

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

QARSHI MUHANDISLIK IQTISODIOT INSTITUTI

**«MUQOBIL ENERGETIKADA O'LCHOV VA NAZORAT
ASBOBLARI»
fanidan**

MA'RUZALAR MATNI

**«60711000-Muqobil energiya manbalari (Quyosh va shamol
energetikasi)»**

ta'lim yo'nalishi bo'yicha tahsil olayotgan talabalar uchun

Tuzuvchi:

«Muqobil energiya manbalari» kafedrası
dotsenti Aliyarova L.A.

Taqrizchilar:

Qarshi muhandislik iqtisodiyot instituti
««Muqobil energiya manbalari» kafedrası
dotsenti A.S.Dusyarov
QDU«Kasbiy ta'lim» kafedrası
mudiri dosent, t.f.n. A. A. Vardiyashvili

Ushbu ma'ruza matnida «Muqobil energetikada o'lchov va nazorat asboblari» fanidan bir qancha mavzular yoritilgan bo'lib, u yangi namunaviy dastur rejasiga mos, hamda talabalarning fan yuzasidan mustahkam nazariy bilimlar olishda, uzlarining malakasini oshirishda kumaklashadi. Ma'ruza matni «60711000-Muqobil energiya manbalari (Quyosh va shamol energetikasi)» ta'lim yo'nalishida tahsil olayotgan bakalavrlarga mo'ljallangandir.

Ushbu ma'ruzalar matni «Muqobil energiya manbalari» kafedrası (Bayon №_____ 2022 -yil), Energetika fakulteti uslubiy kengashida (Bayon №_____ 2022 -yil), hamda Qarshi muhandislik iqtisodiyot instituti Uslubiy kengashi (Bayon №_____ 2022- yil) qaroriga asosan o'quv jarayonida qo'llanishga va ko'p nusxada ochiq usulda chop etishga tavsiya etilgan.

1-ma'ruza: KIRISH. MUQOBIL ENRGTIKADA O'LCHOV VA NAZORAT ASBOBLARI FANINING MAQSADI VA VAZIFALARI. O'LCHASH NAZARIYASI ASOSLARI.

Reja:

- 1.1.Kirish. Fanning maqsadi, vazifasi, tarixi va ishlab chiqarishdagi o'rni.
- 1.2.O'lchashlar haqida umumiy ma'lumotlar.
- 1.3.O'lchash vositalari.
- 1.4.O'lchov asboblarining tasnifi.
- 1.5.Asboblarning davlat sistemasi.

Tayanch iboralar: Metrologiya, o'lchashlar, o'lchash vositasi, o'lchash usuli, o'lchash natijasi, o'lchov vositalari, absolyut va nisbiy o'lchash, sezuvchan element, standart namuna, karrali, unli va kogerent birliklar.

Adabiyotlar: 2,3,4,5,9,10.

1.1.Kirish. Fanning maqsadi, vazifasi va ishlab chiqarishdagi o'rni

Xalq hujaligining barcha tarmoqlarida ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish, fan-texnika tarqqiyotining va mamlakat rivojining asosiy omili hisoblanadi. Avtomatlashtirish borasidagi eng ma'suliyatli ishlar esa, shubxasiz, Muhandis–texnik xodimlar zimmasiga tushadi.

Bugungi kun Muhandislari yangi texnologiya va texnikadan foydalanishga, texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishni keng joriy etishga ishlab chiqarish rezervlarini aniqlash va uni jadallashtirishga qodir bo'lishlari kerak.

O'lchash texnikasi xalq hujaligining barcha sohalarida fan–texnika taraqqiyotining muhim omillaridan biridir. Texnologik parametrlarning to'g'ri qiymatlarini avtomatik nazorat qilmasdan turib, texnologik jarayonlarni yoki agregatlarni to'g'ri boshqarib bo'lmaydi, o'lchov vositalarisiz esa avtomatlashtirib bo'lmaydi.

O'lchash texnikasini ishlab chiqarishga keng joriy etish uchun har bir Muhandis–texnik xodim, qaysi soha mutaxassisi bo'lishidan qat'iy nazar, o'lchash nazariyasidan, metrologiya asoslaridan, texnologik o'lchash usullari va vositalaridan, hisoblash texnikasidan, o'lchash jarayonlarini avtomatlashtirishda foydalanish imkoniyatlaridan xabardor bo'lishi zarur. Shu maqsadda talabalarga, bo'lg'usi muhandis–texnik xodimlarga «Issiqlik texnika o'lchovlari» fani o'qitiladi.

«Issiqlik texnika o'lchovlari va avtomatik boshqarish nazariyasi» fanining asosiy maqsadi o'lchash nazariyasining umumiy masalalari, o'lchash uslublari, natijalar olish usullari va hozirgi asosiy ishlab chiqarish jarayonlarida bug'ning texnologik parametrlarini avtomatik nazorat qilish va boshqarish tizimlarida o'lchov-nazorat asboblarini ishlash printsiplarini, to'zilishini, ular bilan ishlash, natijalar olish, tahlil qilish yo'llarini o'rganishdan iborat.

Yangi texnologik jarayonlarni o'lchash va avtomatik boshqarishni o'rganish, zamonaviy nazorat o'lchov asboblarini issiqlik energetikasiga qo'llash, energetik jarayonlarni avtomatik o'lchash, rostlash va boshqarish, bug' ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish, ishlab chiqarish rezervlarini aniqlash va ularni joylashtirish kabilar fanning vazifasiga kiradi.

1.2. O'lchashlar haqida umumiy ma'lumotlar.

Metrologiya–o'lchashlar, o'lchash usullari va vositalari hamda talab etilgan aniqlikka erishish yo'llari haqidagi fandir.

O'lchash–fizik kattaliklarning qiymatlarini maxsus texnik vositalar yordamida tajriba usuli bilan topishdir. O'lchash jarayonida odatda o'lchanayotgan kattalikni shunday fizik kattalik bilan

taqqoslanadiki, unga 1 ga teng bo'lgan qiymat beriladi va u fizik kattalik birligi yoki o'lchov birligi deyiladi. O'lchash natijasi – kattalikni o'lchov birligi bilan taqqoslash usuli yordamida topilgan qiymatidan iborat. O'lchash natijasini tenglama ko'rinishida quyidagicha yozish mumkin.

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

bunda Q – o'lchanayotgan fizik kattalik, U – o'lchash natijasi, q – fizik kattalik birligi.

(1.1) tenglama o'lchashning asosiy tenglamasi yoki o'lchash natijasi deb yuritiladi.

O'lchanayotgan kattalikning son qiymati bevosita va bilvosita, to'plamli va birlikda o'lchash usullari yordamida topiladi..

Bevosita o'lchash deb shunday o'lchashga aytiladiki, unda o'lchanayotgan kattalikning izlanayotgan qiymati tajriba ma'lumotlaridan bevosita aniqlanadi. Masalan, haroratni termometr bilan, bosimni manometr bilan, uzunlikni chizg'ich bilan o'lchash va hokazo bevosita o'lchashdan iborat.

Bevosita o'lchash tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

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

Q_n – o'lchanayotgan kattalikning uning uchun qabul qilingan o'lchov birliklaridagi qiymati; C – raqamli hisoblash qo'rilmasi shkalasi bo'linmalarining yoki bir marta ko'rsatishining o'lchanayotgan kattalik birliklaridagi qiymati; n – shkala bo'linmalari hisobida indiqatorli qo'rilma bo'yicha olingan sanoq.

Bilvosita o'lchash deb shunday o'lchashga aytiladiki, unda o'lchash natijasini o'lchanayotgan kattalik bilan ma'lum munosabat yordamida bog'langan kattaliklarni bevosita o'lchashga asoslangan bo'ladi. Bilvosita o'lchash tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

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

bunda Q_k – o'lchanayotgan kattalikning izlangan qiymati; $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ – bevosita o'lchanadigan kattaliklarning son qiymatlari.

Bir nomli kattaliklarning bir vaqtda o'lchanishiga to'plamli o'lchash deb ataladi. Bunda izlanayotgan qiymat kattaliklar birikmasini bevosita o'lchash paytida hosil bo'lgan tenglamalar tizimini echish orqali topiladi. Bu turdagi o'lchash usuli tajriba ishlarida va ilmiy tekshirish ishlarida qo'llaniladi.

Birgalikda o'lchash - bu har xil nomli kattaliklarning o'zaro nisbatini topish maqsadida bir vaqtda bajariladigan o'lchashdir.

O'lchanayotgan kattalik Q ning izlanayotgan qiymatining birgalikda o'lchash usulidagi umumiy ko'rinishi quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$Q = F(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1.4)$$

bu erda F - funktsional bog'lanish; $x_1, x_2, \dots, x_n$ - bevosita o'lchash yo'li bilan topilgan kattaliklarning qiymatlari.

Birgalikda o'lchash usuli so'nggi paytlarda keng tarqalmoqda. Masalan, murakkab, ko'p tarkibiy qismli aralashmalarni tahlil qilishda shu usul qo'llaniladi. Hisoblash texnikasi vositalarining rivojlanishi bilan bu o'lchash turining qo'llanilishi yana ham kengaydi.

O'lchashlar yana absolyut va nisbiy o'lchashlarga bo'linadi:

Bitta yoki bir necha asosiy kattaliklarni fizik konstantalaridan foydalanib yoki foydalanmasdan bevosita o'lchash *absolyut o'lchash* deb ataladi.

Biror kattalikning shu ismli birlik nomini o'ynayotgan kattalikning nisbatini o'lchash yoki kattalikni shu ismli birlik kattalik deb qabul qilingan kattalik bo'yicha o'lchash *nisbiy o'lchash* deb ataladi.

O'lchovlar o'lchash usulining turli uslublari bilan olib boriladi. Zamonaviy metrologiyada to'rt xil asosiy o'lchash uslubi mavjud.

1. *Bevosita baholash uslubi*—o'lchanayotgan kattalik qiymatini bevosita o'lchash asbobining daraja ko'rsatgichi bo'yicha aniqlanadi. Bu uslub o'lchanayotgan kattalik qiymatini asbobning ko'rsatayotgan yoki yozib olgan chiqish qiymatiga to'g'ri almashtirish bilan tavsiflanadi.

2. *O'lchov bilan solishtirish yoki solishtirish uslubi* – o'lchanayotgan kattalik qiymatini namunali o'lchov bilan solishtirishdan iborat.

3. *Differentsial uslubda* o'lchash natijasida asbob ko'rsatkichiga ta'sir qiluvchi o'lchanayotgan kattalik qiymati bilan ma'lum o'lchov orasidagi farq aniqlanadi.

4. *Nolaviy (kompensatsion) uslub* – solishtirish asbobiga kattaliklar ta'sirining effekti nolga Etkazilish o'lchovi bilan solishtirishdan iborat.

O'lchov birliklari mustaqil, hosila, karrali, o'nlik va kogerent o'lchov birliklariga bo'linadi.

Bir-biriga bog'lanmagan birliklarga *mustaqil o'lchov birligi* deb ataladi. Metr, kilogramm, sekund, kelvin, amper, kandela, mol mustaqil birliklar jumlasidandir.

Birliklari belgilangan kattaliklar bilan birliklari erkin tanlangan kattaliklar orasidagi qonuniy bog'lanish asosida aniqlanuvchi birliklar *hosilaviy birliklar* deb ataladi.

Mustaqil yoki hosila birliklarning butun soniga teng o'lchov birliklariga *karrali o'lchov birligi* deb ataladi.

O'nlik birliklar – mustaqil yoki hosila birlikning aniq butun qismiga teng bo'lgan o'lchov birligi. Karrali va o'nlik birliklar asosiy yoki hosila birlikni karrali o'nga ko'paytirish yoxud bo'lish yo'li bilan hosil qilinadi.

Sonli koeffitsienti birga teng bo'lgan tenglama orqali tizimning boshqa birliklari bilan bog'langan hosila birlik *kogerent birlik* deyiladi.

1.3.O'lchash vositalari

O'lchashlarda qo'llaniladigan va normallashtirilgan metrologik xossalarga ega bo'lgan texnik vositalar *o'lchash vositasi* deyiladi. *O'lchash vositalarining asosiy turlariga* o'lchovlar, o'lchash asboblari, o'lchash o'zgartkichlari va o'lchash qo'rilmalari kiradi. O'lchash printsipini va vositasini belgilab beradigan usullar majmui *o'lchash usuli* deyiladi.

O'lchov–berilgan o'lchamdagi fizik kattalikni qayta o'lchash uchun mo'ljallangan o'lchash vositasi.

O'lchovlarga standart namunalar va namuna moddalar 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 namunasi.

Namuna modda-tasdiklangan spetsifikatsiyada ko'rsatilgan tayyorlash shartlariga rioya qilinganda tiklanadigan ma'lum xossalarga ega bo'lgan moddadan iborat o'lchov.

Ko'zautvchi idrok qilishi uchun qo'lay shakldagi o'lchov axboroti signalini ishlab chiqishga xizmat qiladigan o'lchash vositasi *o'lchov asbobi* deyiladi.

O'lchash asboblari ko'rsatuvchi, qayd qiluvchi, kombinatsiyalashgan, integrallovchi va jamlovchi asboblarga bo'linadi.

O'lchashga doir axborotni o'zlashtirish, o'zgartirish, ishlov berish va saqlash uchun qo'lay bo'lgan ammo ko'rsatuvchi bevosita idrok qilishi mumkin bo'lmaydigan shakldagi signalni ishlab chiqish uchun xizmat qiladigan o'lchash vositasi *o'lchash o'zgartkichi* deb ataladi.

O'zgartiriladigan fizik kattalik *kirish kattaligi*, uning o'zgartirilgani esa *chiqish kattaligi* deyiladi. O'lchanayotgan kattalik keltirilgan o'lchash o'zgartkichi *birlamchi o'zgartkich* deyiladi. Birlamchi o'zgartkichlar ko'pincha *datchiklar* deb yuritiladi. Uning bevosita o'lchanayotgan kattalik ta'siridagi qismi *sezuvchan element* deyiladi.

1.4.O'lchov asboblarning tasnifi

O'lchanayotgan miqdorlarning o'lchov birliklari bilan bevosita yoki bilvosita solishtirish uchun mo'ljallangan qurilmaga *o'lchov asboblari* deyiladi. Vazifasi va to'zish jihatidan asboblarning bir necha turga bo'linadi va quyidagicha tasniflanadi;

Asosiy tasnif asboblari:

1. Haroratni o'lchash asboblari, bosimni o'lchash asboblari, miqdor va sarfni o'lchash asboblari, sathni o'lchash asboblari, modda tarkibini (zichlik, namlik, qovushqoqlik, gazlar tarkibi va boshqalar) o'lchash asboblari.

Qo'shimcha tasnif:

1. Vazifasi jihatdan texnikaviy (ishlovchi), nazorat qiluvchi, tajriba, namuna va etalon asboblari.

2. Hisob usuli jihatdan o'lchashni boshqaradigan (komparator), ko'rsatuvchi, o'ziyozar (qayd qiluvchi), jamlovchi (integrallovchi) va murakkab asboblari.

3. Ishlash printsipi bo'yicha – mexanikaviy, elektrik, gidravlik, pnevmatik, kimyoviy, radioaktiv va boshqa asboblari.

4. O'rnatilish joyiga qarab mahalliy, masofali asboblari.

5. Qo'llanilish tavsifi jihatidan operativ, hisobot asboblari.

6. Ishlash sharoiti jihatdan statsionar va ko'chma asboblari.

7. Gabaritlari jihatdan normal, kichik gabaritli va mitti asboblari.

Asboblarning deyarli hammasi yuqoridagi guruhlardan har biriga tegishli bo'lishi, masalan, termometr texnikaviy, o'ziyozar, elektrli va hakoza bo'lishi mumkin. Amalda qo'llaniladigan o'lchov asboblarning ichida eng ko'p tarqalgani texnikaviy asboblardir. Bu asboblarning ancha sodda va mustahkam konstruksiyaga ega. Nazorat asboblari joylarda tekshirish vazifasini bajaradi. Tajriba asboblari esa ko'pincha tajriba xonalarida ishlatiladi. Namuna va etalon asboblari asosan o'lchov asboblari tekshirish ishlarida qo'llaniladi. Namuna asboblarning ko'rsatkichlari o'lchanayotgan kattaliklarning haqiqiy qiymatiga juda yaqin bo'ladi va ular o'lchov birliklarining to'g'ri qiymatini gradirovkalash (darajalash) yo'li bilan etalonlardan boshqa asboblarga o'zlash uchun qo'llaniladi.

O'lchov birliklarini saqlash va ularni metrologik aniqlik bilan takrorlash uchun mo'ljallangan asboblarning *etalonlari* deyiladi. Etalonlarning birlamchi, ikkilamchi va uchlamchi bo'ladi. Birlamchi etalonlarning eng aniq bo'lib, o'lchov birliklarining davlat etalonlari sifatida ishlatiladi. O'lchashni boshqaradigan asboblarning ishlatilganda, o'lchash jarayoni kattalikni o'lchov yoki namunalar bilan solishtirish yo'li bilan utadi va bu jarayonda ko'rsatuvchining o'zi bevosita qatnashadi. Bu asboblarning qatoriga toshli, richagli tarozilar, yo'q bo'lib ketadigan tolali optik pirometr va boshqalar kiradi. Ko'rsatuvchi asboblarning o'lchanayotgan kattalik qiymatini o'zlarining sanash moslamalarida (shkala, raqamli ko'rsatkich) ko'rsatadi. Bu asboblarning eng ko'p tarqalgani. O'ziyozar asboblarning siljiydigan qog'oz – lenta yoki diskda o'lchanadigan kattalikning vaqt o'tishi bilan o'zgarib borayotgan qiymatini avtomatik ravishda yozib boruvchi moslama bilan ta'minlanadi. Bu asboblarning o'lchovning bir nuqtasi yoki bir necha nuqtalarini yozib olish uchun chiqariladi. Jamlovchi asboblarning kattalikning ayrim vaqt ichidagi jami qiymatini aniqlaydi. Integrallovchi asboblarning o'lchash jarayonida o'lchanuvchi ko'rsatkichining oniy qiymatini o'zluksiz jamlashdan iborat. Bu asboblarning guruhiga gaz, suv raqamli hisoblagichlari, planimetrlar, sekundomer va hakoza asboblarning kiradi. Murakkab asboblarning o'lchanayotgan kattalikni bir yo'la ham ko'rsatib ham yozib oladi. Bevosita o'lchash punktlarida o'rnatilgan asboblarga mahalliy asboblarning deb ataladi. Ko'pincha, bu turdagi asboblarning katta aniqlikni talab qilmagan o'lchovlarda hamda agregatlarning ishga tushirish yoki to'xtatish paytidagi davriy o'lchovlarda ishlatiladi. Boshqaruv pultiga o'lchov natijalarini Etkazuvchi masofali asboblarning qurilmalarini ishni nazorat qilishni markazlashtirishga imkon beradigan texnikaviy asboblarning asosiy turidir. Operativ

asboblarning ko'rsatishlari bo'yicha sanoat qurilmalarining ishi boshqariladi. Texnologik qurilmalarning normal ishlatilishini ta'minlovchi bu asboblarning ko'rsatuvchi va qisman o'ziyozar qilib tayyorlanadi. Uskunalar ishini texnikaviy hisobga olish uchun xizmat qiluvchi hisoblash asboblari sifatida ko'pincha o'ziyozar va jamlovchi asboblarning qo'llaniladi. Texnikaviy asboblarning ko'pchiligi statsionar bo'lib pult, devor, kolonkalar, kronshteyn va hokazo joylarda o'rnatiladi. Qolgan asboblarning esa (namunali, etalon) ko'chma qilib ishlanadi va stol, stend va shunga o'xshash joylarda olib boriladigan o'lchovlarga mo'ljallangan bo'ladi.

1.5.Asboblarning davlat sistemasi (ADS)

Mamlakatimizda sanoat va avtomatlashtirish vositalarining Davlat sistemasi (ADS) yaratilgan bo'lib, u blok-modul printsipli bo'yicha to'zilatadi hamda pnevmatik, gidravlik, elektrik kirish va chiqish signaliga ega bo'lgan asboblarni birlashtiruvchi tarmoqlarga bo'linadi.

ADS ning tuzilishi ma'lum sistemali-texnik printsiplarni qullashga asoslangan. Ular texnologik jarayonlarni nazorat qilish, sozlash va boshqarishning turli-tuman sistemalarini texnik vositalar bilan ta'minlash muammolarini eng qulay usul bilan hal etish imkonini beradi.

Blokli printsiptan foydalanish asboblarning universal qo'llanish chegarasini kengaytirish imkonini beradi va ularni tekshirilgan o'zellarning minimal sondagisini almashtirishda eng ko'p sondagi parametrlarni o'lchashga yaroqli holga keltiriladi.

NAZORAT SAVOLLARI:

- 1.O'lchash deb nimaga aytiladi?
2. O'lchashning asosiy tenglamasini izohlab bering.
3. Bevosita o'lchashni izohlab bering.
4. Birlashtirib o'lchashni izohlab bering.
5. O'lchov miqdorini solishtirish usulini izohlab bering.
6. O'lchash asbobi deb nimaga aytiladi?
7. O'lchash asboblari asosiy turkumlanishini izohlab bering.
8. Sanoatda qo'llaniladigan o'lchash asboblari izoh bering.
9. Namuna asboblari izoh bering.
10. Etalon asboblari izoh bering.
11. O'lchov hatoligi nima?
- 12.ADS nima, izohlab bering.
- 13.ADS qaysi printsipl bo'yicha to'zilatadi?
- 14.ADS ning qanday tarmoklari mavjud?
- 15.O'lchash vositalari nimalar kiradi?

2-ma'ruza: O'LCHASH HATOLIKLARI VA ULARNI BAHOLASH.

Reja:

- 2.1. O'lchash hatoliklari va o'lchov asboblari haqida umumiy tushunchalar.
- 2.2. O'lchash hatoliklari va ularni baholash.
- 2.3.O'lchov vositalarining statik va dinamik tavsiflari.
- 2.4.O'lchov asboblari ishoniqliligi.

Tayanch iboralar: O'lchash hatoligi, absolyut hatolik, muntazam hatolik, instrumental hatolik, variatsiya koeffitsienti, asbobning sezgirligi, sezgirlik chegarasi, shkala bo'linmasining qiymati, ishonchlilik, buzilish chastotasi.

Adabiyotlar: 2, 3, 5, 7, 10.

2.1. O'lchash hatoliklari va o'lchov asboblari haqida umumiy tushunchalar

Kattalikning o'lchash usuli bilan topilgan qiymati *o'lchash natijasi deyiladi*. *O'lchash natijasi bilan o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati orasidagi farq o'lchash hatoligi deyiladi*. O'lchanayotgan kattalik birliklarida ifodalangan o'lchash hatoligi o'lchashning absolyut hatoligi deyiladi.

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

Bunda ΔX – absolyut hatolik; X – o'lchash natijasi; X_x – o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati.

O'lchash absolyut hatoligining o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga nisbati o'lchashning *nisbiy hatoligi* deyiladi.

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

Muntazam hatolik deyilganda faqat bitta kattalikni qayta-qayta o'lchanganda o'zgarmas bo'lib qoladigan yoki biror qonun bo'yicha o'zgaradigan o'lchash hatoligi tushuniladi.

Instrumental hatolik deyilganda qo'llanayotgan o'lchov asboblari hatoliklariga bog'liq bo'lgan o'lchash hatoliklari tushuniladi.

Tasodifiy hatolik deganda faqat bitta kattalikni qayta-qayta o'lchash mobaynida tasodifiy o'zgaruvchi o'lchash hatoligi tushuniladi.

Qo'pol hatolik deganda berilgan shartlar bajarilganda kutilgan natijadan tubdan farq qiladigan o'lchash hatoligi tushuniladi.

Kattalikning sanoqqa ko'ra topilgan qiymati *o'lchov asbobining ko'rsatishi* deyiladi. Asbobning ko'rsatishi va o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati orasidagi farq *o'lchov asbobining hatosi* deyiladi.

O'lchov asbobining *absolyut hatoligi* deb shu asbobning ko'rsatishi bilan o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati orasidagi farqqa aytiladi.

Agar X_n bilan sanoq ko'rsatishidagi qiymatni ifodalab, X_{nx} bilan haqiqiy qiymatni belgilasak, quyidagi formuladan ΔX absolyut hatolikni topamiz.

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

Absolyut hatolikning kattalik haqiqiy qiymatiga nisbati *nisbiy hatolik* deb ataladi.

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

Odatda, X_{nx} – haqiqiy qiymat va X_n – topilgan qiymatlarga nisbatan « ΔX » juda kichik bo'ladi, shuning uchun quyidagi formulani yozish mumkin:

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

Kattalikning asl qiymatini aniqlash uchun o'lchov asbobining ko'rsatishiga to'zatishtir kiritiladi. Uning son qiymati teskari ishora bilan olingan absolyut qiymatiga teng:

$$d = X_{nx} - X_n \quad \text{ёки} \quad D = -\Delta X \quad (2.5)$$

Asbobning hatoligi shkala diapazonining foizlarida ifodalanadi. Bunday hatoliklar *keltirilgan hatolik* deyiladi va absolyut hatolikning diapozoniga bo'lgan nisbatiga teng bo'ladi, ya'ni

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

N – asbobning o'lchash chegarasi.

Hatolik qiymati o'lchash asbobi aniqligini, demak, o'lchash natijasini ham tavsiflaydi. O'lchov aniq bo'lishi uchun, hatosi kichik bo'lgan asboblardan foydalanish kerak. Ammo hatosiz asboblardan tayyorlash mumkin emas. Hatosi kichik bo'lgan asboblardan murakkab bo'lib, ularning bahosi qimmat. Bu asboblardan ishlash paytida katta ehtiyotkorlik talab qilinadi. Texnikaviy o'lchashlar uchun muayyan belgilangan qiymatdan oshmaydigan, yo'l quyiladigan hatosi bor asboblardan foydalaniladi.

Asbob ko'rsatishining standartlar yo'l qo'yadigan eng katta hatosiga *yo'l quyiladigan hato* deb ataladi. Hato miqdori o'lchashlar olib borilayotgan tashqi muhitga (atrof muhit harorati, atmosfera bosimi, tebranish va boshqalarga) bog'liq bo'lgani sababli asosiy va qo'shimcha hatolar tushunchalari kiritiladi.

O'lchov asbobi uchun texnikaviy sharoitida yo'l quyilgan hatolik *asosiy hatolik* deyiladi. Tashqi sharoit o'zgarishining asboblarga bo'lgan ta'siridan kelib chiqqan hato, *qo'shimcha hatodir*. O'lchov asboblarining sifati ularning hatolaridan tashqari asboblardan variatsiyasi, sezgirligi va sezgirlik chegarasi bilan tavsiflanadi.

Bir kattalikni ko'p marta takroriy o'lchashlar natijasida asbob bir nuqtadagi ko'rsatishlari orasidagi eng katta farq *o'lchov asboblarining variatsiyasi* deb ataladi. Variatsiya o'lchanayotgan kattalikni ma'lum bir miqdorgacha asta-sekin oshirib va kamaytirib aniqlanadi. Variatsiya asbobning mexanizmi, oraliqlari, gisterezis va boshqa qismlardagi ishqalanishi sababli kelib chiqadi. Variatsiya (ε) asbob shkalasi maksimal qiymatining foizi hisobida ifodalanib, asosiy yo'l quyilgan hato qiymatidan oshib ketmasligi lozim:

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

bu Erda ΔN -asbob ko'rsatishidagi eng katta farq; $N_{\max}$ ba $N_{\min}$ -asbob shkalasining yuqori va pastki qiymatlari.

Asbob ko'rsatishining aniqligiga uning sezgirligi ham katta ta'sir qiladi. Asbob strelkasi chiziqli yoki burchak siljishining shu siljishni hosil qilgan kattalikning o'zgarishiga bo'lgan nisbati *asbobning sezgirligi* deb ataladi:

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

bu Erda s – asbobning sezgirligi; Δn – strelka siljishining o'zgarishi; ΔQ – o'lchanayotgan kattalikning o'zgarishi.

Sezgirligi yuqori bo'lgan asboblardan 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 asboblardan uchun asbobning sezgirligiga teskari bo'lgan kattalik *shkalaning bo'linmas qiymati* deyiladi:

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

bu Erda C -shkala bo'linmasining qiymati.

Ikki yonma-yon belgi orasidagi farq *shkala bo'linmasi* deb ataladi. SHkala bo'linmasining qiymati strelkani bir bo'linmaga siljitgan kattalik qiymatining o'zgarishini tavsiflaydi.

Baʼzan kattalikning haqiqiy qiymatini topish uchun asbob koʻrsatishi toʻzatish koeffitsienti K ga koʻpaytiriladi:

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

Oʻlchash asbobi koʻrsatishining kechikishi uning inertsiasini, yaʼni kattalik oʻzgarishi vaqtidan asbob koʻrsatishining siljishigacha oʻtgan vaqtni tavsiflaydi. Asbob koʻrsatishining kechikishi qancha kam boʻlsa, asbobning sifati shuncha yuqori boʻladi.

Oʻlchash vositalarining umumlashgan tavsifi asosiy va qoʻshimcha hatoliklarning chegaraviy qiymatlari bilan ifodalanadigan aniqlik sinfidan iborat. Oʻlchash vositalarining aniqlik sinfi ularning aniqlik xossalari tavsiflaydi, ammo ular shu vositalar yordamida olib borilgan oʻlchashlarning bevosita koʻrsatkichi boʻla olmaydi. Yoʻl quyiladigan asosiy hatoliklar chegaralari keltirilgan hatoliklar koʻrinishida quyidagi sonlardan aniqlik sinfi beriladi: (1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0) 10^{-n} , bunda $n=1,0;-1,0;-2,0$ va x k. Oʻlchash asbobining aniqlik sinfi foizlarda hisoblangan eng katta keltirilgan hatolikka teng:

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

Oʻlchash vositalarining hatoliklari statistik va dinamik hatoliklarga boʻlinadi.

Oʻlchash vositalarining statistik hatoligi Δ ni muntazam Δ_M va tasodifiy Δ_T hatoliklardek tashkil etuvchilar yigʻindisi koʻrinishida tasvirlash mumkin:

$$\Delta = \Delta_M + \Delta_T \quad (2.12)$$

bunda Δ_M -oʻzgarmas yoki sekin oʻzgaradigan kattalik; Δ_T -oʻrta qiymati nolga teng boʻlgan tasodifiy kattalik.

(2.12) munosabat oʻlchov vositasi hatoligi modelini tavsiflaydi. Shuning uchun oʻlchov vositasi aniq xossalarni tula va obʼektiv tavsiflashda tasodifiy kattaliklar nazariyasi apparati-estimollar nazariyasidan foydalanish zarur.

2.2. Oʻlchash hatoliklari va ularni baholash.

Texnik oʻlchashlarda, odatda, bir necha oʻlchov vositalardan tuzilgan oʻlchash zanjirlari yoki sistemalaridan foydalaniladi. Shuning uchun oʻlchash hatoligini baholashda oʻlchash sistemasi hatoligini baholash zarur.

Oʻlchash sistemasi hatoliklarini baholashning ikki usuli mavjud. Birinchi usulda oʻlchash sxemasi hatoliklari chegaralari sistemaga kiruvchi oʻlchov vositalarining yoʻl quyiladigan asosiy va qoʻshimcha hatoliklari chegaralari boʻyicha baholanadi, yaʼni aslida hatolik yuqoridan baholanadi, sistema hatoligining maksimal qiymati aniqlanadi. Oʻlchash sistemasining bu yoʻl quyiladigan qiymatlari chegaralarining kvadratlari yigʻindisidan olingan kvadrat ildiz sifatida baholanadi:

$$f_{y.c} = \sqrt{f_1^2 + f_2^2 + \dots + f_n^2} \quad (2.13)$$

(yc-oʻlchash sistemasi)

Hatoliklarni baholashning ikkinchi ehtimolli-statistik usuli ancha murakkab, ammo u jiddiyrok va toʻgʻriroqdir. Normal sharoitda oʻlchov vositalari turi uchun hatolikning matematik kutilmasi hatolikning muntazam tashkil etuvchisining matematik kutilmasi sifatida aniqlash mumkin:

$$M[\Delta] = M[\Delta_M] \quad (2.14)$$

Agar oʻlchov vositalaridan foydalanish sharoitlari normal sharoitlardan farq kilsa, u holda

$$M[\Delta] = M[\Delta_M] + \psi_M(\xi), \quad (2.15)$$

bunda $\psi_M(\xi)$ ayni o'lchov vositasi bilan o'lchanadigan fizik kattalik (ξ) ning o'lchash natijasiga ta'sir funksiyasi.

Hatoliklar yig'indisining o'rta kvadratik chetga chiqishi, ta'sir funksiyasini e'tiborga olgan holda, tasodifiy hatolikning o'rta kvadratik chetga chiqishi bo'yicha aniqlanadi:

$$\delta(\Delta) = \sigma(\Delta_T) + \psi_\delta(\xi) \quad (2.16)$$

O'lchash sistemalarining hatoliklarini hisoblashda, odatda, shu sistemaga kiradigan o'lchov vositalari hatoliklarining tasodifiy va muntazam tashkil etuvchilar ta'sirini e'tiborga olish lozim. Agar tasodifiy tashkil etuvchilarning matematik kutilmasi yo nolga teng bo'lsa, yoki sistemaning muntazam tashkil etuvchisi sifatida sistemaning matematik kutilmasiga kirs va agar o'lchov vositalarining o'zgartish koeffitsienti 1 ga teng bo'lsa, u holda bir necha ketma-ket ulangan o'lchov vositalaridan tuzilgan sistema hatoligining matematik kutilmasi aloxida olingan o'lchov vositalari hatoligining muntazam tashkil etuvchilari yig'indisiga teng:

$$M[\Delta_{uc}] = \Delta_{1c} + \Delta_{2c} + \dots + \Delta_{nc} \quad (2.17)$$

Agar tasodifiy hatoliklar statistik mustaqil bo'lsa, unda ularning o'lchash sistemasi uchun dispersiyasi o'lchov vositalari tasodifiy tashkil etuvchilarining dispersiyalari yig'indisi kabi aniqlanadi:

$$D[\Delta_{T.uc}] = D[\Delta_{1c} + \Delta_{2c} + \dots + \Delta_{nc} + \Delta_{T1} + \Delta_{T2} + \dots + \Delta_{Tn}] = D[\Delta_{T1}] + D[\Delta_{T2}] + \dots + D[\Delta_{Tn}] \quad (2.18)$$

O'lchash sistemasining o'rta kvadratik chetga chiqishi quyidagi formula bilan topiladi:

$$\sigma(\Delta_{T.uc}) = \sqrt{D[\Delta_{T.uc}]} = \sqrt{\sum_{i=1}^n D[\Delta_{Ti}]} \quad (2.19)$$

2.3.O'lchov vositalarining statik va dinamik xarakteristiklari

O'lchash qo'rilmalari ishining ikki rejimi statik (barqaror) va dinamik (beqaror) rejimlari mavjud. Kirish miqdorini chiqish miqdoriga o'zgartishning har ikki rejimi mos ravishda statik va dinamik tavsiflar bilan belgilanadi.

Barqaror ish rejimida chiqish miqdorining kirish miqdoriga bog'liqligi o'lchov vositalarining statik tavsifi deyiladi. Umumiy holda o'lchov asboblarning statik tavsifi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\varphi = f(B) \quad (2.20)$$

bunda φ -sanok qo'rilmasi ko'rsatkichining koordinatasi; B-o'lchanayotgan fizik kattalik qiymati.

O'lchanayotgan B kattalikning chiqish mikdori φ ga o'zgarishi bevosita amalga oshiriladi, bo'nday oraliq o'zgartirishlar bir necha bo'lishi mumkin. Masalan haroratni millivoltmetrga ulangan termoelektrik termometrlar yordamida o'lchaganda 4 ta ketma-ket

o'zgartish yuz beradi. Muhit haroratiternometrnining termoelektr yurituvchi kuchielektr zanjirining tok kuchimillivoltmetr ramkasidagi aylanma momentko'rsatgich strelkasining burilish burchagi. Bunday o'lchov asbobi ketma-ket ulangan va har biri o'z statik tavsifiga ega bo'lgan bug'inlardan tuzilgan:

$$Y_{0_i} = f_i(X_{0_i}) \quad (2.21)$$

2.4.O'lchov asboblarining ishonchliligi

O'lchash texnikasida o'lchov asboblarining ishonchliligi alohida ahamiyat kasb etadi. Ishonchlilik deyilganda sistemaning berilgan vaqt oralig'ida o'z parametrlarini ma'lum berilgan chegaralarda saqlab, bo'zilmadan ishlay olish qobiliyati tushuniladi.

Bo'zilmadan ishlash ehtimoli $P(t)$ –sistemaning ishonchliligining asosiy tavsifidir.

$$P(t) = P\{T > t\}. \quad (2.22)$$

Bo'zilish ehtimoli $g(t)$ –berilgan vaqt oralig'ida hech bo'lmasa bir marta bo'zilish ruy berish ehtimolligi:

$$g(t) = P\{T \leq t\}. \quad (2.23)$$

Ular yig'indisi 1 ga teng:

$$P(t)+g(t)=1 \quad (2.24)$$

Bo'zilishlar chastotasi

$$a(t) = \frac{\Delta n_x}{n\Delta t}, \quad (2.25)$$

Bo'zilishlar chastotasini yana quyidagicha tasvirlash mumkin:

$$a(t) = \frac{dg(t)}{dt} = \frac{dP(t)}{dt}, \quad (2.26)$$

Asboblarning ishlatishdagi ishonchliligi ko'p jixatdan ularning konstruktiv ishonchliligi va tayyorlash sifatiga bog'liq. Ammo eng ishonchli asbob ham noto'g'ri ishlatilganda ishonchsiz holatga keltirilib quyilishi mumkin. Shuning uchun asboblarning ishonchliligini oshirishda ulardan to'g'ri foydalanish asosiy shartlardan biridir.

NAZORAT SAVOLLARI:

1. O'lchash hatoligi nima?
2. Mutloq hatoni izohlab bering.
3. Nisbiy hatoni izohlab bering.
4. Haqiqiy qiymatni aniqlashda asbobning ko'rsatishiga to'zatmani izohlab bering.
5. Muntazam hato deb nimaga aytiladi?
6. Qo'pol hato deb nimaga aytiladi?
7. Tasodifiy hato nima va u qanday aniqlanadi?
8. Variatsiya koeffitsienti nima?
9. Sezgirlik chegarasi deb nimaga aytiladi?
10. O'lchav asboblarining ishonchliligi deb nimaga aytiladi?
11. O'lchash sistemalari hatoliklarini baholash deb nimaga aytiladi?

12. Ishonchlilik nima?
13. Bo'zish ehtimolligi formulasini ko'rsating?
14. Bo'zishlar chastotasi nimaga teng?

3-ma'ruza: HARORAT O'LCHASH ASBOBLARI HAQIDA ASOSIY MA'LUMOTLAR VA ULARNING TASNIFI.

Reja:

- 3.1. Harorat va harorat shkalalari haqida umumiy ma'lumotlar.
- 3.2. Harorat o'lchash asboblarining tasnifi.

Tayanch iboralar: Harorat, termometr, gradus, harorat shkalasi, tselsiy shkalasi, Farengayt shkalasi.

Adabiyotlar: 2, 4, 6, 7, 9, 11.

3.1. Harorat va harorat shkalalari haqida umumiy ma'lumotlar

Harorat-molekulalarning Issiqlik harakatida hosil bo'ladigan ichki kinetik energiyasi bilan belgilanadigan qizdirilganlik darajasi bilan tavsiflanadigan kattalikdir.

Jismlarning qizdirilganlik darajasini taqqoslashda ularning haroratga bog'liq bo'lgan va osongina o'lchanadigan fizik xossalardan birortasini o'zgartirishda foydalaniladi.

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

$$E = \frac{3}{2} K T \quad (3.1)$$

bu erda $k = 1,38 \cdot 10^{-21} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ -Boltsman doimiysi. T-jismning absolyut harorati, K.

Agar jismning harorati turlicha bo'lsa, vaqt o'tishi bilan ular muvozanat holatga keladi.

Shunday qilib, *harorat issiqlik almashish, issiqlik o'zlash jarayonlarining ham sifat, ham miqdoriy tomonlarini tavsiflaydigan kattalikdir.*

Haroratni bevosita o'lchab bo'lmaydi, uni jismning haroratga bir qiymatli bog'liq bo'lgan qandaydir boshqa fizik parametrlar bo'yichagina aniqlash mumkin. Haroratga bog'liq parametrlarga masalan, hajm, uzunlik, elektr qarshilik, termoEYK, nurlanish va x.k. lar kiradi.

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

Ximiyaviy toza moddalarning oson tiklanadigan (asosiy, reper va tayanch) qaynash va erish nuqtalari bilan chegaralangan harorat oralig'idagi qator belgilar harorat shkalasini hosil qiladi.

Bu haroratlarga t' va t'' qiymatlar berilgan. U holda o'lchov birligi

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

bu erda t' va t'' – oson tiklanadigan o'zgarmas haroratlari; n – t'' , t' – tayanch nuqtalar orasidagi harorat orasiga bo'linadigan butun son.

Harorat shkalasining tenglamasi

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

bu erda t' va t'' – moddaning tayanch nuqtalari; v' va v'' – t' va t'' – haroratlardagi moddaning hajmi; $v - t$ – haroratdagi moddaning hajmi.

Tabiatda hajmiy kengayish va haroratga chiziqli bog'langan suyuqliklar bo'lmaydi. Shuning uchun harorat ko'rsatishi termometrga solinadigan moddaning tabiatiga bog'liq. Fan–texnikaning rivojlanishi bilan yagona termometrga solinadigan moddaning bironta xususiyati bilan bog'lanmagan harorat shkalasini yaratish zarurati paydo bo'ladi.

1848 yilda ingliz fizigi Kelvin termodinamikaning ikkinchi qonuni asosida yangi harorat shkalasini to'zishni taklif etdi. Termodinamik haroratlar shkalasining tenglamasi:

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

bu erda Q_{100} va Q_0 –suvning qaynash va mo'zning erish nuqtalariga mos Issiqlik miqdori; $Q-T$ haroratga mos Issiqlik miqdori.

O'lchov va vaznlar bo'yicha 1960 yil o'tkazilgan XI Xalqaro konferentsiya qarorlarida ikki harorat shkalasi: Kelvin gradusi (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'llanilishi ko'zda tutilgan. Kelvin termodinamik shkalasidagi pastki nuqta – absolyut nol nuqta (R) bo'lib, yagona eksperimental asosiy nuqta esa suvning uchlik nuqtasidir. Bu nuqtaning son qiymati 273,15 K. suvning mo'z, suyuq va gaz fazalaridagi muvozanat nuqtasi bo'lgan suvning uchlik nuqtasi mo'z erish nuqtasidan 0,001 K yuqoriroq turadi. Termodinamik harorat T harfi bilan son qiymatlari esa K bilan ifodalanadi.

Xalqaro amaliy shkala bo'yicha o'lchanadigan harorat t harfi bilan, son qiymati esa (S belgisi bilan ifodalanadi. Xalqaro amaliy shkala va absolyut termodinamik shkala ifodasi orasidagi munosabat quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$T = t + 273.15; \quad (3.5)$$

bu erda T – absolyut termodinamik shkaladagi (K) harorat; t – Xalqaro amaliy shkaladagi ($^{\circ}\text{C}$) harorat.

Angliya va AQShda 1715 yilda taklif qilingan Farengeyt shkalasi (F) qo'llaniladi. Bu shkalada ikki nuqta: mo'zning erish nuqtasi (32 F) va suvning qaynash nuqtasiga (212 F) asoslangan. Xalqaro amaliy shkala, absolyut termodinamik shkala va Farengeyt shkalasi bo'yicha hisoblangan harorat munosabati quyidagicha:

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

bu erda n – Farengeyt shkalasi bo'yicha graduslar soni.

Xozir 1968 yilda qabul qilingan va 1971 yil 1 yanvardan joriy etilgan Xalqaro amaliy harorat shkalasi (MIITIII-68) qo'llaniladi.

U absolyut termodinamik harorat shkaklasining qo'llanilishidan iborat. Bu shkala shunday tanlanganki, u bo'yicha o'lchangan harorat termodinamik haroratga yaqin bo'ladi. Ular orasidagi ayirma zamonaviy o'lchash aniqligi chegaralarida bo'ladi.

MIITIII-68 ning eng muhim o'zgarmas nuqtalari 3.1-jadvalda berilgan.

MPTSH-68 haroratning 13,81 dan 6300 K gacha oraliqda o'lchashni ta'minlaydi. MDX da MPTSH-68 dan tashqari haroratni 0,01 dan 100 000 K gacha chegarada bir xil o'lchashni amalga oshirish uchun mo'ljallangan amaliy harorat shkalalari ishlatiladi.

3.1.-жадвал

№	Muvozanat holatlari	Xalqaro amaliy haroratlarga berilgan qiymat	
1	2	3	4

1	Vodorodning qattiq, suyuq va gazsimon fazalari orasidagi muvozanat (vodorodning uchlik nuqtasi)	13,81	-259,34
2	33330,6 Pa (25/76 normal atmosfera bosimi) bosimida vodorodning suyuq va gazsimon fazalari orasidagi muvozanat	17,042	256,108
3	Vodorodning suyuq va gazsimon fazalari orasidagi muvozanat (vodorodning qaynash nuqtasi)	20,28	-252,87
4	Neonning suyuq va gazsimon fazalari orasidagi muvozanat (neonning qaynash nuqtasi)	27,102	-246,048
5	Kislorodning qattiq, suyuq va gazsimon fazalari orasidagi muvozanat (kislorodning qaynash nuqtasi)	90,188	-182,962
6	Suvning qattiq, suyuq va gazsimon fazalari orasidagi muvozanat (suvning uchlik nuqtasi)	273,15	0,01
7	Suvning qattiq, suyuq va gazsimon fazalari orasidagi muvozanat (suvning qaynash nuqtasi)	373,15	100
8	Misning qattiq, suyuq va gazsimon fazalari orasidagi muvozanat (misning qaynash nuqtasi)	692,73	41958
9	Kumushning qattiq, suyuq va gazsimon fazalari orasidagi muvozanat (kumushning qaynash nuqtasi)	1235,08	961,93
10	Oltinning qattiq, suyuq va gazsimon fazalari orasidagi muvozanat (oltinning qaynash nuqtasi)	1337,58	1064,43

3.2. Harorat o'lchash asboblari tasnifi

Zamonaviy harorat o'lchash asboblari turli usul va vositalarga ega. Har bir usul o'ziga xos bo'lib, universal xususiyatga ega emas.

Eng qo'lay, aniq va ishonchli o'lchash usullari haroratning birlamchi o'lchov asboblari sifatida qarshilikning termoo'zgartkichi va termoelektr o'zgartkichlardan foydalanadigan kontaktli usullardan iborat.

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

Haroratni nazorat qilish vositalarining mavjudligi nazorat qilinayotgan muhit, ob'ekt, ishlatilish sharoitlari va texnik talablarning turlichaligidadir.

Harorat o'lchash asboblari ishlash printsiplari qayd bo'yicha quyidagi guruxlarga bo'lanadi:

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

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

3. Harorat ta'sirida o'zgargan termoelektr yurituvchi kuchning o'zgarishiga asoslangan *termoelektr termometrlar*.

4. O'tkazgich va yarim o'tkazgichlarning harorati o'zgarishi sababli elektr qarshilikning o'zgarishiga asoslangan *Qarshilik termometrlari*.

5. *Nurlanish termometrlari*. Ular orasida eng ko'p tarqalganlari: a) optik pirometrlar—issiq jismning ravshanligini o'lchashga asoslangan; b) rangli pirometrlar — jismning Issiqlikdan nurlanish spektridagi energiyaning taqsimlanishini o'lchashga asoslangan; v) radiatsion pirometrlar—issiq jism nurlanishining quvvatini o'lchashga asoslangan.

2.2.–jadvalda sanoatda eng ko'p tarqalgan o'lchash vositalari va seriyali o'lchash vositalarining qo'llanilish chegaralari keltirilgan.

3.2- jadval

O'lchash vositasi turi	O'lchash vositalarining turli tumanligi	Davomli foydalanish chegarasi, °C
------------------------	---	-----------------------------------

1	2	3	4
Kengayish termometrlari	Suyuqlikka oid shisha termometrlar Dilatometrik va bimetalli termo-metrlar	- 200 - 150	600 700
Manometrik termometrlar	Gazli Suyuqlikli Bug' - suyuqlikli	- 150 - 150 - 50	1000 600 300
Termoelektr termometrlar	Termoelektr termometrlar	- 200	2500
Qarshilik termometrlari	Metall (o'tkazgichli) Qarshilik termo-metrlari Yarim o'tkazgichli Qarshilik termometrlar	- 260 - 272	1100 600
Pirometrlar	Kvazimonoxromatik pirometrlar Spektral nisbatli pirometrlar To'liq nurlanish pirometrlari	700 300 - 50	6000 2800 3500

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Harorat deb nimaga aytiladi?
2. Xalqaro amaliy harorat shkalasini izohlab bering.
3. Termodinamik harorat shkalasini izohlab bering.
4. Ideal gaz kinetik energiyasi va harorati o'rtasidagi bog'lanish ifodasini tushuntiring.
5. Harorat shkalasining tenglamasini tushuntiring.
6. Gradus tushunchasini izohlang.
7. Kelvin termodinamik shkalasidagi absolyut nol nuqta nechaga teng?
8. Termodinamik va Xalqaro amaliy shkala o'rtasidagi munosabatni tushuntiring.
9. Termodinamik, Xalqaro amaliy va Farengayt shkalalari o'rtasidagi munosabatni tushuntiring.
10. Kengayish termometrlari deb nimaga aytiladi?
11. Manometrik termometrlar deb nimaga aytiladi?
12. Termoelektr termometrlar deb nimaga aytiladi?

4-ma'ruza: KENGAYISH TERMOMETRLARI.

Reja:

- 4.1. Suyuqlikli shisha termometrlar
- 4.2. Dilatometrik termometrlar
- 4.3. Bimetalli termometrlar.

Tayanch iboralar: Termometrik moddalar, kengayish termometrlari, dilatometrik va bimetall termometrlar.

Adabiyotlar: 2, 3, 4, 5, 8, 10, 11.

4.1. Suyuqlikli shisha termometrlar

Harorat o'zgarishi bilan suyuqlik yoki qattiq jismlar hajmi yoxud chiziqli o'lchamlarining o'zgarishiga asoslangan termometrlar *kengayish termometrlari* deb ataladi. Kengayish termometrlari suyuqlikli, dilatometrik va bimetalli termometrlarga bo'linadi.

Suyuqlikli shisha termometrlar $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $+750\text{ }^{\circ}\text{C}$ gacha oralikdagi haroratni o'lchash uchun ishlatiladi. Shisha termometrlarning ishlatilish usuli sodda, aniqligi etarli darajada yuqori va arzon bo'lganligi sababli laboratoriya va sanoatda keng tarqalgan.

Suyuqlikli termometrlarning ishlash printsipli termometr ichiga o'rnatilgan termometr suyuqligining hajmi harorat kutarilishi yoki pasayishida o'zgarishiga asoslangan. Shisha termometrlarning suyuqligi sifatida simob, toluol, etil spirti, kerosin, petroley efir, pentan va boshqalar ishlatiladi. Ularning qo'llanish chegaralari 4.1-jadvalda ko'rsatilgan.

Suyuqlikli (shisha) termometrlar orasida eng ko'p tarqalgani simobli termometrlardir.

Simob kengayish koeffitsientining kichikligi termometriya nuqtai nazaridan uning kamchiligi hisoblanadi. Suyuqlikning Issiqlikdan kengayishi hajmiy kengayish koeffitsienti bilan xarakterlanadi. Bu koeffitsient quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\beta_{t_1 t_2} = \frac{V_{t_2} - V_{t_1}}{V_0(t_2 - t_1)}, 1/\text{град}, \quad (4.1)$$

bu erda V_{t_1} va V_{t_2} - suyuqlikning t_1 va t_2 haroratlardagi hajmi; V_0 – shu suyuqlikning 0 °C dagi hajmi;

β koeffitsient qancha katta bo'lsa, hajmiy kengayish haroratining 1 °C ga o'zgarishiga shuncha ko'proq moslashadi. Texnikada qo'llaniladigan suyuqlikli shisha termometrlar quyidagi turlarga bo'linadi:

- 1.Ko'rsatishlariga to'zatis kiritilmaydigan termometrlar: a) simobli termometrlar (- 35 dan + 600C ° gacha); b) organik suyuqlikli termometrlar (- 200 dan + 200 °C gacha).
- 2.Ko'rsatishlariga pasportga binoan to'zatis kiritiladigan termometrlar: a) aniqlik darajasi yuqori simobli termometrlar (- 35 dan + 600 °C gacha); b) aniq o'lchovlarga mo'ljallangan simobli termometrlar (0 dan + 500 °C gacha); v) organik suyuqlikli termometrlar (- 80 dan + 100 °C gacha).

Termometrlarga solinadigan suyuqliklar

4.1-jadval

Suyuqliklar	Qo'llanish chegaralari, 0S da	
	pastki	Yuqori
Simob	-35	750
Toluol	-90	200
Etil spirt (etanol)	-80	70
Kerosin	-60	300
Petroley efir	-120	25
Pentan	-200	20

Tayoqcha shaklidagi termometr qalin devori, tashqi diametri 6 ...8 mm ga teng qilib tayyorlangan kapillyar naychadan iborat. Ularning shkalasi bevosita kapillyarning sirtiga darajalanadi.

Shkalasi ichiga o'rnatilgan termometrlarda kapillyar naychasi ingichka devorli bo'lib, simob rezervuari kengaytirilgan. Shkala darajasi yassi shisha plastinada joylashgan.

Xozirgi vaqtda shkalasi ichiga o'rnatilgan yoki burchakli texnik termometrlar ishlab chiqiladi. Yuqori darajali termometrlarda kapillyardagi suyuqlik ustidagi to'liq inert gaz bilan to'ldiriladi. Haroratning ma'lum darajada saqlanishi avtomatik ta'minlash va uning ma'lum qiymatini signalizatsiya qilish uchun elektr kontaktli termometrlar qo'llaniladi.

O'lchash hatolariga sabab bo'ladigan eng asosiy faktorlardan biri nol nuqtasining o'zgarishi hamda termometrning o'lchanayotgan muhitga kirish chuqorligining har xilligidir.

Termometrni o'lchanayotgan muhitga to'liq kiritib bo'lmasligi, unda uning rezervuari va suyuqlik ustuni turli haroratda bo'ladi. Chiqib turgan ustunga to'zatma quyidagi formula bo'yicha kiritiladi.

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

n – chiqib turgan ustundagi darajalar soni; β – shishadagi suyuqlikning kengayish koeffitsienti, $1/^\circ\text{C}$; t_2 – termometr ko'rsatayotgan harorat, $^\circ\text{C}$; t_1 – rezervuar chiqib turgan ustunning o'rtacha harorati.

Ishlatish turiga qarab suyuqlikli shisha termometrlar quyidagi turlarga bo'linadi:

1. Shkalasi ichiga o'rnatilgan simobli, to'g'ri (4.1 - rasm, a) va burchak texnik termometrlar (4.1- rasm, b, v). Texnik termometrlarning 11 xili chiqariladi. O'lchash chegarasi – 30 dan 600 $^\circ\text{C}$ gacha.

2. Tayoqcha shaklidagi yoki shkalasi ichiga o'rnatilgan simobli laboratoriya termometrlari (3.1- rasm, g, d). O'lchash chegarasi – 30 $^\circ\text{C}$ dan 600 $^\circ\text{C}$ gacha. Shkala bo'linmasining qiymati 0,1 va 2 $^\circ\text{C}$.

3. Shkalasi tashqariga o'rnatilgan tayoqcha shakldagi spirtli termometrlar. O'lchash chegarasi – 200 $^\circ\text{C}$ dan 200 $^\circ\text{C}$ gacha. Shkala bo'linmasining qiymati 0,2 dan 5 $^\circ\text{C}$ gacha.

4. Aniqlik darajasi uta yuqori simobli va namuna termometrlar. Shkala bo'linmasining qiymati 0,01 $^\circ\text{C}$ dan 0,1 $^\circ\text{C}$ gacha. O'lchash chegarasi 4 $^\circ\text{C}$ dan 50 $^\circ\text{C}$ gacha.

5. Simobli elektr kontaktli termometrlar (4.1- rasm, j). O'lchash chegarasi – 30 $^\circ\text{C}$ dan 300 $^\circ\text{C}$ gacha.

6. Metrologik, meditsina, qishloq hujaligi va boshqa maqsadlarda ishlatiladigan maxsus termometrlar. (4.1 - rasm).

Suyuqlikli shisha termometrlarning kamchiligiga shkala bo'yicha hisoblash noqo'layligi, ko'rsatishlarni qayd qilib, ularni masofaga o'zati bo'lmasligi, Issiqlik inertsiasining kattaligi va asboblarning mexanik nuqtai nazaridan mustaxkam emasligi kiradi.

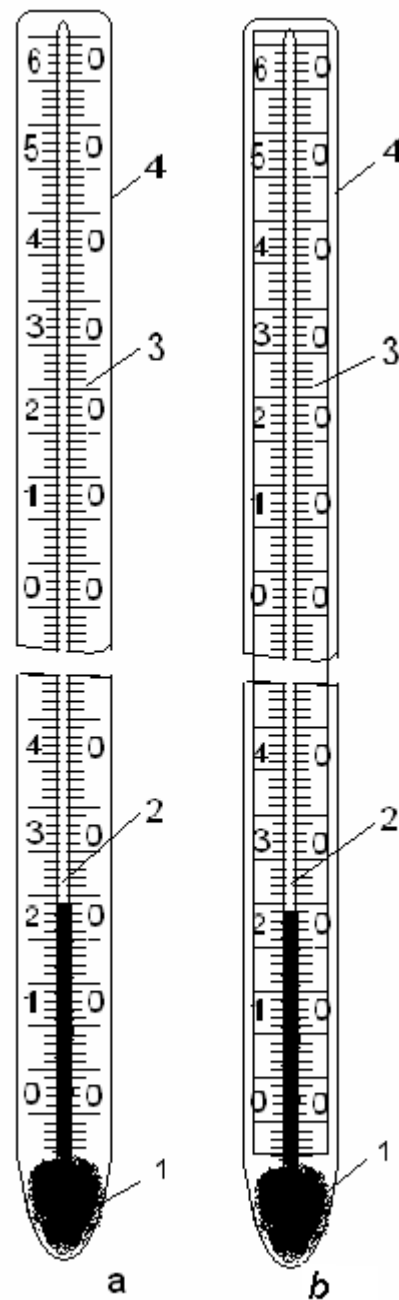
4.2. Dilatometrik termometrlar

Dilatometrik va bimetalli termometrlarning ishlash printsipi harorat o'zgarishida qattiq jism chiziqli miqdorining o'zgarishiga asoslangan. Qattiq jism chiziqli miqdorining o'zgarishi formulasi quyidagicha ifodalanadi:

$$l_t = l_0 (1 + \beta_2 t) \quad (4.3)$$

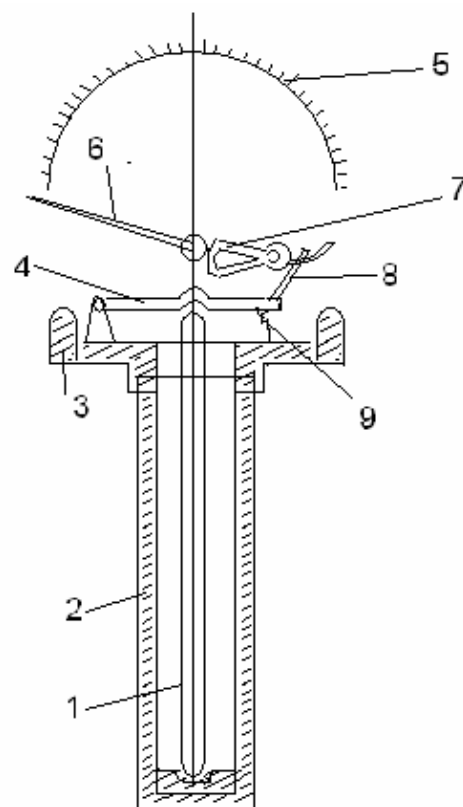
l_t – t haroratda qattiq jism o'zunligi; l_0 – shu jismning 0 $^\circ\text{C}$ dagi o'zunligi; β_2 – o'rtacha chiziqli kengayish koeffitsienti.

4.2-rasmda dilatometrik termometrning to'zilish sxemasi keltirilgan.



4.1-rasm. Termometr.

Bu asborda sezgir element sifatida katta chiziqli kengayish koeffitsientiga ega bo'lgan materialdan (jez va mis) tayyorlangan naycha 2 qo'llanilgan. Korpus 3 ga kavsharlangan naycha ichida sterjen 1 joylashgan. Sterjen chiziqli kengayish koeffitsienti kichik bo'lgan material (masalan, invar) dan ishlangan. O'lchanayotgan muhit harorati kutarilishi bilan naycha 2 o'zayadi. Bu hol sterjen 1 ning sinishiga olib keladi. Shunda prujina 3 shayn 4 ning bush tomonini pastga tushiradi, o'z navbatida u tortqi 8 va tishli sektor 7 orqali strelka 6 va uning uqi atrofida aylantiradi. Strelka esa shkala 5 da o'lchanayotgan harorat qiymatini ko'rsatadi.



4.2-rasm. Dilatometrik termometrning tuzulish sxemasi

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 ta'sirida chiqariladi, ularning yuqorigi o'lchash chegarasi 500 (S gacha. 150 (S dan oshmagan haroratlar uchun naycha jezdin, sterjen esa invardan ishlanadi, undan yuqori haroratlar uchun naycha zanglamas pulatdan, sterjen esa kvartsdan ishlanadi.

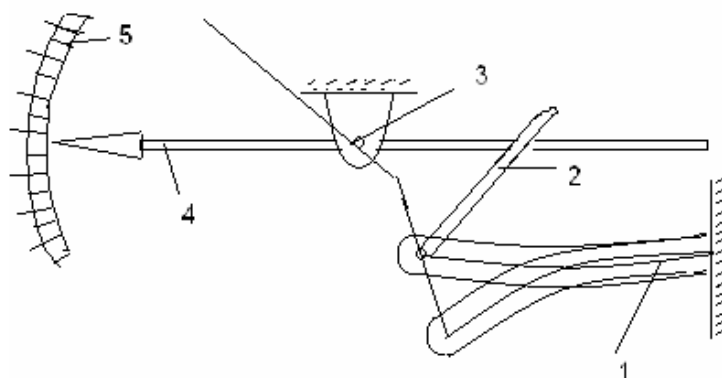
Afzalliklari: ishonchliligi va sezgirligi yuqori. Kamchiliklari: asboba o'lchamlarining kattaligi, haroratning bir nuqtada emas, balki hajmda o'lchanishi, Issiqlik inertsiyasining kattaligi, ko'rsatkichlarni masofaga o'zlash mumkin emas.

4.3.Bimetall termometrlar

Bimetall termometrlarning sezgir elementi kavsharlangan ikkita plastinadan tayyorlangan prujinadan iborat. Bu plastinalar Issiqlikdan kengayish harorat koeffitsienti turlicha bo'lgan metallardan tayyorlanadi. Harorat o'zgariganda plastinalar o'zayadi.

Plastinalar bir – biriga nisbatan siljiy olmaganligi sababli prujina Issiqlikdan kengayish harorat koeffitsienti farqi qancha katta bo'lsa, prujinaning harorat o'zgarishidagi og'ishi shuncha ko'p bo'ladi.

4.3– rasmda yassi plastinkali bimetall termometrning to'zish sxemasi ko'rsatilgan. Harorat o'zgarishi bilan bimetall prujina 1 pastga egiladi. Tortqi 2 strelka 4 ni o'z 3 atrofida aylantiradi. Strelka shkala 5 da o'lchanayotgan harorat qiymatini ko'rsatadi. Sezgir element sifatida yoysimon yoki vintsimon spiralar qo'llaniladi. Bimetall termometrlar bilan haroratni o'lchash chegarasi – 150 (S dan + 500 (S gacha, xtos 1...1,5 %. Bu turdagi termometrlar haroratni ma'lum darajada avtomatik ravishda saqlash va signalizatsiya



4.3-rasm. Bimetall termometrning tuzulish sxemasi

uchun qo'llaniladi.

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Kengayish termometrlari deb nimaga aytiladi?
2. Kengayish termometrlari qanday turlarga bo'linadi?
3. Shishali suyuqlikli termometrlarni to'zishini izohlab bering.
4. Shishali suyuqlikli termometrlarda termometrik modda sifatida nima ishlatiladi?
5. Shishali suyuqlikli termometrlarga termometrning to'liq o'lchash muhitiga cho'kmasligidan kiritiladigan qo'shimchani izohlab
6. Suyuqlikli shisha termometrlarning o'lchov diapazoni qancha?
7. Suyuqlikli shisha termometrlarning qanday turlari mavjud?
8. Termometrik moddalarga qanday moddalar kiradi?
9. Toluolning qo'llanish chegarasi qancha?
10. Dilatometrik termometr deb nimaga aytiladi?
11. Bimetalli termometrlarning o'lchov chegarasini ko'rsating.
12. Kengayish termometrlari deb nimaga aytiladi?

5-ma'ruza: MANOMETRIK TERMOMETRLAR.

Reja:

- 5.1. Manometrik termometrlar haqida umumiy ma'lumotlar.
- 5.2. Gazli manometrik termometrlar.
- 5.3. Suyuqlikli manometrik termometrlar.
- 5.4. Kondensatsion manometrik termometrlar.

Tayanch iboralar: termoballon, kapillyar naycha, manometrik prujina, ish moddasi, kompensatsion qo'rilma, kondensatsion termometr.

Adabiyotlar: 2, 3, 4, 5, 9, 11.

5.1. Manometrik termometrlar haqida umumiy ma'lumotlar

Manometrik termometrlar texnikaviy asbob bo'lib, termosistemaning ish moddasi jixatidan gazli, suyuqlikli va kondensatsion termometrlarga bo'linadi. Bu asboblarda suyuqlik va gazsimon muhitlarda – 150°C dan $+1000^{\circ}\text{C}$ gacha bo'lgan haroratlarni o'lchashga muljallangan.

Manometrik termometrlar ko'rsatuvchi va o'ziyozar qilib ishlanadi, o'ziyozar termometrlarga doiraviy yoki lentasimon diagramma qog'ozi quyiladi. Diagramma qog'ozi sinxron dvigatel, ba'zi turlarida esa soat mexanizmi ishga tushiradi.

Manometrik termometrlar kimyo sanoatida keng ishlatiladi. Uni asosan portlash xavfi bor joylarda ishlatish mumkin u holda diagramma qog'ozi soat mexanizmi aylantiradi. Manometrik termometrlarning sxemasi 5.1–rasmda keltirilgan. Asbob termoballon 1, kapillyar 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 povodok 5 yordamida sektor 6 bilan bog'langan. Bu sektor o'z navbatida tribka 7 bilan tishli ilashish vositasida ulangan. Tribka 7 ning o'qiga strelka 8 o'rnatilgan. Uzatish mexanizmidagi oraliqni to'ldirish uchun spiral tola 9 o'rnatilgan, uning ichki o'ramining uchi tribka o'qiga ulangan.

Asbob sistemasi (termoballon, kapillyar va manometrik prujina) ish moddasi, asosan gaz va suyuqlik bilan boshlang'ich bosimda to'ldiriladi. Termoballon isishi bilan ish moddasi germetiklangan termosistemadagi bosimi oshadi, buning natijasida prujina yoyila boshlaydi va uning bo'sh uchi siljiydi. Prujina bo'sh uchining siljishi uzatish mexanizmi orqali (povodok, sektor va tribka) ko'rsatkichning holati bo'yicha hisobga olinadi. Termoballon odatda zanglamas pulatdan ishlanadi, kapillyar esa jezdan yoki pulatdan ishlanib, uning tashqi diametri 2,5 mm, ichki diametri esa 0,35 mm ga teng bo'ladi. Asbob vazifasiga ko'ra kapillyar naychaning uzunligi turlicha (0,6 m dan 60 m gacha) bo'ladi.

Manometrik termometrlarda bir chulg'amli, ko'p chulg'amli (6 dan 9 gacha) va spiralli manometrik naychalar ishlatiladi.

5.2. Gazli manometrik termometrlar.

Gazli manometrik termometrlarning ishlash printsipli germetik berkitilgan termosistemadagi 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 ni tashkil qiladi. Bu termometrlar 1500S dan + 10000S gacha haroratlarni o'lchashga imkon beradi. Gazli termometrlarning ish moddasi sifatida asosan azot ishlatiladi.

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

$$P_t = P_0 [1 + \beta(t - t_0)], \quad (5.1)$$

bunda P_0 va P_t - gazning 0 va t haroratlardagi bosimi, β - gaz kengayishining termik koeffitsienti; t_0 va t - $^{\circ}\text{C}$ da berilgan boshlang'ich va sunggi haroratlar.

Termometr shkalasi tekis chiqadi, bu esa uning afzalligi hisoblanadi.

Haroratlar farqi tufayli bosimning o'zgarishi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

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

Gaz bilan to'ldirilgan termometr sistemasidagi boshlang'ich bosim

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

Termometr sistemasidagi 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 hato paydo bo'lishiga sabab bo'ladi. Bu hatoni quyidagi taqribiy formuladan hisoblab chiqish mumkin:

$$\Delta t_m = \frac{g_m}{g_o}(t_m - t_0), \quad (5.4)$$

bunda g_m - manometrik prujinaning hajmi, g_o - Termoballonning hajmi; t_m - manometr atrofidagi $^{\circ}\text{C}$ da berilgan harorat, t_0 - asbob darajalangan vaqtdagi harorat (20°C)

Kapillyar naychaning isishidan kelib chiqqan hato:

$$\Delta t_k = \frac{g_k}{g_o}(t_k - t_0), \quad (5.5)$$

bunda g_k - kapillyar naychaning hajmi; t_k - manometr atrofidagi $^{\circ}\text{C}$ da berilgan harorat.

Termoballon hajmi termometr hajmining 90% ni tashkil etadi. Termoballon, kapillyar va naychali prujinalarning nisbiy hajmlari to'g'ri tanlangan tarzda kapilyarlari 40 metr uzunlikdagi termometrlar harorat kompensatsiyasiz etarli darajada aniq ishlay oladi. Kapillyar juda ham uzun bo'lsa, termoballonning kerakli hajmi xaddan tashqari kattalashadi, natijada asbobning Issiqlik inertsiasini oshib ketadi. Bunday xollarda kompensatsion qo'rilmalardan foydalaniladi.

Gazli manometrik termometr termoballonning uzunligi 400 mm dan ortmasligi lozim, termoballon diametri ushbu: 5,8,10,12,16,20,25 va 30 mm (GOST 86 24 .80) qatordan tanlanadi. Kapilyar uzunligi 0,6 m dan 60 m gacha bo'lishi mumkin.

Maxsus tayyorlangan gazli manometrik termometrlar 0°C dan past haroratlarni o'lchash uchun ham ishlatiladi. Masalan, vodorod gazli termometr – 250°C gacha, geliylisi esa - 267°C gacha haroratlarda ishlatiladi.

Gazli manometrik termometrlarning o'ziga xos kamchiliklaridan biri, ularning Issiqlik inertsiyasining kattaligidir. Buning sababi termoballon devorlari bilan uni to'ldirgan gaz o'rtasidagi issiqlik almashish koeffitsientining kichikligi va gazning issiqlik o'tkazish qobiliyatining kamligidir.

5.3.Suyuqlikli manometrik termometrlar

Suyuqlikli manometrik termometrlar sistemasi boshlang'ich bosimi ostida suyuqlik bilan to'ldiriladi. Buning uchun simob, ksilol, propil, alkohol, metanksilol va hokazolar ishlatiladi. Suyuqlikli termometrlar uchun bog'lovchi kapillerlar uzunligi 0,6 dan 10 metrgacha bo'ladi. Bu termometrlar – 150°C dan $+600^{\circ}\text{C}$ gacha bo'lgan haroratlarni o'lchashga imkon beradi.

Termoballon harorati t_0 dan t gacha orttirilganda undagi suyuqlik kengayadi, ortiqcha hajm kapilliyarga va manometrik prujinaga siqiladi. Termoballon va kapilyar qattiqligi manometrik prujinanikidan anchagina ko'p, shuning uchun sistema hajmining orttirilishi manometrik prujina hajmining o'zgarishi hisobidan bo'ladi. Manometrik naychaning deformatsiylanishi natijasida uning erkin uchi siljiydi.

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

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

bunda $\Delta\rho$ - berilgan bosimning o'zgarishi, H/M^2 ; β - berilgan suyuqlikning hajmiy kengiyish koeffitsienti, $1/\text{grad}$; μ - berilgan suyuqlik hajmining kengayish koeffitsienti, M^2/H ; Δt - haroratning o'zgarishi, $^{\circ}\text{C}$.

Termoballondan siqib chiqarilgan ortiqcha suyuqlik hajmi quyidagi formula orqali hisoblanadi:

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

bunda V_0 - t_0 haroratda termoballondagi suyuqlik hajmi; α - termoballon materiali chiziqli kengayishining harorat koeffitsienti; β - suyuqlik hajmiy kengiyishining koeffitsienti

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

Termometrdagi suyuqlik qaynab ketmasligi uchun undagi boshlang'ich bosim $1,47 \dots 1,96 \text{ mH/M}^2$ ($15 \dots 50 \text{ kg/sm}^2$) ga Etkaziladi.

Atrof-muhit haroratining o'zgarishidan kelib chiqadigan hatolik suyuqlikli termometrlarda gazli termometrlarga qaraganda katta. Bu hatoliklar gazli termometrlar uchun hisoblanadigan formulalar yordamida hisoblanadi. Kapilyar haroratining o'zgarishida ayniqsa hatoliklar yuzaga keladi. Shu bilan kapillyarning uzunligi katta bo'lganda kompensatsion qo'rilmalardan foydalaniladi.

Unda asosiy kapilyar bilan bir qatorda qushimcha kapilyar ham bor. Uning bir uchi termoballon yaqinida ta'mirlab berkitilgan bo'lib, ikkinchi uchi esa yordamchi prujina bilan ulangan. Ikkala kapilyar ikkala prujina ham bir xil xarakteristikaga ega. Ikkala prujina bir-biriga teskari yo'nalishda harakat qiladi. Bu bilan atrof-muhit haroratining asbob ko'rsatishiga ta'siri yo'qotiladi. Suyuqlikli manometrik termometrlarning aniqlik sinfi 1; 1,5 va 2,5.

5.4.Kondensatsion manometrik termometrlar.

Manometrik kondensatsion (bug'-suyuqlikli) termometrlar -50°C dan $+300^{\circ}\text{C}$ gacha haroratlarni o'lchaydi. Kondensat sifatida freon (SHF_2Cl , - 25°C $+80^{\circ}\text{C}$ gacha); propilen (S_3N_6 , - 50°C $+60^{\circ}\text{C}$ gacha); xlorid metil (SN_3Cl , 0 $+125^{\circ}\text{C}$ gacha); atseton ($\text{S}_3\text{N}_6\text{O}$,

100°C+200°C gacha); etil benzol (S8N10, 160°C+300°C gacha) va hokazolar ishlatiladi.

Bu termometrlarning termoballonlari hajmining 2/3 qismi past haroratda qaynaydigan suyuqlik bilan to'ldiriladi. Termometrlarning berk sistemasida doim bug'lanish va kondensatsiyalanishning dinamik muvozanati mavjud. Harorat kutarilishi bilan birga bug'lanish kuchayib, bug'ning elastikligi o'sadi, shuning uchun kondensatsiyalanish jarayoni kuchayadi. Buning natijasida tuyingan bug' ma'lum haroratda mos muayyan bosimga erishadi. Bug' bosimi harorat o'zgarishi bilan o'zgarib, kapillyarni to'ldirgan muhit orqali manometrik naychaga utadi.

Tuyingan bug' bosimining o'zgarishi harorat o'zgarishiga proportsional emas, shuning uchun kondensatsion termometrning shkalasi notekis chiqadi. Termoballon o'lchamlari kichik (diametri 10-12 mm, uzunligi 80-125 mm).

Termometr sistemasidagi bosim o'lchanayotgan haroratning yuqori chegarasida 3,5 MN/m² dan oshmaydi, pastki chegarasida esa bir necha yuz KN/m² ni tashkil etadi. Manometrik termometrlar ichida kondensatsion termometrlar eng kam kechikishga ega. Aniqlik sinfi – 1,5; 2,5; 4.

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Manometrik termometrlar deb nimaga aytiladi?
2. Manometrik termometrlar qanday turlarga bo'linadi?
3. Gazli manometrik termometrlar o'lchov diapazoni kancha?
4. Gazli manometrik termometrlar qanday turlari mavjud?
5. Suyuqlikli manometrik termometrlar o'lchov diapazoni kancha?
6. Manometrik termometrlardan qaysi sohada ko'prok foydalaniladi?
7. Kondensatsion manometrik termometrlar o'lchov diapazoni kancha?
8. Suyuqlikli manometrik termometrning aniqlik sinfini ayting
9. Maxsus tayyorlangan gazli manometrik termometrlar qanday quyi haroratlarni o'lchaydi?
10. Manometrik termometrlarni to'zilishini izohlab bering.
11. Gazli manometrik termometrlarni to'zilishini, ishlash uslubini, ish moddasini, o'lchash oralig'ini izohlab bering.
12. Suyuqlikli manometrik termometrlarni to'zilishini, ishlash uslubini, ish moddasini, o'lchash oralig'ini izohlab bering.
13. Kondensatsion manometrik termometrlarni to'zilishini, ishlash uslubini, ish moddasini, o'lchash oralig'ini izohlab bering.

6-ma'ruza: TERMOELEKTRIK TERMOMETRLAR.

Reja:

- 6.1. Termoelektrik termometrlar haqida umumiy ma'lumotlar.
- 6.2. Termoelektr zanjirlar.
- 6.3. Uzatuvchi termoelektrod simlari.

Tayanch iboralar: Termoelektr termometr, termojuft, TEUK, issiq ulanma, sovuq ulanma, termoelektr zanjirlar.

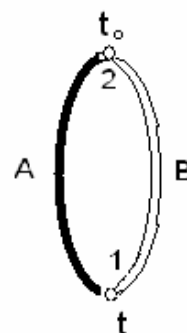
Adabiyotlar: 2, 4, 6, 7, 8, 10, 11.

6.1. Termoelektrik termometrlar haqida umumiy ma'lumotlar.

Haroratni o'lchashning termoelektr usuli termoelektr termometr (termojuft) termo TEUK ining uning haroratiga bog'liqligiga asoslangan.

Bu asbob – 200 °C dan +2500 °C gacha haroratlarini o'lchashda texnikaning turli sohalarida ilmiy – texnikaviy ishlarda keng qo'llaniladi.

Termoelektr termometrlar yordamida haroratni o'lchash 1821 yilda Zeebek tomonidan kashf etilgan termoelektr hodisasiga asoslangan. Bu hodisa ikki xil metall simdan iborat zanjirda ularning kavsharlangan joyida haroratlar farqi hisobiga hosil bo'ladigan TEUK effektiga asoslangan (6.1-rasm)



6.1-rasm. Ikki xil o'tkazgichli termoelektrik zanjir

Termojuftning o'lchanayotgan muhitga tegib turgan qismi t, 1 (issiq ulanma), o'zgaras t₀ muhitdagi joyi 2 (sovuq ulanma) deyiladi. A va V lar termoelektrodlar deyiladi. Bunday kavsharlangan o'tkazgichlar termojuftlar deyiladi, ularda hosil bo'lgan EUK, termo elektr yurituvchi kuch (TEUK) deyiladi.

TEUK hosil bo'lish sababi erkin elektronlar zichligi ko'prok metalning erkin elektronlar zichligi kamroq metalga diffuziyasi bilan izohlanadi.

Ikki xil metal simning 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 V metallar orasida potentsiallar ayirmasi paydo bo'ladi.

Agar kavsharlangan o'tkazgichlar bir xil bo'lsa va ularning ikki uchi turlicha haroratda qizdirilsa, u holda o'tkazgichning issiqroq qismdan sovuqroq qismiga bush elektronlarning teskari yo'nalishdagi diffuziyasi jadalroq bo'ladi. Potentsiallar ayirmasi elektronlarning Issiqlik diffuziyasiga teskari yo'nalishda ta'sir qiladi, buning natijasida muvozanat holati qaror topguncha o'tkazgichning issiqroq uchi (+) ishorada zaryadlanadi. Binobarin har xil A va V o'tkazgichlardan tashkil topgan eng sodda termoelektr zanjirda 4 ta turlicha TEUK hosil bo'ladi. Ya'ni 2 ta TEUK A va V o'tkazgichlarning kavsharlangan uchida; 1 ta TEUK A o'tkazgichning uchida; 1 ta TEUK V o'tkazgichning uchida. Shuni nazarda tutib 6.1 – rasmda tasvirlagan zanjirdagi TEUKni aniqlash mumkin. Zanjirni soat strelkasiga teskari yo'nalishda kuzatsak quyidagicha natija chiqadi:

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

bu Erda $E_{AB}(t, t_0)$ - ikkala faktor ta'siridagi jami TEUK; $\ell_{AB}(t)$ va $\ell_{BA}(t_0)$ - A va V o'tkazgichlar uchidagi potentsiallar hamda haroratlar ayirmasi natijasida hosil bo'lgan TEUK.

Agar kavsharlangan uchlarning harorati bir xil bo'lsa TEUK nolga teng bo'ladi, chunki ikkala kavsharda ham hosil bo'lgan TEUK ning qiymati teng bo'lib, uzaro qarama-qarshi tomonga yo'nalgan bo'ladi, demak, $t=t_0$ bo'lsa,

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

$$\ell_{AB}(t_0) = -\ell_{BA}(t_0), \quad (6.3)$$

(6.3) ni (6.1) ga qo'ysak,

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

(6.4) tenglamadan ko'rinib turibdiki, TEUK 2 ta o'zgaruvchan t va t_0 haroratning murakkab funktsiyasidan iborat ekan.

Ulanmalardan birining harorati o'zgarmas, masalan $t=t_0$ bo'lsa, unda

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

(6.5) ifoda mazko'r termojuft uchun darajalash yo'li bilan TEUK va harorat nisbatini topish, haroratni o'lchash masalasini teskari Echish kerakligini, ya'ni termojuftning TEUKini o'lchash bilan haroratning qiymatini aniqlash mumkinligini bildiradi.

O'lchash asbobi ulash uchun ulanmalardan biridagi zanjirini (6.2-rasm, a) yoki termoelektrodlardan birini o'zish (6.2-rasm, b) kerak.

Termojuft zanjiriga uchinchi C o'tkazgichni ulash variantlaridagi jamlangan TEUKini ko'rib chikamiz 6.2-rasm, a dagi variant uchun:

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

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

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

bu tenglamadan ma'lumki,

$$\ell_{BC}(t_0) + \ell_{AB}(t_0) = -\ell_{AB}(t_0), \quad (6.8)$$

(6.8) ni (6.6) ga qo'yib chiqsak (6.4) tenglama kelib chiqadi. 6.2-rasm, b dagi variant uchun:

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

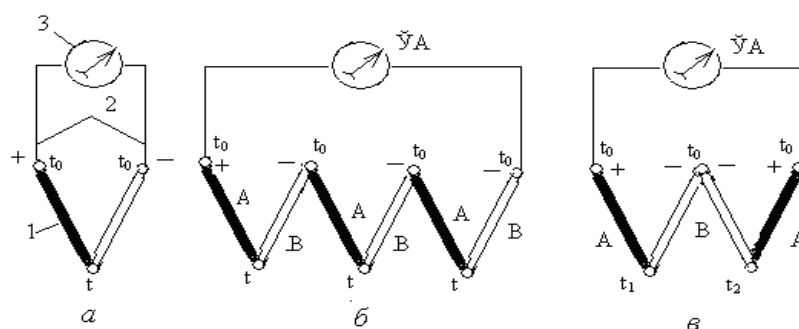
Agar $\ell_{BC}(t_1) = -\ell_{CB}(t_1)$ va $\ell_{BA}(t_0) = -\ell_{AB}(t_0)$ hisobga olinsa, (6.9) tenglama (6.4) tenglamaga aylanadi.

Bundan quyidagi muhim hulosani chiqarish mumkin: termojuftning zanjiriga uchlaridagi harorati bir xil bo'lgan uchinchi o'tkazgich ulanganda ham TEUK o'zgarmaydi. Demak, termojuft zanjiriga ulash simlari, o'lchov asboblari va qarshiliklarni ulash mumkin ekan.

Erkin uchlardagi harorati t_0 ga $t_0 \neq 0$ bo'lganda tuzatish kiritish uchun termoelektrometr hosil qiladigan termoelektr $E(t, t_0)$ ga uchun $E(t_2, 0)$ ni qushish lozim; shunda termoelektr $E(t, 0)$ qiymati topiladi:

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

Haroratni o'lchashga oid alohida masalalarni Echish uchun termoelektrometrlarni o'lchash asbobi bilan ulashning turli usullari qo'llaniladi



6.3-rasm. Termoelektrik zanjirlar:
a)-termometrni o'lchov asbobiga ulash;
b)-termobatareya; c)-differentsial termometr.

6.3-rasmda termoelektrni o'lchash asbobiga ulash sxemasi keltirilgan. Termoelektr komplektiga termojuft 1, ulash simi 2 va o'lchov asbobi 3 kiradi.

Termoelektr termometrlarni o'zgartirish ko'effitsientini orttirish uchun bir necha termojuftlarni ketma-ket ulashda foydalaniladi. (6.3-rasm, b).

Ikki nuqta orasidagi harorat farqini o'lchash uchun differentsial termoelektr termometr qo'llaniladi. U ikkita qarama-qarshi ulangan bir xil termometrlardan tuzilgan. (6.3-rasm, v).

MDX mamlakatlarida SEV (ST SEV 1059-78) standartlariga ko'ra quyidagi metall elektrodli termoelektr termometrlar qo'llaniladi. Ularning tavsiflari 6.1-jadvalda keltirilgan.

Standart termoelektr termometrlar

6.1-jadval

№	Termoelektr termometr termojufti turi	Darajalash belgisi, yangisi (eskisi)	O'lchash chegarasi, °C	Yuqorigi o'lchash chegarasi, °C	
				Uzok vaqt qo'llanil ganda	Kiska vaqt qo'llanil ganda
1	Miss –kopelli	-	-200	100	600
2	Miss-mis-nikelli	T	-200	400	600
3	Temir-mis-nikelli	J	-200	700	900
4	Xromel-kopelli	(XK)	-50	600	800
5	Nikelxrom-mis-nikelli	E	-100	700	900
6	Nikelxrom-nikel-alyuminiyli (xromel-alyumelli)	(XA)	-200	1000	1300
7	Platinorodiy (10%)-platinali	S(III)	0	1300	1600
8	Platinorodiy (30%)-Platinarodiyli (6%)	B(II)	300	1600	1800
9	Volframreniy (5%)-Volframreniyli (20%)	(BP)	0	2200	2500

6.2. Termoelektr materiallar va o'zgartkichlar

Turli o'tkazgichlarning ixtiyoriy jufti termoelektr o'zgartkichni tashkil etishi mumkin, ammo har bir juftlik ham amalda qo'llanishga yarayvermaydi. Buning uchun materiallar yuqori haroratlar ta'siriga chidamlilik, TEUK ning vaqt bo'yicha o'zgarmasligi, uning iloji boricha katta qiymatga ega bo'lishi va haroratga bir qiymatli bog'liqligi, qarshilik harorat ko'effitsientining katta bo'lmasligi va katta elektr o'tkazuvchanlik kabi xususiyatlarga ega bo'lishi kerak.

Barcha materiallar va qotishmalar uchun TEUKning haroratga funksional bog'liqligi murakkab bo'lib, uni analitik ifodalash ancha qiyin. Platinorodiy-platina jufti bundan mustasnodir. Bu juftlik uchun TEUK bilan harorat orasidagi bog'lanish 300 °C dan 1300 °C gacha bo'lgan oralikda sovuq ulanma harorati 0 °C bo'lganda Etarlicha aniqlikda parabolaga mos keladi:

$$E(t, t_0) = a + bt + ct^2, \quad (6.11)$$

bunda a, b va c surma (630,5 °C), kumush (960,8 °C) va oltin (1068,0 °C) larning kotish harorati bo'yicha aniqlangan doimiylar.

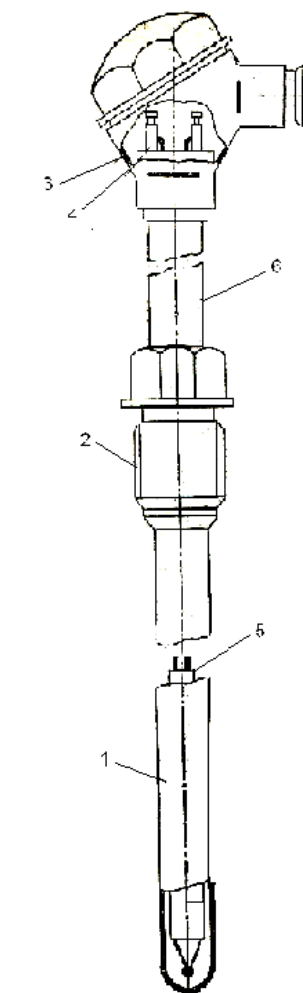
Xromel-kopelli (56% Si + 44 % Ni) termoelektr termometrlar standart termometrlar orasida eng katta o'zgartish koeffitsientiga ega (70-90mKB/°C) Termoelektrod diametri 1mm dan kam bo'lgan termometrlar uchun chegaraviy qo'llanish davri 600 °C dan kam, va masalan, diametri 0,2...0,3 mm bo'lgan termoelektrodlar uchun faqat 400 °C ni tashkil etadi. Yuqorigi o'lchash chegarasi kopelli elektrodlar xarakteristkalarining barqarorligiga bog'liq.

Nikelxrom – nikel-alyuminiyli (94% Ni + 2% Al + 2,5% Mn + 1%Si + 0,5% kushilma) termometrlar turli muhit haroratlarini keng chegaralarda o'lchash uchun qo'llaniladi. Qo'llanishning yuqorigi chegarasi termoelektrod diametriga bog'liq. Diametri 3-5 mm bo'lgan termoelektrodlar uchun qo'llanishning yuqorigi chegarasi nikel-xrom-nikel-alyuminiyli termometrlarda 1000 °C ni tashkil etadi. 0,2-0,3 mm diametr uchun 600 °C dan ortiq emas.

Platinorodiy (90% platina + 10 % rodii) – platinali termoelektr termometrlar uzun vaqt davomida 0 dan 1300 °C harorat oraligida, kiska vaqt davomida 1600S gacha bo'lgan oralikda ishlashi mumkin.

Platinorodiy (30% rodiiyli) – platinarodiiyli (6% rodiiyli) termoelektr termometrlar uzun vaqt davomida haroratlarning +300 °C dan to 1600 °C gacha oraligida, kiska vaqt davomida 1800 °C gacha qo'llaniladi.

Termoelektr generator termoelektr sovitgich va turli o'lchov asboblari yarim o'tkazgichli termojuftlar ishlatiladi. Ularning TEUKi metall va metall qotishmalardan ishlangan oddiy termojuftlar TEUKdan 5-10 marta ko'p. Bu termojuftlarda termoelektrod materiallari sifatida ZnSb va CdSb qotishmalari ishlatiladi.



6.4-rasm. Termoparaning konstruktiv sxemasi.

6.3.Uzatuvchi termoelektrod simlari

Termoelektr termometrlarni o'lchov asbobi bilan ulaydigan simlar shunday materialdan tayyorlanadiki, ular o'zaro juft bo'lib, o'zlari ulangan termoelektr termometrlar hosil qiladigan EUKni (usha haroratlarda) hosil qiladi. Harorat 100 °C dan oshganda termoelektr termometr va ulaydigan simlarning xususiyatlari bir-biridan farq qiladi. Odatda ulaydigan simlarning harorati yuqori bo'lmaydi. Agar uzaytiruvchi simlar termometrniki kabi darajalash tavsifiga ega bo'lsa, termojuftning erkin uchlarini ulash simlari bilan ulaydigan joylarida ulanmalarning paydo bo'lishi natijasida paydo bo'ladigan «parazit» TEUK hosil bo'lishini oldi olinadi.

Uzaytiruvchi termoelektrod simlar bir va ko'p simli qilib, izolyatsiyada va tashki qoplama yoki kobiklik qilib ishlanadi. Izolyatsiyalash uchun polivinylorid, polietilen-tereftalat va ftoroplast plyonklardan foydalaniladi. Izolyatsiyadan tashkari simlar ko'pincha polivinylorid qobiq yoki lavsan ip yoxud shisha ip bilan chirmab uraladi.

Agar tashqi elektr, magnit maydondan va mexanik ta'sirdan saqlanish talab etilsa unda, mis, pulat simli qoplama yoki ekranlar qo'llaniladi.

Har bir sim materiali izolyatsiyaning o'z rangiga yoki simlarning o'ramasida va qoplamasi rangidagi simlarga ega bo'ladi. 6.2-jadvalda termoparlar, tavsiya etiladigan termoelektrod simlar, ularning belgilari va ranglari keltirilgan.

Tavsiya etiladigan uzaytiruvchi termoelektrod simlar

6.2-jadval

№	Termojuft	Uzaytiruvchi termoelektrod simlari		
		Belgilari	Juft-simlar	Rangi
1	Mis-kopelli	MK	Miss-kopel	Qizil-sarik
2	Mis-nikelli	M	Miss-konstantan	Qizil-jigarrang
3	Xromel-kopelli	XK	Xromel-kopel	Binafsha-sariq
4	Nikelxrom-nikel alyuminiyli	M	Miss-konstantan	Qizil-jigarrang
		MT-HM	Miss-titan-nikel mis	Qizil-yashil
5	Platinorodiy-platinali	II	Miss qotishma termojuft	Qizil-yashil
6	Volframreniy-volframreniyli	M-MH	Miss-qotishma, MN, 2, 4	Qizil-kuk

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Termoelektrik termometrlarni to'zilisini izohlab bering.
2. Termoelektrik termometrlarni ishlash uslubini tushuntiring.
3. Termoelektrik termometrlarni sovuq kavshar harorati o'zgarishiga qo'shimcha kiritishni izohlab bering.
4. Termoelektrik uzaytiruvchi simlar nima?
5. Issiq ulanma nima?
6. Standart termoelektr termometrlarni aytib bering.
7. Termoelektr zanjir nima?
8. Termo E.Y.K. ni millivoltmetr yordamida o'lchash chizmasini chizib, undagi qarshiliklarni ifodalab bering.
9. Millivoltmetrni ko'rsatishiga tashqi muhit haroratini o'zgarishini ta'sirini kamaytirish usullarini izohlab bering.
10. Termoelektrik termometr bilan millivoltmetr zanjiriga sovuq kavshar haroratini o'zgarish ta'sirini kamaytirish usullarini izohlab bering.

7-ma'ruza: TERMOELEKTR TERMOMETRLARDA IKKILAMCHI ASBOBLAR: MAGNITOELEKTRIK MILLIVOLTMETR VA AVTOMATIK POTENSIOMETRLAR.

Reja:

- 7.1. Termoelektr termometr erkin uchlari haroratining o'zgarishini kompensatsiyalash usullari.
- 7.2. Magnitoelektrik millivoltmetrlar.
- 7.3. Avtomatik potentsiometrlar.

Termojuft erkin uchlarining darajalanish haroratida ko'prik muvozanat holatda bo'lib, ko'prikning ab uchlaridagi potentsiallar ayirmasi nolga teng bo'ladi. Erkin uchlarining harorati o'zgarishi bilan birga R4 qarshilikning qiymati ham o'zgaradi. Natijada ko'prik muvozanati bo'ziladi va uning ab uchlaridagi potentsiallar ayirmasi o'zgaradi. Bu ayirmaning qiymati erkin

uchlaridagi haroratning o'zgarishi sababli paydo bo'lgan TEUKning teskari ishorali qiymatiga teng bo'ladi.

7.2. Magnitoelektrik millivoltmetrlar

Termoelektrik termometrlar komplektidagi TEUKni o'lchash uchun millivoltmetr va potentsiometrlar qo'llanadi.

Millivoltmetr – bu magnitoelektrik o'lchash asbobi bo'lib, ularning ishlash printsipli o'tkazgichlar va magnit maydonining o'zaro ta'siriga asoslangan. Millivoltmetrning to'zilishti 7.2-rasmda ko'rsatilgan. Doimiy magnit 1 ning qutb uchlari 2 va tayanch tovonostilar 8 da aylanadigan o'qlarda joylashgan o'zak 3 orasidagi havo oralig'ida ramka 5 mavjud. Ramka emal yakkaligidagi ingichka mis simning lak bilan birlashtirilgan cho'lg'amlaridan iborat. Uning uchlari o'qlar 7 ga ulangan. Ramkaga strelka 10, kronshteyn 9 ulangan. Strelkaning uchi shkala 11 bo'ylab siljishi mumkin.

Ramka termojuft zanjiriga ulangan spiral-prujina 6 orqali keladigan tok ramkadan o'tadi. Ramkaning cho'lg'ami orqali tok o'tganda hosil bo'lgan magnit maydoni bilan doimiy magnit 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. Ramkada o'rnatilgan har bir tokning qiymatiga, ya'ni termojuft TEUK ga strelkaning muayyan bir holati to'g'ri keladi. Tok o'tmagan paytda qayishqoq, prujina 6 lar ramkani boshlang'ich holatga qaytaradi. Strelkaning shkala 11 bo'yicha ko'rsatishi esa nolga teng bo'ladi. Kronshteyn 9 strelkani muvozanat holatida saqlash uchun posangi 4 bilan ta'minlangan.

Asbob shkalasi $^{\circ}\text{C}$ da darajalangan. Ramkadan o'tgan tok bilan doimiy magnit maydon orasidagi o'zaro ta'sir tufayli paydo bo'lgan aylantiruvchi moment quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

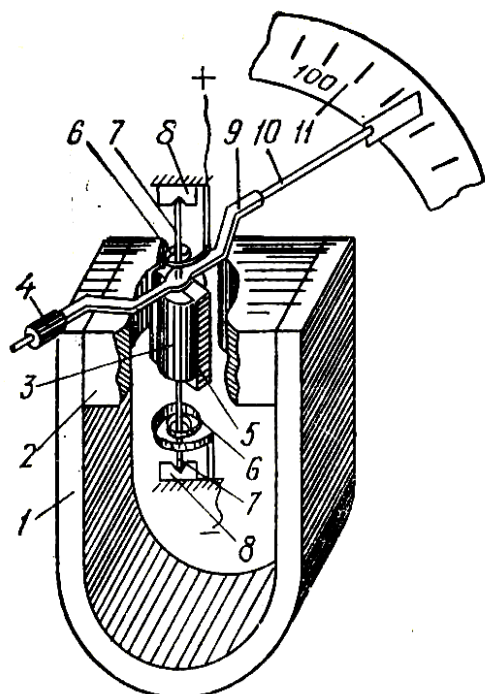
$$M_{\text{ayl}} = C_1 B J \quad (7.1)$$

bu Erda M_{ayl} – aylantiruvchi moment; S_1 – ramkaning geometrik hajmi va cho'lg'amlari soni bilan aniqlanadigan doimiy koeffitsient; B – oraliqdagi magnit induktsiyasi; J – ramkadagi tok kuchi.

Aylanishga teskari ta'sir etuvchi moment

$$M_{\text{tes}} = C_2 E \varphi \quad (7.2)$$

bu Erda S_2 – qayishqoq element hajmidan aniqlanadigan doimiy koeffitsient; E – spiral prujinalarning elastiklik moduli yoki cho'zilgan tolalarning siljish moduli; φ – qayishqoq elementning burilish burchagi.



Agar $M_{\text{ayl}} = M_{\text{tes}}$, ya'ni muvozanat holatda bo'lsa,

$$C_2 E \varphi = C_1 B J \quad (7.3)$$

U holda

$$\varphi = \frac{C_1}{C_2} \cdot \frac{B}{E} \cdot J = C \cdot \frac{B}{E} \cdot J \quad (7.4)$$

Asbob konstruksiyalari ko'rsatkichlariga bog'liq, bo'lgan S , V , E kattaliklar o'lchash jaryonida o'zgarmaydi, shuning uchun

$$\varphi = K \cdot J,$$

bu erda

$$K = C \cdot \frac{B}{E} \quad (7.5)$$

(7.4) ifodadan magnitoelektrik millivoltmetr shkalasi chiziqli ekanligini ko'rish mumkin.

Asbob harakatchan tizimining burilish burchagi ramkadan o'tayotgan tok kuchidan tashqari yana termojuft, ulaydigan simlar va millivoltmetrlarning ichki qarshiliklariga ham bog'liq:

$$\varphi = K \cdot J = K \cdot \frac{E_T}{R_T + R_c + R_m} \quad (7.6)$$

bu erda E_T – TEYK; R_T – termojuft qarshiligi; R_c – ulaydigan simlar qarshiligi; R_m – millivoltmetrning ichki qarshiligi.

(7.6) ifodadan asbob strelkasining chetlashishi, TEYK ning o'zgarmas qiymatida zanjirning turli qarshiliklariga bog'liq ekanligi ko'rinib turibdi. Shuning uchun asbobning darajalanishi zanjir tashqi qismining muayyan qarshiligida ($R_{\text{tam}} = R_T + R_c$) bajariladi va qo'shimcha hatolarga yo'l qo'ymaslik uchun magnitoelektrik millivoltmetrni montaj qilish 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 xujjatida ko'rsatiladi.

Sanoatda o'lchash chegarasi, tashqi ko'rinishi va gabaritlari turlicha bo'lgan, haroratni o'lchashga mo'ljallangan magnitoelektrik millivoltmetrlar ishlab chiqariladi. Sanoat asboblari 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 va 2,5 aniqlik sinfiga ega.

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

$$\sum R = R_t + R_c + R_m \quad (7.7)$$

Har bir qarshilikning o'zgarishi o'lchashda sodir bo'ladigan hatoga olib keladi. Noqulay sharoitda bu hato asosiy hato miqdoridan (aniqlik sinfidan) oshib ketishi mumkin. Yuqorida aytilganlarning hammasi aniqlik sinfi unchalik yuqori bo'lmagan (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 va 2,5) jamlovchi hatosining bir necha o'n gradusgacha Etishiga olib keladi.

O'lchash aniqligi nuqtai nazaridan ishlatilish talablarning oshganligi sababli hozirgi paytda haroartni termojuft bilan o'lchashda millivoltmetrdan foydalanilgandagi kamchiliklardan holi bo'lgan kompensatsion yoki potentsiometrik usul tobora keng qo'llanilmoqda.

7.3. Avtomatik potentsiometrlar

Potentsiometrik o'lchash usuli millivoltmetr yordamida olib boriladigan o'lchovdan ancha afzaldir: potentsiometrning ko'rsatishi tashqi zanjir qarshiliklarining o'zgarishiga, asbob haroratiga bog'liq emas. Potentsiometrda termojuft erkin uchlarining haroratiga avtomatik ravishda tuzatish kiritiladi, shuning uchun o'lchash aniqligi yuqori bo'ladi. Potentsiometrlar millivoltmetrdan o'zlarining o'tkir sezgirliigi bilan ham ajralib turadi. Potentsiometrik o'lchash usuli o'lchanayotgan termojuft TEYK ni potentsiallar ayirmasi bilan muvozanatlashtirishga (kompensatsiyalashga) asoslangan. Bu potentsiallar ayirmasi kalibrlangan qarshilikdagi yordamchi tok manbaidan hosil bo'ladi. Potentsiallar ayirmasi termojuft TEYK ning teskari ishorali qiymatga teng. Buni juda ko'p uchraydigan misolda tushuntirish mumkin.

Ma'lumki, analitik tarozida og'irlikni o'lchash jism og'irligini tarozi toshlari yig'indisining og'irligi bilan muvozanatlashdan iborat. Shu bilan birga bu tarozining strelkasi og'irlik miqdorini ko'rsatmay, balki tarozi toshlarining og'irligi jism og'irligiga aniq mos

kelganligini ko'rsatadi. Shundan so'ng toshlarning og'irligi hisoblanadi va olingan natija jismning og'irligini beradi.

Potentsiometr zanjiridagi tok manba va termojuftda bir-biriga tomon oqadi hamda e.yu.k. muvozanatlashganda zanjirdagi tok kuchi nolga tenglashadi, ana shu nol asbob strelkasining nol holatini ko'rsatadi.

O'lchov paytida nolaviy asbobning strelkasi nolni ko'rsatganda tok manbai zanjiridagi kuchlanishning kamayishini aniqlash kerak. U termojuft TEYuK ga teng bo'ladi. TEYuK ni potentsiometr orqali o'lchashning printsiplial chizmasi 7.3-rasmda ko'rsatilgan. Tok yordamida E manbadan zanjirga o'tadi. Bu zanjirning «b» va «c» nuqtalari o'rtasida o'zgaruvchan qarshilik reoxord Rr ulangan. Reoxord L uzunlikdagi kalibrlangan simdan iborat. «b» nuqta va oraliqdagi reoxordning sirpanuvchi kontaktli sirpangichi joylashgan har qanday D nuqta o'rtasidagi potentsiallar ayirmasi Rvd qarshilikka to'g'ri proporsional bo'ladi. Ketma-ket ulangan termojuft bilan qayta ulagich P orqali sezgir asbobga nol galvonometr NG ulanadi, termojuft zanjirida tok borligi shu galvonometr orqali aniqlanadi. Termojuft uning toki Rvd tarmoqda yordamchi manba toki bilan bir yo'nalishda yuradigan qilib ulanadi. TEYuK ni o'lchash uchun reoxord sirpang'ichi galvonometr strelkasi nolni ko'rsatguncha suriladi.

Ayni paytda Rvd qarshilikdagi kuchlanishning kamayishi o'lchanayotgan TEYK ga teng bo'ladi, quyidagi tenglama bu holatni tavsiflaydi:

$$E(t, t_0) - JR_{BД} = 0 \quad (7.8)$$

ёки

$$E(t, t_0) = JR_{BД} \quad (7.9)$$

bu erda J R_{вд} – E manba kuchlanishining R_{вд} tarmoqda kamayishi.

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

$$\frac{U_{BД}}{R_{BД}} = \frac{F}{R_{BC}} \quad (7.10) \text{ bundan}$$

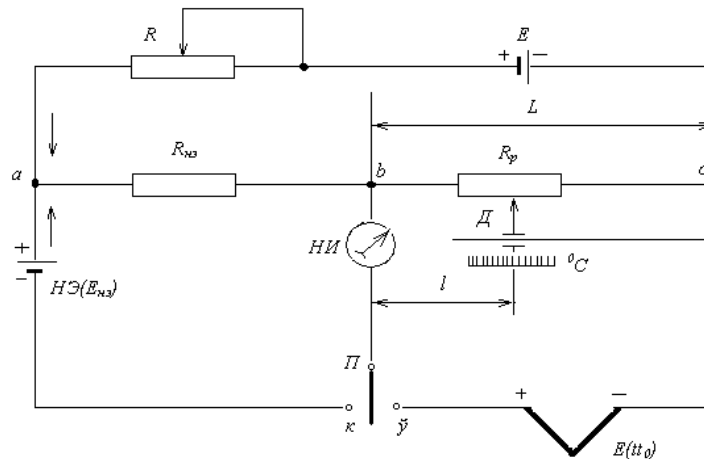
$$U_{BД} = E \frac{R_{BД}}{R_{BC}} \quad (7.11)$$

Kompensatsiya paytida U_{вд}=E(t,t₀) nazarda tutilsa,

$$E(t, t_0) = U_{BД} = E \frac{R_{BД}}{R_{BC}} \quad (7.12)$$

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

$$E(t, t_0) = E \cdot \frac{1}{L} \quad (7.13)$$



7.3-rasm. Qul bilan muvozanatlashtiriladigan
potentsiometrning printsiplal chizmasi.

SHunday qilib, $E(t, t_0)$ termojuftning TEYK R_{bc} – reoxord qarshiligi tarmog'idagi kuchlanishning kamayish miqdori bilan aniqlanib, qolgan qarshiliklarga bog'liq emas. R_{bc} reoxord shkala bilan ta'minlanishi va shkala bo'linmalari millivolt yoki harorat graduslariga teng bo'lishi mumkin. TEYK ni o'lchash aniqligi reoxord zanjiridagi J tok kuchining o'zgarmasligiga bog'liq. Tok kompensatsion usul orqali o'rnatiladi va nazorat qilinadi. Buning uchun potentsiometr chizmasiga normal elementli qo'shimcha kontur kiritiladi. Odatda normal element (NE) vazifasini simob-kadmiyli galvanik Veston element bajaradi. Bu elementning elektr yurituvchi kuchi 20^0C da 1, 0183 voltga teng. $HЭ$ qayta ulagich QY orqali qarshilik $R_{HЭ}$ uchlariga ulanadi va uning e.y.k. yordamchi E tok manba tok manba e.yu.k. tomon yo'nalgan bo'ladi. Qarshilik R orqali kompensatsion zanjirdagi tok kuchini rostlash bilan HI ning strelkasi nolni ko'rsatishiga erishiladi. Bunday holda kompensatsion zanjirdagi tok kuchi

$$J = E_{HЭ} / R_{HЭ} \quad (7.14)$$

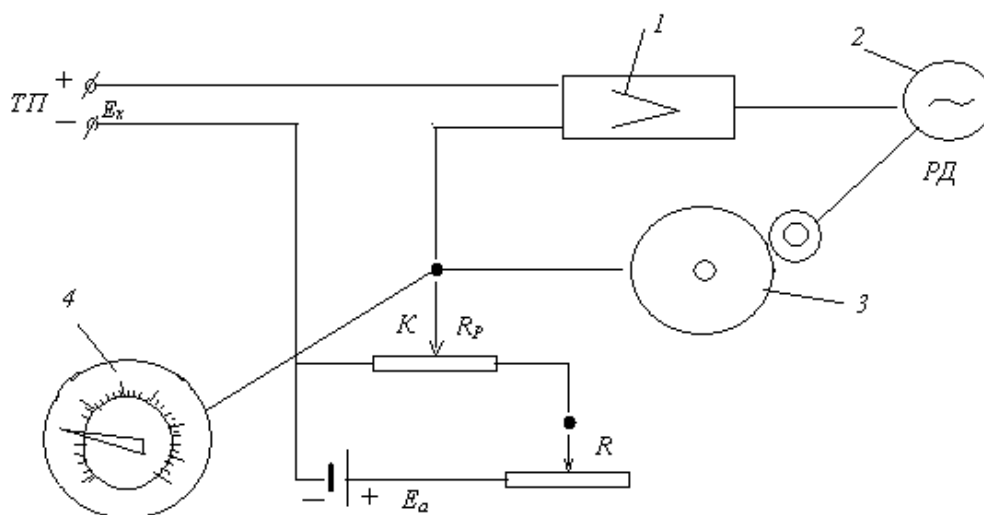
Termojuftning TEYK ni o'lchashda KY qayta ulagich T holatdan O' holatga o'tkaziladi. Reoxord R_p ning $Д$ sirpangichini siljitib «b» va «c» nuqtalar orasidagi potentsiallar ayirmasini termojuft TEYK ga tenglashtiriladi. Shu paytda termojuft zanjiridagi tok kuchi 0 ga teng, shuning uchun

$$E(t, t_0) = J \cdot R_{BД} = E \frac{E_{HЭ}}{R_{HЭ}} \cdot R_{BД} \quad (7.15)$$

$E_{HЭ}$ va $R_{HЭ}$ lar o'zgarmas miqdorga ega bo'lganliklari uchun, TEYK ni aniqlash qarshilik tarmog'ining uzunligini aniqlash bilan teng.

Shunday qilib, TEYK ni kompensatsion usul bo'yicha o'lchash termojuft zanjirida tok yo'q paytida bajariladi. 7.4-rasmda elektron avtomatik potentsiometrning to'zish chizmasi ko'rsatilgan.

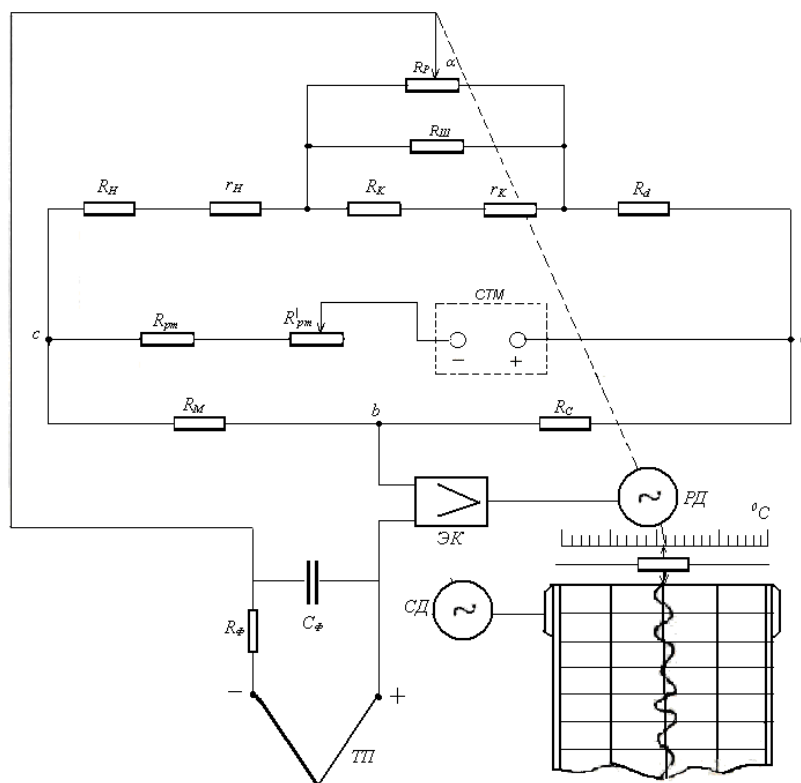
TP termojuftda TEYK E_x ni o'lchash uchun uni kalibrlangan R_p reoxord kuchlanishining kamayishi bilan solishtirish orqali bajariladi.



7.4-rasm. Elektron avtomatik potentsiometrning to'zilis sxemasi.

Potentsiometrning kompensatsion chizmasi sirpang'ich K ni reoxord R_p , o'zgarmas kuchlanish E_x o'zgaruvchan kuchlanishga aylantirib beruvchi o'zgartgichli elektron kuchaytirgich T, reversiv elektr dvigatel 2 va tok manbai E_0 dan iborat. Elektr dvigatel 2 reduktor 3 orqali sirpang'ich K va strelka bilan bog'langan. Strelka 4 asbob qismlarni ko'rsatadi. Kompensatsion chizmaning ishi sirpang'ich (K) reoxord bo'ylab kuchlanishning pasayishi tomon avtomatik siljiydi. Bu siljish reversiv elektr dvigatel PД yordamida bajariladi va nomuvozanat kuchlanish nolga teng bo'lguncha davom etadi. Shunday qilib, sirpang'ich K va unga biriktirilgan strelkaning vaziyati TEYKning qiymatini, demak, o'lchanayotgan haroratning miqdorini ko'rsatadi. Qarshilik R koskompensatsion zanjirdagi ish tokini rostlash uchun xizmat qiladi.

7.5-rasmda zamonaviy elektron avtomatik potentsiometr (KCI-4)ni o'lchash qismining printsiplial chizmasi keltirilgan. Potentsiometr o'lchash ko'prigining diagonalaridan biriga elektron kuchaytirgich ЭК li termojuft ТП ketma-ket ulangan. Termojuft ulash elektromagnit maydoni ta'sirini kamaytirish uchun mo'ljallangan filtr (rasmda filtrning R_ϕ - C_ϕ sodda chizmasi ko'rsatilgan) orqali bajariladi. O'lchash ko'prigining ikkinchi diagonaliga stabillashgan tok manbai CTM ulanadi. Bu manba o'lchash zanjiridagi ish tokining doimiyligini ta'minlaydi.



7.5-rasm. Elektron avtomatik potentsiometr (KCI-4)ni o'lchash qismining printsiipial chizmasi.

Bo'lardan tashqari potentsiometr o'lchash chizmasiga qurilmaning umuman normal ishini ta'minlovchi bir qator elementlar kiradi. Shunt R_{III} , qarshiliklar R_n , r_n reoxord qarshiligi R_p ni rostdash uchun xizmat qiladi; bunda asbobning darajalanish va o'lchash diapazoni, ya'ni o'lchash chegaralari nazarda tutilishi lozim. Qarshilik R_n va r_n lap. R_{PT} , R_{PT}^{-1} va R_c – rezistorlar CTM ning ish tokini cheklash va rostdash uchun qo'llaniladi. R_M rezistor termojuft erkin uchlardagi 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.

Avtomatik elektron potentsiometrlarning konstruksiyasi tez su'ratlarda rivojlanmoqda. Zamonaviy avtomatik elektron potentsiometrlar konstruksiyasining to'zilishi *blok-modul* printsiipiga asoslangan. Asbob o'zaro shtepsellar orqali simlar bilan ulangan unifikatsiyalashtirilgan blok va qismlardan iborat. Har xil shakldagi korpuslarga joylashgan potentsiometrlarning turli rasm va modifikatsiyalari chiqariladi. Jumladan ko'rsatuvchi, o'ziyozar, bir va ko'p nuqtali (12 ta nuqttagacha) potentsiometrlar mavjud. Ko'pchilik potentsiometrlarning to'zilishi bir-biriga o'xshash bo'lib, faqat qismlari va tashqi ko'rinishlari bilan ajralib turadi. Avtomatik elektron potentsiometrlar 0,25; 0,5 va 1,0 aniqlik sinfi bilan ishlab chiqariladi.

7.4. Avtomatik potentsiometrlarning o'lchash sxemasini hisoblash

Ko'p xollarda nostandart termojuftlardan foydalanganda yoki potentsiometrning darajalanishni o'zgartirish zarurati tug'ilganda avtomatik elektron potentsiometrning o'lchash sxemasini hisoblab chiqishga tug'ri keladi. Potentsiometrning o'lchash sxemasini haroratning

berilgan boshlangich va sunggi qiymatlari t_H va t_K buyicha hisoblashda termojuftning darajalanish tavsifidan TEYKlar E_H ba E_K ning qiymatlari topiladi.

Yuqorigi va pastki o'lchash shoxobchalaridagi toklar reoxord va rezistorlardagi kuchlanish tushuvining miqdori Etarli bo'lish shartidan, shu bilan bir vaqtda rezistorlar sxemasining sezilarli qizimasligi sharti bilan tanlanadi. Odatda $J_1 = 3mA$ ba $J_2 = 2mA$ deb qabul qilinadi.

. TEYK diapazoni

$$E = E_K - E_H \quad (7.16)$$

Sungra tayanch rezistorning R_C qarshiligini undagi kuchlanish tushuvi normal elementning EYK iga teng bo'lish shartidan topamiz:

$$J_2 R_C = E_{H\Theta} \text{ ya'ni } R_C = E_{H\Theta} / J_2, \quad (7.17)$$

bunda $E_H = 1,019B$ -normal element EYKi.

Ballast va boshqarish rezistorining ta'minlash manbai zanjiridagi qarshiligi qiymatini mos ravishda $R_{PT} = 750OM$ va $R'_{PT} = 56OM$ qabul qilamiz.

SHuntlovchi rezistor R_{II} orqali orqali ulangan reoxord ning ekvivalent qarshiligi R_{Θ} quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$R_{\Theta} = R_P \cdot R_{III} / (R_P + R_{III}) \quad (7.18)$$

Ekvivalent qarshilik berilgan bo'lsa (90, 100, 300 OM), R_{II} osongina hisoblanadi:

$$R_{III} = R_P R_{\Theta} / (R_P + R_{\Theta}) \quad (7.19)$$

Reoxord zanjirining keltirilgan qarshiligi R_{II} parallel ulangan qarshiliklar R_P , R_{II} va R_K lardan tuzilgan bo'ladi. Shuning uchun I_1 tok oqayotgan R_{II} qarshilikdagi kuchlanish tushuvi o'lchash diapazoniga mos kelishi, ya'ni $I_1 \cdot R_{II} = E$ bo'lishi lozim, bundan

$$R_{II} = \frac{E}{I_1}. \quad (7.20)$$

Ikkinchi tomondan, reoxord zanjiri qarshiligining keltirilgan qiymatini reoxordning ekvivalent qarshiligi R_{Θ} va shkala uchi qarshiligi R_K lar orqali ifodalash mumkin:

$$R_{II} = E \cdot R_{\Theta} / (R_{\Theta} - E) \quad (7.21)$$

Rezistor R_M va R_H larning qarshiligi boshlangich harorat o'lchaganda o'lchash sxemasining muvozanat shartidan topiladi (7.6-rasm). O'lchash sxemasining chap shoxobchasida

a va b nuqtalar orasida R_M va R_H rezistorlardagi kuchlanish tushuvi TEYK bilan kompensatsiyalanadi, ya'ni

$$E_H = I_1 \cdot R_H - I_2 \cdot R_M. \quad (7.22)$$

Termojuft erkin uchlari harorati o'zgarishining chegara qiymati t'_0 50 °C dan ortmaydi. Atrof-muhit harorati o'zgarishining shu diapazonda (7.22) tenglama quyidagi kurinishni oladi:

$$E_H - E_{ab}(t'_0, t_0) = I_1 \cdot R_H - I_2 R_M(t_0) - I_2 \Delta R_M, \quad (7.23)$$

bunda $E_{ab}(t'_0, t_0)$ erkin uchlar harorati t_0 dan t'_0 ga kutarilganda termojuft TEYuKi ning tushuvi: ΔR_M -erkin uchlar harorati t_0 dan t'_0 ga kutarilganda rezistor qarshiligi R_M ning orttirmasi.

Mis rezistor qarshiligining orttirmasi:

$$\Delta R_M = R_M(t'_0) - R_M(t_0) = R_M \cdot \alpha \cdot t'_0, \quad (7.24)$$

bunda α -mis uchun elektr qarshilikning $4,26 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$ ga teng bo'lgan harorat koeffitsienti.

Endi (7.22) dan (7.23) tenglamaning chap va ung tomonlarini mos ravishda ayirib, I_2 va ΔR larga (7.17) va (7.24) lardan foydalanib almashtirsak, erkin uchlar harorati $t_0 = 0^\circ \text{C}$ ga teng bo'lganda R_M qarshilik quyidagi formuladan topiladi:

$$R_M(t_0) = \frac{E_{ab}(t'_0, t_0) \cdot R_C}{E_C \cdot \alpha \cdot t'_0}. \quad (7.25)$$

Agar (7.23) tenglamani R_H ga nisbatan, $R_M(t_0) + \Delta R_M = R_M(t'_0)$ ekanini e'tiborga olib echsak, quyidagi munosabatni olamiz:

$$R_1 = \frac{I_1 R_M(t'_0) + E_H - E_{ab}(t'_0, t_0)}{I_1}. \quad (7.26)$$

Ballast rezistor qarshiligi R_d ni o'lchash nuqtasi ung shoxobchasi muvozanati shartidan foydalanib topiladi, ya'ni

$$E_H - E_{ab}(t'_0, t_0) = I_2 R_C - I_1 R_d - R_{II} \cdot I_1 \quad (7.27)$$

Ushbu $I_2 R_C = E_C$ va $R_{II} \cdot I_1 = E$ tengliklardan foydalanib quyidagi munosabatni topamiz:

$$R_d = \frac{E_C - E_H + E_{ab}(t'_0, t_0) - E}{I_1}. \quad (7.28)$$

O'lchash sxemasi ИПС-148П tipli stabilizatsiya manba'dan ta'minlanadi. $U_{cm}=5B$ o'zgarish tokning kuchi $I=5mA$ bo'lganda barqaror kuchlanish bo'lishini ta'minlaydi.

Agar termojuft harorat kompensatsiyasini talab etmasa unda 5 Om li R_M qarshilik manganidan tayyorlanadi.

Ish tok kuchini cheklash va boshqarish uchun ballast qarshiliklardan foydalaniladi:
 $R_{pm} = 750_{Om}$ va $R'_{pm} = 56_{Om}$. Sxemaning kirish filtrida $R_{\phi} = 500_{Om}$ qarshilik va $C_{\phi} = 30_{mkF}$ li kondensator bo'ladi.

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Termo E.Yu.K. ni millivoltmetr yordamida o'lchash chizmasini chizib, undagi qarshiliklarni ifodalab bering.
2. Millivoltmetrni ko'rsatishiga tashqi muhit haroratini o'zgarishini ta'sirini kamaytirish usullarini izohlab bering.
3. Termoelektrik termometr bilan millivoltmetr zanjiriga sovuq kavshar haroratini o'zgarish ta'sirini kamaytirish usullarini izohlab bering.
4. SHkalasi harorat birligida darajalangan millivoltmetr qanday termoelektrik termometr bilan haroratni o'lchash mumkin?
5. SHkalasi millivolt birligida darajalangan millivoltmetrlarda haroratni o'lchashi uchun qanday termoelektrik termometrlar ulanishi mumkin?
6. Potentsiometrni ishlash uslubini izohlab bering.
7. Soddashtirilgan ko'chma potentsiometrni to'zilish chizmasini izohlab bering.
8. Soddashtirilgan ko'chma potentsiometrlarda tekshirish holatida bajariladigan ishlarni izohlab bering.
9. Soddashtirilgan ko'chma potentsiometrda o'lchash holatida bajariladigan ishlarni izohlab bering.
10. Avtomatik elektron potentsiometrni struktura chizmasini izohlab bering.
11. Avtomatik elektron potentsiometr turlarini, to'zilishini izohlab bering.
12. Bir nuqtali avtomatik potentsiometr o'lchash sxemasida qarshiliklar vazifalarini izohlab bering.
13. Avtomatik potentsiometrlarda sovuq kavshar harorati o'zgarishiga qo'shimcha kiritilishini izohlab bering.

8-ma'ruza. QARSHILIK TERMOMETRLARI. LOGOMETRLAR

Reja:

- 8.1.Qarshilik termometrlari haqida umumiy ma'lumotlar.
- 8.2.Qarshilik termometrlarining to'zish.
- 8.3.Qarshilik termometrining ulash usullari.
- 8.4.Logometrlar.

Tayanch iboralar: Qarshilik termometrlari, solishtirma qarshilik, logometr, platinali termometrlar, mis termometrlar.

Adabiyotlar: 2, 3, 4, 5, 10, 11.

8.1.Qarshilik termometrlari haqida umumiy ma'lumotlar

Haroratni qarshilik termometrlari bilan o'lchash harorat o'zgarishi bilan elektr o'tkazgich hamda yarim o'tkazgichlar elektr qarshiligining o'zgarish xususiyatiga asoslangan. Demak, o'tkazgich yoki yarimo'tkazgichning elektr qarshiligi uning harorati funktsiyasidan iborat iborat, ya'ni $R = f(t)$.

Bu funktsiyaning ko'rinishi termometr qarshiligi materialining xossalari bog'liq. Ko'pchilik toza materiallarning elektr qarshiligi harorat kutarilishi bilan ortadi. Metall oksidlari (yarimo'tkazgich) larning qarshiligi esa kamayadi. Qarshilik termometrlarini tayyorlashda quyidagi talablarga javob beruvchi toza metallar qo'llaniladi:

1.O'lchanayotgan muhitda metall oksidlanmasligi va ximiyaviy tarkibi o'zgarmasligi kerak.

2.Metallning harorat qarshilik koeffitsienti Etarli darajada katta va barqarorlashgan bo'lishi lozim.

3.Qarshilik harorat o'zgarishi bilan tug'ri yoki ravon egri chiziq buyicha keskin chetga chiqishlarsiz o'zgarishi kerak.

4.Solishtirma elektr qarshilik deyarli 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 qarshiligining harorat koeffitsienti* deyiladi.

Harorat koeffitsienti haroratga bog'liq bo'lgan metallar uchun faqat haroratning har bir qiymati uchun aniqlanishi mumkin:

$$\alpha = \left(\frac{1}{R_0} \right) \left(\frac{dR_t}{dt} \right), \quad (8.1)$$

bunda R_0 ba $R_{t,0}$ va t °C haroratdagi qarshilik. Harorat koeffitsienti °C⁻¹ yoki K⁻¹ larda ifodalanadi.

Xozir qarshilik termometrlarni tayyorlash uchun mis, platina, nikel va temirdan foydalaniladi. Mis arzon material bo'lib, uning qarshiligi amalda haroratga chiziqli bog'liq, ya'ni

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad (8.2)$$

bunda R_t va R_0 - t va 0 °C haroratda termometr qarshiligi. α - mis simning harorat koeffitsienti $\alpha = 4,28 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Mis oksidlanishi tufayli u 200 °C dan ortiq bo'lmagan haroratlarni o'lchashda qo'llaniladi. Misning kamchiliklariga uning solishtirma qarshiligining kamligini kiritisa bo'ladi: $\delta = 0.17 \cdot 10^{-7} \text{ OM} \cdot \text{M}$.

Platina – qimmatbaxo material. Ximiyaviy jixatdan inert va sof holda osonlik bilan olinadi. Platinadan tayyorlangan qarshilik termometrlari – 260 dan +1100(S gacha haroratlarni o'lchash

uchun qo'llaniladi. Platina qarshiligining haroratga bog'lanishi murakkab bog'lanishdan iborat bo'lib, -183 dan 0(S gacha harorat oraligida quyidagicha yozilishi mumkin:

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + Ct^3(t - 100)] \quad (8.3)$$

0 dan +630 °C gacha oralikda esa,

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2] \quad (8.4)$$

tarzida ifodalanadi, bunda R_t va R_0 mos ravishda t va 0 °C haroratda platina qarshiligi A , B , C – o'zgarmas koeffitsientlar bo'lib, uning qiymati termometrni darajalashda O_2 , H_2O va oltingugurtning qaynash nuqtalari bo'yicha aniqlanadi.

Standart qarshilik termometrida qo'llaniladigan IIJ – 2 markali platina uchun (3) va (4) tenglamalardagi koeffitsientlar quyidagi qiymatlarga ega:

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

Platinaning kamchiliklaridan biri uning tiklovchi muhitda metall bug'lari, uglerod oksidi va boshqa moddalar bilan ifloslanishidir.

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

$$R_T = R_0 \exp \left(B \frac{T_0 - T}{T_0 \cdot T} \right) \quad (8.5)$$

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

- 100 dan + 300 °C gacha haroratlarni o'lchash uchun oksidlanuvchi yarim o'tkazgich materiallardan foydalaniladi. Yarimo'tkazgichli termometrlar ko'prok termosignalizatsiya va avtomatik himoya qo'rilmalarida qo'llaniladi.

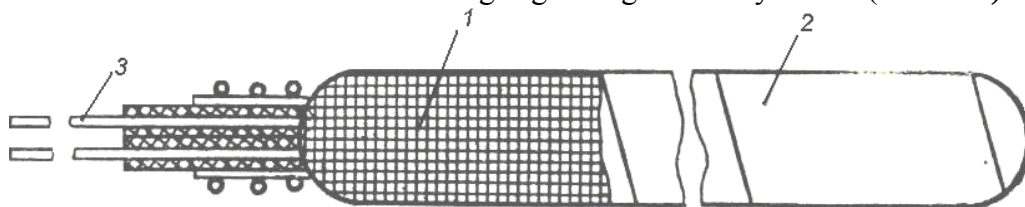
8.2. Qarshilik termometrlarining to'zishi

Qarshilik termometrlari termoelement va tashqi himoya armaturadan tuzilgan.

Metall qarshilik termometrlarining sezgir elementi, odatda, shisha, kvarts, keramika, smola yoki plastmassadan qilingan karkasga o'ralgan sim yoki lentadan iborat.

Sezgir element termometr o'zining qisqichlariga o'lchov asbobiga boradigan simlar ulangan.

Mis qarshilik termometrlarining sezgir elementi 0,1 mm diametrli karkasga bir necha qavat o'ralgan, izolyatsiya qilingan mis simlardan tashkil topgan. Sim qavatlarini uzaro va karkas laki bilan maxkamlanadi. Simning ikkala uchga 1 – 1,5 mm diametrli mis quloqchalar kavsharlanadi. Sezgir element himoya qobigiga joylashtiriladi. Karkasliklardan tashqari bo' termometrlarning karkassiz sezgir elementlari ham chiqariladi. Sezgir element 1 izolyatsiya qilingan 0,08 mm diametrli simdan induktivliksiz karkassiz uramga ega bo'lgan holda yasaladi (8.1-rasm).

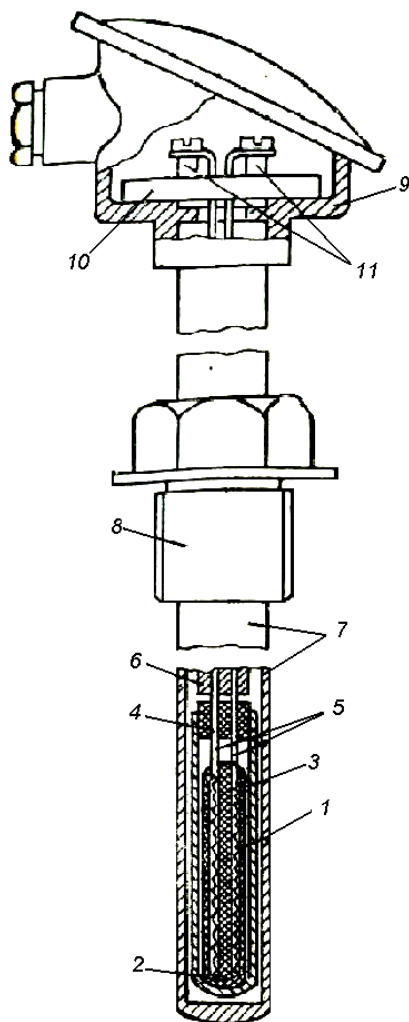


8.1-rasm. Mis qarshilik termometrlarining sezgir elementi

Aloxida qavatlarini lak bilan maxkamlanadi va sungra barcha sezgir elementlar ftorpastli plyonka 2 bilan qoplanadi. Sezgir element yupqa devorli himoya metalli qobiqqa joylashtiriladi, unga keramik kukun sepiladi va germetizatsiyalanadi. Sim uchlari 3 quloqchalarga kavsharlanadi, ular termometr uchi qisqichlariga ulanadi.

Sanoatda ishlab chiqariladigan qarshilik termometrlarining turlari, asosiy parametrlari va o'lchamlari GOST 6651-78 bilan reglamentlashtiriladi.

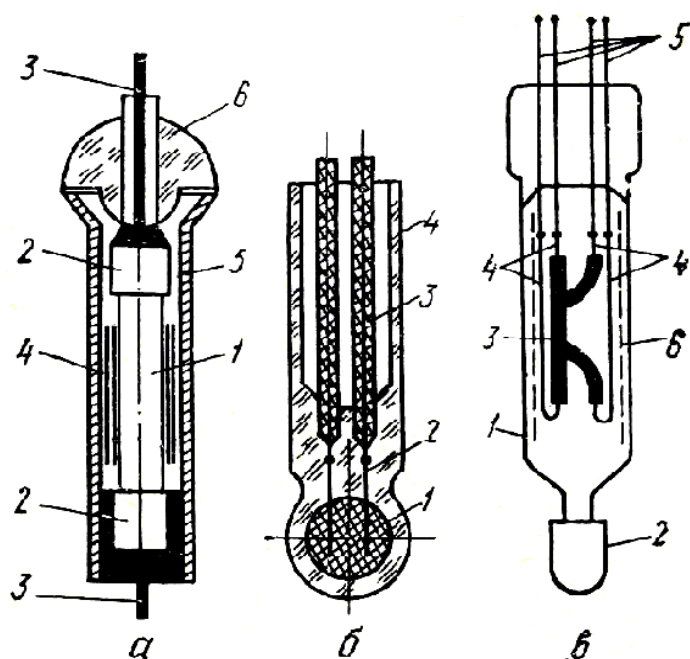
Qarshilik termometrlarining to'zish varianti 8.2-rasmda keltirilgan. Qarshilik termometrlarining sim 1 dan qilingan sezgir elementi turt kanalli keramik karkas 2 ga joylashtirilgan. Sezgir element himoya qobig'i 3 ra joylashtirilgan va u keramik vtulka 4 bilan zichlashtirilgan. Sezgir elementning quloqchalari 5 izolyatsion keramik truba 6 orqali utadi. Shularning hammasi o'lchash ob'ektida rezbali shtutser 8 yordamida o'rnatilgan himoya gilofi 7 da joylashgan. Termometr ulaydigan uch 9, simlarni ulash vinti 11 lar himoya g'ilofi ichida joylashgan. 8.2-rasm, a da sterjenli termorezistor ko'rsatilgan. U quloqchalar 3 kavsharlangan kontaktli kalpokchalar 2 ga ega bo'lgan tsilindr 1 dan tashkil topgan. Tsilindr emal buyoq bilan qoplangan, uning yuqori qismida shisha izolyator 6 bor.



8.2-rasm. Qarshilik termometrining tuzilishi

da joylashgan. Termometr ulaydigan uch 9, simlarni ulash vinti 11 lar himoya g'ilofi ichida joylashgan. 8.2-rasm, a da sterjenli termorezistor ko'rsatilgan. U quloqchalar 3 kavsharlangan kontaktli kalpokchalar 2 ga ega bo'lgan tsilindr 1 dan tashkil topgan. Tsilindr emal buyoq bilan qoplangan, uning yuqori qismida shisha izolyator 6 bor.

Munchoqli termorezistorlarning (8.3-rasm, b) yarim o'tkazgich elementi 1 diametri 0,5 mm li shisha qobiq 4 bilan himoya qilingan sharcha shakliga ega. Sharchaga 0,05 mm diametrli platina simdan qilingan va nikeli quloqchalari



8.3-rasm. Yarim utkazgichli qarshilik termometrining sezgir elementi

3 bilan ulangan elektrodlar 2 joylashgan.

Past haroratlarni o'lchash uchun muljallangan germaniyli termometrlar mis gilzadan (8.3-rasm, v) iborat bo'lib, gazsimon geliy bilan to'ldirilgan va germetik tiqin 2 bilan yopilgan. Gilza ichida surma bilan legirlangan germaniy 3 ning monokristali joylashgan. Kristall 4 ga oltin o'tkazgich yopishtirilgan bo'lib, ularga platina quloqchalari 5 kavsharlangan. Kristall plyonka 6 bilan izolyatsiya qilingan. Bunday termometrlar 1,5 dan 50 K gacha haroratlarni o'lchashda qo'llaniladi.

8.3. Qarshilik termometrini ulash usullari

Qarshilik termometrlarini o'lchov asboblari ga ulashning ikki, uch va turt simli sxemalari uchraydi (8.4-rasm). Ulashning ikki simli sxemasida qarshilik termometrlari va ulaydigan simlar qarshiligini o'lchash sxemasining shoxobchalaridan biriga ketma-ket ulangan bo'ladi (8.4-rasm, a).

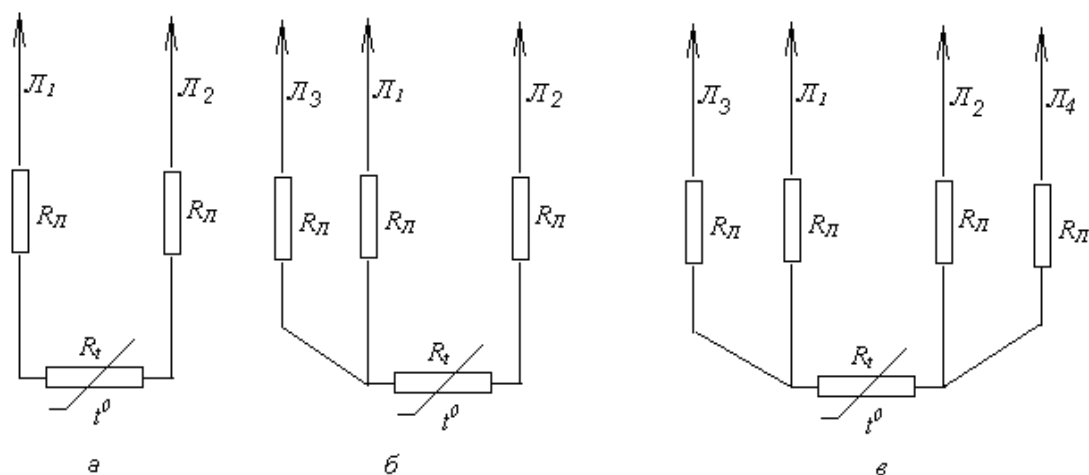
Termometrni ulashning uch simli sxemasi bo'yicha (8.4-rasm, b) ulash simlari termometr uchidan ulash shoxobchasiga, taqqoslash shoxobchasiga, ta'minlash manbaiga boradi.

Termometrni ulashning turt simli sxemasi (8.4-rasm, v) odatda, qarshilikni ulashning kompensatsion usulida qo'llaniladi. Bu usul ish simlari qarshiligi o'zgarishining asbob ko'rsatishiga ta'sirini butunlay yo'qotish imkonini beradi.

Qarshilikni o'lchash uchun termometr buylab tok o'tishi kerak. Bunda Joule-Lents qonuniga ko'ra Issiqlik ajralib, u termometrni o'lchanayotgan muhit temperaturasiga qaraganda yuqoriroq haroratgacha qizdiradi.

Qarshilik termometrlarining kamchiligi – qushimcha tok manbaining zarurligidir.

Termometrlarning va boshqa qarshilik o'zgartkichlarning qarshiligini o'lchash uchun: logometrlar, ko'prik sxemalari (muvozanatlashtirilgan va muvozanatlashtirilmagan) va kompensatsion usullardan foydalaniladi.



4.8-rasm. Termometrni ulashning to'rt simli sxemasi.

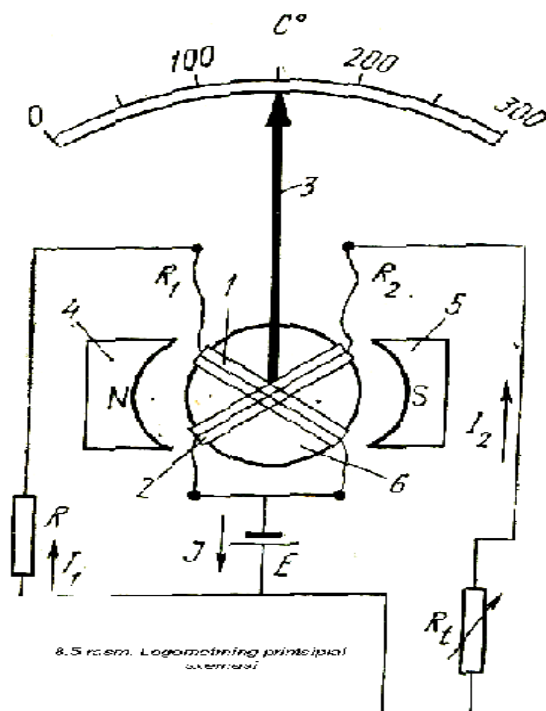
8.4. Logometrlar

Magnitoelektrik logometr, ko'pincha, qarshilik termometrlari bilan birgalikda haroratni o'lchash uchun qo'llaniladi. Logometrning ishlash printsiplari ikki elektr zanjiridagi toklar nisbatini o'lchashga asoslangan. Zanjirlardan biriga qarshilik termometri, ikkinchisiga o'zgarmas qarshilik ulangan. 8.5 – rasmda logometrning sxemasi keltirilgan. U uzaro va strelka 3 bilan biki qilib maxkamlangan ikkita 1 va 2 ramachalardan iborat. Bu ramachalar esa doimiy magnit qutb uchliklari 4 va 5 bilan uzak orasidagi xavo tirqishida joylashtirilgan.

Markazdan qutb uchliklari chetlariga qarab xavo tirqishi kamayadi va mos ravishda markazdan qutb uchliklari chetlariga qarab tirqishda magnit induktsiyasi usadi. Logometrning ikkala ramachisi bitta o'zgarmas tok manbai E dan ta'minlanadi, ular aylanuvchi momentlari bir – biriga qarshi yo'naladigan qilib ulangan. Aylanuvchi momentlar M_1 va M_2 ning qiymati mos ravishda quyidagiga teng.

$$M_1 = C_1 B_1 I_1 \quad (8.6)$$

$$M_2 = C_2 B_2 I_2 \quad (8.7)$$



bunda C_1 va C_2 – ramachalarning geometrik o'lchamlari va ulardagi sim uramlar soni bilan aniqlanadigan o'zgarmas koeffitsientlar; B_1 va B_2 – ramachalar joylashgan joydagi magnit induktsiyalari; I_1 va I_2 – ramachalardan utayotgan tok kuchlari.

Ramachalar qarshiligi teng, ya'ni $R_1=R_2$ va $R=R_t$ bo'lsa, $I_1=I_2$ va $M_1=M_2$ bo'lib, quzg'aluvchi sistema muvozanat holatda bo'ladi. Agar termometr qarshiligi o'zgargan ramachalardan birida tok kuchayadi, shu sababli momentlar muvozanati bo'ziladi. Quzg'aluvchan sistema esa harakat qiladi. Toki kuchaygan ramaga magnit induktsiyasi katta tirqishga kiradi. Ma'lum bir holatda ramachalar momenti muvozanatlashadi.

$$C_1 B_1 I_1 = C_2 B_2 I_2$$

(8.8)

Bu tenglamadan

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{C_2}{C_1} \cdot \frac{B_2}{B_1} = C \cdot \frac{B_2}{B_1}$$

(8.9)

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

$$\frac{\frac{E}{R + R_1}}{R_t + R_2} = \frac{R_t + R_2}{R + R_1} = C \cdot \frac{B_2}{B_1}$$

(8.10)

$$B = f(\varphi)$$

(8.11)

Shuning uchun

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

(8.12)

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

(8.13)

R , R_1 va R_2 – doimiy kattaliklar bo'lgani uchun quzg'aluvchan sistemaning burilish burchagi termometr karichining qiymatiga bog'liq.

$$\varphi = f(R_t)$$

(8.14)

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

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Qarshilik termometrlari deb nimaga aytiladi?
2. Qarshilik termometrlari tayyorlashda qanday talablarga javob beradigan materiallar ishlatiladi?
3. Elektr Qarshiligining harorat koeffitsienti deb nimaga aytiladi?

4. Qarshilik termometrlarining to'zilishini tushuntirib bering.
5. Qarshilik termometrlarining sezgir elementi qanday materialdan tayyorlanadi?
6. Platinali qarshilik termometrlarining sezgir elementi nimadan tashkil topgan?
7. Qarshilik termometrlarini o'lchov asbobiga ulashning qanday usullari mavjud?
8. Logometr deb nimaga aytiladi?
9. Qarshilik termometrlarining o'lchov hatoligi nima?
10. Qarshilik termometrlarning ishlash uslubini izohlab bering.
11. Misdan yasalgan qarshilik termometrlarning to'zilishini va o'lchash oralig'ini izohlab bering.
12. Misdan yasalgan qarshilik termometri uchun qarshilikni haroratga bog'lanish ifodasini izohlab bering.
13. Platinadan yasalgan qarshilik termometrning to'zilish va o'lchash oralig'ini izohlab bering.
14. Platinadan yasalgan termometr uchun qarshilikni haroratga bog'lanish ifodasini izohlab bering.
15. Yarim o'tkazgichli termometrlarni izohlab bering

9-ma'ruza: QARSHILIKLARNI O'LCHASHNING KO'PRIK VA KOMPENSATSION USULI

Reja:

- 9.1. Umumiy tushunchalar.
- 9.2. Muvozanatlashgan ko'prik sxemasi.
- 9.3. Muvozanatlashtirilmagan ko'prik sxemasi.
- 9.4. Qarshiliklarni o'lchashning kompensatsion usuli.
- 9.5. Avtomatik ko'prik o'lchash sxemasini hisoblash.

Tayanch iboralar: Ko'prik sxemasi, muvozanat ko'priklari, nomuvozanat ko'priklari, o'lchash usuli, o'lchash natijasi, o'lchash hatoligi.

Adabiyotlar: 2, 3,4,5,10, 11.

9.1. Umumiy tushunchalar

Termometrlar qarshiligini o'lchash uchun texnikada qo'llaniladigan odatdagi muvozanat va nomuvozanat ko'prik sxemalarini qo'llash mumkin. Termometrlarning o'lchov asbobi sifatida muvozanat ko'priklari va logometrlar, yarimo'tkazgichli termoqarshiliklarning o'lchov asbobi sifatida esa odatda nomuvozanat ko'priklari xizmat qiladi.

Muvozanat ko'priklar ikki xil: tajribada (noavtomatik) va sanoatda ishlatiladigan (avtomatik) bo'ladi. Avtomatik muvozanat ko'priklar ko'rsatuvchi, o'ziyozar va rostlovchi qilib ishlanadi. Yarim o'tkazgichli termoqarshilikning o'lchov asbobi sifatida esa, odatda, muvozanatlashtirilmagan ko'priklar xizmat qiladi.

9.2. Muvozanatlashgan ko'prik sxemasi

9.1-rasmda qarshilik termometri ulanadigan doimiy tok muvozanat ko'prigining printsiptial chizmasi keltirilgan. Ko'prik ikkita doimiy qarshiliklar R_1 va R_2 , peoxopд R_p , qarshilik termometri R_t va ulaydigan simlar qarshiliklari R_{np} dan iborat. Ko'prikning bir diagonaliga E doimiy tok ta'minlash manbai, ikkinchisiga esa qayta ulagich Π orqali nol asbob $H\Pi$ ulanadi.

Reoxord R_p ning sirpangichi siljishi tufayli erishilgan ko'prikning muvozanat holatida uning diagonalidagi tok kuchi nolga teng bo'ladi, $I_0=0$. Shu momentda ko'prikning «b» va «d» cho'qqilaridagi potentsiallari teng bo'ladi. I manba ko'prikning «a» cho'qqisidan ikkiga: I_1 va I_2 ga bo'linadi. Demak, R_1 va R_2 qarshiliklarning kamayishi bir-biriga teng bo'lgani uchun quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$R_1 I_1 = R_2 I_2 \quad (9.1)$$

Ko'prikning bc va sd elkalaridagi qarshilikning kamayishi ham teng bo'lgani uchun

$$I_0 R = I_t (R_t + 2R_{np}) \quad (9.2)$$

(9.1) tenglamani (9.2) tenglamaga bo'lsak,

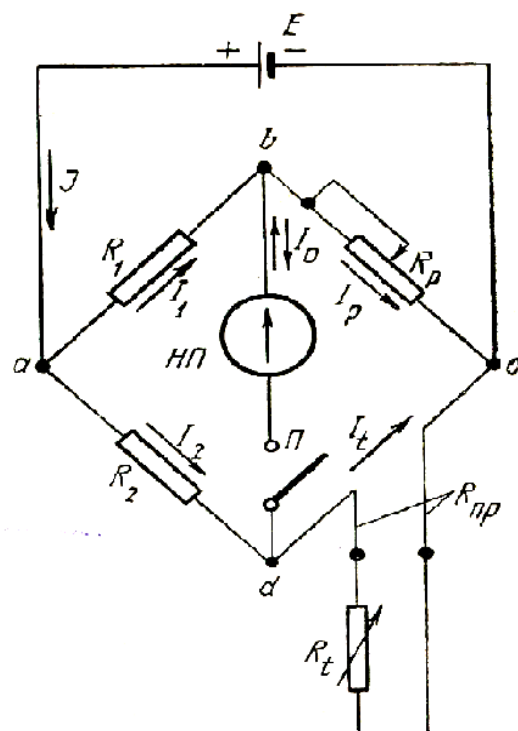
$$\frac{R_1 I_1}{R_p I_p} = \frac{R_2 I_2}{(R_t + 2R_{np}) I_t} \quad (9.3)$$

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

$$R_1 (R_t + 2R_{np}) = R_p R_2 \quad (9.4)$$

va

$$R_t = R_p \cdot \frac{R_2}{R_1} - 2R_{np} \quad (9.5)$$



9.1-rasm. Muvozanat ko'prigining printsipl sxema

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

U holda (9.5) tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$R_t = K R_p - K_1 = f(R_p) \quad (9.6)$$

Shunday qilib, R_t o'zgarishi bilan reoxord qarshiligi R_p ni o'zgartirib ko'prikni muvozanat holatga keltirish mumkin. O'lchanayotgan muhit haroratining o'zgarishi katta bo'lib, R_r ning o'zgarishi sababli yuzaga keladigan hato miqdori ko'payib ketish xavfi paydo bo'lganda, qarshilik termometrining uch simli ulash chizmasi qo'llanadi (9.2-rasm). bunday ulash usulida bir simning qarshiligi R_t qarshilikka, ikkinchi simning qarshiligi esa R_p o'zgaruvchan qarshilikka qo'shiladi. Ko'prik muvozanatining tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

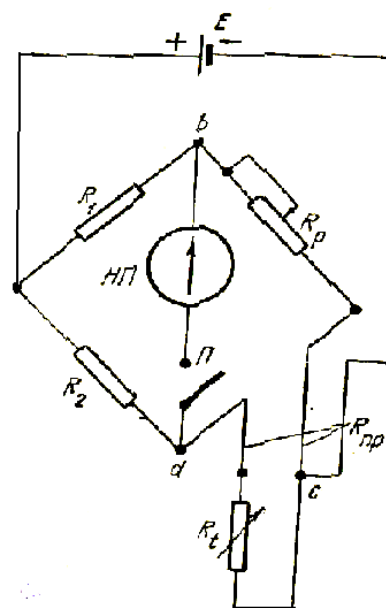
$$R_t + R_{np} = (R_p + R_{np}) \frac{R_2}{R_1} \quad (9.7)$$

$$R_1 = R_2 \text{ bo'lsa,} \quad R_t + R_{np} = R_p + R_{np} \quad (9.8)$$

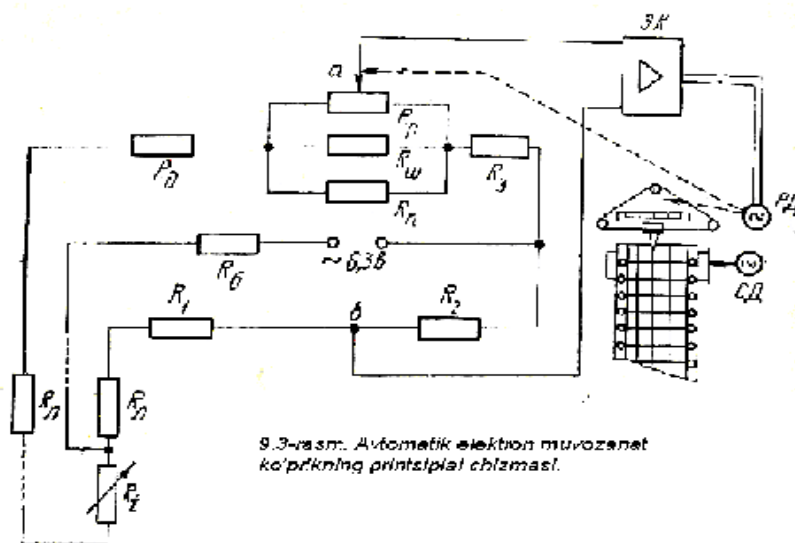
Bu tenglamada ko'rinib turibdiki, uch simli chizmada simlarning qarshiligi o'lchov natijasiga ta'sir qilmaydi.

Uch simli sxemalarda har bir liniya qarshiligi har bir liniyadagi aloxida moslash qarshiliklari yordamida berilgan R_p qiymatgacha olib boriladi. Muvozanatlashtirilgan ko'prik sxemalarining kamchiligi (qul manipulyatsiyasini bajarish zaruriyati) muvozanatlashtirilmagan ko'prik sxemalarida bartaraf etilgan.

Avtomatik muvozanat ko'priklarda reoxordning jildirgichi avtomatik ravishda siljiydi. Bunday ko'prikning o'lchash chizmasi doimiy yoki o'zgaruvchan tok manbaidan ta'minlanadi. O'zgaruvchan tok muvozanat ko'priklarida faol qarshiliklar hal qiluvchi ahamiyatga ega, shuning uchun doimiy tok ko'priklari uchun chiqarilgan yuqoridagi tenglamalar o'zgaruvchan ko'priklar uchun ham saqlanadi. O'zgaruvchan tok muvozanat ko'priklari bir qator afzalliklarga ega: o'lchash chizmasi kuch transformatorning bir o'ramidan ta'minlanadi, ya'ni qo'shimcha ta'minlash manbai talab qilinmaydi, shu bilan birga tebranish o'zgartgichning (vibroo'zgartirgich) ham zaruriyati bo'lmaydi. Avtomatik muvozanat ko'priklarning turli modifikatsiyalari mavjud, lekin ularning ish prinsipi bir xil. Misol sifatida ko'rsatuvchi va o'ziyozar elektron avtomatik muvozanat ko'prikning o'zgaruvchan tokdan ta'minlanuvchi printsiptial chizmasi 9.3-rasmda ko'rsatilgan. Ko'rsatuvchi muvozanat ko'priklar ham printsiptial chizma bo'yicha ishlaydi, lekin ularda yozuv bloki yo'q. 9.3-rasmdagi printsiptial chizmada quyidagi shartli belgilar qabul qilingan: R_p – reoxord; R_m – reoxord shunti, u R_p qarshiligini belgilangan qiymatga Etkazib turish uchun xizmat qiladi; R_n – o'lchash diapazonini belgilash qarshiligi; R_d – shkala boshlang'ich qiymatini rostlovchi qo'shimcha qarshilik; R_1, R_2, R_3 – ko'prik chizmasining qarshiliklari; R_6 – tokni cheklovchi ballast qarshilik; R_t – qarshilik termometri; R_d – liniya qarshiligini rostlovchi qarshilik; P_d – asinxron kondensatori, reversiv dvigatel; C_d – diagramma lentasini siljituvchi sinxron dvigatel; C_1 va C_2 – uyg'onish o'ramining magnit oqimi bilan boshqaruvchi o'ram o'rtasidagi siljish fazasini (90°) va uyg'onish o'ramida kuchlanishni (127 B) kerakli miqdorga Etkazish uchun xizmat qiladigan kondensatorlar, C_3 – reversiv dvigatel boshqaruvchi o'ramini shuntlovchi kondensator, shu o'ramdagi tokning induktsiyasini kompensatsiyalaydi; TO – tokni olib ketuvchi.



9.2-rasm. Uch simli ulash chizmasi.



9.3-rasm. Avtomatik elektron muvozanat ko'prikning printsiptial chizmasi.

Ko'prik o'lchash chizmasidagi barcha qarshiliklar stabillashgan manganin simdan tayyorlanadi. 9.3-rasmdan ko'rinib turibdiki, qarshilik termometri uch simli ulash chizmasi usulida ulangan. Bu holda termometrni ko'prik bilan ulaydigan simlarning qarshiligi ko'prikning R_t va R_1 Elkalari taqsimlanadi. Shuning uchun atrof muhit haroratining tebranishi natijasida,

ulangan simlar qarshiligining tebranishi sababli hosil bo'lgan hato miqdori kamayadi. Termometr qarshiligi R_t ning tebranishi natijasida ko'priklarning muvozanati yo'qoladi, «a» va «b» cho'qqilardan kuchaytirgichning kirish qismiga nobalans kuchlanish keladi. Kuchaytirgich, bu kuchlanishni reversiv dvigatel ishga tushguncha kuchaytiradi. Dvigatelning chiqish val reoxord dvijogi va karetk bilan kinematik bog'langanligi uchun bu val ularni nobalans kuchlanish kamayib nolga teng bo'lguncha siljitadi. Ko'priklarning muvozanat holatga kelganda, reversiv dvigatelning rotorini to'xtaydi, reoxord dvijogi esa ko'rsatkichli karetk bilan birga o'lchanayotgan termometr qarshiligiga teng holatni egallaydi.

Doimiy tok manbaidan ishlaydigan muvozanat ko'prigining o'lchash chizmasi ham yuqoridagiga o'xshash, faqat uning elektron kuchaytirgichi tebranish o'zgartirgichi (vibroo'zgartirgich) bilan ta'minlangan. Shuning uchun uning kuchaytirish qismi potentsiometrik o'xshash.

Haroratni o'lchash va yozib olish uchun qo'llaniladigan avtomatik muvozanat ko'priklari quyidagi asosiy guruhlariga bo'linadi: ko'rsatuvchi va lenta diagrammali o'ziyozar; ko'rsatuvchi va disk diagrammali o'ziyozar. Korpus ayrim unsur va bloklar hajmiga ko'ra avtomatik muvozanat ko'priklari xuddi potentsiometrlardek mitti, kichik va normal gabaritli ko'priklarga bo'linadi. Davlat standarti 7164-71 ga muvofiq, bizning asbobsozlik sanoatimiz 0,25; 0,5 va 1,0 aniqlik sinfiga ega bo'lgan avtomatik muvozanat ko'priklarini chiqaradi.

9.3. Muvozanatlashtirilmagan ko'priklarning sxemasi

Muvozanatlashtirilmagan ko'priklari haroratni o'lchash uchun qarshilik termometrlari bilan birgalikda ham qo'llaniladi. Ammo ulardan gaz analizatorlarida, konsentratometrlarda va qator o'lchash vositalarida foydalaniladi.

Muvozanatlashtirilmagan ko'priklari haroratni bevosita o'lchash imkonini beradi. Bu mazkur termometrning tajribada qo'llaniladigan muvozanat ko'prigidan afzalligidir. 9.4-rasmda quyidagi unsurlardan tashkil topgan nomuvozanat ko'priklardan birining chizmasi keltirilgan: R – rostdash qarshiligi; R_1 , R_2 , R_3 – ko'priklarning doimiy qarshiliklari; R_M – millivoltmetr qarshiligi; R_H – nazorat qarshiligi; N (nazorat) holatidan O' (o'lchash) holatiga o'tkazish qayta ulagichi Π ; R_t – qarshilik termometri; Π qayta ulagich O' holatda turganida R_t ning o'zgarishi bilan millivoltmetr orqali ta'minlash kuchlanishiga to'g'ri proporsional bo'lgan tok o'tadi:

$$I_M = U_{ab} \frac{R \cdot R_t - R_1 R_3}{K} \quad (9.9)$$

bunda K (om^3 larda) ushbu qiymatga teng:

$$R_M (R_1 + R_t)(R_2 + R_3) + R_2 R_3 (R_1 + R_t) + R_1 R_t (R_2 + R_3) \quad (9.10)$$

Muvozanatlashtirilmagan ko'priklarning afzalliklariga sxemasining muvozanatlashtiradigan qo'rilmani talab etmaydigan soddaligini, kichik qarshiliklarni o'lchash uchun ishlatish mumkinligini kiritish mumkin. Kamchiliklariga ko'rsatishlarining ta'minlash kuchlanishi o'zgarishiga bog'liqligini, ko'priklarning shkalasining chiziqliqligini kiritish mumkin.

9.4. Qarshiliklarni o'lchashning kompensatsion usuli

Aniq o'lchashlarda va past haroratlarni o'lchashda o'lchashning kompensatsion usuli qo'llaniladi. Bu usulning mohiyati o'lchanayotgan rezistorda va u bilan ketma-ket ulangan namuna rezistorida kuchlanish tushuvini taqqoslashdan iborat. 9.5-rasmda qarshilikni o'lchashning kompensatsion usulining sxemasi keltirilgan. Rezistordagi kuchlanish tushuvi, odatda, potentsiometr orqali o'lchanadi.

O'lanayotgan rezistor R_y namuna rezistor R_n (9.5-rasm) bilan ketma-ket ulangan. Namuna rezistor sifatida qarshilik magazinlari yoki qarshilikning namuna g'altaklaridan foydalaniladi. Zanjirdagi o'lchash toki o'zgaruvchan rezistor yordamida o'rnatiladi. Tok miqdori qarshilik termometrlarining o'zidan qizishi termometr haroratini yo'l quyiladigan qiymatidan oshirib yubormaydigan qilib tanlanadi:

$$I = U_n / R_n \quad (9.11)$$

bunda U_n – namuna rezistorda kuchlanish tushuvi, mV; R_n – namuna rezistor qarshiligi, Om.

Ikkinchi tomondan,

$$I = U_y / R_y \quad (9.12)$$

bunda U_y – o'lchanayotgan rezistorda kuchlanish tushuvi, mV; R_y – o'lchanayotgan rezistorning noma'lum qarshiligi, Om.

O'lchanayotgan rezistor qarshiligini topamiz:

$$R_y = R_n \cdot U_y / U_n \quad (9.13)$$

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

Termometrning kichik qarshiliklarini texnik o'lchash uchun avtomatik kompensatsion asboblarni ishlab chiqilgan, ular kompensatsion o'lchash usulining ijobiy xossalariga ega. Termometrni ulashning turt simli sxemasi simlar qarshiligining o'lchash natijalariga ta'sirini butunlay bartaraf etish imkonini berdi.

Kichik haroratlarni o'lchash uchun o'zgaruvchan tok kompensatsion asbobning printsiptial sxemasi 9.6-rasmda keltirilgan. Qarshilik termometri R_t ta'minlash manbaidan o'zgaruvchan I tok bilan ta'minlanadi. Asbobning o'lchash sxemasi T_p tok transformatoridan shunday ta'minlanadiki, o'lchash toki $I_y = KI$ bo'ladi. Agar termometrda kuchlanish U_{ab} kuchlanish bilan kompensatsiya kilinmagan bo'lsa, unda kuchaytirgich kirishiga signal beriladi. Bu signal reversiv dvigatelni va reoxord sirpangichi R_p ni kuchlanish U_{ab} tushuvini (R_t da) muvozanatlashtirmaguncha harakat qilishga (siljishga) majbur qiladi. Bu holda quyidagicha tenglik bajariladi:

$$IR_t = U_{as} = I_y R_{as} \quad (9.14)$$

yoki

$$IR_t = KI(R_n + mR_{np}), \quad (9.15)$$

bunda

$$R_{np} = \frac{R_p \cdot R_u}{R_p + R_u}$$

$$R_t = K(R_n + mR_{np}) \quad (9.16)$$

R_n rezistor asbob shkalasining sanok boshini belgilashga xizmat qiladi, R_{in} esa o'lchash diapozonini o'rnatadi. Transformatsiya koeffitsienti K ni amalda o'zgarmas deb karab, asbob ko'rsatishlari m ta'minot kuchlanishi tebranishiga va termometrni ulash simlari qarshiligining o'zgarishiga bog'liq emas deb hisoblash mumkin.

9.5. Avtomatik ko'prik o'lchash sxemasini hisoblash

Avtomatik ko'priklarni yangidan darajalash zarurati tugilganda muvozanatlashtirilgan avtomatik elektron ko'prikning o'lchash sxemasini hisoblash zarur (9.3-rasm).

Harorat o'zgarishi diapazonining qiymatlari ($t_k - t_h$) bo'yicha qarshilik termometrlarining tanlangan turi uchun termometr qarshiligini darajalangan xarakteristka R_{tk} va R_{th} bo'yicha aniqlanadi. Maksimal sezgirlik shartiga ko'ra $R_2 = R_3$ (odatda 300, 400, yoki 600 Om) va $R_1 = R_t$ deb olinadi. Reoxordning ekvivalent Qarshiligi R_p , odatda 90 Omga teng deb olinadi. Unda shunt miqdori reoxord Qarshiligiga teng bo'ladi va reoxordni $R_p = 90$ Omgacha moslanganda topiladi. Rezistor Qarshiligi $R_{\text{д}} = 4,5$ OM. O'zgaruvchan tokli muvozanatlashtirilgan avtomatik ko'prik R_p sxemasida $R_n = 2,5$ Om (moslovchi g'altak aloka liniyasi Qarshiligi); $R_6 = 450$ Om (ballast qarshilik). Sxema parametrlarining yuqorida berilgan qiymatlarida R_1 ni topamiz:

$$R_1 = \frac{R_{\text{д}} + R_{th} - R_2 - 0,5R_n + \Phi}{2} \quad (9.17)$$

bunda

$$\Phi = \sqrt{(R_2 + 0,5R_n - R_{th} - R_{\text{д}})^2 + 4(R_2 R_{\text{д}} + 0,5R_n R_{th}) + R_{\text{д}} R_{tk} + 0,5R_n R_{\text{д}}}$$

Ko'prikning o'lchash sxemasi muvozanati shartidan tenglamalar tyziladi:

$$(R_{tk} + 0,5R_n + R_{\text{д}}) \cdot R_2 = (R_1 + 0,5R_n)(R_3 + R_{np}); \quad (9.18)$$

$$(R_{th} + 0,5R_n + R_{\text{д}} + R_{np}) \cdot R_2 = (R_1 + 0,5R_n)R_3. \quad (9.19)$$

(9.19) ni (9.18) dan ayirib va hosil bo'lgan tenglamani R_{np} ga nisbatan Echib topamiz:

$$R_{np} = R_2(t_{tk} - t_{th}) / R_1 + R_2 + 0,5R_n. \quad (9.20)$$

Shkalaning sunggi qiymatini aniqlovchi rezistor qarshiligi R_n ushbu

$$R_n = R_3 R_{np} / (R_3 - R_{np}) \quad (9.21)$$

formula bilan topiladi va shu miqdordan foydalanishning tula emasligini hisobga olish uchun 5-7% orttiriladi.

Termometrning undan utayotgan toka karab maksimal kizishi shu tokni chegaralaydi, ya'ni $I_{\text{назр}} \leq 0,007 A$. Bundan ballast rezistor qarshiligining son qiymati topilishi mumkin:

$$R_6 = \frac{U_n - I_{\text{назр}}(R_{th} + R_{\text{д}} + R_3 + R_{np} + 0,5R_n)}{2I_{\text{назр}}},$$

bunda U_n -ko'prik o'lchash sxemasini ta'minlash kuchlanishi, u 6,3 v ga teng.

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Millivoltmetrni ko'rsatishiga tashqi muhit haroratini o'zgarishini ta'sirini kamaytirish usullarini izohlab bering.
2. Termoelektrik termometr bilan millivoltmetr zanjiriga sovuq kavshar haroratini o'zgarish ta'sirini kamaytirish usullarini izohlab bering.
3. SHkalasi harorat birligida darajalangan millivoltmetr qanday termoelektrik termometr bilan haroratni o'lchash mumkin?
4. SHkalasi millivolt birligida darajalangan millivoltmetrlarda haroratni o'lchashi uchun qanday termoelektrik termometrlar ulanishi mumkin?
5. Avtomatik elektron potentsiometrni struktura chizmasini izohlab bering.
6. Avtomatik elektron potentsiometr turlarini, to'zilishini izohlab bering.
7. Bir nuqtali avtomatik potentsiometr o'lchash sxemasida qarshiliklar vazifalarini izohlab bering.
8. Avtomatik potentsiometrlarda sovuq kavshar harorati o'zgarishiga qo'shimcha kiritilishini izohlab bering.
9. Muvozanatlashgan elektr ko'prigini chizmasini keltirib, u yordamida termometr qarshiligini o'lchashni izohlab bering.
10. Ikki simli ulangan muvozanatlashgan elektr ko'prigi yordamida qarshilikni o'lchanadigan hatoligini aniqlashni izohlab bering.
11. Uch simli ulangan muvozanatlashgan elektr ko'prigi yordamida qarshilik termometrini qarshiligini o'lchashni izohlab bering.

10-ma'ruza: NURLANISH PIROMETRLARI. SIGNAL O'ZGARTKICHLAR VA MASOFAGA UZATISH SISTEMALARI

Reja:

- 10.1. Umumiy tushunchalar va nazariy asoslar.
- 10.2. Optik pirometrlar.
- 10.3. Rangli pirometrlar.
- 10.4. Radiatsion pirometrlar.
- 10.5. Elektr, pnevmatik va normalovchi o'zgartkichlar.

Tayanch iboralar: Pirometrlar, masofaga uzatish sistemalari, rangli pirometrlar, nokontakt o'lchash usuli, optik pirometrlar, radiatsion pirometrlar, o'zgartkichlar, elektr o'zgartkichlar, pnevmatik o'zgartkichlar, normalovchi o'zgartkichlar, absolyut kora jism, Vin tenglamasi, Plank tenglamasi, Stefan-Boltsman tenglamasi.

Adabiyotlar: 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11.

10.1.Umumiy tushunchalar va nazariy asoslar

Nurlanish pirometrlarining ishlash printsipi qizitilgan jismning Issiqlik ta'sirida nurlanishidan foydalanishga asoslangan. Haroratni boshqa usulari bilan o'lchashga asoslangan asboblarga nisbatan nurlanish pirometrlari quyidagi afzalliklarga ega:

a) haroratni o'lchash nokontakt usulga asoslangan, shuning uchun asbobning o'zgartirgich unsurini o'lchanayotgan muhitga kiritishning hojati yo'q, demak. Buning natijasida hosil bo'ladigan harorat maydonidagi tebranish ham bo'lmaydi;

b) harorat o'lchashning yuqori chegarasi nazariy jihatdan cheksiz;

v) alanga va katta tezlikdagi gaz sig'imining baland haroratini o'lchash imkoniyati bor.

Qizigan jismning Issiqlik energiyasi turli uzunlikdagi to'lqinlar shaklida nurlanadi. Deyarli pastroq (masalan, 500⁰ C gacha) haroratlarda jism infraqizil nurlarni chiqaradi, harorat oshgan sari jism rangi to'q qizildan turli to'lqin uzunlikdagi oq rangga o'tadi, qizigan jismning harorati oshishi va rangi o'zgarishi bilan birga monoxromatik (bir rangli) nurlanishning intensivligi (ravshanligi) ham tez oshadi, shu bilan birga jamlangan (integral) nurlanish (radiatsiya) ham kattalashib boradi. Qizigan jismlarning bu ikki xossasi haroratni o'lchashga imkon beradi. Shularga ko'ra pirometrlar ravshanlik (optik), rangli va radiatsion pirometrlarga bo'linadi.

Plank tenglamasiga muvofiq mutloq qora jismning monoxromatik nurlanish intensivligi to'lqin uzunligi va haroratga bog'liq.

$$E_{\lambda} = C_1 \lambda^{-5} (e^{C_2/\lambda T} - 1)^{-1} \quad (10.1)$$

bu erda E_{λ} – λ uzunlikdagi to'lqin uchun mutloq qora jismning nurlanish intensivligi; C_1 C_2 – qiymatlari qabul qilingan birlik tizimiga bog'liq nurlanish doimiylari; T - jismning mutloq harorati (K); e – natural logarifmlar asosi;

$\lambda = 0,66$ mkm bo'lganda $\lambda \cdot T < 0,002$ m* grad, ya'ni harorat 3000 K dan past bo'lsa, Plank tenglamasi o'rniga Vin tenglamasini yozish mumkin:

$$E_{\lambda} = C_1 \lambda^{-5} e^{C_2/\lambda T} \quad (10.2)$$

Vin tenglamasi Plank tenglamasining ayrim variantidir. Plank va Vin tenglamalari optik pirometrlar yasallishining nazariy asosi mutloq qora jismning jamlangan (integral) nurlanishi Stefan-Boltsman tenglamasidan aniqlanadi:

$$E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (10.3)$$

bu erda C_0 -mutloq qora jismning nurlanish doimiysi; T -nurlanuvchi sirtning K da berilgan mutloq harorati.

Monoxromatik nurlanish intensivligi va integral nurlanish jismning fizikaviy xossalariga bog'liq bo'lgan uchun pirometrlar shkalasi mutloq qora jism nurlanishi bo'yicha darajalanadi. Demak, o'lchanayotgan (ravshanlik yoki radiatsion) haroratning haqiqiy harorat bilan muayyan nisbatda bo'lishi tabiiy. Haqiqiy haroratning qiymatini optik pirometr orqali topilgan tuyulma harorat qiymatidan hisoblab topish mumkin:

$$T = \frac{1}{\frac{1}{T_0} - \frac{\lambda}{C_2} \cdot \frac{\ln 1}{\epsilon_{\lambda}}} \quad (10.4)$$

bu erda T – jismning K da berilgan haqiqiy harorati; T_T - ravshanlik (tuyulma) harorat (optik pirometr orqali topilgan); λ – to'liq uzunligi (mkm); C_2 -Vin tenglamasi doimiysi; ε_λ - berilgan uzunlikdagi, to'liq uchun jismning qoralik darajalari.

Jismning radiatsion pirometr orqali topilgan T_p topilma haroratdan hisoblangan haqiqiy harorati:

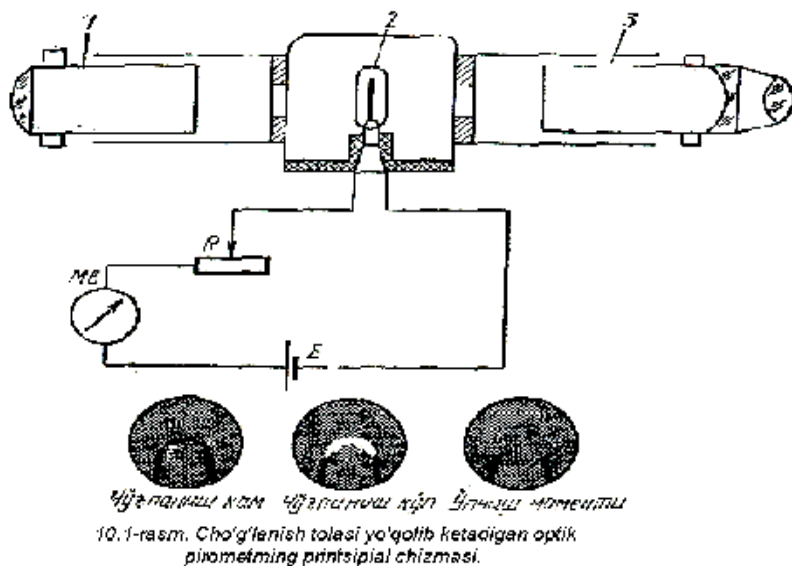
$$T = T_p \sqrt[4]{\frac{1}{\varepsilon}} \quad (10.5)$$

bu erda T – fizikaviy jismning haqiqiy harorati; T_p – radiatsion (tuyulma) harorat (radiatsion pirometr orqali topilgan); ε -to'liqlarning hamma uzunligi uchun jismning qoralik darajasi.

Barcha real fizikaviy jismlar uchun $0 < \varepsilon < 1$, shu sababi nurlanish pirometri bilan o'lchangan jismning harorati doim uning haqiqiy haroratidan kam bo'ladi. Ko'pincha, ε_λ va ε ning haqiqiy qiymatlarini topish qiyin bo'lgan sababli (bu qiymatlar jism sirtining holati va haroratiga bog'liq) haroratni nazorat qilish faqat tuyulma (ravshanlik va radiatsion) haroratlar bo'yicha bajariladi, ya'ni nurlanish to'liqsizligiga tuzatish kiritilmaydi. Kimyo sanoati sharoitlarida nurlanish pirometrlari yordamchi asboblarga bo'lib, vaqti vaqti bilan pechlar haroratini o'lchashda qo'llaniladi. Metallurgiya zavodlaridagi Issiqlik kuch qurilmalarining bug' qozonlarida va asosiy agregatlarida haroratni nazorat qilish uchun bu pirometrlar keng qo'llaniladi.

10.2. Optik pirometrlar

Optik pirometrlarning ishlash prinsipi harorati o'lchanayotgan jismning nurlanish ravshanligini etalon jismlarning monoxromatik nurlanish ravshanligi bilan solishtirishga asoslangan. Etalon jism sifatida, odatda nurlanish ravshanligi rostlanuvchi cho'g'lanish lampa tolasi ishlatiladi. Bu guruhdagi keng tarqalgan asboblardan biri-cho'g'lanish tolasi yo'qolib



ketadigan monoxromatik optik pirometrdir. Bu asbobning printsiplial chizmasi 10.1-rasmda keltirilgan. Qizdirilgan jismning nurlanish oqimi ob'ektiv 1 orqali yig'iladi va pirometrik lampa 2 ning toza yuxzasiga proektsiyalanadi. Okulyar 3 yordamida ob'ektning tasviri bilan kesishgan lampa tolasining tasviri kuzatiladi. Lampa tolasi ta'minlash manbai E ning doimiy tokidan cho'g'lanadi. Manbaning kuchlanishini reostat R orqali sekin-asta rostlash yo'li bilan ob'ekt va tola ravshanliklari tenglashguncha oshirib boriladi.

Shu payt ob'ekt tasviri bilan kesishgan tolaning qismi, rasmda ko'rsatildganidek, yo'qolib ketadi. Ravshanliklar tenglashgandan so'ng tok kuchini yoki lampa kuchlanishini o'lchaydigan M asbob bo'yicha pirometr ko'rsatishlari hisoblanadi.

Asbobsozlik sanoati turli konstruksiyalardagi yo'qoluvchi tolalik optik pirometrlarni ishlab chiqaradi. Ularning haroratini o'lchash diapozoni 8000S dan 10 0000S gacha. Yo'l quyiladigan asosiy hatolar chegarasi $\pm 1,5\%$ dan oshmaydi. Bu pirometrlar bilan haroratni o'lchash vaqtidagi qiyinchiliklardan biri – real jismning nurlanish to'liqsizligiga to'g'ri tuzatish kiritishdan iborat. Turli materiallar uchun qoralik koeffitsientlari tegishli jadvallarda keltirilgan, lekin ularning

konkret sharoitlarda o'zgarishini doimo nazarda to'tish kerak. Yuqorida keltirilgan optik pirometr ko'chma asboddir. U bilan uzluksiz o'lchash va haroratniqayd qilish mumkin emas.

Tolasi yo'qolib ketadigan optik pirometrdan farqli o'laroq, fotounsurli (fotoelektr pirometrlar) pirometrlar ko'rsatishlarini yozib olish va ularni masofaga uzatish imkoniga ega. Bu asboblardan tez o'tadigan jarayonlardagi haroratni o'lchashda foydalaniladi.

Fotoelektr pirometrlarning ishlash printsiplari fotounso'ning unga tushayotgan yorug'lik oqimi intensivligiga bog'liq bo'lgan fototokni o'zgartirish qobiliyatiga asoslangan. Fototok kuchi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$J=aT^n \quad (10.6)$$

bu erda a – asbobning sezgirligiga bog'liq bo'lgan asbob doimiyligi; n – asbobning spektr tavsifiga bog'liq bo'lgan asbob doimiysi; T – fizikaviy jismning harorati.

Fotoelektr pirometrning o'lchash chegaralari 800°C dan 4000°C gacha. Asosiy hato o'lchash yuqori chegarasining $\pm 1\%$ ini tashkil qiladi. Pirometrning ikkilamchi asbobi sifatida o'ziyozar avtomatik potentsiometr qo'llaniladi.

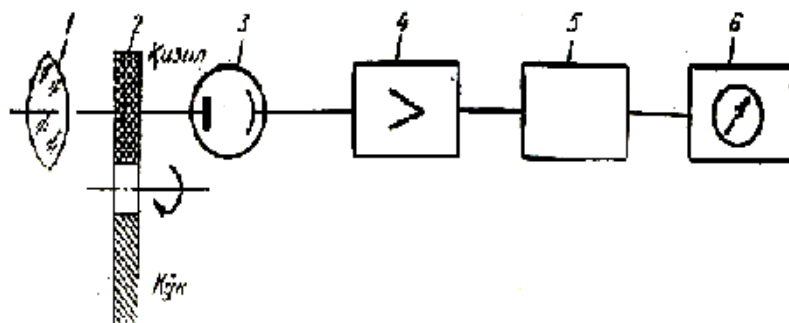
10.3. Rangli pirometrlar

Rangli yoki spektral nisbatli pirometrlar qizitilgan jismning nurlanish spektridagi energiyaning nisbiy taqsimlanishi bo'yicha haroratni o'lchashga mo'ljallangan. Harorat cho'g'langan jismning spektrida tanlangan ikki soha, maslan, ko'k sohalardagi ravshanliklar nisbatidan aniqlanadi. Agar cho'g'langan jismning nurlanish spektrida λ_1 va λ_2 to'lqin uzunligidan ikkita monoxromatik nurlanish (qizil va ko'k sohada) tanlansa, harorat o'zgarishi bilan bu nurlanishlar ravshanliklarning nisbati ham o'zgaradi. Qora bo'lmagan jism uchun ravshanliklar nisbati quyidagi ifoda bilan tavsiflanadi:

$$R = \frac{\varepsilon_{\lambda_1}}{\varepsilon_{\lambda_2}} R_r \quad (10.7)$$

bunda ε_{λ_1} va ε_{λ_2} – λ_1 va λ_2

to'lqin uzunliklarining nurlanish qobiliyati koeffitsienti; R_r – qora jism uchun λ_1 va λ_2 to'lqin uzunliklari ravshanligining nisbati.



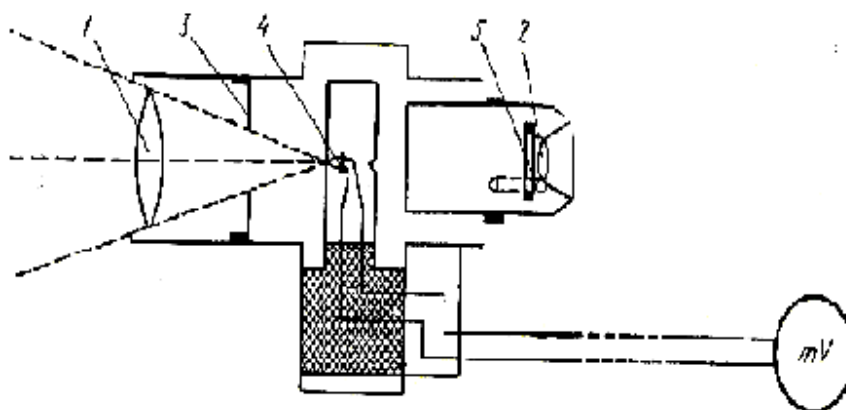
10.2-rasm. Fotoelementli rangli pirometrning printsipl sxemasi.

Fotounsurli rangli pirometrning printsiplal chizmasi 10.2-rasmda ko'rsatilgan.

O'lchanayotgan jismdan chiqqan nurlanish ob'ektiv 1 orqali o'tib fotounsur 3 ga tushadi. Fotounsur oldida qizil va ko'k filtri aylanuvchi disk 2 abtyurator o'rnatilgan. Fotounsur goh qizil, goh ko'k ranglar bilan yoritiladi va shunga ko'ra tegishli impulsar chiqaradi. Bu impulsar elektron kuchaytirgich 4 bilan kuchlanib logarifmlovchi qurilma 5 orqali doimiy tokka aylanadi. Tok esa o'z navbatida harorat birliklarida darajalangan o'lchash asbobi 6 bilan qayd qilinadi. Pirometrning o'lchash chegarasi 1400°C dan 2800°C gacha. Asosiy hato miqdori yuqori chegaraning $+1\%$ idan oshmaydi.

10.4. Radiatsion pirometrlar

Radiatsion pirometrlar (to'liq pirometrlari) nurlanish qizdirilgan



10.3-rasm. Termobalareyali radiatsion pirometrning printsiplal chizmasi.

jismning haroratini o'lchashga mo'ljallangan. Pirometr optik tizim (linza, oyna) bilan ta'minlangan. Bu tizim jismdan chiqqan nurlarni mitti termobatareya, termojuft yoki qarshilik termometri va yarim o'tkazgichli termovarshiliklardan iborat bo'lgan o'zgartirgichga to'playdi. O'lchash asboblari sifatida millivoltmetr, avtomatik potentsiometr va muvozanat ko'priklar qo'llanadi.

Pirometr ob'ektiv linza 1 va okulyarli teleskop 2 dan iborat. Nurlanish manbaidan chiqqan nurlarning yo'lida cheklovchi diafragma 3 o'rnatilgan, ob'ektiv linza fokusida esa termometr elektr batareya 4 joylashgan. Okulyar linza oldiga ko'zga muhofaza qiluvchi rangli shisha 5 quyilgan. Termobatareyada to'plangan nurlar uni qizdira boshlaydi va nurlanishning to'liq energiyasiga proporsional bo'lgan qiymatli e.yu.k. paydo bo'ladi. Termobatareyaning e.yu.k. millivoltmetr bilan o'lchanadi.

100°C dan 4000°C gacha haroratni o'lchaydigan radiatsion pirometrlarning turli konstruksiyalari mavjud bo'lib, ular o'zlarining optik tizimi, termojuftlarni ulash chizmasi va boshqa unsurlari bilan farq qiladi. O'zgartirgichlari qarshilik termometridan iborat bo'lgan ba'zi radiatsion pirometrlar nisbatan kichik, masalan, 20°C dan 100°C gacha harotlarni o'lchay oladi. O'zgartirgich qabul qiladigan nurlar energiyasini aniq hisobga olish juda qiyin, chunki o'zgartirgich va atrof muhit o'rtasida o'zaro Issiqlik almashuvi mavjud. Shuning uchun asbob hisobga olib bo'lmaydigan hatolarga yo'l quyishi tabiiy.

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

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Plank tenglamasini tushuntirib bering.
2. Stefan-Boltsman tenglamasini izohlab bering.
3. Radiatsion pirometrni to'zilisini tushuntirib bering.
4. Vin tenglamasini izohlab bering.
5. Optik pirometrni to'zilisini tushuntirib bering.
6. Fototok kuchi nimaga teng?
7. Optik pirometrlarning haroratni o'lchash diapazoni nimaga teng?
8. Fotoelektr pirometrning o'lchash diapazoni nimaga teng?
9. Rangli pirometrning o'lchash diapazoni qanchaga teng?
10. Nurlanish pirometrlari deb nimaga aytiladi?
11. Optik pirometrlarni izohlab bering.

11-ma'ruza: BOSIM O'LCHASH ASBOBLARI

Reja:

- 11.1. Asosiy tushunchalar va tasnifi.
- 11.2. Suyuqlikli bosim o'lchash asboblari.
- 11.3. Deformatsion bosim o'lchash asboblari.
- 11.4. Yuk-porshenli asboblari.

Tayanch iboralar: Ortiqcha bosim, barometrik bosim, manometr, vakuummetr, deformatsion bosim o'lchash asboblari, manovakuummetr, naporomer, tyagomer, tyagonaporomer, qalqovichli difmanometr, silfon, membranali asboblari.

Adabiyotlar: 3,4,5,10.

11.1. Asosiy tushunchalar va tasnifi

Tekis sirtga normal ta'sir ko'rsatuvchi ravon taksimlangan kuch bosim deyiladi.

$$P = \frac{F}{S} \quad (11.1)$$

bu erda: S – tekislik yuza; F – teng ta'sir kiluvchi bosim kuchi.

Bosim Xalqaro birliklar sistemasida Pa bilan o'lchanadi. Undan tashkari bosim o'lchashda (n/m^2), kPa , MPa , KGk/sm^2 , bar , kgk/m^2 ($mm.suv.ust$), $mm.sim.ust$. kabi birliklardan keng foydalaniladi.

O'lchashda absolyut ortiqcha atmosfera va vakuum bosim mavjud. Absolyut bosim – modda holatining parametri bo'lib, atmosfera va ortiqcha bosimlar yigindisidan iborat:

$$P_{a\delta c} = P_{amm} + P_{opm} \quad (11.2)$$

bu erda, P_{atm} – atmosfera, P_{opt} – ortiqcha bosimlar.

Ortiqcha bosim absolyut va atmosfera bosimlari oralaridagi farqdan iborat:

$$P_{opm} = P_{a\delta c} - P_{amm} \quad (11.3)$$

Atmosfera bosimi – er atmosferasidagi xavo ustunining bosimi, uning qiymati barometrlar bilan o'lchanadi, shuning uchun bu bosim ko'pincha *barometrik bosim* ham deb ataladi.

$$P_e = P_{amm} - P_{a\delta c}. \quad (11.4)$$

Bosim o'lchaydigan asboblarning ishlash printsiplari ko'ra suyuqlik, deformatsion (prujinali), yuk-porshenli, elektr, ionizatsion va Issiqlik turlariga bo'linadi.

O'lchanayotgan kattalikning turiga ko'ra bosim o'lchaydigan asboblarning quyidagilardan iborat:

Manometr – mutloq va ortiqcha bosimni o'lchaydigan asbob.

Barometr – atmosferada havoning barometrik bosimini o'lchash uchun ishlatiladigan asbob.

Vakkumetr – siyraklanishni (vakuumni) o'lchash uchun ishlatiladigan asbob.

Manovakkumetr – ortiqcha bosim va vakkumni o'lchaydigan asbob.

Naporomer (mikromanometr) – kichik miqdordagi ortiqcha bosimni o'lchaydigan asbob.

Tyagomer – kichik miqdordagi siyraklanishlarni o'lchaydigan asbob.

Tyagonaporomer – kichik qiymatli bosim va siyraklanishlarni o'lchash uchun ishlatiladigan asbob.

Differentsial manometrlar – ikki bosim ayirmasini (bosimning o'zgarishi) o'lchaydigan asbob.

Ishlash printsiplari jihatidan bosimni o'lchaydigan asboblarning quyidagi guruhlariga bo'linadi:

1) o'lchanayotgan bosimni suyuqlik ustunining gidrostatik bosimi bilan muvozanatlashga asoslangan suyuqlik asboblari;

2) yuk-porshenli monometrlar - bo'larda o'lchanadigan bosim porshenga ko'rsatiladigan tashqi kuch orqali muvozanatlanadi;

3) deformatsion (prujinali) manometrlar – ularda o'lchanadigan bosim turli elastik unsurlarning deformatsiyasi yoki ularning kuchi bo'yicha aniqlanadi;

4) elektrik aboblarda bosim elektr kattalikka aylanadi.

11.2. Suyuqlikli bosim o'lchash asboblari

Suyuqlikli asboblarning o'zining to'zilishti va ishlatilishining soddaligi hamda o'lchashining deyarli aniqligi bilan tavsiflanadi.

Bu asboblarning tajriba va texnikaviy o'lchovlarda keng qo'llanadi. Asbob turli ishchi suyuqliklar, ko'pincha simob, suv va spirt bilan to'ldiriladi.

Ikki naychali (U shakl) manometr va manovakkummetrlar U harfi shaklidagi shisha naychadan iborat. Naycha to'g'ri chizilgan shaklali taxtachaga biriktirilgan (11.1-rasm).

Bu turdagi asboblarning ishlash printsipti tutash idishlar konuniga asoslangan. Naychalarning biri ortiqcha bosimi o'lchanayotgan hajmga ulanadi. Agar naychaning ochiq qismidagi suyuqlik ustunining gidrostatik bosimi ikkinchi qismidagi bosim bilan mos kelsa, tizim muvozanat holatda bo'ladi. Shunday qilib, quyidagi ifodani yozish mumkin.

$$P_{a\delta c} \cdot S = P_{amm} \cdot S + HSg(\rho - \rho_1) \quad (11.5)$$

bu Erda P_{myt} o'lchanayotgan bosim, N/m^2 ; P_{atm} atmosfera bosim, N/m^2 ; S – naycha kesimining yuzasi, m^2 ; H – suyuqlik sathining (ustun uzunligining) farqi, m ; ρ – suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ; ρ_1 – manometrning suyuqlik ustidagi muhit zichligi, kg/m^3 ; g – tezlanish kuchim, m/s^2 ;

Demak,

$$P_{a\delta c} = P_{amm} + Hg(\rho - \rho_1) \quad (11.6)$$

Yoki

$$P_{opm} = P_{a\delta c} - P_{amm} = Hg(\rho - \rho_1) \quad (11.7)$$

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

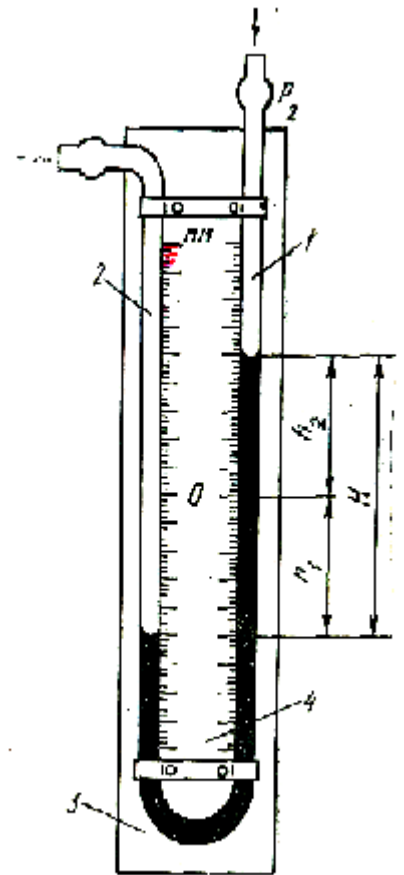
$$P_{opm} = P_{a\delta c} - P_{amm} = Hg\rho$$

Sathlar farqi naychaning ung va chap tomonidagi shkala bo'yicha ko'rsatkichlari yigindisi kabi aniqlanadi, ya'ni

$$H = h_1 + h_2 \quad (11.8)$$

Bosimlar farqini (o'zgarishini) o'lchashda suyuqlikli differentsial ikki naychali manometrning bir tomoniga (musbat) katta bosim, ikkinchi tomoniga esa (manfiy) kichik bosim beriladi. Musbat va manfiy tomonlardagi suyuqlik sathining farqi o'lchanayotgan bosimlar farqiga proporsional.

$$\Delta P = P_1 - P_2 = Hg(\rho - \rho_1) \quad (11.9)$$



11.1-rasm. Ikki naychali U shaklida manometr.

Ikki naychali manometrlarga bir qator hatolar xosdir. Bunga sabab sayuklik meniskining holatini noaniq hisoblanishi, atrof muhit haroratining o'zgarishi, kapillyarlik hodisalari va hokazo. Hatolarning ko'pchiligi tuzatishlar orqali e'tiborga olinishi mumkin. Suyuqlikli ikki naychali asboblarning kamchiligi – ikki marta hisob olib borishning zarurligidadir, buning natijasida o'lchashning hatosi ko'payadi.

Bir naychali (kosali) asboblari. Bu asboblari ikki naychali asboblarning bir turi bo'lib, ikkinchi naycha o'rniga keng idish (kosa) ishlatiladi.

Ortiqcha bosim ta'sirida kosadagi suyuqlik sathi pasayib, naychadagi sath oshadi. Bu hol uchun quyidagini yozish mumkin:

$$P_{opm} = (h + H) \cdot g \cdot (\rho - \rho_1) \quad (11.10)$$

Kosali manometrning afzalligi shundaki, naychadagi suyuqlik meniskining holati bir marta hisoblanadi. Bu asbobning kamchiligi idishdagi suyuqlik sathining pasayishi natijasida N ga teng hato sodir bo'lishidadir. Aniqlik, asboblari uchun quyidagi munosabat urinli:

$$\frac{h}{H} = \frac{S}{s}, \quad (11.11)$$

bunda S – idish kesimining yuzasi, m²; s – naycha kesimining yuzasi, m²; (11.9) va (11.10) tenglamalardan quyidagi kelib chiqdi:

$$P_{opm} = hg(1 + \frac{S}{s})(\rho - \rho_1), \quad (11.12)$$

Agar s/S – nisbat 1/400 dan ortiq bo'lmasa, N kattalikni e'tiborga olmasa bo'ladi:

$$P_{opm} = hg(\rho - \rho_1) \quad (11.13)$$

Suyuqlikli manometrlar bilan o'lchanadigan bosimning yuqori chegarasi asbobning katta-kichikligiga bog'liqlik.

Tajribada asboblari 0,196 MN/m² (2 kgk/sm²) dan oshmaydigan bosimni o'lchash uchun ishlatiladi.

Mikromanometrlari. Juda kichik bosimlarni o'lchash uchun og'ma naychali mikromanometrlari ishlatiladi.

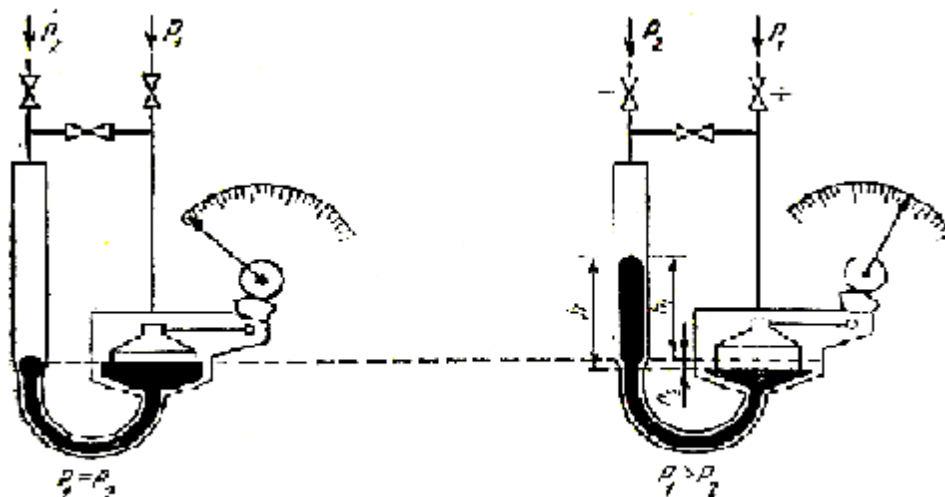
Naychani holati og'ma bo'lgani sababli o'lchanayotgan bosimni muvozanatlaydigan suyuqlik ustunining uzunligi:

$$h = n \cdot \sin \alpha, \quad (11.14)$$

bunda n- suyuqlik meniskining shkala bo'yicha siljishi, m.

Bunday asboblari 157...980 N/m² (16...100 mm suv. ust.) chegaradagi bosimlarni o'lchashga muljallangan. Bu asboblarning hatosi ±1,0% dan oshmaydi.

Qalqovichli difmanometrlari. Qalqovichli difmanometrlarning ishlash printsipi kosali manometrlarnikiga uxshash, ammo ularda bosimni o'lchashda kosadagi suyuqlik sathining o'zgarishi natijasida qalqovichning siljishidan foydalaniladi. Uzatish qo'rilmasi yordamida qalqovichning siljishi strelkaga uzatiladi. Bu asboblari ko'pincha bosimning o'zgarishini o'lchash uchun ishlatiladi.



11.2-rasm. Qalqovichli difmanometr chizmasi.

11.2-rasmda qalqovichli difmanometr chizmasi 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 kutariladi. $P_1 - P_2$ bosimlar ayirmasi suyuqlik ustunining h uzunligi orqali muvozanatlashadi:

$$h = h_1 + h_2 \dots \quad (11.15)$$

tizimning muvozanat sharti quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$P_1 - P_2 = \Delta P = hg \cdot (\rho - \rho_1) \quad (11.16)$$

bunda ΔP – bosimlarning o'zgarishi, N/m^2 ; ρ – difmanometr ichidagi suyuqlikning zichligi, kg/m^3 .

Tsilindr shaklidagi idishlar uchun bu shart quyidagi tenglama orqali ifodalanadi.

$$S_1 h_1 = S_2 h_2 \quad (11.17)$$

bunda S_1 – manfiy idish kesimining yuzasi, m^2 ; S_2 – musbat idish kesimining yuzasi, m^2 ;

yoki

$$h_1 \pi d^2/4 = h_2 \pi D^2/4 \quad (11.18)$$

bu erda d va D – manfiy va musbat idishlarning diametri, m .

$$h_1 = h_2 D^2/d^2 \quad (11.19)$$

(11.9) tenglamani (11.5) ga qo'ysak. quyidagiga ega bo'lamiz

$$h = h_2 (1 + D^2/d^2) \quad (11.20)$$

(11.9) ni (11.6) ga qo'yamiz:

$$P_1 - P_2 = \Delta P = h_2 g (1 + D^2/d^2) (\rho - \rho_1) \quad (11.21)$$

Ma'lumki asbob uchun $(1 + D^2/d^2)$ va $(\rho - \rho_1)$ kattaliklar doimiy bo'lgani uchun ularni K va K_1 orqali ifodalaymiz.

$$P_1 - P_2 = \Delta P = K K_1 h_2 \quad (11.22)$$

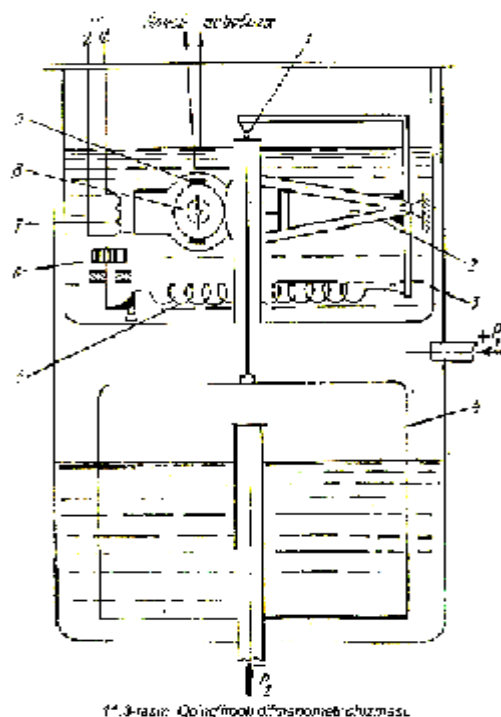
Shunday qilib, difmanometr idishlaridagi bosimlar ayirmasi qalqovichning siljishi bilan ta'riflanadi. Agar musbat idishning hajmi o'zgarmas bo'lib, manfiy idishning diametri va

uzunligi o'zgartirilsa. Bosimlar farqini o'lchash chegaralarini o'zgartirish mumkin. (11.4) va (11.8) tenglamalarni birgalikda Echamiz

$$d = D \sqrt{\frac{h_2}{h - h_2}} \quad (11.23)$$

(11.23) tenglamadan D, h va h_2 larning berilgan qiymatlaridagi ingichka idishning kerakli diametri aniqlanadi.

Qung'iroqli asboblarda kichik bosim va siyraklanishni o'lchashda tyagometr va naporometrlar hamda differentsial manometrlar sifatida qo'llaniladi. Ferrodinamik datchik bilan ta'minlangan qung'iroqli asbob chizmasi 11.3-rasmda keltirilgan. Asbobning sezgir unsuri qung'iroq, 4 ning ochiq, tarafi bilan qisman moyga chuktilirilgan. Asbobga ikkita naycha ulangan katta bosim qung'iroq ustida, kichik bosim esa uning ichiga beriladi qung'iroq, quzg'almas bachok 3 da joylashgan burchakli richag 1 ga ilinadi qung'iroq hosil qilgan zurikish prujina 5 orqali muvozanatlanadi. Qung'iroq siljishi bilan bosimning o'zgarishi natijasida richag 1 va ferrodinamik datchik 7 ning ramka uki 9 da joylashgan maxsus shesterenka 8 bilan kattik bog'langan sektori 2 buriladi. Shunday qilib, datchik ramkasining burilish burchagi, binobarin, uning e.yu.k. qung'iroqqa ta'sir ko'rsatuvchi bosimlar farqiga proporsional. Pujina 5 ning tarangligi vint 6 orqali rostanadi.



11.3-rasm: Qung'iroqli differentsial manometr chizmasi.

Hozirgi paytda bosimning siyraklanishini va bosim o'zgarishlarini o'lchash uchun qung'iroqli asboblarning katta nomenklaturasi chikariladi. Ko'rsatishlarni masofaga uzatish elektr (differentsial transformatorli va ferrodinamik) hamda pnevmatik tizimlar orqali bajariladi. Bosimni o'lchashning chegarasi 98,1 dan 392,4 N/m² gacha, aniqlik sinfi esa 1,5. asbobning ikkilamchi asbob shkalasi bo'yicha yo'l quyiladigan asosiy hatosi $\pm 2\%$.

Xalqali asboblarda. Xalqali asboblarda kichik bosim, siyraklanish va bosimlar farqini o'lchash uchun muljallangan. Bu asboblarning ishlashi «xalqali tarozi» printsiptiga asoslangan. Asbobning printsiptial chizmasi 11.4-rasmda keltirilgan. Bu asboblarning asosiy qismi kovakli metall xalqa 1 dan iborat. Uning prizma uchi harakatsiz tayanchga o'rnatilgan va yarimgacha suyuqlik (suv, moy yoki simob) bilan to'ldirilgan. Xalqaning pastiga 6 ogirliqdagi yuk biriktirilgan. Tusiqlik 2 va xalqadagi suyuqlik bush joyni 1 va 11 bushliqlarga bo'ladi. Bosim yoki siyraklanishni o'lchaganda xalqa bushliqlaridan biriga elastik naycha ulanadi, ikkinchi bushliq atmosferaga chiqdi. Bosimlar farqini o'lchash kerak bo'lsa xalqa bushliqlarining ikkalasiga ham naychalar ulanadi. Agar 1 va 11 bushliqlaridagi bosim bir xil ($P_1 = P_2$) bo'lsa, tusiqqa ikki tomondan ko'rsatiladigan kuch ham teng bo'ladi. Unda xalqa muvozanat holatda bo'ladi (11.4-rasm, a)

Masalan, 1-bushliqdagi bosim, 2-bushliqdagi bosimdan kattaroq, ($P_1 > P_2$) bo'lsa, bosimlar farqi ($P_1 - P_2$) ning tusiq yuzasi 5 ga ko'rsatadigan ta'siri natijasida aylantiruvchi moment hosil bo'ladi:

$$M_{a\ddot{u}n} = (P_1 - P_2)SR \quad (11.24)$$

bu erda S – tusiq yuzasi; R- xalqaning urtacha radiusi.

SHu aylantiruvchi moment tufayli xalqa tayanch nuqtasi atrofida soat strelkasi yo'nalishida aylanadi.

Xalqaning burilishi teskari ta'sirli moment hosil qiladi:

$$M_{\text{tec}} = G \sin \varphi \quad (11.25)$$

bu erda G – yukning ogirlik kuchi; a – yukning ogirlik markazi va tayanch nuqtasi orasidagi masofa, φ – xalqaning burilish burchagi

Xalqa muvozanat holatida tuxtaganda ikkala moment ham muvozanatlashadi ($M_{\text{айл}} = M_{\text{tec}}$)

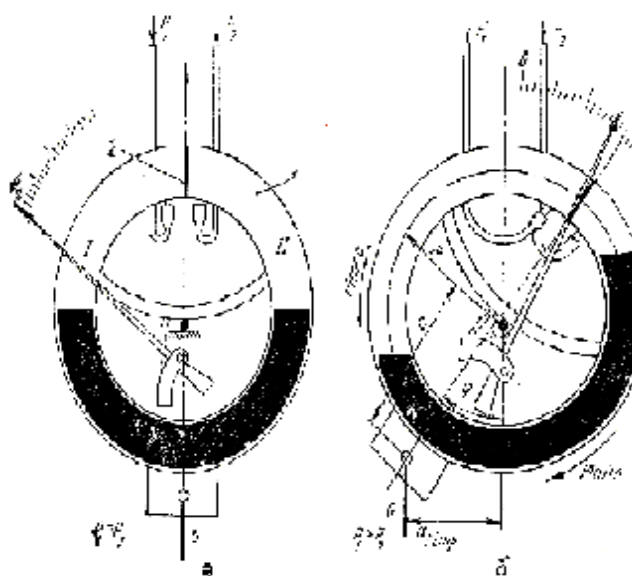
$$(P_1 - P_2)SR = G \sin \varphi \quad (11.26)$$

Bundan xalqaning burilish burchagi va bosimlar farqi urtasidagi nisbat kelib chiqdi:

$$\sin \varphi = \frac{S \cdot R}{G \cdot a} \cdot P_1 - P_2 \quad (11.27)$$

Ogirlik kuchi va xalqaning geometrik hajmi o'zgarmas bo'lgani uchun (11.27) tenglamani quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$P_1 - P_2 = K \sin \varphi \quad (11.28)$$



11.4-rasm. Xalqali asbob chizmasi

Xalqali difmanometrlar 250 Pa dan 1,6 kPa gacha bo'lgan bosimlar farqi va muhitdagi 25 kPa dan 0,1 Mpa gacha bo'lgan bosimlarni o'lchashga muljallangan. Asboblarning aniqlik sinfi 1 va 1,5.

Xalqali asboblarning qalqovichli va qung'iroqli asboblardan afzalligi – uzatish mexanizmidagi zichlantiruvchi qo'rilmalarning yo'qligi va asbobning sezgir unsuri suyuqlik zichligiga bog'liq emasligidadir. Xalqali asboblarning kamchiligi – bosimni keltiruvchi naychalarning mavjudligidadir. Bu naychalar o'lchash paytida qushimcha hatolar paydo bo'lishiga sabab bo'ladi.

11.3. Deformatsion prujinali bosim o'lchash asboblari

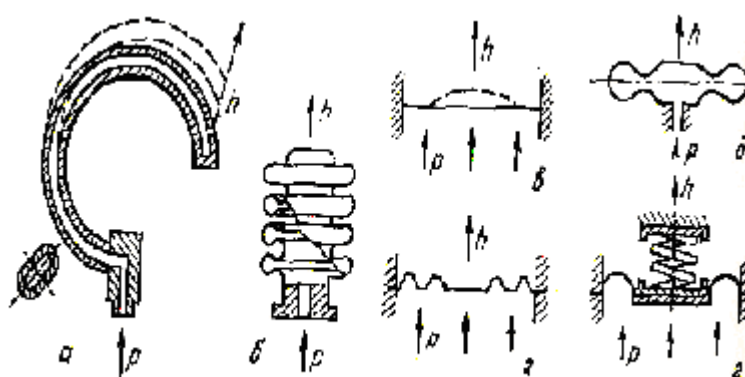
Prujina, manometr, vakuummetr, tyagometr, naporomer, differentsial manometr va barometr asboblarning bosimini siyraklanishini va bosim o'zgarishini o'lchash uchun keng qo'llaniladi.

Prujina asboblarning ishlash printsipti turli elastik unsurlarning deformatsiyasi miqdorini o'lchashga asoslangan. Sezgir unso'ring deformatsiyasi ta'sirida uzatish mexanizmlari

yordamida asbob shkalasi burchakli yoki chiziqli o'zgaradi. Asbobda qo'llanilgan sezgir unso'ning turiga ko'ra naychasimon, membranali va silfonli manometrlar mavjud. Prujina asboblari namunali va ishlovchi, ya'ni turli ishlab chiqarish jarayonlaridagi bosim va siyraklanishni o'lchash uchun ishlatiladi.

Naychasimon prujinali asboblari. Sezgir unsur sifatida naychasimon manometrik prujina ishlatilgan deformatsion asboblari tajriba va ishlab chiqarish amaliyotida keng tarkalgan. Ayniqsa bir uramli naychasimon prujina asbob – manometr, vakuummetr, manovakuummetr va difmanometrlar juda ko'p qo'llaniladi. Naychasimon prujinali asboblarning ishlash printsipti o'lchanayotgan bosimni bir uramli yoki ko'p uramli naychasimon prujinaning elastik deformatsiya kuchi bilan muvozanatlashga asoslangan.

Aylana yoyi bo'yicha bukilgan elliptik yoki yassi oval kesimli naychasimon bir uramli prujina naycha ichidagi ortiqcha bosim yoki siyraklanishning o'zgarishi natijasida o'zining bukilishini o'zgartiradi (11.5-rasm).



11.5-rasm. Elastik sezgir elementlar.

Prujina burilishidagi burchak o'zgarishi Δj ni quyidagi formuladan aniqlanadi:

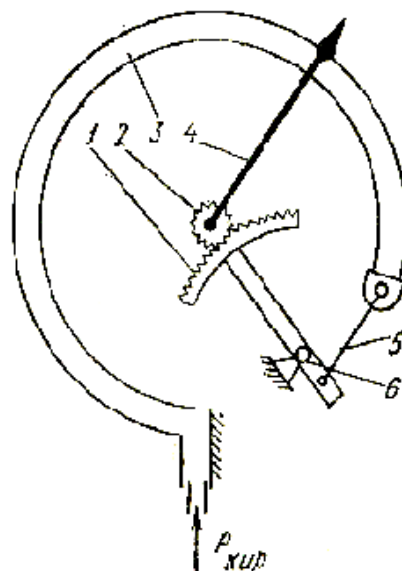
$$\Delta j = \frac{\Delta b}{b + \Delta b} \cdot J \quad (11.29)$$

bunda b – prujina ellipsining kichik yarim uqi. M .

Naycha uchining siljish yo'nalishini ko'rsatuvchi τ burchak quyidagicha ta'riflanadi:

$$\tau = \arctg \frac{1 - \cos J}{J - \sin J} \quad (11.30)$$

Naycha ichidagi ortiqcha bosim oshirilganda elliptik yoki yassi oval kesim doiraviy kesimga yaqinlashadi, ya'ni ellips yoki ovalning kichik o'qi kattalashib, katta o'qi kichiklashadi va naycha teskari yo'nalishda buriladi. Naychada siyraklanish hosil bo'lganda u buriladi. Naycha tavsiflari va erkin uchining siljish kattaligi bir qator



11.6-rasm. Pujinali manometrlarning kinematik tuzilmasi.

omillarga bog'liq, ulardan eng muhimlari: naycha o'qlarining nisbati, devorlarining qalinligi, materialning elastiklik moduli va naycha yoyining egilish radiusidir.

11.6-rasmda bir o'ramli prujinali umumiy ishlab chiqarish manometrlarining kinematik chizmasi keltirilgan. Bosim o'zgarishi natijasida prujina 3 uchining siljishi tortqi 5 orqali o'q 6 aylanayotgan sektor 1 ga uzatiladi. Sektorning burchakli siljishi tishli ilashma yordamida tribka 2 ning aylanishiga olib keladi. Tribkaning o'qiga ko'rsatuvchi strelka 4 biriktirilgan.

Yuqori bosimli (98 mN/m^2 dan oshiq) manometrlarda doiraviy kesimli po'lat naychalar ishlatiladi. Naychaning bo'sh uchida siljish uncha katta bo'lmagan sababli, ko'pincha, ko'p o'ramli naychasimon prujinalar ishlatiladi. Ko'p o'ramli (gelikoidal) naychasimon prujinali manometrlarning ishlovchi organi olti – tuqqiz o'ramli yassi naychadan hosil qilingan tsilindrik spiral shakliga ega.

11.7-rasm. Gelikoidal naychasimon prujinali manometrlar o'ziyozar va ko'rsatishlarni masofaga uzatuvchi bo'ladi. Bu manometrlarning tuzilishi 11.7-rasmda ko'rsatilgan. Shtutser 2 ga ko'rsatilgan (o'lchanayotgan) bosim kapillyar naycha 1 orqali gelikoidal prujina 5 ga ta'sir qiladi. Pujinaning bir uchi asbob korpusiga biriktirilgan burchakli lineykaga, ikkinchisi esa o'q 6 bilan ulangan. Bosim ko'tarilishi bilan prujinaning erkin uchi suriladi va o'q 6 ni aylantiradi. O'qning aylanishi richag 7 va tortqi 10 orqali richag 4 ga uzatiladi hamda strelka 3 ni siljitadi. Shunday qilib, bosimning o'zgarishi uchiga pero 7 biriktirilgan strelka 3 ni proportsional burchakka buradi. Pero ko'rsatishlarni diagrammali qog'oz 12 ga yozadi. Qog'oz soat mexanizmi va elektr yuritgich orqali strelka 3 ni u yoki bu tomonga surish mumkin.

Naychasimon prujinali manometrlar ko'rsatishlarni hisoblash, yozish, signalizatsiya qilish va ko'rsatishlarni masofaga uzatish mo'ljallangan.

Memranali asboblar. Sunggi yillarda membranali asboblar tobora keng qo'llanilmokda. Bu asboblarda sezgir unsur sifatida elastik materiallardan tayyorlangan yumshoq, shuningdek, gofirlangan plastikasimon membranalar yoki gofirlangan membrana kutichalar ishlatiladi. Membranali asboblar, uncha katta bo'lmagan ortiqcha bosimlar va siyraklanishlarni o'lchash uchun (manometrlar, naprometrlar va tyagometrlar) hamda bosimlar farqini o'lchash uchun (deformanometrlar) qo'llaniladi.

Bunday membranali asboblar turli modifikatsiyalarda ishlanadi hamda $+250 \text{ Pa}$ dan $+25 \text{ kPa}$ gacha bo'lgan o'lchash chegaralariga muljallangan. Ularning aniqlik sinfi 1,5 va 2.5.

Membranali asboblarning kamchiligi – sezgir unsur harakatchan markazining sust yurishi. Membrana qattiqligining hisobdan chetlanishi va uni rostlash murakkabligidadir. Sezgir unsurlarning bu kamchiligi elektrik va pnevmatik kuch kompensatsiyasi chizmasi bo'yicha ko'rilgan asboblarda bartaraf etiladi.

Silfonli asboblar. Hozirgi paytda sezgir unsur sifatida devorlari gofirlangan metall tsilindrda iborat silfonli asboblar keng qo'llanilmokda. Silfonlar jez, zanglamas pulat (X 189T) va boshqalardan tayyorlanadi. Silfonlarni ba'zi turlari vint prujinali qilib tayyorlanadi, buning natijasida gistrezis va nochiziqlik ta'siri kamayib, asbobning qo'llanilish diapazoni kengayadi. Silfonlar bir qatlamli va ko'p qatlamli bo'ladi. Silfonlar turli diametr, uzunlik va turli gofirlar soni bilan chikariladi.

Odatda, silfonlarning diametri 12...100 mm, uzunligi 13...100 mm, gofirlar soni 4...24 atrofida bo'ladi. Silfonlarning ish yurishi 2,8...21 mm. Ularning ish yurish miqdorining nisbatan kattaligi silfonlarni o'ziyozar asboblarda qo'llashga imkon beradi.

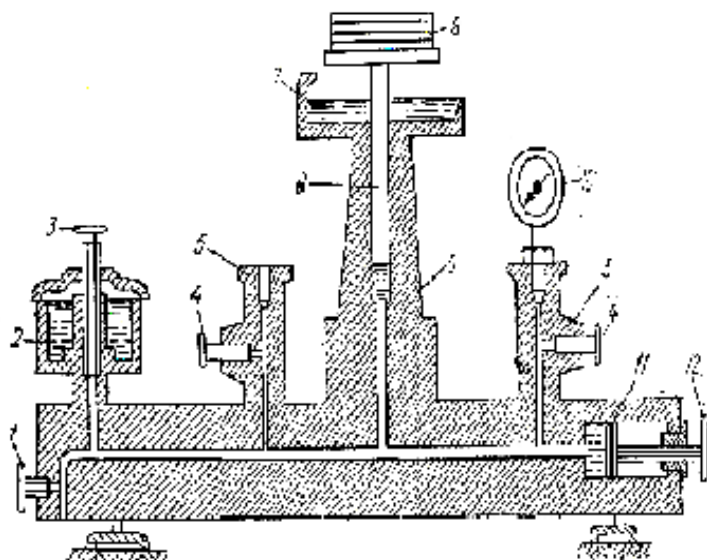
Silfonlar naporomer va tyagomerlarda kichik bosimlarni 40000 Pa (4000 kgk/m^2 o'lchash uchun. Vakkummetrik bosimni ($0,1 \text{ mPagacha}$)) mutlok bosimni ($2,5 \text{ MPa}$ gacha). Ortiqcha bosimni (60 MPa gacha), bosimlar farqini ($0,25 \text{ MPa}$ gacha) o'lchash uchun qo'llaniladi.

Pnevmatik signalni 300 m masofaga uzatish mumkin. Bunday silfonli asboblar turli xilda va modifikatsiyada chiqariladi hamda turli chegarali o'lchovlarga muljallanadi. Ularning aniqlik sinfi 1 va 1,5.

Silfonlarning asosiy kamchiliklari gisterezis mavjudligi va tavsifning bir muncha nochiziqligidir. Gistperezis ta'sirini kamaytirish va kattiklikni oshirish maqsadida, ko'pincha. Silfon ichiga vintli tsilindr prujina o'rnatiladi.

11.4. Yuk porshenli asboblari

Bu asboblarning ko'pchiligi tajriba sharoitida turli manometrlarni tekshirish va darajalash uchun muljallangan. 11.8-rasmda yuk-porshenli manometrning printsipl chizmasi tasvirlangan.



11.8-rasm. Yuk-porshenli manometrning printsipl chizmasi.

Yuk kolonkasi 9 ning markazida silliqilgan tsilindrik kanal bo'lib, bu kanalning ichida yuk tarelka 8 li siljuvchi porshen 6 joylashgan. Kolonkaning kanali porshen 11 ga ega bo'lgan press bilan ulangan. Bundan tashkari u tekshirilayotgan manometr 10 bimlan bog'lovchi shtutserlar 5 ga ulangan. Kolonka va shtutser kanallari ninasimon ventill 4 lar bilan ta'minlangan. Ventil 1 yordamida ishchi suyuqlik tukiladi.

Ishni boshlashdan avval ventill 3 ochilib, sitgim 2 dan asbobning gidravlik tizimimi ishchi suyuqlik bilan to'ldiriladi. Tizimni to'ldirish bilan bir vaqtda maxovik 12 ni soat strelkasining yo'nalishiga qarshi burab porshen 11 aylantiriladi. Porshen 11 oxirigacha aylantirilgan holda sigim 2 da ishchi suyuqlik qisman qolishi kerak. Ishchi suyuqlik sifatida urtacha qovushqoqlikka ega bo'lgan mineral moy ishlatiladi. Asbob tulganidan sung ventill 3 biriktiriladi. Keyin maxovik 12 moy bosimi natijasida kutarilgan yuk tarelkasi ko'rsatkichi 7 to'g'risiga kelguncha buraladi. Porshenli manometrning to'zilishiga ko'ra uning ishlash printsipl gidravlik tizimdagi o'lchanayotgan bosimning yuklar kuchini muvozanatlashiga asoslangan. O'lchanayotgan bosimning kattaligi haqida muvozanatlovchi yuklar kattaligiga ko'ra fikr yuritish mumkin. Porshen va tsilindr diametrlari bir-biriga moslangan va ularning sirlari urtasidagi oralik bir necha mikrondan oshmaydi. Ishkalanish kuchlarini e'tiborga olmagan holda, quyidagi muvozanat shartini yozish mumkin:

$$Gg=P_{opt}S_{\phi}; \quad (11.31)$$

Bu erda G – yuk tarelkasi bilan porshenning ogirlik kuchi. KG; g – erkin tushish tezlanishi, m/s^2 ; P_{opt} - tsilindr kanalidagi ortiqcha bosim, Pa; S_{ϕ} c- porshenning effektiv yuzasi, m^2 .

Kanal va porshen sirlari urtasida kichik bo'lsa ham oraliq borligi natijasida moy porshen ustiga utib uni asta-sekin pastga tushiradi. Ishkalanish ta'sirini kamaytirish uchun porshen kul bilan yoki maxsus qo'rilma yordamida aylantiriladi.

Porshenli manometrlar eng aniq ishlaydigan aboblar qatoriga kirib. Ular aniqlik darajasiga ko'ra ikki razyaryadga ajratiladi: 1 – razyaryadli porshenli asboblarining hatosi 0,01...0,02% ni tashkil qiladi va faqat porshenli manometrlarni tekshirish uchun ishlatiladi. 2- razyaryadli porshenli manometrlar 0,05% aniqlikka ega va namunali prujinali manometrlarni tekshirish uchun qo'llaniladi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Bosim deb nimaga aytiladi?
2. Bosim turlarini izoh lang.
3. Suyuqlikli ikki quvurli manometrlar yordamida bosim o'lchashni izoh lab bering.
4. Suyuqlikli kosali (bir quvurli) manometrlar yordamida bosim o'lchashni izoh lab bering.
5. Mikromanometr yordamida bosim o'lchash ni izoh lab bering.
6. Sektorli uzatish mexanizmini vazifasini va tuzatilishini izohlab bering.
7. Richagli uzatish mexanizmini vazifasini va tuzatilishini izohlab bering.
8. Ko'p chulg'amli deformatsion manometrni to'zilishini izohlab bering.
9. Membranli deformatsion manometrni ishlash uslubini va to'zilishini izohlab bering.
10. Silfonli deformatsion manometrni ishlash uslubini va to'zilishini izohlab bering.
11. Differentsial – transformatorli masofaga uzatish tizimini chizing va ishlashini izohlab bering.
12. Differentsial – transformatorli o'zgartgichni ishlash uslubini va to'zilishini izohlab bering.
13. Ferrodinamik o'zgartgichni ishlash uslubini va to'zilishini izohlab bering.
14. Qungirokli bosimni o'lchash asboblarini ishlash uslubini izohlab bering.

12 – ma'ruza: MODDA MIQDORI VA SARFINI O'LCHASH ASBOBLARI.

Reja:

- 12.1. Sarf va miqdor to'g'risida umumiy ma'lumotlar.
- 12.2. Bosim farqlari o'zgaruvchan sarf o'lchagichlar.
- 12.3. Bosim farqlari o'zgarmas sarf o'lchagichlar
- 12.4. Tezlik bosim sarf o'lchagichlari.

Tayanch iboralar: Sarf va miqdor o'lchagichlar, standart toraytuvchi qo'rilmalar, bosim farqi o'zgaruvchan sarf o'lchagichlar, bosim farqi o'zgarmas sarf o'lchagichlar.

Adabiyotlar: 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10.

12.1.Sarf va miqdor to'g'risida umumiy ma'lumotlar

Modda miqdori hisobi bilan bog'liq o'lchashlarda muhim tushunchalar, bu moddaning sarfi va miqdoridir.

Sarf, bu ma'lum moddaning miqdori vaqt birligida quvo'ning o'tkazgich kesimidan o'tishini ifodalaydi. Sarf ikki turga bo'linadi: hajmiy sarf va massaviy sarf.

Hajmiy sarf Q_h (m^3/sek), ($m^3/soat$) va boshqalar bilan o'lchanadi.

Massaviy sarf Q_m (kg/s), ($kg/soat$), ($tonna/soat$) va boshqalar bilan o'lchanadi.

Massaviy sarf birliklari hajmiy sarf birliklariga qaraganda tuliqroq ma'lumot berishi mumkin, chunki moddaning hajmi ayniqsa, gzlarining bosim va haroratiga ko'p darajada bog'liq bo'ladi.

Standartlarga binoan, moddaning sarfini o'lchash uchun ishlatiladigan o'lchash asbobi sarf o'lchagich, moddaning miqdorini o'lchash uchun esa miqdor hisoblagich atamasi qo'llaniladi.

- 1) Sarf o'lchagichlarning eng ko'p tarkalgan quyidagi turlari mavjud:
- 2) Bosim farqlari o'zgaruvchan sarf o'lchagichlar (toraytirish qo'rilmasi bilan).
- 3) Bosim farqlari o'zgarmas sarf o'lchagichlar.
- 4) Tezlik bosimli sarf o'lchagichlar.
- 5) O'zgaruvchan satxli sarf o'lchagichlar.
- 6) Induksion sarf o'lchagichlar.
- 7) Ultratovushli sarf o'lchagichlar.
- 8) Kalorimetrik sarf o'lchagichlar.
- 9) Ionizatsion sarf o'lchagichlar.
- 1) Miqdor hisoblagichlar o'lchash usuliga ko'ra quyidagi guruxlarga bo'linadi:
- 2) Hajm hisoblagichlar.
- 3) Tezlik hisoblagichlar.
- 4) Vazn hisoblagichlar.

O'lchanayotgan moddaning turiga ko'ra sarf o'lchagichlar mazut, bug', gaz va xokazolarni o'lchagichlarga bo'linadi.

12.2. Bosim farqlari o'zgaruvchan sarf o'lchagichlar

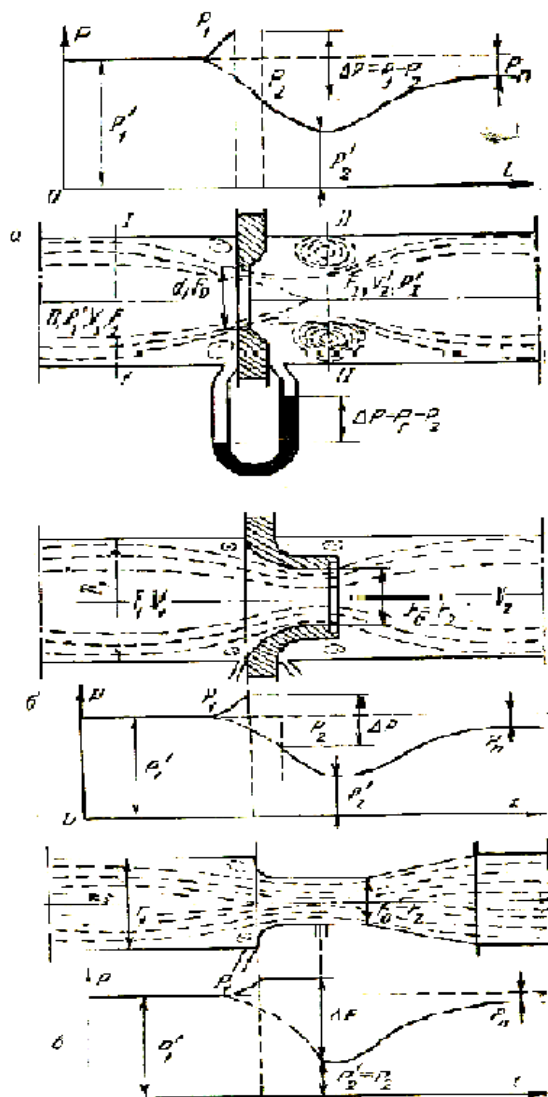
Quvur o'tkazgichlardagi suyuqlik, gaz va bug' sarfini bosim farqi bo'yicha o'lchash usuli keng tarqalgan va yaxshi o'rganilgan. Sarfni bosim kamayishi o'zgaruvchan sarf o'lchagichlar orqali o'lchash usuli modda potentsial energiyasining (statik bosimi) quvur o'tkazgichdagi toraygan qismidan o'tishidagi o'zgarishiga asoslangan. Dastlabki o'zgargich vazifasini bajaruvchi toraytirish qurilmasi quvuro'tkazgichda o'rnatilib, mahalliy torayishni hosil qiladi. Modda kesimning toraygan joyidan o'tayotganida uning tezligi oshadi. Tezlikning binobarin, kinetik energiyaning ortishi oqimning toraygan kesimdan o'tishida potentsial energiyaning kamayishiga olib keladi. Demak, toraygan kesimidagi statik bosim uning avvalgi kesimidagi bosimdan kam bo'ladi. Shunday qilib, modda toraytirish qurilmasidan o'tishida bosimlar farqi $\Delta P = P_2$ mavjud bo'ladi (12.1-rasm). Bu bosimlar farqi oqim tezligi va suyuqlik sarfiga bog'liq. Demak, toraytirish qurilmasi hosil qilgan bosimlar farqi quvuro'tkazgichdan o'tgan modda sarfining o'lchovi bo'lishi mumkin. Sarfning sonli qiymati esa difmanometr o'lchagan ΔP bosimlar farqi bo'yicha aniqlanadi.

Suyuqlik, gaz va bug'larning sarfini o'lchash uchun toraytirish qurilmasi sifatida standartli diafragma, soplolar, Venturi soplosi va Venturi quvuri ishlatiladi.

12.1-rasm, a da ko'rsatilgan diafragma dumaloq teshikli yupqa diskdan iborat. Teshikning markazi quvuro'tkazgich o'qida yotishi kerak. Oqimning torayishi diafragma oldida boshlanadi va undan o'tgan, ma'lum masofadan so'ng o'zining minimal kesimiga erishadi. Undan keyin oqim tobora kengayib quvuro'tkazgichning to'liq kesimiga erishadi. 12.1-rasm, a da egri chiziqli orqali quvuro'tkazgich devorlari bo'yicha taqsimlangan bosimning o'zgarishi tasvirlangan; shtrix-punktir chiziqli bilan quvuro'tkazgich o'qi bo'yicha taqsimlangan bosimni tasvirlovchi egri chiziqli ko'rsatilgan. Ko'rinib turibdiki, diafragma orqasida bosim dastlabki qiymatiga erishmaydi. Modda diafragmadan o'tganda, diafragma orqasidagi burchaklarda «o'lik» hudud hosil bo'ladi. Bu Erda 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 potentsial energiyaning o'zgarishiga deyarli ta'sir ko'rstmaydi. 12.1-rasm, a da ko'rsatilganidek P_1 va P_2 bosimlar diafragma diskining oldi va orqasidagi diafragma tekisligi hamda quvuro'tkazgichning ichki yuzasi o'rtasida hosil bo'lgan, burchaklarga o'rnatilgan alohida teshiklar yordamida tanlanadi. Soplo (12.1-rasm, b) kontsentrik teshikli nasadka shaklida ishlangan. Uning kirish qismi ravon torayib chiqish qismi esa tsilindrdan iborat. Soploning profili sharrachaning to'liq siqilishini ta'minlaydi va soplodagi tsilindr teshigining yuzasi oqimning minimal kesimiga teng deb hisoblanishi mumkin ($F=F_2$). Soplo orqasida hosil bo'ladigan uyurmali harakat diafragmadagiga ko'ra kam energiya yo'qotishlarga olib keladi.

Lekin, bosimlar farqi tenglashgandagi bir xil sarf uchun diafragmaning o'tish teshigidagi F_0 yuza soplolikidan katta bo'lgan sababli bosimlar yo'qolishi bir xil. Soploning old va orqasidagi P_1 va P_2 bosimlar xuddi diafragmani qidek tanlanadi.

12.1-rasm, b da Venturi soplosi tasvirlangan. Venturi soplosi qisqa tsilindrik qismga o'tuvchi tsilindrik krish o'tuvchi tsilindrik kirish qism va kengayuvchi konus diffuzor qismdan iborat. Toraytirish qurilmasining bunday shaklida, chiqish diffuzori mavjudligi tufayli, bosim sarfi diafragma va soplodagi bosim sarfiga nisbatan ancha kam. R_1 va R_2 bosimlar Venturi soplosining ichki bo'shlig'i bilan aylana bo'yicha joylashgan teshiklar orqali, bog'langan xalqa kameralar yordamida tanlanadi.



12.1-rasm. Suyuqlik oqimining tavsifi va quvurlarda diafragma (a), soplo (b) hamda Venturi soplosi (v) o'rnatilganda statik bosimning o'zgarish grafigi.

$$Q'_x = \alpha F_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P}; \quad (12.1)$$

bu erda Q_x -hajmiy sarf, m^3/c ; ΔP – toraytirish qurilmasining yonlarida o'lchangan bosimlar farqi, Πa ; F_0 -toraytirish qurilmasi teshigining yuzasi, m
 Massa sarfi hajmiy sarf va suyuqlik zichligi ko'paytmasiga teng:

$$Q'_m = \alpha F_0 \sqrt{2\rho \Delta P} . \quad (12.2)$$

Tajribalarning ko'rsatishicha, sarf koeffitsienti modda turiga bog'liq bo'lmay, asosan toraytirish qurilmasining turi va hajmiga hamda Reynolds soniga, ya'ni oqimning fizikaviy xossalarga bog'liq:

$$\alpha = f(Re, F_0, D)$$

bu Erda D – quvur diametri.

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'lmagan sababli, moddaning siqilishi va kengayishi adiabatik ravishda, ya'ni Issiqlik almashuvsiz o'tadi. Unda quyidagi tenglama o'rinli bo'ladi:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \left(\frac{P'_2}{P'_1} \right)^{1/H} \quad (12.3)$$

bu Erda H – adiabata ko'rsatkichi.

(12.1), (12.2), (12.3) tenglamalarni birgalikda Echsak, gaz yoki bug' sarfini hisoblash formulalari quyidagi shaklga keladi:

$$Q'_x = \alpha \cdot \varepsilon \cdot F_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P} ; \quad (12.4)$$

$$Q'_m = \alpha \cdot \varepsilon \cdot F_0 \sqrt{2\rho \cdot \Delta P} \quad (12.5)$$

bu erda ε - kengayish koeffitsientiga kiritilgan tuzatish.

$$\varepsilon = f\left(\frac{P_1 - P_2}{P_2}, m, H\right). \quad (12.6)$$

Demak, gaz va bug' sarfini hisoblash formulalari suyuqlik sarfini hisoblash formulasidan ε koeffitsientining mavjudligi bilan farq qiladi. Agar $\varepsilon=1$ bo'lsa, bu formulalarni siqilmaydigan suyuqliklar uchun ham qo'llash mumkin. Hisoblashni qulaylashtirish uchun toraytirish qurilmasi teshigining yuzasi o'rni uning d diametri olinadi. Bundan tashqari, tajribada soatli sarfdan foydalanish qulay. Shuni nazarda tutib bir qator o'zgartirishlardan so'ng quyidagi soatli hajiy va massaviy sarf formulasiga ega bo'lamiz:

$$Q_x = 3,9986 \cdot 10^{-3} \alpha \cdot \varepsilon \cdot d^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} \quad (12.7)$$

$$Q_m = 3,9986 \cdot 10^{-3} \alpha \cdot \varepsilon \cdot d^2 \sqrt{2\rho \cdot \Delta P} \quad (12.8)$$

ko'pincha sarfni quvur diametri D orqali ifodalash lozim bo'ladi. Unda «toraytirish qurilmasi moduli» tushunchasi kiritiladi:

$$m = (d/D)^2 \quad (12.9)$$

(12.7) va (12.8) formulalarga m ni kiritsak,

$$Q_x = 3,9986 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} \approx 4 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} \quad (12.10)$$

$$Q_m = 3,9986 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \sqrt{2\rho \cdot \Delta P} \quad (12.11)$$

(12.10) va (12.11) formulalar asosiy hisobiy formulalaridir. Bu tenglamalarni qo'llab toraytirish qurilmalarining hisobi bajariladi va bosimlar farqini o'lchashga mo'ljallangan differentsial manometrning ko'rsatkichlari tanlanadi.

12.3. Bosim farqlari o'zgarmas sarf o'lchagichlar

Bosim kamayishi o'zgarmas sarf o'lchagichlar – rotametrlar tajriba sharoitlarida va sanoatda keng ishlatilib, toza va oz miqdorda ifloslangan bir jinsli suyuqlik va gazlarning ravon o'zgaruvchi hajmli sarfini o'lchashga mo'ljallangan (Davlat standart 13045-67). Bular gaztahlillovchi va boshqa asboblarda sarf indikatorlari sifatida ham ishlatiladi.

Asbobning ishlash printsipi o'lchanayotgan muhit oqimining pastdan yuqoriga o'tishida konik naycha ichiga joylashgan qalqovichning vertikal siljishiga asoslangan. Qalqovichning holati o'zgarishi bilan qalqovich va konik naychaning ichki devorlari orasidagi o'tish kesimi o'zgaradi, natijada o'tish kesimidagi oqimning tezligi o'zgarmaydi. Bosimlar farqi qalqovich ko'ndalang kesimi yuzining birligidagi massaga tenglashguncha qalqovich harakatda bo'ladi. Berilgan muhitning har bir sarf kattaligiga qalqovichning muayyan holati mos keladi. Rotametrlar bosim farqi o'zgaruvchan sarf o'lchagichlarga nisbatan bir qator afzalliklarga ega: rotometrlarning shakllari teng bo'linmali bo'lib, uncha katta bo'lmagan sarflarni o'lchashga imkon beradi; bosimning yo'qotilishi kichik va u sarf kattaligiga bog'liq emas, rotometrlarning o'lchash diapazoni katta:

$$\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} = \frac{10}{1}$$

Asbobning o'lchash qismi vertikal joylashgan konik naycha va qalqovichdan iborat.

Konik naychadagi xalqaning kesim yuzi balandlikka proporsional o'zgaradi. Pastdan yuqoriga o'tadigan suyuqlik yoki gaz oqimi qalqovichga kursatilgan kuchlar muvozanatlashguncha uni yuqori 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 paytdagi og'irligi

$$G_k = MV_k(j_k - j) \quad (12.12)$$

bu Erda G_q -qalqovichning 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 kuch bilan muvozanatlashadi:

Muhitning o'zgarmas oqimiga mos bo'lgan qalqovichning muvozanat holatidagi og'irlik va itaruvchi kuchi o'rtasidagi tenglik quyidagicha:

$$V_q(j_q-j) = (P_1-P_2)f_0 \quad (12.13)$$

U holda ishqalanish kuchi e'tiborga olinmaydi; (12.13) tenglama asosida qalqovichdagi bosimlar farqi:

$$P_1 - P_2 = \Delta P = \frac{V_k(j_j - j)}{f_0} \quad (12.14)$$

ΔP – bosimlar farqi, Pa.

(12.14) tenglama bosimlar farqi qalqovichning hajmi, kesim yuzaga, qalqovich va muhitning solishtirma og'irliklariga, ya'ni o'lchash jarayonida o'zgarmaydigan kattaliklarga bog'liqligini ko'rsatadi. Demak, sarf o'lchanayotgan bosimlar farqi o'zgarmas. O'lchanayotgan muhitning rotametr devorlari va qalqovich orasidagi o'tish tezligi

$$g = \sqrt{2g \frac{P_1 - P_2}{f}} \quad (12.15)$$

bu Erda g - o'tish tezligi, m/s; (12.15) tenglamadan

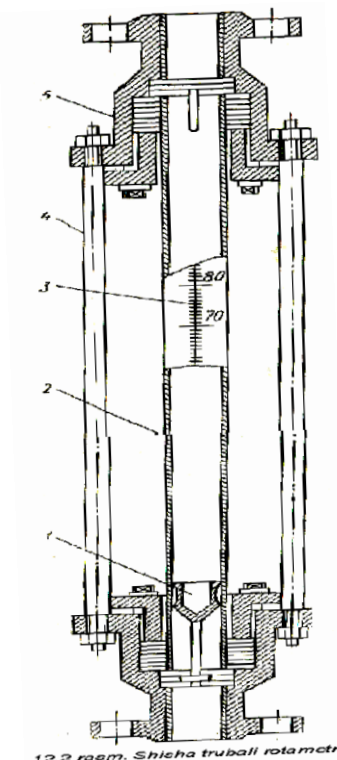
$$P_1 - P_2 = \Delta P = \frac{g^2 j}{2g} \quad (12.16)$$

(12.15) va (12.16) tenglamalarni tenglashtirsak, oraliq oqim

$$\text{tezligiga ega bo'lami} \quad g = \sqrt{\frac{2gV_k(j_j - j)}{j^* f_0}} \quad (12.17)$$

Oqimning xalqa oralig'idagi tezligi va uning yuzasi ma'lum bo'lgach o'lchanayotgan muhitning hajmiy sarfini aniqlash mumkin:

$$Q_k = \alpha F \sqrt{\frac{2gV_k(j_j - j)}{j^* f_0}} \quad (12.18)$$



bu erda Q_q – o'lchanayotgan muhitning hajmiy sarfi, m^3/soat . A – sarf koeffitsienti, bu eksperimental kattalik bo'lib, suyuqlikning qalqovichga ishqalanish ta'sirini muhit uyurmasi hosil bo'lgandagi bosim sarfini nazarda tutadi. Ildiz ostidagi kattaliklar doimiy bo'lgani uchun ularni K koeffitsient bilan almashtirish mumkin. Unda

$$Q_q = \alpha \cdot F \cdot K \quad (12.19)$$

Bu bog'lanish chiziqli bo'lgani sababli rotometrning shkalasi teng bo'linmali bo'ladi. Rotometrlarning α sarf koeffitsienti analitik usulda aniqlash qiyin bo'lgan bir qator kattaliklarga bog'liq. Shuning uchun har bir rotometr eksperimental ravishda darajalanadi. Sarf tenglamasiga kirgan barcha kattaliklar darajalanish shartlariga muvofiq bo'lgandagina shkalaning bu tarzda darajalanishi aniq bo'ladi. Qalqovichning ustki qismi qiya kesiklar tarzida ishlanadi, shu sababli qalqovich vertikal o'q atrofida aylanadi. Qalqovich naycha ichida uning devorlariga tegmay aylanadi, bunda uning sezgirligi oshadi.

Tajriba va sanoatda shisha (sarfni joyida o'lchanadigan) va metall korpusli (ko'rsatishlarni masofaga uzatadigan) rotometrlar chiqariladi. Metall korpusli rotometrlar shkalasiz o'lchov asboblardir.

12.2-rasmda shisha naychali rotometrning tuzilish sxemasi kursatilgan. Bu asbob korpus 5 ga ustunlar 4 yordamida urnatilgan konussimon naycha 2 dan iborat. Naycha ichida pastdan yuqoriga oqadigan suyuqlik yoki gaz oqimi ta'sirida vertikal harakat qiluvchi qalqovich 1 bor. Asbobning shkalasi 3 bevosita naycha ustida darajalanadi. Hisoblashlar qalqovichning ustki gorizontel tekisligi bo'yicha olib boriladi.

Shisha konik naychali rotometrlar suv bo'yicha 3000 l/soat va havo bo'yicha $40 \text{ m}^3/\text{soat}$ o'lchov chegarasiga; $0,6 \text{ MPa}$ (6 kgk/sm^2) gacha ish bosimiga mo'ljallangan.

Shkalasiz rotometrlar ko'rsatuvchi yoki qayd qiluvchi ikkilamchi differentsial-transformatorli asbob tarkibida ishlatiladi. Rotometrlar ortiqcha ishchi bosim ta'siridagi muhit sarfini o'lchash uchun $1,6$ va $6,4 \text{ Mpa}$ (16 va 64 kgk/sm^2) o'lchash chegarasi bilan chiqariladi. Bu asboblarda kattaroq ortiqcha bosimlarga ham muljallab chiqariladi. (Davlat standarti 13045-67). Bundan tashqari, doimiy $0...5 \text{ mA}$ tokli chiqish signali bilan ishlaydigan rotometrlar ham mavjud (Davlat standarti 13045-67). Ularning suv bo'yicha o'lchash chegarasi 16000 l/soat . Tarkibiga ikkilamchi asbob kirgan rotometrlarning aniqlik sinfi 2,5.

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Sarf nima, sarf turlari va birliklarini izohlab bering.
2. Toraytirish koeffitsientini izohlang.
3. Sarf koeffitsienti nima?
4. Bosimlar farqi sarf o'lchanganda suyuqlik sarfini ifodasini yozing va uni izohlang.
5. Bosimlar farqi sarf o'lchanganda gaz sarfini ifodasini yozing va uni izohlang.
6. Diafragmani to'zilishini izohlang.
7. Diafragma uchun sarf koeffitsienti ifodasini yozing va izohlang.
8. Diafragma uchun kengayish koeffitsienti ifodasini yozing va izohlang.
9. Po'kakli differentsial manometrni to'zilishini va u yordamida sarf o'lchashini izohlang.
10. Membranali differentsial manometrni to'zilishini va ishlash uslubini izohlang.
11. Gaz sarfini o'lchashda toraytirish qurilmasi, impuls quvurlar differentsial manometrni o'rnatish chizmasini chizing va uni izohlang.
12. Suyuqlik sarfini o'lchashda toraytirish qurilmasi, impuls quvurlar va differentsial manometrni o'rnatish chizmasini chizing va uni izohlang.

13. Bug' sarfini o'lchashda toraytirish qurilmasi impuls quvurlari va differentsial manometrlarni o'rnatish chizmasini chizing va uni izohlang.
14. Silfonli differentsial manometrni to'zilisini va ishlashini izohlang.
15. Rotametrni to'zilisini va ishlashini izohlang.

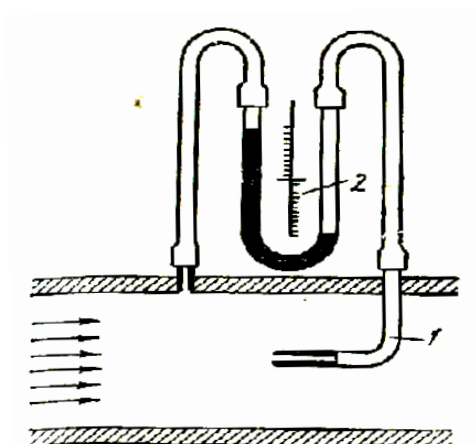
13-ma'ruza: TEZLIK BOSIMI, INDUKSION VA O'ZGARUVCHAN SATHLI SARF O'LCHAGICHLAR.

Reja:

- 13.1. Tezlik bosimi bo'yicha sarf o'lchagichlar.
- 13.2. Induksion va o'zgaruvchan satxli sarf o'lchagichlar.
- 13.3. Standart toraytuvchi qo'rilmalar.

Tayanch iboralar: Tezlik bosimi bo'yicha sarf o'lchagichlar, induksion sarf o'lchagichlar, o'zgarma bosim farqi sarf o'lchagichlar, rotometrlar.

Adabiyotlar: 3,4,5,10.



13.1-rasm. Dinamik bosimni o'lchash chizmasi.

13.1. Tezlik bosimi bo'yicha sarf o'lchagichlar

Tezlik bosimi bo'yicha sarfni o'lchash dinamik bosimning o'lchanayotgan muhit oqimi tezligiga bog'liqligiga asoslangan. Bernulli tenglamasiga muvofiq to'liq va statik bosimlar ayirmasi

$$P_T - P_C = \frac{\rho v^2}{2} \quad (13.1)$$

bundan

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho}(P_T - P_C)} = \sqrt{\frac{2}{\rho}P_g} \quad (13.2)$$

bu Erda ρ - o'lchanayotgan muhit harakatining tezligi, m/s; P_T - to'liq bosim, Pa; P_C - statik bosim, Pa; P_d - dinamik bosim, Pa; ρ - o'lchanayotgan muhit zichligi, kg/m³.

Shunday qilib dinamik bosimni, binobarin. Suyuqlik yoki gaz harakatining tezligini aniqlash uchun to'liq va statik bosimlar ayirmasini o'lchash lozim. To'liq va statik bosimlar ayirmasini quvurga ochiq naycha 1 va difmanometrlar 2 ni 43-rasmga ko'rsatilganidek o'rnatish yo'li bilan o'lchash mumkin. Difmanometr bilan o'lchangan dinamik bosim

$$P_g = P_T - P_C = h * g * (\rho_1 - \rho) \quad (13.3)$$

bu Erda h – difmanometrda suyuqlik sathining farqi, m; g – og'irlik kuchining tezlanishi, m/s^2 , ρ_1 – difmanometrda ishchi suyuqlikning zichligi, kg/m^3 .

Dinamik bosimning (13.3) tenglamadagi qiymatini (13.2) formulaga qo'ysak

$$g = \sqrt{\frac{2g}{\rho} h^* (\rho_1 - \rho)} \quad (13.4)$$

Ko'rilgan yakka bosimli naycha orqali o'lchash usuli frantsuz olimi Pito tomonidan taklif etilgan. Hozirgi paytda gidrodinamik bosimni o'lchash uchun qo'shaloq bosimli naychalar ishlatiladi. Bu naychalarda to'liq va statik bosimlarni o'lchaydigan naychalar konstruktiv birlashgan. Ikkita naychaning birlashishi ham to'liq, ham statik bosimlarni bir nuqtada tanlashga olib keladi, shu sababli o'lchashda birmuncha hatoga yo'l quyilishi mumkin. Shuning uchun (139) formulaga tuzatish koeffitsienti kiritiladi. Unda oqim tezligi

$$g = \xi \sqrt{\frac{2g}{\rho} h^* (\rho_1 - \rho)} \quad (13.5)$$

ξ -koeffitsient turli naychalar uchun tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Yaxshi tayyorlangan naychalar uchun $Re \geq 700$ da ξ koeffitsient birga yaqin bo'ladi, agar $Re < 700$ bo'lsa ξ kamayib boradi.

Ishlatilayotgan tezlik naychalari konstruksiyasi orasida normallashtirilgan yarimsferaviy yoki konik (o'tkir) uchli qo'shaloq naychalar keng tarqalgan, bu naychalar uchun $\xi=1$.

Tezlik naychasi quvurda parmalangan teshikka shunday o'rnatiladiki, o'lchash tsilindri o'lchanayotgan modda oqimining o'qiga mos kelgan. Sarfni tezlik naychalari bilan o'lchashda oqimning o'rtacha tezligi aniqlanishi kerak. Ammo oqim o'qidagi tezlik maksimal bo'lib, quvuro'tkazgich devorlariga yaqinlashganda kamayadi. Oqimning maksimal va o'tacha tezligi o'rtasidagi nisbat quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$\frac{g_{ypm}}{g_{max}} = f(Re) \quad (13.6)$$

g_{ypm} - oqimning o'rtacha tezligi; g_{max} - oqimning quvur o'qi bo'yicha maksimal tezligi; Re – quvur diametriga oid Reynolds soni.

13.2-rasm $\frac{g_{ypm}}{g_{max}}$ nisbatni ifodalovchi eksperimental egri chiziqli keltirilgan. O'rtacha

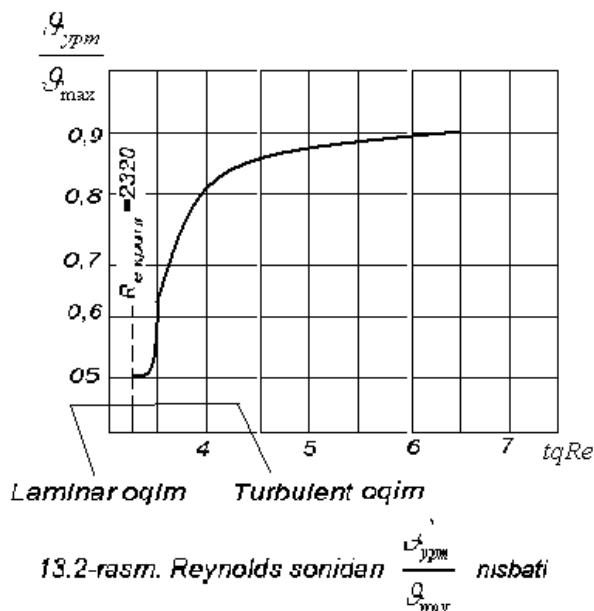
tezlikni bu usulda aniqlash uchun tezlik naychasi quvur o'qi bo'ylab o'rnatiladi. g_{max}

o'lchanadi, keyin Re hisoblanadi, shundan so'ng tasvir bo'yicha g_{ypm} o'rtacha tezlikning qiymati topiladi. Quvurda naycha kirishdan $40...50D$ masofada joylashishi kerak. Oqimning o'rtacha tezligi va quvur o'qi bo'yicha o'rtacha tezlikning nisbatini ma'lum bo'lsa, sekundli sarf quyidagicha aniqlanadi:

$$Q = S * g_{ypm} \quad (13.7)$$

bu Erda S – quvur kesimi, m², Q-o'lchanayotgan muhit sarfi, m³/s.

O'rtacha tezlik bosimini o'lchash murakkabligi, tezlik naychasi teshiklarining ifloslanishi, sezgir difmamometrlarni ishlatish zarurligi o'lchashning yuqoridagi usulini cheklaydi. Tezlik bosimi sarf o'lchagichlari, asosan, tajriba sharoitlarida, eksperimental ishlardagi katta diametrli quvurlarda suyuqlik va gazlarning katta tezlikdagi oqim sarfini o'lchashda ishlatiladi.



O'lchanayotgan muhit toza bo'lib, uning tarkibida qattiq zarrachalar bo'lmasligi lozim. Tezlik naychalari ishlatilganda deyarli bosim yo'qotilishi kuzatilmaydi. Bu esa ushbu uslubning afzalligidir.

13.2. Induktsion va o'zgaruvchan satxli sarf o'lchagichlar

Induktsion (elektromagnit) sarf o'lchagichlarning ishlash printsipti tashqi magnit maydon ta'sirida elektr tokini o'tkazuvchi suyuqlik oqimida hosil bo'lgan e.yu.k. ni o'lchashga asoslangan. Magnitning N va S qutblari orasida magnit maydoni kuch chiziqlari yo'nalishiga perpendikulyar ravishda suyuqlik oqadigan quvurdan o'tadi. Magnit maydonidan o'tadigan quvo'ning qismi nomagnit material (ftoroplast, ebonit va boshqalar) dan tayyorlanadi. Quvur devorlarida bir-biriga diametrlar qarama-qarshi yo'nalgan o'lchash elektrodlar o'rnatilgan. Magnit maydoni ta'sirida suyuqlikdagi ionlar harakatga keladi va o'z zaryadlarini o'lchash elektrodlariga berib, ularda E e.yu.k. hosil qiladi. E e.yu.k. suyuqlik oqimi tezligiga proportsional e.yu.k. ning miqdori, magnit maydoni doimiy bo'lganda, elektr magnit induktsiyasining asosiy tenglamasi orqali aniqlanadi.

$$E = B D g_{ypm} \quad (13.8)$$

bu Erda B – magnit qutblari oralig'ida hosil bo'lgan elektr magnit induksiya, Tl; D- quvo'ning ichki diametri (elektrodlar orasidagi masofa), m; g_{ypm} - oqimning o'rtacha tezligi, m/s.

Tezlikni Q hajmiy sarf orqali ifodalasak,

$$E = \frac{4e}{\pi D} * Q \quad (13.9)$$

Bu formuladan bir jinsli magnit maydonida e.yu.k. ning miqdoriy hajmi sarfga to'g'ri proportsional ekanligi kelib chiqadi. Hozirgi paytda induksion sarf o'lchagichlar elektr o'tkazish qobiliyati 10-3...10-5 sm/m dan kam bo'lmagan suyuqliklarda ishlatiladi. Doimiy magnit maydonga ega bo'lgan suyuqliklarda ishlatiladi. Doimiy magnit maydonga ega bo'lgan induksion sarf o'lchagichlarning asosiy kamchiligi – e.yu.k. elektrodlarida qutblanish va galvanik e.yu.k. ning paydo bo'lishidadir. Bu kamchiliklar harakatdagi suyuqlikda magnit maydon tomonidan induksiyaalangan e.yu.k. ni to'g'ri o'lchashga yo'l qo'ymaydi yoki qiyinlashtiradi. Shuning uchun doimiy magnit maydoniga ega bo'lgan sarf o'lchagichlar suyuq metallar, suyuqlikning pulslanuvchi oqimi sarfini o'lchashda va qutblanish o'z ta'sirini ko'rsatishga ulgurmaydigan qisqa vaqtli o'lchovlarda ishlatiladi. Hozirgi paytda induksion sarf o'lchagichlarning ko'pchiligida o'zgaruvchan magnit maydonidan foydalaniladi. Agar magnit maydon τ – vaqtda f chastota bilan o'zgarsa, e.yu.k. quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$E = \frac{4QB_{\max}}{\pi F} \sin 2\pi f \tau \quad (13.10)$$

bu erda $B_{\max} = \frac{e}{\sin 2\pi f \tau}$ - induksiyaning amplituda qiymati.

O'zgaruvchan magnit maydonida elektr kimyoviy jarayonlar doimiy maydonga qaraganda kamroq ta'sir ko'rsatadi. Chizmada quyidagi belgilar qabul qilingan: SBEO' – O'zgaruvchan magnit maydonli sarfning birlamchi elektr magnit o'zgartkichi. Magnit maydon elektr magnit 4 yordamida hosil bo'ladi, OK – oraliqdagi o'lchash kuchaytirgichi 0...5 mA doimiy tok chiqish signaliga ega bo'lgan o'zgartkich, Rn - tashqi yuk qarshiligi, masalan. Ikkilamchi asbob. Integrator va hakoza. R - qarshilik.

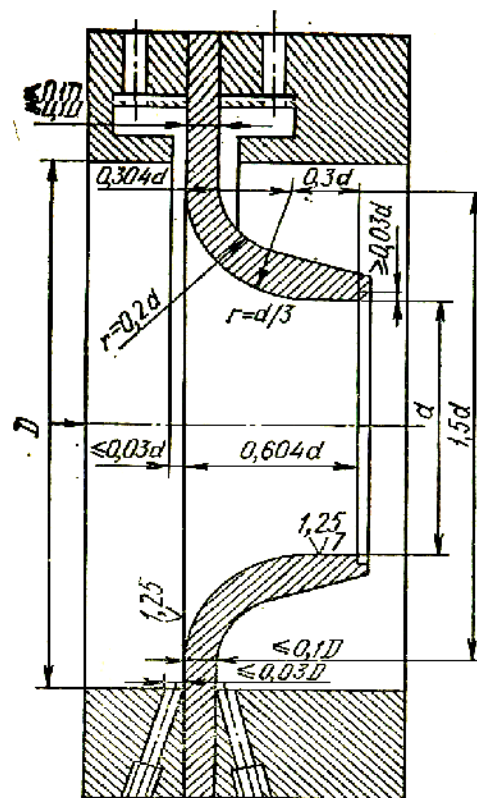
Induksion sarf o'lchagichlar bir qator afzalliklarga ega. Bu asboblarning inertsion emas, bu hol tez o'zgaruvchan sarflarni o'lchashda va ularni avtomatik rostdash tizimlarida ishlatishda juda ahamiyatli. O'lchash natijalariga suyuqlikdagi zarrachalar va gaz pufakchalari ta'sir qilmaydi. Sarf o'lchagichning ko'rsatishlari o'lchanayotgan suyuqlik xususiyatlariga (qovushqoqlik, zichlik) va oqim tavsifiga (laminar, turbo'lent) bog'liq emas.

Materiallar muvofiq tanlanib, zanglashga qarshi qoplamalar ishlatilsa, induksion sarf o'lchagichlar tajovuz suyuqliklar va abraziv xususiyatli suyuqlik hamda pastlar sarfini o'lchashda ishlatilishi mumkin. Paydo bo'lgan e.yu.k. sarfga chiziqli bog'liq bo'lgan sababli, ikkilamchi asbob shkalasi ham chiziqlidir.

Induksion sarf o'lchagichlar 1...2500 m³/soat va undan katta diapazonda, diametri 3...1000 mm va undan katta quvurlarda, suyuqlikning chiziqli tezligi 0,6...10 m/s gacha bo'lganda, sarf o'lchovlarini ta'minlay oladi. Asboblarning aniqlik sinfi 0,6, 1, 1,5.

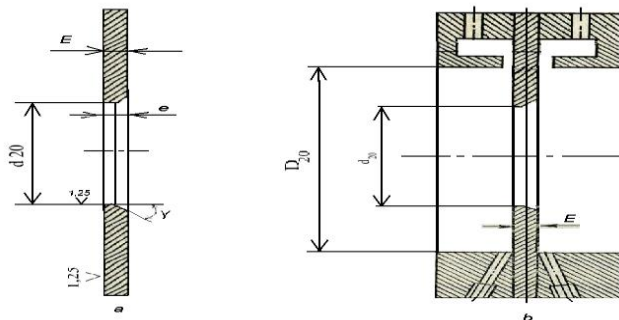
13.3. Standart toraytuvchi qo'rilmalar

Sarfni o'lchashga mo'ljallangan toraytirish qurilmalarini hisoblash uslub va tartibi Davlat Standartlar qumitasi tomonidan tasdiqlangan maxsus normativ hujjatda «Suyuqlik, gaz va bug'lar sarfini standart difmanometr hamda soplolar orqali o'lchashning 50-213-80 qoidalari» da aniqlangan. Toraytirish qurilmalarini har tomonlama o'rganish diafragma, soplo va Venturi soplolarini normallashtirishga, natijada esa bu asboblarni



13.4-rasm. Standart soplo.

difmanometrlar komplektida qiya, vertikal, dumaloq quvurlardagi suyuqlik, gaz va bug'larning sarfi hamda miqdorini o'lchash uchun ishlatishga imkon tug'ildi. 13.3-rasmda standart diafragma tasvirlangan. Bu diafragma maxsus darajalanishsiz hisoblanadi va diametri 50 mm hamda undan katta quvurlar uchun $0,05 < m < 0,7$ shartga rioya qilib ishlatiladi. Diafragmaning oqim kiradigan tomoni kontsentrik teshikli yupqa diskdan iborat. Uning chiqish tomoni 30...450 li konussimon qilib charxlanadi. Diafragma quvur devorlariga nisbatan kontsentrik shaklda o'rnatiladi. Diafragmani tayyorlashda uning materiali o'lchanayotgan muhit xususiyatlariga ko'ra tanlanadi. Tanlangan material diafragmaning shaklini va o'tkirligini saqlaydign bo'lishi kerak. Odatda bu materiallar sifatida turli markadagi zanglamaydigan po'latlar tanlanadi. Quvo'ning diametri katta bo'lganda, diafragma konussimon kengayishsiz ishlanishi mumkin.



13.3-rasm. a) standart diafragma b) montaj chizmasi

Standart diafragmalar kamerali (13.3-rasm, o'qdan yuqori) va kamerasiz (13.3-rasm, o'qdan past) bo'lishi mumkin. DK tipidagi xalqa kamerali diafragmalar Dsh- 50...500 mm shartli diametrli va $Rsh = 100 \text{ kgk/sm}^2$ (10 MPa) gacha shartli bosimli quvurlarda (DS 355-67) ishlatiladi. Xalqa kamerali diafragmalar bosimlar farqini tanlash uchun qulay va aniq ishlaydi, lekin tayyorlanishi murakkab hamda metall ko'p sarflanadi. Odatda, bunday diafragmalar asbobsozlik zavodlarida buyurtmalarga muvofiq tayyorlanadi. Kamerasiz diafragmalar Dsh=400...1600 mm shartli diametrli va $Rsh=25 \text{ kgk/sm}^2$ (2,5 MPa) gacha shartli bosimga muvofiq Davlatstandart 4322-69 bo'yicha tayyorlanadi. Diafragma quvur o'tkazgich flanetslari orasiga o'rnatiladi (13.3-rasm, b) Standart diafragma (1) xalqali kameralar 2 va 3 yordamida biriktiriladi. Kameralar quvur kesimi bilan oraliqlar hisobiga bog'langan xalqa qistirmalar bilan ta'minlangan. Kameralar maxsus parmalanishlar yo'li bilan naychalar 4 bilan ulangan.

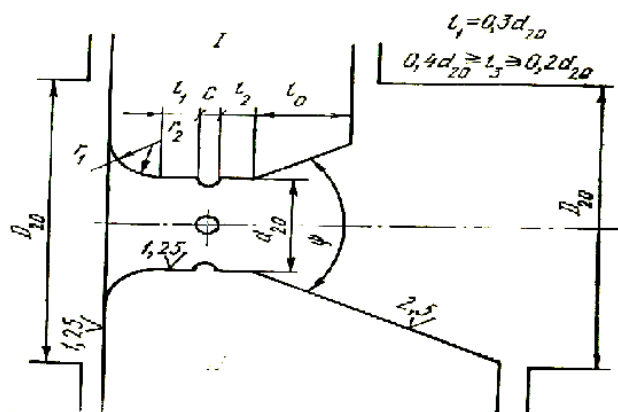
13.4-rasmda ko'rsatilgan standart soplolar qizdirilgan gaz, bug' hamda tajovuz suyuqliklar sarfini o'lchash uchun ishlatiladi. Bu asboblarda maxsus darajalanishsiz, diametri 50 mm va undan katta quvurlarda $0,05 < m < 0,65$ sharti bilan ishlatiladi. Oqimning kirishi tomonidagi teshik ravon dumaloqlangan, uning chiqishi tomonida tsilindrik nasadkaga aylanadigan qismi bor. Tsilindrik qismining chiqish qirrasini o'tkir va to'g'ri turtburchak shaklida bo'lishi kerak. Chiqish qirrasini mexanikaviy shikastlanishdan saqlash maqsadida soplo uchi charxlanadi.

Soploning ichki tsilindrik qismi silliqqlangan. Bosimlar farqi xuddi diafragmadagidek xalqali kameralar (13.4-rasm, o'qdan baland) yoki alohida parmalanishlar (13.4-rasm, o'qdan past) yordamida o'lchanadi. Diafragmalarga qaraganda soplolar zanglashga chidamli, ifloslanmaydigan, o'lchash aniqligi yuqori bo'ladi.

Mavjud Venturi quvuri orasida chiqish qismi standart soploniki kabi tayyorlangan quvurlar normallashtirilgan.

SHuning uchun bunday toraytirish qurilmalari Venturi standart soplosi nomini olgan. Bu qurilma uzun yoki qisqa diffuzorli qilib tayyorlanishi mumkin.

Uzun diffuzorli Venturi soplosining eng katta diametri quvur diametriga teng bo'lishi mumkin (13.5-rasm, pastki qism), qisqa diffuzorli soploning diametri esa quvur diametridan kichik (13.5-rasm ustki qism). Uzun soplolar kam ishlatiladi, chunki ularning narxi qimmat va bosim yo'qotilishi qisqa soplolarникиga nisbatan bir oz kam. Bosimlar farqi alohida teshiklar orqali asbobga uzatiladi. Bu teshiklarning soni aylana bo'yicha 4...6 ta dan kam bo'lmasligi kerak.



13.5-rasm. $m > 0,444$ shart uchun qisqa va uzun Venturi soplosi

Venturi soplosi diametri 50 mm va undan katta quvurdagi turli muhitlar sarfini o'lchash uchun darajalanishsiz ishlatiladi, shu bilan birga $0,05 \leq m \leq 0,6$ shart bajarilishi kerak. Bosimning yo'qotilishi muhim ahamiyatga ega bo'lgan hollarda Venturi soplosi ishlatiladi. Bosimning yo'qotilishini kamaytirish uchun ayrim xollarda Venturi quvuri ishlatiladi. Bu quvurlar faqat zavodda tayyorlanadi. Ifloslangan gaz va suyuqliklar sarfini o'lchash uchun maxsus segment diafragma hamda o'tish teshigi eksentrik joylashgan diafragma ishlatiladi. Bunday diafragmalarni tayyorlash uchun sarf koeffitsientini albatta hisobga olish kerak. Ular quvurlarga o'rnatilgandan keyin ish sharoitida individual kalibrlanishi kerak. Davlat standart 8140-72 ga muvofiq, mamalakatimizda chiqariladigan difmanometrler quyidagi raqamlarga to'g'ri keladigan bosimlar farqi chegaralariga mo'ljallangan: 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 63; 100; 160; 250; 400; 1000; 1600; 2500 kgk/m², shuningdek, 0,4; 0,63; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3 kgk/sm² difmanometrning yuqori o'lchash chegarasi berilgan maksimal sarfga mos bo'lishi kerak.

NAZORAT SAVOLLARI:

1. Diafragma uchun sarf koeffitsienti ifodasini yozing va izohlang.
2. Diafragma uchun kengayish koeffitsienti ifodasini yozing va izohlang.
3. Po'kakli differentsial manometrni to'zilisini va u yordamida sarf o'lchashini izohlang.
4. Membranali differentsial manometrni to'zilisini va ishlash uslubini izohlang.
5. Gaz sarfini o'lchashda toraytirish qurilmasi, impuls quvurlar differentsial manometrni o'rnatish chizmasini chizing va uni izohlang.
6. Suyuqlik sarfini o'lchashda toraytirish qurilmasi, mpuls quvurlar va differentsial manometrni o'rnatish chizmasini chizing va uni izohlang.
7. Bug' sarfini o'lchashda toraytirish qurilmasi impuls quvurlari va differentsial manometrlarni o'rnatish chizmasini chizing va uni izohlang.
8. Silfonli differentsial manometrni to'zilisini va ishlashini izohlang.
9. Rotometrni to'zilisini va ishlashini izohlang.
10. Rotometr uchun sarf ifodasini yozing va uni izohlang.
11. Bosim nayli sarf o'lchashni izohlang.
12. Quvur uchun bosim naylari yordamida o'rtacha tezlikni aniqlashni izohlang.
13. Elektromagnit sarf o'lchagichlarni ishlash uslubini izohlab bering.
14. O'zgarmas magnitli sarf o'lchagichni to'zilisini va sarf ifodasini izohlang.

14-ma'ruza: SUYQLIK VA SOCHILUVCHAN MODDALARNING SATHINI O'LCHASH.

Reja:

- 14.1. Asosiy ma'lumotlar va tasnifi.
- 14.2. Qalqovichli satx o'lchagichlar.
- 14.3. Hidrostatik satx o'lchagichlar.
- 14.4. Elektr satx o'lchagichlar.

Tayanch iboralar: Releli satx o'lchagichlar, selsinli o'zgartgich, ko'rsatish oynasi, qalqovich, gidrostatik, radioizotopli, ultratovushli, vaznli satx o'lchagichlar.

Adabiyotlar: 3,4,5,10.

14.1. Asosiy ma'lumotlar va tasnifi

Suyuqlik va sochiluvchan moddalar sathini o'lchash sanoat texnologik jarayonlarini avtomatlashtirishda muhim ahamiyatga ega. Sathni o'lchash moddaning sig'imdagi miqdorini aniqlash va texnologik jarayondagi ishlab chiqarish uskunasida sath holatini nazorat qilishdan iborat.

Ishlash tavsifi jihatidan sath o'lchagichlar uzluksiz va uzlukli (releli) bo'ladi.

Releli sath o'lchagichlar modda muayyan sathga erishganda ishlay boshlaydi, bu asboblarning signalizatsiya maqsadida ishlatiladi va sath signalizatorlari deyiladi.

Sath o'lchagichlar ishlash printsiplari va o'zining to'zilishi jihatidan bir-birlaridan farq qiladi. Sath o'lchagichlarning xilma-xilligi sig'im chegaralarining ko'pligi, ishlatish sharoitlarining har xilligi va o'lchanayotgan moddalarning turlicha fizika kimyoviy xususiyatlari bilan tavsiflanadi. Masalan. Suyuqlik sathini o'lchashga mo'ljallangan ko'pgina asboblarning sochiluvchan moddalar sathini o'lchash uchun yaroqsiz, usti ochiq sig'implarda ishlatiladigan asboblarning esa yuqori bosimda ishlaydigan sig'implar uchun yaroqsizdir.

Sathni nazorat qilish asbobi to'zilishi bo'yicha shkalali va shkalasizlarga bo'linadi. Bu asboblarning odatda, ikkilamchi asboblarning bilan birga ishlaydi yoki sathning chegarasi haqida mustaqil signal beradi.

Ishlash printsiplari ko'ra sathni o'lchaydigan asboblarning quyidagi guruhlarga bo'linadi: ko'rsatish oynasi; qalqovichli; gidrostatik; elektrik; radioizotopli; ultratovushli; vaznli va boshqalar.

Kimyo, Issiqlik elektr stantsiyalari va oziq-ovqatsanoatda bu sath o'lchagichlarning bir qator talablarni qanoatlantirmaydi. Bunga sabab ko'pchilik ilab chiqarish uskunalarning yuqori bosim va haroratlarda ishlashi hamda nazorat qilayotgan moddalarning xususiy xossalari (tajovuzkor, zararlilik, o'ta qovushqoqlik va hokazo).

Tehnologik jarayonlarni avtomatlashtirishda turli talablarga muvofiq suyuqlik sathini o'lchashning turli usullari ishlatiladi. Agar ko'rsatishlarni masofaga uzatish kerak bo'lmasa, suyuqlik sathi talab qilingan aniqlik bilan ko'rsatish oynalari yoki ko'rsatuvchi difmanometr-sath o'lchagichlarning yordamida o'lchanishi mumkin. Ko'rsatish oynasi orqali sathni o'lchash tutash idishlarning printsiplari asoslangan. Ko'rsatish oynasining materiali va birikma to'zilishi sathni nazorat qilish kerak bo'lgan suyuqlikning bosim va haroratiga va 3000S haroratga mo'ljallangan.

14.2. Qalqovichli satx o'lchagichlar

Bu asboblarning suyuqlik sathini o'lchashda keng tarqalgan. Asbobning sezgir unsur – qalqovichning massasi suyuqlik massasidan kam. Shu sababli qalqovich suyuqlik yuzasida so'zib yuradi. Qalqovichli sath o'lchagichlarning ishlash printsiplari suyuqlik sathi o'zgarishi natijasida qalqovichning siljishiga asoslangan. Qalqovichli sath o'lchagichlarning turli

modifikatsiyalari mavjud. Ular bir-biridan to'zilis, o'lchash tavsifi (uzluksiz yoki qayd qiluvchi), masofga uzatish tizimini (pnevmatik, elektr va boshqalar) ishlatish shartlari va boshqa xususiyatlari bilan farq qiladi.

Qalqovichli satx o'lchagichlarda doimiy va davriy cho'kadigan (buykali) qalqovichlar ishlatiladi.

Doimiy cho'kadigan qalqovichli sath o'lchagichlarda qalqovichning vertikal siljishi sath o'zgarishiga bog'liq, ya'ni:

$$x=f(H), \quad (14.1)$$

bu erda x- qalqovichning siljishi, N – o'lchanayotgan suyuqlik sathi, m.

Ikkilamchi asbob hisob mexanizmi bilan kinematik ravishda bog'langan selsindan iborat. selsin rotori aylanganda hisoblash mexanizmining barabanlari buraladi va raqamli hisoblagich darchalarida sath holatini ko'rsatuvchi raqamlar paydo bo'ladi. Ikkilamchi asbobda sath chetki chegaralari holatining signalizatsiyasi uchun ikkita kontakt mavjud. Kontaktlar asbob shkalasining istalgan nuqtalariga rostlanishi mumkin. Sathni o'lchash diapazoni 10 m gacha. Sathning o'zgarishiga qarab qalqovichning o'zgarishini kamaytirish kerak bo'lganda, chiziqli elastik tavsifga ega bo'lgan davriy cho'kadigan tsilindrik qalqovichdan foydalaniladi. Davriy cho'kadigan qalqovichli sath o'lchagichning ishlash printsipli qalqovich (buyka) massasining suyuqlikka cho'kish chuqurligiga qarab o'zgarishiga asoslangan.

Qalqovichli sath o'lchagichning kamchiliklari: asbobning teskari joylashgan shkalasi, baland rezervuarlar yonida hisoblash qiyinligi, trosni tortib turgan kuchning o'zgarishi sababli sodir bo'ladigan hatolar.

Torsionli naycha sterjeni burilganda to'siq soplo 6 ga nisbatan shu burilish burchagiga teng ochiladi. Pnevmoqurilma 7 to'siqning burchakli siljishini ikkilamchi asbob 8 orqali o'lchanadigan bosimning proporsional o'zgarishiga aylantiradi. Bosim o'lchaydigan asbobning shkalasi 8 sath birligida darajalangan.

Tajovuzkorkor suyuqliklar sathini o'lchashda qalqovich zanglashga chidamli materialdan tayyorlanadi. Masofaga uzatishning mexanikaviy pnevmatik va elektrik tizimlariga ega bo'lgan signalizator va rostlagichli buykali sath o'lchagichlarning katta nomenklaturasi ishlab chiqariladi. DAT da 20...16 m chegaradagi suyuqliklar sathini o'lchashga mo'ljallangan 16 xil buykali sath o'lchagichlar nazarda tutilgan. Bu asboblarda eng katta ishchi bosim 10 Mpa. Asboblarning aniqlik sinfi 1 va 1,5.

14.3.Gidrostatik satx o'lchagichlar

Gidrostatik sath o'lchagichlar ochiq rezervuar hamda bosim ostidagi ishlarda turli suyuqliklar (jumladan tajovuzkor, tez kristallanuvchi va qovushqoq moddalar) sathini o'lchashda ishlatiladi. Bu asboblarda suyuqlik sathini o'lchash suyuqlik ustuni hosil qiladigan bosimni o'lchash bilan amalga oshiriladi, ya'ni

$$P=H \rho g \quad (14.2)$$

bu erda P – suyuqlik ustuni hosil qilgan bosim, Pa; H – suyuqlik sathi, m; ρ - suyuqlik zichligi, kg/m³; g – og'irlik kuchining tezlanishi, m/s².

(14.2) tenglama bosimni o'lchash asosida sath datchiklarini qurish mumkinligini ko'rsatadi. Gaz yoki havoni uzluksiz haydaydigan pezometrik va suyuqlik ustunini bevosita o'lchaydigan gidrostatik sath o'lchagichlar mavjud. Pezometrik sath o'lchagich asbob rezervuarga tushiriladigan naycha va bu naychaga ulangan hamda naycha ichidagi gaz (havo) bosimini o'lchaydigan manometrdan iborat. Qisilgan havo kompressordan filtr va reduktor orqali beriladi.

Reduktor havoni naycha orqali berishni rostlaydi. Havo berilishini nazorat qilish uchun vizual nazorat asbob yoki rotametr xizmat qiladi. Naychadagi havo bosimi rezervuarni to'ldirayotgan suyuqlik sathiga proportsional.

Suyuqlik sathini o'lchash paytida ma'lum sharoitlarda statik elektr toki paydo bo'lishi mumkin. Shuning uchun tez alangalanuvchi va portlash xavfi bor suyuqliklarni nazorat qilishda siqilgan gaz sifatida karbonat angidrid, azot, tutunli gazlar yoki maxsus pezometrik sath o'lchagichlar ishlatiladi. Bunday asboblarning suyuqlikning doimiy zichligida $\pm 1,5\%$ aniqlik bilan o'lchaydi.

Idishdagi suyuqlik ustunining bosimini o'lchaydigan har qanday tizimning difmanometri gidrostatiik sath o'lchagichning boshqa turidir. Difmanometr orqali ochiq va yopiq rezervuarlardagi suyuqliklar sathini, ya'ni bosim ostidagi yoki siyraklanish sharoitidagi suyuqliklar sathini o'lchash mumkin. Bunday asboblarning ishlash printsipi ikki suyuqlik ustunining bosimlar farqini o'lchashga, ya'ni rezervuardagi suyuqlik sathiga bog'liq bo'lgan o'zgaruvchan suyuqlik bosimini va solishtirish o'lchovi vazifasini bajaruvchi doimiy ustun bo'yicha bosimni o'lchashga asoslangan. Bosimlar farqi rezervuar tubidan pastga o'rnatilgan difmanometr orqali o'lchanadi.

Difmanometrning musbat va manfiy kameralari rezervuar bilan impuls naylar orqali bog'langan. Sathni difmanometr orqali o'lchashda albatta tenglashtiruvchi idish o'rnatilgan. Bu idish rezervuardagi suyuqlik bilan ma'lum sathgacha to'ldiriladi. Tenglashtiruvchi idishning vazifasi difmanometr tirsaklaridan birida suyuqlikning doimiy ustunini ta'minlashdan iborat. Difmanometrning ikkinchi tirsagidagi suyuqlik ustunining balandligi rezervuardagi sath o'zgarishiga qarab o'lchanadi. Rezervuardagi har bir sath o'zgarishiga qarab o'lchanadi. Rezervuardagi har bir sath qiymatiga bosimlarning muayyan pasayishi mos keladi. Bu hol bosim pasayishining kattaligiga qarab sath holati haqida fikr yuritishga imkon beradi.

Tajovuzkorkor suyuqliklar sathini o'lchashda difmanometr tajovuzkor muhit ta'siridan himoyalanaadi. Bunday sath o'lchagichlar Etarli darajada aniq ishlaydi, lekin suyuqlik zichligining o'zgarishini o'lchovga ko'rsatgan ta'sirini e'tiborga olish lozim va asbobni darajalashda buni nazarda to'tish kerak. Sathni nazorat qilish uchun ko'rsatishlarni masofaga pnevmatik yoki elektrik uzatishga ega bo'lgan nayli, qalqovichli, membranli va boshqa turdagi difmanometrlar ishlatiladi.

14.4. Elektr satx o'lchagichlar

Elektr sath o'lchagichlarda suyuqlik sathining holati qandaydir elektr signaliga o'zgartiriladi. Elektrik sath o'lchagichlar orasida eng ko'p tarqalgani sig'imli va omik asboblardir. Sig'imli sath o'lchagichlarda nazorat qiladigan muhitning dielektrik xususiyatlaridan, omik asboblarda esa muhitning elektr o'tkazish qobiliyatidan foydalaniladi. Sig'imli sath o'lchagichlar, odatda, tsilindrik o'zgartgich va ikkilamchi asboblardan iborat bo'ladi.

Tajovuzkor, lekin elektr tokini o'tkazmaydigan suyuqliklar sathini o'lchashda o'zgartgich qoplamalari kimyoviy turg'un qotishmalardan tayyorlanadi yoki har bir qoplama zanglashga qarshi plyonka (viniplast yoki ftoroplast) bilan qoplanadi. Bu qoplamalarning dielektrik xususiyatlari hisoblashlarda e'tiborga olinadi. Elektr o'tkazadigan suyuqliklar sathini o'lchashda ham qoplamalar yakkaovchi plyonka bilan qoplanadi.

Sathi o'lchanishi kerak bo'lgan suyuqlik quyilgan idishga yakkaovchi material bilan qoplangan elektrodga tushiriladi. Elektrod idish devorlari bilan birgalikda tsilindrik kondensatorni hosil qiladi, uning sig'imi suyuqlik sathi tebranishi bilan o'zgaradi. Sig'imning kattaligi elektron blok orqali o'lchanadi va o'lchash asbobiga uzatiladi. Bu asbob sath o'zining

ma'lum qiymatiga erishganda signalizatsiya chizmasida releli unsurdan yoki sathni o'lchash chizmalarida ko'rsatuvchi asbobni tashkil qiladi.

Elektrik sig'im, odatda, rezonans va ko'prik chizmalari yordamida o'lchanadi. Rezonans usulida o'lchanayotgan sig'im induktivlik konturiga parallel ulanadi va rezonans konturini hosil qiladi. Rezonans konturi o'zgartgichning ma'lum boshlang'ich sig'imidagi ta'minlovchi chastota rezonansiga rostlanadi. O'zgartgichning sig'imi nazorat qilinayotgan muhit kerakli sathga erishgan yoki erishmaganligini ko'rsatadi. O'zgartgichning sig'imi o'zgarishi natijasida uning chastotasi o'zgaradi va rezonans bo'ziladi. Bu usul ko'pchilik sig'imli sath signalizatorlarida ishlatiladi.

Ko'prik usulida nazorat qilinayotgan sig'im ko'prikning bir Elkasiga ulanadi. Sath o'zgarishi bilan sig'im o'zgaradi va ko'prikda balans vujudga keladi. Nobalanslik signali kuchaytirgich orqali sath birligida darajalangan ko'rsatuvchi elektr asbobiga uzatiladi. Ko'prik usuli ko'pchilik sig'imli sath o'lchagichlarda ishlatiladi. Rezervuardagi sathni o'lchash chegaralari 0...5 m; elektron blokdan sathning distantSION ko'rsatkichigacha bo'lgan eng katta masofa 1000 m; rezervuardagi maksimal bosim 2,94 MR/m² (90 kgk/sm²); yo'l quyiladigan hato $\pm 2,5\%$.

Omik sath o'lchagichlar, asosan, signalizatsiya va elektr o'tkazuvchi suyuqliklarni (kislota, ishqor) ma'lum sathda ushlab turish uchun ishlatiladi. Omik signalizatorlarning ishlash printsipti ta'minlash manbai elektr zanjirining nazorat qilinayotgan muhit orqali tutashishga asoslangan. Bu muhit muayyan omik qarshilikka ega bo'lgan elektr zanjiridan iborat. Tajriba omik sath signalizatorlari $2 \cdot 10^{-3}$ sm va undan yuqori o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan muhitlarda ishlatilishi mumkinligini ko'rsatdi.

Signalizator o'zgartgich va ta'minlash blokidan iborat. Asbob bir-biridan yakkalangan ikki elektrodni o'z ichiga oladi. Ta'minlash blokida pasaytiruvchi transformator bilan elektromagnit rele kiradi. Agar suyuqlik sathi elektrodlardan past bo'lsa, elektrodlar o'rtasidagi elektr zanjir ulanmaydi. Suyuqlik sathi ko'tarilganda elektrodlar ulanib zanjir orqali tok o'ta boshlaydi. Transformatorning ikkilamchi cho'lg'amida kuchlanish induktivlanadi.

Elektromagnit rele g'altagidan tok o'tadi va kontaktlar signal lampasi zanjirini ulaydi. Elektrodlar sifatida metall sterjen yoki naychalar va ko'mir elektrod ishlatiladi.

Asbob 24 V gacha doimiy kuchlanish yoki 36 V gacha o'zgaruvchan kuchlanish bilan ta'minlanadi. Kuchlanishning kattaligi nazorat qilinayotgan muhitning o'tkazuvchanligiga, uning turi (doimiy yoki o'zgaruvchan) esa muhitning xususiyatlariga bog'liq.

Asboblar ishchi muhitning 2000S gacha bo'lgan haroratida ± 10 mm hato bilan ishlaydi.

Barcha elektrodli asboblarning kamchiligi ularni qovushqoq, kristallanuvchi, qattiq cho'kmalar hosil qiluvchi muhitlarda ishlatib bo'lmasligidan iborat.

Sig'imli va omik elektr sath o'lchagichlarda hamda signalizatorlarning turli ishlatish sharoitlariga mo'ljallangna katta nomenklaturasi ishlab chiqariladi. Ularning ko'pchiligi kimyo va oziq-ovqat sanoatida keng ishlatiladi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Qanday sath o'lchash usullarini bilasiz?
2. Qalqovichli sath o'lchagichlarini to'zilishini va ishlashini izohlab bering.
3. Hidrostatik sath o'lchagichlarni to'zilishini va ishlashini izohlab bering.
4. Sig'imli sath o'lchagichlar yordamida sathni o'lchashni izohlab bering.
5. Sochiluvchi moddalarni sathini o'lchashni izohlab bering.
6. Omik satx o'lchagichlar yordamida satx o'lchashni izoh lab bering
7. Pezometrik sath o'lchagichlarning ishlash printsiptini tushuntiring.

8. Selsinli o'zgartgichi bo'lgan qalqovichli sath o'lchagichlar deb nimaga aytiladi?