maqsad nima?
4. Metrologiya nima?
5. O'lchash deganda nimani tushunasiz?
6. Qanday o'lchash turlari mavjud?
7. O'lchash xatoligi nima?
8. O'lchash xatoliklarining kelib chiqishiga sabab nima? Qanday xatoliklarni bilasiz?
9. Aniqlik sinfi nima?

II bob. HARORATNI O'LCHASH

2.1-§. HARORAT VA UNI O'LCHASH HAQIDA TUSHUNCHA

Harorat — texnologik jarayonlarning muhim parametri bo'lib, amalda ham past, ham yuqori haroratlar bilan ish ko'rishga to'g'ri keladi.

Jismning harorati molekularning issiqlik harakatidan hosil bo'ladigan ichki kinetik energiyasi bilan belgilanadigan qizdirilganlik darajasi orqali xarakterlanadi. Haroratni o'lchash amalda ikkalasidan birining qizdirilish darajasi ma'lum bo'lgan ikki jismning qizdirilishini taqqoslash yordamida-gina amalga oshirilishi mumkin. Jismlarning qizdirilganlik darajasini taqqos-lashda ularning haroratga bog'liq bo'lgan va osongina o'lchanadigan fizik xossalardan birini o'zgartirishdan foydalaniladi.

Molekularning o'rtacha kinetik energiyasi va ideal gaz harorati orasidagi bog'lanish quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$E = \frac{3}{2} K \cdot T \quad (2.1)$$

bu yerda: K — $1,380 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ — Bolsman doimiysi; T — jismning mutlaq harorati, °K.

Agar jismlarning harorati turlicha bo'lsa, ular bir-biriga tegib turganida energiyalarning tenglashuvi ro'y beradi: yuqoriroq haroratga ega, ya'ni molekularining o'rtacha kinetik energiyasi ko'proq bo'lgan jism o'z issiq-ligini (energiyasini) kamroq haroratga ega, ya'ni molekularining o'rtacha kinetik energiyasi kamroq bo'lgan jismga beradi. Shunday qilib, harorat issiqlik almashish, issiqlik o'tkazish jarayonlarining ham sifat, ham miqdoriy tomonlarini xarakterlaydigan parametrdir. Ammo, haroratni bevosita o'l-chash mumkin emas: uni jismning haroratga bir qiymatli bog'liq bo'lgan qandaydir boshqa fizik parametrlari bo'yicha aniqlash mumkin. Haroratga bog'liq parametrlarga masalan, hajm, uzunlik, elektr qarshilik, termoelektr yurituvchi kuch, nurlanishning energetik ravshanligi va hokazolar kiradi.

Harorat o'lchaydigan asbobni 1598-yilda Galiley birinchi bo'lib tavsiya etgan. So'ngra M.V. Lomonosov, Farengeytlar termometr ishlab chiqishgan.

O'lchanayotgan haroratning son qiymatini topish uchun haroratlar shkalasini o'rnatish, ya'ni sanoq boshini va harorat oralig'ining o'lchov birligini tanlash lozim.

Kimyoviy toza moddalarning oson tiklanadigan qaynash va erish (asosiy reper va tayanch) nuqtalari bilan chegaralangan harorat oralig'idagi qator

belgilar harorat shkalasini hosil qiladi. Bu haroratlarga t' va t'' qiymatlar berilgan. U holda o'lchov birligi:

$$1 \text{ gradus} = \frac{t'' - t'}{n} \quad (2.2)$$

bu yerda: t' va t'' — oson tiklanadigan o'zgarimas haroratlar; $n - t''$, t' tayanch nuqtalar orasidagi harorat oralig'i bo'linadigan butun son.

Harorat shkalasining tenglamasi:

$$t = t' + \frac{v - v'}{v'' - v'} \cdot (t'' - t') \quad (2.3)$$

bu yerda: t' va t'' — moddaning tayanch nuqtalari (760 mm sim. ust. bosimda va 980,665 sm/s² erkin tushish tezlanishida muzning erish va suvning qaynash haroratlari); v va v' — t' , t'' haroratlardagi moddaning (suyuqlikning) hajmi; v — t haroratdagi moddaning (suyuqlikning) hajmi.

Tabiatda hajmiy kengayishi va harorati chiziqli bog'langan suyuqliklar bo'lmaydi. Shuning uchun, termometrlarning haroratni ko'rsatishi ularga solinadigan moddalar (simob, spirt va boshqalar) ning tabiatiga bog'liq. Fan va texnikaning rivojlanishi bilan termometrغا solinadigan moddaning birorta xususiyati bilan bog'lanmagan yagona harorat shkalasini yaratish zarurati paydo bo'ladi. 1848-yilda ingliz fizigi Kelvin termodinamikaning ikkinchi qonuni asosida yangi harorat shkalasini tuzishni taklif qildi. Termodinamik haroratlar shkalasining tenglamasi:

$$T = \frac{Q}{Q_{100} - Q_0} \cdot 100\% \quad (2.4)$$

bu yerda: Q_{100} va Q_0 — suvning qaynash va muzning erish haroratlariga mos issiqlik miqdorlari; $Q - T$ haroratga mos issiqlik miqdori.

O'lchov va vaznlar bo'yicha 1960-yilda o'tkazilgan XI xalqaro konferensiya qarorlarida ikki harorat shkalasi: Kelvin gradusi ($^{\circ}\text{K}$) o'lchov birligi bilan o'lchanadigan termodinamik shkala va Selsiy gradusi ($^{\circ}\text{C}$) o'lchov birligi bilan o'lchanadigan xalqaro amaliy shkalalarning qo'llanishi ko'zda tutilgan. Kelvin termodinamik shkalasidagi pastki nuqta — mutlaq nol nuqta (K) bo'lib, yagona eksperimental asosiy nuqta esa suvning uchlik nuqtasidir. Bu nuqtaning son qiymati 273,15 $^{\circ}\text{K}$. Suvning muz, suyuq, gaz fazalaridagi muvozanat nuqtasi bo'lgan suvning uchlik nuqtasi muzning erish nuqtasidan 0,01 K yuqoriroq turadi. Termodinamik harorat T harfi bilan, son qiymatlari esa $^{\circ}\text{K}$ bilan ifodalanadi.

Amaliy o'lchashlarda ishlatiladigan xalqaro amaliy harorat shkalasi termodinamik shkala ko'rinishida ishlangan. Bu shkala kimyoviy toza moddalarning bir qadar oson tiklanadigan o'zgarimas qaynash va erish nuqtalari asosida tuzilgan. Ularning sonli qiymati gazli termometrlar orqali aniqlangan bo'lib, xalqaro amaliy harorat shkalasi o'lchov va vaznlar bo'yicha o'tkazilgan XI umumiy konferensiyada qabul qilingan.

Xalqaro amaliy shkala bo'yicha o'lchanadigan harorat t harfi bilan, sonli qiymati esa $^{\circ}\text{C}$ belgisi bilan ifodalanadi. Mutlaq termodinamik shkala bo'yicha ifodalangan harorat bilan shu haroratning xalqaro shkala bo'yicha ifodasi orasidagi munosabat quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$T = t + 273,15 \quad (2.5)$$

bu yerda: T — mutlaq termodinamik shkaladagi harorat ($^{\circ}\text{K}$); t — xalqaro amaliy shkaladagi harorat ($^{\circ}\text{C}$).

Angliya va AQSH da 1715-yilda taklif qilingan Farengeyt shkalasi ($^{\circ}\text{F}$) qo'llanadi. Bu shkalada ikki nuqta: muzning erish nuqtasi (32°F) va suvning qaynash nuqtasi (212°F) asos qilib olingan. Xalqaro amaliy shkala, mutlaq termodinamik shkala va Farengeyt shkalasi bo'yicha hisoblangan harorat munosabati quyidagicha:

$$t^{\circ}\text{C} = T^{\circ}\text{K} - 273,15 = 0,556(n^{\circ}\text{F} - 32) \quad (2.6)$$

bu yerda: n — Farengeyt shkalasi bo'yicha graduslar soni.

Hozir 1968-yilda qabul qilingan va 1971-yil, 1-yanvardan majburiy joriy etilgan Xalqaro amaliy harorat shkalasi (XAHSH-68) qo'llaniladi. XAHSH-68 haroratni 13,81 dan 6300°K gacha oraliqda o'lchashni ta'minlaydi.

Zamonaviy termometriya o'lchashning turli usul va vositalariga ega. Har bir usul o'ziga xos bo'lib, universallik xususiyatiga ega emas. Berilgan sharoitda optimal o'lchash usuli o'lchashga qo'yilgan aniqlik sharti va o'lchashning davomiyligi sharti, haroratni qayd qilish va avtomatik boshqarish zarurati yordamida belgilanadi.

Nazorat qilinadigan muhitlar tashqi sharoitni o'zgartirganda fizik xossalarning agressivligi va turg'unligi darajasi bilan suyuq, sochiluvchan, gazsimon yoki qattiq bo'lishi mumkin.

Haroratni o'lchash asbobi ishlash prinsipiga qarab, quyidagi guruhlarga bo'linadi:

1. **Kengayish termometrlari.** Bu termometrlar harorat o'zgarishi bilan suyuqlik yoki qattiq jismlar hajmining chiziqli o'lchamlarining o'zgarishiga asoslangan.

2. **Manometrik termometrlar.** Bu asboblarda moddalar hajmi o'zgarishiga bo'lganda harorat o'zgarishi bilan bosimning o'zgarishiga asoslangan.

3. Harorat ta'sirida o'zgaradigan termoelektr yurituvchi kuchning o'zgarishiga asoslanib ishlovchi termometrlar **termoelektr termometrlar** hisoblanadi.

4. O'tkazgich va yarimo'tkazgichlarning harorati o'zgarishi sababli elektr qarshilikning o'zgarishiga asoslanib ishlovchi termometrlar **qarshilik termometrlari** deyiladi.

5. **Nurlanish termometrlari.** Ular orasida eng ko'p tarqalganlari: a) optik pirometrlar — issiq jismning ravshanligini o'lchash asbobi; b) rangli pirometrlar (spektral nisbat pirometrlari) — jismning issiqlikdan nurlanishi

spektridagi energiyaning taqsimlanishini o‘lchashga asoslangan; c) radiatsion pirometrlar — issiq jism nurlanishining quvvatini o‘zgarishiga asoslangan. Nurlanish termometrlari haroratni kontaktsiz o‘lchash usuli asosida ishlaydi.

2.1-jadval.

Sanoatda haroratni o‘lchash vositalaridan foydalanish chegaralari

O‘lchash vositasi turi	O‘lchash vositalarining turli-tumanligi	Davomli foydalanish chegarasi	
		3	4
1	2	3	4
Kengayish termometrlari	Suyuqlik termometrlari	—200	750
	Diometrik, bimetall termometrlar	—150	700
Manometrik termometrlar	Gazli	—150	1000
	Suyuqlik	—150	600
	Bug‘-suyuqlik (kondensatsion)	—50	300
Termoelektrik termometrlar	Termoelektrik termometrlar	—200	2500
Qarshilik termometrlari	Metall qarshilik termometrlari	—260	—1100
	Yarimo‘tkazgichli qarshilik termometrlari	—272	600
Pirometrlar	Kvazimonoxromatik pirometrlar	700	6000
	Spektral nisbatli pirometrlar	300	2800
	To‘liq nurlanish pirometrlari	50	3500

Eng qulay, aniq va ishonchli o‘lchash usullari — haroratning birlamchi datchiklari sifatida qarshilik termoo‘zgartkichi va termoelektr o‘zgartkichlardan foydalaniladigan kontaktli usullar hisoblanadi.

2.1-jadvalda sanoatda haroratni eng ko‘p tarqalgan o‘lchash vositalarining qo‘llanish chegaralari ko‘rsatilgan.

2.2-§. KENGAYISH TERMOMETRLARI

Suyuqlikli termometrlarning ishlash prinsipi asbob ichiga solingan termometrik suyuqlikning hajmi harorat ko‘tarilishi yoki pasayishida o‘zgarishiga asoslangan. Suyuqlikli termometrlar —200°C dan +750°C gacha oraliqdagi haroratni o‘lchash uchun ishlatiladi. Shisha termometrlarning ishlatilish usuli sodda, aniqligi yetarli darajada yuqori va arzon bo‘lganligi sababli laboratoriya va sanoatda keng tarqalgan. Shisha termometrlarning suyuqligi sifatida simob, toluol, etil spirti (etanol), kerosin, petroley efiri, pentan va boshqalar ishlatiladi. Ularning qo‘llanish chegaralari 2.2-jadvalda keltirilgan.

Termometrlarga solinadigan suyuqliklarning qo'llanish chegaralari

Suyuqlik	Qo'llanish chegaralari, °C da	
	Quyi	Yuqori
Simob	−35	750
Toluol	−90	200
Etil spirti (etanol)	−80	70
Kerosin	−60	200
Petroley efiri	−120	25
Pentan	−200	20

Suyuqlikli termometrlar orasida eng ko'p tarqalgani simobli termometrlardir. Simob kengayish koeffitsiyentining kichikligi termometriya nuqtayi nazaridan uning kamchiligi hisoblanadi. Suyuqlikning issiqlikdan kengayishi hajmiy kengayish koeffitsiyenti bilan xarakterlanadi. Bu koeffitsiyent quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\beta_{t_1, t_2} = \frac{v_{t_2} - v_{t_1}}{v_0(t_2 - t_1)}, 1 / \text{grad} \quad (2.7)$$

bu yerda: v_{t_1} va v_{t_2} — suyuqlikning t_1 va t_2 haroratlardagi hajmi; v_0 — shu suyuqlikning 0°C dagi hajmi.

β koeffitsiyent qancha katta bo'lsa, hajmiy kengayish haroratining 1°C ga o'zgarishi shuncha katta bo'ladi. Termometrlarda hajmiy kengayish harorat koeffitsiyenti yuqori bo'lgan suyuqliklardan foydalanish maqsadga muvofiq. O'lchashning maqsadi va chegarasiga qarab, termometrlar kengayish koeffitsiyenti kichik bo'lgan turli rusumli shishalardan tayyorlanadi. Texnikada qo'llaniladigan suyuqlikli shisha termometrlar quyidagi xillarga bo'linadi:

1. Ko'rsatishlariga tuzatish kiritilmaydigan termometrlar (keng miqyosda qo'llaniladigan termometrlar): a) simobli termometrlar (-35 dan $+750^\circ\text{C}$ gacha); b) organik suyuqlikli termometrlar (-200 dan $+200^\circ\text{C}$ gacha).

2. Ko'rsatishlariga tuzatish kiritiladigan termometrlar: a) aniqlik darajasi yuqori simobli termometrlar (-35 dan $+600^\circ\text{C}$ gacha); b) aniq o'lchovlarga mo'ljallangan simobli termometrlar (0 dan $+500^\circ\text{C}$ gacha); c) organik suyuqlikli termometrlar (-80 dan $+100^\circ\text{C}$ gacha).

Tuzilishlarining xilma-xilligiga qaramay, barcha suyuqlikli termometrlar ikki asosiy turning biriga: tayoqcha shaklidagi yoki shkalasi ichiga o'rnatilgan termometrlar turiga tegishli bo'ladi. Tayoqcha shaklidagi termometr qalin devorli, tashqi diametri $6...8$ mm gacha qilib tayyorlangan kapillar naychadan iborat. Naychanning pastki qismi suyuqlik saqlanadigan rezervuar hosil qiladi. Ularning shkalasi bevosita kapillarning sirtida darajalanadi.

Shkalasi ichiga oʻrnatilgan termometrlarda kapillar naychasi in- gichka devorli boʻlib, rezervuari kengaytirilgan. Shkala darajalari yassi shisha plastinkada joylashgan va kapillar bilan birgalikda rezervuarga yopishgan shisha qobiq ichiga olingan. Hozirgi vaqtda shkalasi ichiga oʻrnatilgan yoki burchakli (termometrning pastki qismi 90°, 120°, 135° li burchak hosil qiladi) texnik termometrlar tayyorlanadi. Yuqori darajali termometrlarda kapillarlardagi suyuqlik ustidagi boʻshliq inert gaz bilan toʻldiriladi. Haroratning maʼlum darajada saqlanishini avtomatik ravishda taʼminlash va uning maʼlum qiymatini signalizatsiya qilish uchun kontaktli termometrlar qoʻllaniladi. Bunday termometrlar ikki yoki undan koʻproq kontaktli boʻlib, yuqoridagi kontakt oʻrni oʻzgaruvchan boʻladi. Haroratni suyuqlikli shisha termometr bilan oʻlchash aniqligidagi xatoliklar bir qator faktorlarga bogʻliq: tekshirilmagan shkala boʻlinmalari uchun kiritiladigan tuzatish qiymatining noaniqligi; nol nuqtasining oʻzgarishi; termometrning oʻlchanayotgan muhitga kirish chuqurligining har xilligi; tashqi bosimning oʻzgarishi; termometr inersiyasining va rezervuar bilan atrof-muhit issiqli- gining muvozanati.

Xatoliklarga sabab boʻladigan keltirilgan omillardan eng ahamiyatligi nol nuqtasining oʻzgarishi hamda termometrning oʻlchanayotgan muhitga kirish chuqurligining har xilligidir.

Agar termometrni ishlatilish sharoitlariga koʻra oʻlchanayotgan muhitga toʻliq kiritib boʻlmasa, unda uning rezervuari va suyuqlik ustuni turli haroratda boʻladi. Oʻlchanayotgan muhitdan chiqib turgan ustunga tuzatma quyidagi tenglama boʻyicha kiritiladi:

$$\Delta t = n \cdot \beta_{t_1, t_2} (t_2 - t_1) \quad (2.8)$$

bu yerda: n — chiqib turgan ustundagi darajalar (graduslar) soni; β_{t_1, t_2} — shishadagi suyuqlikning kengayish koeffitsiyenti (simob uchun 0,00016, spirt uchun 0,001), $1/^\circ\text{C}$; t_2 — termometr koʻrsatayotgan harorat, $^\circ\text{C}$; t_1 — muhitdan chiqib turgan ustunning oʻrtacha harorati.

Agar chiqib turgan ustun harorati oʻlchanayotgan muhit haroratidan kam boʻlsa, unda Δt tuzatma ishorasi musbat, ortiq boʻlsa — manfiy boʻladi. Chiqib turgan ustun hisobiga paydo boʻladigan xatolik ancha katta boʻlishi mumkin va shuning uchun uni eʼtiborga olmaslikning iloji yoʻq.

Vazifasi va qoʻllanish sohasiga koʻra, suyuqlikli termometrlar, odatda, laboratoriya termometrlari, umumsanoat va maxsus vazifalarni bajaruvchi texnik termometrlar, qishloq xoʻjaligi uchun moʻljallangan termometrlar, metrologik, maishiy termometrlarga boʻlinadi.

Suyuqlikli shisha termometrlarning kamchiligiga shkala boʻyicha hisob- lash noqulayligi, koʻrsatishlarni qayd qilib, ularni masofaga uzatib boʻl- masligi, issiqlik inersiyasining kattaligi (koʻrsatishlarning kechikishi) va asboblarning mexanik nuqtayi nazardan mustahkam emasligi kiradi.

Dilatometr va bimetalli termometrlarning ishlash prinsipi harorat oʻzgarganda qattiq jism chiziqli oʻlchamining oʻzgarishiga asoslangan. Harorat

o'zgarishiga bog'liq bo'lgan qattiq jism chiziqli o'lchamining o'zgarishi quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$l_t = l_0(1 + \beta_r \cdot t) \quad (2.9)$$

bu yerda: l_t — t haroratda qattiq jismning uzunligi; l_0 — shu jismning 0°C dagi uzunligi; β_r — o'rtacha chiziqli kengayish koeffitsiyensi (0°C dan $t^\circ\text{C}$ gacha bo'lgan haroratlar oralig'ida).

Dilatometrik termometr, odatda issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti katta bo'lgan metall naycha (aktiv element) va issiqlikdan kengayish koeffitsiyenti juda kichik bo'lgan naycha ichida joylashgan sterjendan iborat bo'ladi.

Dilatometrik termometrlarning aktiv elementi (naychasi) ning asosini materiallari jez L62 ($\beta_r = 18,3 \div 23,6 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) yoki nikellangan po'lat XN60V, 10X17N13M2T ($\beta_r = 20 \div 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) bo'ladi. Passiv element sifatida, odatda, invar qotishmasi ($\beta_r^n = 0,9 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) qo'llanadi. Harorat ortganda aktiv element (naycha) sterjenga nisbatan ancha ko'proq uzayadi. Sterjenning siljishi (cho'zilishi) haroratning o'zgarishiga to'g'ri mutanosiblikda bo'ladi va naychanning boshlang'ich uzunligi bilan aniqlanadi.

Dilatometrik termometrlar suyuqliklar haroratini o'lchashda hamda haroratni ma'lum darajada avtomatik ravishda saqlash uchun va signalizatsiyada qo'llaniladi. Dilatometrik termometrlar 1,5 va 2,5 aniqlik sinflarida chiqariladi, ularning yuqorigi o'lchash chegarasi 500°C gacha.

Afzalliklari: ishonchli, oddiy va arzon.

Kamchiliklari: asbobning o'lchamlari katta, harorat bir nuqtada emas, balki hajmda o'lchanadi, issiqlik inersiyasi katta.

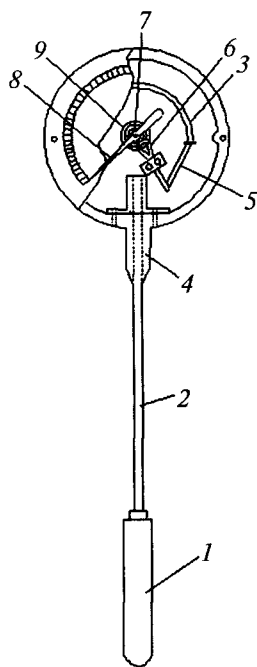
Bimetall termometrlarning sezgir elementi kavsharlangan ikkita plastinkadan tayyorlangan prujinadan iborat. Bu plastinka issiqlikdan kengayish harorat koeffitsiyenti turlicha bo'lgan metallardan tayyorlanadi. Harorat o'zgarganda plastinkalar og'adi. Kavsharlangan plastinkalar bir-biriga nisbatan siljiy olmaganligi sababli prujina issiqlikdan kengayish harorat koeffitsiyenti kam bo'lgan plastinka tomonga og'adi. Plastinkalar uzayishining harorat koeffitsiyentlari farqi qancha katta bo'lsa, prujinaning harorat o'zgarishidagi og'ishi shuncha ko'p bo'ladi. Bimetall termometrlar bilan haroratni o'lchash chegarasi -150°C dan $+700^\circ\text{C}$ gacha, xatoligi 1...1,5 %. Bu turdagi termometrlar haroratni ma'lum darajada avtomatik ravishda rostlash va signallash uchun qo'llaniladi.

2.3-§. MANOMETRIK TERMOMETRLAR

Manometrik termometrlar texnik asbob bo'lib, termotizimning ishchi moddasi jihatidan gazli, suyuqlikli va kondensatsion (bug'-suyuqlikli) termometrlarga bo'linadi. Bu asboblarda suyuq va gazzimon muhitlarning -150 dan $+1000^\circ\text{C}$ gacha bo'lgan haroratini o'lchash uchun qo'llaniladi. Manometrik termometrlar ko'rsatuvchi va o'ziyozar qilib ishlanadi. Uziyozar termometrlar doiraviy yoki tasmaimon diagramma qog'ozi bilan

ta'minlanadi. Diagramma qog'ozini sinxron dvigatel, ba'zi turlarida esa soat mexanizmi siljitadi.

Manometrik termometrlar kimyo sanoatida keng qo'llaniladi. Ular portlash xavfi bor joylarda ishlatilishi mumkin. Bu holda diagramma qog'ozini soat mexanizmi bilan yuritiladi. Manometrik termometrlarning sxemasi 2.1-rasmda ko'rsatilgan. Asbob termoballon 1, kapillar naycha 2 va manometrik qism 3—9 dan iborat. Manometrik prujina 3 ning bir uchi tutqich 4 ga kavsharlangan. U kanal orqali prujinaning ichki bo'shlig'ini termoballon bilan ulaydi. Prujinaning ikkinchi bo'sh uchi germetiklangan va tortqich 5 yordamida sektor 6 bilan bog'langan. Bu sektor, o'z navbatida trubka 7 bilan tishli ilashish vositasiga ulangan. Trubka 7 ning o'qiga strelka 8 o'rnatilgan. Uzatish mexanizmidagi oraliqni to'ldirish uchun spiral tola 9 o'rnatilgan, uning ichki o'ramining uchi trubka o'qiga ulangan.



2.1- rasm. Manometrik termometr.

Asbobning termoballon, kapillar va manometrik prujinasi ishchi modda, asosan, gaz (gazli termometrlarda) va suyuqlik (suyuqlikli termometrlarda) bilan boshlang'ich bosimda to'ldiriladi.

Termoballon isishi bilan ishchi moddaning germetiklangan termotizimdagi bosimi oshadi, buning natijasida prujina yoyila boshlaydi va uning bo'sh uchi siljiydi. Prujina bo'sh uchining siljishi uzatish mexanizmi orqali (tortqich, sektor va trubka) ko'rsatkichning holati bo'yicha hisobga olinadi. Termoballon, odatda, zanglamas po'latdan ishlanadi, kapillar esa jezdan yoki po'latdan ishlanib, uning tashqi diametri 2,5 mm, ichki diametri esa 0,35 mm ga teng bo'ladi. Asbob vazifasiga ko'ra kapillar naychanning uzunligi turlicha (0,6 m dan 60 m gacha) bo'ladi. Manometrik termometrlarda bir chulg'amli, ko'p chulg'amli (chulg'amli soni 6 dan 9 gacha) va spiralli manometrik prujinalar ishlatiladi.

Gazli manometrik termometrlarning ishlash prinsipi germetik berkitilgan termotizimdagi inert gaz bosimining haroratga bog'liqligiga asoslangan. Gazli termometrlardagi boshlang'ich bosim haroratni o'lchash chegaralariga bog'liq bo'lib, odatda 0,98...4,9 MN/m² (10...50 kgk/sm²)ni tashkil qiladi. Bu termometrlar -150°C dan +1000°C gacha haroratlarni o'lchash imkonini beradi. Gazli termometrlarning ishchi moddasi sifatida azot ishlatiladi.

Gazli termometrlarning ishi ideal gaz bosimi va harorati orasida to'g'ri chiziqli munosabat o'rnatuvchi Sharl qonuniga asoslangan:

$$P_t = P_0 [1 + \beta(t - t_0)] \quad (2.10)$$

bu yerda: R_0 va R_t — gazning 0 va t haroratlardagi bosimi; β — gaz kengayishining termik koeffitsiyenti; t_0 va t — °C da berilgan boshlang'ich va oxirgi haroratlardir.

Termometr shkalasi tekis, bu esa uning afzalligi hisoblanadi.

Haroratlar farqi tufayli bosimning o'zgarishi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\Delta P = P_t - P_0 = P_0 \beta (t - t_0) \quad (2.11)$$

Gaz bilan to'ldirilgan termometr tizimidagi boshlang'ich bosim:

$$P_0 = \frac{\Delta P}{\beta(t-t_0)} \quad (2.12)$$

Termometr tizimidagi boshlang'ich bosim katta bo'lgani uchun atmosfera bosimining asbob ko'rsatishiga bo'lgan ta'siri juda kam, shuning uchun uni amalda hisobga olmasa ham bo'ladi.

Atrof-muhit haroratining $+20^\circ\text{C}$ dan chetga chiqishi o'lchashda xatolik paydo bo'lishiga sabab bo'ladi. Bu xatolikni quyidagi tenglamadan hisoblab chiqish mumkin:

$$\Delta t_M = \frac{v_M}{v_b} (t_M - t_0) \quad (2.13)$$

bu yerda: v_m — manometrik prujinaning hajmi; v_b — termoballonning hajmi; t_m — manometr atrofidagi $^\circ\text{C}$ da berilgan harorat; t_0 — asbob darajalangan vaqtdagi harorat (20°C).

Kapillar naycha isishidan kelib chiqqan xatolik:

$$\Delta t_k = \frac{v_k}{v_b} (t_k - t_0) \quad (2.14)$$

bu yerda: v_k — kapillar naychani hajmi; t_k — kapillar atrofidagi harorat ($^\circ\text{C}$).

Termoballon hajmi termometr germetik (yopiq) tizimi hajmining 90 % ini tashkil etadi. Termoballon, kapillar va prujinalarning nisbiy hajmlari to'g'ri tanlangan tarzda kapillarlar 40 m uzunlikdagi termometrlar haroratni kompensatsiyasiz yetarli darajada aniq o'lchay oladi. Kapillar juda ham uzun bo'lsa, termoballonning kerakli hajmi haddan tashqari kattalashadi, natijada asbobning issiqlik inersiyasi oshib ketadi. Hamma hollarda, ayniqsa, ishlatish vaqtida manometrik prujina va kapillar naychani atrofidagi qizigan buyumlar ta'siridan ehtiyot qilish zarur. Ba'zan, harorat o'zgarishidan kelib chiqadigan xatolikni kompensatsiya qilish uchun manometrik prujinaning uzatuvchi mexanizmi ichiga o'rnatilgan bimetal spirallik ko'rinishidagi kompensatsion qurlmadan foydalaniladi. Bimetal spirallik manometrik prujina haroratini o'lchashda asosiy prujinaga nisbatan teskari yo'nalishda harakat qiladi.

Atrof-muhit havo haroratini o'zgarishi kapillarda va manometrik prujinada ishchi moddani kengayishiga ta'sir qiladi. Bu hol termotizim bosimini va termometrning ko'rsatishini ham o'zgartiradi. Bu ta'sirni kamaytirish uchun prujina va kapillar ichki hajmining termoballon hajmiga nisbatini kamaytirishga harakat qilinadi. Buning uchun termoballon uzun-

ligi yoki uning diametri orttiriladi. Gazli manometrik termometr termoballonining uzunligi 500 mm dan ortmasligi lozim, termoballon diametri ushbu: 5, 8, 10, 12, 16, 20, 25 va 30 mm qatordan tanlanadi. Kapillar uzunligi 0,6 dan to 60 m gacha bo'lishi mumkin.

Maxsus tayyorlangan gazli manometrik termometrlar 0°C dan past haroratlarni o'lchash uchun ham qo'llaniladi.

Masalan, vodorod gazli termometr -250°C gacha, geliyligi esa -267°C gacha haroratlarda ishlatilishi mumkin.

Gazli manometrik termometrlarning o'ziga xos kamchiliklaridan biri, ularning issiqlik inersiyasining kattaligidir. Buning sababi termoballon devorlari bilan uni to'ldirgan gaz o'rtasidagi issiqlik almashish koeffitsiyentining kichikligi va gazning issiqlik o'tkazish xususiyatining kichikligidir.

Suyuqlikli manometrik termometrlar tizimi boshlang'ich bosim ostida suyuqlik bilan to'ldiriladi. Buning uchun simob, ksilol, propil alkogol, metaksilol va hokazolar ishlatiladi. Suyuqlikli termometrlar uchun bog'lovchi kapillarlar uzunligi 0,6 m dan 10 metrgacha bo'ladi. Bu termometrlar -150°C dan 600°C gacha bo'lgan haroratlarni o'lchashga imkon beradi.

Termoballon harorati t_0 dan t gacha orttirilganda undagi suyuqlik kengayadi, ortiqcha hajm kapillarga va manometrik prujinaga ta'sir etadi. Biroq, termoballon va kapillar qattiqligi manometrik prujinani anchagina ko'p, shuning uchun tizim hajmining orttirilishi manometrik prujina hajmining o'zgarishi hisobidan bo'ladi. Manometrik prujinaning deformatsiyalanishi natijasida uning erkin uchi siljiydi.

Suyuqlik uchun harorat ta'sirida o'zgargan bosimni quyidagi tenglama orqali topish mumkin:

$$\Delta P = \frac{\beta}{\mu} \cdot \Delta t \quad (2.15)$$

bu yerda: ΔP — berilgan bosimning o'zgarishi, N/m^2 ; β — berilgan suyuqlikning hajmiy kengayish koeffitsiyenti, $\frac{1}{\text{grad}}$; Δt — haroratning o'zgarishi, $^{\circ}\text{C}$; μ — berilgan suyuqlik hajmining kamayish koeffitsiyenti, m^2/N .

Termoballondan siqib chiqariladigan ortiqcha suyuqlik hajmi quyidagi tenglama yordamida hisoblanishi mumkin:

$$\Delta V = V_0(\beta - 3a)(t - t_0) \quad (2.16)$$

bu yerda: V_0 — t_0 haroratda termoballondagi suyuqlik hajmi; a — termoballon materiali chiziqli kengayishining harorat koeffitsiyenti; β — suyuqlik hajmiy kengayishining harorat koeffitsiyenti.

(2.16) tenglamadan ko'rinadiki, qizdirishda suyuqlik hajmining o'zgarishi haroratning chiziqli funksiyasidan iborat ekan. Shuning uchun, suyuqlikli termometrlarning shkalasi gazli termometrlarniki kabi tekis bo'ladi.

Termometrdagi suyuqlik qaynab ketmasligi uchun undagi boshlang'ich bosim $1,47...4,96 \text{ mN}/\text{m}^2$ ($15...50 \text{ kg}/\text{sm}^2$) gacha bo'lishi mumkin.

Ta'kidlab aytamizki, atrof-muhit haroratining o'zgarishidan kelib chiqadigan xatolik suyuqlikli termometrlarda gazli termometrlarga qaraganda katta. Bu xatoliklar gazli termometrlar uchun hisoblanadigan tenglamalar bo'yicha hisoblanaveradi. Kapillar haroratining o'zgarishida ayniqsa katta xatoliklar yuzaga keladi. Shuning uchun, kapillarning uzunligi katta bo'lganda kompensatsion qurilmadan foydalanish zarur.

Suyuqlikli termometrlarda termoballonning manometrغا nisbatan bandligi bo'yicha turlicha joylashishidan kelib chiqadigan xatolikni ham e'tiborga olish lozim. Bu xatolikni, asbobni o'rnatgandan keyin, nolni to'g'rilash hisobiga kompensatsiya qilish mumkin.

Manometrik kondensatsion (bug'-suyuqlikli) termometrlar -50°C dan $+300^{\circ}\text{C}$ gacha haroratlarni o'lchaydi. Kondensat sifatida freon (CHF_2Cl : -5°C ... $+80^{\circ}\text{C}$ gacha); propilen (C_3H_6 : -50°C ... $+60^{\circ}\text{C}$ gacha); metil xlorid (CH_3Cl : 0 ... 125°C gacha); aseton ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ 100°C ... 200°C gacha); etil benzol (C_8H_{10} -160°C ... 300°C gacha) va hokazolar ishlatiladi.

Bu termometrlarning termoballonlari hajmining $2/3$ qismi past haroratda qaynaydigan suyuqlik bilan to'ldiriladi. Termometrlarning berk tizimida doim bug'lanish va kondensatsiyalanishning dinamik muvozanati mavjud. Harorat ko'tarilishi bilan birga bug'lanish kuchayib, bug'ning elastikligi o'sadi, shuning uchun kondensatsiyalanish jarayoni kuchayadi. Buning natijasida to'yingan bug' ma'lum haroratda muayyan bosimga erishadi. Bug' bosimi harorat o'zgarishi bilan o'zgarib, kapillarni to'ldirgan muhit orqali manometrik prujinaga o'tadi.

To'yingan bug' bosimining o'zgarishi harorat o'zgarishiga mutanosib emas, shuning uchun, kondensatsion termometrning shkalasi notekis bo'ladi.

Kapillar va manometrik prujina haroratining o'zgarishi kondensatsion termometr tizimida bosim qiymatiga ta'sir etmaydi; bunday tur termometrlarda kapillar uzunligi, asosan, kapillardagi suyuqlik ishqalanishi bilan chegaralanadi. Kondensatsion termometrlar boshqa turdagi termometrlarga qaraganda ancha sezgirdir. Bu to'yingan gaz bosimi harorat ko'tarilishi natijasida juda tez ortishi bilan tushuntiriladi.

Tuzilishi bo'yicha kondensatsion termometrlar yuqorida ko'rilganlarga o'xshash, ammo termoballon o'lchamlari kichik (diametri $10\text{...}12$ mm, uzunligi $80\text{...}125$ mm).

Termometr tizimidagi bosim o'lchanayotgan haroratning yuqorigi chegarasida $3,5$ MN/m² dan oshmaydi, quyi chegarasida esa bir necha yuz KN/m² ni tashkil etadi. Shuning uchun, ularning ko'rsatishiga, ayniqsa uncha yuqori bo'lmagan haroratlarda, barometrik bosimning o'zgarishi ta'sir etadi.

Manometrik termometrlar barcha turlarning ko'rsatishlari ishchi modaning fizik holatlariga va ularning issiqlik-fizik xossalariga bog'liq bo'lib, katta kechikishlarga ega. Gazli termometrlar eng ko'p, bug'-suyuqlikli termometrlar esa eng kam kechikishga ega (gaz bilan to'ldirilganlariga nisbatan $2,5$ marta kam).

Ikkilamchi asboblardan iborat ishlash uchun ko'rsatishni masofadan uzatadigan elektr va pnevmatik manometrik termometrlar tayyorlanadi. Bu asboblarda harorat unifikatsiyalangan elektr yoki pnevmatik signalga o'zgartiriladi.

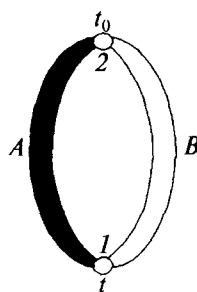
Manometrik termometrlar tuzilishi soddaligi va avtomatik yozishi bilan ajralib turadi. Uning afzalliklaridan yana biri, undan yong'in va portlash xavfi bor bo'lgan muhitda foydalanish mumkinligidir. Uning kamchiliklariga tizimning germetikligi buzilganda tuzatish qiyinligi va ko'p hollarda termoballon o'lchamlarining kattaligi kiradi.

Gazli va suyuqlikli manometrik termometrlarning aniqlik sinfi 1; 1,5 va 2,5; kondensatsion termometrlarniki 1,5; 2,5 va 4.

2.4-§. TERMOELEKTR TERMOMETRLAR

Haroratni o'lchashning termoelektr usuli termoelektr (EYK) ning haroratga bog'liqligiga asoslangan. Bu asbob -200°C dan $+2500^{\circ}\text{C}$ gacha bo'lgan haroratlarni o'lchashda texnikaning turli sohalari va ilmiy-tekshirish ishlarida keng qo'llaniladi. Termoelektr termometrlar yordamida haroratni o'lchash 1821-yilda Zeebek kashf etgan termoelektr hodisasiga asoslangan. Bu hodisaning haroratlarni o'lchashda qo'llanishi ikki xil metall simdan iborat zanjirda ularning kavsharlangan joyida haroratlar farqi hisobiga hosil bo'ladigan EYK effektiga asoslangan. Har xil A va B o'tkazgichlardan iborat zanjirni ko'rib chiqamiz (2.2-rasm). Termojuftning o'lchanayotgan muhitga tegib turgan joyi, kavsharlangan uchi 1 issiq ulanma, o'zgaras t_0 haroratli muhitdagi joyi 2 esa (erkin uchi) sovuq ulanma deyiladi. A va B o'tkazgichlar termoelektrodlar deyiladi. Bunday kavsharlangan o'tkazgichlar esa termojuft deb ataladi, ularda hosil bo'ladigan elektr yurituvchi kuch termoelektr yurituvchi kuch (TEYK) deyiladi. TEYK hosil bo'lishining sababi erkin elektronlar zichligi ko'proq metallning erkin elektronlar zichligi kamroq metallga diffuziyasi bilan izohlanadi. Shu paytda ikki xil metallning birikish joyida paydo bo'ladigan elektr maydon diffuziyaga qarshilik ko'rsatadi. Elektronlarning diffuzion o'tish tezligi elektr maydon ta'sirida ularning qayta o'tish tezligiga teng bo'lganda harakatli muvozanat holati qaror topadi. Bu muvozanatda A va B metallar orasida potentsiallar ayirmasi paydo bo'ladi. Elektronlar diffuziyasining jadalligi o'tkazgichlar birikkan joyning haroratiga ham bog'liq bo'lganligi sababli, birinchi va ikkinchi ulanmalarda hosil bo'lgan EYK ham turlicha bo'ladi.

Agar kavsharlangan o'tkazgichlar bir xil bo'lsa va ularning ikki uchi turlicha haroratda qizdirilsa, u holda o'tkazgichning issiqroq qismidan sovuqroq qismiga erkin elektronlarning diffuziyalanishi teskari yo'nalishdagi



2.2-rasm. Ikki o'tkazgichli termometrik zanjir.

diffuziyasidan jadalroq bo'ladi. Potensiallar ayirmasi elektronlarning issiqlik diffuziyasiga teskari yo'nalishda ta'sir qiladi, buning natijasida muvozanat holati qaror topguncha o'tkazgichning issiqroq uchi musbat ishorada zaryadlanadi. Binobarin, har xil A va B o'tkazgichlardan tashkil topgan eng sodda termoelektr zanjirda to'rtta turlicha TEYK hosil bo'ladi. Ya'ni ikkita TEYK A va B o'tkazgichlarning kavsharlangan uchida; bitta TEYK A o'tkazgichning uchida; bitta TEYK B o'tkazgichning uchida. Shuni nazarda tutib, 2.2-rasmda tasvirlangan zanjirdagi TEYK kattaligini aniqlash mumkin. Zanjirni soat strelkasi harakatiga teskari yo'nalishda kuzatsak, quyidagi natija kelib chiqadi:

$$E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0) \quad (2.17)$$

bu yerda: $E_{AB}(t, t_0)$ — ikkala faktor ta'siridagi jamlangan TEYK; $e_{AB}(t)$ va $e_{AB}(t_0)$ — A va B o'tkazgichlar uchidagi potensiallar hamda haroratlar ayirmasi natijasida hosil bo'lgan TEYK.

Agar kavsharlangan uchlarning harorati bir xil bo'lsa, TEYK nolga teng bo'ladi, chunki ikkala kavsharda ham hosil bo'lgan TEYK ning qiymati bir-biriga teng bo'lib, o'zaro qarama-qarshi tomonga yo'nalgan bo'ladi. Demak, $t = t_0$ bo'lsa,

$$E_{AB}(t_0) = e_{AB}(t_0) + e_{BA}(t_0) = 0 \quad (2.18)$$

$$e_{AB}(t_0) = -e_{BA}(t_0) \quad (2.19)$$

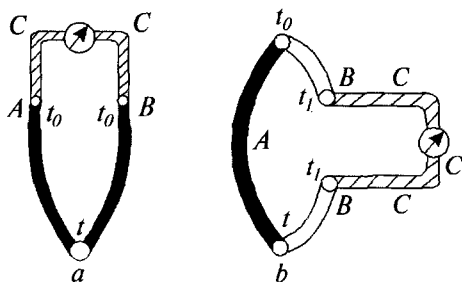
(2.19) natijani (2.17) ga qo'ysak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0) \quad (2.20)$$

(2.20) tenglamadan ko'rinib turibdiki, TEYK ikkita o'zgaruvchan t va t_0 haroratning murakkab funksiyasidan iborat ekan.

Ulanmalardan birining harorati o'zgarmas, masalan, $t_0 = \text{const}$ bo'lsa, unda

$$E_{AB}(t, t_0) = f(t) \quad (2.21)$$



2.3 -rasm. Uchinchi o'tkazgich (o'lchash asbobi)ni termojuft zanjiriga ulash sxemasi.

(2.21) ifoda mazkur termojuft uchun darajalash yo'li bilan TEYK va harorat nisbatini topish, haroratni o'lchash masalasini teskari yechish kerakligini, ya'ni termojuftning TEYK ini o'lchash bilan haroratning qiymatini aniqlash mumkinligini bildiradi.

O'lchash asbobi ulash uchun ulanmalardan biridagi zanjirni (2.3-rasm, a) yoki termoelektrodlardan birini uzish (2.3-rasm, b) kerak.

Termojuft zanjiriga uchinchi C o'tkazgichni ulash variantlaridagi jamlangan TEYK ni ko'rib chiqamiz. 2.3-rasm, a dagi variant uchun:

$$E_{ABC(t, t_0, t_0)} = e_{AB(t)} + e_{BC(t_0)} + e_{CA(t)} \quad (2.22)$$

$t = t_0$, ya'ni ulanmalarining harorati teng bo'lsa,

$$E_{ABC(t_0)} = e_{AB(t_0)} + e_{BC(t_0)} + e_{CA(t_0)} = 0, \quad (2.23)$$

bu tenglamadan ma'lumki,

$$e_{BC(t_0)} + e_{CA(t_0)} = -e_{AB(t_0)} \quad (2.24)$$

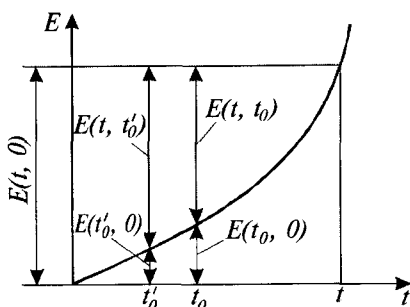
(2.24) tenglama natijasini (2.21) ga qo'yib chiqsak, (2.20) tenglama kelib chiqadi. 2.3-rasm, b dagi variant uchun:

$$E_{ABC(t, t_1, t_0)} = e_{AB(t)} + e_{BC(t_1)} + e_{CB(t_1)} + e_{BA(t_0)} \quad (2.25)$$

Agar $e_{BC(t_1)} = -e_{BC(t_1)}$ va $e_{BA(t_0)} = -e_{AB(t_0)}$ hisobga olinsa, (2.25) tenglama (2.20) tenglamaga aylanadi.

Bundan quyidagi muhim xulosani chiqarish mumkin: termojuftning zanjiri uchlariga harorati bir xil bo'lgan uchinchi o'tkazgich ulanganda ham TEYK o'zgaraydi.

Demak, termojuft zanjiriga ulash simlari, o'lchov asboblari va qarshiliklarni ulash mumkin ekan. Haroratni termoelektr termometr yordamida o'lchash uchun termometr hosil qiladigan termo EYK ni va erkin uchlarning haroratini o'lchash kerak. Agar haroratni o'lchashda termometr uchlarning harorati 0°C ga teng bo'lsa, unda o'lchayotgan harorat darajalash xarakteristikasidan (jadvallar, grafiklardan) (2.4-rasm) darhol topiladi.



2.4-rasm. Termoelektr termometrning erkin uchlari haroratiga tuzatma kiritish.

Bu darajalash xarakteristikasi, termo EYK bilan harorat orasida munosabat o'rnatadi. Termoelektr termometrlarning darajalash xarakteristikasi, odatda, erkin uchlarning harorati 0°C ga teng bo'lganda aniqlanadi. Agar erkin uchlarning harorati amalda 0°C dan farq qilsa-yu, ammo o'zgaras bo'lsa, unda haroratni darajalash xarakteristikasidan topish uchun termojuftlar hosil qiladigan termo EYK nigina emas, balki erkin uchlari harorati t_0 ni ham bilish zarur. Erkin uchlari harorati $t_0 \neq 0$ bo'lganda tuzatish kiritish uchun termoelektr termometr hosil qiladigan termo EYK $E(t_0, t_0)$ ga $E(t_0 - 0)$ ni qo'shish lozim: termo EYK $E(t_0, 0)$ qiymati topiladi:

$$E_{(t, t_0)} + E_{(t_0, 0)} = E_{(t, 0)} \quad (2.26)$$

Termoelektr termometr ish ulanmasi harorati t va erkin uchlari harorati 0°C bo'lganda, ya'ni darajalash sharti bajarilganda shunday $E(t, t_0)$ EYK ni hosil qiladi. Agar o'lchash jarayonida erkin uchlari harorati biror

yangi tFF_0 qiymatni qabul qilsa, unda termometr hosil qiladigan termo EYK $E(t, t_0)$ ga (2.4-rasm) va erkin uchlar haroratiga kiritiladigan tuzatish $E(tF_0, 0)$ ga, darajalash shartiga mos termo EYK esa

$$E(t_0, t_0) + E(t_0, 0) = E_{(u,0)} \quad (2.27)$$

bo'ladi.

Termoelektr termometrning erkin uchlari haroratiga kiritiladigan tuzatma qiymati termometrning darajalash xarakteristikasiga bog'liq bo'ladi, u esa termoelektr termometr tayyorlanadigan o'tkazgich materiallar bilan belgilanadi.

Tuzatmani kiritish usulidan qat'iy nazar (hisobiy yoki avtomatik), tuzatma kiritish uslubi o'zgarmay qoladi: qaysi usul bilan tuzatma (hisobiy yoki avtomatik) kiritilganidan qat'i nazar, sxemada $E(t, 0)$ qiymat olinadi, bu qiymat keyin termojuft termo EYK iga qo'shiladi. Yig'indi termo EYK $E(t, 0)$ darajalash qiymatiga mos keladi.

Haroratni o'lchashga oid alohida masalalarni yechish uchun termoelektr termometrlarni o'lchash asbobi bilan o'lchashning turli usullari qo'llaniladi.

Termoelektr termometrning o'zgartish koeffitsiyentini orttirish uchun bir nechta termojuftlarni (termobatareyalarni) ketma-ket ulashdan foydalaniladi. Bunda termojuftlar hosil qiladigan termo EYK qo'shiladi, ya'ni n ta termojuftdan tuzilgan termobatareyalər termo EYK alohida olingan termojuft termo EYK idan katta bo'ladi.

Ikki nuqta orasidagi harorat farqini o'lchash uchun differensial termoelektr termometr qo'llaniladi. U ikkita qarama-qarshi ulangan bir xil termometrdan tuzilgan. Agar haroratlar farqi o'lchanayotgan nuqtalarning harorati bilan o'zaro teng bo'lsa, unda o'sha nuqtalarda termometr hosil qiladigan TEYK lar ham teng bo'ladi. Bunday holda termometrlardagi zanjir toki nolga teng bo'ladi, chunki qarama-qarshi ulanganda bir termojuftning TEYKi boshqa termojuftning TEYKi bilan kompensatsiya qilinadi va o'lchash asbobi nolni ko'rsatadi. Agar t_1 va t_2 haroratlar turlicha bo'lsa, u holda qaysi harorat yuqori bo'lishiga qarab, haroratlar farqiga mutanosib bo'lgan zanjir toki biror yo'nalishda oqadi, buni o'lchash asbobi ko'rsatadi.

Termoelektr materiallar va termoelektr o'zgartkichlar. Turli o'tkazgichlarning ixtiyoriy jufti termoelektr o'zgartkichni tashkil etishi mumkin, ammo har bir juftlik ham amalda qo'llash uchun yarayvermaydi. Zamonaviy o'lchash texnikasi termoelektr o'tkazgichlar tayyorlanadigan materiallarga ko'pdan ko'p talablar qo'yadi, ammo bu talablarni juda kam sonli materiallarga qondiradi. Asosiy talablar quyidagilardan iborat: yuqori haroratlar ta'siriga chidamlilik, TEYK ning vaqt bo'yicha o'zgarishsizligi, uning iloji boricha katta qiymatga ega bo'lishi va haroratga bir qiymatli bog'liqligi, qarshilik harorat koeffitsiyentining katta bo'lmasligi va katta elektr o'tkazuvchanlik.

Barcha materiallar va qotishmalar uchun TEYK ning haroratga funksional bog'liqligi murakkab bo'lib, uni analitik ifodalash ancha qiyin. Platinarodiy platina jufti bundan istisnodir. Bu juftlik uchun TEYK bilan harorat orasidagi bog'lanish 300 dan 1300°C gacha bo'lgan oraliqda, sovuq ulanma harorati 0°C bo'lganda yetarlicha aniqlikda parabolaga mos keladi:

$$E_{(t, t_0)} = a + bt + ct^2 \quad (2.28)$$

bu yerda: a , b va c — surma (630,5°C), kumush (950,8°C) va oltin (1063°C) larning qotish harorati bo'yicha aniqlanadigan doimiylar.

Hozirgi vaqtda quyidagi metall termoelektrodli termoelekt termometr-lar qo'llanadi. Ularning xarakteristikalari 2.3-jadvalda keltirilgan.

Xromel-kopelli (56 % Si—44 %Ni) termoelekt termometr-lar standart termometr-lar orasida eng katta o'zgartish koeffitsiyentiga ega (70...90 mk V°C). Termoelektrod diametri 1 mm dan kam bo'lgan termometr-lar uchun chegaraviy qo'llanishi 600°C dan kam, masalan, diametri 0,2...0,3 mm bo'lgan termoelektrodlar uchun faqat 400°C ni tashkil etadi. Yuqori o'lchash chegarasi kopelli elektrod xarakteristikasining barqarorligiga bog'liq.

Nikel-xrom-nikel-aluminiyli (94%Ni+2%Al+2,5% Mn+1%Si+0,5% qo'shilma) termometr-lar turli muhit haroratlarini keng chegaralarda o'lchash uchun qo'llaniladi. Ular avval xromel-alumelli termometr-lar deb yuritilar edi. Nikel-aluminiy simdan tayyorlangan termoelektrod oksidlanishga nikel-xromga nisbatan kamroq chidamli. Qo'llashning yuqori chegarasi termoelektrod diametriga bog'liq. Diametri 3...5 mm bo'lgan termoelektrodlar uchun qo'llashning yuqori chegarasi nikel-xrom-nikel-aluminiyli termometr-larda 1000°C ni tashkil etadi. 0,2...0,3 mm diametr uchun 600°C dan ortiq emas.

Platinarodiy (90% platina — 10% rodiy) — platinali termometr-lar uzoq vaqt davomida 0 dan 1300°C harorat oralig'ida, qisqa vaqt davomida 1600°C gacha bo'lgan oraliqda ishlashi mumkin. Mazkur termometr-lar oksidlanadi va neytral muhitlarda darajalash xarakteristikasining barqarorligini saqlaydi. Ulardan foydalanish maqsadiga qarab, etalon namunali va ish termometr-lariga bo'linadi. To'g'ri ishlatilganda darajalash uzoq vaqt davomida o'zgarmaydi. Kamchiliklariga termoelekt termometr-larning boshqa turlari-nikiga nisbatan TEYK kamligi kiradi. Termoelektrod simi diametri 0,3 yoki 0,5 mm bo'ladi.

Platinorodiy (30% rodiyli) — platinorodiyli (6% rodiyli) termoelekt termometr-lar uzoq vaqt davomida haroratlarning +300 dan to 1600°C gacha oralig'ida, qisqa vaqt davomida 1800°C gacha qo'llanadi. Musbat elektrod — 30% rodiy va 70% platina qotishmasidan, manfiy elektrod — 6% rodiy va 94% platina qotishmasidan tashkil topgan.

Mazkur termometr-lar platinarodiy-platinali termometr-larga qaraganda darajalash xarakteristikalarining barqarorligi yuqoriligi bilan ajralib turadi.

Volframreniy-volframreniyli (TVR-5/20 va TVR-10/20) termoelekt termometr-lar uzoq vaqt davomida 0 dan 2200°C gacha va qisqa vaqt davomida

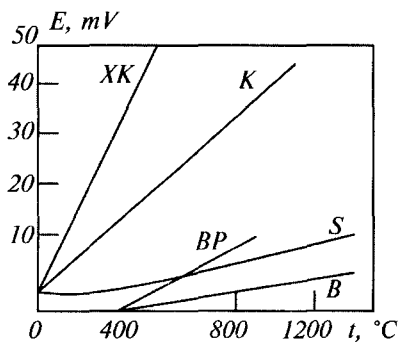
2500°C gacha, shuningdek, vakuumda, neytral va tiklanadigan muhitlarda haroratlarni o'lchashga mo'ljallangan.

2.3-jadval

Standart termoelektrometrlar

Termoelektrometrlar turi	Darajalash belgisi, yangisi (eskisi)	Quyida o'lchash chegarasi, °C	Yuqori o'lchash chegarasi, °C	
			uzoq vaqt qo'llanilganda	qisqa vaqt qo'llanilishida
Mis-kopelli	—	—200	100	600
Mis- mis-nikelli	T	—200	400	600
Temir-mis-nikelli	J	—200	700	900
Xromel-kopelli	(XK)	—50	600	800
Nikel-xrom-mis-nikelli	E	-100	700	900
Nikel-xrom-nikelli	K	—	—	—
Aluminiyli (xromel-alumelli)	(XA)	—200	1000	1300
Platinorodiy (10%)-platinali	S(PP)	0	1300	1600
Platinorodiy (30%)-platinorodiyli (6%)	V(PR)	300	1600	1800
Volframreniy (5%)-volframreniyli (20%)	(VR)	0	2200	2500

Musbat termoelektrod 95% volframdan va 5% reniydan yoki 90% volframdan va 10% reniydan tashkil topgan qotishma, manfiy elektrod 80% volframdan va 20% reniydan tashkil topgan qotishma.



2.5- rasm. Termoelektrometrlarning erkin uchlari haroratiga tuzatma kiritish.

Sanoatda termoelektrometrlar o'zgartiruvchilarning 9 turidan foydalaniladi. 2.5-rasmda ba'zi standart termoelektrometrlarining EYKi bilan harorat orasidagi bog'lanishi ko'rsatilgan. TXK turidagi termojuft boshqa standart termojuftlarga qaraganda ancha katta TEYK hosil qila oladi.

Termoelektrometrlar generator, termoelektrometrlar sovitgich va turli o'lchash asboblari yarimo'tkazgichli termojuftlar ishlatiladi.

Ularning TEYKi metall va metall qotishmalaridan ishlangan oddiy termoparalar TEYK idan 5...10 marta katta. Bu termojuftlarda termoelektrod materiallar sifatida ZnSb va CdSb qotishmalari ishlatiladi.

Turli muhitlar haroratini o'lchaydigan termojuftning sxemasi 2.6-rasmda ko'rsatilgan. U g'ilof 1, qo'zg'almas yoki qo'zg'aluvchi shtutser 2, qo'zg'almas shtutser bilan naycha 6 orqali, shtutser harakatda bo'lganda esa g'ilof bilan bevosita ulangan kallak 3 dan iborat. Qopqoqda izolatsion materialdan ishlangan ulagich 4 joylashgan. Bunda termojuftni o'lchash asbobi bilan ulaydigan termoelektrod 5 va simlar uchun qisqichlar bor.

Himoya g'iloflari, ko'pincha, +1000°C gacha haroratlardan uchun po'latning turli rusumlaridan tayyorlanadi. Bundan ham yuqoriroq haroratlarda qiyin eriydigan birikmalardan tayyorlangan maxsus g'iloflar ishlatiladi.

Oxirgi vaqtda kabel turidagi termoelekt termometrlar keng tarqalmoqda. Ular bosim 40 MPa bo'lganda -50 dan +1100°C gacha bo'lgan haroratlarda oralig'ida qo'llaniladi. Kabel turidagi termometrlarning muhim afzalligiga ularning AES larning energetik reaktorlarida ishlashga imkon tug'diradigan radiatsion chidamliligi, shuningdek, issiqlik zarblariga, tebranishga va mexanik kuchlarga nisbatan chidamliligining yuqoriligi kiradi.

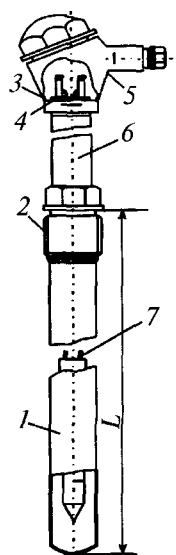
Sirt haroratlarini o'lchashga mo'ljallangan termoelekt termometrlar maxsus tuzilishga ega. Bunday termoparalardan kimyo sanoatida keng foydalaniladi, ular turli uskuna, quvur, mashinalarning aylanuvchi qismi va hokazolarning sirt haroratini o'lchashga xizmat qiladi.

Maxsus termoelekt termometrlardan vertikal uskunalarda (ammiak sintezi kolonnalarida, metanol va h.) haroratni o'lchash uchun ishlatiladigan ko'p zonali termometrlarni ko'rsatish mumkin.

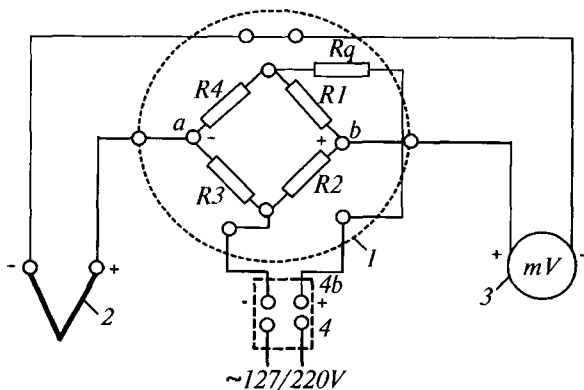
Termoparalarning asosiy kamchiligi sifatida ularning inersionligining kattaligini ko'rsatish mumkin (5 minutdan ham oshadi).

Termoelekt termometr erkin uchlari haroratining o'zgarishini kompensatsiyalash usullari termojuft sovuq ulanmalari harorati o'zgarmas bo'lgandagina to'g'ri o'lchash mumkin. Ammo bu haroratlarda o'zgarmas bo'lib qola olmaydi. Shuning uchun, termometrning sovuq ulanmasini o'lchash obyektidan nariroqqa haroratning o'zgarmas zonasiga olish lozim. Shu maqsadda maxsus kompensatsion (uzaytiruvchi) simlardan foydalaniladi.

Yuqorida aytilganidek, termojuft bilan haroratni o'lchashda termojuftning erkin uchlari haroratning o'zgarishiga qarab tuzatish kiritiladi. Sanoatda avtomatik ravishda tuzatish kiritish uchun ko'prik sxemalar qo'llaniladi (2.7-rasm).



2.6-rasm.
Termoparaning
tuzilishi.



2.7- *rasm.* Termopara erkin uchlarning haroratini avtomatik kompensatsiyalash sxemasi.

Ko'prik termojuftga ketma-ket ulanadi. Uning R_1 , R_2 , R_3 qarshiliklari manganindan, R_4 esa misdan ishlanadi. R_q qo'shimcha qarshilik ko'prikka berilgan kuchlanishni yetarli darajada ta'minlab berish uchun xizmat qiladi. Energiya o'zgarmas tok manbaidan olinganda uning o'zgarishiga qarab, ko'prikni turlicha darajalangan termojuftlar bilan ishlashga rostdash mumkin.

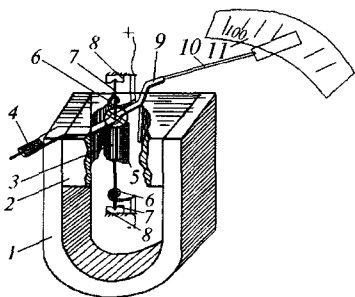
Termopara kompensatsion ko'prikkacha termoelektrod simlar bilan ulanadi, ko'prikdan o'lchash asbobigacha esa mis simlar ulanadi.

Termopara 2 erkin uchlarning darajalanish haroratida ko'prik 1 muvozanat holatda bo'lib, ko'prikning ab uchlardagi potentsiallar ayirmasi nolga teng bo'ladi. Erkin uchlarning harorati o'zgarishi bilan birga R_4 qarshilikning qiymati ham o'zgaradi, natijada ko'prik muvozanati buziladi va uning ab uchlardagi potentsiallar ayirmasi o'zgaradi. Bu ayirmaning qiymati erkin uchlardagi haroratning o'zgarishi sababli paydo bo'lgan TEYK ning teskari ishorali qiymatiga teng bo'ladi.

Millivoltmetrlar. Termoelekt termometrlar (termojuftlar) dagi TEYKni o'lchash uchun elektr magnit millivoltmetrlar, potentsiometrlar va me'yorlovchi o'zgartkichlar keng qo'llanilmoqda. **Millivoltmetr** elektr magnit o'lchash asbobi bo'lib, uning ishlash prinsipi qo'zg'aluvchan ramkadan o'tayotgan tokning o'zgarmas magnit maydoni bilan o'zaro ta'sirlashishiga asoslangan.

Millivoltmetrning tuzilishi 2.8-rasmda ko'rsatilgan.

Doimiy magnitning qutb uchlari 2 va tayanch tovonostlari 8 da aylanadigan o'qlarda joylashgan o'zak 3 orasidagi (havo oralig'ida) ramka 5 bor. Ramkaning uchlari o'qlar 7 ga ulangan ramkaga kronshteyn 9, strelka 10 ulangan.



2.8-*rasm.* Millivoltmetrning tuzilishi.

Strelkaning uchi shkala 11 bo'ylab siljiydi. Ramka termojuft zanjiriga ulanganda spiral-prujina 6 dan keladigan tok ramkadan o'tadi. Ramkaning chulg'ami orqali tok o'tganda hosil bo'lgan magnit maydoni bilan doimiy maydon o'rtasidagi o'zaro ta'sir natijasida aylantiruvchi moment hosil bo'ladi, shu sababli ramka strelka 10 bilan birga aylanadi. Spiral 6 bu aylanishga teskari ta'sir qiladi. TEYK iga strelkaning muayyan bir vaziyati to'g'ri keladi. Tok o'tmagan paytda elastik prujinalar 6 ramkani boshlang'ich vaziyatga qaytaradi, strelkaning shkala 11 bo'yicha ko'rsatishi esa nolga teng bo'ladi. Kronshteyn 9 strelkani muvozanat holatida saqlashi uchun posangi 4 bilan ta'minlangan. Asbob shkalasi °C da darajalangan. Ramkadan o'tayotgan tok bilan doimiy magnit maydon orasidagi o'zaro ta'sir tufayli paydo bo'lgan aylantiruvchi moment quyidagi ifoda orqali aniqlanadi.

$$M_{(ayl)} = C_1 B_1 I \quad (2.29)$$

bu yerda: M_{ayl} — aylantiruvchi moment; C_1 — ramkaning geometrik o'lchami va chulg'amlari soni bilan aniqlanadigan doimiy koeffitsiyent; B — oraliqdagi magnit induksiyasi; I — ramkadagi tok.

Aylanishga teskari ta'sir etuvchi moment:

$$M_{tes} = C_2 E \varphi \quad (2.30)$$

bu yerda: C_2 — elastik element (spiral - prujina yoki cho'zilgan tolalar) o'lchamidan aniqlanadigan doimiy koeffitsiyent; E — spiral prujinalarining elastik moduli yoki cho'zilgan tolalarning siljish moduli; φ — elastik elementning burilish burchagi.

Agar $M_{ayl} = M_{tes}$, ya'ni muvozanat holati bo'lsa,

$$C_2 E \varphi = C_1 B I \quad (2.31)$$

u holda

$$\varphi = \frac{C_1}{C_2} \cdot \frac{B}{E} \cdot I = C \cdot \frac{B}{E} \cdot I \quad (2.32)$$

Asbobning tuzilish parametrlariga bog'liq bo'lgan C , B , E kattaliklar o'lchash jarayonida o'zgarmaydi, shuning uchun,

$$\varphi = K \cdot I \quad (2.33)$$

bu yerda:

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

(2.33) ifodadan pirometrik millivoltmetr shkalasi chiziqli ekanligini ko'rish mumkin.

Asbobni qo'zg'aluvchan tizimining burilish burchagi ramkadan o'tayotgan tok kuchidan tashqari yana termojuft, ulaydigan simlar va millivoltmetrlarning ichki qarshiligiga ham bog'liq:

$$\varphi = K \cdot I = K \frac{E_T}{R_T + R_S + R_M} \quad (2.34)$$

bu yerda: E_T — TEYK; R_T — termopara qarshiligi; R_S — ulaydigan simlar qarshiligi; R_M — millivoltmetrning ichki qarshiligi.

(2.34) ifodadan asbob strelkasining chetga chiqishi TEYK ning o'zgarmas qiymatida zanjirning turli qarshiliklariga bog'liq ekanligi ko'rinib turibdi. Shuning uchun, asbobning darajalanishi zanjir tashqi qismining muayyan qarshiligida ($R_{qash} = R_T + R_S$) bajariladi va qo'shimcha xatoliklarga yo'l qo'ymaslik uchun pirometrik millivoltmetrni o'rnatish jarayonida shu qarshilik aniq saqlanishi shart. Odatda, tashqi qarshilikning darajali miqdori 0,6; 1,6; 5; 15; 25 Om ga teng bo'lib, asbobning shkalasi va pasportida ko'rsatiladi. Tashqi qarshilikni millivoltmetr shkalasida ko'rsatilgan qarshilikka tenglashtirish uchun o'zgaruvchi qarshilikdan foydalaniladi.

O'lchash asbobi sifatida ishlatiladigan millivoltmetrli termoelektrlar komplektining kamchiligi o'lchash asbobida tok mavjudligidir. Tok qiymatiga, ya'ni millivoltmetrning ko'rsatishiga TEYK dan tashqari, zanjirning qarshiligi ham ta'sir qiladi:

$$\Sigma R = R_T + R_S + R_M$$

Har bir qarshilikning o'zgarishi o'lchashda sodir bo'ladigan xatolikka olib keladi. Noqulay sharoitda bu xatolik asosiy xatolik miqdoridan (aniqlik sinfidan) oshib ketishi mumkin.

Texnik millivoltmetrda ramka qarshiligining millivoltmetr umumiy qarshiligiga nisbati 1:3 dan ortiq emas. Millivoltmetrning umumiy qarshiligi orttirib borilsa, uning harorat koeffitsiyenti kamayib boradi. Shu bilan atrof-muhit harorati o'zgarishidan kelib chiqadigan xatolik ham kamayadi. Agar termojuft erkin uchlarining harorati o'lchash jarayonida keng chegaralarda o'zgarsa, unda ko'prik sxemasidan foydalangan holda sovuq ulanmalar haroratini kompensatsiya qilish usuli qo'llaniladi.

Sanoatda va laboratoriyalarda qo'llaniladigan millivoltmetrlar ko'rsatuvchi, o'zi yozuvchi va rostlovchi bo'lishi mumkin. Tuzilishining bajarilishi nuqtayi nazaridan asboblarning shitda o'rnatiladigan va ko'chma bo'ladi. Ko'chma asboblarning uchun 0,2; 0,5 va 1,0, shchitda o'rnatiladiganlari uchun 0,5; 1,0 va 1,5 aniqlik sinflari belgilangan.

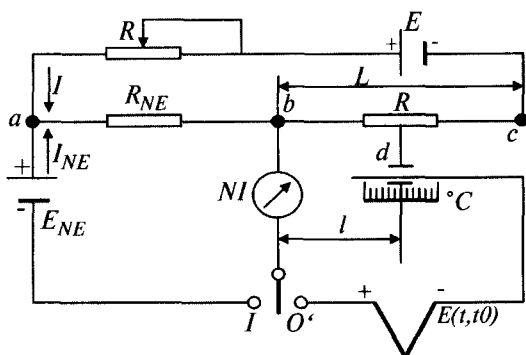
Potensiometrlar. Asboblarga o'lchash aniqligi nuqtai nazaridan qo'yiladigan talablar oshganligi sababli hozir haroratni termojuft bilan o'lchashda millivoltmetrlardan foydalanishdagi kamchiliklardan xoli bo'lgan kompensatsion yoki potensiometrlik usul tobora keng qo'llanilmoqda.

Potensiometrlik o'lchash usuli millivoltmetr yordamida olib boriladigan o'lchashdan ancha afzaldir: potensiometrning ko'rsatishi tashqi zanjir qarshiliklarining o'zgarishiga, asbob haroratiga bog'liq emas. Potensiometrda termojuft erkin uchlari haroratining o'zgarishiga avtomatik ravishda tuzatish kiritiladi, shuning uchun o'lchash aniqligi yuqori bo'ladi. **Potensiometrlik o'lchash usuli** o'lchanayotgan termojuft TEYK ini potensiallar ayirmasi bilan muvozanatlashtirishga asoslangan. Bu potensiallar ayirmasi kalibr-

langan qarshilikda yordamchi tok manbayidan hosil bo'ladi. Potensiallar ayirmasi termojuft TEYK ning teskari ishorali qiymatiga teng.

Harorat yoki TEYK ni o'lchash uchun qo'llaniladigan, qo'l bilan muvozanatlashtiriladigan potensiometrning prinsipial sxemasi 2.9-rasmda ko'rsatilgan.

Tok yordamchi E manbadan zanjirga o'tadi. Bu zanjirning b va c nuqtalari o'rtasida R_r o'zgaruvchan qarshilik — reoxord ulangan. Reoxord L uzunlikdagi kalibrlangan simdan iborat. b nuqta va oraliqdagi reoxordning sirpanuvchi kontaktli sirpang'ichi joylashgan har qanday d nuqta o'rtasidagi potensiallar ayirmasi R_{bd} qarshilikka to'g'ri mutanosib bo'ladi. Ketma-ket ulangan termojuft bilan almashlab ulagich P orqali sezgir nol indikator NI ulanadi, termojuft zanjirida tok borligi shu indikator orqali aniqlanadi. Termojuftning toki R_{bd} tarmoqda yordamchi manba toki bilan bir yo'nalishda yuradigan qilib ulanadi. TEYK ni o'lchash uchun reoxord sirpang'ichi nol indikator strelkasini nolni ko'rsatguncha suradi.



2.9- rasm. Qo'l bilan muvozanatlashtiriladigan potensiometr sxemasi.

Ayni paytda R_{bd} qarshilikdagi kuchlanishning kamayishi o'lchanayotgan TEYK ga teng bo'ladi. Quyidagi tenglama bu holatni xarakterlaydi:

$$E_{(t,t_0)} - I \cdot R_{bd} = 0 \quad (2.35)$$

yoki

$$E_{(t,t_0)} = I \cdot R_{bd} \quad (2.36)$$

bu yerda: $I R_{bd}$ — E manba kuchlanishining tarmoqdagi tushuvi.

Zanjir tarmog'idagi tok kuchi butun zanjirdagi tok kuchiga teng, demak:

$$\frac{U_{bd}}{R_{bd}} = \frac{E}{R_{BC}} \quad (2.37)$$

bundan,

$$U_{bd} = E \frac{R_{bd}}{R_{BC}} \quad (2.38)$$

Kompensatsiya paytida $U_{bd} = E(t, t_0)$ nazarda tutilsa:

$$E(t, t_0) = E \frac{R_{bd}}{R_{bd}} = U_{bd} \quad (2.39)$$

Reoxord kalibrlangan qarshilikka, ya'ni uning har bir uzunligining teng tarmog'i bir xil qarshilikka ega bo'lgani uchun

$$E(t, t_0) = E \frac{l}{L} \quad (2.40)$$

Shunday qilib, $E(t, t_0)$ termoparaning TEYK reoxord qarshiligi R_{BC} tarmog'idagi kuchlanish tushuvi miqdori bilan aniqlanib, qolgan qarshiliklarga bog'liq emas. R_{BC} reoxord shkala bilan ta'minlanishi va shkala bo'linmalari millivolt yoki harorat birliklariga teng bo'lishi mumkin. TEYK ni o'lchash aniqligi reoxord zanjiridagi I tok kuchining o'zgarishiga bog'liq. Tok kompensatsion usul bilan beriladi va nazorat qilinadi. Buning uchun potensiometr sxemasiga normal elementli qo'shimcha kontur kiritiladi. Odatda, normal element (NE) vazifasini simob-kadmiyli galvanik Veston elementi bajaradi. Bu elementning elektr yurituvchi kuchi 20°C da 1.0183V ga teng. NE almashlab ulagich P orqali qarshilik R_{NE} uchlariga ulanadi va uning EYKi yordamchi tok manbayi E ning EYKi tomon yo'nalgan bo'ladi. Qarshilik R yordamida kompensatsion zanjirdagi tok kuchini rostdash bilan NI ning strelkasi nolni ko'rsatishiga erishiladi. Bunday holda kompensatsion zanjirdagi tok kuchi quyidagicha ifodalanadi

$$I = \frac{E_{NE}}{R_{NE}} \quad (2.41)$$

Termoparaning TEYK ni o'lchashda P almashlab ulagich I vaziyatdan O' vaziyatga o'tkaziladi. Reoxord R_r ning D sirpang'ichini siljitib b va c nuqtalar orasidagi potensiallar ayirmasini termojuft TEYK ga tenglashtiriladi. Shu paytda termopara zanjiridagi tok kuchi 0 ga teng, shuning uchun,

$$E_{(t,t_0)} = I \cdot R_{bd} = \frac{E_{NE}}{R_{NE}} \cdot R_{bd} \quad (2.42)$$

E_{NE} va R_{NE} larning qiymati o'zgarmas bo'lgani uchun TEYK ni aniqlash qarshilik tarmog'ining uzunligini aniqlash bilan baravardir.

EYK ni kompensatsion usul bo'yicha o'zgaruvchan tok sharoitida ham o'lchash mumkin. Ammo bu holda o'lchash aniqligi birmuncha pastroq, o'zgaruvchan tokda ishlaydigan asboblarda esa birmuncha murakkabroqdir. Ko'chma potensiometr va laboratoriya sharoitlarida tekshiruv va darajalash ishlarida EYK ni kompensatsion usul bo'yicha o'lchash uchun qo'llaniladi; namuna potensiometr aniq o'lchashlarda ishlatiladi. Bu asboblarning o'lchash sxemalari yuqorida ko'rilgan sxemaga o'xshash, faqat farqi shundaki, o'lchash reoxordi namuna qarshiliklardan tashkil topgan seksiyalar shaklida tayyorlanadi.

gan) orqali bajariladi. O'lchash ko'prigining ikkinchi diagonaliga stabillashgan tok manbayi STM ulanadi. Bu manba o'lchash zanjiridagi ish tokining o'zgarishligini ta'minlaydi.

Termojuft TP dan (yoki biron boshqa datchikdan) olingan o'lchash axboroti signalining o'zgarishi bilan elektron kuchaytirgichning kirishiga nobalanslik signali beriladi. Bu signal ma'lum bir o'zgartgich orqali o'zgaruvchan tokka aylanib, reversiv dvigatel RD aylanish holatiga kelguncha kuchayadi. Reversiv dvigatelning aylanish yo'nalishi nobalanslik ishorasiga bog'liq. Bu aylanish natijasida mexanik uzatma (shkiv yoki tros) yordamida R_r reoxord surilgichi nobalanslik signali o'chguncha siljiydi.

Bulardan tashqari, potensiometr o'lchash sxemasiga qurilmaning umuman normal ishini ta'minlovchi bir qator elementlar kiradi. R_{sh} , R_k , r_k qarshiliklar reoxord qarshiligi R_r ni roslash uchun xizmat qiladi: bunda asbobning darajalanish va o'lchash oralig'i, ya'ni o'lchash chegaralari nazarda tutilishi lozim. Qarshilik R_n va g_n lar yordamida shkala boshlanishi rostlanadi. R_d ballastli qarshilik, R_{r1} , R_{r2} va R_s rezistorlar STM ta'minlash manbayining ish tokini cheklash va roslash uchun qo'llaniladi. R_m rezistor termojuft erkin uchlariidagi harorat o'zgarishining ta'sirini kompensatsiya qilish uchun mo'ljallangan va termojuft uchlari ulangan joy, ya'ni asbobning kirish panelida joylashgan, R_M dan tashqari hamma rezistorlar manganindan, R_m rezistor esa mis yoki nikeldan tayyorlanadi.

Potensiometrlarning turli xil o'lchamlardagi ko'rsatuvchi, qayd qiluvchi, signal beruvchi, rostlovchi turlari ishlab chiqariladi.

Avtomatik potensiometrlarning aniqlik sinfi: 0,25; 0,5 va 1,0.

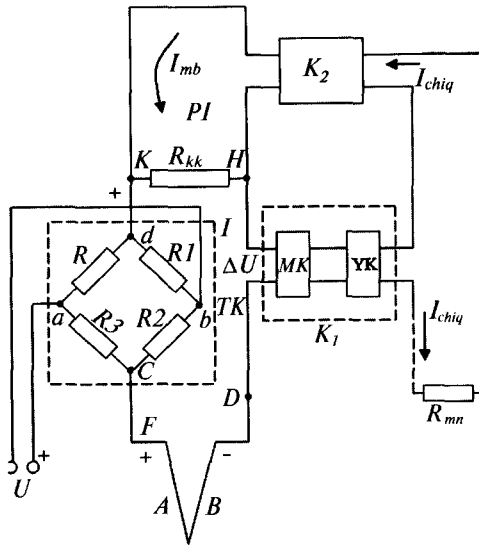
Termoparaning TEYK ini aniq o'lchash va magnitoelektr millivoltmetr hamda avtomatik potensiometrlarni tekshirish uchun o'zgarish tokda ishlaydigan laboratoriya potensiometrlaridan foydalaniladi: ko'chma PP-63 va PP-70; namunaviy R330, R371 va boshqa potensiometrlar. Namunaviy asboblarning aniqlik sinfi: 0,002 va 0,005.

TermoEYK ning me'yorlovchi o'zgartkichi. Termoelektrik o'zgartkichlardan olingan axborotni EHM ga yoki avtomatik roslash tizimiga kiritish uchun me'yorlovchi o'zgartkich keng qo'llanadi. U termoelektr o'zgartkichlarning signallarini 0-5 mA o'zgarish tokdagi bir xillashtirilgan signalga almashtirish uchun mo'ljallangan.

Me'yorlovchi o'zgartkichning ishlashi ish toki o'zgaruvchi kuchga ega bo'lgan potensiometrning sxemasidan foydalangan holda termo EYK ning kompensatsiyalovchi o'lchash usuliga asoslangan.

O'zgartkichning sxemasi 2.12-rasmda keltirilgan. Bu yerda: I — o'lchash konturi; II — kompensatsiya konturi. I konturda tuzatuvchi ko'priklari TK, chiqish toki I_{chiq} bo'lgan kuchaytirgich K_1 va rezistor R_1 bor.

I konturga F va D uzayturuvchi o'tkazgichlar yordamida termojuft AB ulangan. Tuzatuvchi (korrektorlovchi) ko'priklari termojuftning bo'sh uchi haroratining o'zgarishiga avtomatik tuzatma kiritish uchun, shuningdek,



2.12- rasm. Termoelektr termometr (termopara) bilan ishlaydigan me'yorlovchi o'zgartkichning sxemasi.

o'lchashning quyi chegarasi 0°C ga teng bo'lmagan o'zgartkichlarda boshlang'ich termo EYK ni kompensatsiyalash uchun mo'ljallangan. Ko'priklar manbayining ab diagonaliga o'zgarmas tokning barqarorlashtirilgan kuchlanishi ulangan. R_1 , R_2 va R_3 rezistorlar — manganindan, R_m rezistor esa misdan yasalgan. K_1 kuchaytirgich ikkita kaskaddan iborat: ikki taktli ikki yarimdavrlı sxema bo'yicha bajarilgan magnit MK va o'zgarmas tokning kuchayishi rejimida ishlovchi yarimo'tkazgichli kuchaytirgich K . Kuchaytirgich K_1 — nol — indikator vazifasini bajaradi.

II kompensatsiya konturiga R_{kk} rezistor va teskari bog'lanish (aloqa) kuchaytirgichi K_2 kiradi. Bu kuchaytirgich K_1 kuchaytirgichga o'xshaydi, lekin kuchaytirgichning chiqish toki bo'yicha chuqur manfiy bog'lanish bilan ulangan. K_2 kuchaytirgichning I_{mb} , chiqish toki II konturning ishchi toki hisoblanadi va bu tok R_{kk} qarshilik bo'ylab o'tganda unda II kontur tomonidan $U_{kk} = I_{mb} \cdot R_{kk}$ kompensatsiyalovchi kuchlanish vujudga keltiriladi. I kontur tomonidan R_{ab} rezistorga tuzatuvchi ko'priklarning cd o'lchov diagonalida vujudga keluvchi U_{cd} (1 kuchlanish bilan qo'shilgan $E_{AB}(t, t_0)$) termoelektr o'zgartkich signali keltiriladi. Bu kuchlanish, yuqorida aytilgandek, termoo'zgartkichning bo'sh uchlaridagi haroratning tuzatmasiga teng, ya'ni $U_{cd} = E_{AB}(t_0, t_0)$.

Shunday qilib, bu $E_{AB}(t, t_0) = E_{AB}(t, t_0) + U_{cd}$ ga teng yakka signal U_{kk} kuchlanish bilan taqqoslanadi. $\Delta U = E_{AB}(t, t_0) - U_{kk}$ ga teng nobalanslik K_1 kuchaytirgichga beriladi, u yerda o'zgarmas tokning ΔU signali avval magnit kuchaytirgich MK da o'zgaruvchi tok signaliga aylantiriladi, so'ngra

kuchaytiriladi va yana o'zgaras tok signaliga aylantiriladi, u o'zgaras tokning yarimo'tkazgichli kuchaytirgichi YK da qo'shimcha ravishda kuchaytiriladi. K_1 kuchaytirgichning chiqish signali I_{chiq} tokini vujudga keltiradi, u R_{TN} tashqi zanjirga keladi va keyin kuchaytirgich orqali teskari aloqa kuchaytirgichi K_2 ga keladi. K_2 kuchaytirgichning I_{Tb} chiqish toki o'zgaradi va R_{kk} rezistorda U_{kk} , kuchlanish pasayishini (tushishini) ΔU nobalans kompensatsiyalashning statik xatosi deb ataluvchi biror kichik δU kattalik-kacha o'zgartiradi.

Kompensatsiyalashning statik xatosining mavjud bo'lishi I o'lchash konturida kompensatsiyalanmagan tok o'tishiga olib keladi. Bunda o'lchavchi termo EYK qancha katta bo'lsa, bu tok shuncha katta bo'ladi.

Statik avtokompensatsion sxema bo'yicha bajarilgan qurilmalarda bunday xatolikni yo'qotib bo'lmaydi, chunki o'zgartgichning I_{chiq} chiqish toki va kompensatsiya konturining I_{Tb} toki bu xatolikning mavjudligi bilan aniqlanadi va unga mutanosibdir. Shu bilan birga, avtokompensatsion sxemaning statik xatosi, agar kuchaytirish ko'effitsiyenti katta bo'lgan kuchaytirgichdan foydalanilsa, ancha kamaytirilishi mumkin.

Endi o'lchanayotgan termo EYK $E_{AB}(t, t_0)$ bilan o'zgartgichning chiqish toki I_{chiq} orasidagi matematik bog'lanishni qarab chiqamiz.

Yuqorida aytilganlarga muvofiq

$$\Delta U = E_{AB}(t, t_0) - U_{kk}. \quad (2.43)$$

K_1 va K_2 kuchaytirgichlarning chiqishida quyidagi signallar shakllanadi:

$$I_{chiq} = K_1^k \cdot I_{kir} = K_1^k \frac{\Delta U}{R_{kir}}, \quad (2.44)$$

$$I_{Tb} = K_2^k \cdot I_{chiq}. \quad (2.45)$$

bu yerda: K_1^k va K_2^k — kuchaytirgich K_1 va K_2 larning kuchaytirish ko'effitsiyentlari; $I_{kir} = \Delta U / R_{kr}$ kuchaytirgichning kirish zanjirida ΔU signal vujudga keltiradigan tok; R_{kir} — K_1 kuchaytirgich kirish zanjirining qarshiligi. R_{kk} rezistorda kuchlanishning tushishini topamiz:

$$U_{kk} = I_{Tb} \cdot R_{kk} = K_2^k \cdot I_{chiq} \cdot R_{kk}. \quad (2.46)$$

(2.43), (2.44) va (2.46) ifodalar orqali ushbuni topamiz:

$$I_{chiq} = K \cdot E_{AB}(t, t_0) \quad (2.47)$$

bunda me'yorlovchi o'zgartgichning o'zgartirish ko'effitsiyenti:

$$K = \frac{1}{R_{kir} / K_1^k + K_2^k \cdot R_{kk}},$$

$$\left[K_1^k \rightarrow \infty \text{ da } K = 1 / (K_2^k \cdot R_{kk}) \right].$$

Shunday qilib, me'yorlovchi o'zgartgichning chiqish toki termoelekt o'zgartgich (TEO) ning signaliga mutanosib bo'ladi.

Kirish signalining qiymatidan kelib chiqib, termoelekt o'zgartgichlar bilan ishlovchi me'yorlovchi o'zgartgichlar 0,6...1,5 aniqlik sinflariga ega.

2.5-§. QARSHILIK TERMOMETRLARI

Haroratni qarshilik termometrlari bilan o'lchash harorat o'zgarishi bilan o'tkazgich hamda yarimo'tkazgichlar elektr qarshiligining o'zgarish xususiyatiga asoslangan. Demak, o'tkazgich yoki yarimo'tkazgichning elektr qarshiligi uning harorati funksiyasidan iborat, ya'ni $R=f(t)$. Bu funksiyaning ko'rinishi termometr qarshiligi materialining xossalari bog'liq. Ko'pchilik toza metallarning elektr qarshiligi harorat ko'tarilishi bilan ortadi, metall oksidlari (yarimo'tkazgichlar) ning qarshiligi esa kamayadi. Qarshilik termometrlarini tayyorlashda quyidagi talablarga javob beruvchi toza metallar qo'llaniladi:

1) o'lchanayotgan muhitda metall oksidlanmasligi va kimyoviy tarkibi o'zgarimasligi kerak;

2) metallning haroratga qarshilik koeffitsiyenti yetarli darajada katta va barqarorlashgan bo'lishi lozim;

3) qarshilik harorat o'zgarishi bilan to'g'ri yoki ravon egri chiziq bo'yicha, keskin chetga chiqishlarsiz va gisterezis holatlarisiz o'zgarishi kerak;

4) solishtirma elektr qarshilik yetarlicha katta bo'lishi kerak. Ma'lum haroratlar oralig'ida yuqoridagi talablarga platina, mis, nikel, temir, volfram kabi metallar javob beradi.

Harorat o'zgarishi bilan elektr qarshiligining o'zgarishini xarakterlovchi parametr — elektr qarshilikning *harorat koeffitsiyenti* deyiladi. Harorat koeffitsiyenti haroratga bog'liq bo'lgan metallar uchun faqat haroratning har bir qiymati uchun aniqlanishi mumkin:

$$a = \left(\frac{1}{R_0}\right)\left(\frac{dR_t}{dt}\right), \quad (2.48)$$

bu yerda: R_0 va R_t — 0 va t °C haroratdagi qarshiliklar.

Temperatura koeffitsiyenti °C⁻¹ yoki °K⁻¹ larda ifodalanadi. Ko'pgina sof metallar uchun harorat koeffitsiyenti 0,0035 ... — 0,065 K⁻¹ chegaralarda yotadi. Yarimo'tkazgichli metallar uchun harorat koeffitsiyenti manfiy va metallarnikidan bir tartibga ko'p (0,01 ... 0,015 K⁻¹) bo'ladi.

Hozir qarshilik termometrlarini tayyorlash uchun mis, platina, nikel va temirdan foydalaniladi.

Mis arzon material bo'lib, uning qarshiligi amalda haroratga chiziqli bog'liq, ya'ni

$$R_t = R_0(1+at), \quad (2.49)$$

bu yerda: R_t va R_0 — t va 0°C haroratda termometr qarshiligi; a — mis simning harorat koeffitsiyenti: $a = 4,28 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Mis oksidlanishi tufayli u ko'pi bilan 200°C bo'lgan haroratlarni o'lchashda qo'llaniladi. Misning kamchiliklariga uning solishtirma qarshiligining kamligini kiritisa bo'ladi: $\sigma = 17 \cdot 10^{-7} \text{ Om}\cdot\text{m}$. Solishtirma qarshilik termometrning o'lchamiga ta'sir etadi: solishtirma qarshilik qancha kam bo'lsa, sim shuncha ko'p kerak bo'ladi, shuning uchun termometr o'lchami shuncha katta bo'ladi.

Misdan tayyorlangan qarshilik termometrlari — 200 dan + 200°C gacha haroratlarni uzoq vaqt davomida o'lchashda qo'llaniladi. Nominal qarshiliklar 0°C da 10, 50 va 100 Om ni tashkil etadi.

Amaliyotda yana $R_0 = 53 \text{ Om}$ li termometr ishlatiladi. Bu qarshilik termometrlari uchun quyidagi belgilashlar kiritilgan: 1 Om, 5 Om, 10 Om ($R_0 = 53 \text{ Om}$ qarshilik termometri Gr. 23 deb belgilangan).

Platina — qimmatbaho material. Kimyoviy jihatdan inert va sof holda osonlik bilan olinadi. Platinadan tayyorlangan qarshilik termometrlari — 260 dan +1100°C gacha haroratlarni o'lchash uchun qo'llaniladi. Platina qarshiligining haroratga bog'liqligi murakkab bog'lanishdan iborat bo'lib, —183 dan 0°C gacha harorat oralig'ida quyidagicha yozilishi mumkin:

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + Ct^3(t - 100)]. \quad (2.50)$$

0 dan + 630°C gacha oraliqda esa quyidagicha ifodalanadi:

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2), \quad (2.51)$$

bu yerda: R_t va R_0 — mos ravishda, t va 0°C haroratlarda platina qarshiligi; A, B, C — o'zgarmas koeffitsiyentlar bo'lib, ularning qiymati termometrni darajalashda kislorod, suv va oltingugurtning qaynash nuqtalari bo'yicha aniqlanadi.

Standart qarshilik termometrlarida qo'llaniladigan PL-2 markali platina uchun (2.50) va (2.51) tenglamalardagi koeffitsiyentlar quyidagi qiymatlarga ega:

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

Texnik termometrlarni tayyorlashda ishlatiladigan PL-2 markali platina uchun $R_{100}/R_0 = 1,391$.

0°C da platinali qarshilik termometrlari quyidagi qarshiliklarga ega bo'lishi mumkin: 1, 5, 10, 50, 100 va 500 Om (amalda $R_0 = 46 \text{ Om}$ li termometr ishlatiladi). Bu qarshilik termometrlari uchun o'zgarishning nominal statistik xarakteristikasiga quyidagi belgilashlar kiritilgan: 1P, 5P, 10P, 50P, 100P va 500P ($R_0 = 46 \text{ Om}$ qarshilikli termometr Gr. 21 deb belgilangan).

Platinaning kamchiliklaridan biri uning tiklovchi muhitda metall bug'lari, uglerod oksidi va boshqa moddalar bilan ifloslanishidir. Bu, ayniqsa, yuqori haroratlarda namoyon bo'ladi.

Nikelli va temirli qarshilik termometrlari —60 dan +180°C gacha haroratlarda oralig'ida ishlaydi. Nikel va temir qarshilik termometrlari katta harorat koeffitsiyentiga ega:

$$a_{\text{Ni}} = (6,21 - 6,34) \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$a_{\text{Fe}} = (6,25 - 6,57) \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

va solishtirma qarshiligi katta:

$$\delta_{Ni} = 1,18 - 1,38 \cdot 10^{-7} \text{ Om} \cdot \text{m};$$

$$\delta_{Fe} = 0,55 - 0,61 \cdot 10^{-7} \text{ Om} \cdot \text{m}.$$

Ammo bu metallar quyidagi kamchiliklarga ega: ularni sof holda olish qiyin, bu esa bir-birini almashtira oladigan qarshilik termometrlarini tayyorlashda qiyinchilik tug'diradi; temir va nikel qarshiligining haroratga bog'liqligi oddiy empirik tenglamalar bilan ifodalanadigan egri chiziqlardan iborat emas; nikel va temir nisbatan past haroratlarda ham osongina oksidlanadi. Bu kamchiliklar qarshilik termometrlarini tayyorlashda nikel va temir qo'llashni cheklab qo'yadi.

2.13-rasmda yuqorida ko'rilgan solishtirma elektr qarshiligining metallar haroratiga bog'lanishi berilgan.

Qarshilik termometrlarini (termistorlarni) tayyorlash uchun yarimo'tkazgichlar (ba'zi metallarning oksidlari) ham ishlatiladi. Yarimo'tkazgichlarning muhim afzalligi ularning harorat koeffitsiyentining kattaligidir.

Termoqarshiliklar tayyorlashda titan, magniy, temir, marganes, kobalt, nikel, mis oksidlari yoki ba'zi metallarning (masalan, germaniy) kristallari turli aralashmalar bilan birgalikda qo'llaniladi.

Yarimo'tkazgich termometr qarshiligi (termorezistor qarshiligi) bilan harorat orasidagi bog'lanish quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$R_T = R_0 \exp\left(B \frac{T_0 - T}{T_0 \cdot T}\right) \quad (2.52)$$

R_0 qiymat T_0 haroratda termometr qarshiligi bilan aniqlanadi, B qiymat esa termometr tayyorlanadigan yarimo'tkazgich materialiga bog'liq.

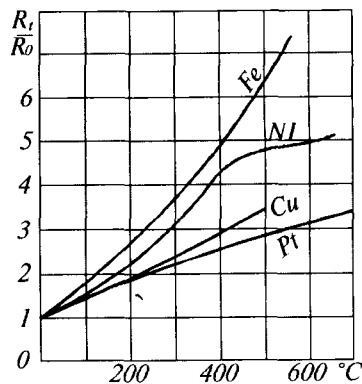
1,5 °K va undan yuqori haroratlarni o'lchash uchun, ayniqsa, germaniyli termorezistorlar keng tarqalgan.

−100 dan +300°C gacha haroratlarni o'lchash uchun, oksidlanuvchi yarimo'tkazgich materiallardan foydalaniladi. Yarimo'tkazgichli termorezistorning o'zgarish koeffitsiyentlari metall simdan qilingan sezgir elementli qarshilik termometrlarinikiga qaraganda bir necha tartibga ortiq. Ammo individual darajalash zarurati haroratni o'lchashda yarimo'tkazgichli termorezistorlarni keng qo'llanish imkonini cheklab qo'yadi.

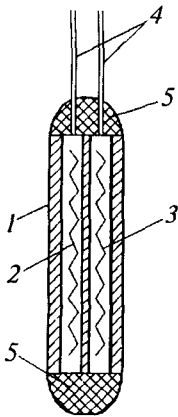
Haroratni o'lchashda MMT-1, MMT-4, MMT-6, KMT-1, KMT-4 turdagi termoqarshiliklar ishlatiladi.

Yarimo'tkazgichli termorezistorlar ko'proq termosignalizatsiya va avtomatik himoya qurilmalarida qo'llanadi.

Qarshilik termometrlari termoelement (sezgir element) va tashqi himoya qobig'idan tuzilgan.

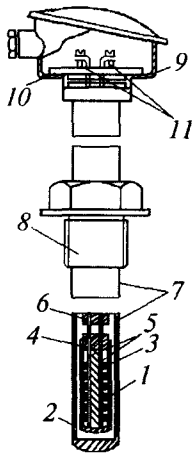


2.13-rasm. Ba'zi metallar solishtirma qarshiligining haroratga bog'liqligi.



2.14- rasm.

Platinali qarshilik termometrining sezgir elementi.



2.15- rasm. Qarshilik termometrining tuzilishi.

Simlar shtutser orqali chiqariladi. Tashqi elektr va magnit maydonlari ta'sirini kamaytirish uchun qarshilik termometrlarining sezgir elementlari induktivsiz o'rnamli qilib yasaladi.

Qarshilikni o'lchash uchun termometr bo'ylab tok o'tishi lozim. Bunda Joul-Lens qonuniga ko'ra, issiqlik ajralib, u termometrni o'lchanayotgan muhit haroratiga qaraganda yuqoriroq haroratgacha qizdiradi. Natijada uning qarshiligi tegishli o'zgaradi.

Sanoat sharoitlarida o'lchash toki shunday hisoblanadiki, natijada o'z-o'zini qizdirish hisobiga yuz beradigan xatolik 0°C dagi termometr qarshiligi

Metall qarshilikli termometrlarning sezgir elementi, odatda, shisha, kvars, keramika, sluda yoki plastmassadan qilingan karkasga o'ralgan sim yoki tasmadan iborat.

Sezgir elementli termometr uchining qisqichlariga o'lchash asbobiga boradigan simlar ulangan.

Platinali termometrlarning sezgir elementi ikkita yoki to'rtta keramik karkas 1 ning kapillar kanallarida joylashgan ketma-ket ulangan spirallar 2 dan tashkil topgan (2.14-rasm). Karkas kanallari keramik kukun 3 bilan to'ldiriladi, bu kukun izolator bo'lib xizmat qiladi va spiralning prujinaga o'xshash egiluvchanligini ta'minlaydi. Spiral uchlariga platinali yoki iridiy-rodidiy (60% rodidiy) simdan qilingan quloqchalar 4 kavsharlangan. Keramik karkasda sezgir element maxsus glazur (yoki termosement) 5 bilan germetizatsiyalanadi. Karkas kanalining spirallari va devorchalari orasidagi bo'shliq aluminiy oksidi kukuni bilan to'ldirilgan, u izolator bo'lib xizmat qiladi hamda spirallar va karkas orasida issiqlik kontaktini oshiradi. Platinali qarshilik termometrlarining sezgir elementlari diametri 0,04...0,07 mm li platina simdan tayyorlanadi.

Qarshilik termometrlarining tuzilishi 2.15-rasmda keltirilgan. Qarshilik termometrining simdan qilingan sezgir elementi to'rt kanalli keramik karkas 2 ga joylashtirilgan. Mexanik shikastlanishdan va o'lchanayotgan yoki atrof-muhitning zararli ta'siridan saqlanish uchun sezgir element himoya qobig'i 3 ga joylashtirilgan. U keramik vtulka 4 bilan zichlashtirilgan. Sezgir elementning quloqchalari 5 izolatsion keramik naycha 6 orqali o'tadi.

Shularning hammasi o'lchash obyektida rezbalı shtutser 8 yordamida o'rnatilgan himoya g'ilofi 7 da joylashgan. Himoya g'ilofining uchida termometrning ulaydigan uchi 9 joylashgan. Uchida termometr quloqchalarini mahkamlash va simlarni ulash uchun vintlar 11 bo'lgan izolatsion kolodka joylashgan. Uchi qopqoq bilan yopiladi.

0,1 % R_0 dan ortiq bo'lmaydi. Qarshilik termometrlarining kamchiligi — qo'shimcha tok manbayining zarurligidir.

Termometrlarning va boshqa qarshilik o'zgartiruvchilarning qarshiliklarini o'lchash uchun: logometrlar, muvozanatlashtirilgan va muvozanatlashmagan ko'prik sxemalari, kompensatsion usul va termoqarshilikning me'yorlovchi o'zgartgichlaridan foydalaniladi.

Logometrlar. Logometr, ko'pincha, texnik qarshilik termometrlari bilan birgalikda haroratni o'lchash uchun qo'llaniladi. **Logometrning ishlash prinsipi** ikki elektr zanjiridagi toklar nisbatini o'lchashga asoslangan. Zanjirlardan biriga qarshilik termometri, ikkinchisiga esa o'zgarmas qarshilik ulangan. 2.16-rasmda logometrning sxemasi keltirilgan. U o'zaro va strelka 3 bilan bikir qilib mahkamlangan ikkita ramachalar 1 va 2 dan iborat. Bu ramachalar esa doimiy magnit qutb uchliklari 4 va 5 bilan o'zak orasidagi havo tirqishida joylashtirilgan. Bu tirqish bir tekis qilinmagan, shuning uchun, magnit induksiyasi qiymatlari uning turli nuqtalarida (ramachalar va strelkaning burilish burchaklari turlicha bo'lganda) turlicha bo'ladi. Markazdan qutb uchliklari chetlariga qarab havo tirqishi kamayadi va, mos ravishda, markazdan qutb uchliklari chetlariga qarab tirqishda magnit induksiyasi o'sadi. Logometrning ikkala ramkasi bitta o'zgarmas tok manbai E dan ta'minlanadi, ular aylantiruvchi momentlari bir-biriga qarshi yo'naladigan qilib ulangan. Aylantiruvchi momentlar M_1 va M_2 ning qiymati, mos ravishda, quyidagiga teng:

$$M_1 = C_1 B_1 I_1, \quad (2.53)$$

$$M_2 = C_2 B_2 I_2 \quad (2.54)$$

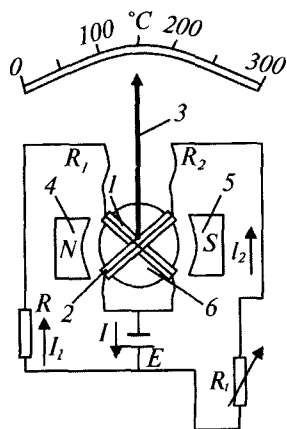
bu yerda: C_1 va C_2 — ramachalarning geometrik o'lchamlari va ulardagi sim o'ramlari soni bilan aniqlanadigan o'zgarmas koeffitsiyentlar; B_1 va B_2 — ramachalar joylashgan joydagi magnit induksiyalari; I_1 va I_2 ramachalardan o'tayotgan tok kuchlari.

Ramachalar qarshiligi teng, ya'ni $R_1 = R_2$ va $R = R_1$ bo'lsa, $I_1 = I_2$ va $M_1 = M_2$ bo'lib, qo'zg'aluvchi tizim muvozanat holatida bo'ladi. Agar termometr qarshiligi o'zgarsa, ramachalardan birida tok kuchayadi, shu sababli momentlar muvozanati buzilib, qo'zg'aluvchan tizim esa harakatga keladi. Kuchaygan ramacha magnit induksiyasi kichik tirqishga kirganda, ikkinchi ramacha esa magnit induksiyasi katta tirqishga kiradi. Ma'lum bir holatda ramachalar momenti muvozanatlashadi, ya'ni

$$C_1 B_1 I_1 = C_2 B_2 I_2. \quad (2.55)$$

Bu tenglamadan

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{C_2}{C_1} \cdot \frac{B_2}{B_1} = C \frac{B_2}{B_1} \quad (2.56)$$



2.16-rasm. Logometrning prinsipial sxemasi.

kelib chiqadi. I_1 va I_2 ning ta'minlash manbai E orqali ifodalangan qiymatlarni qo'ysak, quyidagi natijaga ega bo'lamiz:

$$\frac{\frac{E}{R+R_1}}{\frac{E}{R_1+R_2}} = \frac{R_1+R_2}{R+R_1} = C \cdot \frac{B_2}{B_1}. \quad (2.57)$$

$B = f(\varphi)$ bo'lgani uchun

$$\frac{B_2}{B_1} = f(\varphi). \quad (2.58)$$

Shuning uchun,

$$\frac{R_1+R_2}{R+R_1} = f(\varphi), \quad (2.59)$$

$$\varphi = f\left(\frac{R_1+R_2}{R+R_1}\right). \quad (2.60)$$

R , R_1 va R_2 — doimiy kattaliklar bo'lganligi uchun qo'zg'aluvchan tizimning burilish burchagi termometr qarshiligi qiymatiga bog'liq:

$$\varphi = f(R). \quad (2.61)$$

Shunday qilib, qo'zg'aluvchan tizimning burilish burchagi yoki M_1 va M_2 momentlar teng bo'lgandagi (tizimning muvozanat holati) logometr ko'rsatishi termometr qarshiligiga bog'liq va ta'minlash kuchlanishiga bog'liq emas.

Tenglamalarni keltirib chiqarishda tayanchlardagi ishqalanish, issiqlik o'tkazuvchilarning qarshilik momentlari, qo'zg'aluvchan tizimning inersiya momentlari va qator boshqa omillar e'tiborga olinmadi. Shuning uchun, amalda logometrning ko'rsatishi bilan ta'minlash kuchlanishi orasida qandaydir bog'lanish bor.

Logometrning sezgirligini oshirish va harorat kompensatsiyasini amalga oshirish imkoniyati bo'lishi uchun simmetrik ko'priklari o'lchash sxemasiga ega bo'lgan logometr qo'llanadi.

Ko'chma asboblari uchun logometrlarning aniqlik sinfi 0,2; 0,5 va 1,0 ni, shitda o'rnatilgan stasionar (turg'un) asboblari uchun 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 va 2,5 ni tashkil etadi. Logometrlar ko'rsatuvchi, o'ziyozar bo'ladi, shuningdek, signal berish va rostdash uchun qo'shimcha qurilmalari ham bo'lishi mumkin.

Qarshiliklarni o'lchashning ko'priklari sxemasi. Termometrlar qarshiligini o'lchash uchun elektrotexnikada foydalaniladigan odatdagi muvozanatlash-tirilgan va muvozanatlashtirilmagan ko'priklari sxemalarini qo'llash mumkin.

Muvozanat ko'priklari ikki xil: laboratoriyada (noavtomatik) va sanoatda ishlatiladigan (avtomatik) bo'ladi. Yarimo'tkazgichli termoqarshiliklarning o'lchash asbobi sifatida esa, odatda muvozanatlashtirilmagan ko'priklari xizmat qiladi.

2.17-rasmda qarshilik termometri ulanadigan, o'zgaras tokda ishlaydigan muvozanatlashtirilgan ko'priknining prinsipial sxemasi keltirilgan. Ko'priknining ikkita doimiy qarshiliklar (rezistorlar) R_1 va R_2 , reoxord R_r , qarshilik termometri R_t va ulaydigan simlarning qarshiliklari R_{sim} dan iborat. Ko'priknining bir diagonaliga E o'zgaras tok manbai, ikkinchisiga esa almashlab ulagich P orqali nol indikator NA ulanadi. Reoxord R_r ning sirpang'ichi siljishi tufayli ko'priknining erishilgan muvozanat holatida uning diagonalidagi tok kuchi nolga teng bo'ladi. Shu paytda ko'priknining b va d uchlariidagi potentsiallar teng bo'ladi. I manba toki ko'priknining a uchida ikkiga — I_1 va I_2 ga bo'linadi.

Demak, R_1 va R_2 qarshiliklar bir-biriga teng bo'lgani uchun quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$R_1 I_1 = R_2 I_2 \quad (2.62)$$

Ko'priknining bc va cd yelkalaridagi potentsiallar ham teng bo'ladi, ya'ni

$$I_r R_r = I_t (R_t + 2R_{sim}) \quad (2.63)$$

(2.62) tenglamani (2.63) tenglamaga bo'lsak

$$\frac{R_1 I_1}{R_r I_r} = \frac{R_2 I_2}{(R_t + 2R_{sim}) I_t} \quad (2.64)$$

Agar $I_0 = 0$, $I_1 = I_r$ va $I_2 = I_t$ bo'lsa,

$$R_1 (R_t + 2R_{sim}) = R_r R_t \quad (2.65)$$

$$R_t = R_r \frac{R_2}{R_1} - 2R_{sim} \quad (2.66)$$

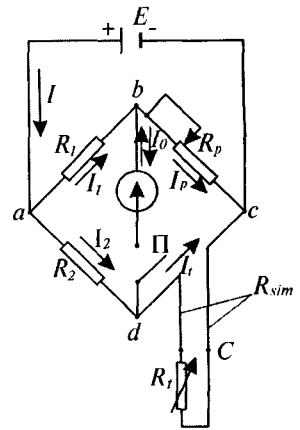
Agar atrofdagi haroratni doimiy deb hisoblasak, $2R_{sim} = \text{const}$.

U holda (2.66) tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

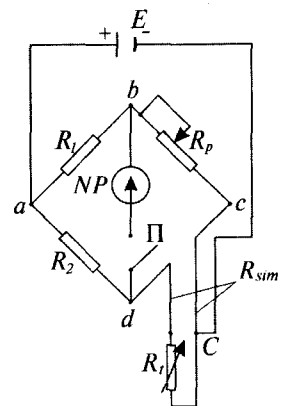
$$R_t = K \cdot R_r - K_1 = f(R_r) \quad (2.67)$$

Shunday qilib, R_t o'zgarishi bilan reoxord qarshiligi R_r ni o'zgartirib, ko'priknini muvozanat holatiga keltirish mumkin. O'lchanayotgan muhit haroratining o'zgarishi katta bo'lib, R_r ning o'zgarishi sababli yuzaga keladigan xatolik miqdori ko'payib ketish xavfi paydo bo'lganda, qarshilik termometri uch simli ulash sxemasi qo'llanadi (2.18-rasm).

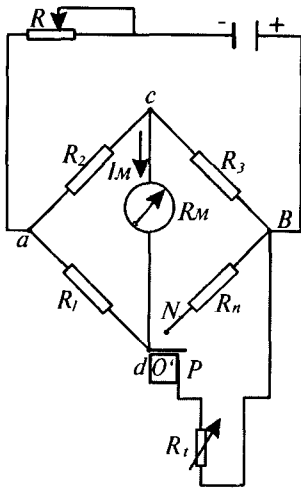
Bunday ulash usulida bir simning qarshiligi R_t qarshilikka, ikkinchi simning qarshiligi esa R_p



2.17-rasm. Muvozanatlashtirilgan ko'priknining prinsipial sxemasi.



2.18-rasm. Uch simli ulash sxemasi.



2.19-rasm. Muvozanatlashtirilmagan ko‘prikning prinsipial sxemasi.

o‘zgaruvchi qarshilikka qo‘shiladi. Ko‘prik muvozanatining tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:

$$R_t + R_{sim} = (R_r + R_{sim}) \frac{R_2}{R_1}, \quad (2.68)$$

$R_1 = R_2$ bo‘lsa,

$$R + R_{sim} = R_r + R_{sim} \quad (2.69)$$

Bu tenglamadan ko‘rinib turibdiki, uch simli sxemada simlarning qarshiligi o‘lchash natijasiga ta‘sir qilmaydi.

Uch simli sxemalarda har bir liniyadagi alohida moslash qarshiliklari yordamida berilgan R_{sim} qiymatgacha olib boriladi. Muvozanatlashtirilgan ko‘prik sxemalarining kamchiligi (qo‘l manipulyatsiyasini bajarish zaruriyati) muvozanatlashtirilmagan ko‘prik sxemasida bartaraf etilgan.

Muvozanatlashtirilmagan ko‘prik haroratni o‘lchash uchun qarshilik termometrlari bilan birgalikda ham qo‘llaniladi. Ammo ulardan gaz analizatorlarida, konsentratomerlarda va qator o‘lchash vositalarida keng foydalaniladi.

Muvozanatlashtirilmagan ko‘prik haroratni bevosita o‘lchash imkonini beradi. 2.19-rasmda bu ko‘prikning sxemasi keltirilgan: R — roslash qarshiligi; R_1, R_2, R_3 — ko‘prikning doimiy qarshiliklari; R_m — millivoltmetr qarshiligi; R_n — nazorat qarshiligi; N (nazorat) holatdan O‘ (o‘lchash) holatga o‘tkazish almashlab ulagichi — P; R_t — qarshilik termometri; P-O‘ holatda turganida R_t ning o‘zgarishi bilan millivoltmetr orqali ta‘minlash kuchlanishiga to‘g‘ri mutanosib bo‘lgan tok o‘tadi. Demak, tok o‘zgarimas bo‘lishi kerak, bu vazifani roslash qarshiligi R bajaradi. Ta‘minlash kuchlanishini nazorat qarshiligi R_n bajaradi. R_n ning qiymati shunday tanlanishi kerakki, qarshilik ulanganda asbob strelkasi shkaladagi qizil chiziqli belgini ko‘rsatsin.

R_t qarshilik o‘zgarganda, almashlab ulagich O‘ vaziyatda turganida, millivoltmetr orqali kuchi shu o‘zgarishiga to‘g‘ri mutanosib bo‘lgan tok o‘tadi:

$$I_M = U_{ab} \cdot \frac{R_2 R_t - R_1 R_3}{K}. \quad (2.70)$$

Bunda K (Om^3 da) ushbu qiymatga teng:

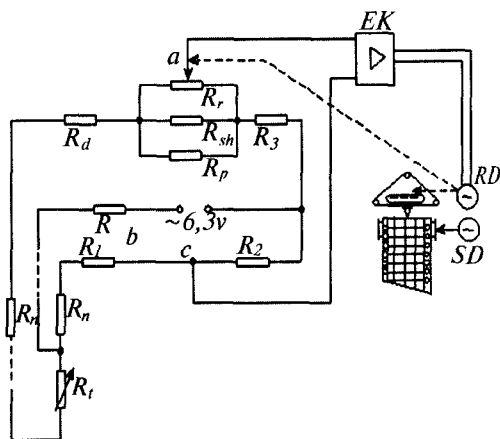
$$R_M (R_1 + R_t) \cdot (R_2 + R_3) + R_2 R_3 (R_1 + R_t) + R_1 R_t (R_2 + R_3) \quad (2.71)$$

(2.70) tenglamadan ko‘rinadiki, millivoltmetr orqali o‘tadigan tok kuchi ta‘minlash kuchlanishi U_{ab} ga to‘g‘ri mutanosib, demak tokni o‘zgarimas saqlab turish kerak ekan.

Muvozanatlashtirilmagan ko'priklarning afzalliklariga sxemasining muvozanatlashtiradigan qurilmani talab etmaydigan soddaligini, kichik qarshiliklarni o'lchash uchun ishlatish mumkinligini kiritish mumkin. Muvozanatlashtirilmagan ko'priklarning kamchiliklariga ko'rsatishlarining ta'minlash kuchlanishi o'zgarishiga bog'liqligini, ko'priklar shkalasining chiziqsizligini kiritish mumkin.

Muvozanatlashtirilgan avtomatik ko'priklarda reoxordning sirpang'ichi avtomatik ravishda siljiydi. Bunday ko'priklarning o'lchash sxemasi o'zgar-mas yoki o'zgaruvchan tok manbayidan ta'minlanadi. O'zgaruvchan tok muvozanatlashtirilgan ko'priklarda aktiv qarshiliklar hal qiluvchi ahamiyat-ga ega, shuning uchun, o'zgar-mas tok ko'priklari uchun chiqarilgan yuqo-ridagi tenglamalar o'zgaruvchan ko'priklar uchun ham yaraydi. O'zgaruv-chan tok muvozanatlashtirilgan ko'priklari bir qator afzalliklarga ega: o'lchash sxemasi kuch transformatorining bir o'ramidan ta'minlanadi, ya'ni qo'shimcha ta'minlash manbai talab qilinmaydi, shu bilan birga, tebranish o'zgartgich (vibroo'zgartgich) ning ham zaruriyati bo'lmaydi. Muvozanatlashtirilgan avtomatik ko'priklarning turi ko'p, lekin ularning ishlash prinsipi bir xil. Misol sifatida ko'rsatuvchi va o'ziyozar muvozanat-lashtirilgan avtomatik ko'priklar o'zgaruvchan tokdan ta'minlanuvchi prinsipial sxemasi 2.20-rasmda ko'rsatilgan.

Ko'rsatuvchi muvozanatlashtirilgan ko'priklar ham shu prinsipial sxema bo'yicha ishlaydi, lekin ularda yozuv bloki yo'q. 2.20-rasmdagi prinsipial sxemada quyidagi shartli belgilar qabul qilingan:



2.20-rasm. Muvozanatlashtirilgan avtomatik ko'priklarning prinsipial sxemasi:

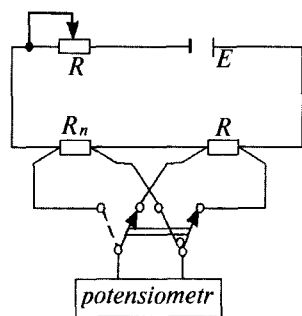
R_r — reoxord; R_{sh} — reoxord shunti, u R_r qarshiligini belgilangan qiymatga yetkazib berish uchun xizmat qiladi; R_n — o'lchash oralig'ini belgilash qarshiligi; R_d — shkala boshlang'ich qiymatini rostlovchi qo'shimcha qarshilik; R_1, R_2, R_3 — ko'priklar sxemasining qarshiliklari; R_b — tokni cheklovchi ballast qarshilik; R_t — qarshilik termometri; R_l — liniya qarshiligini rostlovchi qarshilik; EK — elektron kuchaytirgich; RD — asinxron kondensatorli reversiv dvigatel; SD — diagramma tasmasini siljituvchi sinxron dvigatel.

Ko'priqli o'lchash sxemasidagi barcha qarshiliklar manganin simdan tayyorlanadi. 2.20-rasmdan ko'rinib turibdiki, qarshilik termometri uch simli o'lchash sxemasi usulida ulangan. Bu holda termometrni ko'prik bilan ulaydigan simlarning qarshiligi ko'prikning R_2 va R_1 yelkalariga taqsimlanadi. Shuning uchun, atrof-muhit haroratining o'zgarishi natijasida ulangan simlar qarshiligining o'zgarishi sababli hosil bo'lgan xatolik qiymati kamayadi. Termometr qarshiligi R_t ning o'zgarishi natijasida ko'prik sxemasining muvozanati yo'qoladi, a va b cho'qqilardan kuchaytirgichning kirish qismiga nobalans kuchlanish keladi. Kuchaytirgich bu kuchlanishni reversiv dvigatel ishga tushguncha kuchaytiradi. Dvigatelning chiqish vali reoxord sirpang'ichi va karetk bilan kinematik bog'langanligi uchun bu val ularni noballast kuchlanish kamayib, nolga teng bo'lguncha siljitadi. Ko'prik sxema muvozanat holatiga kelganda reversiv dvigatelning motori to'xtaydi, reoxord sirpang'ichi esa ko'rsatkichli karetk bilan birga o'lchanayotgan termometr qarshiligiga teng holatni egallaydi.

O'zgarimas tok manbayida ishlaydigan muvozanatlashtirilgan ko'prikning o'lchash sxemasi ham yuqoridagiga o'xshash, faqat uning elektron kuchaytirgichi tebranish o'zgartgichi bilan ta'minlangan. Shuning uchun, uning kuchaytirish qismi potensiometrnikiga o'xshash.

Muvozanatlashtirilgan avtomatik ko'priklar quyidagi afzalliklarga ega: 1) ko'prikning ko'rsatishi ta'minlash kuchlanishiga bog'liq emas; 2) asbobning ko'rsatishi harorat o'zgarishi bilan chiziqli bog'langan; 3) o'lchashlar (ko'prikni muvozanatlashtirish) avtomatik amalga oshiriladi; 4) termoqarshilik ulashning uch simli usuli ulash simlari qarshiligining o'zgarishidan hosil bo'lgan ko'rsatishlardagi xatoligini keskin kamaytirish yoki xatoni yo'qotish imkonini beradi.

Kamchiliklariga quyidagilar kiradi: 1) sxemada muvozanatlashtirish uchun qurilmaning zarurligi; 2) kichik qarshiliklarni o'lchash qiyinligi yoki mutlaqo mumkin emasligi.



2.21-rasm. Qarshiliklarni o'lchash kompensatsion usulining sxemasi.

Qarshiliklarni o'lchashning kompensatsion usuli.

Aniq o'lchashlarda, ya'ni xatoliklarga yo'l qo'yilmalik yoki xatoliklar minimumga keltirilishi lozim bo'lganda, shuningdek, past haroratlarni o'lchashda o'lchashning kompensatsion usulidan foydalaniladi. Bu usulning mohiyati quyidagidan iborat: o'lchanayotgan rezistorda va u bilan ketma-ket o'lchanayotgan namuna rezistorda kuchlanish tushuvi taqqoslanadi. 2.21-rasmda qarshilikni kompensatsion usulda o'lchash sxemasi ko'rsatilgan. Rezistorlardagi kuchlanish tushuvi, odatda potensiometr yordamida o'lchanadi. Bu holda ta'minlash kuchlanishi o'lchash natijasiga ta'sir etmaydi, shuningdek, o'lchash simlari qarshiligining ta'siri

butunlay yo'qotiladi, chunki o'lchash paytlarida potensimetрни o'lchash rezistori bilan ulaydigan asboblarda tok nolga teng bo'ladi.

O'lchanayotgan rezistor R_o namuna rezistor R_N (2.21-rasm) bilan ketma-ket ulangan. Namuna rezistor sifatida qarshilik magazinlari yoki qarshilikning namuna g'altaklaridan foydalaniladi. Zanjirdagi o'lchash toki o'zgaruvchan rezistor R yordamida o'rnatiladi.

Bir tomondan, tok namuna rezistorda kuchlanish tushuvi bo'yicha aniqlanadi:

$$I = U_N / R_N \quad (2.72)$$

bu yerda: U_N — namuna rezistorda kuchlanish tushuvi, mV; R_N — namuna rezistor qarshiligi, Om.

Ikkinchi tomondan,

$$I = U_o / R_o \quad (2.73)$$

bu yerda: U_o — o'lchanayotgan rezistorda kuchlanish tushuvi, mV; R_o — o'lchanayotgan rezistorning noma'lum qarshiligi, Om.

(2.72) va (2.73) lardan o'lchanayotgan rezistor qarshiligini topamiz:

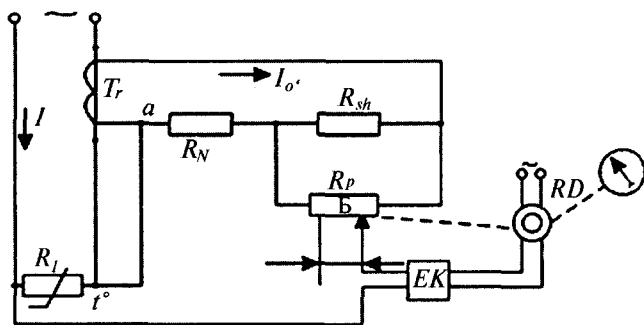
$$R_o = R_N \cdot U_o / U_N \quad (2.74)$$

Ko'rilgan variantda kompensatsion usul mexanik o'lchashlar uchun noqulay, chunki rezistor qarshiligini topish uchun navbat bilan o'lchanayotgan namuna rezistordagi kuchlanish tushuvini o'lchash lozim va so'ngra o'lchanayotgan rezistor qarshiligini hisoblash kerak.

Termometrlarning kichik qarshiliklarini o'lchash uchun avtomatik kompensatsion asboblari ishlab chiqilgan, ular kompensatsion o'lchash usulining ijobiy xossalariga ega.

Termometrni ulashning to'rt simli sxemasi simlar qarshiligining o'lchash natijalariga ta'sirini butunlay bartaraf etish imkonini beradi.

Kichik haroratlarni o'lchash uchun o'zgaruvchan tok avtomatik kompensatsion asbobning prinsipial sxemasi 2.22-rasmda keltirilgan. Qarshilik termometri R_t ta'minlash manbayidan o'zgaruvchan I tok bilan ta'minlanadi.



2.22-rasm. Kichik haroratlarni o'lchash uchun avtomatik kompensatsion asbobning sxemasi.

Asbobning o'lchash sxemasi T_r tok transformatoridan shunday ta'minlanadiki, o'lchash toki $I_o = K \cdot I$ bo'ladi.

Agar, termometrda kuchlanish U_{ab} bilan kompensatsiya qilinmagan bo'lsa, unda kuchaytirgich kirishiga signal beriladi.

Bu signal reversiv dvigatelni va reoxord sirpang'ichi R_r ni kuchlanish U_{ab} tushuvini (R_t da) muvozanatlashtirmaguncha harakat qilishga (siljishga) majbur qiladi. Bu holda quyidagi tenglik bajariladi:

$$IR_t = U_{ab} = I_o \cdot R_{ab}$$

yoki

$$IR_t = K \cdot I(R_N + mR_{o_t}), \quad (2.75)$$

bu yerda:

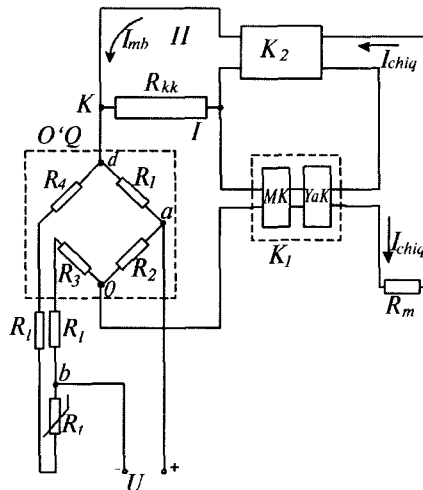
$$R_{o_t} = \frac{R_r \cdot R_{sh}}{R_r + R_{sh}}$$

$$R_t = K(R_N + mR_{o_t}). \quad (2.76)$$

R_N rezistor asbob shkalasining sanoq boshini belgilashga xizmat qiladi, R_{sh} esa o'lchash diapazonini o'rnatadi. Transformatsiya koeffitsiyenti K ni amalda o'zgarmas deb qarab, asbob ko'rsatishlari m ta'minot kuchlanishi tebranishiga va termometrni ulash simlari qarshiligining o'zgarishiga bog'liq emas, deb hisoblash mumkin.

Qarshilik termometrining me'yorlovchi o'zgartgichi. Qarshilik termoo'zgartgichi yordamida olingan axborotni EHM ga yoki avtomatik rostlash tizimiga kiritish uchun chiqishda 0-5 mA o'zgarmas tok signalini shakllantiruvchi me'yorlovchi o'zgartgichdan foydalaniladi.

Qarshilik termometri bilan birga ishlovchi me'yorlovchi tokli o'zgartgichning sxemasi 2.23-rasmda ko'rsatilgan. Bu o'zgartgich sxemasiga va



2.23-rasm. Qarshilik termometri bilan ishlaydigan me'yorlovchi o'zgartgich sxemasi.

ishlash prinsipiga ko'ra termoelektr termometr bilan bir komplektda ishlovchi, me'yorlovchi o'zgartgichga o'xshash (2.12-rasmga qarang). Bu sxemalarning farqi shundaki, o'zgartgichda tuzatuvchi ko'prikk TK o'rnida o'lchov nomuvozanat ko'prigi O'K dan foydalaniladi, uning yelkalaridan biriga uch o'tkazgichli sxema bo'yicha qarshilik termoo'zgartgichi R_t ulangan. Qolgan qarshiliklar manganindan yasalgan. R_t qarshiliklar ulovchi o'tkazgichlar qarshiliklarini nominal qiymatga moslash uchun xizmat qiladi. Ko'priknning ab diagonaliga o'zgarimas tokning barqarorlashtirilgan U kuchlanishi ulangan. O'zgartgichning chiqish toki I_{chiq} ko'priknning o'lchov diagonalidagi U_{cd} kuchlanishga mutanosib va ular orasidagi munosabat (2.77) ga mos holda berilishi mumkin:

$$I_{chiq} = K \cdot U_{cd} \quad (2.77)$$

$U_{cd} = K_k R_t$ bo'lgani uchun (bu yerda, K_k — ko'prikn o'zgartirish koeffitsiyenti)

$$I_{chiq} = K_k \cdot K \cdot R_t \quad (2.78)$$

Shunday qilib, me'yorlovchi o'zgartgichning tokli signali qarshilik termometri qarshiligiga mutanosib bo'lib, uning aniqlik sinflari 0,6—1,5.

2.6-§. NURLANISH PIROMETRLARI

Yuqorida ko'rilgan, haroratni o'lchashga mo'ljallangan barcha termometrlar termometrning sezgir elementi bilan o'lchanayotgan jism yoki muhit orasida bevosita kontakt bo'lishini taqozo etar edi. Shuning uchun, haroratni o'lchashning bunday usullari ba'zan *kontaktli usullar* deb yuritiladi. Bu usulni qo'llashning yuqori chegarasi 1800—2500°C. Ammo, sanoatda va tadqiqotlarda bundan yuqori haroratlarni ham o'lchashga to'g'ri keladi. Bundan tashqari, ko'pincha o'lchanayotgan jism va muhit bilan termometrning bevosita kontakti mumkin bo'lmaydi. Bunday hollarda haroratni o'lchashning *kontaktisiz usuli* qo'llaniladi.

Nurlanish pirometrlarining ishlash prinsipi qizdirilgan jismning issiqligi ta'sirida hosil bo'lgan nurlanish energiyasini o'lchashga asoslangan. Nurlanish pirometrlari 20 dan 6000°C gacha bo'lgan haroratlarni o'lchashda ishlatiladi.

Issiqlik nurlanishi nurlanayotgan jism ichki energiyasining elektromagnit to'lqinlari tarzida tarqalish jarayonidan iborat. Bu to'lqinlar boshqa jismlar tomonidan yutilganda ular qaytadan issiqlik energiyasiga aylanadi. Jismlar haroratiga teng bo'lgan elektromagnit to'lqinlarni 0 dan ∞ gacha bo'lgan oraliqda tarqatadi. Qattiq va suyuq moddalarning ko'pi nurlanishning uzluksiz spektriga ega, ya'ni barcha uzunliklardagi to'lqinlarni tarqatadi. Boshqa moddalar (sof metallar va gazlar) nurlanishning selektiv spektriga ega, ya'ni ular to'lqinlarni spektrning ma'lum chegaralaridagina tarqatadi. To'lqin uzunligi $\lambda \approx 0,4$ dan $\lambda \approx 0,76$ mkm gacha bo'lgan chegara ko'rinadigan spektrga mos keladi. Ko'rinadigan spektrning har bir to'lqin uzunligi ma'lum rangga mos keladi.

$\lambda \approx 0,4$ dan $\lambda \approx 0,44$ mkm gacha bo'lgan to'liqin uzunliklari to'q binafsha rangga, $\lambda \approx 0,44$ dan $\lambda \approx 0,49$ mkm gacha ko'k zangori, $\lambda \approx 0,49$ dan $\lambda \approx 0,59$ mkm gacha to'q va och yashil; $\lambda \approx 0,58$ dan $\lambda \approx 0,63$ mkm gacha sariq va to'q sariq; $\lambda \approx 0,63$ dan $\lambda \approx 0,76$ mkm gacha och va to'q qizil rangga mos keladi. $\lambda \approx 0,76$ mkm uzunlikdagi to'liqinlar ko'rinmaydigan infraqizil issiqlik nuriga kiradi.

Qizdirilgan jism harorati ortib borgani sari va uning rangi o'zgarib borishi bilan spektral-energetik ravshanlik, ya'ni ma'lum uzunlikdagi to'liqinlar (ravshanlik) tezda ortadi, shuningdek, yig'indi (integral) nurlanish sezilarli ortadi. Qizdirilgan jismlarning ko'rsatilgan xossalardan ularning haroratini o'lchashda foydalaniladi. Shu xossalarga qarab, nurlanish pirometrlari kvazimonoxromatik (optik), spektral nisbatli (rangli) va to'liq nurlanishli (radiatsion) pirometrlarga bo'linadi.

Nazariy jihatdan mutlaq qora jismning nur chiqarishi hodisasiga asoslanish mumkin, unda nur chiqarish koeffitsiyenti deb I qabul qilinadi. Agar jism o'ziga tushayotgan nur energiyasini butunlay yutsa, bunday jism *mutlaq qora jism* deyiladi. Barcha real fizik jismlar o'ziga tushayotgan nurlarning biror qismini qaytarish xususiyatiga ega. Shuning uchun, jismning nur chiqarish koeffitsiyenti birdan kichik, shu bilan birga, u ma'lum jism tabiatiga ham, uning sirtqi holatiga ham bog'liq. Tabiatda mutlaq qora jism yo'q, ammo, o'z xossalari ko'ra, mutlaq qora jismga yaqin bo'lgan jismlar mavjud. Masalan, qora g'adir-budur bo'yoq (neft qurumi) bilan qoplangan jism barcha nur energiyasini 96 % gacha yutadi.

Spektral-energetik ravshanlik va integral nurlanish moddaning fizik xossalari bog'liq. Shuning uchun, pirometrlar shkalasi mutlaq qora jism nurlanishi bo'yicha darajalanadi. Harorat ortishi bilan energetik ravshanlikning ortishi turli uzunlikdagi to'liqinlar uchun turlicha va nisbatan uncha yuqori bo'lmagan haroratlarda sohasida mutlaq qora jism uchun Vin tenglamasi bilan tavsiflanadi:

$$E_{0\lambda} = C_1 \cdot \lambda^{-5} \cdot e^{-\frac{C_2}{\lambda T}}, \quad (2.79)$$

bunda: $E_{0\lambda}$ — λ uzunlikdagi to'liqin uchun mutlaq qora jismning spektral-energetik ravshanligi; T — jismning mutlaq harorati; C_1 va C_2 — nurlanishning qabul qilingan birliklar tizimiga bog'liq bo'lgan konstantalari qiymati, $C_1 = 2\pi h C^2$; h — Plank doimiysi; C — yorug'lik tezligi; $C_2 = NhC/R_p$, N — Avogadro doimiysi; R_p — universal gaz doimiysi; e — natural logarifm asosi.

Turli uzunlikdagi to'liqinlarning spektral-energetik ravshanligi bir xil bo'lmaganligi uchun Vin tenglamasini optik pirometriyada ma'lum uzunlikdagi to'liqinlar uchun qo'llaniladi (odatda, to'liqin uzunligi 0,65 yoki 0,66 mkm bo'lgan qizil rang uchun). Vin tenglamasidan taxminan 3000°K gacha bo'lgan haroratlarda uchun foydalansa bo'ladi. Undan ham yuqoriroq haroratlarda mutlaq qora jismning nurlanish jadalligi Plank tenglamasi bilan xarakterlanadi:

$$E_{0\lambda} = C_1 \cdot \lambda^{-5} \cdot (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1)^{-1}. \quad (2.80)$$

Mutlaq qora jismning integral nurlanishi Stefan-Bolsman tenglamasi bilan tavsiflanadi:

$$E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4, \quad (2.81)$$

bu yerda: C_0 — mutlaq qora jismning nurlanish doimiysi; T — nurlanayotgan sirtning mutlaq harorati, °K.

Real fizik jismlar energiyani mutlaq qora jismga qaraganda kamroq jadallik bilan nurlantiradi. Kvazimonoxromatik pirometr bilan ham to'la nurlanish pirometri bilan o'lchash natijasida shartli harorat deb ataladigan haroratga ega bo'linadi. Shartli harorattan (ravshanlik haroratidan) haqiqiy haroratga o'tish uchun Vin tenglamasini o'zgartirishdan foydalaniladi.

Fizik jismning kvazimonoxromatik pirometr yordamida o'lchangan yorug'lik harorati T_{ya} bo'yicha haqiqiy harorati T qiymati quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$T = \left(\frac{1}{T_{ya}} - \frac{\lambda}{C_2} \ln \frac{1}{\varepsilon_\lambda} \right)^{-1}, \quad (2.82)$$

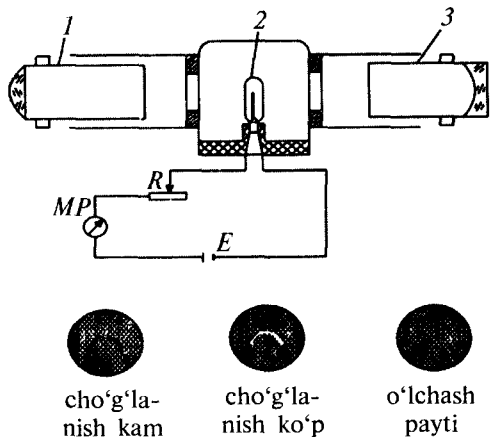
bu yerda: T_{ya} — jismning pirometr yordamida o'lchangan ravshanlik (shartli) harorati, °K; λ — to'lqin uzunligi, mkm; C_2 — Vin tenglamasi doimiysi; ε_λ — jismning berilgan to'lqin uzunligi uchun qoralik darajasi.

Real jism harorati T ning to'liq nurlanish pirometri yordamida o'lchanayotgan haqiqiy qiymati quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$T = T_u \sqrt[4]{\frac{1}{\varepsilon}} \quad (2.83)$$

bu yerda: T_u — to'liq nurlanish pirometri bilan o'lchangan shartli harorat; ε — barcha uzunlikdagi to'lqinlar uchun jismning qoralik darajasi.

Kvazimonoxromatik (optik) pirometrlar. Optik pirometrlarning ishlash prinsipi harorati o'lchanayotgan jismning nurlanish ravshanligini etalon jismlarning monoxromatik nurlanish ravshanligi bilan solishtirishga asoslanadi. Etalon jism sifatida, odatda, nurlanish ravshanligi rostlanadigan cho'g'lanish lampasining tolasidan foydalaniladi. Bu guruhdagi keng tarqalgan asboblardan biri — cho'g'lanish tolasi yo'qolib ketadigan mono-



2.24- rasm. Optik pirometrning prinsipial sxemasi.

xromatik optik pirometrdir. Bu asbobning prinsipial sxemasi 2.24-rasmda keltirilgan. Qizdirilgan jismning nurlanish oqimi obyektiv *I* orqali yig'iladi va pirometrik lampa *2* ning toza yuzasiga proyeksiyalanadi. Okular *3* yordamida obyektning tasviri bilan kesishgan lampa tolasining tasviri kuzatiladi. Lampa tolasini ta'minlash manbai *E* ning o'zgarmas tokidan cho'g'lanadi. Manbaning kuchlanishi reostat *R* yordamida sekin-asta rostdash yo'li bilan obyekt va tola ravshanliklari tenglashguncha oshirib boriladi. Shu payt obyekt tasviri bilan kesishgan tolaning qismi, rasmda ko'rsatilganidek yo'qolib ketadi. Ravshanliklari tenglashgandan so'ng tok kuchini yoki lampa kuchlanishini o'lchaydigan asbob bilan pirometr ko'rsatishlari hisoblanadi.

Optik pirometrlarning haroratni o'lchash oralig'i 800°C dan 10000°C gacha. Yo'l qo'yiladigan asosiy xatoliklar chegarasi ±1,5 % dan oshmaydi.

Optik pirometr ko'chma asbobdir. U bilan uzluksiz o'lchash va haroratni qayd qilish mumkin emas.

Bunday pirometrdan farqli o'laroq, fotoelementli pirometrlar (fotoelektr pirometrlar) ko'rsatishlarni yozib olish va ularni masofaga uzatish imkoniga ega. Bu asboblardan tez o'tadigan jarayonlardagi haroratni o'lchashda foydalaniladi.

Fotoelektr pirometrlarning ishlash prinsipi fotoelementning fototokni o'zgartirish xususiyatiga asoslangan. Fototok tushayotgan yorug'lik oqimi jadalligiga bog'liq bo'lib, uning kuchi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$I = a \cdot T^n, \quad (2.84)$$

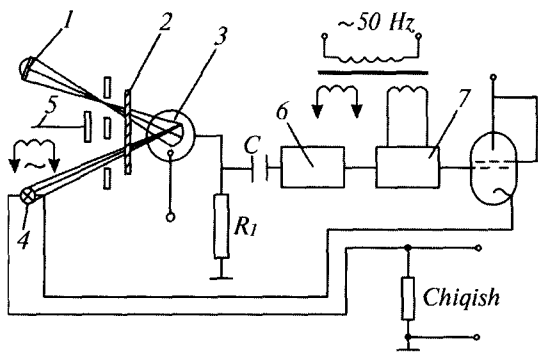
bu yerda: *a* — asbobning sezgirligiga bog'liq bo'lgan asbob doimiysi; *n* — asbobning spektr xarakteristikasiga bog'liq bo'lgan asbob doimiysi; *T* — fizik jismning harorati.

Olingan haroratning nurlanishini xarakterlovchi fototok juda kichik bo'lib, uni kuchaytirish uchun elektron kuchaytirgichlar qo'llanadi.

FEP (2.25-rasm) turidagi fotoelektr pirometrlarda nur oqimi bo'yicha manfiy teskari bog'lanishdan foydalaniladi. Mazkur bog'lanish yorug'ligi elektron kuchaytirgich chiqishida kuchlanish funksiyasidan iborat bo'lgan

qizdirish lampasining fotoelementni yoritishi bilan amalga oshiriladi. Nurlanayotgan jismdan chiqayotgan nur oqimi linza bilan bir joyga yig'iladi va qizil yorug'lik filtri *2* kassetasining yuqori teshigi orqali fotoelement *3* ga tushadi.

Fotoelementga kassetaning pastki teshigi orqali ham cho'g'lanish lampasi *4* dan nur oqimi tushadi. Fotoelementning galmagal goh nurlanayotgan jismdan,



2.25-rasm. Fotoelektr pirometrlarning prinsipial sxemasi.

goh cho'g'lanish lampasidan yoritilishi yorug'lik filtri kassetasining oldiga o'rnatilgan yorug'lik modulatorining 50 Hz chastota bilan tebranuvchi to'sig'i 5 yordamida ta'minlanadi.

Yorug'lik filtri kassetasida tebranuvchi to'siq va teshiklar shakli shunday tanlanganki, fotoelementga ikkala nurlanish manbayining sinusoidal o'zgaruvchi nur oqimlari tushadi. Bunda ikkala nur oqimlarining fazalari 180° ga siljigan bo'ladi.

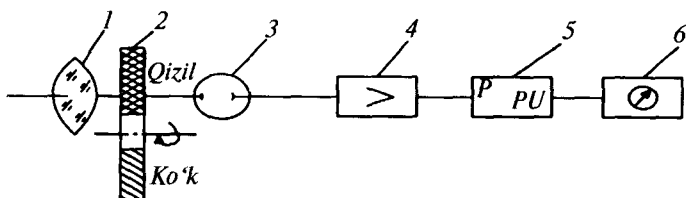
Fotoelement chiqishida fototok paydo bo'ladi, uning kattaligi jism va lampa tomonidan yoritilganlik darajasiga bog'liq. Shu yoritilganliklar teng bo'lmasa, fotoelement zanjirida o'zgaruvchan fototok hosil bo'lib, u yo jism fototoki bilan, yo lampa fototoki bilan ustma-ust tushadi. Bu tok fotoelement chiqishida R_1 rezistorda kuchlanishning sinusoidal tushuvini hosil qiladi, bu kuchlanish C kondensator orqali uch bosqichli elektron kuchlanish kuchaytirgichi δ ga uzatiladi. Fototokning nur oqimlari farqiga mutanosib bo'lgan o'zgaruvchi tashkil etuvchisi δ kuchaytirgichda kuchaytiriladi va fotosezgir detektor 7 orqali elektron lampaga uzatiladi. Shu lampa toki chiqish parametridan iborat. Elektron lampaning anod zanjiriga manfiy, teskari bog'lanishli lampa 4 ulangan. Lampani qizdirish toki o'lchanayotgan jism va lampaning yoritilganligi o'zaro teng bo'lguncha va fototokning o'zgaruvchi tashkil etuvchisi o'zaro nolga teng bo'lguncha o'zgartirib boriladi. Bu bilan lampadagi tok kuchi o'lchanayotgan jismning yorug'lik harorati bilan bir qiymatli bog'liq bo'lib qoladi.

Lampani ta'minlovchi tok kuchi tezkor avtomatik potensiometr bilan lampa zanjiridagi R qarshilikdagi kuchlanish tushuvi miqdori bo'yicha o'lchanadi. Potensiometr yorug'lik harorati darajalari bilan darajalangan. Fotoelektr pirometrning o'lchash chegaralari 800 dan 4000°C gacha. Asosiy xatolik o'lchash yuqori chegarasining $\pm 1\%$ ini tashkil etadi.

Spektral nisbatli (rangli) pirometrlar. Rangli yoki spektral pirometrlar qizdirilgan jismning nurlanish spektridagi energiyaning nisbiy taqsimlanishi bo'yicha haroratni o'lchashga mo'ljallangan. Harorat cho'g'langan jismning spektrida tanlangan soha, masalan, ko'k sohalardagi ravshanliklar nisbatidan aniqlanadi. Agar cho'g'langan jismning nurlanish spektrida λ_1 va λ_2 to'lqin uzunligidagi ikkita monoxromatik nurlanish (qizil va ko'k sohada) tanlansa, harorat o'zgarishi bilan bu nurlanishlar ravshanliklarining nisbati ham o'zgaradi. Qora bo'lmagan jism uchun ravshanliklar nisbati quyidagicha ifodalanadi:

$$R = \frac{\varepsilon_{\lambda_1}}{\varepsilon_{\lambda_2}} R_q, \quad (2.85)$$

bu yerda: ε_{λ_1} va ε_{λ_2} — λ_1 va λ_2 to'lqin uzunliklarining nurlanish xususiyati koeffitsiyenti; R_q — qora jism uchun λ_1 va λ_2 to'lqin uzunliklari ravshanligi nisbati.



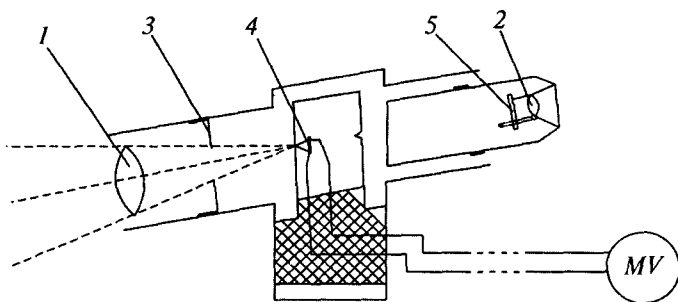
2.26- rasm. Fotoelementli rangli pirometrning prinsipl sxemasi.

Fotoelementli rangli pirometrning prinsipl sxemasi 2.26-rasmda ko'rsatilgan. O'lchanayotgan jismdan chiqqan nurlanish obyektiv 1 orqali o'tib, fotoelement 3 ga tushadi. Fotoelement oldida qizil va ko'k filtrli aylanuvchi disksimon obturator 2 o'rnatilgan. Fotoelement goh qizil, goh ko'k ranglar bilan yoritiladi va shunga ko'ra tegishli impulslar chiqaradi. Bu impulslar elektron kuchaytirgich 4 bilan kuchaytirilib, logarifmlovchi qurilma 5 orqali o'zgarmas tokka aylantiriladi. Bu tok qayd qilinadi. Pirometrning o'lchash chegarasi 1400°C dan 2800°C gacha. Asosiy xatolik o'lchash yuqorigi chegarasining $\pm 1\%$ ini tashkil etadi.

Hozirgi vaqtda PIT-1 deb ataladigan pirometrlar keng tarqalmoqda. Ular spektral nisbatli pirometrdan iborat bo'lib, xotirasida saqlanadigan axborot asosida hisoblanadigan tuzatishni avtomatik kiritiladi. Pirometr 800 ... 2000°C o'lchash diapazoniga mo'ljallangan. Haqiqiy haroratni o'lchash xatoligi $\pm 1\%$ dan oshmaydi.

To'liq nurlanish (radiatsion) pirometrlari. Radiatsion pirometrlar (to'liq nurlanish pirometrlari) qizdirilgan jismning haroratini o'lchashga mo'ljallangan. Pirometr optik tizim (linza, oyna) bilan ta'minlangan. Bu tizim jismdan chiqqan nurlarni mitti termobatareya, qarshilik termometri va yarim-o'tkazgichli termoqarshiliklardan iborat o'zgartgichga to'playdi. O'lchash asboblari sifatida millivoltmetr, avtomatik potensiometr va muvozanatlashtirilgan ko'priklardan foydalaniladi.

2.27-rasmda termobatareyali radiatsion pirometrning prinsipl sxemasi ko'rsatilgan. Pirometr obyektiv linza 1 va okularli teleskop 2 dan iborat. Nurlanish manbayidan chiqqan nurlarning yo'lida cheklovchi diafragma 3 o'rnatilgan, obyektiv linza fokusida esa termobatareya 4 joylashgan. Okular



2.27- rasm. Radiatsion pirometrning prinsipl sxemasi.

linza oldiga ko'zni muhofaza qiluvchi rangli shisha 5 qo'yilgan. Termobatareyada to'plangan nurlar uni qizdira boshlaydi va nurlanishning to'liq energiyasiga mutanosib bo'lgan EYK paydo bo'ladi. Bu EYK millivoltmetr bilan o'lchanadi.

100°C dan 4000°C gacha haroratni o'lchaydigan radiatsion pirometrlarning turli tuzilishlari mavjud bo'lib, ular o'zlarining optik tizimi, termojuftlarni ulash sxemasi va boshqa elementlari bilan farq qiladi. O'zgartgichlari qarshilik termometridan iborat bo'lgan ba'zi radiatsion pirometrlarga nisbatan kichik, masalan, 20°C dan 100°C gacha haroratlarni o'lchay oladi. O'zgartgich qabul qiladigan nurlar energiyasini aniq hisobga olish juda qiyin. Chunki o'zgartgich va atrof-muhit o'rtasida o'zaro issiqlik almashuvi mavjud. Shuning uchun, asbob hisobga olib bo'lmaydigan xatolarga yo'l qo'yishi tabiiy.

Lekin, shu kamchiliklarga qaramay, radiatsion pirometrlar sanoatda juda keng qo'llaniladi. Pirometrlarning ko'rsatishlarini masofaga uzatish yoki avtomatik ravishda yozib olish va ular yordamida haroratni rostdash mumkin. 2500°C gacha haroratni o'lchashda pirometr ko'rsatishlarining xatosi $\pm 1,5\%$, 2500°C dan ortiq haroratni o'lchaganda esa $\pm 2,5\%$ dan oshmaydi.

Seriyalab chiqarilayotgan APIR-S turidagi to'liq nurlanish pirometrlari haroratni 30 dan 2500°C gacha bo'lgan oraliqda o'lchashga mo'ljallangan. Maxsus tayyorlangan pirometrlar -100 dan $+3500$ °C gacha haroratlar oralig'ida qo'llaniladi.

2.7-§. MAXSUS HARORAT O'LCHASHN TERMOMETRLARI

Qattiq jismlar sirtining haroratini o'lchash. Sirtlarning haroratini kontaktli va kontaktsiz usullar bilan o'lchash mumkin. Haroratni kontaktli termometrlar bilan o'lchashda, odatda ikkita muammo vujudga keladi:

1) termometr va o'lchanayotgan sirt haroratlarining tengligini ta'minlash;

2) termometr bilan o'lchash joyida haroratning yoki sirtning harorat maydonining buzib ko'rsatilishini yo'qotish.

Termometr va o'lchanayotgan sirt haroratlarining tengligini ta'minlash uchun o'lchash obykti sirtidan termometrغا issiqlik o'tishining eng yaxshi sharoitlarini yaratish lozim. Yaxshi issiqlik kontaktini ta'minlash uchun maxsus tayyorlangan termometrni sirtga yelimlash, kavsharlash yoki payvandlash maqsadga muvofiq.

O'lchash obykti sirtining harorati yoki harorat maydonining buzilishiga termometrning o'lchanayotgan sirtga qo'shimcha issiqlik olib kelishi yoki olib ketishi sabab bo'lib, ishlagan vaqtida yuz beradi. Shuning uchun, sirt haroratini o'lchash joyida qo'shimcha issiqlik almashish bo'lmaydigan sharoitlar yaratish kerak. Ba'zan termometr orqali issiqlik almashishidan qochish mumkin bo'lmaganda, shu issiqlik almashishni harorat o'lchadigan joydan boshqa joyga ko'chirishga harakat qilinadi.

Sirt haroratini, masalan, quvur haroratini uzluksiz o'lchash uchun termometrni sirtga maxsus qisqich bilan taqab qo'yiladi. Quvurning izolatsiyasi borligi o'lchash joyidan issiqlikni chiqib ketishi (yoki issiqlik kirib kelishi) amalda mumkin emasligini taqozo qiladi va shuning uchun termometr sirt haroratini buzib ko'rsatmaydi.

Harakatdagi sirtlarning (vallarning, kalandrlarning va b.) haroratini o'lchash anchagina murakkab. Bunday holda nurlanish bo'yicha kontaktsiz o'lchash usullaridan foydalanish maqsadga muvofiq, ammo bu usullarni qo'llashni amalga oshirib bo'lmaydi, chunki o'lchanayotgan sirtning to'g'ridan to'g'ri ko'rish mumkin emas va h.k. Shuning uchun kontaktli termometrlar keng qo'llaniladi. Bunda (termopriyomnik) issiqlik qabul qilgich bilan harorati o'lchanayotgan sirtning ishqalanishiga bog'liq bo'lgan qator qo'shimcha xatoliklar paydo bo'ladi. Shu xatoliklar termopriyomnik kontaktining to'g'riligiga, nazorat qilinayotgan sirt tozaligiga va boshqa omillarga bog'liq. Sirt aylanma harakat qilganda signalning uzatilishi aylanma kontaktli qurilma orqali amalga oshiriladi. Uning sodda varianti kontakt halqalaridir.

Alanga (gaz oqimlarining) haroratini o'lchash. Alanga haroratini o'lchashning o'ziga xos xususiyatlari va qiyinchiliklari bor. O'lchash usulini tanlashda o'lchanayotgan haroratlar darajasi, maqbul aniqlik va alanga turi tahlil qilinadi. Alanga harorati ko'pgina sanoat qurilmalarida 1600...1900°C atrofida bo'ladi. Uni nurlanish pirometrlari yoki kontaktli termometrlar yordamida o'lchanadi. Bu haroratni nurlanish bo'yicha o'lchaganda uni pirometrning vizirlash o'qi bo'ylab fazoviy o'rtalashtirish yuz beradi. O'lchash natijalariga alangadagi nurlanish komponentlari ta'sir etadi. Pirometr qabul qiladigan to'lqinlar uzunligini tanlash katta ahamiyat kasb etadi. Gazlarning nur tarqatmaydigan issiq yoki sovuq qismlarini maxsus bo'yamasdan turib, pirometrlar bilan o'lchab bo'lmaydi.

Bunday o'lchashning kamchiliklaridan biri haroratni optik o'q bo'ylab o'rtalashtirishdir. Shuning uchun, topilgan natija alanganing qaysi nuqtasiga tegishli ekanligini aniqlab bo'lmaydi. Bu jihatdan o'lchamlari uncha katta bo'lmagan termoelektr termometrlarni qo'llash katta afzalliklarga ega. Ammo, bunday termometrning harorati gaz haroratidan ancha (100 ... 200°C ga) farq qilishi mumkin, chunki u termometrning issiqlik balansi bo'yicha aniqlanadi.

Eritmaning haroratini o'lchash. Eritmalarning haroratini o'lchash murakkabligi, asosan, termometrning himoya g'ilofining zanglashi bilan bog'liq. Tuz eritmalarining haroratini o'lchashda himoya g'iloflari bir necha o'n soatdan keyin eritmaning agressiv ta'siri sababli ishdan chiqadi. Shuning uchun, ko'pincha g'ilofni sifati past, arzon, osonlik bilan almashtiriladigan, bir vaqtda termojuft elektrodidan iborat bo'ladigan po'latdan yasaladi. Shisha eritmaları haroratini o'lchash uchun himoya g'iloflari uglerodli yoki qimmatbaho metallardan yasaladi.

Qovushqoq muhitlar haroratini o'lchashda ma'lum qiyinchiliklar paydo bo'ladi. Bu hollarda issiqlikka sezgir elementni osongina tozalashni, ko'pincha

almashtirishni ham ta'minlash zarur. Bunda sezgir element bilan o'lchayotgan muhit orasida yetarli darajada yaxshi kontakt (tutashish) ta'minlangan bo'lishi kerak.

Biror o'lchash usulini tanlash va uning konstruktiv bajarilishi eritma haroratini o'lchashning konkret sharoitlari, ularning turli materiallar bilan o'zaro ta'sirlashuvi, nurlanish xususiyati va boshqa fizik hamda kimyoviy xossalari bilan belgilanadi.

2.8-§. ZAMONAVIY HARORAT O'LCHASH VOSITALARI

Haroratni yuqori aniqlikda o'lchash juda murakkab jarayondir. Ko'rib chiqilgan yechimlar hal qilinayotgan masalaning faqat nazariy qismidir. Amalda faqat o'lchash tizimini yaratish to'g'risidagina o'ylashga to'g'ri kelibgina qolmay, balki olingan kattalikni nazorat-hisoblash majmuyiga yoki ABS ga qanday qilib kiritish to'g'risida o'ylashga to'g'ri keladi. Ko'pincha, o'lchangan kattalik o'zi bir boylikni ifodalaydi, biroq u tegishli boshqaruvchi ta'sir to'g'risida qaror qabul qilish uchun yoki keyinchalik ishlov berish va tahlil qilish uchun boshqarish tizimining ma'lumotlar bazasiga kiritilishi kerak. Datchikdan olingan signalni filtrdan o'tkazish zarur, chunki, ko'pincha, o'lchashlar sanoat xalaqitlari sharoitida o'tkaziladi va o'lchash qismini boshqarish majmuyidan ajratib turadigan galvanik ajratgich (izolatsiya) bo'lishi maqsadga muvofiqdir. Shuning uchun „eskicha“ usulda bajarilgan savodli yechim taqdim etilsa, u yetarlicha murakkab, qo'pol va norentabel bo'lishi aniq bo'lib qoladi. Biroq, agar signallarni me'yorlashning klassik masalasini yechishga, ularni filtrlash va tizim qismlarini galvanik ajratishga ehtiyoj bor ekan, u holda sanoat avtomatlashtirish vositalari bozorida tegishli tayyor yechimlar mavjudligi ehtimoli bor. Mazkur holda „Data forth“ firmasining modullari qiziqish uyg'otadi. Agar haroratni termoqarshiliklar yordamida o'lchash to'g'risida aniq gapiradigan bo'lsak, u holda bu firma taklif etayotgan yechim juda sodda ko'rinadi: datchik, masalan Pt100 platinali qarshiliklar termometri olinadi va SCM5B34 yoki SCM5B35 moduliga ulanadi.

Ikki, uch va to'rt simli ulanish variantlari mavjud. Ikki simli ulanish usuli ulovchi simlarning uzunligi uncha katta bo'lmagan va o'lchashlarning pretsizion aniqligi talab etilmaydigan tizimlarda foydalaniladi, bunday konfiguratsiyaning muhim xususiyati yechimning qiymati minimal ekanligidir. To'rt simli ulanish, odatda o'lchash laboratoriyalarida foydalaniladi. Bunday konfiguratsiyada maksimal aniqlikka erishiladi. SCM5B35 moduli ana shu maqsadlar uchun maxsus ishlab chiqilgan. Uch simli ulanish ongli kelishuv sifatida ishtirok etadi, u ko'pincha sanoatni avtomatlashtirishda foydalaniladigan datchikni ulash varianti hisoblanadi. Bularning hammasi operativ xizmat ko'rsatish uchun yetarlicha qulay va birlamchi o'zgartgichlardan signallarni qurish imkonini beradi. Ish haroratlarining -40 dan $\pm 85^{\circ}\text{C}$ gacha bo'lgan keng oralig'i ko'pchilik hollarda modullarni o'lchash

nuqtasiga bevosita yaqin joyda, kompensatsiyalovchi simlarning qisqa uzunligi hisobiga mablag' tejab va qo'shimcha isitish yoki sovitishdan voz kechib, joylashtirishga imkon beradi.

Yana shuni ta'kidlash joizki, „Data forth“ firmasi modullaridan foydalanish — signallarni me'yorlashtirish masalalarining yagona yechimi emas, biroq uni shubhasiz davr bilan tekshirilgan klassikaga taalluqlilar toifasiga kiritish mumkin.

TAYANCH SO'Z VA IBORALAR

Harorat; kengayish termometrlari; manometrik termometrlar; termoballon; kapillar naycha; manometrik prujina (sezgir element); termoelektr termometrlar; millivoltmetrlar; potensiometrar; reoxord (kalibrangan qarshilik); elektron kuchaytirgich; avtomatik potensiometr; termojuft bilan ishlaydigan me'yorlovchi o'zgartgich; qarshilik termometrlari; logometr; qarshiliklarni o'lchashning ko'prik usuli; muvozanatlashtirilgan avtomatik ko'priklar; qarshilik termometrini uch simli ulash usuli; qarshilik termometri bilan ishlaydigan me'yorlovchi o'zgartgich; nurlanish pirometrlari; optik (kvazimonoxromatik) pirometr; rangli pirometr; to'liq nurlanish (radiatsion) pirometr.

Nazorat savollari

1. Harorat nima va haroratni o'lchash birliklarini bilasizmi?
2. Haroratni o'lchashning qanday usullari mavjud?
3. Kengayish termometrlarining turlarini va ishlash usullarini tushuntirib bering.
4. Manometrik termometrlarning turlari va ishlash prinsiplarini tushuntirib bering.
5. Atrof-muhit harorati 20°C dan farq qilsa, manometrik termometrlarda qanday xatolik yuz beradi?
6. Termoeffekt nima?
7. Qanday standart termoelektr termometrlarini bilasiz?
8. Millivoltmetrning ishlash prinsipini tushuntirib bering.
9. Potensiometrning turlari va ishlash prinsipini tushuntirib bering.
10. Haroratni millivoltmetr va potensiometr bilan o'lchash o'rtasida qanday farq bor?
11. Qarshilik termometrlarining ishlash prinsipini tushuntirib bering.
12. Qanday standart sanoat qarshilik termometrlarini bilasiz?
13. Logometrning ishlash prinsipini tushuntirib bering.
14. Qarshiliklarni o'lchashning ko'prik sxemalarini chizib, ishlash prinsipini tushuntirib bering.
15. Avtomatik ko'priklarning turlari va ishlash prinsipini tushuntirib bering.
16. Haroratni termojuft bilan o'lchash qarshilik termometrlari bilan o'lchashdan qanday farq qiladi?
17. Haroratni o'lchashda qo'llaniladigan logometr va muvozanatlashtirilgan avtomatik ko'prik asboblari orasida qanday farq bor?
18. Nurlanish pirometrlarining ishlash prinsipini tushuntirib bering.
19. Optik, rangli, radiatsion pirometrlar orasida qanday farq bor?
20. Nurlanish pirometrlari kimyo sanoatining qanday tarmoqlarida keng qo'llaniladi?
21. Har xil holatdagi moddalar haroratlari qanday o'lchanadi?

III bob. BOSIMNI O'LCHASH

3.1-§. ASOSIY MA'LUMOTLAR

Bosim texnologik jarayonlarning asosiy parametrlaridan biridir. Ishlab chiqarish jarayonlarining to'g'ri olib borilishi, ko'pincha bosim kattaligiga bog'liq bo'ladi.

Tekis sirtga normal ta'sir ko'rsatuvchi tekis taqsimlangan kuch *bosim* deb ataladi:

$$P = \frac{F}{S} \quad (3.1)$$

bu yerda: S — tekislik yuzi; F — shu tekislik yuziga tik ta'sir qiladigan bosim kuchi.

Bosim xalqaro birliklar tizimida paskal (Pa) bilan o'lchanadi. 1 Pa qiymati jihatidan kuchga perpendikular bo'lgan 1 m² yuzaga tekis taqsimlangan 1 N kuch hosil qilgan bosimga teng (N/m²). Karrali kPa va MPa birliklar keng qo'llaniladi, kgk/sm², bar, kgk/m² (mm suv ust.), mm sim. ust. kabi birliklardan ham foydalanish mumkin. 3.1-jadvalda ko'p uchraydigan bosim birliklarining nisbati keltirilgan.

3.1-jadval

Bosimning turli o'lchov birliklari orasidagi nisbati

Birliklar	Pa	Bar	kgk/sm ²	kgm/m ² (mm suv. ust)	mm sim. ust.
1 Pa	1	10 ⁻⁵	1,0197 · 10 ⁻⁵	0,10197	7,6006 · 10 ⁻⁵
1 Bar	10 ⁵	1	1,0197	1,0197–104	750,06
1 kgk/sm ²	9,8066 · 104	0,98066	1	104	735,56
1 kgk/m ² (mm/suv/ust.)	9,8066	0,98066 · 10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	1	7,3566 · 10 ⁻⁴
1 mm sim.ust.	133,32	1,3332 · 10 ⁻³	1,33595 · 10 ⁻³	13,595	1

O'lchashda mutlaq, ortiqcha, atmosfera va vakuum bosimlar mavjud. R_{mut} — *mutlaq bosim* — modda holatining (suyuqlik, gaz, bug') parametri bo'lib, R_{atm} — atmosfera va R_{ort} — ortiqcha bosimlar yig'indisidan iborat:

$$R_{mut} = R_{atm} + R_{ort} \quad (3.2)$$

Ortiqcha bosim mutlaq va atmosfera bosimlari oralaridagi farqdan iborat:

$$R_{ort} = R_{mut} - R_{atm} \quad (3.3)$$

Atmosfera bosimi — yer atmosferasidagi havo ustunining bosimi; uning qiymati barometrlar bilan o'lchanadi, shuning uchun bu bosim ko'pincha

barometrik bosim deb ataladi. Agar mutlaq bosim atmosfera bosimidan kichik bo'lsa, *vakuum (siyraklanish)* sodir bo'ladi.

$$R_v = R_{\text{atm}} - R_{\text{mut}} \quad (3.4)$$

Bosim asboblari ishlash prinsipiga va o'lchanayotgan kattalikning turiga ko'ra quyidagi turlarga bo'linadi.

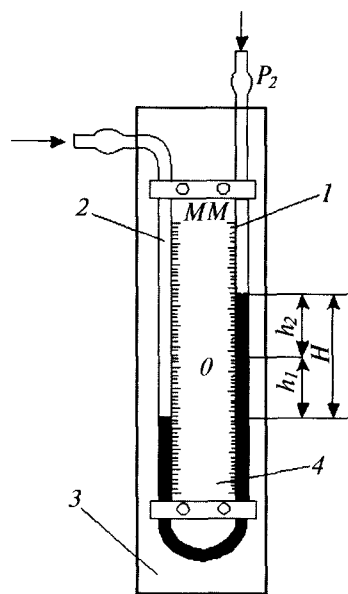
Bosim o'lchaydigan asboblarning ishlash prinsiplariga ko'ra suyuqlik, deformatsion (prujinali), yuk-porshenli, elektr, ionli va issiqlik turlariga bo'linadi.

O'lchanayotgan bosim kattaligining turiga ko'ra o'lchash asboblari quyidagi turlarga bo'linadi:

- 1) manometr — mutlaq va ortiqcha bosimni o'lchaydi;
- 2) barometr — atmosfera bosimini o'lchaydi;
- 3) vakuummetr — berk idish ichidagi suyuqlik va gaz bosimining siyraklanishini o'lchaydi;
- 4) manovakuummeter — ortiqcha bosim va siyraklanishlarni o'lchaydi;
- 5) naporomer — kichik qiymatli ortiqcha bosimni o'lchaydi;
- 6) tyagomer — kichik qiymatli siyraklanishni o'lchaydi;
- 7) tyagonaporomer — kichik qiymatli bosim va siyraklanishlarni o'lchaydi;
- 8) differensial manometr — ikki bosim ayirmasini (bosimlar farqini) o'lchaydi.

Quyida sanoatda eng ko'p tarqalgan usullar va asboblarning ko'rib chiqilgan.

3.2-§. SUYUQLIKLI BOSIM O'LCHASH ASBOBLARI



3.1-rasm. Ikki naychali manometr.

Suyuqlik bosim o'lchash asboblarning ishlash prinsipi o'lchanayotgan bosimning suyuqlik ustunining gidrostatik bosimi bilan muvozanatlashishiga asoslangan. Asboblarning turli ishchi suyuqliklari, ko'pincha simob, transformator moyi, suv va spirt bilan to'ldiriladi.

Asboblarda tutash idishlarning prinsipi qo'llaniladi. Ularda ishchi suyuqlik sathlari ular ustidagi bosim teng bo'lganda mos tushadi, bosim teng bo'lmaganda esa suyuqlik sathi shunday holatni egallaydiki, bir idishdagi ortiqcha bosim boshqa idishdagi suyuqlikning ortiqcha ustunining gidrostatik bosimi bilan muvozanatlashtiriladi. Ko'pgina suyuqlik manometrlari ishchi suyuqlik ko'rinadigan sathga ega. O'sha sath bo'yicha ko'rsatishlarni bevosita yozib olish mumkin. Shunday suyuqlik asboblarning guruhi bor, ularda ishchi suyuqlikning sathi bevosita ko'rinib turmaydi. Sathning o'zgarishi qalqovichning siljishiga yoki boshqa qurilmalar

tasniflarining o'zgarishiga olib keladi. Bu tasniflar yo raqamli qurilmalar yordamida o'lchanayotgan kattalikning bevosita ko'rsatishini, yoki uning qiymatini o'zgartirish va masofaga uzatishni ta'minlaydi.

Suyuqlikli asboblarning ba'zi turlarini ko'rib chiqamiz.

Ikki naychali manometr. Bosim, siyraklanish va bosimlar farqini o'lchash uchun sathi ko'rinadigan ikki naychali U-simon manometrlardan, vakuummetrlardan va difmanometrlardan foydalaniladi. Bunday manometrning prinsipial sxemasi 3.1-rasmda tasvirlangan. Ikki tik tutash naycha 1 va 2 metall yoki yog'och asos 3 ga mahkamlangan bo'lib, unga shkala 4 o'rnatilgan.

Agar naychanning ochiq qismidagi suyuqlik ustunining gidrostatik bosimi ikkinchi qismidagi bosim bilan mos kelsa, asbobda suyuqlik ustuni balandliklari bir xil holatda bo'ladi. Shunga asoslanib, quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$R_{\text{mut}} \cdot S = P_{\text{atm}} \cdot S + H \cdot S \cdot g(\rho - \rho_1) \quad (3.5)$$

bu yerda: R_{mut} — o'lchanayotgan bosim, Pa;

R_{atm} — atmosfera bosimi, Pa;

S — naycha ko'ndalang kesimining yuzi, m^2 ;

N — suyuqlik sathining (ustun uzunligining) farqi, m;

ρ — suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ;

ρ_1 — manometrdagi suyuqlik ustidagi muhitning zichligi, kg/m^3 ;

g — erkin tushish tezlanishi, m/s^2 .

Demak,

$$R_{\text{mut}} = P_{\text{atm}} + H \cdot g(\rho - \rho_1), \quad (3.6)$$

$$R_{\text{ort}} = R_{\text{mut}} - P_{\text{atm}} = H \cdot g(\rho - \rho_1). \quad (3.7)$$

Agar manometrdagi suyuqlik ustida gaz bo'lsa, u holda:

$$R_{\text{ort}} = R_{\text{mut}} - P_{\text{atm}} = H \cdot g \cdot \rho. \quad (3.8)$$

Suyuqlik ustuni balandligini topish uchun ikki marta ustun balandliklarini hisoblab chiqish (bir tirsakdagi kamayishini, ikkinchisida esa ko'payishini) va ularning qiymatini qo'shish lozim, ya'ni

$$H = h_1 + h_2 \quad (3.9)$$

Bosimlar farqini (o'zgarishini) o'lchashda suyuqlikli differensial ikki naychali manometrning bir tirsagiga (musbat) katta bosim, ikkinchi tirsagiga esa (manfiy) kichik bosim beriladi. Musbat va manfiy tirsaklardagi suyuqlik sathining farqi o'lchanayotgan bosimlar farqiga mutanosib (ΔR):

$$\Delta P = P_1 - P_2 = H \cdot g(\rho - \rho_1). \quad (3.10)$$

Manometrlarda ish suyuqligi kapillar kuchlarning ta'siridan xalos bo'lish uchun ichki diametri 8...10 mm bo'lgan shisha naychalardan foydalaniladi. Agar ishchi suyuqlik sifatida spirt olinsa, naychalarning diametrini kamaytirish mumkin.

Ikki naychali manometrlardagi xatoliklar manbayi mahalliy erkin tushish tezlanishi g ning hisobiy qiymatidan chetga chiqishi, ish suyuqligi va o'lchanayotgan muhitning zichligi ρ ham ρ_1 , h_1 va h_2 balandliklarni o'lchashdagi xatolardan iborat. Ularning ko'rsatish xatosi 20°C haroratda 2 mm dan oshmaydi. Ular noagressiv suyuqlik va gazlarning ortiqcha bosimi va siyraklanishini 0...10 kPa chegaralarda o'lchash uchun mo'ljallangan. Mazkur asboblardan bosimlar farqini o'lchashda difmanometr sifatida foydalanish mumkin.

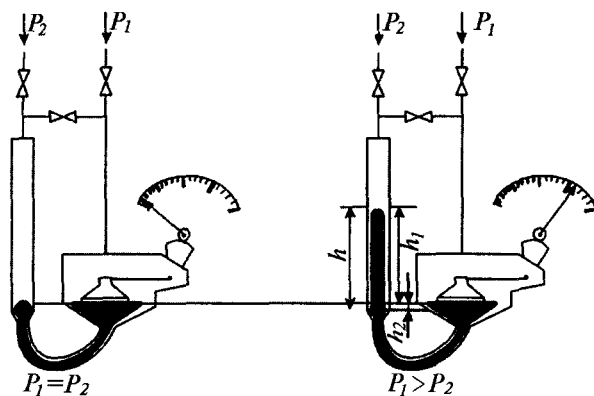
Tuzilishiga qarab naychali suyuqlikli asboblarning bir naychali (kosali), og'ma naychali va boshqa turlari mavjud. Bu asboblarning ikki naychali asbobning bir turi bo'lib, ikkinchi naycha o'rniga keng idish (kosa) ishlatiladi.

Suyuqlikli asboblarning laboratoriya va ishlab chiqarish tajribasida keng qo'llanadi. Ularning kamchiliklari — ko'rsatishlarni masofaga uzatish mumkin emasligi, o'lchash chegaralarining kichikligi, ko'rsatishlarning yaqqol emasligi va mexanik mustahkam emasligidan iborat.

Texnik o'lchashlarda kombinatsiyalashgan suyuqlikli mexanik asboblarning qo'llanadi. Ular yuqorida ko'rilgan asboblardan farqli o'laroq, ishchi suyuqlikning ko'rinadigan sathiga ega emas. Ularga qalqovichli, qo'ng'iroqli va halqali asboblarning kiradi.

Qalqovichli difmanometrlar. Qalqovichli difmanometrlarning ishlash prinsipi kosali manometrlarnikiga o'xshash, ammo ularda bosimni o'lchashda kosadagi suyuqlik sathi balandligining o'zgarishi natijasida qalqovichning siljishidan foydalaniladi. Uzatish qurilmasi yordamida qalqovichning siljishi strelkaga uzatiladi. Bular, ko'pincha, bosimning o'zgarishini o'lchash uchun ishlatiladi.

3. 2- rasmda qalqovichli difmanometr sxemasi ko'rsatilgan. Katta bosim beriladigan idish *musbat*, kichik bosim beriladigan idish *manfiy* deyiladi. Musbat idishga $P_1 > P_2$ bosim berilganda undagi suyuqlik sathi h_2 ga pasayib, manfiy idishdagi sath h_1 ga ko'tariladi. $R_1 - P_2$ bosimlar ayirmasi suyuqlik ustunining h uzunligi orqali muvozanatlashadi:



3.2-rasm. Qalqovichli difmanometr sxemasi.

$$h = h_1 + h_2 \quad (3.11)$$

Bosimlar farqining muvozanat sharti quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$P_1 - P_2 = \Delta P = h \cdot g(\rho - \rho_1), \quad (3.12)$$

bu yerda: ΔR — bosimlar farqi, Pa; Δ — difmanometr ichidagi suyuqlikning zichligi, kg/m^3 .

Silindr shaklidagi idishlar uchun bu shart quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$S_1 \cdot h_1 = S_2 \cdot h_2, \quad (3.13)$$

bu yerda: S_1 — manfiy idish kesimining yuzasi, m^2 ; S^2 — musbat idish kesimining yuzasi, m^2 ; yoki

$$h_1 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{D^2 \cdot \pi}{4}, \quad (3.14)$$

bu yerda: d va D — manfiy va musbat idishlarning diametri, m.

(3.14) tenglamadan

$$h_1 = h_2 \frac{D^2}{d^2}. \quad (3.15)$$

(3. 15) tenglamani (3.11) ga qo‘ysak, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$h = h_2 \left(1 + \frac{D^2}{d^2} \right) \quad (3.16)$$

(3. 16) ni (3.12) ga qo‘yamiz:

$$p_1 - P_2 = \Delta P = h_2 \left(1 + \frac{D^2}{d^2} \right) \cdot g \cdot (\rho - \rho_1). \quad (3.17)$$

Ma’lum asbob uchun $(1 + \frac{D^2}{d^2})$ va $g(\rho - \rho_1)$ kattaliklar doimiy bo‘lgani uchun ularni K va K_1 orqali ifodalasak:

$$P_1 - P_2 = \Delta P = K \cdot K_1 \cdot h_2. \quad (3.18)$$

Shunday qilib, difmanometr idishlaridagi bosimlar farqi qalqovichning siljishi bilan ta’riflanadi. Agar musbat idishning hajmi o‘zgarmas bo‘lib, manfiy idishning diametri va uzunligi o‘zgartirilsa, bosimlar farqini o‘lchash chegaralarini o‘zgartirish mumkin. (3.11) va (3.15) tenglamalarni birgalikda yechib, manfiy idishning diametrini topamiz, ya’ni:

$$d = D \sqrt{\frac{h_2}{h - h_2}}. \quad (3.19)$$

(3.19) tenglamadan D , h va h_2 larning berilgan qiymatlarida manfiy idishning kerakli diametri aniqlanadi.

Qalqovichli difmanometrlarning turli maqsadlarga mo'ljallangan xillari chiqariladi. Simob bilan to'ldirilgan difmanometrlar uchun bosim farqini o'lchash chegarasi 6,3 dan 25 MPa gacha, ortiqcha bosimni o'lchash chegarasi esa 4 dan 40 MPa gacha. Moy bilan to'ldirilgan difmanometrlar uchun bosim farqini o'lchash chegarasi 40 Pa dan 4 kPa gacha, statik ortiqcha bosimni o'lchash chegarasi esa 0,25 MPa gacha. Texnik difmanometrlar 1 va 1,5 aniqlik sinfida chiqariladi. Qalqovich siljishi bosimning maksimal farqida difmanometrning barcha turlari uchun 30,5 mm ga teng.

Ko'rsatishlarni 50 m dan ortiq masofaga uzatish zarur bo'lgan hollarda elektr va pnevmatik o'zgartkichli masofaga uzatuvchi difmanometrlar qo'llanadi.

Asbobsozlik sanoati DP turidagi ko'rsatuvchi va o'ziyozar qalqovichli difmanometrlar ishlab chiqaradi. Yetti tur — o'lchamli almashtiriladigan manfiy idishlar chiqariladi. Ular 25 MPa gacha statik bosimda 6,3 kPa dan 0,1 MPa gacha bo'lgan bosimlar farqini o'lchaydi. Asboblarning xatoliklari o'lchash chegarasining $\pm 2\%$ idan oshmaydi.

Yuqorida ko'rilgan suyuqlikli manometrlarning va difmanometrlarning afzalligi ularning soddaligi va katta aniqlikda o'lchashda ishonchliligidadir.

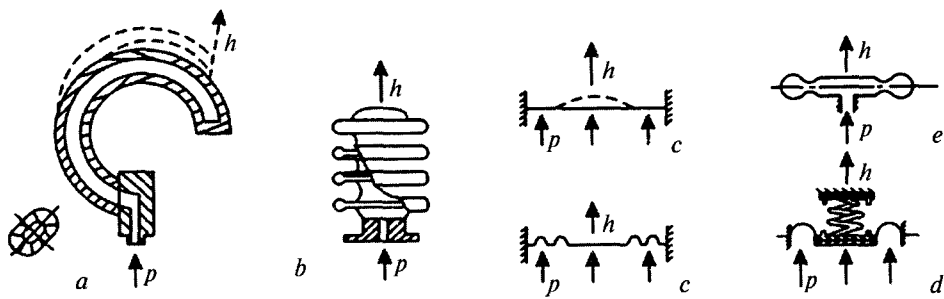
Qalqovichli difmanometrlarda to'ldiruvchi ishchi suyuqlik sifatida simob, vazelin moyi, shuningdek, transformator moyi ishlatilar edi, ammo simobning zararliligi tufayli uning ishlatilishi keskin cheklangan, shuning uchun qalqovichli asboblarda o'rniga ko'proq deformatsion asboblarda ishlatilmoqda.

3.3-§. PRUJINALI ASBOBLAR

Prujinali (deformatsion) asboblarning ishlash prinsipi bosim ta'sirida turli elastik elementlarning deformatsiyalanishi yoki ularning kuchini o'lchashga asoslangan. Elastik elementda bosim kuchi ta'sirida vujudga keladigan deformatsiyalanish natijasida o'lchash asbobining strelkasi to'g'ri chiziqli yoki burchakli shkala bo'yicha siljib, bosim qiymati P ni ko'rsatadi.

Prujinali asboblarning o'lchash aniqligi yuqori bo'lishi uchun ulardagi elastik elementlar elastiklik moduli va issiqlik kengayish koeffitsiyentlari kam bo'lgan materiallardan tayyorlangan bo'lishi va gisterezis hamda qoldiq elastiklik hodisalari bo'lmasligi talab qilinadi.

Prujinali asboblarda ortiqcha bosim, siyraklanish, bosimlar farqi va shu kabilarni o'lchash uchun qo'llanadi. Keng tarqalgan elastik sezgir elementlar 3.3-rasmda tasvirlangan, ularga naychali prujina (a), sifonli (b), yassi va gofirlangan membranalar (c , d), membranali quticha (e), bikir markazli yumshoq membranalar (f) kiradi.



3.3- rasm. Elastik sezgir elementlar.

Statik xarakteristikaning shakli va tikligi sezgir elementning tuzilishiga, materialga va haroratga bog‘liq. Sezgir elementlarning elastiklik holati kuch bo‘yicha qattqlik koeffitsiyenti bilan xarakterlanadi:

$$K_F = \frac{F}{h} = \frac{P \cdot S_E}{h}$$

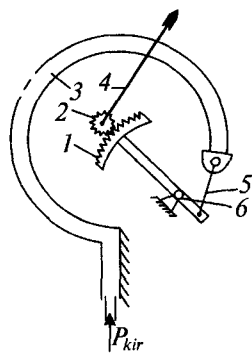
bu yerda: F , S_E — mos ravishda elastik sezgir elementga ta‘sir etadigan kuch va elementning foydali yuzi; h — sezgir element erkin uchining siljishi.

Prujinali asboblarning afzalligi ularning soddaligi, ishonchligi, universalligi, ixchamligi va o‘lchanayotgan kattaliklarning katta diapazonidan iborat.

Naychasimon prujinali asboblalar. Sezgir element sifatida naychasimon manometrik prujina ishlatilgan deformatsion asboblalar laboratoriya va ishlab chiqarish amaliyotida keng tarqalgan. Ayniqsa, bir o‘ramli naychasimon prujinali asbob — manometr, vakuummetr, manovakuummetr va difmanometrlar juda ko‘p qo‘llanadi.

Naychasimon prujinali asboblarning ishlash prinsipi o‘lchanayotgan bosimning elastik deformatsiya kuchi bilan muvozanatlashuviga asoslangan. Aylana yoyi bo‘yicha bukilgan elliptik yoki yassi oval kesimli naychasimon prujina ichidagi ortiqcha bosim yoki siyraklanishning o‘zgarishi natijasida o‘zining bukilishini o‘zgartiradi (3.3- rasm, a).

O‘lchanayotgan ichki va tashqi atmosfera bosimlari farqi ta‘sirida naychali prujina deformatsiyalanadi: naycha kesimining kichik o‘qi kattalashadi, katta o‘qi kichiklashadi, bunda prujina deformatsiyalanadi va uning erkin uchi 1...3 mm ga siljiydi. 5 MPa gacha bo‘lgan bosim uchun naychali prujinalar jezdan, bronzadan, undan ham yuqori bosimlar uchun — legirlangan po‘lat va nikel qotishmalaridan tayyorlanadi.



3.4 - rasm. Prujinali manometrning kinematik sxemasi.

3.4-rasmda bir o'ramli prujinali manometrlarning kinematik sxemasi keltirilgan. Bosim o'zgarishi natijasida prujina 3 uchining siljishi tortqi 5 orqali 6 sektorga uzatiladi. Sektorning burchakli siljishi tishli ilashma yordamida tribka 2 ning aylanishiga olib keladi. Tribkaning o'qiga ko'rsatuvchi strelka 4 birlashtirilgan.

Naychanning bo'sh uchida siljish uncha katta bo'lmagani sababli, ko'pincha ko'p o'ramli naychasimon prujinalar ishlatiladi. Ko'p o'ramli (gelikoidal) naychasimon prujinali manometrlarning ishchi organi olti, to'qqiz o'ramli yassi naychadan hosil qilingan silindrik spiral shaklga ega. Gelikoidal naychasimon prujinali manometrlar o'ziyozar va ko'rsatishlarni masofaga uzatuvchi bo'ladi.

Naychasimon prujinali manometrlar ko'rsatish, yozish, signal berish va ko'rsatishlarni masofaga uzatish uchun mo'ljallangan. Hozir pnevmatik va elektr datchiklarning unifikatsiyalangan tizimga kiritilgan prujinali asboblarning ko'p turlari ishlab chiqilmoqda. Bu asboblarning standart pnevmatik, elektr signallarda ishlaydigan ikkilamchi asboblarning va maxsus qurilmalar majmuasida qo'llanadi. Asbobsozlik sanoati 0,1 dan 1000 MPa (1...1000 kgk/sm²) gacha bo'lgan bosimlarni o'lchaydigan asboblarning ishlab chiqaradi. Texnik manometr, vakuummetr va manovakuummetrlar 1; 1,6; 2,5 va 4 aniqlik sinfiga ega. Namunaviy asboblarning aniqlik sinfi 0,16; 0,25 va 0,4.

Silfonli asboblarning. Sezgir element sifatida silfon keng qo'llanilmoqda. Silfonlar jez, bronza, zanglamas po'lat, plastmassa va boshqalardan tayyorlanadi. Ularning ba'zi turlari vintsimon prujinali qilib tayyorlanadi, buning natijasida gisterezis va nochiziqlik ta'siri kamayib, asbobning o'lchash chegarasi kengayadi. Silfonlar bir qatlamli va ko'p qatlamli bo'ladi. Odatda, silfonlarning diametri 12...100 mm, uzunligi 13...100 mm, qatlamlari (gofralari) soni 4...24 atrofida bo'ladi. Silfonlarning siljishi 2,8...21 mm. Ularning siljish kattaligi silfonlarni o'ziyozar asboblarda qo'llashga imkon beradi. Silfonga ta'sir etgan ichki yoki tashqi bosim natijasida silfon uzunligi o'zgaradi.

Ko'rsatuvchi va o'ziyozar asboblarda silfonli sezgir elementlardan quyidagi turlari ishlatiladi: MSP, MSS (manometrlar); MVSS (manovakuummetrlar); VSP, VSS (vakuummetrlar); DSP, DSS (difmanometrlar); NSP, NSS (naporometrlar); TmSP, TmSS (tyagometrlar); TNSP, TNSS (yagona porometrlar). Bu asboblarning ko'pchiligi pnevmatik va unifikatsiyalangan elektr datchiklar tizimiga kiradi. Silfonli naporometr va tyagometrlarda kichik bosimlarni 40000 Pa (4000 kgk/m²); vakuumni (0,1 mPa gacha); mutlaq bosimni (2,5 mPa gacha); ortiqcha bosimni (60 mPa gacha); bosimlar farqini (0,25 mPa gacha) o'lchash uchun qo'llaniladi.

3.5-rasmda silfonli pnevmatik tyagonaporometr (TNS-P) ning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan. Bu asbob o'lchashning pnevmatik tarmog'iga kiradi. Uning vazifasi bosim yoki siyraklanishni masofaga uzatuvchi mutanosib pnevmatik signalga uzluksiz aylantirishdir.

Asbobning ishlash prinsipi pnevmatik kuch kompensatsiyasiga asoslangan. Kompensatsiya maxsus pnevmatik qurilma yordamida bajariladi. O'lchanayotgan bosim yoki siyraklanish silfon — sezgir element 9 yordamida mutanosib kuchga aylanadi.

Bu kuch avtomatik ravishda teskari bog'lanish kuchi orqali muvozanatlashadi. Muvozanatlash richag 8, zaslonka (to'siq) 4 va Γ -simon richagdan tashkil topgan pishangli mexanizm orqali bajariladi. Teskari bog'lanish kuchi kompensatsion element — teskari bog'lanish silfoni 7 dagi siqilgan havo bosimi orqali hosil bo'ladi. O'lchanayotgan bosim o'zgarishi bilan pishang 8 va to'siq 4 soplo 5 ga nisbatan siljiydi. Natijada soplo 5 ning yo'lida (kanalida) nomoslik signali paydo bo'ladi. Bu signal kuchaytirgich 6 dan teskari bog'lanish silfoniga kelayotgan bosimni o'zgartiradi. O'lchanayotgan parametrning o'lchovi bo'lgan bosim bir yo'la masofaga uzatish liniyasiga (kanaliga) ham yuboriladi.

Asbobni sozlash uchun rolik 2 xizmat qiladi, u richag 1 va 8 lar bo'ylab harakat qiladi. Prujina 3 asbobni nol belgisiga sozlaydi.

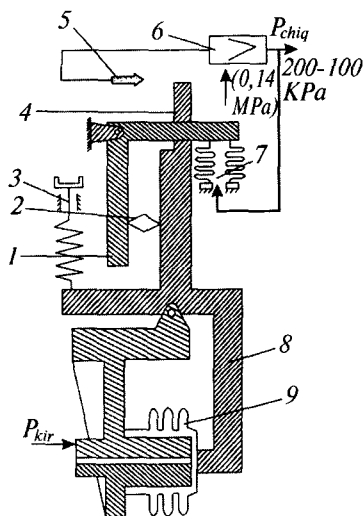
Pnevmatik signalni 300 m masofaga uzatish mumkin. Bunday silfonli asboblarda turli xilda va rusumda chiqariladi hamda turli chegarali o'lchashlarga mo'ljallangan. Ularning aniqlik sinfi 1 va 1,5.

Silfonlarning asosiy kamchiliklari gisterezis mavjudligi va xarakteristikaning birmuncha noxizizligidir. Gisterezis ta'sirini kamaytirish va bikirlikni oshirish maqsadida, ko'pincha, silfon ichiga prujina o'rnatiladi.

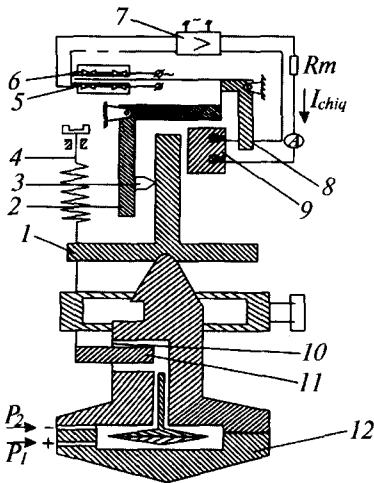
Membranali asboblarda. So'nggi yillarda membranali asboblarda tobora keng qo'llanmoqda. Bu asboblarda sezgir element sifatida elastik materiallardan tayyorlangan yumshoq, shuningdek gofralangan plastinkasimon membranalar yoki gofralangan membrana qutichalar ishlatiladi. Membranali asboblarda bilan uncha katta bo'lmagan ortiqcha bosimlar va siyraklanishlar hamda bosimlar farqi o'lchanib, manometrlar, naporomerlar, tyagomerlar va difmanometrlar kabi asboblarda mavjud.

Membrananing egilishdagi elastikligi uning geometrik o'lchamlariga (diametri, qalinligi, gofralarining soni, shakliga), materialiga hamda unga ta'sir qiladigan bosimga bog'liq. Membranadagi gofralar uning bikirligini oshiradi va xarakteristikasining to'g'ri chiziqli bo'lishini ta'minlaydi.

Membrananing bikirligini oshirish maqsadida uning o'rta qismiga qattiq materialdan yasalgan disk yoki prujina o'rnatiladi. Membrana rezina, plastmassa, latun, bronza va boshqa materiallardan tayyorlanadi. Bronzadan



3.5 -rasm. Silfonli pnevmatik tyagonaporomerning prinsipial sxemasi.



3.6-rasm. Yumshoq membranali difmanometrning prinsipial sxemasi.

Bunday membranali asboblarning kamchiligi — sezgir element qo'zg'aluvchan markazining sust yurishi, membrana bikirligining hisobdan cheklanishi va uni rostlash murakkabligidir. Sezgir elementlarning bu kamchiligi elektr

tayyorlangan membrananing qalinligi o'lchanadigan bosim qiymatiga qarab 0,02...1,0 mm bo'lishi mumkin.

Membrana yordamida bosimlar farqi ta'sirida uning markazi siljiydi. Membrana markazining bosim ta'sirida siljishi katta emas va 1,5...2.0 mm ni tashkil etadi. Bu hol asboblarning sezgirlikni kamaytiradi va uzatish soni katta bo'lgan mexanizm qo'llashni talab etadi. Membrana asboblarning bu kamchiliklari ularni ishlatish doirasini cheklaydi.

Membrana elastik sezgir elementlar ko'proq membranali quticha ko'rinishida bo'lib, asboblarning kichik bosim va siyraklanishni o'lchashda ishlatiladi.

Bunday membranali asboblarning kamchiligi — sezgir element qo'zg'aluvchan markazining sust yurishi, membrana bikirligining hisobdan cheklanishi va uni rostlash murakkabligidir. Sezgir elementlarning bu kamchiligi elektr

dan ± 25 kPa gacha bo'lgan o'lchash chegaralariga mo'ljallangan. Ularning aniqlik sinfi 1,5 va 2,5.

Elektr va pnevmatik tarmoqlar tarkibiga kirgan yumshoq membranali difmanometrlar (DM) keng tarqalgan. 3.6-rasmda membranali elektr difmanometrning prinsipial sxemasi keltirilgan.

Asbobning ishlash prinsipi elektr signalli kuch kompensatsiyasiga asoslangan. O'lchanayotgan bosimlar farqi membranali o'lchash bloki 12 ning musbat va manfiy kameralariga beriladi. Membrana yordamida bosimlar farqi mutanosib kuchga aylantiriladi. Membranada hosil bo'lgan kuch pishang 11 yordamida o'zgartkichning pishangli uzatish mexanizmiga uzatiladi. O'zgartkich T-simon pishang 1, Γ -simon pishang 2 va pishang 8 dan iborat bo'lib, teskari bog'lanish kuchi bilan muvozanatlanadi. Teskari bog'lanish kuchi magnitoelektr mexanizm 9 da (teskari bog'lanish qurilmasi) bosimlar farqi o'zgarishi bilan hosil bo'ladi. Bunda pishangli 8, nomoslik indikator 6 ning bayroqchasi 5 ni siljitadi. Indikator da paydo bo'lgan nomoslik elektr signali kuchaytirgich 7 da kuchayadi va magnitoelektr kuch qurilmasi 9 ga keladi. Shu bilan birga bu signal masofaga uzatish liniyasiga keladi va o'lchanayotgan parametr qiymatini bildiradi. Shunday qilib, asbobning chiqish signali o'lchanayotgan bosimlar farqiga to'g'ri mutanosib. Asbobning nol belgisiga sozlanishi prujina 4 yordamida bajariladi. Bu turdagi asboblarning bosimlarni 100 Pa dan 6,3 kPa gacha chegaralarda o'lchash uchun moslangan, asboblarning aniqlik sinfi 1.

Membranali asboblarning kamchiligi — sezgir element qo'zg'aluvchan markazining sust yurishi, membrana bikirligining hisobdan cheklanishi va uni rostlash murakkabligidir. Sezgir elementlarning bu kamchiligi elektr

va pnevmatik kuch kompensatsiyasi sxemasi bo'yicha qurilgan asboblarda bartaraf etiladi.

Qovushqoq suyuqliklar va kimyoviy agressiv muhitlar bosimini o'lchash uchun membranali manometrlar eng qulay, chunki asboblarning nippelidagi to'g'ri va keng kanal hamda membrana ostidagi katta bo'shliq qovushqoq suyuqlik uchun erkin yo'l ochib beradi va ifloslanish ehtimolining oldini oladi. Asbob sezgir qismining sodda shakli membranani agressiv muhit ta'siridan yengillik bilan himoya qiladi. Buning uchun membrananing pastki sirti kimyoviy chidamli metallardan qilingan yupqa folga bilan yoki chidamli plastmassa (ftoroplast va h.k.) dan qilingan plyonka bilan qoplanadi.

Membrananing bikirligini oshirish maqsadida uning o'rta qismiga qattiq materialdan yasalgan disk yoki prujina o'rnatiladi. Membrana rezina, plastmassa, latun, bronza va boshqa materiallardan tayyorlanadi. Bronzadan tayyorlangan membrananing qalinligi o'lchanadigan bosim qiymatiga qarab 0,02...1,0 mm bo'lishi mumkin.

Membranaga ikkala tomondan ta'sir etadigan bosimlar farqi ta'sirida uning markazi siljiydi. Membrana markazining bosim ta'sirida siljishi katta emas va 1,5...2,0 mm ni tashkil etadi. Bu hol asboblarning sezgirlikni kamaytiradi va uzatish soni katta bo'lgan mexanizm qo'llashni talab etadi. Membrana asboblarning bu kamchiliklari ularni ishlatish doirasini cheklaydi.

Membrana elastik sezgir elementlar ko'proq membranali quticha ko'rinishida bo'lib, asboblarning kichik bosim va siyraklanishni o'lchashda ishlatiladi.

Bunday membranali asboblarning bosimlari ± 250 Pa dan ± 25 kPa gacha bo'lgan o'lchash chegaralariga mo'ljallangan. Ularning aniqlik sinfi 1,5 va 2,5.

Elektr va pnevmatik tarmoqlar tarkibiga kirgan yumshoq membranali difmanometrlar (DM) keng tarqalgan. 3.6-rasmda membranali elektr difmanometrning prinsipial sxemasi keltirilgan.

Asbobning ishlash prinsipi elektr signalli kuch kompensatsiyasiga asoslangan. O'lchanayotgan bosimlar farqi membranali o'lchash bloki 12 ning musbat va manfiy kameralariga beriladi. Membrana yordamida bosimlar farqi mutanosib kuchga aylantiriladi. Membranada hosil bo'lgan kuch pishang 11 yordamida o'zgartkichning pishangli uzatish mexanizmiga uzatiladi. O'zgartkich T-simon pishang 1, G-simon pishang 2 va pishang 8 dan iborat bo'lib, teskari bog'lanish kuchi bilan muvozanatlanadi. Teskari bog'lanish kuchi magnitoelektr mexanizm 9 da (teskari bog'lanish qurilmasi) bosimlar farqi o'zgarishi bilan hosil bo'ladi. Bunda pishangli 8, nomoslik indikator 6 ning bayroqchasi 5 ni siljitadi. Indikator da paydo bo'lgan nomoslik elektr signali kuchaytirgich 7 da kuchayadi va magnitoelektr kuch qurilmasi 9 ga keladi. Shu bilan birga, bu signal masofaga uzatish liniyasiga keladi va o'lchanayotgan parametr qiymatini bildiradi. Shunday qilib, asbobning chiqish signali o'lchanayotgan bosimlar farqiga to'g'ri mutanosib. Asbobning nol belgisiga sozlanishi prujina 4 yordamida

bajariladi. Bu turdagi asboblarning bosimlari 100 Pa dan 6,3 kPa gacha chegaralarda o'lchash uchun moslangan, asboblarning aniqlik sinfi 1.

Membranali asboblarning kamchiligi — sezgir element qo'zg'aluvchan markazining sust yurishi, membrana bikirligining hisobdan cheklanishi va uni rostlash murakkabligidir. Sezgir elementlarning bu kamchiligi elektr va pnevmatik kuch kompensatsiyasi sxemasi bo'yicha qurilgan asboblarda bartaraf etiladi.

Qovushqoq suyuqliklar va kimyoviy agressiv muhitlar bosimini o'lchash uchun membranali manometrlar eng qulay, chunki asboblarning nippelidagi to'g'ri va keng kanal hamda membrana ostidagi katta bo'shliq qovushqoq suyuqlik uchun erkin yo'l ochib beradi va ifloslanish ehtimolining oldini oladi. Asbob sezgir qismining sodda shakli membranani agressiv muhit ta'siridan yengillik bilan himoya qiladi. Buning uchun membrananing pastki sirti kimyoviy chidamli metallardan qilingan yupqa folga bilan yoki chidamli plastmassa (ftoroplast va h.k.) dan qilingan plyonka bilan qoplanadi.

3.4- §. ELEKTR ASBOBLAR

Elektr asboblarning ishlash prinsipi bosimni u bilan funksional bog'liq bo'lgan biror elektr kattalikka bevosita yoki bilvosita o'zgartirishga asoslangan. Bularga induktiv, sig'imli, qarshilikli, pyezoelektr va boshqa manometrlar kiradi.

Bosim o'lchashning eng ko'p tarqalgan vositalari kuch kompensatsiyasi asosida qurilgan asboblarning hisoblanadi. Biroq ular harorat xatoligi, tez ta'sirchanligi, gabarit o'lchamlari va massasi bo'yicha ancha mukammal induktiv, sig'imli, tenzorezistorli, pyezoelektrik o'zgartiruvchilardan orqada qoladi. Bundan tashqari, kuch kompensatsiyali o'zgartiruvchilarning va pishangli tizimlarning tuzilishida harakatlanuvchi qismlarning bo'lishi o'lchash vositalarining zarbga chidamliligiga qo'yiladigan zamonaviy talablarning qondirilishini qiyinlashtiradi.

Hozir mikroelementli texnikani keng joriy qilish hamda konstruktiv yechimlarni takomillashtirish asosida yuqorida qarab chiqilgan bosimni o'lchashning an'anaviy vositalari yanada zamonaviy kompleks qurilmalar bilan siqib chiqarilmoqda. Bu albatta, turli tarmoqlarda TJABT ni yaratishda shart va talablarning turli-tumanligi sababli avval ishlab chiqarilgan bosimni o'lchash o'zgartiruvchilaridan (BO'O) foydalanishdan to'la voz kechish kerakligini anglatmaydi.

Induktiv asboblarning ishlash prinsipi g'altak induktivligining tashqi bosim ta'siridan o'zgarishiga asoslangan.

3.7-rasmda induktiv o'zgartiruvchi element bilan jihozlangan bosimni o'lchash o'zgartiruvchining sxemasi ko'rsatilgan. Bosimni qabul qiluvchi membrana 1 o'ramli elektromagnit 2 ning harakatlanuvchi yakori hisoblanadi. O'lchanayotgan bosim ta'sirida membrana siljiydi, bu induktiv

o'zgartkichli elementning elektr qarashiligini o'zgartiradi. Agar g'altakning aktiv qarshiligi, magnit oqimlari hisobga olinmasa va o'zakda yo'qotilsa, o'zgartkich elementning L induktivligini quyidagi tenglama bo'yicha aniqlash mumkin:

$$L = W^2 \mu_0 \cdot S / \delta, \quad (3.21)$$

bu yerda: W — g'altak o'ramlari soni, μ_0 — havoning magnit singdiruvchanligi, S — magnit o'tkazgich ko'ndalang kesimining yuzi, δ — havo oralig'ining uzunligi.

Membrananing deformatsiya kattaligi o'lchanayotgan bosimga mutanosibligini e'tiborga olib,

$$\Delta = K \cdot P. \quad (3.22)$$

(3.21) tenglamani quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$L = W^2 \cdot \mu_0 \cdot S / K \cdot P. \quad (3.23)$$

(3.23) tenglama bosimni o'lchash induktiv o'zgartkichning statik xarakteristikasini ifodalaydi.

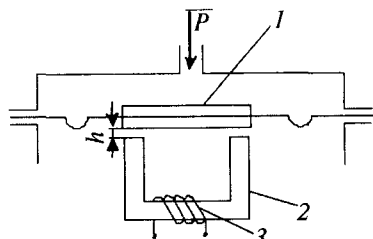
L ni o'lchash, odatda, o'zgaruvchan tok ko'priklari yoki rezonansli LC — konturlar tomonidan amalga oshiriladi. 0,5 ... 1,0 MPa bosimda membrananing qalinligi 0,1 ... 0,3 mm, bosim 20...30 mPa bo'lganda esa 1,3 mm. Membrananing siljishi millimetrning yuzdan bir ulushini tashkil etadi. Induktiv bosim o'zgartkichlarning asosiy xatosi $\pm (0,2-5) \%$.

Sig'imli manometrlarning ishlash prinsipi bosim o'zgarishi bilan yassi kondensator qoplamalari orasidagi masofani o'zgartirishi natijasida uning sig'imining o'zgarishiga asoslangan. Sig'imli manometrning prinsipial sxemasi 3.8-rasmda keltirilgan. O'lchanayotgan bosim asbobga naycha 1 orqali beriladi va membrana 2 orqali qabul qilinadi. Membrana 2 va elektrod 3 kondensator qoplamalarini hosil qiladi. Kondensator esa o'lchash sxemasiga ulagich 4 lar orqali bajariladi. Kondensator sig'imining qoplamalar o'rtasidagi masofaga bog'liqligi quyidagi tenglama bo'yicha aniqlanadi:

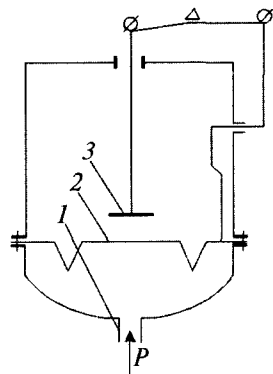
$$C = \frac{S \cdot \varepsilon}{l}, \quad (3.24)$$

bu yerda: S — qoplamalar yuzi; ε — qoplamalar orasidagi muhitning dielektrik singdiruvchanligi; l — qoplamalar orasidagi masofa.

Bosim ta'sirida membrana egilib, elektrod 3 ga yaqinlashadi. Membrananing egilishi natijasida l



3.7- rasm. Induktiv manometr sxemasi.



3.8- rasm. Sig'imli manometr sxemasi.

masofa o'lchanayotgan bosimga nisbatan mutanosib o'zgaradi. Qoplamalar yuzi va dielektrik singdiruvchanlik o'lchash jarayonida o'zgarmaydi.

Shuning uchun, (3.24) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$C=K/l \quad (3.25)$$

bunda

$$K=S \cdot \varepsilon.$$

Shunday qilib, kondensator sig'imi o'lchanayotgan bosimga mutanosibdir. C ni o'lchov axboroti signaliga aylantirish uchun, odatda, o'zgaruvchan tok ko'priklaridan yoki rezonansli LC -konturlardan foydalaniladi. Sig'imli asboblarda 120 mPa gacha bo'lgan bosimni o'lchashda qo'llaniladi. Membrananing qalinligi 0,05 ... 1 mm. Ulardan tez o'zgaruvchi bosimlarni o'lchashda foydalaniladi. Sig'imli manometrlarning ko'rsatishiga atrof-muhitning harorati ta'sir qiladi. Chunki harorat o'zgarishi natijasida qoplamalar orasidagi masofa o'zgaradi. Sig'imli manometrlarning yana bir kamchiligi parazit sig'imlar ta'siridir. O'lchash xatoligi asbob shkalasining $\pm 0,2 \dots 5 \%$ idan oshmaydi.

Qarshilik manometrlarining ishlash prinsipi sezgir element qarshiligining tashqi bosim ta'sirida o'zgarishiga asoslangan. Sezgir elementlar qatoriga manganin, platina, konstantan, volfram, yarimo'tkazgich va hokazolar kiradi. Qarshilik manometrlarida qo'llash uchun eng qulayi manganindir.

Manganin ΔR elektr qarshilik orttirmasining R bosimga nisbatan chiziqli bog'lanishiga ega:

$$\Delta R=K_r \cdot R \cdot P, \quad (3.26)$$

bu yerda: K_r — manganin qarshiligining o'zgarish koeffitsiyenti, 1/Pa; R — qarshilik, Om.

Manganin qarshiligining chiziqli bog'lanishi tajriba ma'lumotlaridan 3000 mPa bosimgacha tasdiqlanadi. Bundan tashqari, manganin elektr qarshiligining harorat koeffitsiyenti juda kichik. O'zgartkich sezgirligining kichikligi bu manometrlarni juda yuqori (100 mPa dan ortiq) bosimlarni o'lchash uchun qo'llashga yo'l qo'ymaydi. Manganin uchun $K_r = 22,95 \cdot 10^{-2}$ dan $24,61 \cdot 10^{-2}$ 1/Pa gacha.

O'zgartkichdagi manganin qarshiligini o'lchash uchun, odatda ko'priklar, aniq o'lchashlar uchun esa potensiometrlar qo'llaniladi. Manganin qarshilikli manometrlarning yo'l qo'yiladigan asosiy xatoligi $\pm 1 \%$ dan oshmaydi. Asbobsozlik sanoatida chiqarilayotgan MM-2500 manganinli manometrlar 2500 mPa gacha bosimni o'lchaydi.

Yarimo'tkazgichli datchiklarning pyezokoeffitsiyenti manganinnikidan ming marta ortiq, lekin datchiklar qarshiligining bosimga bo'lgan bog'lanishi noxiziqlidir. Bundan tashqari, katta miqdordagi gisterezis mavjud bo'lib, harorat ham o'z ta'sirini ko'rsatadi. Yarimo'tkazgichli qarshilik datchiklari mexanik jihatdan pishiq emas, ular 10 mPa dan ortiq bosimlarni o'lchashga yaroqsiz.

Elektr qarshilik usuli bo'yicha bosimni o'lchashda sezgir element sifatida tenzodatchiklar qo'llaniladi. Tenzometrning ishlash prinsipi kuch yoki unga mutanosib bo'lgan deformatsiyani deformatsiyalangan jismga yopishtirilgan sim qarshiligining o'zgarishiga aylantirishdan iborat.

Detailga yopishtirilgan tenzodatchiklar o'lchanayotgan bosim R ni elektr qarshilik o'zgarishi bilan sezadi. Bu tenzosezgirlik ko'effitsiyent K_T bilan baholanadi:

$$K_T = \frac{\Delta R / R}{\Delta l / l} . \quad (3.27)$$

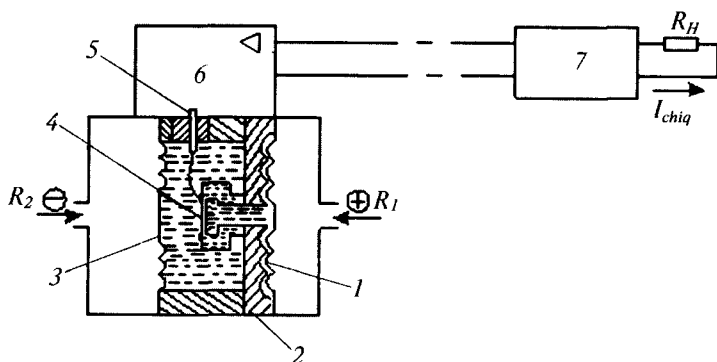
Bunda: $\Delta R / R$ — tenzometr qarshiligining nisbiy o'zgarishi; $\Delta l / l$ — simning nisbiy deformatsiyasi; K_T — ko'effitsiyent qiymati metallar uchun 0,5 ... 4,0 chegarasida bo'ladi.

Yuqori metrologik va foydalanish xarakteristikalariga ega bo'lgan tenzorezistorli bosimni o'lchash o'zgartkichlari bir qator afzalliklariga ko'ra: gabarit o'lchamlari va massasi kichik, vaqt bo'yicha yuqori darajada barqaror, aniqligi yuqori, tebranishga chidamliligi, turli agressiv muhitlar bilan kontaktda ishlashi mumkinligi, uchqunga xavfsiz qilib ishlaganiga ko'ra yanada kengroq tarqalmoqda. Avtomatik nazoratning sanoat tizimlari uchun va o'zgarimas tokning (0...5; 0...20 yoki 4...20 mA) standart chiqish signallari bilan ishlovchi mikroprotessor texnikasi asosidagi TJABT tarkibidagi tizimlar uchun Sapfir turkumidagi elektr o'lchov tenzometrik o'zgartkichlari majmuasi ishlab chiqarilmoqda: odatdagicha ishlangan Sapfir-22 va portlashdan himoyalangan turdagi Sapfir-22 Ex. O'zgartkichlarning aniqlik sinfi 0,25 va 0,5.

Sapfir turkumidagi o'lchash o'zgartkichlari majmuasi mutlaq va ortiqcha bosimni, siyraklanishni, shuningdek, suyuqlik va gazlarning sarflanishini, kimyoviy aktiv, qovushqoq va kristallanuvchi suyuqliklarning sath balandligini, suyuq muhit zichligini va bosim bilan bog'liq boshqa kattaliklarni keng doirada nazorat qilishga imkon beruvchi datchiklar qatoriga kiradi. Sapfirning ishlash prinsipi kremniyning geteroepitaksial plyonkalaridagi tenzorezistiv effektdan foydalanishga asoslangan. O'lchanayotgan parametrning ta'siri texnoplyonkali yarimo'tkazgichli tenzorezistorli elementni deformatsiyalaydi. Tenzorezistorlar deformatsiyasi natijasida qarshilikning o'zgarishi elektron qurilmalar yordamida me'yorlashtirilgan tokli chiqish signaliga aylanadi.

Sapfir-22 o'zgartkichi komplekti kuchaytiruvchi qurilmasi bo'lgan o'lchash blokidan va manba blokidan iborat. Sezgir element deformatsiyasi, o'lchanayotgan parametrning mutanosib kattaligi kremniyli tenzorezistorlarning qarshiligini o'zgartiradi. Elektron qurilma qarshilikning bu o'zgarishini o'zgarimas tokning me'yorlashtirilgan chiqish signaliga almashtiradi.

3.9-rasmda Sapfir-22 DD-Ex bosimlar farqini o'lchovchi o'zgartkichning sxemasi ko'rsatilgan. Tenzoo'zgartkich 4 metall membranadan iborat bo'lib, unga yuqori tomondan nomuvozanat ko'priknining yelkalarini tashkil etuvchi to'rtta kremniyli tenzorezistorlar bilan changlatilgan sapfirli



3.9- *rasm.* Sapfir-22 DD-EX bosimlar farqini o'lchovchi o'zgartkichning sxemasi.

membrana kavsharlangan. Tenzoo'zgartkich 2 asosga mahkamlangan va o'lchanayotgan muhitdan ikkita ajratuvchi metall membranalar 1 va 3 bilan bo'lingan. Termoo'zgartkich va membranalar orasidagi berk bo'shliqlar polimetilsiloksanli suyuqlik bilan to'ldirilgan. Bosimlarning o'lchanuvchi farqi $P_1 - P_2$ — tenzoo'zgartkichlarga membrana va suyuqliklar orqali ta'sir qiladi. Tenzoo'zgartkich germetik chiqishlar 5 orqali elektron qurilma 6 ga ulanadi. Shu qurilma yordamida tenzorezistorlar qarshiligining o'zgarishi me'yorlashtirilgan tokli chiqish signaliga almashadi, u masofadan turib uzatish uchun xavfsiz uch o'tkazgichli sim bo'yicha ta'minot bloki 7 ga uzatiladi. Ta'minot bloki portlashga xavfsiz xonaga o'rnatiladi va birlamchi o'zgartkichning ikki o'tkazgichli sim bo'yicha ta'minotini ta'minlaydi. Shu liniyaning o'zidan chiquvchi tokli signal uzatiladi. Ko'rsatilgan vazifa bilan bir qatorda, ta'minot bloki chiqish signalining quvvatini tashqi R_H yuklanishni ulash uchun zarur qiymatgacha oshiradi va chiqish signalining berilgan qiymatini shakllantiradi (0...5, 0...20 yoki 4...20 mA). Ortiqcha bosim, mutlaq bosim va siyraklanishlarni nazorat qilishda tenzorezistorli o'lchash o'zgartkichlaridan foydalaniladi. Farqi shundaki, o'lchovchi o'zgartkich obyektga „plusli kamera“ bilan, „minusli kamera“ orqali esa atmosfera bilan ulanadi. Mutlaq bosimni o'lchovchi o'zgartkichlarda minusli kamera vakuumlanadi. Ortiqcha bosimni, siyraklashish va bosimlar farqini o'lchaydigan tenzorezistorli o'lchovchi o'zgartkichlarning aniqlik sinflari 0,6; 1,0; 1,5. O'lchash chegaralari: ortiqcha bosim — 0...10—3 dan 0...60 mPa gacha; siyraklanish — 1...0 dan — 10...0 kPa gacha; mutlaq bosim — 0...2,5 kPa dan 0...2,5 mPa gacha; bosimlar farqi — 0...1 kPa dan 0...2,5 mPa gacha.

Pejzoelektrik manometrlarning ishlash prinsipi ba'zi kristall moddalarining mexanik kuch ta'sirida elektr zaryad hosil qilish qobiliyatiga asoslangan. Bu hodisa pejzoeffekt deb ataladi. Pejzoeffekt kvars, turmalin, segnet tuzi, bariy titanat va boshqa moddalar kristallarida kuzatiladi. Bu turdagi asboblarda ko'pincha kvars ishlatiladi. Kvarsning pejzoelektr effekti +500 °C gacha

bo'lgan haroratga bog'liq emas, lekin $+570\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan oshgan haroratda bu effekt nolga teng bo'lib qoladi.

F kuch ta'sirida kristall plastinka yuzalarida paydo bo'ladigan elektr zaryad ushbu tenglama bilan topiladi:

$$Q = K_p \cdot F \quad (3.28)$$

bu yerda: K_p — pyzeoelektrik doimiy, Kl/N . K_p ning qiymati plastinaning o'lchamiga bog'liq emas va kristallning tabiati bilan belgilanadi. Kvars uchun $K_p = 2,1 \cdot 10^{-12} \text{ Kl}/\text{n}$.

3.10-rasmda pyzeoelektrik manometrning sxemasi ko'rsatilgan. O'lchanayotgan bosimni 4 membrana kuchga aylantiradi, bu kuch esa diametri 5 mm va qalinligi 1 mm bo'lgan kvars plastinalar 2 ning ustunlarini siqilishga majbur qiladi. Vujudga kelayotgan Q elektr zaryad 1 chiqishlar orqali katta kirish qarshiligiga (10^{13} Ohm) ega bo'lgan elektron kuchaytirgich 5 ga uzatiladi. Zaryadning qiymati o'lchanayotgan R bosim bilan quyidagicha bog'langan:

$$Q = K_p \cdot S \cdot P \quad (3.29)$$

bu yerda: S — membrananing samarali yuzi.

Asbobning inersionligini kamaytirish uchun kamera 3 ning hajmi minimallashtiriladi.

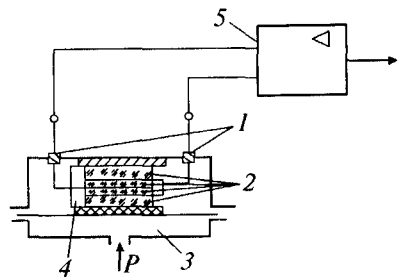
100 mPa ($1000 \text{ kgk}/\text{sm}^2$) gacha bosimlarni o'lchashga imkon beruvchi pyezokvarsli manometrlar tez o'zgaruvchi bosimlarni o'lchashda keng qo'llanadi. Peyzoeffektning afzalligi uning inersionsizligidir. Bu asboblarning bosimlari tez o'zgaradigan jarayonlarni (kavitatsiya, portlash) o'rganishda juda qulay. Peyzoelektr manometrlarning aniqlik sinfi 1,5; 2,0.

TAYANCH SO'Z VA IBORALAR

Bosim; suyuqlik manometrlar; deformatsion (prujinali) asboblarning; yuk-porshenli manometr; elektr manometrlar; silfon; membrana; manometr; differensial manometr; vakuummetr; manovakuummetr; tyagomer; naporomer.

Nazorat savollari

1. Bosim nima, bosimning qanday o'lchov birliklarini bilasiz?
2. Bosimni o'lchash usullari haqida so'zlab bering.
3. Suyuqlik manometrlarning turlari va ishlash prinsipini tushuntirib bering.
4. Deformatsion manometrlarning turlarini va ishlash prinsipini tushuntiring.
5. Yuk-porshenli manometr qayerda ishlatiladi?
6. Elektr manometrning turlari va ishlash prinsipini tushuntiring.
7. Bosimning qanday turlarini bilasiz?



3.10-rasm. Peyzoelektrik manometr sxemasi.

IV bob. MODDA MIQDORI VA SARFINI O'LCHASH

4.1- §. ASOSIY MA'LUMOTLAR

Ishlab chiqarilayotgan mahsulot sifatini va TJABT samaradorligini oshirish zarurligi turli moddalar sarfi va miqdorini aniq o'lchash masalalarini muvaffaqiyatli hal etishni taqozo etadi. Sanoatda sarf o'lchash tizimlarining qo'llanishi sarflanayotgan energiya eltuvchilarini (suv, gaz, bug', yonilg'i) hisobga olish va nazorat qilish bo'yicha ko'pgina texnik masalalarning hal qilinishini soddalashtiradi, jarayonning eng maqbul rejimini ishlab chiqarishning aniq shart-sharoitlariga bog'liq holda tez aniqlashga imkon beradi.

Mahsulotni hisobga olish jarayonlarida moddalarning sarfi va miqdorini o'lchash vositalariga juda yuqori aniqlik jihatidan katta talablar qo'yiladi.

Sarf o'lchash uchun ishlatiladigan asboblarning *sarfo'lchagichlar* deb ataladi. Moddaning berilgan kanal kesimi orqali vaqt birligi ichida o'tgan miqdori *modda sarfi* deyiladi. Sarf o'lchaydigan asboblarning oniy sarfini o'lchaydi va texnologik rejimlar (ayniqsa, uzluksiz jarayonlarda) ishining barqarorligini nazorat qilishga, texnologik jarayonning o'tishini har bir onda avtomatik ravishda rostdashga va rejimni berilgan yo'nalishda sozlashga imkon beradi.

Moddaning hajmiy sarfi l/s, m³/s, m³/soat, massa sarfi esa kg/s, kg/soat, t/soat va hokazolarda o'lchanadi. Asboblarning hisoblagichlar (integratorlar) bilan ta'minlanishi mumkin, unda bu asboblarning hisoblagichli sarfo'lchagichlar deyiladi.

Modda miqdorini o'lchaydigan asboblarning *hisoblagichlar* deb ataladi. Hisoblagichlar o'zlaridan o'tgan modda miqdorini istalgan vaqt (sutka, oy va hokazo) mobaynida o'lchaydi. Uning miqdori hisoblagich ko'rsatkichlari farqi bilan aniqlanadi. Modda miqdori hajmiy (litrlar, m³) yoki massa (kg, t) birliklarida ifodalanadi. Hisoblagichlar bevosita o'lchash asboblari bo'lib, ularning shkalasi bo'yicha olingan ko'rsatkichlar qo'shimcha hisoblashni talab qilmaydi.

Sanoatda keng tarqalgan sarf va miqdor o'lchagichlar ishlash prinsipi va tuzilishlariga ko'ra bir qancha guruhlariga bo'linadi. Ishlab chiqarishda suyuqlik, bug' va gazlarning sarfini o'lchaydigan asboblarning quyidagi turlaridan foydalaniladi:

1) bosim farqi o'zgaruvchan sarfo'lchagichlar; 2) bosim farqi o'zgaruvchan sarfo'lchagichlar; 3) tezlik bosimi sarfo'lchagichlari; 4) o'zgaruvchan sathli sarfo'lchagichlar; 5) induksion sarfo'lchagichlar; 6) ultratovushli sarfo'lchagichlar; 7) kalorimetrik (issiqlik) sarfo'lchagichlar; 8) ionli sarfo'lchagichlar.

O'lchanayotgan moddaning turiga ko'ra sarfo'lchagichlar suv, mazut, bug', gaz va hokazolarning sarfini o'lchagichlarga bo'linadi.

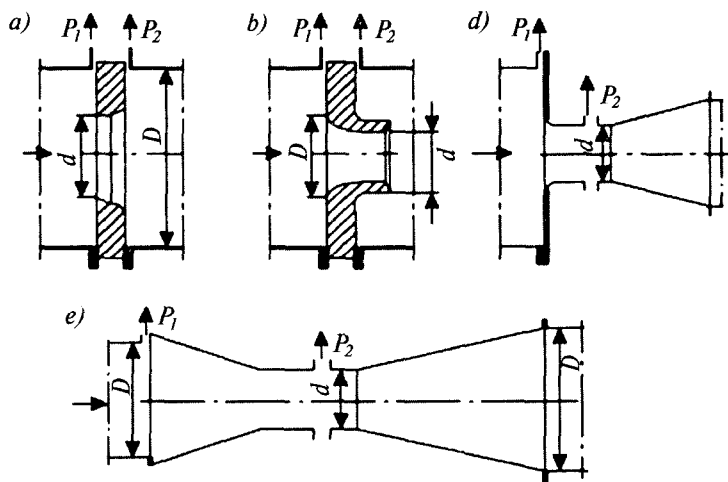
Suyuqlik va gazlarning miqdorini o'lchaydigan hisoblagichlar quyidagi asosiy guruhlariga bo'linadi:

1) hajm hisoblagichlari; 2) tezlik hisoblagichlari; 3) vazn hisoblagichlari. Quyida texnologik jarayonlarni nazorat qilishda keng tarqalgan usullar va asboblarni ko'rib chiqilgan.

4.2- §. BOSIMLAR FARQI O'ZGARUVCHAN SARFO'LCHAGICHLAR

Quvurlardagi suyuqlik, gaz va bug' sarfini bosimlar farqi o'zgaruvchan sarfo'lchagichlar bilan o'lchash keng tarqalgan va yaxshi o'rganilgan. Sarfni bunday usul bilan o'lchash suyuqlik yoki gaz o'tayotgan quvurda kichik diametrlilik to'siq-diafragma (4.1-rasm, *a*), soplo (4.1-rasm, *b*), Venturi soplosi (4.1-rasm, *c*) va Venturi quvuri (4.1-rasm, *d*) ni o'rnatish natijasida hosil bo'ladigan modda potensial energiyasi (statik bosimi) ning o'zgarishini o'lchashga asoslangan. Kichik diametrlilik to'siq vazifasini bajaruvchi toraytirish qurilmasi quvurga o'rnatilib, mahalliy torayishni hosil qiladi. Suyuqlik, gaz yoki bug' quvurning kesimi toraygan joyidan o'tayotganida uning tezligi oshadi. Tezlikning, binobarin, kinetik energiyaning ortishi oqimning kesimi toraygan joyida potensial energiyaning kamayishiga olib keladi. Bunda to'siqdan keyingi statik bosim undan oldingi statik bosimdan kam bo'ladi. Shunday qilib, modda toraytirish qurilmasidan o'tishda bosimlar farqi $\Delta P = P_1 - P_2$ hosil bo'ladi. Bu bosimlar farqi oqim tezligi va modda sarfiga mutanosib bo'ladi. Demak, toraytirish qurilmasi hosil qilgan bosimlar farqi quvurdan o'tayotgan modda sarfining o'lchovi bo'lishi mumkin. Sarfning son qiymati esa difmanometr o'lchagan ΔP bosimlar farqi bo'yicha aniqlanadi.

Suyuqlik, gaz va bug'larning sarfini o'lchash uchun toraytirish qurilmasi sifatida standart diafragma, soplolar, Venturi soplosi va Venturi quvurlari ishlatiladi.



4.1-rasm. Standart toraytiruvchi qurilmalar sxemasi:

a — diafragma, *b* — soplo, *c* — Venturi soplosi, *d* — Venturi quvuri.

4.1-rasm, *a* da ko'rsatilgan diafragma dumaloq teshikli yupqa diskdan iborat. Teshikning markazi quvur o'qida yotishi kerak. Oqimning torayishi diafragma oldida boshlanadi va undan o'tgach, ma'lum masofadan so'ng, o'zining eng kichik kesimiga erishadi. Undan keyin oqim tobora kengayib, quvurning to'liq kesimiga erishadi. Modda diafragmadan o'tganda, diafragma orqasidagi burchaklarda „o'lik“ zona hosil bo'ladi. Bu yerda bosimlar farqi natijasida suyuqlikning teskari yo'nalishdagi harakati yoki ikkilamchi oqim paydo bo'ladi. Suyuqlikning qovushqoqligidan asosiy va ikkilamchi oqim bir-biriga qarama-qarshi harakat qilib, uyurmalar hosil qiladi. Bunda diafragma orqasida birmuncha energiya sarflanadi, demak, bosim ham ma'lum darajada kamayadi. Diafragma oldidagi zarrachalar yo'nalishining o'zgarishi va ularning diafragma orqasidagi siqilishi potensial energiyaning o'zgarishiga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi.

4.1-rasm, *a* da ko'rsatilganidek, P_1 va P_2 bosimlar diafragma diskining oldi va orqasida o'rnatilgan alohida teshiklar yordamida o'lchanadi. Soploning (4.1-rasm, *b*) kirish qismi ravon toraygan, chiqish qismi esa silindrdan iborat. Soploning profili zarrachaning to'liq siqilishini ta'minlaydi va soplodagi silindr teshigining yuzi oqimning minimal kesimiga teng, deb hisoblanishi mumkin.

Soploning orqa qismida hosil bo'ladigan uyurmali harakat diafragmadagiga ko'ra kam energiya yo'qotishlarga olib keladi. Soploning old va orqasidagi P_1 va P_2 bosimlar xuddi diafragmanikidek o'lchanadi.

4.1-rasm, *c* da Venturi soplosi tasvirlangan. Venturi soplosi qisqa silindrik qismga o'tuvchi silindrik kirish qism va kengayuvchi konussimon diffuzor qismdan iborat. Toraytirish qurilmasining bunday shaklida, chiqish diffuzori mavjudligi tufayli bosim yo'qolishi diafragma va soplodagi bosim yo'qolishiga nisbatan ancha kam bo'ladi. P_1 va P_2 bosimlar Venturi soplosining ichki bo'shlig'i bilan aylana bo'yicha joylashgan teshiklar orqali bog'langan halqa kameralar yordamida o'lchanadi.

4.1-rasm, *d* da Venturi quvuri tasvirlangan. Venturi quvuri kirish silindrik quvuri, kirish konusi, o'rta silindrik quvur va diffuzor chiqish konusidan tuzilgan. P_1 va P_2 bosimlar kirish konusining oldi va o'rta silindrik quvurning o'rta qismlarida o'rnatilgan alohida teshiklar yordamida o'lchanadi.

Toraytirish qurilmalari vujudga keltirilgan bosimlar farqi orqali modda sarfini o'lchash prinsipi va ularning asosiy tenglamalari toraytirish qurilmalarining barcha turlari uchun bir xil. Faqat bu tenglamalardagi tajriba orqali aniqlanadigan ba'zi koeffitsiyentlar bir-biridan farq qiladi.

Siqiluvchi muhit (gaz, bug') sarfini o'lchashda, ayniqsa, bosimlar farqi katta bo'lganda, modda oqimi toraytirish qurilmasidan o'tayotgandagi bosimning o'zgarishi natijasida modda zichligining o'zgarishini e'tiborga olish zarur. Lekin gaz yoki bug'ning toraytirish qurilmasidan o'tish vaqti ko'p bo'lma-

gani sababli, moddaning siqilishi va kengayishi adiabatik ravishda, ya'ni issiqlik almashinuvisiz o'tadi.

Demak, gaz va bug' sarfini hisoblash tenglamalari suyuqlik sarfini hisoblash tenglamasidan ε koeffitsiyentning mavjudligi bilan farq qiladi. Agar $\varepsilon = 1$ bo'lsa, bu tenglamalarni siqilmaydigan suyuqliklar uchun ham qo'llash mumkin. Bir qator o'zgartirishlardan so'ng quyidagi hajmiy va massaviy sarf tenglamasiga ega bo'lamiz:

$$Q_h = 3,9986 \cdot 10^3 \cdot a \cdot \varepsilon \cdot d^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}, \quad (4.1)$$

$$Q_m = 3,9986 \cdot 10^3 \cdot a \cdot \varepsilon \cdot d^2 \sqrt{\rho \cdot \Delta P}, \quad (4.2)$$

bu yerda: a — sarf koeffitsiyenti, ε — kengayish koeffitsiyenti, d — toraytirish qurilmasi teshigining diametri, $\Delta P = P_1 - P_2$ — toraytirish qurilmasida o'lchangan bosimlar farqi, ρ — modda zichligi.

Ko'pincha, sarfni quvur diametri D orqali ifodalash lozim bo'ladi. Unda „toraytirish qurilmasi moduli“ tushunchasi kiritiladi:

$$m = \left(\frac{d}{D} \right)^2 \quad (4.3)$$

(4.1) va (4.2) tenglamalarga m ni kiritsak, sarf tenglamasiga ega bo'lamiz va amalda tenglamalardan quyidagi ko'rinishda foydalanish mumkin:

$$Q_h = 0,01252 \cdot a \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}, m^3 / soat. \quad (4.4)$$

$$Q_m = 0,01252 \cdot a \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\rho \cdot \Delta P}, kg / soat. \quad (4.5)$$

(4.4) va (4.5) tenglamalar sarfni asosiy hisoblash tenglamasidir. Ularni qo'llab, toraytirish qurilmalarining hisobi bajariladi va bosimlar farqini o'lchashga mo'ljallangan differensial manometrning parametrlari tanlanadi. Asosiy tenglamalardagi qiymatlar quyidagi birliklarda ifodalanadi: D — mm; ΔP — kgk/m²; ρ — kg/m³.

Sarfni o'lchashga mo'ljallangan toraytirish qurilmalarini hisoblash usuli va tartibi Davlat standartlar komiteti tomonidan tasdiqlangan normativ hujjatda: „Gaz va suyuqliklar sarfini standart toraytirish qurilmalari orqali o'lchash qoidalari“ (RD 50-213-80) da aniqlangan.

Standart toraytirish qurilmalariga RD 50-213-80 qoidalari talablarini qanoatlantiruvchi va modda sarfini individual darajasiz o'lchashda qo'llanadigan diafragmalar, soplolar, Venturi soplolari va Venturi quvurlari kiradi.

1982-yildan boshlab „Gaz va suyuqlik sarfini standart toraytiruvchi qurilmalar RD 50-213-80 yordamida o'lchash qoidalari“ joriy etildi.

Toraytiruvchi qurilmani tanlashda quyidagi mulohazalardan foydalanish zarur:

1) toraytiruvchi qurilmalarda bosimning yo'qolishi quyidagi ketma-ketlikda ortib boradi: Venturi quvuri, Venturi soplosi, soplo, diafragma;

2) m va ΔR larning bir xil qiymatlarida va boshqa shart-sharoitlarda soplo diafragma qaraganda yuqoriroq aniqlikni (ayniqsa, kichik m lar uchun) ta'minlaydi;

3) toraytiruvchi qurilma kirish profilining o'zgarishi yoki ifloslanishi foydalanish jarayonida diafragmaning sarf koeffitsiyentiga ko'proq ta'sir etadi.

Difmanometrning turi va xili quyidagi shartlarga ko'ra tanlanadi:

1) difmanometr ayni asbobni ishlatishga oid qo'llanmada ko'rsatilgan muhitlarninggina sarfini o'lchash uchun qo'llanishi mumkin (agar difmanometr sezgir elementini uzluksiz himoya qilinmayotgan yoki ajratuvchi idishlar qo'llanmayotgan bo'lsa);

2) elektr energiyadan foydalanuvchi difmanometr mos me'yoriy hujjatlar talabini qondirishi lozim;

3) quvurdagi maksimal ish bosimi toraytiruvchi qurilma oldida difmanometr mo'ljallangan maksimal ish bosimidan katta bo'lmasligi kerak.

Asbobsozlik sanoatida quyidagi qatordagi bosimlar farqi chegaralariga mos keladigan difmanometrlar chiqariladi: 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500; 4000; 6300; 10000; 16000 va 25000 Pa hamda 0,04; 0,063; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; va 0,63 mPa. Difmanometrning yuqori o'lchash chegarasi berilgan eng katta sarfga mos kelishi kerak.

Eng katta sarf quyidagi qatorga mos kelishi zarur: 1,0; 1,25; 1,5; 2,0; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10 va hokazo.

4.3- §. BOSIMLAR FARQI O'ZGARMAS SARFO'LCHAGICHLAR

Bosimlar farqi o'zgarmas sarfo'lchagichlar — rotametrlar laboratoriyalarda va sanoatda keng ishlatilib, toza hamda biroz ifloslangan bir jinsli suyuqlik va gazlarning sarfini o'lchashga mo'ljallangan.

Asbobning ishlash prinsipi o'lchanayotgan muhit oqimining pastdan yuqoriga o'tishida konussimon naycha ichiga joylashgan qalqovichning vertikal (tik) siljish holatiga asoslangan. Qalqovichning holati o'zgarishi bilan qalqovich va konussimon naycha devorlari orasidagi o'tish kesimi o'zgaradi, natijada o'tish kesimidagi o'lchanayotgan modda oqimining tezligi ham o'zgaradi. Berilgan muhitning har bir sarf kattaligiga qalqovichning muayyan holati mos keladi. Rotametrlar bosimlar farqi o'zgaruvchan sarfo'lchagichlarga nisbatan bir qator afzalliklarga ega: rotametrlarning shkalalari teng bo'linmali bo'lib, uncha katta bo'lmagan sarflarni o'lchashga imkon beradi; bosimning yo'qolishi kichik va u sarf kattaligiga bog'liq emas; rotametrlarning o'lchash chegarasi katta:

$$\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} = \frac{10}{1}.$$

Asbobning o'lchash qismi (4.2-rasm) vertikal tik joylashgan konussimon naycha 1 va qalqovich 2 dan iborat.

Konussimon naychadagi halqaning kesim yuzi balandlikka mutanosib o'zgaradi. Pastdan yuqoriga o'tadigan suyuqlik yoki gaz oqimi tomonidan qalqovichga ko'rsatiladigan kuchlar muvozanatlashguncha uni yuqoriga ko'taradi. Kuchlar muvozanatlashganda qalqovich ma'lum balandlikda to'xtaydi, bu esa sarf miqdorini ko'rsatadi. Qalqovichning ish holatidagi, ya'ni o'lchanayotgan muhitga batamom cho'kkan paytidagi og'irligi:

$$G_q = V_q(j_q - j), \quad (4.6)$$

bu yerda: G_q — qalqovichining og'irligi, kg; V_q — qalqovich hajmi, m^3 ; j_q — qalqovich tayyorlangan materialning solishtirma og'irligi, kg/m^3 ; j — o'lchanayotgan muhitning solishtirma og'irligi, kg/m^3 .

Bu holda qalqovichning og'irlik kuchi pastga qaratilgan. Qalqovichning og'irligi yuqoriga yo'nalgan oqim kuchi bilan muvozanatlashadi:

$$S = (P_1 - P_2) \cdot f_0, \quad (4.7)$$

bu yerda: P_1 va P_2 — muhitning qalqovichdan oldingi va keyingi bosimi, Pa; f_0 — qalqovich kesimining diametri eng katta joydagi yuzi, m^2 .

Qalqovichning muhitning o'zgaras oqimiga mos bo'lgan muvozanat holatidagi og'irlik kuchi va itaruvchi kuch o'rtasidagi tenglik quyidagicha:

$$V_q(j_q - j) = (P_1 - P_2) \cdot f_0 \quad (4.8)$$

Bu holda ishqalanish kuchi e'tiborga olinmaydi; (4.8) tenglama asosida qalqovichdagi bosimlar farqi (Pa):

$$P_1 - P_2 = \Delta P = \frac{V_q(j_q - j)}{j_0}, \quad (4.9)$$

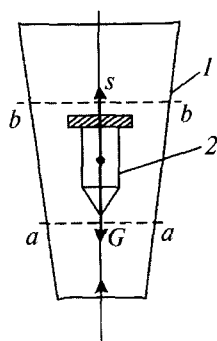
(4.9) tenglama bosimlar farqining qalqovich hajmiga, kesim yuziga, qalqovich va muhitning solishtirma og'irliklariga, ya'ni o'lchash jarayonida o'zgaraydigan kattaliklarga bog'liqligini ko'rsatadi. Demak, sarf o'lchanayotgandagi bosimlar farqi o'zgaras. O'lchanayotgan muhitning konussimon naycha devorlari va qalqovich orasidagi o'tish tezligi:

$$v = \sqrt{\frac{2g(P_1 - P_2)}{j}}, \quad (4.10)$$

bu yerda: v — o'tish tezligi, m/s.

(4.10) tenglamadan

$$P_1 - P_2 = \Delta P = \frac{v^2 \cdot j}{2g} \quad (4.11)$$



4.2-rasm.

Qalqovichli rotametr sxemasi.

(4.9) va (4.11) tenglamalarni tenglashtirsak, oraliq oqim tezligiga ega bo‘lamiz:

$$v = \sqrt{\frac{2g \cdot V_q(j_q - j)}{j \cdot f_0}} \quad (4.12)$$

Oqimning halqa oralig‘idagi tezligi va uning yuzasi ma‘lum bo‘lgach, o‘lchanayotgan muhitning hajmiy sarfini aniqlash mumkin:

$$Q_h = a \cdot f \sqrt{\frac{2g \cdot V_q(j_q - j)}{j \cdot f_0}} \quad (4.13)$$

bu yerda: Q_h — o‘lchanayotgan muhitning hajmiy sarfi, m^3 /soat; a — sarf koeffitsiyenti, bu tajribada olingan kattalik bo‘lib, suyuqlikning qalqovichga ishqalanish ta‘sirini, muhit uyurmasi hosil bo‘lgandagi bosim yo‘qolishini nazarda tutadi. Ildiz ostidagi kattaliklar o‘zgarmas bo‘lganligi uchun ularni K koeffitsiyent bilan almashtirish mumkin:

Unda

$$Q_h = a \cdot F \cdot K \quad (4.14)$$

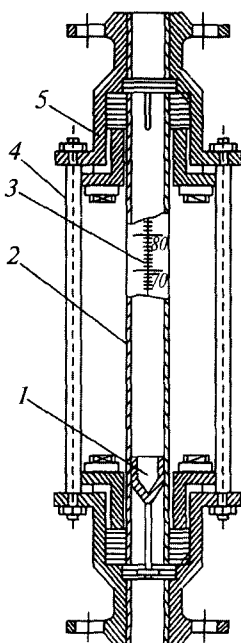
Bu bog‘lanish chiziqli bo‘lgani sababli rotametrning shkalasi teng bo‘linmali bo‘ladi. Rotametrlarning sarf koeffitsiyenti a ni aniqlash analitik usulda topish qiyin bo‘lgan bir qator kattaliklarga bog‘liq. Shuning uchun, har bir rotametr tajriba yo‘li bilan darajalanadi. Sarf tenglamasiga kirgan barcha kattaliklar darajalanish shartlariga muvofiq bo‘lgandagina shkalaning bu tarzda darajalanishi aniq bo‘ladi.

Laboratoriya va sanoatda shisha (sarfni joyida o‘lchaydigan) va metallardan yasalgan (ko‘rsatishlarni masofaga uzatadigan) rotametrlar chiqariladi.

4.3-rasmda shisha naychali rotametrning tuzilish sxemasi ko‘rsatilgan. Bu asbob korpus 5 ga ustunlar 4 yordamida o‘rnatilgan konussimon shisha naycha 2 dan iborat. Naycha ichida pastdan yuqoriga oqadigan suyuqlik yoki gaz oqimi ta‘sirida tik harakat qiluvchi qalqovich 1 bor. Asbobning shkalasi 3 bevosita naycha ustiga (chizish yo‘li bilan) darajalanadi. Hisoblashlar qalqovichning ustki gorizontal tekisligi bo‘yicha olib boriladi.

Konussimon naychali shisha rotametrlar suv bo‘yicha 3000 l/soat va havo bo‘yicha 40 m^3 /soat o‘lchov chegarasiga; 0,6 mPa (6 kgk/sm²) gacha ishchi bosimga mo‘ljallangan. Asosiy xatolik $\pm 2,5$ %.

4.4-rasmda ko‘rsatishlarni masofaga elektr differensial-transformator orqali uzatadigan rotametr sxe-



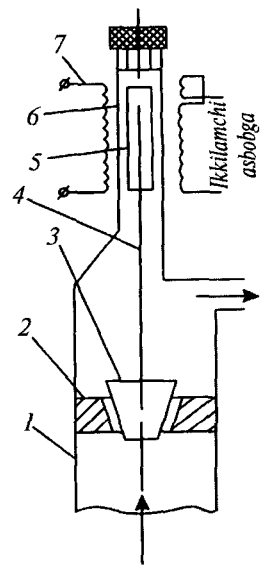
4.3- rasm. Shisha naychali rotametr.

masi keltirilgan. Rotametrning o'lchash qismi diafragma 2 va silindrik metall korpus 1 dan iborat.

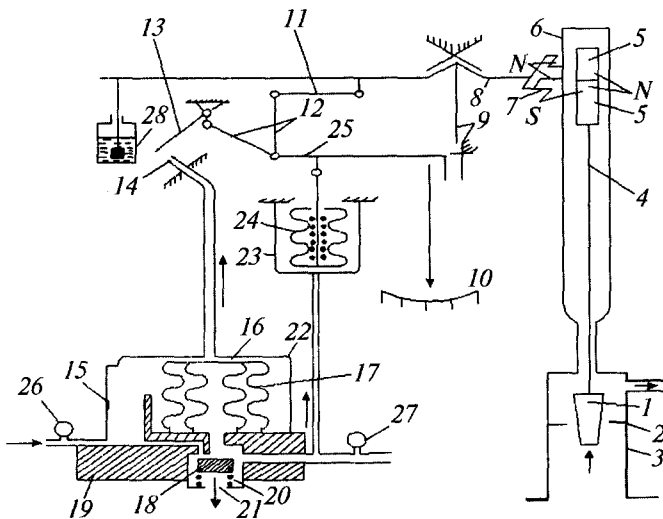
Diafragma 2 teshigida shtok 4 ga bikir qilib o'rnatilgan konussimon qalqovich 3 harakat qiladi. Shtokning ustki qismida differensial transformatorli o'zgartkichning o'zagi 5 o'rnatilgan. O'zak naycha 6 ichida joylashgan, naycha tashqarisida esa o'zgartkichning g'altagi 7 bor.

Shkalasiz rotametrler ko'rsatuvchi yoki qayd qiluvchi ikkilamchi differensial-transformatorli asbob tarkibida ishlatiladi. Rotametrler ortiqcha ish bosimi ta'siridagi muhit sarfini o'lchash uchun (6,27 mPa) chiqariladi. Bu asboblari kattaroq ortiqcha bosimlarga ham mo'ljallab chiqariladi. Bundan tashqari, o'zgarimas 0...5 mA tokli chiqish signali bilan ishlaydigan rotametrler ham mavjud. Ularning suv bo'yicha o'lchash chegarasi 16000 l/soat. Asosiy xatolik $\pm 1,5\%$.

Portlash va yong'in xavfi bor joylarda ko'rsatishlarni masofaga pnevmatik uzatadigan rotametrler ishlatiladi. Bunday rotametrning prinsipial sxemasi 4.5-rasmda ko'rsatilgan. Bu rotametrning o'lchash qismi konussimon qalqovich 1, diafragma 2 va po'latdan ishlangan silindrik quvur 3 dan iborat. Qalqovich konussimon quvur ichida harakat qiluvchi rotametr



4.4- rasm. Ko'rsatishlarni masofaga elektr-differensial transformator yordamida uzatadigan rotametr sxemasi.



4.5- rasm. Ko'rsatishlarni masofaga pnevmatik uzatadigan rotametr sxemasi.

turlari ham mavjud. Shtok 4 ga ikkita silindrik magnit 5 birlashtirilgan. Bu magnitlar bir-biriga bir xil ishorali qutblari bilan qaratilgan. Magnitlar qalqovich bilan birga naycha 6 ichida siljiydi.

Naycha esa magnitmas materialdan tayyorlanadi. Tashqaridan naycha pishang 8 ga o'rnatilgan magnit 7 bilan o'ralgan. Silindrik magnitlar 5 bilan tashqi magnit 7 magnitli mufta hosil qiladi. Qalqovichning magnit mufta va pishang 8 yordamida harakatlanishi o'lchanayotgan sarf miqdorini shkala 10 da joylashgan ko'rsatuvchi strelka 9 ga uzatadi. Masofaga pnevmatik uzatish mexanizmi kompensatsiya sxemasi asosida ishlaydigan o'zgartkichdan iborat („Pnevmatik o'zgartkichlar“ga qarang, VIII bob). O'lchash tizimidagi tebranishlarni kamaytirish uchun dempferlovchi qurilma 28 ishlatiladi. Pnevmo uzatishli rotametrlarning seriyali ishlanadigan rusumlari 6,27 mPa ishchi bosimga mo'ljallangan.

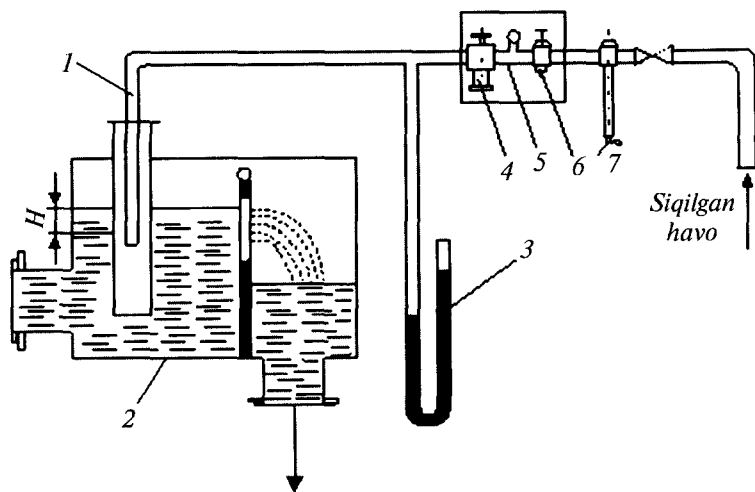
Bu asboblardan bilan (suv bo'yicha 16 m³/soat) gacha sarflar o'lchanadi. Asosiy xatolik ±1,5 % dan oshmaydi.

4.4- §. O'ZGARUVCHAN SATHLI SARFO'LCHAGICHLAR

O'zgaruvchan sathli sarfo'lchagichlarning **ishlash prinsipi** suyuqlikning idish tubidagi yoki uning yon devorlaridagi teshikdan erkin oqib chiqishidagi sath balandligini o'lchashga asoslangan. Bu asboblardan kimyo va boshqa sanoatlarda juda agressiv suyuqliklar sarfini o'lchashda, shuningdek, gaz bilan aralashgan pulslanuvchi oqim va suyuqliklar sarfini o'lchashda ishlatiladi. O'zgaruvchan sathli sarfo'lchagichlar barcha hollarda suyuqlik sarfini atmosfera bosimida o'lchaydi, shuning uchun bu asboblarning ishlatilishi cheklangan.

O'zgaruvchan sathli sarfo'lchagichlar tarkibiga qabul qiluvchi sig'im (idish) va suyuqlik sath balandligini o'lchaydigan asbob kiradi. Sath balandligi o'lchagichi sifatida istalgan sath balandligini o'lchash asbobi ishlatilishi mumkin. Qabul qiluvchi sig'im sifatida esa dumaloq (diafragma) yoki tirqish teshikli silindrik yoxud to'rtburchak idish xizmat qiladi. Bunday idishlardagi suyuqlik sarfi uning sath balandligi bo'yicha aniqlanadi. Diafragma idish tagida yoki uning yon devorlarida joylashishi mumkin, lekin suyuqlik sathi u oqib chiqadigan teshikdan yuqorida bo'lishi lozim. Tirqishning teshiklari idishning faqat yon devorlarida joylashgan bo'lishi kerak, bu holda idishdagi suyuqlik sathi teshikning ustki chetidan baland bo'lmasligi lozim.

4.6-rasmda ko'rsatilgan sarfo'lchagich ikki shtutserli to'rtburchak idish 2 dan iborat. Shtutserlardan biri idishning yonida joylashgan bo'lib, suyuqlikni kiritish uchun, ikkinchisi esa pastda joylashgan bo'lib, suyuqlikning oqib chiqishi uchun xizmat qiladi. Idish ichki tomonidan to'siq bilan bo'lingan, bu to'siqqa profillangan teshikli shit germetik ravishda mah-



4.6- rasm. Suyuqlik oqib chiqadigan tirqish-teshikli sarfo'lgagich.

kamlangan. Idishdagi suyuqlik oqib chiqadigan tirqish oldiga muhofazalovchi g'ilofli pyezometrik naycha 1 cho'ktiriladi. Haydalgan havo miqdori nazorat stakanchasi 4 yordamida tekshiriladi. Havo bosimi reduktor 6 orqali o'zgarimas qilib saqlanib turiladi va manometr 5 bilan o'lchanadi. Filtr 7 havoni tozalaydi. Pyezometrik naychadagi bosim tirqish oldidagi suyuqlik ustunining zichligi va balandligi bilan, demak, suyuqlikning massaviy sarfiga bog'liq. Pyezometrik naychadagi gidrodinamik bosimning qiymati difmanometr 3 bilan o'lchanadi. 4.6-rasmda keltirilgan sarfo'lgagichning xususiyatlaridan biri ikkilamchi asbob shkalasining bo'linmalari tengligidir.

Tirqishli sarfo'lgagichda suyuqlikning hajmiy sarfi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$Q_h = 4,43 \cdot a \cdot S_0 \sqrt{L}, \quad (4.15)$$

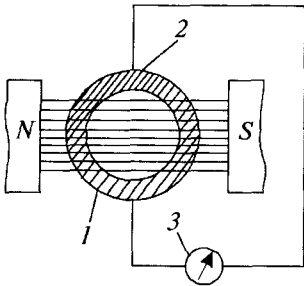
bu yerda: a — sarf koeffitsiyenti; S_0 — tirqishning yuzasi; L — tirqishdagi suyuqlikning balandligi.

Tirqishli sarfo'lgagichning sarf koeffitsiyenti tirqishning geometrik shakliga, ayniqsa, kirish qismidagi qirraning o'tkirligiga bog'liq. Taqribiy hisobda sarf koeffitsiyenti a ning qiymati 0,6 ga teng deb qabul qilinadi. Sarf koeffitsiyentining aniq qiymati asbobning o'zini darajalashda aniqlanadi.

Tirqishli sarfo'lgagichlarda bosim difmanometr orqali o'lchanadi. Sarfo'lgagich bilan difmanometr o'rtasidagi pnevmatik nayning uzunligi 35 m dan, difmanometr va ikkilamchi asboblarni ulovchi nayning uzunligi esa 300 metrdan oshmasligi kerak. O'lchash chegarasi 10...50 m³/soat bo'lgan qurilmaning asosiy xatosi $\pm 3,5$ %.

4.5- §. ELEKTROMAGNIT SARFO'LGAGICHLAR

Elektromagnit (induksion) sarfo'lgagichlarning ishlash prinsipi tashqi magnit maydoni ta'sirida elektr tokini o'tkazuvchi suyuqlik oqimida hosil bo'lgan EYK ni o'lchashga asoslangan. Induksion sarfo'lgagichning sxemasi 4.7-rasmda ko'rsatilgan.



4.7- rasm. Elektromagnit sarfo'lgagich sxemasi.

Magnitning N va S qutblari orasida magnit maydoni kuch chiziqlari yo'nalishiga perpendikular ravishda suyuqlik quvuri I o'tadi. Quvurning magnit maydonidan o'tadigan qismi nomagnit material (ftoroplast, ebonit va boshqalar) dan tayyorlanadi. Quvur devorlarida bir-biriga diametral qarama-qarshi yo'nalgan o'lchash elektrodleri 2 o'rnatilgan. Magnit maydoni ta'sirida suyuqlikdagi ionlar harakatga keladi va o'z zaryadlarini o'lchash elektrodlariga berib, ularda EYK hosil qiladi. Oqim tezligiga mutanosib, EYK ning qiymati, magnit maydoni

o'zgarmas bo'lganda, elektromagnit induksiyasining asosiy tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$E = B \cdot D \cdot v_{o'rt}, \quad (4.16)$$

bu yerda: B — magnit qutblari oralig'ida hosil bo'lgan elektr magnit induksiyasi, Tl; D — quvurning ichki diametri (elektrodlar orasidagi masofa), m; $v_{o'rt}$ — oqimning o'rtacha tezligi, m/s.

Tezlikni Q hajmiy sarf orqali ifodalasak,

$$E = \frac{4B}{\pi D} Q \quad (4.17)$$

Bu ifodadan o'zgarmas magnit maydonida EYK ning qiymati sarfga to'g'ri mutanosib ekanligi kelib chiqadi. Induksion sarfo'lgagichlar elektr o'tkazish qobiliyati $10^{-3} \dots 10^{-5} \text{ sm/m}$ dan kam bo'lmagan suyuqliklarda ishlatiladi.

O'zgarmas magnit maydonga ega bo'lgan induksion sarf o'lgagichlarning asosiy kamchiligi — magnit elektrodlerida qutblanish va galvanik EYK ning paydo bo'lishidadir. Bu kamchiliklar harakatdagi suyuqlikda magnit maydon tomonidan induksiyalangan EYK ni to'g'ri o'lchashga yo'l qo'ymaydi yoki qiyinlashtiradi. Shuning uchun, o'zgarmas magnit maydoniga ega bo'lgan sarfo'lgagichlar suyuq metallar, suyuqlikning pulslanuvchi oqimi sarfini o'lchashda va qutblanish o'z ta'sirini ko'rsatishga ulgurmaydigan qisqa vaqtli o'lchashlarda ishlatiladi. Hozir induksion sarfo'lgagichlarning ko'pchiligida o'zgaruvchan magnit maydonidan foydalaniladi. Agar magnit maydon τ vaqtda f chastota bilan o'zgarsa, EYK quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$E = \frac{4 \cdot Q \cdot B_{\max}}{\pi \cdot D} \cdot \sin 2\pi \cdot f \tau \quad (4.18)$$

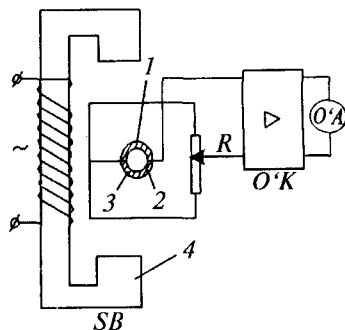
bu yerda:

$B_{\max} = \frac{B}{\sin 2\pi \cdot f\tau}$ — induksiyaning amplituda qiymati.

O'zgaruvchan magnit maydonida elektrokimyoviy jarayonlar o'zgarimas maydonga qaraganda kamroq ta'sir ko'rsatadi. O'zgaruvchan magnit maydonli induksion sarfo'lchagichning prinsipial sxemasi 4.8-rasmda ko'rsatilgan.

Chizmada quyidagi belgilar qabul qilingan: SBEO' — o'zgaruvchan magnit maydonli sarfo'lchagichning birlamchi elektromagnit o'zgartkichi; magnit maydon elektromagnit 4 yordamida hosil bo'ladi: O'K — oraliqdagi o'lchash kuchaytirgichi 0...5 mA o'zgarimas tok chiqish signaliga ega bo'lgan o'zgartgich; O'A — o'lchash asbobi, integrator va hokazo; R — qarshilik.

O'K — oraliqdagi o'lchash kuchaytirgichi 0...5 mA o'zgarimas tok chiqish signaliga ega bo'lgan o'zgartgich; O'A — o'lchash asbobi, integrator va hokazo; R — qarshilik.



4.8- rasm. O'zgaruvchan magnit maydonli induksion sarfo'lchagichning sxemasi.

4.6- §. ULTRATOVUSHLI, ISSIQLIK VA IONLI SARFO'LCHAGICHLAR

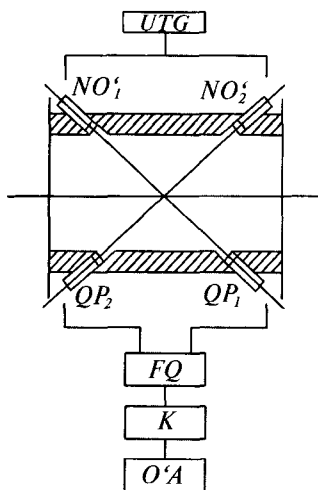
Ifloslangan, tez kristallanadigan va agressiv suyuqliklar, shuningdek, tez o'zgaruvchan va pulslanuvchi oqimlar, ayniqsa, elektr o'tkazmaydigan suyuqliklar sarfini o'lchashda induksion sarf o'lchagichlarni ishlatib bo'lmagan hollarda ultratovushli qurilmalardan foydalaniladi. Sarf o'lchashning ultratovushli usuli quvurga nisbatan ultratovush tezligining oqim tezligiga bog'liqligiga asoslangan. Tovush to'lqinining harakatdagi muhitda tarqalishida tovushning manbadan qabul qiluvchi qurilmaga yetib borish tezligi faqat tovushning tezligiga emas, balki harakat qiluvchi muhitning tezligiga ham bog'liq bo'ladi. Sarf o'lchashning ultratovushli prinsipi shunga asoslangan.

Agar tovush to'lqini oqim yo'nalishida harakat qilsa, ularning tezligi qo'shiladi, tovush oqimga qarshi yo'nalsa, tezliklar ayirmasi topiladi. Ultratovushning oqim bo'yicha va unga qarshi yo'nalishdagi tezligining farqi oqim tezligiga, binobarin, oqayotgan suyuqlik sarfiga mutanosib. Ultratovushli sarf o'lchagichlarning ishlash prinsipi quyidagilarga asoslangan:

1) ultratovushning oqim bo'ylab va unga qarshi yo'nalishdagi vaqt tafovutini o'lchash;

2) ultratovush tebranishlarining oqim bo'ylab va unga qarshi yo'nalishdagi tebranishlari fazalarining siljishini o'lchash;

3) avtotebranishlar sxemasi vujudga keltirgan va shu bilan birga, oqim bo'ylab hamda unga qarshi yo'nalishda hosil qilingan ultratovush tebranishlari chastotasining ayirmasini o'lchash.



4.9- rasm. Ultratovushli sarfo'Ichagichning sxemasi.

Ultratovushli sarfo'Ichagichlardan birining tuzilish sxemasi 4.9- rasmda ko'rsatilgan. Bu asbob ikki kanalli fazaviy sxema bo'yicha ishlaydi. Ultratovushli sarfo'Ichagichlar quyidagi asosiy qismlardan iborat: UTG — ultratovush generatorining ta'minlash manbai; NO'_1 , va NO'_2 — nurlanuvchi o'zgartkichlar; QP_1 va QP_2 — qabul qiluvchi pyezoo'zgartkichlar; FQ — faza o'zgartiruvchi qurilma, fazaviy siljishlarni o'zgartkichlar kanali asimmetriyasi yo'li bilan bartaraf etadi; K — elektron kuchaytirgich, O'A — o'lchash asbobi. O'lchash asbobi sarf birligida darajalanadi. Pyezoelementlar sifatida, ko'pincha, bariy titanatdan ishlangan plastinkalar ishlatiladi. Pyezoelementlar kvars, titanosirkoniy, sopol hamda magnitostriksion bo'lishi mumkin.

Ultratovush impulslari quvur o'qiga shunday burchakda yuboriladiki, ularning bir kanaldagi yo'nalishi oqim yo'nalishiga mos kelsin, ikkinchi kanaldagi yo'nalishi esa oqimga qarshi boradi. Suyuqlik harakatsiz bo'lgan paytda impulsni D masofaga uzatish vaqti quyidagicha:

$$\tau = \frac{D}{C_a}, \quad (4.19)$$

bu yerda: τ — impulsni uzatish vaqti, s; C_a — suyuqlikdagi tovushning tarqalish tezligi, m/s.

Agar suyuqlik v tezlikda harakat qilsa, yo'nalishdagi tovushning tarqalish tezlik komponenti $v_{\cos \theta}$ kabi ifodalanadi. Impulsning nurlanuvchi manbalar orasidagi oqim yo'nalishida tarqalishi:

$$\tau_1 = \frac{D}{C_a + v \cdot \cos \theta}. \quad (4.20)$$

oqimga qarshi yo'nalishda tarqalishi:

$$\tau_2 = \frac{D}{C_a - v \cdot \cos \theta}. \quad (4.21)$$

Ikkala kanaldagi chastotalar farqi:

$$\Delta f = f_1 - f_2 = \frac{v \cdot \cos \theta}{D}, \quad (4.22)$$

bu yerda: Δf — chastotalar farqi, Hz; θ — suyuqlikda to'lqinlarning tarqalish burchagi.

Shunday qilib, suyuqlik harakatining tezligini ko'rsatuvchi chastotalar farqi faqat shu tezlikka bog'liq. Ultratovush sarfo'Ichagichlar sarfni kontaktsiz

o'ldashni ta'minlaydi va boshqa usullarni qo'llab bo'lmagan hollarda foydalaniladi. Murakkabligi tufayli bu asboblar keng tarqalmagan. Ularning katta kamchiliklari: asbob ko'rsatishga o'lchanayotgan muhitning fizik-kimyoviy xossalarning o'zgarishi hamda muhitning harorati, ultratovush tezligiga ta'sir etadi. Asbobning asosiy xatosi o'lchash chegarasi (7000 l/soat) ning $\pm 2\%$ ini tashkil qiladi.

Issiqlik (kalorimetrik) sarfo'lchagichlarining ishlash prinsipi suyuqlik yoki gaz oqimining yordamchi energiya manbai yordamida qizdirilishiga asoslangan. Bu energiya manbai oqim tezligi va qizdiruvchi qurilmalardagi issiqlik sarfiga bog'liq bo'lgan haroratlar farqini vujudga keltiradi. Agar oqimning atrof-muhitga bergan issiqligini e'tiborga olmasak, qizdiruvchi asbob sarflangan va oqimga uzatilgan issiqlik o'rtasidagi issiqlik balansi tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$g_t = K \cdot Q_m \cdot C_p \cdot \Delta t, \quad (4.23)$$

bu yerda: g_t — qizdirgichning suyuqlik yoki gazga bergan issiqlik miqdori, Vt ; K — quvur kesimi bo'yicha haroratning notekis tarqalishiga tuzatish koeffitsiyenti; Q_m — muhitning massa sarfi, kg/s ; C_p — muhitning o'zgarmas bosimdagi solishtirma issiqlik sig'imi, $J/(kg \cdot K)$; Δt — oqim haroratining qizdirishdan avvalgi va keyingi o'rtacha qiymatining farqi, $^{\circ}K$.

Kalorimetrik sarfo'lchagichlarda oqimga issiqlik, odatda, elektr qizdirgich orqali beriladi. Bu holda

$$g_t = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \quad (4.24)$$

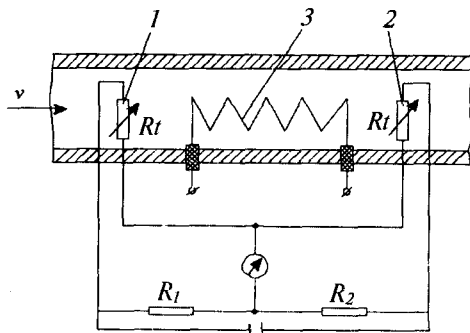
(4.23) va (4.24) ifodalar asosida massa sarfini topamiz:

$$Q_m = \frac{0,24 \cdot I^2 \cdot R}{K \cdot C_p \cdot \Delta t}. \quad (4.25)$$

Kalorimetrik sarfo'lchagichlar ikki guruhga bo'linadi. Ulardan birinchisida sarfqizdirgich iste'mol qilgan quvvat miqdoridan aniqlanadi. Bu quvvat o'zgarmas haroratlar farqi Δt ni ta'minlaydi. Ikkinchi guruhdagi kalorimetrik sarfo'lchagichlar sarf qizitgichga berilgan o'zgarmas quvvatdagi Δt haroratlar farqidan aniqlanadi. Haroratlar farqi, odatda, termojuftlar yoki qarshilik termometrlari orqali o'lchanadi. Qarshilik termometrlarini bir me'yori oqim kesimini qoplaydigan to'r shaklida tayyorlab, kesim bo'yicha o'rtacha haroratni o'lchash mumkin. O'lchanayotgan muhit, odatda, $1...3^{\circ}C$ ga qizdiriladi, shuning uchun, sarfo'lchangan paytdagi iste'mol qilingan quvvat katta bo'lmaydi. Modda sarfini o'lchashda, ko'pincha, ikkinchi guruh sarfo'lchagichlari ishlatiladi.

4.10- rasmda ikkinchi guruh sarfo'lchagichning prinsipial sxemasi tasvirlangan. Sarfo'lchagichga ketma-ket ulangan ikkita qarshilik termometrlari 1 va 2 o'rnatilgan.

Termometrlarning ketma-ket ulanishi ulardagi tokning tengligini ta'minlaydi. Bu hol termometrlarni qizitgich 3 dan avvalgi va undan keyingi haroratlar farqi bo'yicha darajalashga imkon beradi. Qarshilik termo-



4.10- rasm. Kalorimetrik sarfo'lchagich sxemasi.

metrlarining ikki tirsagi R_1 va R_2 doimiy qarshilikdan iborat bo'lgan ko'priklar tirsaklariga ulanadi.

Kalorimetrik sarfo'lchagichlarning afzalliklari — yuqori aniqlik sinfiga ega (xatoligi $\pm 0,5...1\%$); o'lchash diapazoni katta (10:1); pulslanuvchi va kichik sarflarni o'lchash imkoni bor. Bu asboblarning kamchiligi — berilgan haroratlar farqi va oqimni isitish uchun elektr quvvatining doimiylikini avtomatik ravishda saqlash murakkab. Kalorimetrik sarfo'lchagichlar, asosan, gazlar sarfini o'lchash uchun ishlatiladi.

Gazlar sarfini o'lchash uchun **ionli o'lchash** usulidan foydalanish mumkin. Bu usul quvurdan o'tayotgan gazlarning radioaktiv nurlanish manbalari yordamida davriy ionlanishiga asoslangan. Gazning ionlashgan qismi ma'lum vaqt o'tgach (bu vaqt gaz tezligiga bog'liq) nurlanish qabul qilgichiga boradi va bu yerda tok impulsi hosil bo'ladi. Shundan so'ng impuls kuchlanadi va bir qator o'zgartishlardan so'ng sarf birligiga keltiriladi. Shu bilan birga, harakatdagi oqimga vaqt-vaqti bilan izotopli radioaktiv nishonlar kiritiladi. Bu nishonlardan chiqadigan impulslar qabul qiluvchi qurilma orqali tutiladi va qator o'zgartuvchi elementlar yordamida o'lchash asbobiga uzatiladi.

Ionli asboblarda ishda g'oyat qulay va ishonchli, ammo ularni ishlatish, qo'zg'atish va ta'mirlash uchun maxsus xizmat xonasi, xizmat ko'rsatuvchi xodimlar talab qilinadi, radioaktiv nurlanishdan tegishli himoya kerak bo'ladi. Shuning uchun, amalda sarfini o'lchash uchun neytral nurlanish, masalan, ultratovush nurlanish ma'qulroq.

4.7-§. SUYUQLIK VA GAZLAR MIQDORINI O'LCHASH

Suyuqlik va gazlar miqdorini o'lchashga mo'ljallangan hisoblagichlar o'zlarining ishlash prinsipiga ko'ra hajm, tezlik va vazn hisoblagichlariga bo'linadi. Ko'proq hajm va tezlik hisoblagichlari ishlatiladi. Gaz miqdorini o'lchashda hajm hisoblagichlaridan foydalaniladi.

Vaqt oralig'i $t_1 - t_2$ dagi oqim, massa va energiya yig'indisini ko'rsatuvchi o'lchash asbobi *hisoblagich* deb ataladi. Hisoblagichlar o'z funksiyasini quyidagi ifodaga muvofiq bajaradi:

$$Q = \int_{\tau_1}^{\tau_2} g \cdot d\tau, \quad (4.26)$$

bu yerda: Q — vaqt oralig'ida sarflanadigan modda miqdori; g — vaqt birligi ichidagi modda yoki energiya sarfi.

Hajm hisoblagichlari modda miqdorini hajm bo'yicha, tezlik hisoblagichlari esa oqim tezligi bo'yicha o'lchaydi. Ikkala hisoblagich ham moddaning asbob ishlab turgan vaqtda undan o'tgan umumiy miqdorini ko'rsatadi. Ma'lum vaqt oralig'idagi modda miqdorini aniqlash uchun olingan vaqt oralig'ining boshlanishi va oxiridagi hisoblagich ko'rsatishini belgilash kerak. Hisoblagich ko'rsatishlarining farqi shu vaqt oralig'i ichida asbobdan o'tgan modda miqdoriga teng bo'ladi.

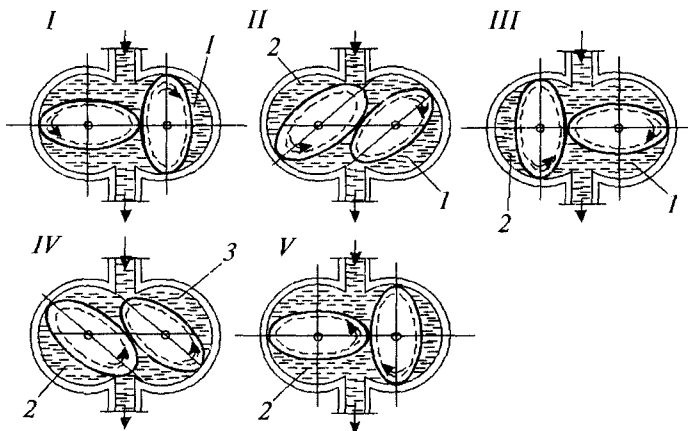
Hajm hisoblagichlarining ishlash prinsipi suyuqlik yoki gaz oqimi muayyan miqdorga — porsiya (doza) larga bo'linib sarflanishi va bu porsiyalar sonini hisoblash yo'li bilan sarflanayotgan modda miqdorini aniqlashga asoslanadi.

Sarflanayotgan porsiyalar soni yig'indisi hisoblash mexanizmi yordamida aniqlanadi. Hajm hisoblagichlari asosan toza, mexanik aralashmalarsiz bo'lgan suyuqlik va gazlar miqdorini o'lchashga mo'ljallangan. Ularning asosiy afzalliklari o'lchash xatoligining kichikligi va o'lchash chegarasining kattaligidir.

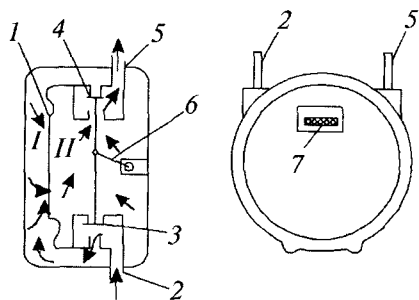
Tuzilishiga ko'ra hajm hisoblagichlari ovalsimon shesternali, rotatsion, porshenli, diafragmali, barabanli va boshqa xil turlarga bo'linadi.

Suyuq moddalar miqdorini o'lchash uchun ovalsimon shesternali va porshenli hisoblagichlar keng qo'llaniladi. 4.11-rasmda ovalsimon shesternali hisoblagichning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan.

Shesternalar oqimning kirishiga ko'ra bir-birini ketma-ket harakatga keltiradi. Ular aylanganda shesterna ovali va o'lchash kamerasi devori bilan cheklangan suyuqlikning muayyan hajmi chiqarib yuboriladi. Shesternaning bir marta to'liq aylanishiga hisoblagich o'lchov kamerasining hajmi



4.11- rasm. Ovalsimon shesternali hisoblagich sxemasi.



4.12- rasm. GKF turidagi gazhisoblagich.

yig'indisiga teng bo'lgan to'rtta ma'lum hajmdagi suyuqlik oqib o'tadi. Hisoblagichdan o'tgan suyuqlik miqdori shesternaning aylanishlar soniga ko'ra aniqlanadi. I holatda (4.11-rasm) suyuqlik o'ng shesternani soat strelkasi harakati yo'nalishida aylantiradi, o'ng shesterniya esa o'z navbatida, chap shesternani soat strelkasi harakati yo'nalishiga qarshi aylantiradi. Bu holatda o'ng shesterna suyuqlikning 1-qismini chiqarib tashlaydi. II holatda shesterna suyuqlikning yangi

2-qismini chiqaradi. O'ng shesterna esa avval chiqarilgan 1-hajmni hisoblagichning chiqishiga uzatadi. Ish paytida aylantiruvchi moment ikkala shesternaga ham ta'sir qiladi. III holatda chap shesterna yetaklovchi bo'lib, suyuqlikning 2-hajmini chiqaradi. IV holatda o'ng shesterna 3-hajmni chiqarishni tamomlaydi, chap shesterna esa 2-hajmni hisoblagichga kiritadi. V holatda 3-hajm batamom chiqariladi, ikkala shesterna ham yarim aylanishni bajarib, o'ng shesterna yana yetaklovchi bo'lib qoladi. Shesternalar aylanishining ikkinchi yarmi yuqoridagidek o'tadi. Suyuqlikning hajmi shesternalar aylanishiga mos.

Ovalsimon shesternali suyuqlik hisoblagichlari $0,8...36 \text{ m}^3/\text{soat}$ chegaradagi o'lchashlarni ta'minlaydi. Shartli o'tish diametrlari $15...80 \text{ mm}$, asbobning xatosi $\pm 0,5\%$, ishchi bosim $1,57 \text{ mPa}$ (16 kgk/sm^2). Hisoblagich ishlashida quvurdagi bosimning yo'qotilishi taxminan $0,02 \text{ MPa}$ ($0,2 \text{ kgk/sm}^2$).

Gazsimon moddalar miqdorini o'lchash uchun diafragma, rotatsion va barabanli hisoblagichlar keng qo'llaniladi. 4.12- rasmda GKF turidagi diafragma hisoblagich sxemasi ko'rsatilgan.

Diafragma 1 bilan bo'lingan hisoblagichning ikki kamerasi (I va II) ma'lum sikl bo'yicha gazga to'lib va bo'shab turadi. Bu kameralar richag 6 orqali klapanlar 3—4 bilan bog'langan bo'lib, yuqorigi klapanlar berkilganda gaz I kameraga, pastki klapanlar berkilganda II kameraga o'tadi.

Gaz I kameraga kirganda uning bosim kuchi diafragmani o'ng tomonga suradi, II kamera toraya boshlaydi va undagi gaz miqdori bir porsiya bo'lib, teshik 5 orqali sarfga o'tadi. Diafragma o'ngga surilib ma'lum oraliqqa kelganda, richag 6 pastki klapanlarni berkitadi. Endi gaz II kameraga yig'iladi va diafragmani chapga surib I kameradagi gazni teshik 5 orqali sarfga chiqaradi. Diafragma ma'lum oraliqqa surilganda richag 6 endi yuqori klapanlarni yopadi, gaz I kamerada yig'iladi. Shunday qilib, kameralardan teng miqdoragi gaz porsiyalari ma'lum sikl bo'yicha sarfga chiqib turadi. Richagning har bir sikldagi harakati hisoblagich 7 ko'rsatkichida hisoblanib turadi.

Rotatsion hisoblagich (4.13-rasm) ko'p miqdordagi gaz hajmini o'lchashga mo'ljallangan. Bu asbobda o'lchash 8 raqami ko'rinishidagi ikkita rotor

1 yordamida bajariladi. Bu rotorlar g'ilof 2 ichida aylanadi. Hisoblagichga gaz to'rtli filtrning kirish tarmog'i orqali keladi. Rotorlar hisoblagich kirishi va chiqishidagi bosimlar farqi hisobiga aylanadi. Rotorlardan biri asbobdan o'tgan gaz hajmini ko'rsatuvchi hisoblash mexanizmi bilan bog'langan. Hisoblagichning o'lchash hajmi g'ilof devori va rotorlar orasidagi kamera orqali aniqlanadi.

Rotatsion hisoblagichlar 40...40 000 m³/soat sarfni o'lchashga mo'ljallab chiqariladi. Ishchi bosimlari: 0,1; 0,6; 1,6 va 6,4 mPA. Shartli o'tish diametrlari 50...1200 mm. Asboblarning aniqlik sinfi 1 va 1,5. Hisoblagich o'rnatilishidagi bosim yo'qotilishi 35...40 mm.suv ust. dan oshmaydi.

Suyuqlik miqdorini o'lchaydigan tezlik hisoblagichlari harakatdagi oqimning o'rtacha tezligini o'lchash prinsipiga asoslangan.

Suyuqlik miqdori oqim harakati tezligi bilan quyidagi nisbat orqali bog'langan:

$$Q = v_{o'rt} \cdot S, \quad (4.27)$$

bu yerda: Q — hajmiy sarf m³/s; $v_{o'rt}$ — oqimning o'rtacha tezligi, m/s; S — oqimning ko'ndalang kesim yuzi, m².

Oqim yo'liga o'rnatilgan parraklarning aylanish soniga qarab asbobdan o'tgan suyuqlik miqdorini aniqlash mumkin. Parraklar aylanishining tezligi oqim tezligiga mutanosibdir:

$$N = K \cdot v_{o'rt}, \quad (4.28)$$

bu yerda: p — parraklarning aylanish soni, 1/s; K — asbobning geometrik hajmiga bog'liq bo'lgan doimiysi, m⁻¹.

Agar (4.27) tenglamani nazarda tutsak:

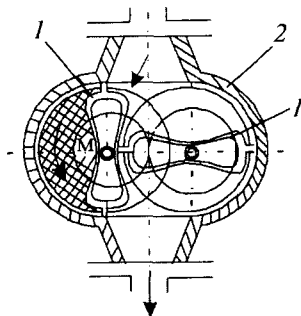
$$n = K \cdot \frac{Q}{S}. \quad (4.29)$$

Parraklarning τ vaqt ichidagi aylanishlar soni asbobdan shu vaqt ichida o'tgan modda sarfiga mutanosib:

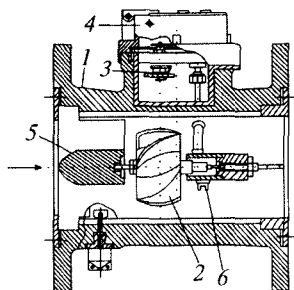
$$N = n \cdot \tau = \frac{K}{S} \cdot Q \cdot \tau. \quad (4.30)$$

Parraklarning shakliga ko'ra tezlik hisoblagichlari ikki guruhga bo'linadi: spiralsimon va qanotli. Spiralsimon parraklar o'lchanayotgan oqimga nisbatan parrallel, qanotli parraklar esa oqim o'qiga perpendikular joylashadi. Spiralsimon parrakli tezlik hisoblagichlari ko'p miqdordagi suv sarfini o'lchashda ishlatiladi.

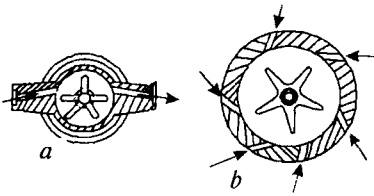
4.14- rasmda spiralsimon (gorizontal) parrakli suv hisoblagich ko'rsatilgan. Suyuqlik oqimi asbob-



4.13-rasm. Rotatsion hisoblagichning sxemasi.



4.14- rasm. Spiralsimon parrakli suyuqlik hisoblagichi.



4.15-rasm. Bir sharrali
(a) va ko'p sharrali
(b) hisoblagichlar.

Suyuqlikni parrakka uzatish usuliga ko'ra qanotli hisoblagichlar bir sharrali va ko'p sharrali bo'ladi.

4.15-rasmda bir sharrali (a) va ko'p sharrali (b) hisoblagichlar sxemasi ko'satilgan. Bu hisoblagichlarda suyuqlik asbobning parraklariga tangensial ravishda yo'naltiriladi. Parrakli hisoblagichlar agressiv bo'lmagan oqimda ishlasa va oqim harorati 30°C dan oshmasa, ularning parragi plastmassadan tayyorlanadi. Oqim harorati 90°C dan yuqori bo'lsa, parraklar jezdan tayyorlanadi.

4.8- §. SOCHILUVCHAN MATERIALLAR VA DONADOR BUYUMLARNING MIQDORINI O'LCHASH

Turli xil sochiluvchan materiallarni o'lchash va me'yorlash, sochiluvchan buyumlarni hisobga olish vositalari texnologik jarayonlarni, ortish-tushirish ishlarini va savdo-hisob operatsiyalarini avtomatlashtirishda keng qo'llaniladi. Bunday o'lchash vositalariga dozatorlar, tarozilar va turli xil tenzorezistorli o'zgartkichlar kiradi.

Tarozi — qattiq, sochiluvchan yoki suyuq moddalarning massasini o'lchash uchun mo'ljallangan o'lchash vositasidir. Tarozi, odatda, tortish prinsipiga, muvozanatlovchi momentni vujudga keltirish uslubi, qo'llanish sohasi, avtomatlashtirilganlik darajasi, tortish chegarasiga va hokazolarga ko'ra tasniflanadi.

Tortish prinsipiga ko'ra tarozilar diskret (davriy) va uzluksiz ishlaydigan tarozilarga ajraladi. Muvozanatlovchi momentni vujudga keltirish uslubiga ko'ra tarozilar ikki guruhga bo'linadi: mexanik (shayinli va prujinali) va elektromexanik tarozilar. Qo'llanish sohasi va tortish chegaralariga ko'ra tarozilar umumiy vazifani bajaruvchi laboratoriya tarozilariga, texnologik tarozilarga; avtomatlashtirish darajasiga ko'ra noavtomatik va avtomatik tarozilarga bo'linadi.

Dozatorlar — sochiluvchan (va suyuq) materiallarning massalari yoki hajmlarini avtomatik o'lchab beruvchi (dozalovchi) qurilmadir. Dozatorlar diskret va uzluksiz ishlaydigan bo'lishi mumkin. Diskret ishlaydigan (porsion) dozatorlar, asosan, qurilmalarni balandligi bo'yicha joylashtiriladigan texnologik jarayonlarda qo'llaniladi. Uzluksiz ishlaydigan dozatorlar

ning korpusiga kelib, sharra to'g'rilagich 5 orqali ko'p kirimli vint shaklida ishlangan parrak kurakchalari 2 ga yo'naladi. Parrakning aylanishi chervyakli juft 6 va uzatish mexanizmi 3 orqali hisoblash mexanizmi 4 ga uzatiladi.

Bu hisoblagichlar 50...200 mm shartli o'tishga mo'ljallanib, sarfini 70...1700 m³/soat va ±2...3 % xato bilan o'lchaydi. Muhitning bosimi 0,98 mPa (10 kgk/sm²) dan oshmasligi kerak.

qurilmalarni gorizontal joylashtirish va materiallarni konveyer usulida tashish bilan bog'liq texnologik jarayonlarda foydalaniladi.

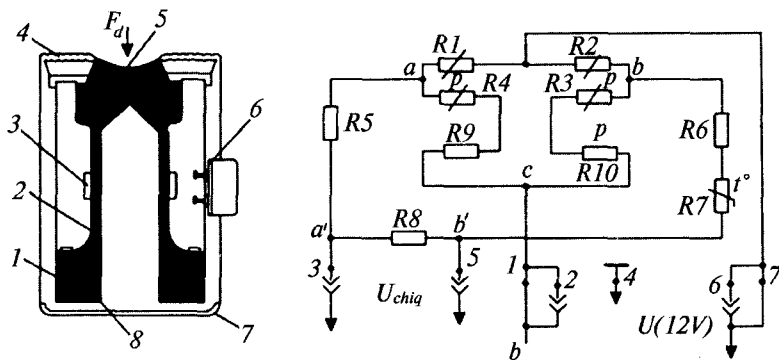
Tarozi — o'lchash texnikasining zamonaviy holati mexanik tizimlardan elektron qurilmalarga kuchning elektromexanik (tenzorezistorli, vibrosterjenli) o'zgartkichlaridan va zamonaviy mikroelektronik vositalardan foydalangan holda, shu jumladan, mikroprotessorlardan va maxsus qo'llaniladigan mikrosxemalardan foydalangan holda o'lchash bilan ifodalanadi. Bu tarozilarning aniqlik, unumdorlik, avtomatlashtirilganlik darajasi, ishonchlilik va boshqa shu kabi muhim ko'rsatkichlarini yaxshilashga imkon beradi.

Tarozi va dozatorlar texnologik qurilmalarning tarkibiy qismi hisoblanadi, shuning uchun ham ularning konstruksiyasi va qurilmalari mazkur darslikda qarab chiqilmaydi.

Mazkur bobda texnologik qurilmalarga kiritiladigan avtomatik tarozi o'lchash qurilmalari (tarozilar va dozatorlar) ning ba'zi o'lchash o'zgartkichlari qarab chiqiladi. Elektromexanik shayinsiz tarozilarning konstruksiyasi eng istiqbolidir, bunda yuk ko'taruvchi qurilma bevosita kuch o'zgartkichiga ta'sir qiladi. Signalni o'zgartirish va qayta ishlash, tortish natijalarini indikatsiyalash, shuningdek, tortish jarayonini boshqarish va ma'lumotlarni chiqarish (olish) datchik bilan kabel orqali bog'langan ajratuvchi blok (asbob) vositasida amalga oshiriladi.

DEDVU turidagi kuch o'lchovchi tenzorezistorli o'zgartkichlar (datchiklar) tortuvchi elektrotenzorezistorli qurilmalarda qo'llanish uchun mo'ljallangan. O'lchanayotgan kuchning ta'sir ko'rsatish xarakteriga ko'ra o'zgartkichlar — davriy bo'shatiladi. O'zgartkichning tuzilishi (qurilmasi) 4.16- rasm, *a* da keltirilgan.

Korpus *1* da elastik element *2* o'rnatilgan bo'lib, u asos *8* va sferik tovon *5* li silindrik ustunchadan iborat. Elastik elementning ishchi qismida tenzorezistorlar *3* yopishtirilgan. Kuchni elastik elementga uzatish uchun sferik tovon *5* xizmat qiladi. Korpusning chuqurligida moslashtiruvchi



4.16-rasm. DEDVU tenzorezistorli o'zgartkich sxemasi:
a — tuzilishi; *b* — ishlash prinsipi.

rezistorlari bo'lgan montaj plita 6 joylashtirilgan bo'lib, ularning chiqarish o'tkazgichlari (simlari) rozetka vilkasi bilan tutashtirilgan. Elastik element yuqori tomondan diafragma 4 bilan, past tomondan qopqoq 7 bilan yopilgan, ular o'zgartkichning ichki hajmining germetikligini ta'minlaydi.

O'zgartkichning ishlash prinsipi tenzorezistorlarning deformatsiyasi vaqtida ularning elektr qarshiligini o'zgartirishga asoslangan.

R_1-R_4 tenzorezistorlar (4.16-rasm, b ga qarang) kompensatsiyalovchi R_9 va R_{10} rezistorlar bilan birga ko'priklari hosil qilib, uning bir diagonaliga manba kuchlanishi (12 V o'zgaruvchi tok) ulangan, ikkinchisidan esa chiqish signali olinadi (24 mV gacha chegarada). O'lchanayotgan kuch ta'sirida R_1-R_4 tenzorezistorlar deformatsiyalanib, ko'priklarning balansini buzadi, uning o'lchovchi ab diagonalida o'lchanayotgan kuchga mutanosib kuchlanish paydo bo'ladi.

Yuklangan o'zgartkichning chiqish signali qiymatini moslash uchun R_5, R_6, R_7 (R_7 — mis rezistor) rezistorlar, boshlang'ich signalni moslashtirish uchun esa R_9, R_{10} rezistorlar xizmat qiladi. R_8 rezistor o'zgartkichning kirish qarshiligini moslash uchun mo'ljallangan. O'zgartkichning aniqlik sinfi 0,5.

DST turidagi kuch o'lchovchi tenzorezistorli datchiklar uzluksiz ishlovchi tarozilar va dozatorlarda foydalanish uchun mo'ljallangan. DST datchiklari konstruksiyasining asosi tenzorezistorlar yopishtirilgan elastik element hisoblanadi. Dumaloq korpusga joylashtirilgan diametri 120 mm va qalinligi 54 mm bo'lgan elastik element uchta to'sindan iborat rom ko'rinishida yasalgan, ular bitta tekislikda parallel joylashtirilgan. Har bir to'sin markazida yuk qabul qiluvchi elementlar va chiqish signallarini sozlovchi (rostlovchi) rezistorlar yopishtirilgan bloklar o'rnatilgan. Rezistorlar falgadan (zarqog'ozdan) to'r shaklida yasalgan; rostlash to'rning ayrim elementlarining uzilishi hisobiga amalga oshiriladi.

O'lchanayotgan kuchlanish (kuch) konusga yoki yuk qabul qiluvchi elementning sharsimon sirtiga uzatilib, balkalarning bukilishiga va uni mutanosib elektr signalga o'zgartiruvchi tenzorezistorlarning deformatsiyalanishiga sabab bo'ladi. Datchiklarning nominal yuklanishlari 10 dan 10 000 kgk atrofida bo'ladi. Asosiy xatolik $\pm 0,1$ %.

Donador buyumlarni hisoblagich. Mahsulotni sanash qurilmasi mazkur ishlab chiqarish operatsiyasidan o'tgan mahsulotni hisoblash maqsadida ishlab chiqarish jarayonining tugagani haqida axborotni avtomatik olish uchun foydalaniladigan texnik vositalar majmuasining bir qismini tashkil etadi. Ular ayrim birlik (shisha idish, ballonlar va hokazo) yoki konteynerlar (yashiklar, qutilar, qoplar va hokazo) ko'rinishidagi donali mahsulotlarni avtomatik hisobga olish uchun qo'llaniladi.

Donador mahsulotlarning hamma hisoblagichlarini tuzilishiga ko'ra ikki guruhga ajratish mumkin: kontaktli (mexanik) va kontaktsiz.

Mexanik hisoblagichlar, odatda, texnologik qurilma komplektiga kiradi.

Kontaktli — mexanik datchiklar sifatida darhol ta'sir qiluvchi yo'l viklyu-chatellaridan foydalaniladi.

Sanashning ikkilamchi asboblari sifatida elektromexanik impulslar hisoblagichdan foydalaniladi.

Kontaktsiz hisoblagichlar — texnologik qurilma bilan yoki sanalayotgan buyumlar bilan mexanik kontaktda bo'lmashlik bilan ifodalanadi va yuqori darajada ishonchli bo'lish bilan farqlanadi. Sanoatda konstruktiv ishlanish va sxemalari turlicha bo'lgan fotoelektrik hisoblagichlar keng qo'llaniladi.

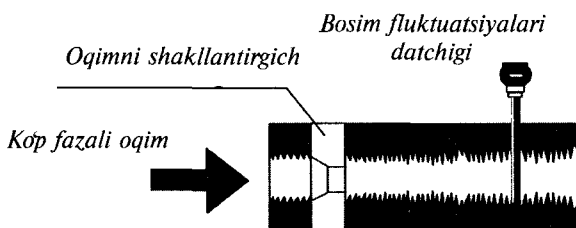
Fotoelektrik hisoblagichlar ham tayyor mahsulotni sanash uchun, ham to'ldirilmagan shaffof idishni yaroqsiz chiqarish uchun qo'llaniladi, bu ularning boshqa istagan hisoblagichlardan afzalligidir.

4.9- §. MODDALAR SARFINI O'LCHASHNING ZAMONAVIY USULLARI VA VOSITALARI

Tuzilmaviy shakllari va harakat rejimlarining xilma-xilligi bilan farqlanuvchi, murakkab va tarkibi bo'yicha o'zgaruvchi gazli, suyuq (suv, neft, kondensat) va qattiq (qum va boshqa mexanik qorishmalar) fazalar aralashmasidan iborat moddaning sarflanishi o'lchanayotganda bunday oqim sarfini oldindan seperatsiyasiz o'lchash murakkab ilmiy-texnik muammo hisoblanadi. Hatto seperatsion vositalari ham kam samarali bo'lgan hollarda ham yuqori gaz omiliga ega yuqori tezlikli oqimlarni o'lchashda alohida qiyinchiliklar vujudga keladi.

Sarflarni o'lchash (расходомерия) sohasida o'tkazilgan ko'p yillik tadqiqotlar mazkur muammoni hal etish yo'lini taklif etishga imkon beradi. O'lchashning ishlab chiqilgan va patent olingan yangi spektrometrik uslubi asos bo'lib xizmat qildi. U yuqori gazli omilli yuqori tezlikli oqimlar sharoitida samaralidir. Bu uslub mahsulotni yig'ishning o'tkazish quvuri tizimida fluktuatsion jarayonning (bosim fluktuatsiyasi) spektral fazalarning oqimda sarflanishi to'g'risidagi axborot manbayi sifatida foydalanishga asoslanadi.

Spektrometrik uslubning asosiy g'oyasi shundan iboratki, bunda fazalar sarfini ko'p fazali oqimda fluktuatsion jarayonning quvvati spektrining chastotaviy komponentlari bo'yicha hisoblashdir. Bosim fluktuatsiyasini hisoblash maxsus oqimni o'lchash o'zgartkichi bilan amalga oshiriladi (4.17-rasm).

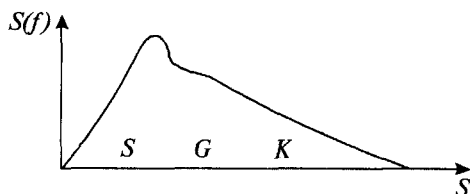


4.17- rasm. Oqimni o'lchash o'zgartkichi.

O'lchash o'zgartkichining asosiy elementlari maxsus konstruksiyali toraytiruvchi qurilma ko'rinishidagi oqim shakllantirgich va bosim fluktuatsiyasi datchigi hisoblanadi. Toraytiruvchi qurilma quyidagilarga imkon beradi:

- qurilmaning chiqishida fazalar sarfi o'zgarishlarining keng oraliqlarida ma'lum muntazam tuzilma oqimini shakllantirish;
- gidrodinamik tizimda quvvatning chastotaviy spektrining berilgan axborot xossalari ega fluktuatsiya jarayonini uyg'otish.

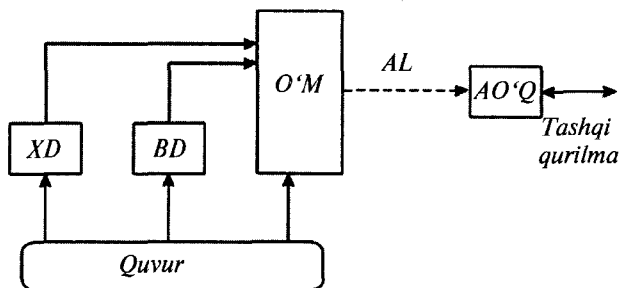
Fluktuatsiya jarayonini qayd etish pyezokeramik sezgir elementli datchik orqali amalga oshiriladi. Ishlangan o'lchash o'zgartkichidan foydalanilganda datchikning chiquvchi elektr signali o'ziga xos chastotaviy spektrga ega bo'lib (4.18-rasm), unda turli fazalar sarfining ta'sir sohalari ajratilishi mumkin.



4.18- rasm. O'lchash o'zgartkichi datchigi signalining o'ziga xos chastota spektri.
S.G.K. — mos ravishda suyuqlik, gaz, qattiq kirishmalar bilan aniqlanadigan sohalari;
S(f) — signal quvvatining spektral zichligi; *f* — signal chastotasi.

Xususan, spektral tashkil etuvchilarning quvvati, asosan, suyuqlik (S) va aralashma sarfiga bog'liq bo'lgan sohani ajratish mumkin. Xuddi shunga o'xshash holda gaz (G) ta'sir ko'rsatadigan va qattiq kirishmalar (K) ning ta'siri ko'proq bo'lgan sohalarni ajratish mumkin. Bunday chastota sohalari spektral ishlab chiqilgan axborot modellari asosida tegishli fazalar sarfini hisoblab chiqish mumkin.

Axborot o'lchash tizimining umumlashtirilgan sxemasi. Spektrometrik uslubni amalga oshiruvchi axborot-o'lchash tizimi (AO'T) ning umumiy tuzilmasi sxemasi 4.19-rasmda keltirilgan. Unga o'lchash moduli (O'M), harorat datchigi (XD), bosim datchigi (BD), aloqa liniyasi (AL) va



4.19- rasm. Quduqlardan foydalanish rejimini nazorat qilish axborot o'lchash tizimlari (AO'T) ning umumiy tuzilmasi.

axborot-o'lash qurilmasi (AO'Q) kiradi. O'M suyuqlik oqimining fluktuatsion parametrlarini chiquvchi elektr signalga aylantirish uchun mo'ljallangan. AO'Q esa IM dan va bosim hamda harorat datchiklaridan kelayotgan signallarni qabul qilib olishni, ularga berilgan algoritm bo'yicha ishlov berishni, olingan natijalarni saqlashni va tashqi qurilmalar bilan axborot almashishni ta'minlaydi.

Ultratovushli dopler sarfo'lgachigichning ishlash prinsiplari. Agar quvur o'qi bo'yicha V tezlik bilan harakatlanuvchi nuqtaviy sochgich w_0 chastotali signal bilan vertikalga α_j burchak ostida nurlanayotgan bo'lsa, u holda qabul qilingan aks-sado signali chastotasi w_d quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:

$$\omega_d = \omega_0 \frac{1 - V \sin \alpha_s}{C_s} \cdot \frac{C_s}{1 + V \sin \alpha_s} \quad (4.31)$$

Uzatuvchi o'zgartkich qabul qiluvchi o'zgartkich (4.31) dagi ikkinchi ko'paytuvchini darajali qatorga yoyib va $\Delta\omega = w_d - w_0$ ayirmani olib, Dopler effekti formulasi variantini hosil qilamiz:

$$\Delta\omega = 2\omega_0 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{V \sin \alpha_s}{C_s} \quad (4.32)$$

Odatda $V \ll C_j$ bo'ladi, shuning uchun chiziqli yaqinlashish bilan cheklanish mumkin:

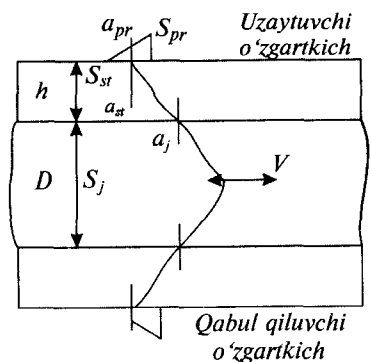
$$\Delta\omega = 2\omega_0 \frac{V \sin \alpha_s}{C_s} \quad (4.33)$$

(4.33) ifodadan:

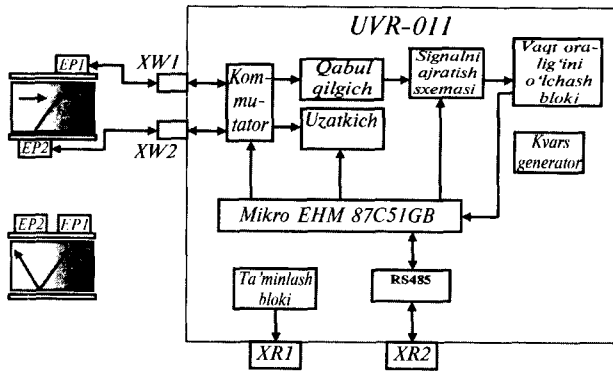
$$V = \frac{\Delta\omega f(a_n C_n)}{2\omega_0} \quad (4.34)$$

kelib chiqadi, ya'ni dopler siljishi kattaligi sochgich tezligi V ga to'g'ri proporsional ekan. Bu yerda: C_p — EP prizmaning materialidagi ultratovushning tezligi; α_p — vertikal bilan o'tkazish quvuri devoriga ultratovush tebranishlari suvi yo'nalishlari orasidagi burchak, u EP prizma burchagiga teng.

Real sharoitlarda hajmiy sochilish signallarining shakllanishida fazoda tasodifan joylashgan turli xil tabiatga ega sochuvchilarning to'plami ishtirok etadi. Bu holda „dopler siljishi“ tushunchasi qabul qilingan energiyaning



4.20-rasm. Ultratovushli dopler sarfo'lgachigichning ishlash prinsipi.



4.21- rasm. Datchiklar ulangan UVR-011 ultratovush vaqt impulsili sarfo'lgichning tuzilish sxemasi.

taqsimlanishini sochgichlarning real tezliklari funksiyasi sifatida aks ettiruvchi „dopler spektri“ konsepsiyasi bilan almashadi. Real hisob-kitoblarda (4.34) munosabatdan foydalanish mumkin bo'lishi uchun Δw ning spektri og'irlik markazini tushunish yetarli.

Datchiklar ulangan UVR-011 ultratovush vaqt impulsili sarfo'lgich. 4.21-rasmda datchiklar ulangan UVR-011 ultratovush vaqt impulsili sarfo'lgichning tuzilishi sxemasi keltirilgan.

Sarfo'lgich o'tkazish quvurining tashqi tomonidan montaj qilinadigan ikkita elektroakustik o'zgartkichni va mikroprotssessor negizida ishlab tayyorlangan elektron blokni o'z ichiga oladi.

MikroEHM amalga oshiradigan o'lchashlar sikli ultratovush impulsi nurlanish yo'nalishlaridan birini (masalan, oqim bo'yicha) tanlashdan boshlanadi, bunga qabul — uzatish kommutatorini tegishli holatga o'rnatish yo'li bilan erishiladi. Bunda EP2 signalni uzatadi, EP1 esa uni qabul qilib oladi.

Qabul qilingan signal kommutator orqali foydali signalni ajratish sxemasiga keladi, u yerda kuchaytiriladi va xalaqitlardan filtrlanadi. Shu yerning o'zida signalning mavjudligi yoki yo'qligi to'g'risida qaror qabul qilinadi, bu ultratovushli tebranishlar yo'qolib qolganda xato o'lchashlarning kelib chiqishining oldini oladi, masalan, o'tkazish quvurini bo'shatishda. Signalning tarqalish vaqtini aniqlash vaqt oraliqlarini o'lchash blokida amalga oshirilib, uning chiqishida t_T baho mikroEHM ga kelib tushadi. So'ngra mikroEHM buyrug'iga ko'ra nurlanish yo'nalishi qaramaqarshisiga o'zgaradi va t_T signalning tarqalish vaqtining tavsiflangan o'lchash tartibi endi oqimga qarshi takrorlanadi. Shu bilan o'lchash sikli tugallanadi, mikroEHM esa

$$Q = 900 S_G I I D^2 V \text{ m}^3/\text{soat} \quad (4.35)$$

ifodaga muvofiq suyuqlik sarfining joriy qiymatini hisoblaydi. Bu yerda SG — tezliklarning profiliga bog'liq bo'lgan gidrodinamik koeffitsiyentiga teskari proporsional bo'lgan xatolik.

Datchiklar ulangan UDR-011 ultratovushli Dopler sarfo'Ichagichi. Asbob o'tkazish quvurining tashqi tomonida joylashgan ikkita EP (4.21-rasm)ni va kvars generatori, quvvat kuchaytirgichi, kvadratur qabul qilgich (priyomnik), fazoviy detektor (FD), qabul qilingan signal spektrining og'irlik markazini baholash sxemasi bilan hosil qilingan elektron blokni, shuningdek, mikroprotsessor negizida ishlangan mikroEHM ni o'z ichiga oladi.

Mazkur asbobda qabul qilingan signalning kvadratur demodulatsiyasi prinsipi amalga oshirilgan bo'lib, u suyuqlik harakatining yo'nalishini aniqlashga imkon beradi.

Quvvat kuchaytirgichining chiqishidan kelayotgan, w_0 chastotali uzluksiz tebranishlar bilan uyg'otiladigan EPI truboprovod o'qiga burchak ostida nazorat qilinayotgan muhitga nurlanuvchi ultratovushli to'lqinni vujudga keltiradi. Qabul qilingan tebranishlar qabul qilgich (priyomnik) ga uzatiladi. Uning chiqishida dopler chastotali kvadratur signal ajralib chiqib, u bir tomondan FD ga keladi, ikkinchi tomondan spektrning og'irlik markazini baholash sxemasining kirishiga keladi. Δw_{st} ning son qiymati mikroEHM ga kelib tushadi, u yerda (4.34) va (4.35) munosabatlarga muvofiq sarf Q ning qiymatini hisoblash amalga oshiriladi.

4.1- jadval

Asboblarning asosiy tavsiflari

Sarfo'Ichagichning parametrlari	1UDR – 011	1UVR – 011
Quvurning ichki diametri, mm	140–1600	190–1600
Oqim tezligini o'lchash diapazoni, m/s	0,1–6	0,1–6
Sarfni o'lchash diapazoni m ³ /soat O'lchash xatosi, % ko'pi bilan	0,4–43000 2	2,3–43000 1,5
Datchiklarning ishchi haroratlari diapazoni, °C	+20 ÷ +100	+20 ÷ +100
Elektron blok ishchi haroratlari diapazoni, °C	+5 ...40	+5 ...40
Elektron blokning gabaritlari, mm	340×40×250	340×40×250
Elektron blokning massasi, kg ko'pi bilan	2,5	2,5
Ta'minot kuchlanishi, V	220 ⁺²⁰ ₋₃₅ yoki 12 V	220 ⁺²⁰ ₋₃₅ yoki 12 V
Iste'mol qilinadigan quvvat, Vt ko'pi bilan	12	10
Datchiklar va elektron blok orasidagi masofa, ko'pi bilan	70	70

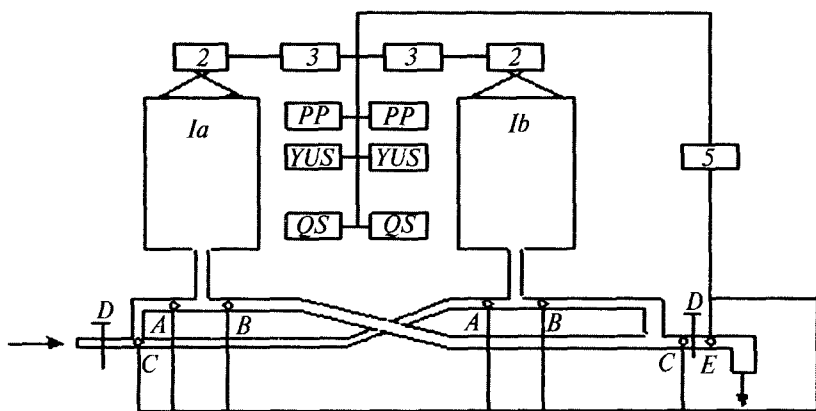
UVR-011 va UDR-011 sarfo'Ichagichlarning asosiy xarakteristikalari (tavsiflari) 4.1-jadvalda keltirilgan. Ikkala asbob qo'llanishga ruxsat etilgan o'lchash texnikasi vositalarining Davlat reyestriga kiritilgan. Asboblarni ishlatishning davomiyligi yig'indisi hozirgi vaqtga kelib 4000 sutkadan ortiqni tashkil etadi.

Mikroprotessorli ommaviy sarfo'Ichagich. Neft mahsulotlarining massasini ularni qabul qilib olish va sotish operatsiyalarida hisobga olishning mavjud usullari, odatda, bilvosita o'lchashlarga asoslangan. Bu hol o'lchash aniqligini oshirishga imkon bermaydi. Massani bevosita o'lchashning qo'llanilayotgan usullari texnologik emas, chunki u maxsus qo'shimcha operatsiyalarni kiritishni talab qilib, ba'zan mahsulotni jo'natish uchun ketadigan vaqtga o'lchovdosh vaqt kiritilishini talab etadi.

Bevosita to'kish yoki quyish texnologik jarayonlari vaqtida amalga oshiriladigan suyuq neft mahsulotlarining sarfining aniq og'irlik hisobi tizimi juda katta unumdorlik bilan ishlatilmoqda. Tizim natijalarga ishlov berish va jarayonni boshqarish uchun tenzometrik o'lchash uslublarini va mikroprotessor texnikasini qo'llanishga asoslangan. Sarfning og'irligini o'lchash sistemasining ishlash prinsipi neft mahsulotlari oqimining ayrim porsiyalarini ketma-ket tortib olishdan iboratdir. Uzluksiz oqimni ta'minlash uchun mahsulotni topshirishda qurilmaning chiqishida yoki mahsulotni qabul qilishda (qo'yishda) qurilmaning kirishida oqim ikki chiziqqa (liniyaga) ajratiladi. Bunda chiziqlardan biri bo'yicha mahsulot qurilma chiqishiga qarab oqayotganda ikkinchi chiziqda o'lchash amalga oshiriladi. Shuning uchun tizim oqayotgan mahsulotning istagan miqdorini o'lchash uchun qo'shimcha vaqt sarflamasdan bevosita texnologik operatsiyalarda foydalanilishi mumkin.

Tizim (4.22-rasm) kuch o'lchovchi tenzorezistorli datchiklar 2 ga osilgan ikkita idish (rezervuar) *Ia* va *Ib* dan iborat.

Datchiklar o'lchash o'zgartkichlari 3 bilan birlashtirilgan bo'lib, uning chiqish signali davri neft mahsulotlari bo'lgan rezervuar og'irligiga chiziqli bog'liq. Rezervuarlar egiluvchan silfonlar yordamida texnologik o'tkazish quvuri 4 tizimi bilan birlashtirilgan bo'lib, ular bo'ylab rezervuarlarga navbati bilan neft mahsuloti oqib keladi va ulardan navbati bilan to'kiladi. Bu jarayonni boshqarishni operatorning buyrug'iga ko'ra elektr boshqariluvchi

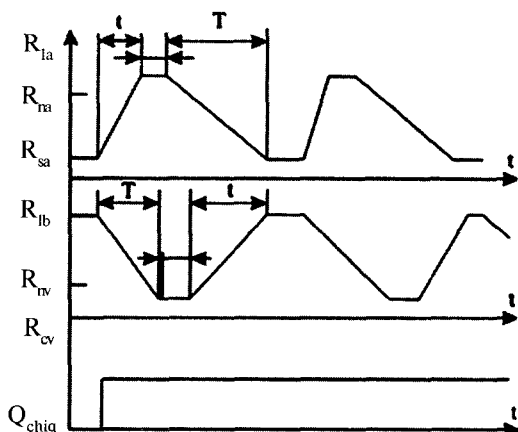


4.22- rasm. Suyuq neft mahsulotlari og'irlik sarfini hisoblash tizimi.

quyish A va to'kish B ventillari yordamida mikrokontroller 5 amalga oshiradi. Tizimning kirishi va chiqishidagi mahsulot sarfi drossellar D orqali tartibga solinadi. C ventillar jarayonni avariya holatida to'xtatadi. A va B ventillar vazifasini takrorlaydi. Bevosita quyib berish krani E orqali to'kish operatsiyalarida jarayonni ishga tushirish va to'xtatish imkoniyati ko'zda tutilgan. Rezervuarlardagi mahsulot sathini nazorat qilish quyi (QS) va yuqori (YS) sathlarining magnit boshqariluvchi datchiklari yordamida amalga oshiriladi. Sath datchiklari o'zgartkichlaridan kelayotgan signallar va ventillar holatini bildiruvchi kvitirlovchi signallar mikrokontrollerga keladi va tizimni boshqarish uchun foydalaniladi, uning holatini nazorat qilish va hamma quyib berilgan va qabul qilib olingan mahsulotni hisoblash uchun foydalaniladi.

Neft mahsulotlarini quyib berishdagi tizimning ishlashini ko'rib chiqamiz (4.23-rasm). Faraz qilaylik, masalan, boshlang'ich paytda rezervuar Ia bo'shatilgan, rezervuar Ib esa to'ldirilgan bo'lsin. Bu holda „Ishga tushirilsin“ („Pusk“) buyrug'idan so'ng to'ldirilgan rezervuarning og'irligi R_{NV} ni aniqlash va uni xotiraga yozish ishi bajariladi, keyin bu rezervuarning B ventilini ochishga buyruq beriladi. Ib rezervuardan mahsulot quyib olina boshlaydi. Shundan so'ng Ia rezervuarni to'ldirish ventili A ni ochishga buyruq beriladi. Bunda quyish tezligi to'kish tezligidan ortiq bo'ladi. Shuning uchun Ia rezervuardagi mahsulot sathi boshqa rezervuarni bo'shatish jarayonida YS datchigiga yetib oladi. Bu datchikdan berilgan signalga binoan, Ia rezervuarning A ventili berkitiladi va suyuqlikni hamda rezervuarni tinchlantirish uchun zarur bo'lgan τ vaqt o'tgandan so'ng kontroller to'ldirilgan Ia rezervuarning R_{NA} og'irligini aniqlash va xotiraga olishni amalga oshiradi. Og'irlikni aniqlash A va B ventillar berkitilgan holda, ya'ni statik rejimda amalga oshirilishini ta'kidlab o'tamiz. Bu xatolikning dinamik tashkil etuvchilari paydo bo'lishining oldini oladi. Shu o'lchashdan so'ng Ib rezervuardagi mahsulot sathi datchikning QS holatigacha pasaygan va bu datchik ishlab ketgan paytda mikrokontroller Ib rezervuardan mahsulotni chiqarishni (to'kishni) to'xtatadi va shu bilan bir vaqtda Ia rezervuardan mahsulotni to'kishni (chiqarishni) boshlaydi. Uning buyrug'iga ko'ra bir rezervuarning B ventili berkitiladi va ikkinchisining B ventili ochiladi. Tinchlantirish vaqti τ o'tgandan so'ng, Ib bo'shatilgan rezervuarning R_{EV} og'irligini aniqlash va bir siklda berib yuborilgan mahsulotning $R_1=R_{NV}-R_{SV}$ porsiyasining og'irligini hisoblash amalga oshiriladi. Og'irlikning kilogramm hisobidagi qiymati indikatsiyaga chiqariladi. So'ng bo'shatilgan Ib rezervuarni to'ldirish uchun A ventil ochiladi. YS datchigidan kelgan signalga ko'ra uni to'ldirish to'xtatiladi, τ vaqtdan so'ng to'ldirilgan rezervuar og'irligining yangi R_{nv} qiymatini aniqlash va xotirlash amalga oshiriladi. Endi Ia rezervuardagi mahsulot sathi datchikning QS holatigacha pasaygandan so'ng mikrokontroller Ia rezervuardan to'kishni va Ib rezervuardan to'kish boshlanishini bir vaqtda to'xtatish uchun buyruq

beradi, τ vaqtdan keyin to'kilgan (bo'shatilgan) $1a$ rezervuarning R_{sa} og'irligini aniqlash, ikkinchi siklda berib yuborilgan mahsulotning $R_2 \approx R_{na} - R_{sa}$ porsiyasi og'irligini hisoblash va berilgan mahsulotning yig'indi og'irligi $R_1 + R_2$ ni hisoblash amalga oshiriladi. Bu qiymat indikatsiyaga chiqariladi. Keyin $1a$ rezervuarni takroriy to'ldirish boshlanadi va sikl takrorlanadi. Keyingi har bir silkda berilgan (jo'natilgan) mahsulot og'irligining qiymati oldin berib yuborilgan mahsulot og'irligiga qo'shiladi va indikatsiyalanadi. Mahsulotni berish boshqarish pultidan „To'xta“ („Сtop“) signaliga ko'ra to'xtatiladi. Berilgan mahsulotning maksimal miqdori amaldagi indikatsiya sig'imiga ko'ra aniqlanadi. Tizimda u 100 t teng deb tanlangan, shuning uchun indikatsiyaga oltita o'nlik raqam chiqariladi (og'irlik kilogramm hisobida). Berilgan mahsulotning to'liq og'irligi, indikatsiyadan tashqari, ikkilik, o'nlik kod bilan (oltita xona) iste'molchilar bilan hisob-kitob qilish tizimida bundan keyin foydalanish uchun maxsus buferli registorga chiqariladi.



4.23- rasm. Og'irlik hisobi tizimi ishining vaqtga bog'liqlik diagrammalari.

Tizimni ko'rib chiqilgan ishlar rejimida (tartibida) o'zgarmas unumdorlik Q_{chiq} (4.2- rasmga q.) bilan mahsulotni uzluksiz ravishda berib turish (sotish) ta'minlanadi. Bunga, agar mahsulotni quyish vaqti t uni to'kish vaqti T dan kichik bo'lganda, ya'ni quyidagi shart bajarilganda erishiladi:

$$t < 2\tau < T, \text{ ya'ni } \frac{P_1}{Q_{kir}} < 2\tau < \frac{P_1}{Q_{chiq}}$$

Q_{kir} va Q_{chiq} unumdorliklarni tartibga solish D drossellar orqali amalga oshiriladi. Tengsizlik darajasi shartlar o'zgarganda unumdorliklarning nominal qiymatlardan og'ishning yo'l qo'yilgan qiymatlarini aniqlaydi. Tengsizlik buzilganda tizim chiqishida pulsatsiyalanuvchi, uzlukli oqimni beradi, bu esa har doim ham maqsadga muvofiq bo'lavermaydi. Bu holda mikrokontroller boshqarish pultida „Uzlukli oqim“ signalini ulaydi.

TAYANCH SO‘Z VA IBORALAR

Moddalarning sarfi va miqdori; bosimlar farqi o‘zgaruvchan sarfo‘lchagichlar; toraytiruvchi qurilmalar; bosim farqlari o‘zgarimas sarf o‘lchagichlar; elektromagnit (induksion) sarf o‘lchagichlar; o‘zgaruvchan sathli sarfo‘lchagichlar; ultratovushli sarfo‘lchagich; suyuqlik va gazlar miqdorini o‘lchash; hajm hisoblagichlar; tezlik hisoblagichlar.

Nazorat savollari

1. Sarf va miqdor nima?
2. Sarf va miqdorning qanday o‘lchov birliklarini bilasiz?
3. Sarfni o‘lchashning qanday usullari bor?
4. Bosimlar farqi o‘zgaruvchan sarfo‘lchagichning ishlash prinsipini tushuntirib bering.
5. Toraytiruvchi qurilmalarning qanday turlarini bilasiz?
6. Bosimlar farqi o‘zgaruvchan sarfo‘lchagichlarning turlari va ishlash prinsipi haqida nimalarni bilasiz?
7. Elektromagnit sarfo‘lchagichlarning ishlash prinsipini tushuntirib bering.
8. O‘zgaruvchan sathli sarfo‘lchagichlarning ishlash prinsipini tushuntirib bering.
9. Sarfni elektromagnit va o‘zgaruvchan sathli o‘lchagichlar bilan o‘lchashda qanday farq bor?
10. Ultratovushli sarfo‘lchagichning ishlash prinsipini tushuntirib bering.
11. Suyuqlik va gazlar miqdorini o‘lchash usullarini izohlab bering.
12. Hajm va tezlikni hisoblagichlar bilan miqdorni o‘lchashda qanday farq bor?
13. Og‘irlik hisobi tizimi ishlashning vaqtga bog‘liq diagrammalarini izohlang.
14. Datchiklar ulangan UDR-011 ultratovushli Dopler sarflagichining ishlash prinsipini tushuntirib bering.
15. Datchiklar ulangan UVR-011 ultratovush vaqt impulsli sarfo‘lchagichning tuzilish sxemasini tushuntirib bering.
16. Issiqlik (kalorimetrik) sarfo‘lchagich qanday asbob, uning ishlash prinsipini tushuntirib bering.

V bob. SUYUQLIKLAR VA SOCHILUVCHAN MODDALAR SATHINI O‘LCHASH

5.1-§. ASOSIY MA’LUMOTLAR

Sath deb texnologik apparatning ishchi muhit — suyuqlik yoki sochiluvchan jismlar bilan to‘ldirilish balandligiga aytiladi.

Ishchi muhit sathi texnologik parametr hisoblanib, bu parametr axborot texnologik apparatning ish rejimini nazorat qilish, ayrim hollarda ishlab chiqarish jarayonini boshqarish uchun zarurdir. Sath o‘lchash vositalari *satho‘lchagichlar* deb ataladi.

Suyuqlik va sochiluvchan moddalar sathini o‘lchash texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishda muhim ahamiyatga ega. Sathni o‘lchash moddaning idishdagi miqdorini aniqlash va texnologik jarayonda ishtirok etayotgan ishlab chiqarish uskunasida sath holatini nazorat qilishdan iborat.

Ishlash xarakteri jihatidan sathni o'lcagichlar *uzluksiz* va *uzlukli (releli)* bo'ladi. Releli satho'lcagichlar moddaning sathi ma'lum balandlikka yetganda ishlay boshlaydi, ular signalizatsiya maqsadida ishlatiladi va *sath signalizatori* deyiladi.

Bu asboblarda ishlash prinsipi va tuzilishi jihatidan bir-biridan farq qiladi. Masalan, suyuqlik sathini o'lchashga mo'ljallangan asboblarning ko'pi sochiluvchan moddalar sathini o'lchash uchun yaroqsiz, usti ochiq (atmosfera bosimi) idishlarda ishlatiladigan asboblarda esa yuqori bosimda ishlaydigan idishlar uchun yaroqsizdir va hokazo.

Sathni nazorat qilish asboblari *shkalali* va *shkalasiz* bo'ladi. Shkalasiz asboblarda, odatda, ikkilamchi asboblarda bilan birga ishlaydi yoki sathning chegarasi haqida mustaqil signal beradi.

5.1- jadvalda o'lchash diapazoniga ko'ra satho'lcagichlar keltirilgan.

5.1- jadval

O'lchash diapazoniga ko'ra satho'lcagichlar

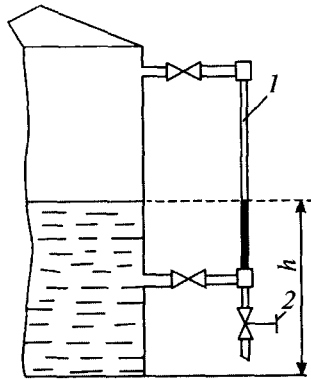
Diapazon	O'lchash chegarasi	Qo'llanish sohasi
Tor	0 – 450 mm	Avtomatik tartibga solish tizimlarida
Keng	0,5 – 20 m	Tovarlarni hisobga olish operatsiyalarini o'tkazish uchun

O'lchanadigan muhitning xarakteri va ishlash prinsipiga ko'ra sathni o'lchash asboblari quyidagi guruhlarga bo'linadi: vizual; qalqovichli; gidrostatik; elektrik (sig'imli, aktiv qarshiliklarning o'zgarishiga muvofiq va induktivli); radioizotopli; ultratovushli; radioto'lqinli; termokonduktometrli; vaznli va boshqalar. Quyida shularning ayrimlari bilan tanishib chiqamiz.

5.2-§. SATHO'LCHASHNING VIZUAL VOSITALARI

Mazkur o'lchash vositalariga o'lchov chizg'ichlari, reyklar, lotli ruletkalar (silindrik sterokenli) va sath o'lchovchi shishalar (oxirgisi ko'proq qo'llaniladi) kiradi. Sathni sath o'lchovchi shishalar yordamida o'lchash tutash idishlar qonuniga asoslangandir.

Satho'lcagich shishaning prinsipial sxemasini ko'rib chiqamiz (eng keng tarqalganligi sababli). Sxema 5.1-rasmda keltirilgan. Shisha-ko'rsatkich I armatura yordamida idishning pastki va ustki qismlari bilan birlashtiriladi. I trubkadagi suyuqlik meniskining holatini kuzatib, idishdagi suyuqlik sathining holati haqida fikr yuritiladi. Rezervuardagi va shisha trubka (nay) dagi suyuqlik teyaturalari farqiga bog'liq bo'lgan qo'shimcha xatolikni bartaraf etish uchun o'lchashdan avval satho'lcagich shishalar yuviladi.



5.1-rasm. Texnologik apparatlarda shisha-ko'rsatkichlarni o'rnatish sxemasi.

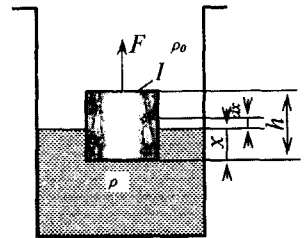
Bu vazifani ventill 2 bajaradi. Mexanik mustahkamligi past bo'lganligi sababli satho'lchagich shishalarni uzunligi 0.5 m ortiq bo'lmaydi.

Shuning uchun, rezervuarlarda sathni o'lchash uchun ularda bir-birini to'ldirib turuvchi bir nechta satho'lchagich shishalar o'rnatiladi. Satho'lchagich shishalar 3 MPa bosimgacha va 300°C haroratgacha qo'llaniladi. Sathni satho'lchagich shishalar bilan o'lchashning absolut xatoligi $\pm(1-2)$ mm.

Qoida bo'yicha inson kuzatayotgan qurilmalarda qo'llaniladi.

5.3-§. QALQOVICHLI SATHO'LCHAGICHLAR

Bu asboblardan idishdagi suyuqlik sathi o'lchanadi. Asbobning sezgir elementi — qalqovich suyuqlik sirtida qalqib turadi (5.2-rasmda) va suyuqlik sathi balandligidagi o'rni unga ta'sir qiladigan kuchlar muvozanatiga bog'liq bo'ladi. Arximed qonuniga muvofiq, qalqovich og'irligi uning suyuqlikka botgan hajmidagi suyuqlik og'irligiga teng bo'ladi. Undan tashqari, qalqovichni o'rab olgan suyuqlik ustidagi muhit havo bo'lmay, zichligi ρ_0 ga teng bo'lgan modda bo'lsa, unda qalqovich hajmidagi bu modda og'irligi ham qalqovichni pastga bosadi, uning suyuqlikka botishini oshiradi. Bu ikki kuchga qarshi yo'nalgan, qalqovichni yuqoriga ko'taradigan kuch F ni quyidagicha hisoblash mumkin:



5.2-rasm. Qalqovichning siljish sxemasi.

$$F(x) = \rho_0 \cdot g \cdot V + (\rho - \rho_0)g \int_0^x S(x)dx, \quad (5.1)$$

bu yerda: ρ_0 — suyuqlik ustidagi muhit zichligi; g — og'irlik kuchi tezlanishi; V — qalqovichning hajmi; ρ — qalqovich botib turgan suyuqlik zichligi; x — qalqovich botgan qismning balandligi; S — qalqovichning ko'ndalang kesim yuzi.

Agar qalqovichning ko'ndalang kesimi S balandligi h bo'yicha o'zgarmas bo'lsa,

$$F = S\rho_0 \cdot g + (\rho - \rho_0)g \cdot S \cdot x. \quad (5.2)$$

Suyuqlik ustidagi muhit gaz yoki havo bo'lsa, $\rho_0 = 0$ va bu holda

$$F = \rho \cdot g \int_0^x S(x)dx. \quad (5.3)$$

Qalqovichning ko'ndalang kesimi o'zgarmas bo'lsa,

$$F = \rho \cdot g \cdot S \cdot x. \quad (5.4)$$

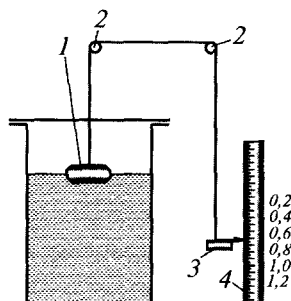
Qalqovichli satho'lchagichlarda doimiy va davriy cho'kadigan (buykli) qalqovichlar ishlatiladi.

Doimiy cho'kadigan qalqovichni satho'lchagichlarda qalqovichni yuqoriga ko'taradigan muvozanatlovchi kuch qalqovich og'irligiga teng va o'zgarmas bo'ladi:

$$F = G = const. \quad (5.5)$$

Bundan foydalanib, qalqovichning suyuqlikka botgan qismining balandligini topish mumkin

$$x = \frac{G}{S \cdot \rho \cdot g} = const. \quad (5.6)$$



5.3- rasm. Suyuqlik sathini qalqovichli o'lchash sxemasi.

Bu holda kuchlar muvozanatini ta'minlaydigan qalqovich suyuqlik sathiga muvofiq siljiydi. 5.3-rasmda shu prinsipga asosan ishlaydigan doimiy cho'kadigan qalqovichli satho'lchagich sxemasi ko'rsatilgan. Sanoatda qo'llaniladigan ko'pchilik satho'lchagichlar shu sxema asosida ishlaydi. Qalqovich 1 roliklar 2 yordamida muvozanatlovchi yuk 3 bilan elastik tros (po'lat sim) orqali bog'langan. Yuk bilan birlashtirilgan strelka shkala 4 ga muvofiq suyuqlik sathini ko'rsatib turadi.

Qalqovichli satho'lchagichlar uchun, 5.3-rasmda trosning taranglik kuchi va roliklardagi ishqalanishni hisobga olgan holda, „qalqovich-tortuvchi (teskari yuk)“ tizimning muvozanat holati quyidagi tenglama bilan yoziladi:

$$G_G = G_t - S h_1 \rho_s g, \quad (5.7)$$

bu yerda: G_t , G_G — qalqovich og'irligiga qarshi og'irlik kuchi (teskari yuk) va og'irlik kuchi; S — qalqovich yuzasi; h_1 — qalqovichning cho'kish balandligi; ρ_s — suyuqlik zichligi.

Suyuqlik sathining oshishi qalqovich chuqurligini o'zgartiradi va unga qo'shimcha itaruvchi kuch ta'sir etadi. Yuqorida yozilganlar natijasida tenglik

buziladi va qalqovich og'irligiga qarshi yuk toki osilgan qalqovich h_1 balandlikka tenglashguncha pastga tushaveradi.

Bu o'lgachning asosiy kamchiligi — shkalasining teskariligi va tros og'irligining o'zgarishi hisobga olinmasligi, baland idishlarda hisoblash qiyinligi va hokazo.

Qalqovichli satho'lgachlarning turli modifikatsiyalari mavjud. Ular bir-biridan tuzilishi, o'lgach xarakteri (uzluksiz yoki qayd qiluvchi), masofaga uzatish tizimini (pnevmatik, elektr va boshqalar) ishlatish shartlari va boshqa xususiyatlari bilan farq qiladi.

Idishdagi suyuqlik sathining o'zgarishiga qarab qalqovichning siljishini kamaytirish maqsadida chizikli tavsifga ega bo'lgan davriy cho'kadigan silindrik qalqovichdan foydalanish mumkin.

Davriy cho'kadigan qalqovichli satho'lgachning ishlash prinsipi qalqovich (buyk) massasining suyuqlikka cho'kish chuqurligiga qarab o'zgarishiga asoslangan. Bunday satho'lgachlarning sezgir elementi og'ir jism (masalan, silindr), ya'ni idish ichida vertikal osilgan va nazorat qilinayotgan suyuqlikka qisman botirilgan (5.4-rasm) qalqovichdan iborat. Qalqovich bikirligi C bo'lgan va qalqovichga ma'lum kuch bilan ta'sir etadigan elastik ilgakka mahkamlangan (5.4-rasmda bunday element prujinadir). Suyuqlik sathini 00 holatidan h ga orttirilsa, itaruvchi kuch ortadi. Bu buykni x holatiga ko'tarishga olib keladi, bu yerda uning ko'tarilishi bilan cho'kish kamayadi, ya'ni $x < h$. Bu bilan kuch o'zgaradi, shu kuch bilan ilgak buykka ta'sir qiladi. O'zgarish buykning cho'kishi $h-x$ ga ortishi natijasida itarish kuchining o'zgarishiga teng:

$$x \cdot C = (h-x)\rho_c \cdot g \cdot F - (h-x)\rho_g \cdot g \cdot F \quad (5.8)$$

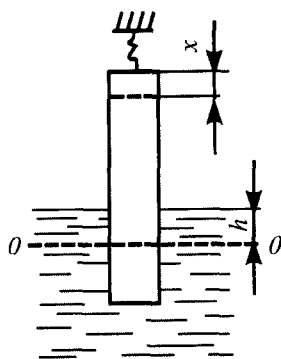
bu yerda: C — ilgakning bikirligi; ρ_c, ρ_g — suyuqlik va gazning zichligi; F — qalqovich ko'ndalang kesimining yuzi.

Bunday qalqovichli satho'lgach statik tavsifining ifodasini osonlik bilan topish mumkin:

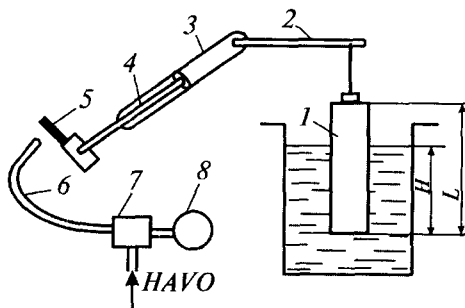
$$x = \frac{h}{1 + \frac{C}{(\rho_s - \rho_g) \cdot g \cdot F}} \quad (5.9)$$

Shunday qilib, qalqovichli satho'lgachning statik tavsifi chiziqlidir, bu yerda uning sezgirliги F ni orttirish bilan yoki ilgakning bikirligi C ni kamaytirish bilan orttirilishi mumkin.

(5.9) ifodadan ko'rinib turibdiki, konkret satho'lgachdan foydalanganda qo'shimcha xatoliklar ushbu $C, F, \rho_s - \rho_g$ kattaliklarning o'zgarishi hisobiga



5.4-rasm. O'zgaruvchan botishli silindrik qalqovich siljishining sxemasi.



5.5-rasm. Davriy cho'kadigan qalqovichli va ko'rsatishlarni masofaga pnevmatik uzatadigan satho'lchagich sxemasi.

paydo bo'lishi mumkin. Shu kattaliklarning o'zgarishiga idishdagi harorat va bosimning o'zgarishi sabab bo'ladi, bu yerda $\rho_s - \rho_g$ ayirmaning o'zgarishidan hosil bo'ladigan xatolik eng katta bo'ladi.

5.5- rasmda davriy cho'kadigan qalqovichli satho'lchagichning sxemasi ko'rsatilgan. Bu asbob ko'rsatishlarni pnevmatik usulda masofaga uzatadi. Qalqovich 1 torsionli naycha 3 uchiga o'rnatilgan richag 2 ga osilgan. Qalqovich o'z og'irligi bilan torsionli naycha va uning ichidagi po'lat sterjen 4 ni buradi, burilish burchagi sath o'zgariganda qalqovichning o'zgaradigan og'irlik kuchiga mutanosib.

Qalqovich shunday og'irlikka egaki, u suyuqlikka batamom cho'kkanda, qalqib chiqmaydi. Sterjen 4 ning bo'sh uchida pnevmoqurilma 7 ning zaslonkasi (to'siq) 5 mahkamlangan. Torsionli naychaning sterjeni burilganda to'siq sopro 6 ga nisbatan shu burilish burchagiga teng burchakka siljiydi. Pnevmoqurilma 7 to'siqning burchakli siljishini ikkilamchi asbob 8 orqali o'lchanadigan bosimning mutanosib o'zgarishiga aylantiradi. Bosim o'lchaydigan asbobning shkalasi 8 sath birligida darajalangan.

Suyuqlik sathni masofadan o'lchash uchun kuch kompensatsiyasi prinsipiga asoslangan, o'zgarmas tokning 0-5 va 0-20 mA unifikatsiyalangan chiqish signaliga (UB-E rusumli) yoki 20...100 kPa havo bosimiga mo'ljallangan (UB-P rusumli) qalqovichli satho'lchagichlari qo'llaniladi va qalqovichli satho'lchagichlarining o'lchov chegarasi ushbu qatordan tanlanadi: 0-0,25; 0,4; 0,6; 1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10,0; 16,0 va 20 m. Aniqlik sinfi 0,6; 1,0; 1,6 va 2,5 bo'lishi mumkin. Hisob-kitob amallari uchun sath- o'lchagichlar asosiy xatoliklari $\pm 1,0$ dan 10,0 mm gacha bo'ladigan qilib tayyorlanadi.

Agressiv suyuqliklar sathini o'lchash uchun mo'ljallangan qalqovich korroziyabardosh materialdan tayyorlanadi.

Qalqovichli satho'lchagichlardan katta zichlikka ega bo'lgan (azot, neon va b.) suyultirilgan gaz sathini o'lchashda ham, 32 MPa bosimda va 400 °C gacha bo'lgan haroratda muhitni nazorat qilishda ham foydalaniladi.

Qalqovichli satho'lchagichlar ma'lum afzalliklarga ega: qurilma sodda, o'lchash chegarasi katta, aniqligi yetarlicha katta, agressiv muhitlar sathini o'lchash mumkin, o'lchashning harorat chegarasi keng. Ularni qo'llanishni chegaralovchi kamchiliklari: idishda qalqovich borligi, metall ko'p ketishi, kinematik qismlari borligi sababli yetarlicha mustahkam emasligi, idishlarda bosim ostida sathni o'lchash qiyinchiliklari.

5.4- §. GIDROSTATIK SATHO'LCHAGICHLAR

Gidrostatik satho'lchagichlar usti ochiq hamda bosim ostida bo'ladigan idishlardagi turli suyuqliklar (jumladan, agressiv, tez kristallanuvchi va qovushqoq moddalar) sathini o'lchashda ishlatiladi. Gidrostatik satho'lchagichlarda suyuqlik sathini o'lchash suyuqlik ustuni hosil qiladigan bosimni o'lchash bilan amalga oshiriladi, ya'ni:

$$P = H \cdot \rho \cdot g, \quad (5.10)$$

bu yerda: P — suyuqlik ustuni hosil qilgan bosim, Pa; H — suyuqlik sathi; m ; ρ — suyuqlik zichligi, kg/m³; g — erkin tushish tezlanishi, m/s².

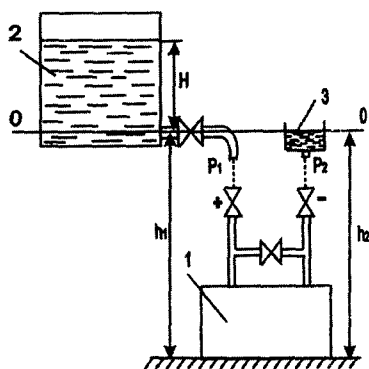
(5.10) tenglama bosimni o'lchash asosida ishlaydigan satho'lchagichlarni qurish mumkinligini ko'rsatadi.

Suyuqlikning gidrostatik bosimini difmanometr yordamida o'lchaydigan gidrostatik satho'lchagichlar **difmanometrik satho'lchagichlar** deb ataladi.

Suyuqlikning gidrostatik bosimini havo bosimiga o'zgartiruvchi gidrostatik satho'lchagich **pyezometrik satho'lchagich** deb ataladi.

Difmanometr bilan ochiq va yopiq idishlardagi suyuqliklar sathini, ya'ni bosim ostidagi, atmosfera yoki siyraklanish sharoitidagi suyuqliklar sathini o'lchash mumkin. Bunday asboblarning ishlash prinsipi ikki suyuqlik ustunining gidrostatik bosimlar farqini o'lchashga, ya'ni idishdagi suyuqlik sathiga bog'liq bo'lgan o'zgaruvchan suyuqlik ustuni bosimini va solishtirish o'lchovi vazifasini bajaruvchi doimiy ustun bo'yicha bosimlar farqini o'lchashga asoslangan. 5.6-rasmda ochiq idishdagi suyuqlik sathini difmanometr bilan o'lchash sxemasi ko'rsatilgan. 1 difmanometrning ikkala impulsli naychasi nazorat suyuqlik (agar u agressiv bo'lmasa) bilan to'ldiriladi. Difmanometr sezgir elementiga ta'sir etadigan P_1 va P_2 bosimlar farqini o'lchaydi. Shu bosimlar uchun (5.10) tenglamaga mos ravishda quyidagi ifodalarni yozish mumkin:

$$\begin{aligned} P_1 &= (H + h_1) \cdot \rho_1 \cdot g, \\ P_2 &= h_2 \cdot \rho_2 \cdot g. \end{aligned} \quad (5.11)$$



5.6- rasm. Ochiq idishdagi suyuqlik sathini difmanometr bilan o'lchash sxemasi.

Shunday qilib, difmanometr idish 2 dagi nazorat qilinadigan suyuqlik sath H orqali ifodalanadigan bosimlar farqini o'lchaydi:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = (H + h_1) \cdot \rho_1 \cdot g - h_2 \cdot \rho_2 \cdot g. \quad (5.12)$$

Agar ikkala impulsli naychadagi suyuqlik zichligi ρ_1 va ρ_2 bir xil va $h_1 = h_2$ bo'lsa, u holda

$$\Delta P = H \cdot \rho \cdot g, \quad (5.13)$$

bu yerda $\rho = \rho_1 = \rho_2$.

(5.12) va (5.13) lardan ko'rinadiki, difmanometrik sath o'lhagichning ko'rsatishi nazorat qilinayotgan muhitning zichligi o'zgarishi bilan o'zgaradi. Agar impulsli naychalarda va zichliklar ayirmasi mavjud bo'lsa, ko'rsatishlarda ham xatolik paydo bo'ladi (shu xatolikni yo'qotish uchun impulsli naychalar yonma-yon yotqiziladi). Nihoyat, (5.13) ifoda „manfiy“ impulsli naychada („–“ belgi bilan belgilangan) suyuqlik sathi nazorat qilinayotgan sath H o'zgarishi bilan o'zgarmagan holdagina o'rinli.

Buni ta'minlash uchun shu impulsli naychada muvozanatlashtiruvchi idish 3 o'rnatiladi. Idish va impulsli naycha sath o'lhagich shkalasining boshlang'ich belgisi deb qabul qilingan 00 sathigacha suyuqlik bilan to'ldiriladi.

5.7- rasmda bosim ostida (berk idishlarda) suyuqlik sathini difmanometr bilan o'lchash sxemasi ko'rsatilgan. Muvozanatlashtiruvchi idish 4 idishning havoli (bug'li) bo'shlig'i 3 ga ulanadi va maksimal sathda o'rnatiladi. Impulsli naycha 2 idishning suyuqlikli bo'shlig'iga bevosita ulanadi. Difmanometr 1 bilan o'lchanadigan bosimlar farqi ΔP uchun ifoda difmanometrning musbatli P_1 va manfiyli P_2 kameralarida hosil qilinadigan bosimlar orqali osongina topilishi mumkin:

$$P_1 = (h + h_0) \cdot \rho_1 \cdot g, \quad (5.14)$$

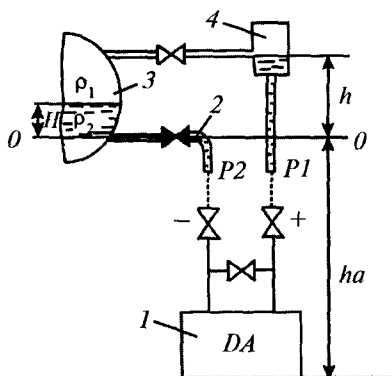
bu yerda: ρ_1 — muvozanatlashtiruvchi idish va impulsli naycha 5 dagi suyuqlik zichligi. P_2 bosim idishdagi zichligi ρ_2 bo'lgan suyuqlik ustunining gidrostatik bosimi impulsli naycha 2 dagi zichligi ρ_1 bo'lgan suyuqlik ustuni h_0 va balandligi $h - H$ va zichligi ρ bo'lgan idishdagi havo (bug') ustuni gidrostatik bosimlari yig'indisidan iborat:

$$P_2 = h_0 \rho_1 \cdot g + H \rho_1 g + (h - H) \rho \cdot g. \quad (5.15)$$

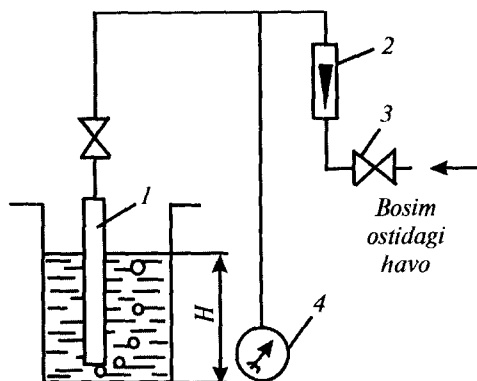
Shunday qilib, difmanometrta ta'sir etadigan bosimlar farqi ΔP quyidagi ifoda bilan topiladi:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = [h \rho_1 - H \rho_2 - (h - H) \rho] \cdot g = [h(\rho_1 - \rho) - H(\rho_2 - \rho)] \cdot g. \quad (5.16)$$

(5.16) ifodadan ko'rinib turibdiki, sath o'lhagich ko'rsatishi h ning joriy qiymatigagina emas, suyuqlik zichligiga ρ_1 va bug' zichligi ρ ga ham bog'liq, ular esa, o'z navbatida, idishdagi muhitning harorati va bosimiga bog'liq. Shuning uchun difmanometrik sath o'lhagichning shkalasini hisoblash idishdagi ishchi bosimi bo'yicha hisoblanadi. Bundan tashqari, o'lchash natijasiga impulsli naychadagi suyuqlik zichligi ρ_1 ning o'zgarishi ta'sir etadi,



5.7- rasm. Bosim ostida (berk idishda) suyuqlik sathini difmanometr bilan o'lchash sxemasi.



5.8- rasm. Pyezometrik satho'lchagichning prinsipial sxemasi.

chunki bu yerda balandligi h bo'lgan ustunning va impulsli naycha 5 ning gidrostatik bosimi o'zgaradi, shu bilan bir vaqtda P_1 bosim o'zgarmas bo'lib qolishi lozim. Bu atrof-muhit harorati yoki idishdagi muhit harorati o'zgaranda sodir bo'ladi.

Sathni difmanometrlar bilan o'lchash usuli qator afzalliklarga ega: satho'lchagichlar mustahkam, montaj qilish oddiy va ishonchli ishlaydi. Ammo ularda bitta jiddiy kamchilik bor: difmanometrlarning sezgir elementi nazorat qilinuvchi muhitga bevosita tegib turadi. Agressiv muhitlarning sathini o'lchashda bu yo difmanometrlar uchun maxsus materialdan foydalanishni taqozo qiladi yoki difmanometrغا aktiv muhit kirib qolishdan, masalan, impuls naychalariga ajratish qurilmalarini ulash, impulsli naychalarni toza suv bilan yuvish va hokazodan saqlaydigan difmanometrlarni ulash sxemalarini qo'llashni taqozo qiladi.

Bu kamchilikdan gidrostatik satho'lchagichlardan bir turi — pyezometrik satho'lchagichlar mustasnodir.

Pyezometrik satho'lchagichning prinsipial sxemasi 5.8- rasmdakeltirilgan. Bu asboblarning zichligi o'zgarmas suyuqlik ustunining bosimini o'lchashga mo'ljallangan. Suyuqlik ustunining bosimi uning balandligiga mutanosib ravishda o'zgaradi. Pyezometrik satho'lchagichlar turli xil: agressiv, agressiv bo'lmagan va qovushqoqligi katta bo'lgan suyuqliklarni ochiq yoki berk idishlardagi suyuqliklar sathini o'lchashda qo'llaniladi.

Suyuqlik solingan idishga pyezometrik naycha 1 tushiriladi va uning ustki tomoni manometr 4 bilan parallel qilib havo yoki inert gaz manbayiga ulanadi. Unda havoning sarfi drossel 3 bilan cheklanib, rotametr 2 yordamida nazorat qilib turiladi.

Idishdagi suyuqlik sathining berilgan H balandligida pyezometrik naychadan suyuqlik orqali chiqadigan havo pufakchalarining har sekundda bittadan chiqishi ta'minlangan bo'lishi kerak.

Suyuqlik sathi ortsa, naychadagi bosim ortadi, undan chiqadigan pufakchalar soni kamayadi, suyuqlik sathi kamaysa, naychadan chiqadigan pufakchalar soni ortadi. Bosimning bunday o'zgarishini manometr 4 o'lchaydi, manometr shkalasi suyuqlik sathiga muvofiq darajalangan bo'ladi.

Suyuqlik sathi tizimda barqarorlangan bosim bo'yicha topiladi:

$$P - P_x = H \cdot \rho \cdot g \quad (5.17)$$

bu yerdan

$$H = \frac{P - P_x}{\rho \cdot g}$$

bu yerda: P_x — idishdagi suyuqliklar ustidagi bosim, $P - P_x$ bosim manometr 4 bilan topiladi.

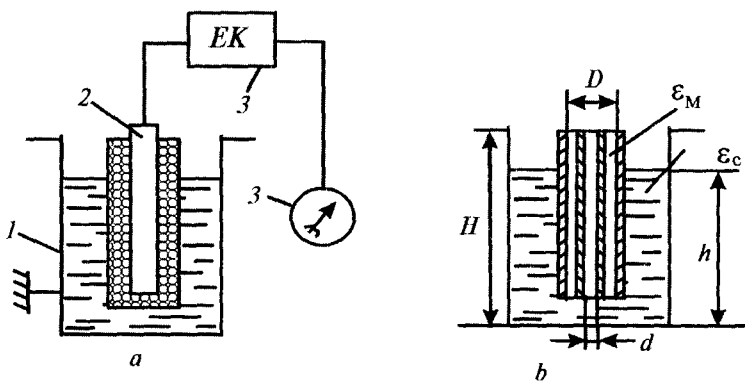
Suyuqlik sathini o'lchashda ma'lum sharoitlarda statik elektr toki paydo bo'lishi mumkin. Shuning uchun tez alanganuvchi va portlash xavfi bor suyuqliklarni nazorat qilishda inert gaz sifatida karbonat anhidrid, azot, tutunli gazlar yoki maxsus pyezometrik satho'lchagichlar ishlatiladi.

Shu turdagi satho'lchagichlar yer osti idishlarida, yonilg'i ballast va boshqa sisternalarda, agressiv suyuqliklar va qator boshqa hollarda sathni o'lchash uchun keng qo'llaniladi. Bunday asboblarning suyuqlikning doimiy zichligida $\pm 1,5\%$ aniqlik bilan o'lchaydi.

5.5- §. ELEKTR SATHO'LCHAGICHLAR

Elektr satho'lchagichlarda suyuqlik sathining holati biror elektr signalga o'zgartiriladi. Elektr satho'lchagichlar orasida eng ko'p tarqalgani sig'imli va aktiv qarshiliklarning o'zgarishiga muvofiq o'lchashga asoslangan asboblardir.

Suyuqlik sathining o'zgarishi bilan bog'liq ravishda elektrodlar orasidagi elektr sig'im o'zgarishiga asoslangan asbob **sig'imli satho'lchagich** deb ataladi. Bunda, suyuqlikning dielektrik xususiyatlari nazorat qilinadi. Suyuqlik sathini sig'imli satho'lchagich yordamida o'lchashning prinsipial sxemasi 5.9- rasmda



5.9- rasm. Sig'imli satho'lchagich sxemasi.

ko'rsatilgan. Bu o'lchagich silindrik kondensator va o'lchash asbobidan iborat. Sath o'lchanishi kerak bo'lgan suyuqlik quyilgan idishga izolatsion material bilan qoplangan elektrod 2 tushiriladi. Elektrod idish devorlari bilan birgalikda silindrik kondensatorni hosil qiladi, uning sig'imi suyuqlik sathi o'zgarishi bilan o'zgaradi. Sig'imning kattaligi elektron kuchaytirgich 3 orqali kuchaytirilib, signalizator yoki o'lchash asbobi 4 ga uzatiladi.

Sig'imli sath balandlik o'lchagichlarni silindrik va plastinkali turda, shuningdek, qattiq sterjen ko'rinishida chiqaradi.

O'zgartkichning sig'imi ikki qism sig'imi — suyuqlikka botirilgan ϵ_s dielektrik o'tkazuvchanlikli va muhitda joylashgan ϵ_M (havo uchun $\epsilon_M=1$) dielektrik o'tkazuvchanlikli qismlar sig'imlari yig'indisiga teng.

Silindrik o'zgartkichning sig'imi (5.9-rasm, b) quyidagicha ifodalanadi:

$$C = C_h + C_{H-h} = 0,24 \frac{\epsilon_c \cdot h}{\lg\left(\frac{D}{d}\right)} + 0,24 \frac{\epsilon_M \cdot (H-h)}{\lg\left(\frac{D}{d}\right)} = 0,24 \cdot \frac{\epsilon_c \cdot h + \epsilon_M \cdot (H-h)}{\lg\left(\frac{D}{d}\right)}, \quad (5.18)$$

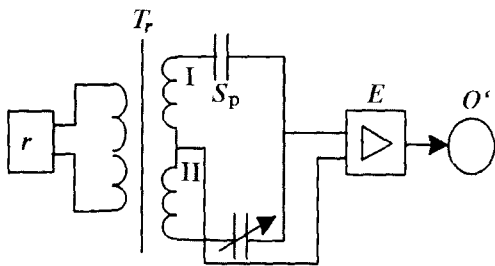
bu yerda: h — sathning o'lchanayotgan balandligi, sm; H — idish balandligi, sm; D va d — o'zgartkich naychalarining tashqi va ichki diametrlari, sm; C — silindrik o'zgartkichning sig'imi, pF.

Agressiv, lekin elektr tokini o'tkazmaydigan suyuqliklar sathini o'lchashda o'zgartkich qoplamalari kimyoviy turg'un qotishmalardan tayyorlanadi yoki har bir qoplama korroziyaga qarshi modda (viniplast yoki ftoroplast) bilan qoplanadi. Bu qoplamalarning dielektrik xususiyatlari hisoblashlarda e'tiborga olinadi. Elektr o'tkazadigan suyuqliklar sathini o'lchashda ham qoplamalar izolatsion modda bilan qoplanadi.

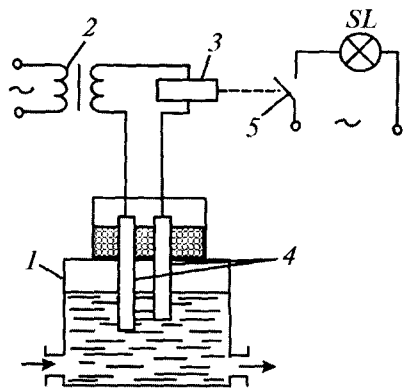
Elektr sig'imi, odatda, rezonans va ko'prik sxemalari yordamida o'lchanadi. Rezonans usulida o'lchanayotgan sig'im induktivlik konturiga parallel ulanadi va rezonans konturini hosil qiladi. Rezonans konturi o'zgartkichning ma'lum boshlang'ich sig'imdagi ta'minlovchi chastota rezonansiga rostlanadi. O'zgartkichning sig'imi nazorat qilinayotgan muhit kerakli sathga erishgan yoki erishmaganligini ko'rsatadi. Bu sig'im o'zgarishi natijasida uning chastotasi o'zgaradi va rezonans buziladi. Bu usul ko'pchilik sig'imli sath signalizatorlarida ishlatiladi.

Ko'prik usulida nazorat qilinayotgan sig'im ko'prikning bir yelkasiga ulanadi. Sath o'zgarishi bilan sig'im o'zgaradi va ko'prikda nomuvozanat holat vujudga keladi. Nomuvozanatlik signali kuchaytirgich orqali sath birligida darajalangan ko'rsatuvchi elektr asbobiga uzatiladi.

Ko'prikli sxemalar eng sodda hisoblanadi. Sathni o'lchash elektron indikator (EI) ning (5.10-rasm) sxemasi bunga misol bo'la oladi. Ko'prik T transformatorning ikkita ikkilamchi chulg'ami I va II o'zgartkichning sig'imi C_{oz} va qo'shimcha kondensator C dan iborat. Ko'prik suyuqlikning nol sathida muvozanatlashgan, bu yerda kuchaytirgichning kirishi va chiqishida signal nolga teng. Sath ortishi bilan C_{oz} sig'imi ortadi, ko'prik nomuvozanatligi ortadi va kuchaytirgich kirishidagi kuchlanish ortib boradi. Bu signal



5.10- rasm. Sathni o'lchash elektron indikatorini (EI) ning prinsipial sxemasi.



5.11- rasm. Sath signalizatorining sxemasi.

kuchaytirgich EK bilan kuchaytiriladi, unifikatsiyalangan signalgacha o'zgartiriladi va ikkilamchi asbob O'A bilan o'lchanadi, EI sath o'lchagichlarining o'lchash chegaralari o'zgartirgich turiga bog'liq va 1 dan 20 m gacha o'zgarishi mumkin: yo'l qo'yiladigan asosiy xatoliklar chegarasi 1 dan 2,5 % gacha bo'lishi mumkin.

Sig'imli sath o'lchagichlar arzonligi, u bilan ishlashning soddaligi, idishda birlamchi o'zgartirgichni o'rnatish qulayligi, harakatlanuvchi elementlarining yo'qligi, haroratlarning (kriogenligidan +200 °C gacha) va bosimlarning (6 MPa gacha) yetarlicha keng oralig'ida foydalanish mumkinligi sababli keng tarqalgan. Ularning kamchiliklariga qovushqoq (1 Pas dan ortiq dinamik qovushqoqlikkacha), parda hosil qiluvchi, kristallanuvchi va cho'kma hosil qiluvchi suyuqliklarning sathini o'lchashga yaramasligini, shuningdek, suyuqlikning elektr xossalari o'zgarishiga va birlamchi o'zgartirgichni o'lchash asbobi bilan ulaydigan kabel sig'imi o'zgarishiga g'oyat sezgirligini kiritish mumkin.

Elektr o'tkazuvchanlikka (aktiv qarshiligining o'zgarishiga) asoslangan sath o'lchagichlar elektr o'tkazuvchan suyuqliklar sathini nazorat qilish, signalizatsiya va rostdash uchun xizmat qiladi.

Solishtirma qarshiligi $R_s < 10^6 \text{ Om} \cdot \text{m}$ va dielektrik o'tkazuvchanligi $\epsilon_c > 7$ bo'lgan suyuqliklar *elektr o'tkazuvchi suyuqlik* deyiladi.

5.11- rasmda sath signalizatorining sxemasi ko'rsatilgan. Signalizatorning ishlash prinsipi elektrodlar 4 suyuqlik orqali ulanishi bilan rele chulg'ami 3 dan tok o'tishi va uning kontakti 5 ulanishi bilan signal lampasi SL yonib, yorug'lik signali berishiga asoslanadi. Elektrodlar 4 ta'minlovchi transformator 2 ning ikkilamchi chulg'amiga elektromagnit rele chulg'ami 3 orqali ulangan. Suyuqlik sathi elektrodlargacha ko'tarilib, ularni ulasa, suyuqliklarning o'tkazuvchanligi tufayli signal lampasi SL yonadi, aksincha, suyuqlik sathi pastga tushib elektrodlarni uzsa, signal lampasi o'chadi.

Signalizator zanjiridagi kuchlanish o'zgarish tokda 24V, o'zgaruvchan tokda esa 36V bo'ladi. Bunday signalizatorlarni qovushqoq, kristallanuvchi, qattiq cho'kmalar hosil qiluvchi va elektrodlarga yopishib qoluvchi muhitlarda ishlatib bo'lmaydi.

Yuqoridagi satho'lchagichlardan tashqari yana induktivli sath o'lchash asboblari mavjud. **Induktiv satho'lchagichlarning** ishlash prinsipi bitta g'altak induktivligi yoki ikki g'altakning o'z induksiyasi ularning elektr o'tkazuvchi suyuqlikka botirilgan chuqurligiga bog'liqligiga asoslangan.

Ikkala g'altak induktivligi L_1 va L_2 o'zgartirilganda ularning o'z induktivligi tenglamaga mos ravishda o'zgaradi,

$$M = K\sqrt{L_1 \cdot L_2}, \quad (5.19)$$

bu yerda: K — tarqatish oqimi bilan aniqlanadigan aloqa koeffitsiyenti.

Bunday satho'lchagichlar yadroviy energetika qurilmalarida suyuq metall tarzidagi issiq eltuvchilar sathini o'lchashda eng ko'p tarqalgan.

„Kvant“ turidagi diskret induktiv satho'lchagichlar chiqariladi. Ular harorati 680°C gacha bo'lgan suyuqlantirilgan metall sathini o'lchashga mo'ljallangan.

5.6- §. RADIOIZOTOPLI SATHO'LCHAGICHLAR

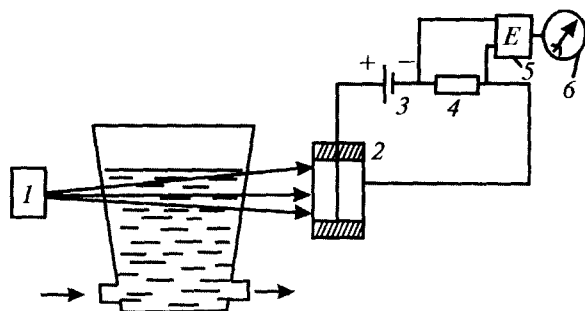
Radioizotopli satho'lchagichlarning ishlash prinsipi yutish qobiliyati turlicha bo'lgan ikki muhitdan o'tayotgan nurlarning qayd qilinishi va muhitlarning chegarasi o'zgarishi bilan nurlanish o'zgarishiga asoslangan. Barcha radioizotopli satho'lchagichlarning asosiy qismlari nurlanish manbai va nurlarni qabul qiluvchilardan iborat. Nurlanish manbai sifatida o'zidan j nurlar chiqaradigan Co^{60} , Cs^{137} , Se^{75} va boshqa moddalar ishlatiladi. Qabul qiluvchi sifatida Geyger-Myuller hisoblagichi, ssintilatsion hisoblagichlar yoki yarimo'tkazgichli detektorlar ishlatiladi. Detektor chiqishida paydo bo'lgan impuls elektron kuchaytirgich orqali kuchaytiriladi va sath o'zgarishiga muvofiq elektr signalga aylanadi.

j -nurlanish jadalligini kamaytirish qatlam qalinligiga qarab, quyidagi eksponensial munosabat bilan ifodalanadi:

$$I_x = I_0 \exp(-\mu x), \quad (5.20)$$

bu yerda: I_0 — j - nurlanishning boshlang'ich jadalligi; μ — moddaning tabiati va uning qatlami qalinligi x ga bog'liq bo'lgan j -nurlanishning kuchsizlanish koeffitsiyenti.

Radioizotopli satho'lchagichning prinsipial sxemasi 5.12-rasmda ko'rsatilgan. U radioaktiv nurlanish manbai 1, ionlovchi nurlanishni qabul qiladigan hisoblagich 2, elektr toki manbai 3, qarshilik 4, elektron kuchaytirgich 5 va o'lchash asbobi 6 dan iborat. Hisoblagich metallan yasalgan silindr bo'lib, ichi inert gaz bilan to'ldirilgan. Silindr markazida



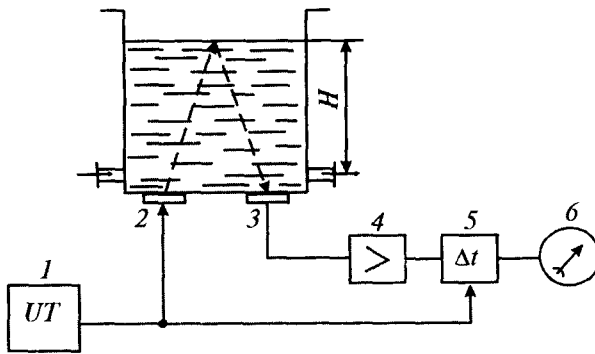
5.12- rasm. Radioizotopli satho'lchagichning prinsipial sxemasi.

undan izolator bilan ajratilgan metall sim o'rnatilgan. Silindr devori elektr manbayining manfiy qutbga, metall sim esa musbat qutbga ulangan. Silindr inert gaz bilan to'ldirilgan bo'lgani uchun hisoblagich zanjirida tok bo'lmaydi. Hisoblagichga radioaktiv nur ta'sir etib, undagi inert gaz ionlanishi boshlangandagina hisoblagich 2 va qarshilik 4 zanjirida tok hosil bo'ladi. Bu tok miqdori inert gazning ionlanish darajasiga bog'liq bo'ladi. Gazning ionlanishi esa radioaktiv nurlanish manbayi bilan hisoblagich orasiga o'rnatilgan idish ichidagi suyuqlikning yoki sochiluvchi moddaning balandligiga bog'liq ravishda o'zgaradi. Idishdagi suyuqlik balandligi nur yo'lini to'la berkitsa, rezistordan o'tadigan tok nolga yaqin bo'ladi, nur yo'li ochilishi bilan, ya'ni suyuqlik balandligi pasayishi bilan rezistor zanjirida tok orta boshlaydi. Idish ichidagi suyuqlik balandligi ana shu rezistordagi kuchlanish U miqdori bilan o'lchanadi. Buning uchun rezistordagi kuchlanish miqdori oldin elektron kuchaytirgich 5 yordamida kuchaytiriladi, so'ngra esa o'lchash asbobi 6 ga uzatiladi.

Radioizotopli satho'lchagichlar boshqa asboblarga nisbatan universaldir. Bu asboblarda sath o'lchashni nazorat qilishni diskret va uzluksiz ravishda amalga oshiradi; ular ochiq va berk idishlardagi suyuq hamda sochiluvchan moddalar sathini o'lchash uchun ishlatilishi mumkin, o'lchanayotgan muhit bilan asbob orasida hech qanday mexanik bog'lanish bo'lmaganligi sababli agressiv suyuq va sochiluvchi moddalarning balandligini o'lchash mumkin. Asboblarda ko'rsatishining aniqligi va stabilligi muhit holatining (harorat, namlik, elektr o'tkazuvchanlik, zichlik va boshqa fizik xossalarning) o'zgarishiga bog'liq emas. Barcha radioizotopli asboblarning umumiy kamchiligi radioaktiv nurlarning tirik organizmga zararli ta'siridir. Asboblarning xatoligi $\pm 0,5-1\%$ dan oshmaydi. Bular, asosan, boshqa turdagi asboblarni ishlatish mumkin bo'lmagan hollardagina qo'llaniladi.

5.7- §. ULTRATOVUSHLI VA RADIOTO'LQINLI SATHO'LCHAGICHLAR

Hozirgi paytda sanoatda ultratovushli satho'lchagichlar keng tarqalmoqda. Bu asboblarda boshqa asboblarga nisbatan kontaktsizlik, yuqori aniqlik, kichik inersionlik, katta chegarada va agressiv suyuqliklarda



5.13- rasm. Ultratovushli satho'lchagichning strukturaviy sxemasi.

ishlatilishi kabi bir qator muhim afzalliklarga ega. Ammo o'lchash sxemalarining murakkabligi, shuningdek, yetarli darajada ishonchli bo'lmaganligi sababli, bu asboblardan boshqa qurilmalardan foydalanish mumkin bo'lmagandagina ishlatiladi.

Ultratovushli satho'lchagichlarning ishlash prinsipi suyuqlik, gaz (havo) chegarasidan tovush to'lqinlarining qaytish prinsipiga asoslangan. Ultratovush impulsining havo va o'lchanayotgan muhit (suyuqlik) chegarasi sirtidan qaytish kattaligi akustik qarshilikning keskin farqi natijasida sodir bo'ladi. 5.13- rasmda ultratovushli satho'lchagichning strukturaviy sxemasi ko'rsatilgan.

Impuls ultratovushli tebranishlar generatori 1 dan nurlatgich 2 orqali sathi o'lchanayotgan sig'imga uzatiladi. Ultratovush to'lqinlar o'lchanayotgan muhitda tarqaladi va suyuqlik-havo chegarasidan qaytadi. Qaytgan to'lqinlar muhitdan teskari yo'nalishda o'tadi, nurlatgich 2 ga o'xshash ultratovush tebranishlar qabul qilgichi 3 ga keladi, u yerdan ultratovushli impuls kuchaytirgich 4, vaqt oraliqini hisoblaydigan qurilma 5 va o'lchash asbobi (potensiometr) 6 ga keladi.

Suyuqlik sathi o'lchash impulsining yuborilishi va qaytishi orasidagi τ vaqt bo'yicha aniqlanadi, ya'ni

$$\tau = \frac{2H}{C}, \quad (5.21)$$

bu yerda: H — suyuqlik sathi; C — suyuqlikda ultratovushning tarqalish tezligi.

Vaqt o'lchagichda olinadigan akslangan (qaytgan) signalning kechikish vaqtiga mutanosib bo'lgan o'zgarmas kuchlanish shkalasi sath birliklarida darajalangan potensiometrغا beriladi. Nurlatgich sifatida bariy titanat, pyezokvars, magnitostriksion elementlar ishlatiladi. Ko'pincha ultratovushli tebranishlarni yuboradigan va qabul qiladigan asbob sifatida bir qurilmadan foydalaniladi. Bu qurilma o'lchash jarayonining boshida nurlatgich vazifasini bajarib, impuls yuborilganidan so'ng qabul qilgich sifatida ishlaydi.

Ultratovushli satho'Ichagichlar 45 mm dan bir necha o'n metrgacha o'Ichash diapazoniga ega. O'Ichash harorati -50°C dan $+200^{\circ}\text{C}$ gacha yetishi mumkin. Yo'l qo'yiladigan asosiy xatolik $\pm 2,5\%$.

Radioto'qinli satho'Ichagichlar. Suyuq metall sathini o'Ichashda istiqbolli usul — radioto'qinli usuldir. Elektromagnit to'qinlarining tebranish parametrlarining suyuqlik sathiga bog'liqligiga asoslangan satho'Ichagichlar *radioto'qinli satho'Ichagichlar* deb ataladi.

Radioto'qinli usullarga radiolokatsion, radiointerferension, endovibratorli va rezonansli usullar kiradi.

Radioto'qinli satho'Ichagichlarning ishlashi elektromagnit to'qinlarning elektr va magnit xossalari bilan farq qiladigan muhitlarning chegarasidan qaytishi hodisasiga asoslangan.

Elektromagnit to'qinlarning tarqalish tezligi v muhitning dielektrikligi ϵ va magnit o'tkazuvchanligi μ qiymatlari bilan topiladi:

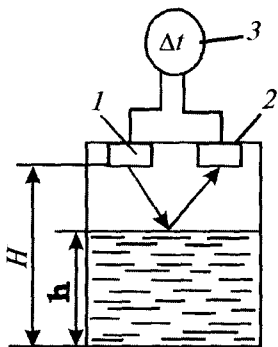
$$v = \frac{C}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}}, \quad (5.22)$$

bu yerda: C — vakuumda yorug'lik tezligi.

Satho'Ichagich sxemasi (5.14-rasm) nur tarqatgich 1, elektromagnit energiyasi qabul qilgichi 2 va vaqt oralig'ini o'Ichash qurilmasi 3 dan iborat. Sath qiymati h nur tarqatgich signalni jo'natish payti bilan qaytgan signal qabul qilgich 2 ga kelgan payt orasidagi vaqtni aniqlash yordamida topiladi. Bu kattaliklar ushbu munosabat bilan bog'langan:

$$\tau = 2(H - h) \frac{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}}{C}. \quad (5.23)$$

Odatda, lokatsiya gaz muhiti orqali suyuqlik ustida olib boriladi (agar suyuqlik elektr o'tkazmaydigan bo'lsa, lokatsiya prinsip jihatidan suyuqlik orqali ham amalga oshirilishi mumkin). Lokatsiya gaz (havo) orqali olib borilishi ma'qulroq chunki nur tarqatgichlar suyuqlik ta'siriga berilmaydi, bundan tashqari, gazlarning magnit va dielektrik o'tkazuvchanligi katta emas va amalda gazning parametrlari o'zgarishiga va xossalari bog'liq emas. Bu satho'Ichagich ko'rsatishlarining amalda suyuqlik xossalari bog'liq emasligini ko'rsatadi. Bunday satho'Ichagichlarning kamchiligi kichik vaqt oralig'ini aniq o'Ichash qiyinligidir, ular nurlanish doirasida turgan boshqa predmetlarga g'oyat sezgir. Suyuq metallarning satho'Ichagichlari 200 mm gacha o'Ichash diapazoniga ega, o'Ichashning asosiy xatoligi $\pm 2\%$.



5.14- rasm.

Radiolokatsion satho'Ichagich sxemasi.

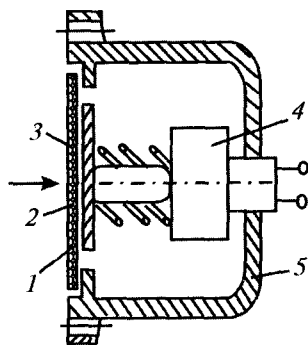
5.8- §. SOCHILUVCHAN MODDALAR SATHINI O'LGHASH

Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishda turli shakldagi va hajmdagi idishlardagi sochiluvchan moddalar sathini o'lchash — suyuq moddalar sathini nazorat qilishga nisbatan ancha murakkab masaladir. Bu sochiluvchan moddalarning idishlarni to'ldirishda va bo'shatishda gorizontalsirtga ega bo'lmay, balki sochiluvchan moddaning zarrachalari orasidagi ishqalanish va ma'lum bir ilashish natijasida qiyaliklar hosil qilishi bilan bog'liq. Sochiluvchan muhitlarning idish tubiga va devorlariga bosimi sathning balandligiga mutanosib emas, chunki sochiluvchan materiallarga Paskal qonuni ta'sir etmaydi. Ko'pchilik sochiluvchan materiallar (ayniqsa, sement, qum, selitra, shakar, un, tuz va shularga o'xshash) saqlashda sochiluvchanligini yo'qotadi, ya'ni yopishuvchanlik xossasiga ega bo'ladi. Bulardan tashqari, ular idishlarning sirtiga va satho'zgartkichlari sezgir elementlariga yopishishi mumkin, bu esa yopishqoqlik bilan birga materialning qiya va ba'zi hollarda vertikal tekisliklarda osilib turishiga olib keladi. Ba'zi sochiluvchan moddalarning (bug'doy, tuz va boshqalar) abrazivligi bunkerlarda o'rnatiladigan sath datchiklarini tez ishdan chiqaradi, uyumli moddalar esa ularni mexanik shikastlantirishi mumkin.

Bir qator sochiluvchan moddalar (tuz, un, konsentrlangan ozuqalar, oltingugurt va boshqalar) idishlarda muvozanatli, oson alanganuvchan, ma'lum sharoitlarda esa portlash xavfi bo'lgan changni hosil qiladi. Shuning uchun elektr satho'lchagichlar, faqat portlash xavfi bo'lmaydigan hollarda qo'llanilishi mumkin.

Sochiluvchan muhitlarni o'lchash sharoitlarining va tavsiflarining turlichaligi sochiluvchan materiallar sathini o'lchaydigan asboblarning katta nomenklaturasini belgilaydi: mexanik, kontaktli-mexanik, vaznli, qalqovichli, elektrik, radioizotopli, ultratovushli va boshq. Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, suyuq muhitlarning sathini o'lchovchi yuqorida qarab chiqilgan bir qator asboblardan sochiluvchan moddalarning sathini o'lchash uchun foydalanish mumkin. Biroq sochiluvchan moddalar sathini nazorat qiluvchi ommaviy chiqarilgan asboblardan sanoatda TJABT ni joriy qilishda vujudga keladigan barcha xilma-xil vazifalarni hal qila olmaydi.

Membranali satho'lchagichlar sochiluvchan yopishmaydigan moddalarning chegaraviy sathlarini o'lchash va signal berishda keng tarqalgan. Bunker devoriga mahkamlanadigan sochiluvchan modda sathini membranali signallovchida (5.15-rasm) sochiluvchan moddalarning bosim kuchi qattiq metall disk 2 li rezinalangan matodan qilingan egiluvchan membrana 1 ga ta'sir qiladi va prujina 3 ning kuchini yengib, uni siljitadi. Bu siljish korpus 5 ning ichida joylashgan mitti



5.15- rasm. Membranali sath signalizatorining sxemasi.

almashlab ulagich 4 ning elektr kontaktlarining ulanishiga olib keladi. Kontaktlar membrana ustidagi sochiluvchan kontaktli yoki kontaktsiz ulagichga ta'siri prinsipida ishlaydi.

Kontaktli-mexanik (mayatnikli) sath signalizatorlari idishga tushayotgan sochiluvchan moddalarning ta'siri ostida sezgir elementning (sharnirli yoki egiluvchan osma ko'rinishda ishlangan plastina yoki qalqovich) va uning kontaktli yoki kontaktsiz ulagichga ta'siri prinsipi bo'yicha ishlaydi.

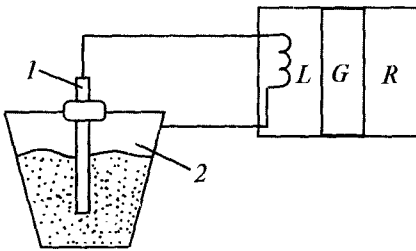
Vaznli sath o'lgachlari sochiluvchan moddalarning bunkerga solinishi va undan to'kilishi bir me'yorda bajariladigan hollarda ishlatiladi. O'zgartkich sifatida turli vaznli qurilmalar qo'llaniladi. Vaznli sath o'lgachlarda o'zgartkich sifatida messdozalar ishlatilishi mumkin. Bu yerda, bunker tayanchiga ko'rsatiladigan bosim o'lchanadi. Bu holda bosim bunkerni modda bilan to'ldirish funksiyasidan iborat. Bir xillashtirilgan chiqish signalli bosimni (yoki kuchni) o'lchashning zamonaviy vositalaridan foydalanish bunday idishlardagi sathni nazorat qilishga va rostlab borishga imkon beradi. Hozirgi paytda datchik sifatida nominal yuklanish 10 dan 10000 kGk gacha bo'lgan kuchni o'lchovchi tenzorezistorli datchiklardan foydalaniladi.

O'lchashning barcha elektrik usullari ichida sig'imli usul ko'proq qo'llaniladi. Turli xil sig'imli sath signalizatorlari sanoatda bunkerlarni, idishlarni va boshqa texnologik qurilmalarning to'lishini signallash uchun keng qo'llaniladi.

Idishlardagi sochiluvchan moddalarning yuqori va quyi sathlarini nazorat qilish uchun bitta (BKS-2.1) yoki ikkita (BKS-2.2) sath datchiklari bilan bir komplektidagi BXS-2 bloki asosida qurilgan sath signalizatorlari (rele) o'zini oqladi. Nazorat bloklari uchqundan xavfsiz qilib ham chiqariladi (BKS-24 turidagi).

Sath signalizatorlari sifatida o'lchashning rezonans sxemali (ko'priqli emas) sig'imli signalizatorlaridan foydalanish mumkin, masalan, ESU-1, ESU-2 va boshqa turlaridan.

Bunday qurilmalarda elektrod 1 va bunker devori 2 (5.16-rasm) dan tuzilgan sig'imli o'zgartkich induktivlik L bilan birga tebranish konturini tashkil etadi. Uning rezonans chastotasi o'zgartkich sig'imi bilan, ya'ni sathning qiymati bilan aniqlanadi. Konturning rezonans chastotasi bilan generator G ning kuchlanish chastotasi (sathning chegaraviy qiymatiga mos kelgan) ustma-ust tushsa, R rele signalizatsiya sxemasini ulaydi.



5.16- rasm. Sig'imli sath signalizatorining sxemasi.

Akustik sath signalizatorlari zarrachalar o'lchami 2 dan 200 mm gacha bo'lgan sochiluvchan va bo'lakli moddalarning sathini kontaktsiz avtomatik sig-

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.

3. Ishga tushirish jarayonida operator harakatlarining ketma-ketligi va markazdan qochma kompressorni to'xtatish tartibini aytib bering.
4. Markazdan qochma kompressorni salt ishga tushirish mashqini bajarilish algoritmini ko'rsating.
5. Siqilgan gazni ishga tushirish ketma-ketligi amallarini ko'rsatib bering.
6. Kompressorni to'g'ri va xavfsiz to'xtatishda operator qanday ketma-ketlikda harakat qiladi?
7. „Nasos va klapan“ uzelinin texnologik sxemasini keltiring.
8. „Nasos va klapan“ uzelinin boshqarish asosiy prinsipi qanday?
9. „Nasos va klapan“ texnologik uzeli o'zgaruvchi qiymatlarini o'lchash qanday sinflarga bo'linadi va boshqarish parametrlari qanday?
10. „Nasos va klapan“ tipik texnologik uzelinin salt ishga tushirish standart tadbiri qanday amalga oshiriladi?
11. „Nasos va klapan“ uzelinin normal (me'yoriy) to'xtatish mashqini bajarishdan maqsad nima?
12. Separatsiyalovchi texnologik uzeli qanday asosiy apparatlardan tashkil topgan?
13. Separatsiyalovchi texnologik uzelinin ishini boshqarishning asosiy usullarini keltiring.
14. Separatsiyalash uzeli parametrlari qanday sinflarga bo'linadi?
15. Separatsiyalash uzelinin nazorat, rostdash va blokirovka qilish haqida nimalarni bilasiz?
16. Separatsiyalash texnologik uzelinin standart „salt ishga tushirish“, „ishga tushirish“, „to'xtatish“ tadbirlari haqida nimalarni bilasiz?
17. Sig'imlar tizimining texnologik sxemasini keltiring.
18. Sig'imlar tizimining texnologik boshqarish asosiy prinsiplari nimalardan iborat?
19. Sig'imlar tizimida salt ishga tushirish haqida so'zlab bering.
20. Sig'imlar tizimining texnologik uzelinin ishga tushirishdagi harakatlar ketma-ketligini tushuntirib bering.
21. Sig'imlar tizimida normal to'xtatish mashqi qanday bajariladi?
22. Aralashtirish idishi texnologik uzelinin boshqarish prinsipi qanday?
23. Aralashtirish idishlarining standart „salt ishga tushirish“, „ishga tushirish“, „to'xtatish“ tadbirlari nimalardan iborat?

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 asboblar	82
3.2-§. Suyuqlikli bosim oʻlchash asboblari ..	78	3.4-§. Elektr asboblar	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-§. Radioizotopli sath oʻlchagichlar ..	135
5.3-§. Qalqovichli sath oʻlchagichlar	125	5.7-§. Ultratovushli va radiotoʻlqinli 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 rostlashning vazifasi

10.1- §. Asosiy tushuncha va qoidalar	267	10.4- §. Kombinatsiyalashgan rostlash tizimlari	271
10.2- §. Chetga chiqishlar bo'yicha rostlash	269	10.5- §. Avtomatik rostlash tizimining tuzilishi	272
10.3- §. G'alayonlanish bo'yicha rostlash	270		

XI bob. Avtomatik rostlash tizimlari va ularning elementlarini tahlili

11.1- §. Elementlarning matematik tavsifi, ahamiyati va ishlatilishi	275	11.6- §. Chiziqli avtomatik rostlash tizimlari	287
11.2- §. Statik va dinamik modellar	276	11.7- §. Operatsion hisoblarning chiziqli avtomatik rostlash tizimlari tahlilida ishlatilishi	289
11.3- §. Rostlash tizimlarining statik tavsiflari	278	11.8- §. Avtomatik rostlash tizimlarining tuzilish sxemalari va ularning o'zgarishi	292
11.4- §. Avtomatik rostlash 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 rostlash 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 jihozlash	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, rostlash organlari va dasturiy-texnik vositalari

20.1-§. Avtomatika tizimlarining ijro mexanizmlari va rostlash 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'oz. 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.