

O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O`RTA MAXSUS TA`LIM VAZIRLIGI
ORTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA`LIMI MARKAZI

R. T. Rahimjonov, Sh. Sh. Shoyunusov

ISSIQLIK TEXNIKASIDA O`LCHASH VA AVTOMATLASHTIRISH

Kasb-hunar kollejlari uchun o`quv qo`llama

TOSHKENT-2005

O'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi markazi ilmiy-metodik
kengashi tomonidan nashrga tavsiya etilgan

Taqrizchilar:

- O. Sh. Hakimov** – texnika fanlari doktori, professor, O'zbekiston
Respublikasi milliy etalonlar markazi direktori.
A. A. A'zamov – texnika fanlari nomzodi, dotsent.

R.T. Rahimjonov, Sh.Sh. Shoyunusov.

Issiqlik texnikasida o'lchash va avtomatlashtirish. O'quv qo'llanma. T.: O'MKHTM, «Bilim» nashriyoti, 2005. – 176 bet.

O'quv qo'llanma issiqlik energetikasi sohasida harorat, bosim, suyuqlik va gazlar sarfi, sathi, fizik-kimyoviy tahlilini olib borish va o'lchash asboblari avtomatlashtirish haqida ma'lumot berilgan. Issiqlik texnikasi jarayonlarining nazoratini boshqarishda qo'llaniladigan avtomatik boshqarish tizimlarining o'rni va amalga oshirilishi ko'rsatilgan.

O'quv qo'llanma «Issiqlik energetikasi» yo'nalishidagi kasb-hunar kolleji o'quvchilarga mo'ljallangan. Undan oliy o'quv yurtlari talabalari, aspirantlar va ilmiy xodimlar foydalanishi mumkin.

R 2203030000-34 - 2005
M 361(04)-2005

© «Bilim», 2005- y.

© O'MKHTM, 2005- y.

SO`ZBOSHI

O'zbekiston Respublikasida «Kadrlar tayyorlash milliy dasturi»da belgilangan maqsad va vazifalar bosqichma-bosqich amalga oshirila borib, ta'lim tizimini isloh qilish borasida qator tadbirlar belgilanmoqda. «Ta'lim to'g'risida»gi Qonunga muvofiq kasb-hunar kollejlari kadrlar tayyorlash hamda ularning malakasini oshirishni zamon talablariga javob beradigan darajada tashkil etish, talabalar saviyasining sifatiga qo'yiladigan zarur talablarni belgilab beruvchi davlat ta'lim standartlari va o'quv-uslubiy qo'llanmalarining hamda darsliklarning yangi avlodlarini yaratish vazifalari turibdi.

Shu borada taqdim etilayotgan ushbu darslik «Issiqlik energetikasi» yo'nalishidagi kasb-hunar kollejlari talabalariga mo'ljallangan ilk darsliklardan biridir.

So'nggi paytda energetika va boshqa sanoat sohalarida texnologik jarayonlarning jadal suratlar bilan rivojlanishi kuzatilmogda, bu jarayonlarda yuqori quvvatli agregatlardan foydalanib kelinmogda. Issiqlik energetikasi sohasida birlamchi quvvatlarining oxirgi yillarda 10–15 marta ortishi texnologik jarayonlarning tezligini ham oshirmogda, undagi o'lchanayotgan parametrlar soni ham shu qadar ortib bormogda.

Issiqlik energetikasi sohasida elektr energiyasi hamda issiqlik energiyasi olish texnologik jarayonlarida turli xil issiqlik texnika o'lchash asboblari keng miqyosda ishlatib kelinmogda. Bu asboblarni to'g'ri va aniq ishlashidan issiqlik energetika qurilmalarining ishonchli, davomiyli va avariyasiz ishlashi ta'minlanadi va ularning ish unumdorligi ortib boradi.

Elektr energiyasi va issiqlik energiyasini tejash masalalariga bizning davlatimizda katta ahamiyat berilayotganligini va so'nggi paytlarda shu masala bo'yicha qator davlat ahamiyatiga molik qarorlar qabul qilinayotganligini inobatga olsak, issiqlik texnikasida o'lchash va avtomatlashtirish muhim ahamiyatga egaligini ko'rishimiz mumkin.

Har qanday ishlab chiqarish jarayonini avtomatlashtirish texnika taraqqiyotining asosiy yo'nalishlaridan biri bo'lib, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va mahsulot sifatini ko'tarish uchun xizmat qiladigan asosiy omil hisoblanadi.

O'lchash texnikasini ishlab chiqarishga keng joriy etish uchun har bir muhandis – texnik xodim, qaysi soha mutaxassisi bo'lishidan qat'iy nazar, metrologiya asoslaridan, texnologik o'lchash usullari va vositalaridan, hisoblash texnikasidan o'lchash jarayonlarini avtomatlashtirishda foydalanish imkoniyatlaridan xabardor bo'lishi zarur.

Ushbu darslikda harorat, bosim, suyuqlik va gazlarning sarfi, sathi, fizik-kimyoviy tahlilini olib borish uchun foydalaniladigan o'lchash asboblarning ishlash qonuniyatlari keltirilgan hamda ularni avtomatlashtirish va namunali asboblarga qiyoslash masalalariga ham katta ahamiyat berilgan.

Darslik «Issiqlik texnikasida o'lchash va avtomatlashtirish» fanidan tahsil oluvchi energetika kasb-hunar kolleji talabalari uchun yozilgan bo'lib, undan issiqlik energetikasi sohasida ishlaydigan mutaxassislar ham foydalanishlari mumkin.

Darslikning yozilishida ToshDTU dotsentlari R. M. Yusupaliyev va A. T. Imomnazarov tarafidan berilgan qimmatli maslahatlari uchun o'z minnatdorchiligimizni bildiramiz.

Mulliflar

1-bob

ISSIQLIK TEXNIKASIDA O'LCHASH QURILMALARINING ASOSLARI

1.1. «ISSIQLIK TEXNIKASIDA O'LCHASH VA AVTOMATLASHTIRISH» FANINING MAQSADI VA VAZIFALARI. O'LCHASH TO'G'RISIDA TUSHUNCHALAR

«Issiqlik texnikasida o'lchash va avtomatlashtirish» fani harorat (t), bosim (p), suyuqliklar, bug'lar va gazlar muhitining sarfi va miqdori hamda suyuqlik va sochiluvchan jismlarning sathini – issiqlik texnikasi jarayonlarini tavsiflaydigan ko'rsatkichlarni nazariy masalalarini va o'lchash texnikasini o'z ichiga oladi.

Ushbu kitob «Issiqlik texnikasining nazariy asoslari» va «Metrologiya» fanlariga asoslangan holda yozilgan bo'lib, unda issiqlik texnikasi jarayonlarining umumiy qonuniyatlari hamda o'lchash texnikasining umumiy muammolari haqida ma'lumot berilgan.

Zamonaviy energetika qurilmalarida o'lchash asboblarning soni juda ham ko'pdir. Masalan, 500 mW quvvatli issiqlik energetika blokini boshqarish uchun 741 ta manometr va sarf o'lchagich, 4747 ta termoelektrik termometr (termojuftlar) va qarshilik termometrlari, 112 ta elektron avtomatik rostlagich va boshqa turdagi asboblardan foydalaniladi.

«Issiqlik texnikasida o'lchash va avtomatlashtirish» fanining vazifalari quyidagilardan iborat:

issiqlik texnikasi jarayonlarini tavsiflaydigan turli kattaliklarni o'lchash usullarini taqqoslash va o'rganish;

o'lchash qurilmalarining asosiy konstruktiv chizmalarini (sxemalarini) va ularni qo'llash sharoitlarini hamda o'lchashlarni, ularning aniqligini baholash bilan ko'rib chiqish;

o'lchash usuli va texnikasining rivojlanish yo'llarini belgilash.

O'lchash – fizik kattaliklarning qiymatlarini maxsus texnik vositalar yordamida tajriba usuli bilan topishdir.

Ko'p hollarda o'lchash jarayonida o'lchanayotgan kattalikni 1 ga teng bo'lgan qiymat berilgan va fizik kattalik birligi yoki o'lchash birligi deyiladigan fizik kattalik bilan taqqoslash kerak bo'ladi.

O'lchash natijasi kattalikning o'lchash usuli bilan o'lchash birligini taqqoslash usuli yordamida topilgan qiymatidan iborat. O'lchash natijasini quyidagi tenglama yordamida ifodalash mumkin:

$$R = Q/q, \quad (1)$$

bunda R – o'lchash natijasi yoki o'lchanayotgan kattalikning son qiymati;

Q – o'lchanayotgan manbaning fizik kattaligi;

q – fizik kattalik birligi.

O'lchanayotgan kattalikning son qiymatini olish usuliga ko'ra barcha texnik o'lchashlarni **bevosita va bilvosita** usullarga ajratish mumkin. Laboratoriya (tajribaxona) amaliyotida va ilmiy tekshirish jarayonlarida **birlashtirib** va **birgalikda o'lchash** usullaridan foydalaniladi.

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 o'lchash.

O'lchanayotgan natijani **bilvosita usul** yordamida olish o'lchanayotgan kattalik bilan ma'lum munosabat yordamida bog'langan kattalikni o'lchashga asoslangan.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (2)$$

bunda y – o'lchanayotgan kattalikning izlangan qiymati;

x_1, x_2, \dots, x_n – bevosita o'lchanayotgan kattalikning son qiymatlari.

Bilvosita o'lchashga o'tkazgichning solishtirma elektr qarshiligini uning qarshiligi, uzunligi va ko'ndalang kesimi yuzi bo'yicha topish, jism zichligini uning massasi va hajmini o'lchash natijalari bo'yicha topish misol bo'la oladi.

O'lchashlar o'lchash prinsipini belgilab beradigan fizik hodisalarga asoslanib olib boriladi. Masalan, haroratni moddaning ken-

gayishi bo'yicha o'lchash, vakuumni muvozanatlashtiruvchi suyuqlik ustunining kotarilishi bo'yicha o'lchash. O'lchashning biror prinsipini amalga oshirish uchun turli texnik vositalar qo'llaniladi. O'lchashlarda qo'llaniladigan va normalangan metrologik xossalarga ega bo'lgan texnik vositalar **o'lchash vositasi** deyiladi. O'lchash prinsipini va vositasini belgilab beradigan usullar majmuyi **o'lchash usuli** deyiladi.

O'lchashlarda bevosita (to'g'ridan-to'g'ri) baholash, differensiallab, o'lchash bilan taqqoslash va nol (kompensatsion) usullar keng tarqalgan.

O'lchash vositalari o'lchashlarda ishlatiladi va ular normalangan metrologik xossalarga, ya'ni ma'lum sonli qiymatlarga hamda o'lchash natijalarining aniqligi va ishonchligini ifodalovchi xossalarga ega bo'ladi. O'lchash vositalarining asosiy turlariga o'lchashlar, o'lchash asboblari, o'lchash o'zgartgichlari va o'lchash qurilmalari kiradi.

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

Ko'rsatuvchi asboblarda raqamli qiymatlar shkala va raqamli tablodan o'qiladi.

Qayd qiluvchi asboblarda ko'rsatuvlarni yo diagramma qog'ozi-da yozib olish yoki raqamli tarzda chop etish ko'zda tutiladi.

Kombinatsiyalangan asboblarda o'lchanayotgan kattalikni bir vaqtning o'zida ko'rsatadi va qayd qiladi.

Integrallovchi asboblarda o'lchanayotgan kattalik vaqt bo'yicha yoki boshqa o'zgaruvchi bo'yicha integrallanadi (jamlanadi).

Jamlovchi asboblarda ko'rsatishlar turli kanallar bo'yicha unga keltirilgan ikki yoki bir necha kattaliklarning yig'indisi bilan funksional bog'langan bo'ladi.

Asboblarning turli-tumanligi ularni unifikatsiyalash masalasi-ni qo'ydi. Bu maqsadda hozirgi paytda **Asboblarning davlat sistemasi** (ADS) yaratilgan.

Yangi asboblarda va avtomatlashtirish vositalari ADS talablariga ko'ra tayyorlanadi, avval yaratilgan, eskilari esa asta-sekin ADSga moslashtiriladi. ADSning tuzilishi ma'lum sistemali – texnik prinsiplarni qo'llashga 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. ADS tarafidan yechiladigan muhim masalalaridan biri xalq xo'jaligi talablarini to'la qanoatlashtiradigan, tekshirilgan qurilmalarning chekli nomenklaturasini (ro'yxatini) yaratishdan iborat.

O'lchash vositalari o'lchash jarayonida bajaradigan vazifasiga qarab **ishchi, namunali va etalon** o'lchash vositalariga bo'linadi.

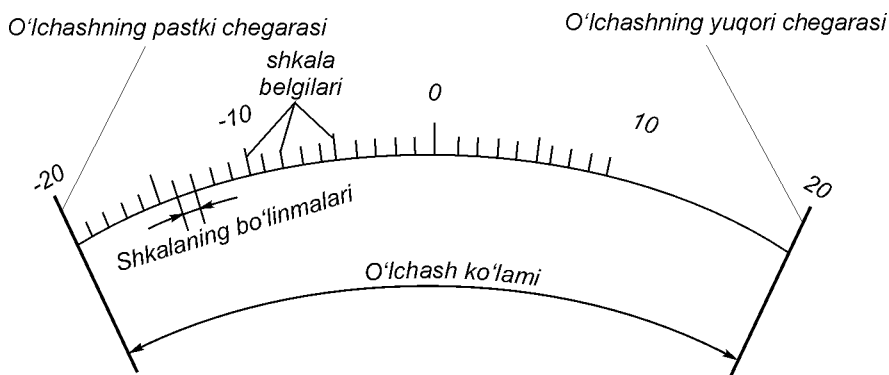
Ishchi o'lchash vositalari xalq xo'jaligining barcha tarmoqlarida amaliy o'lchashlar uchun mo'ljallangan. Ular aniqligi yuqori o'lchash vositalariga va texnik o'lchash vositalariga bo'linadi.

Namunali o'lchash vositalari ishchi o'lchash asboblari tekshirish va ularni o'zlari bo'yicha darajalashga xizmat qiladi.

Etalonlar – qiyoslash chizmasining quyida turgan o'lchash vositalariga birlik o'lchamini uzatish maqsadida birlikni (yoki birlikning karrali yoki ulushli qiymatlarini) qayta yaratilishini va (yoki) saqlanishini ta'minlaydigan o'lchash vositasi (o'lchash vositalari to'plami).

Fizik kattaliklar birliklari o'lchami shu usul bilan etalonlardan namunaviy o'lchash asboblari yordamida boshqa o'lchash asboblari o'tkaziladi.

O'lchash vositalarining ko'rsatishlaridagi xatoliklarni aniqlash yoki ularning ko'rsatishlariga tuzatma kiritish maqsadida o'lchash



1- rasm. O'lchash asbobining shkalasi.

vositalari ko'rsatishlarini namunali o'lchash asboblarning ko'rsatishlariga taqqoslash (yoki qiyoslash) **asbobni tekshirish** deb ataladi.

Shkala bo'linalariga qabul qilingan o'lchash birliklarida ifodalangan qiymatlar berishdan iborat operatsiya **darajalash** deb ataladi.

O'lchash asboblarning sanoq qurilmasi shkala va ko'rsatkichdan (strelkali yoki nurli) tuzilgan. 1- rasmda o'lchash asbobining shkalasi ko'rsatilgan, shkaladagi sonli belgilar **shkalaning sonli belgilari** deyiladi.

Shkalaning ikki qo'shni belgisi orasidagi oraliq shkalaning **bo'limasi** deyiladi.

Shkalaning ikki qo'shni belgisiga mos kelgan kattalik qiymatlari ayirmasi **shkala bo'limasining qiymati** deyiladi. O'zgarmas bo'linali va o'zgarmas qiymatli shkala **tekis shkala** deyiladi.

O'lchanayotgan kattalikning sanoq qurilmasi bilan aniqlanadigan hamda o'lchanayotgan kattalik uchun qabul qilingan birliklarda ifodalangan qiymatlari o'lchash asbobining **ko'rsatishlari** deyiladi. O'lchanayotgan kattalikning shkalada ko'rsatilgan eng kichik qiymati **shkalaning boshlang'ich qiymati**, eng katta qiymati esa **shkalaning oxirgi qiymati** deyiladi. Shkalaning boshlang'ich va oxirgi qiymatlari bilan chegaralangan qiymatlar sohasi intervali (oralig'i) **o'lchash ko'lami** deyiladi. O'lchanayotgan kattalikning o'lchash vositalari uchun yo'l qo'yiladigan xatoliklari normalangan qiymatlari sohasi o'lchash asbobi yoki o'lchash o'zgartkichining **o'lchash ko'lami** deyiladi. Texnik asboblarda, odatda, o'lchash ko'lami bilan ko'rsatuvlar ko'lami mos keladi. O'lchash ko'laminin eng kichik va eng katta qiymatlari **o'lchash chegaralari** deyiladi.

Shkaladan ma'lumot olishda shkala qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan bo'lishi mumkin. Shkalada belgilar to'g'ri chiziq bo'ylab yoki silindrsimon sirtidagi aylama yoyi bo'ylab joylashgan bo'ladi. Asboblarning shkalalari bir tomonlama, ikki tomonlama va nolsiz bo'lishi ham mumkin.

1.2. O'LCHASH XATOLIKLARI VA ULARNI BAHOLASH

O'lchash natijasida, odatda, o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatidan farq qiladigan qiymati topiladi. Ko'pincha, fizik kattalikning haqiqiy qiymati o'rnida uning tajriba yordamida topilgan qiymatlaridan foydalaniladi. Bu qiymat kattalikning haqiqiy qiymatiga, ko'zda tutilgan maqsad uchun yetarli darajada yaqin bo'lganda, undan foydalanish mumkin. Kattalikning o'lchash usuli bilan topilgan qiymati **o'lchash natijasi** deyiladi. O'lchash natijasi bilan o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati orasidagi farq o'lchash vositasining **xatoligi** deyiladi.

O'lchash vositasining xatoliklari mutlaq va nisbiy qiymatlarda ifodalanishi mumkin, ular musbat va manfiy ishorali bo'ladi.

O'lchanayotgan kattalik birliklarida ifodalangan o'lchash xatoligi o'lchash vositasining **mutlaq (absolut) xatoligi** deyiladi. Mutlaq xatolik (D_x) asbobning o'lchash natijasi (X) va o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati (X_{haq}) ayirmasidan topiladi, **nisbiy xatolik** (y) esa o'lchash mutlaq xatoligining o'lchangan kattalikning haqiqiy qiymatiga nisbatidir. O'lchash vositasining nisbiy xatoligi foizda ifodalanadi:

$$D_x = X - X_{\text{haq}}, \quad (3)$$

$$y = (D_x / X_{\text{haq}}) \cdot 100\%. \quad (4)$$

Odatda, haqiqiy qiymatni aniqlash uchun asbobning ko'rsatmasiga tuzatma «C» kiritiladi, u son jihatidan teskari ishora bilan olingan mutlaq xatolik qiymatiga teng:

$$\pm D_x = \mp C. \quad (5)$$

Tuzatma o'lchash natijasiga algebraik qo'shiladi:

$$X_{\text{haq}} = X + (C). \quad (6)$$

Ayrim hollarda aniq natijani olish uchun asbobning ko'rsatish natijasini tuzatma ko'paytuvchiga ko'paytirish lozim:

$$X_{\text{haq}} = k \cdot X. \quad (7)$$

C , (D_x) va k ko'p hollarda tajriba usuli yordamida topiladi.

O'lchash vositalarining o'lchash xatoliklari ularning kelib chiqish sabablariga ko'ra **muntazam**, **tasodifiy** va **qo'pol xatoliklarga** bo'linadi.

O'lchash vositasining muntazam xatoligi deyilganda faqat bitta kattalikni qayta-qayta o'lchanganda o'zgarmas bo'lib qoladigan yoki biror qonun bo'yicha o'zgaradigan o'lchash xatoligi tushuniladi. Bu xatolik aniq qiymat va ishoraga ega bo'ladi hamda uni tuzatmalar kiritish bilan yo'qotish mumkin.

Kattalikni o'lchash natijasida olingan qiymatga muntazam xatolikni yo'qotish maqsadida qo'shiladigan qiymat **tuzatma** deb ataladi.

O'lchash vositasining tasodifiy xatoligi deyilganda, faqat bitta kattalikni qayta-qayta o'lchashda tasodifiy o'zgaruvchi o'lchash xatoligi tushuniladi. Agar har bir o'lchash natijasi boshqalaridan farq qilsa, u holda tasodifiy xatolik mavjud bo'ladi.

O'lchash vositasining qo'pol xatoligi deyilganda berilgan shartlar bajarilganda kutilgan natijadan tubdan farq qiladigan o'lchash xatoligi tushuniladi.

$$E = \left(\frac{\Delta X}{X} \right) \cdot 100\%$$

yu Bir kattalikni ko'p marta takroriy o'lchashlar natijasida asbob ko'rsatishlari orasidagi eng katta farq o'lchash asbobining **variatsiyasi** deyiladi. Ko'rsatuvlarining variatsiyasi o'lchanayotgan kattalikni ma'lum bir miqdorgacha asta-sekin oshirib va kamaytirib aniqlanadi. Ko'rsatuvlar variatsiyasi o'lchash asbobining mexanizmi, oraliqlari, gisterezisi va boshqa qismlardagi ishqalanish sababli kelib chiqadi. Ko'rsatuvlar variatsiyasi (E) o'lchash asbobi shkalasi maksimal qiymatini foiz hisobida ifodalab, o'lchash asbobining asosiy yo'l qo'yiladigan xatolik qiymatidan oshib ketmasligi lozim:

(8)

bunda DX – asbob ko'rsatishidagi eng katta farq;

X_{yu} va X_p – asbob shkalasining yuqori va quyi qiymatlari.

O'lchash aniq bo'lishi uchun xatoligi kichik bo'lgan asboblardan foydalanish lozim. Texnik o'lchashlar uchun yo'l qo'yiladigan xatoligi belgilangan qiymatdan oshmaydigan asboblardan foydalaniladi.

Asbob ko'rsatishining standartlar bo'yicha ruxsat etiladigan eng katta xatoligi o'lchash asbobining **yo'l qo'yiladigan xatoligi** deyiladi. Xatolik miqdori o'lchashlar olib borilayotgan tashqi muhitga va boshqa sabablarga bog'liq bo'lgani uchun o'lchash asbobining asosiy va qo'shimcha xatoliklari tushunchalari kiritilgan.

O'lchash asbobi uchun texnik sharoitlar imkon bergan, maxsus yaratilgan normal ish sharoitida yo'l qo'yilgan xatolik **asosiy xatolik** deyiladi. Atrof-muhitning normal sharoiti deb, 20°C harorat va 101325 N/m² (760 mm. sim.ust.) atmosfera bosimi qabul qilingan. Tashqi sharoit o'zgarishining asboblarga bo'lgan ta'siridan kelib chiqqan xatolik o'lchash asbobining **qo'shimcha xatoligidir**.

O'lchash vositalarining umumlashgan xarakteristikasi asosiy va qo'shimcha xatoliklarning chegaraviy qiymatlari bilan, o'lchash vositalari aniqligiga ta'sir etuvchi boshqa parametrlar bilan ifodalanadigan **aniqlik klassidan** iborat. O'lchash asboblari uchun yo'l qo'yiladigan asosiy xatoliklar chegaralari keltirilgan (nisbiy) xatoliklar ko'rinishida berilgan quyidagi sonlar qatoridan olingan aniqlik klassi beriladi:

$$(1; 1,5; 2,0; 2,5; 3; 4; 5; 6) \cdot 10^n,$$

bunda $n = 1,0; -1; -2$ va h.k.

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

$$y\% = \pm (D_x (X_{yu} - X_p)) \cdot 100\% , \quad (9)$$

bunda $y\%$ – asbobning keltirilgan asosiy xatoligi, shkala ko'lamida % da ifodalanadi;

D_x – asosiy mutlaq xatoligi.

Turli o'lchash asboblari uchun Davlat standartida turli aniqlik klasslari qabul qilingan. Ular asbobning siferblatida ko'rsatiladi.

Masalan, issiqlik texnikasida o'lchash asboblari belgilanadigan asosiy xatoliklar o'rtacha quyidagicha:

Texnik asboblari	– ± (1 , 2,5) % va yuqori;
Nazorat asboblari	– ± (0,6 , 1) %;
Laboratoriya namunali va etalon asboblari	– ± 0,6 % va undan past.

Issiqlik texnikasi asboblari turli aniqlik klasslariga bo'linadi, ularning shartli belgilari asosiy xatoliklar o'lchamiga mos keladi. Masalan, asboblarning asosiy xatoliklari ± 0,6 va ± 1,6 % ga teng bo'lsa, ular shunga muvofiq 0,6 va 1,6 aniqlik klassiga tegishli bo'ladi.

O'lchash asbobining variatsiyasi normada uning keltirilgan asosiy xatoligidan ortmasligi kerak.

Ma'lum aniqlik klassiga ega bo'lgan texnik asbob bilan o'lchashda uning mutlaq asosiy xatoligi D_x (9) tenglamadan topiladi, eng katta nisbiy xatoligi y esa (asbobning X ko'rsatishiga taalluqli) quyidagi ifodaga ko'ra topiladi:

$$y = D_x (X_{yu} - X_p) / X. \quad (10)$$

Tajriba o'lchashlarida ishonchli natijalarni olish uchun ko'rsatkichlar bir xil sharoitda bir necha marta olinadi va olingan qator qiymatlardan muntazam va qo'pol xatoliklar olib tashlangandan keyin uning aniqligi yuqori o'rtacha arifmetik qiymati olinadi va oxirgi natija sifatida qabul qilinadi:

$$X_{ort} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}, \quad (11)$$

bunda X_1, X_2, \dots, X_n – o'lchanayotgan kattalikning qiymatlari qatori;

n – asbob ko'rsatkichining o'lchangan soni.

X_1, X_2, \dots, X_n qiymatlar faqat tasodifiy xatoliklardan iborat bo'lib, ularning X_{ort} qiymati haqiqiy qiymatdan og'ishi, qancha ko'p o'lchashlar o'tkazilgan bo'lsa, shuncha kichik bo'ladi.

Bunda xatolik nazariyasiga ko'ra, qancha ko'p o'lchashlar o'tkazilsa, unda mutlaq qiymati teng bo'lgan, faqat ishorasi har xil tasodifiy xatoliklar shuncha ko'p marta uchraydi va o'zaro yo'q bo'lib ketadi.

O'lchash kattaliklari ayrim qiymatlarining $X_{o'rt}$ dan og'ishi E quyidagi ifodalardan topiladi:

$$\begin{aligned} E_1 &= X_1 - X_{o'rt}, \\ E_2 &= X_2 - X_{o'rt}, \\ &\dots\dots\dots \\ E_n &= X_n - X_{o'rt}. \end{aligned} \tag{12}$$

$X_{o'rt}$ to'g'ri topilganda E_i og'ishlarning algebraik yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak:

$$\sum E_i = 0. \tag{13}$$

Amaliy o'lchashlarda oxirgi $X_{o'rt}$ natijaning aniqligini baholaydigan **o'rtacha kvadratik xatolik s , ehtimoliy xatolik r va eng katta yo'l qo'yilgan (mumkin bo'lgan) xatolik l** larning qiymatlarini quyidagi tenglamalar orqali topiladi:

$$\sigma = k \sqrt{\frac{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2}{n(n-1)}}; \tag{14}$$

$$\rho = \vartheta \sqrt{\frac{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2}{n(n-1)}}; \tag{15}$$

$$\lambda = m \sqrt{\frac{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2}{n(n-1)}}. \tag{16}$$

Yuqoridagi (14)–(16) tenglamalardagi k, v, m koeffitsiyentlar qiymati $n - 1$ ga ko'ra maxsus jadvallardan olinadi.

1.3. HARORATNI O'LGHASH VA HARORAT SHKALALARI TO'G'RISIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR

Jismlarning issiqlik holatini ifodalovchi kattalik **harorat** (temperatura) deb aytiladi. Jismlarning qiziganlik darajasini, ya'ni har qanday jism haroratini boshqa fizik kattaliklar, masalan, uzunlik, hajm, og'irlik yoki vaqt, kabi bevosita o'lchash mumkin emas, chunki tabiatda bu kattalikning birlik namunasi yoki etaloni mavjud emas. Shuning uchun harorat o'lchashning mutlaq birligida ifodalalmaydi.

Jismlarning haroratini o'lchash boshqa, ya'ni termometrik (ishchi) modda fizik xususiyatining o'zgarishiga ko'ra kuzatish yo'li bilan amalga oshiriladi. U qizdirilgan jism bilan tegishib, ma'lum vaqtdan so'ng issiqlik muvozanati o'rnatiladi.

O'lchashning bunday usuli qizdirilgan muhitning mutlaq haroratini ko'rsatmay, balki ishchi moddaning nolga shartli qabul qilingan dastlabki haroratiga nisbatan haroratlar farqini ko'rsatadi.

Qizdirish jarayonida moddaning ichki energiyasi o'zgarishi tufayli uning barcha fizik xususiyatlari amalda ko'p yoki kam darajada haroratga bog'liq bo'ladi, ammo uni o'lchash uchun bu xususiyatlardan ba'zi-birlari tanlab olinadi, ular harorat o'zgarishi bilan o'zgarib boradi, boshqa omillar ularga ta'sir o'tkazmaydi hamda nisbatan oson va aniq o'lchanadi. Bu talablarga ishchi moddaning quyidagi xususiyatlari to'la javob beradi: **hajmiy kengayish, chegaralangan hajmda bosim o'zgarishi, elektr qarshiligining o'zgarishi, termoelektrik yurituvchi kuchni hosil qilish va nurlanish energetik ravshanligi**; ular harorat o'lchash asbob va qurilmalarining asosini tashkil qiladi.

Birinchi bo'lib haroratni o'lchash asbobi 1598-yili Galiley tomonidan kashf etilgan. Undan so'ng Farengeyt va boshqa olimlar tomonidan boshqa termometrlar ham yaratilgandan so'ng Reomyur va Selsiy shkalalari paydo bo'ldi. Bu harorat shkalalari quyidagicha o'rnatilgan. Ikkita tayanch yoki reper nuqtalar tanlanadi. Odatda buning uchun toza moddalarning fazoviy muvozanat nuqtalari tanlanadi. Reper nuqtalari orasidagi intervalda

termometrik xossalarning o'zgarishi haroratga chiziqli bog'liqlik bilan ifodalanadi:

$$T = T_0 + kC, \quad (17)$$

bunda T_0 – bitta reper nuqtasining harorati qiymati;

C – termometrik xossaning T haroratdagi qiymati;

k – proporsionallik koeffitsiyenti, reper nuqtalarida harorat va termometrik xossa qiymatlariga ko'ra aniqlanadi.

Tabiatda hajmiy kengayishi va harorati chiziqli bog'langan suyuqliklar bo'lmaydi. Shuning uchun haroratning ko'rsatishi termometrغا solinadigan moddaning tabiatiga bog'liq. Fan va texnikaning rivojlanishi bilan termometrغا solinadigan moddaning birorta xususiyati bilan bog'lanmagan yagona harorat shkalasini yaratish zarurati paydo bo'ldi. 1848- yilda ingliz fizigi Kelvin termodinamikaning ikkinchi qonuni (Karnoning ideal sikli) asosida yangi harorat shkalasini taklif qildi. Termodinamik haroratlarning shkalasining tenglamasi:

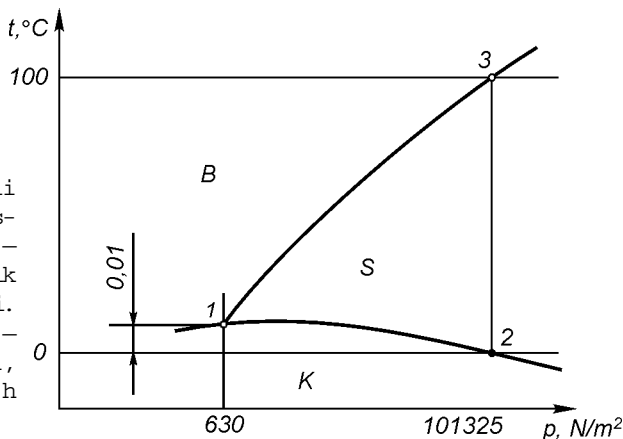
$$Q_1/Q_2 = T_1/T_2. \quad (18)$$

Bu tenglamadan shuni ko'rishimiz mumkinki, issiqlik dvigatelinin teskari siklida isitgichdan beriladigan ishchi moddaning Q_1 issiqlik miqdorining isitiladigan jisimga undan o'tadigan Q_2 issiqlik miqdoriga nisbati isitgich va isitiladigan jisimning faqat T_1 va T_2 haroratlar nisbatiga proporsionaldir. Q_1 va Q_2 ning ma'lum miqdorlarida T_2 ga aniq qiymatni berib, T_1 ning dastlabki qiymatini (18) tenglamadan topishimiz mumkin.

Shunday qilib, Kelvin tarafidan taklif qilingan termodinamik shkala termometrik xossalarga bog'liq emas, biroq haroratni amaliy o'lchashda ba'zi noqulayliklarni keltirib chiqarar edi. Bu holatda issiqlikning ma'lum miqdorini o'lchashga to'g'ri keladi yoki real gaz bilan to'ldirilgan termometrlardan foydalanilganda haroratning har qanday qiymatiga turli tuzatmalarni kiritish lozim bo'ladi.

Hozirgi paytda 1968- yilda qabul qilingan **Xalqaro amaliy harorat shkalasi** (1968 – 68) qo'llaniladi. 1968 – 68 ga ko'ra

2- rasm. Suvning fazali holatlari chizmasi (mashtabsiz tasviri). B – bugʻ fazasi, S – suyuqlik fazasi, K – kristall fazasi. 1 – uchlik nuqta, 2 – muzning erish nuqtasi, 3 – suvning qaynash nuqtasi.



asosiy harorat deb termodinamik harorat T olingan, uning birligi Kelvin $K - 1/273,15$ suvning qattiq, suyuq va gazsimon fazalari orasidagi (suvning uchlik nuqtasi) muvozanatining termodinamik harorati qismidir (2- rasm).

İİÖÖ – 68 shunday tanlanganki, u boʻyicha oʻlchangan harorat termodinamik haroratga yaqin boʻladi va ular orasidagi ayirma zamonaviy oʻlchash aniqligi chegaralarida boʻladi. İİÖÖ – 68 oʻzgarmas, aniq tiklanadigan turgʻunlik haroratlari tizimiga asoslangan.

İİÖÖ – 68 shunday tanlanganki, unda bu shkalada oʻlchangan harorat zamonaviy oʻlchash vositalari bilan aniqligi taʼminlangan termodinamik haroratga yaqin boʻladi.

İİÖÖ – 68 yondosh qayta tiklanuvchi muvozanat holatini egallagan harorat qiymatlari maxsus attestatsiyalangan interpolasyon asboblarga asoslangandir ($-259,34$ dan $+1064,43$ °C gacha).

İİÖÖ – 68 haroratni oʻlchash uchun moʻljallangan barcha asboblarni darajalash uchun majburiy joriy qilingan. Birlamchi va ikkilamchi oʻzgarmas nuqtalar va etalon asboblari yordamida Davlat standart qoʻmitasi tashkilotida haroratni aniq oʻlchash va boshqa asboblarni tekshirish uchun xizmat qiladigan oʻlchash qurilmalarni qiyoslanish va darajalanishi olib boriladi.

İİÖØ – 68 ning eng muhim o'zgarmas nuqtalari (haroratlari) 1- jadvalda berilgan.

1- jadval

**MPTSH – 68 NING ENG MUHIM O'ZGARMAS NUQTALARI
(HARORATLAR DARAJASI)**

Nuqta 1	Muvozanat holatlari	Haroratlarga berilgan qiymatlar	
		K	°C
1.	Vodorodning qattiq, suyuq va gazsimon fazalari orasidagi muvozanat (vodorodning uchlik nuqtasi)	13,81	– 259,34
6.	Kislorodning suyuq va gazsimon fazalari orasidagi muvozanat (kislorodning qaynash nuqtasi)	90,188	– 182,962
7.	Suvning qattiq, suyuq va gazsimon fazalari orasidagi muvozanat (suvning uchlik nuqtasi)	273,16	0,01
8.	Suvning suyuq va bug'simon fazalari orasidagi muvozanat (suvning qaynash harorati nuqtasi)	373,16	100
9.	Ruxning qattiq va suyuq fazalari orasidagi muvozanat (ruxning qattiqlashish nuqtasi)	692,73	419,58
10.	Kumushning qattiq va suyuq fazalari orasidagi muvozanat (kumushning qattiqlashish nuqtasi)	1235,08	961,93
11.	Oltinning qattiq va suyuq fazalari orasidagi muvozanat (oltinning qattiqlashish nuqtasi)	1337,58	1064,43

Xorijiy adabiyotlarda haroratni Kelvin (K) va Selsiy gradusida (°C) ifodalanishi bilan birga vaqti-vaqti bilan Farengeyt (°F) va Renkin (°Ra) graduslaridan ham foydalaniladi. Farengeyt shkalasi (u Angliya va AQSHda foydalaniladi) muzning erish nuqtasi (32 °F) va suvning qaynash nuqtasiga (212 °F) asoslangan. Xalqaro amaliy shkala, mutlaq termodinamik shkala, Farengeyt shkalasi va Renkin shkalasi bo'yicha hisoblangan harorat munosabati quyidagicha:

$$n \text{ } ^\circ\text{C} = n\text{K} - 273,15 = 5/9(n \text{ } ^\circ\text{F} - 32) = (5/9)n \text{ } ^\circ\text{Ra} - 273,15;$$

$$nK = n \text{ } ^\circ\text{C} + 273,15 = (5/9)n \text{ } ^\circ\text{F} + 255,37 = (5/9)n \text{ } ^\circ\text{Ra}, \quad (19)$$

bunda n – tegishli shkala bo'yicha graduslar soni.

Haroratni o'lchash qurilmalari. Haroratni o'lchash sohasi shartli ikki qismga bo'linadi: **termometriya**, ya'ni **termometr** deb nomlanadigan asboblarda 500–600 °C gacha haroratni aniqlashni o'z ichiga oladi va **pirometriya**, ya'ni **pirometr** deb nomlanadigan asboblarda yuqori haroratni aniqlanishi olib boriladi.

Haroratni o'lchash asboblari ularning tuzilish asosini tashkil qiladigan fizikaviy xususiyatlariga ko'ra, quyidagi guruhlariga bo'linadi: **kengayish termometrlari, manometrik termometrlar, elektrik qarshilik termometrlari, termoelektrik termometrlar va nurlanish pirometrlari** (2-jadval).

Termometrlar kontaktli va kontaktsiz termometrlarga bo'linadi. Kontaktli termometrning sezgir elementi bevosita o'lchayotgan muhitga tegib turadi.

Pirometr bu kontaktsiz termometr bo'lib, uning ishlashi qizdirilgan jismining issiqlik nurlanishiga asoslangan.

2- jadval

Sanoatda haroratni o'lchash vositalaridan foydalanish chegarasi

O'lchash vositasi	O'lchash vositalarining turi	Davomli foydalanish chegarasi, °C	
Kengayish termometrlari	Suyuqlikli shishali termometrlar	-200	600
Manometrik termometrlar	Gazli	-150	600
	Suyuqlikli	-150	350
	Bug'-suyuqlikli (kondensatsion)	-150	300
Termoelektrik termometrlar	Termoelektrik termometrlar	-200	2500
Qarshilik termometrlari	Metall o'tkazgichli qarshilik termometrlari	-260	1100
	Yarim o'tkazgichli qarshilik termometrlari	-272	600
Pirometrlar	Kvazimonoxromatik pirometrlar	700	6000
	Spektral nisbatli pirometrlar	300	2800
	To'liq nurlanish pirometrlari	-50	3500

Termokomplekt deb, o'zining shkalasiga ega bo'lmasada, termometr dan va termometrning chiqish signalini sonli qiymatga o'zgartiruvchi ikkilamchi asbobdan iborat o'lchash qurilmasiga aytiladi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Issiqlik texnikasida o'lchashlarning maqsadi va vazifasi nimalardan iborat?
2. Issiqlik texnikasi asboblari va avtomatlashtirish vositalari ishini qaysi boshqaruv organi nazorat qiladi?
3. Issiqlik texnikasi asboblari qaysi belgilariga ko'ra tasniflanadi?
4. Etalondan boshqa o'lchash vositalariga fizik kattalikning o'lchami uzatilish tizimi qanday qilib amalga oshiriladi?
5. O'lchash asbobining shkalasi qaysi elementlardan tashkil topgan?
6. O'lchash xatoliklarining kelib chiqish sabablari nimadan iborat?
7. Qanday o'lchash xatoliklarini bilasiz?
8. Asbobning aniqlik klassi deb nimaga aytiladi?
9. Asbob ko'rsatuvlarining variatsiyasi to'g'risida nima bilasiz?
10. Asbobning o'lchashi qaysi xususiyatga ko'ra olib boriladi?
11. Qanday harorat shkalalarini bilasiz? Ularni ta'riflab bering.
12. $\ddot{\text{I}}\ddot{\text{I}}\ddot{\text{O}}\ddot{\text{O}}$ – 68, bu nima?
13. Haroratni o'lchash qurilmalari to'g'risida nimalarni bilasiz?

2-bob

HARORAT O`LCHASH ASBOBLARI

2.1. KENGAYTIRILGAN TERMOMETRLAR. SUYUQLIKLI SHISHALI TERMOMETRLAR

Suyuqlikli termometrlarning ishlash prinsipi termometr ichiga o`rnatilgan termometr suyuqligining hajmi harorat ko`tarilishi yoki pasayishida o`zgarishiga asoslangan. Suyuqlikli termometr shisha ballon, kapillar naycha va zahira rezervuaridan iborat. Termometrik moddaning ballon, qisman kapillar naychada va zaxira rezervuaridagi bo`sh qismi inert gaz bilan to`ldiriladi yoki vakuumda bo`lishi mumkin (harorat +100 °C dan past bo`lganida). To`ldirilgan kapillar yoki shkala bo`linmasining yuqori bo`linmasidan chiqib turgan kapillar naychani bir qismi termometrning o`ta qizib ketishidan va buzilib qolishidan himoya qiladi. Rezervuar va kapillarning bir qismi tushirilib, o`lchanayotgan muhitning harorati Selsiy gradusida darajalangan kapillardagi suyuqlik sathining holatiga ko`ra aniqlanadi.

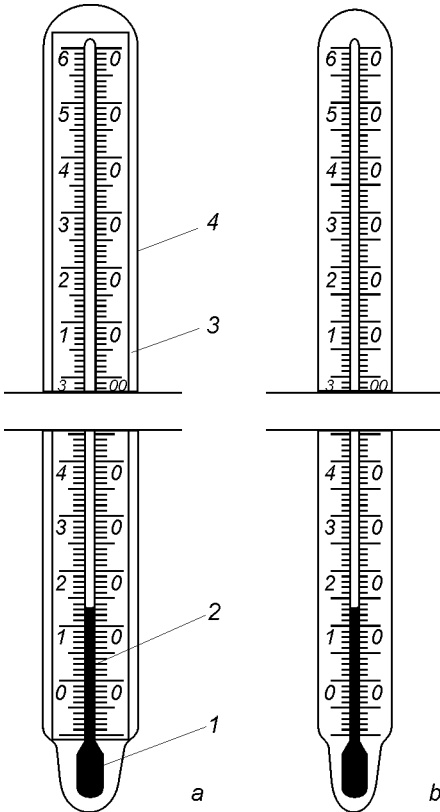
Konstruksiyasi jihatidan suyuqlikli termometrlar ikki turga, tayog`cha shaklidagi va shkalasi ichiga o`rnatilgan termometrlarga bo`linadi (3- rasm).

Shkalasi ichiga o`rnatilgan termometrlarda (3-a rasm) kapillar naychasi 2 ingichka bo`lib, rezervuari 1 kengaytirilgan. Shkala darajalari sut rang shisha plastinka 3 da joylashgan bo`lib, kapillar bilan birgalikda rezervuarga yopishgan qobiq 4 ichiga o`rnatilgan.

Tayog`cha shaklidagi termometr (3-b rasm) qalin devorli, tashqi diametri 6-8 mm ga teng qilib tayyorlangan kapillar naychadan iborat. Ularning shkalasi bevosita kapillarning sirtida darajalanadi.

Suyuqlikli termometrlar orasida eng ko`p tarqalgani simobli termometrlardir. Kimyoviy toza simob termometrik modda sifa-

3- rasm. Laboratoriya simobli termometrlari. a) shkalasi ichiga oʻmatilgan; b) tayyqchali.



tida qator afzalliklarga ega: haroratlarning keng oralig'ida suyuqlik bo'lsa-da, u shishani ho'llamaydi, toza holatda esa oson olinishi mumkin. Simobning kengayish koeffitsiyenti kichikligi termometriya nuqtai nazaridan uning kamchiligi hisoblanadi, bu esa termometrlarning kapillari ingichka qilib tayyorlanishini talab etadi. Simobli termometrlarning pastki o'lchash chegarasi $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$, ya'ni simobning qotish harorati bilan belgilanadi. Yuqori o'lchash chegarasi $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ esa shishaning mustahkamligi tavsiflari bilan belgilanadi. Normal sharoitda simobning qaynash harorati $356,58\text{ }^{\circ}\text{C}$ ni tashkil

etishini inobatga olsak, yuqori haroratlarni o'lchash uchun mo'ljallangan termometrlarda simobning va kapillar naychanning ustidagi bo'shliq joy odatda inert gaz bilan to'ldiriladi. Shkalasi $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ gacha bo'lgan termometrlar uchun gazning bosimi 20 barni ($20 \cdot 10^5\text{ N/m}^2$) tashkil etadi.

Simobdan tashqari, shishali termometrlarda termometrik modda sifatida boshqa suyuqliklar, jumladan, metil va etil spirti, kerosin, petroley efiri, pentan va shu kabi organik moddalar ham ishlatiladi.

Organik termometrik suyuqliklardan iborat shisha termometrlar asosan $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ gacha harorat intervalida ishlatiladi. Ammo bu suyuqliklar shishani ho'llaydi va shuning

uchun diametri nisbatan katta kanalli kapillarlarni ishlatishni talab qiladi.

Suyuqlikli shishali termometrlarning afzalliklariga o'lchashning yuqori aniqligi, soddaligi va arzonligi kiradi. Kamchiliklari shkalaning nisbatan yomon ko'rinishi, ko'rsatuvni amalda uzoq masofaga uzatib bo'lmasligi sababli ularning avtomatik qayd qilib bo'lmasligi hamda sinishi tufayli termometrlarni ta'mirlab bo'lmasligidir.

Hozirgi vaqtda shishali termometrlarning quyidagi turlaridan foydalaniladi.

1. Ichiga shkala joylashtirilgan texnik simobli termometrlarning (to'g'ri chiziqli va burchakli) 11 xili chiqariladi.

2. Tayoqcha ichiga shkala joylashtirilgan laboratoriya simobli termometrlari -30 dan $+ 600$ °C gacha haroratlarni o'lchashga mo'ljallangan, shkala bo'linmasining qiymati $0,1$ va 2 °C.

3. Suyuqlikli (simobli emas) termometrlar, tayoqchali, o'lchash chegaralari -200 dan $+ 200$ °C gacha bo'lgan holda chiqariladi. Shkala bo'linmasining qiymati $0,2$ dan 5 °C gacha bo'lgan xillari.

4. Simobli yuqori aniqlikli va namunali termometrlar, o'lchash ko'lemi tor (4 dan 50 °C gacha) va shkala bo'linmasining qiymati $0,01$ dan $0,1$ °C gacha bo'lgan turlari.

5. Simobli elektr kontaktli termometrlar -30 dan 300 °C gacha haroratni o'lchashga mo'ljallab chiqariladi.

6. Maxsus termometrlar: tibbiyot (maksimal), meteorologik (maksimal, minimal, psixometrik, tuproqqa oid va h.k.) va boshqa maqsadlarga mo'ljallangan turlari.

Texnik termometrlarning yo'l qo'yiladigan xatoliklari shkalaning bo'linmasidan ortmasligi lozim. Boshqa turdagi termometrlar uchun yo'l qo'yiladigan xatolik chegaralari texnik talablarga ko'ra belgilanadi, ular bitta bo'linma qiymatidan katta bo'lishi mumkin. Masalan, bo'linma qiymati $0,5$ °C ga teng laboratoriya termometrlari uchun yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi ± 1 °C ni tashkil qiladi, bo'linma qiymati $0,01$ °C ga teng namunali termometrlar uchun yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi $\pm 0,05$ °C ni tashkil qiladi.

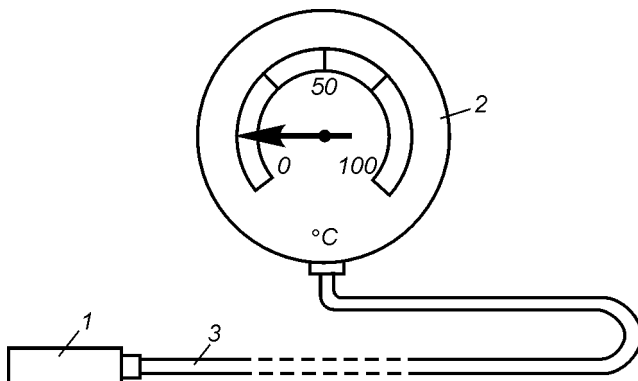
**Shishali termometrlar uchun termometrik
moddalar (suyuqliklar)**

2.2. MANOMETRIK TERMOMETRLAR

Manometrik termometrlarning ishlash prinsipi gemetik berkitilgan termosistemadagi bosim (p) ning haroratga bog'liqligiga asoslangan. Manometrik termometrning chizmasi 4- rasmda ko'rsatilgan.

Asbobning termosistemasi termoballon 1, kapillar naycha (3) va manometrik prujinadan iborat. Uning bir uchi kapillar bilan, boshqasi, ya'ni kavsharlangan uchi esa o'lchash asbobining (2) ko'rsatkichi bilan ulangan.

Manometrik termometrlar ishchi moddasiga ko'ra gazli, suyuqlikli va kondensatsion (bug'-suyuqlikli) termometrlarga bo'li-



4- rasm. Manometrik termometrning chizmasi.

nadi. Bu asboblarda suyuq va gazsimon muhitning -200° dan $+600^{\circ}$ gacha bo'lgan haroratini o'lchashga mo'ljallangan.

Ishlatish jarayonida termometr termoballoni o'lchanayotgan muhitga tushiriladi va termoballondagi ishchi moddasi o'lchanayotgan muhit haroratini qabul qiladi. Bunda termosistemada o'lchanayotgan muhit harorati bilan belgilanadigan bosim o'rnatiladi. Harorat ko'tarilishi bilan bosim ortadi, harorat pasayishi bilan kamayadi.

Ishchi moddasi bosimining o'zgarishi egiluvchan kapillar orqali manometrik termometrning bir qismini tashkil qiladigan o'lchash asbobiga uzatiladi. O'lchash asbobi prujinali manometrdir, u manometrik termometr termosistemasida o'rnatilgan bosimni o'lchash ko'lamiga hisoblangan bo'ladi.

Gazli manometrik termometrlar -200° dan $+600^{\circ}$ gacha haroratni o'lchash uchun mo'ljallangan. Gazli termometrlarda ishchi moddasi sifatida azot ishlatiladi.

Gaz bosimining bir xil (o'zgarmas) hajmda haroratga bog'liqligi quyidagi tenglamaga ko'ra aniqlanadi:

$$p_t = p_0 (1 + bt), \quad (20)$$

bunda p_t va p_0 – gazning t va 0° C haroratlarda bosimi;

b – gazning kengayish harorat koeffitsiyenti;

$b = 1/273,15$.

Gazli manometrik termometr shkalasining tenglamasi ham chiziqli bo'ladi:

$$p_0 - p_b = p_b [(b (t_0 - t_b) / (1 + bt_b))], \quad (21)$$

bunda p_b va p_0 - termometr shkalasining boshlang'ich t_b va oxirgi t_0 haroratlariga to'g'ri keladigan gaz bosimlari.

Gazli manometrik termometr termoballoning uzunligi 400 mm dan ortmasligi lozim, unining diametri esa 5, 8, 10, 12, 16, 20, 25 va 30 mm li qatordan tanlab olinadi. Kapillarning uzunligi 0,6 dan 60 m gacha bo'lishi mumkin. Harorat xatoligini kamaytirish uchun ayrim o'lchash asboblari ichiga termokompensatorlar o'rnatiladi.

Maxsus tayyorlangan gazli manometrik termometrlar 0 °C dan past haroratlarni ham o'lchash uchun qo'llanishi mumkin. Masalan, vodorod gazli termometr -250 °C gacha, geliyligi esa -267 °C gacha haroratlar uchun ishlatilishi mumkin.

Suyuqlikli manometrik termometrlar -150 °C dan + 300 °C gacha haroratni o'lchash uchun mo'ljallangan. Termosistemani to'ldiradigan ishchi moddasi sifatida simob, propil spirti, metaksilol va boshqa suyuqliklar ishlatiladi. O'lchash sistemasi termometrik modda bilan yuqori boshlang'ich bosimda (to'ldirish vaqtidagi haroratda) to'ldiriladi. Bu hol bo'lish ehtimoli mavjud qo'shimcha xatoliklarni suyuqlikning gidrostatik bosimi hisobidan kamaytirish uchun zarur.

Atrof-muhitning harorati o'zgarganida suyuqlikli termometrlarning manometrda va ayniqsa kapillarda, termometrik moddaning termik kengayishi hisobiga, qo'shimcha xatolik hosil bo'ladi. Harorat tufayli paydo bo'ladigan xatolikni kamaytirish uchun termoballondagi termometrik moddaning miqdorini uning kapillar va manometrda miqdoriga ko'ra nisbatan ko'p oshirishga harakat qilinadi. Boshqacha qilib aytganda, termoballonning ish hajmi ko'paytirilib, manometrning ish elementi va kapillarining ichki o'lchami kamaytiriladi.

Suyuqlikli manometrik termometrlarning shkalalari o'zgarmas bo'linmali bo'ladi, chunki o'zgarmas bosimda suyuqlik bosimining haroratga bog'liqligi chiziqlidir.

Kondensatsion manometrik termometrlar $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ gacha haroratni o'lchash uchun mo'ljallangan. Termoballoni hajmining taxminan $3/4$ qismi oson qaynaydigan suyuqlik bilan, qolgan qismi esa shu suyuqlikning to'yingan bug'i bilan to'ldirilgan. Termoballondagi suyuqlik miqdori shunday bo'lishi kerakki, bunda eng yuqori haroratda suyuqlikning hamma miqdori bug'ga aylanib ketmasligi lozim. Ishchi suyuqlik sifatida freon-22, propilen, metil xloridi, atseton, etilbenzoldan foydalaniladi. Kapillar va manometrik prujina odatda boshqa suyuqlik bilan to'ldiriladi (ko'p hollarda glitserin, spirt yoki suv aralashmasi ishlatiladi).

Kondensatsion manometrik termometrlarda quyidagi qo'shimcha xatoliklari bo'lishi mumkin.

1. Hidrostatikli (termoballon va manometrning har xil balandlikda joylashishi hisobiga).

2. Atmosferali (atmosfera bosimining o'zgarishi hisobiga, ayniqsa, shkalaning ko'tarilishi boshlanishida)

Kondensatsion termometrlarning shkalasi qaynash harorati va tegishli bosim orasidagi bog'lanish chiziqli emasligi tufayli tekis emas. Shkalaning ishchi qismi uning yuqori qismida joylashgan bo'ladi. Ulanuvchi kapillar uzunligi 60 m ga yetadi.

Maxsus tayyorlangan kondensatsion termometrlar o'ta past haroratlarni o'lchash uchun qo'llaniladi. Geliy bilan to'ldirilgan kondensatsion termometrlar, haroratlarni 0,8 K dan boshlab o'lchash uchun ishlatiladi.

Manometrik termometrlar tuzilishining soddaligi va avtomatik yozishi bilan ajralib turadi, muhim afzalliklaridan yana biri yong'in va portlash xavfi bor bo'lgan sharoitlarda foydalanish mumkinligidir. Uning kamchiliklari sistemaning germetikligi buzilganda tuzatish qiyinligi va ko'p hollarda termoballon o'lchamlarining kattaligidir.

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

2.3. TERMOELEKTRIK TERMOMETRLAR

Termoelektrik termometrlarning ishlatilishi termojuft termoelektr yurituvchi kuchining (TEYK ning) haroratga bog'liqligiga asoslangan.

Bu asbob texnikaning turli sohalari va ilmiy-tekshirish ishlarida $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $+2500\text{ }^{\circ}\text{C}$ gacha bo'lgan haroratlarni o'lchashda keng qo'llaniladi.

TEYK ikki xil metall simdan iborat zanjirda, ularning kavsharlangan joyida haroratlar farqi hisobiga hosil bo'ladi.

Bir xil uzunlikdagi ikki xil o'tkazgichdan tuzilgan zanjirdagi TEYK yig'indisi o'tkazgichlar kontaktli farqining yig'indisiga teng.

Har xil o'tkazgichlardan iborat zanjirlar 5- rasmda keltirilgan.

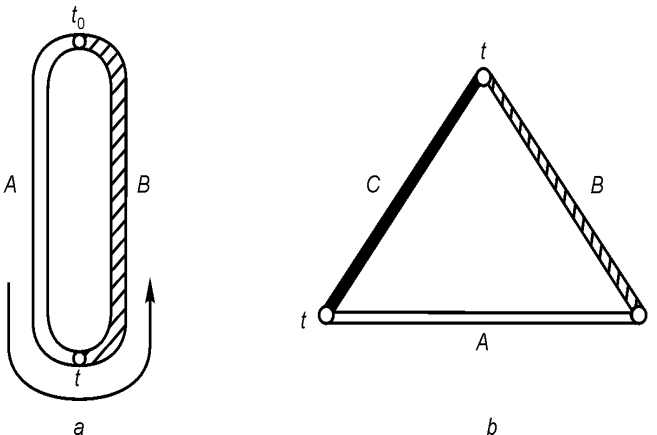
$$E_{AB}(t; t_0) = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0), \quad (22)$$

$$e_{BA}(t_1) = -e_{AB}(t_0)$$

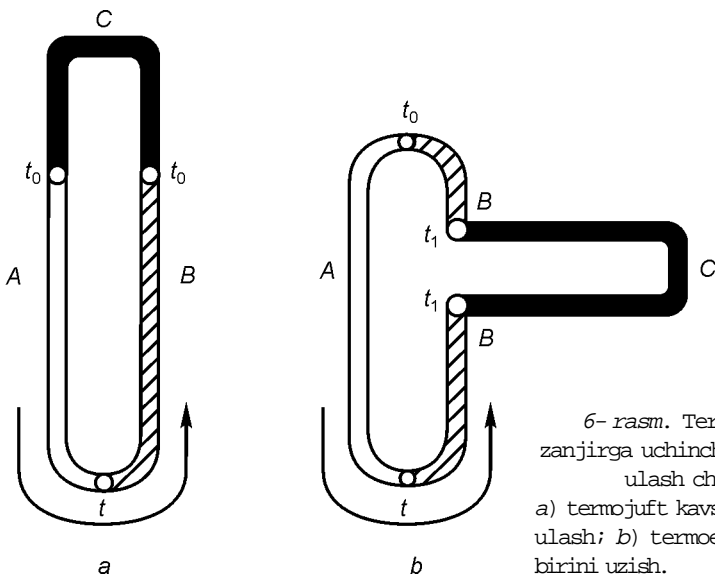
bo'lishini inobatga olsak, unda

$$E_{AB}(t; t_0) = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0), \quad (23)$$

bunda $e_{AB}(t)$ – harorati t bo'lgan A o'tkazgichdan B o'tkazgichga o'tadigan kontaktli potentsiallar farqi;



5- rasm. Termoelektrik zanjirlar. a) t va t_0 haroratlarda ikki o'tkazgich uchun; b) t haroratda uch o'tkazgich uchun.



6- rasm. Termoelektrik zanjirga uchinchi o'tkazgichni ulash chizmasi:

a) temojuft kavsharining uchiga ulash; b) termoelektrodlarning birini uzish.

$e_{BA}(t_0)$ – harorati t_0 bo'lgan B o'tkazgichdan A o'tkazgichga o'tadigan kontaktli potentsiallar farqi.

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

$$E_{AB}(t; t_0) = 0. \quad (24)$$

Agarda uch o'tkazgich A, B va C dan iborat o'lchash joyini bir xil haroratda zanjirni tuzsak, unda energiyani saqlanish qonunidan TEYKning yig'indisi hosil bo'lishini kutmasak ham bo'ladi. Bu holatda elektr energiya issiqlik energiyasidan hosil bo'ladi, issiqlik energiyasi esa bu holda faqat haroratlar farqidan hosil bo'lishi mumkin:

$$E_{ABC}(t_0) = e_{AB}(t_0) + e_{BC}(t_0) + e_{AC}(t_0) = 0, \quad (25)$$

$$e_{BC}(t_0) + e_{AC}(t_0) = -e_{AB}(t_0). \quad (26)$$

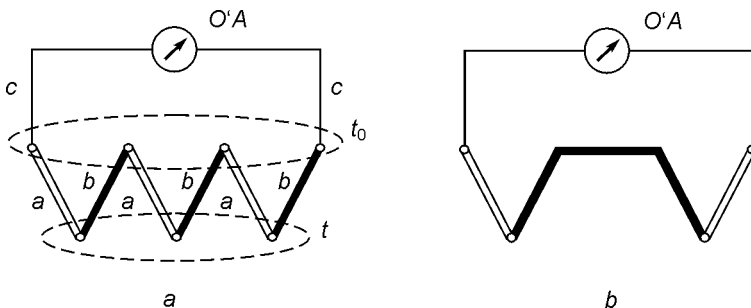
Ikki har xil o'tkazgichdan (termoelektrodlardan) tuzilgan termojuft zanjirida TEYKni o'lchash uchun o'lchash asbobi talab etiladi. Asbobning ulanishi uchinchi o'tkazgich A ning zanjirda paydo bo'lishini taqozo etadi. Uchinchi o'tkazgichni zanjirga ulash uchun ikki xil usuldan foydalaniladi: ulanmalardan biridagi zanjirga ulash (6- rasm, a) yoki termoelektrodlardan birini uzish (6- rasm, b).

Birinchi holatda asosan (ko'p qo'llaniladi) uchinchi o'tkazgichni ulash joyi harorati termoelektrodlar uchining haroratlariga teng, ikkinchisida esa t noma'lum qiymatga ega.

Issiqlik texnikasining ayrim masalalarini hal qilish uchun haroratni o'lchashda termoelektrik termometrlarni har xil ulash usullaridan foydalaniladi. Ulardan eng ko'p tarqalgan usullari bu termobatareya va differensial termojuftdir (7- rasm, a va b).

Termoelektrik termometrlarning o'zgartgich koeffitsiyentini ko'paytirish uchun bir nechta termojuftni ketma-ket ulanishidan (termobatareyadan) foydalaniladi. Bunda, termojuftlar bilan hosil qilinayotgan TEYK bir-biriga qo'shiladi, ya'ni n ta termojuftdan tashkil topgan termobatareyaning TEYKi alohida olingan termojuftning TEYKidan n marta ko'p bo'ladi.

7- rasmda termoelektrik termometrni o'lchash asbobiga ulash chizmasi ko'rsatilgan.



7- rasm. a) termobatareya; b) differensial termoelektrik termometr.

Termobatariyalı ulash usulidan kam farq qiluvchi ishchi harorati t ni va erkin uchlaridagi harorat t_0 ni o'lchashda foydalaniladi.

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

Ayrim hollarda ikkita nuqtadagi haroratlar farqini o'lchash zarurati bo'ladi. Bu holatda termojuftning ishchi kavshari nuqtalarning birida, bo'sh uchlari esa boshqa nuqtalarida joylashadi. Bunda termometrdan hosil qilinayotgan TEYK ishchi kavshari t_1 va bo'sh uchlari t_2 haroratlari bilan aniqlanadi:

$$E(t_1; t_2) = e(t_1) - e(t_2). \quad (27)$$

Agarda $t_1 - t_2$ haroratlar intervalida TEYKning haroratga bog'liqligi chiziqli bog'lanish bilan ifodalangan bo'lsa, unda (27) tenglama quyidagicha bo'ladi:

$$E(t_1; t_2) = k(t_1 - t_2). \quad (28)$$

Bunday to'g'ri chiziqli approksimatsiya har qanday termojuftning haroratlar farqi 20–25 °C dan oshmagan hol uchun to'g'ri keladi.

Termoelektrik materiallar va termoelektrik o'zgartgichlar. Turli ko'p sonli termoelektrik materiallar toza holatda va har xil kombinatsiyalarda mavjud bo'lib, ularni termoelektrodlar sifatida ishlatish mumkin. Ularning orasidan termoelektrod materiallarni ajratib olish uchun bitta materialga nisbatan normal elektrodni

va uning termoelektrik xossalari aniqlash zarur. Normal termoelektrod uchun material sifatida platina qabul qilingan, u kimyoviy inertligi, yaxshi o'rganilgan fizikaviy xossalari va yuqori erish harorati bilan ajralib turadi hamda platinani toza holda olish oson.

Barcha materiallar o'zining termoelektrik xossalariga ko'ra musbat va manfiyga bo'linadi.

Musbat deb shartli aytiladigan materiallarda platina bilan juftda issiq uchidan tok ($t > t_0$ haroratlarda) platinadan ushbu materialga oqadi. **Manfiylarda** esa tok teskari yo'nalishda oqadi.

Zamonaviy o'lchash texnikasi termoelektrik o'tkazgichlar tayyorlanadigan materiallarga ko'pdan-ko'p talablar qo'yadi, ammo bu talablarni juda kam turdagi materiallarga qanoatlantiradi. Asosiy talablar quyidagilardan iborat.

1. Materialning termoelektrik xossalari chegaralanmagan vaqt davomida o'zgarmasligi.

2. Hosil qilinayotgan TEYKning katta qiymatga ega bo'lishi.

3. Yuqori haroratlar ta'siriga chidamlilik (misol uchun, vismut TEYKni katta qiymatda hosil qiladi, ammo erish harorati +270 °C kichik bo'lgani tufayli, uni ishlatib bo'lmaydi).

4. Katta elektr o'tkazuvchanlik (bunga ko'ra kremniydan amalda foydalanib bo'lmaydi).

5. Bir xil tarkibli qotishmalarni qayta olish mumkinligi.

6. Texnologik ishlov berish osonligi.

7. Arzonligi.

Odatda, bir-biriga mos ikki materiallar tanlab olinadi va ular ma'lum termoelektrik xossalariga ega bo'lgan termojuftni hosil qiladi.

O'lchanayotgan muhitga tushirilgan termojuftning o'zaro bog'langan uchlari **ishchi uchlari** deb ataladi. Atrof-muhitda (atmosfera) ularga odatda o'lchash asbobidan simlar ulanadigan uchlari **bo'sh uchlari** deb aytiladi.

Standartlarga binoan quyidagi standart termoelektrik termometrlar qo'llaniladi, ularning tavsiflari 4- jadvalda keltirilgan.

Standart termoelektrik termometrlar

1	Termoelektrik termometr termojuftining turi	Darajalash belgisi, yangisi (eskisi)	O'lchash chegarasi, °C	Yuqori o'lchash chegarasi	
				Uzoq vaqt qo'llanishida	Qisqa vaqt qo'llanishida
1.	Mis-kopelli	—	-200	100	600
2.	Mis-mis-nikelli	T	-200	400	600
3.	Temir-mis-nikelli	L	-200	700	900
4.	Xromel-kopelli	(XA)	50	600	800
5.	Nikelxrom-mis-nikelli	E	-100	700	900
6.	Nikelxrom-nikel-aluminiyli (xromel alyumel)	K (XA)	-200	1600	1300
7.	Platinorodiy (10%) — platinali	B (i i)	0	1300	1600
8.	Platinorodiy (30%) — platinorodiy (6%)	Â (i Ğ) <small>Sh. Sh. Shoyunusov</small>	+ 300 3 3	1600	1800
9.	Volframreniy (5%) — volframreniyli (20%)	Â ð	0	2200	2500

Ishlatish qulay bo'lishi uchun termoelektrik termometrlar maxsus himoya g'ilofi bilan berkitiladi. Bunda quyidagi muammolar hal qilinadi: termoelektrodlarni o'lchanayotgan va atrof-muhitning zararli ta'siridan elektrik izolatsiyalash; termoelektrod va termoelektroddan chiqib turgan uchlarini ifloslanishdan va mexanik zararlanishdan himoya qilish; termoelektrik termometrlarga kerakli mexanik mustahkamlikni berish; texnologik qurilmaga o'rnatish va tutashtiruvchi simlarni ulash qulay bo'lishini ta'minlash.

Termoelektrik termometrni o'lchash asbobi bilan ulaydigan simlar shunday materiallardan tayyorlanadiki, ular o'zaro juft bo'lib, ulangan termoelektrik termometrlar EYKni hosil qiladi. Bunday talab taxminan 100 °C harorat bilan chegaralanadi, bundan yuqori haroratda termoelektrik termometr va ulanish simlarining tavsiflari bir-biridan farq qilishi mumkin. Bunday bo'lishiga yo'l qo'yiladi, chunki ulaydigan simlarning harorati, odatda, yuqori bo'lmaydi. Ko'rsatilgan talablar bajarilganda termokompensatsion simlar termoelektrik termometrni (termojuftni) ulaydigan simlar uzunligi qadar uzaytiradi, termojuftning bo'sh uchlari esa TEYKni o'lchashga mo'ljallangan asbobning klemmalarida bo'lib qoladi.

Uzaytiruvchi termoelektr simlar bir simli va ko'p simli bo'lib, izolatsiyali va tashqi qoplama yoki qobiqlik qilib ishlab chiqariladi, bu jihozlash va yotqizishda qulay. Izolatsiyalash uchun polivinilxlorid, polietilen, tereftalat va ftoroplast plyonkalaridan foydalaniladi. Izolatsiyadan tashqari, simlar ko'pincha polivinilxlorid qobiq yoki lavsan ip, shisha ip bilan chimbab o'raladi.

Agar tashqi elektromagnit maydondan va mexanik ta'sirdan saqlanish talab etilsa, unda mis, po'lat simli qoplama yoki ekranlar qo'llaniladi.

Har bir sim materiali izolatsiyaning o'z rangiga yoki simlarning o'ramasi va qoplamasi rangidagi simlarga ega bo'ladi.

2.4. ELEKTRIK QARSHILIK TERMOMETRLARI

Haroratni qarshilik termometrlari bilan o'lchash harorat o'zgarishi bilan elektr o'tkazgich hamda yarim o'tkazgichlar elektr qarshiligining o'zgarish xususiyatiga asoslanadi. Harorat o'zgarishi bilan elektr qarshiligining o'zgarishini tavsiflaydigan parametr **elektr qarshilikning harorat koeffitsiyenti** deyiladi.

Harorat koeffitsiyenti $^{\circ}\text{C}^{-1}$ va K^{-1} larda ifodalanadi. Ko'pgina sof metallar uchun harorat koeffitsiyenti $0,0035-0,0065 \text{ K}^{-1}$ chegaralarda bo'ladi. Yarim o'tkazgichli materiallar uchun harorat koeffitsiyenti manfiy va metallarnikidan bir tartibga ko'p ($0,01-0,15 \text{ K}^{-1}$).

Metall qarshilik termometrlarining sezgir elementi, odatda, shisha, kvarts, keramika, sluda yoki plastmassadan qilingan karkasga o'ralgan sim yoki tasmadan iborat. Zararlanishdan himoya qilish uchun karkas bilan sim himoya qobig'iga joylashtiriladi.

Texnik termometrlarni tayyorlash uchun ishlatiladigan materiallar termoelektrik termometrlar uchun ishlatiladigan materiallarga qo'yilgan talablariga javob berishi lozim. Birinchidan, bu darajalash tavsiflarining barqarorligi va, ikkinchidan, qayta ishlab chiqarish talabi. Agarda bu ikkita talabdan birortasi bajarilmasa, unda material texnik termometrlarni seriyada chiqarilishiga yaroqsiz bo'ladi. Qolgan barcha talablar, ya'ni yuqori sezgirliги, katta solishtirma qarshilik kabilar majburiy emas, balki istalgan bo'lishi mumkin. Hozirgi paytda qarshilik termometrlarni tayyorlash uchun mis, platina, nikel va temirdan, yarim o'tkazgich materiallar – germaniy hamda mis, marganes, kobalt, magniy oksidlari va boshqalardan foydalaniladi.

Mis arzon material bo'lib, yuqori tozalilikka ega (elektrolitikli). U ingichka sim shaklida, turli izolatsiyada olinishi mumkin. Misning qarshiligi amalda haroratga chiziqli bog'liq, ya'ni

$$R_t = R_0(1 + at), \quad (29)$$

bunda R_t va R_0 – termometrning t va $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ da qarshiligi;
 a – mis simning harorat koeffitsiyenti; $a = 4,28 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Mis oksidlanishi tufayli u 200 °C dan ortiq bo'lmagan haroratlarni o'lchashda qo'llaniladi. Misning kamchiligi uning solishtirma qarshiligining kichikligidir: $r=0,17 \cdot 10^{-7} \text{ W} \cdot \text{m}$. Solishtirma qarshilik termometrlarning hajmiga – gabaritiga (jismning eng katta tashqi o'lchamlariga) ta'sir etadi: solishtirma qarshilik qancha kichik bo'lsa, sim shuncha ko'p kerak bo'ladi (shunday qarshilikni o'rash uchun), shu bilan termometr gabariti ham shuncha katta bo'ladi.

O'zbekiston Davlat standarti talablariga ko'ra misdan tayyorlangan qarshilik termometrlari -200 dan +200 °C gacha haroratlarni uzoq vaqt davomida o'lchashda qo'llaniladi. Ular II va III klasslarda chiqariladi. Nominal qarshiliklar 0 °C da 10, 50 va 100 W ni tashkil etadi (ishlatishda $R_0=53 \text{ W}$ li termometrlardan foydalaniladi), ularga shartli belgilar qo'yilgan: 10 W, 50 W va 100 W.

Yo'l qo'yiladigan asosiy xatoligi quyidagi qatordan tanlanadi: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 20 °C.

Ikkinchi klass termometrlar uchun u 0,3 va 0,5 °C ni, uchinchi klass uchun 1 va 2 °C ni tashkil qiladi.

Platina – qimmatbaho material. Kimyoviy jihatdan inert va sof holda oson olinadi. Platina qarshilik termometrlarini tayyorlash uchun materiallarga qo'yiladigan majburiy talablarga to'liq javob beradi. Platinadan tayyorlangan qarshilik termometrlari -260 dan +1100 °C gacha haroratlarni o'lchash uchun qo'llaniladi.

Platina qarshiligining haroratga bog'liqligi murakkab bog'lanishdan iborat bo'lib, 0 dan +630 °C gacha harorat oralig'ida quyidagicha yozilishi mumkin:

$$R_t = R_0 (1 + A_{t_1} + B_{t_2}). \quad (30)$$

0 °C da platinali qarshilik termometrlari quyidagi qarshiliklarga ega bo'lishi mumkin: 1, 5, 10, 50, 100 va 500 W (amalda $R_0=46 \text{ W}$ li termometrlar ishlatiladi). Bu qarshilik termometrlari uchun o'zgartirishning nominal statistik tavsifiga quyidagi belgilashlar kiritilgan: 1İ, 5İ, 10İ, 50İ, 100İ va 500İ ($R_0=46 \text{ W}$ qarshilikli termometrlar $\text{Å}\text{ö}21$ deb belgilangan).

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

Qarshilik termometrlarini (termistorlarni) tayyorlash uchun yarim o'tkazgichlar (yoki ba'zi metallarning oksidlari) ham ishlatiladi. Yarim o'tkazgichlarning muhim afzalligi ularning harorat koeffitsiyenti kattaligidir. Termoqarshiliklar tayyorlashda titan, magniy, temir, marganes, kobalt, nikel, mis oksidlari yoki ba'zi metallarning (masalan, germaniy) kristallari turli xil aralashmada birgalikda qo'llaniladi.

Yarim o'tkazgichli termometr qarshiligi (termorezistor qarshiligi) bilan harorat orasidagi bog'lanish quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$R_t = R_0 \exp B(T_0 - T) / (T_0 \cdot T). \quad (31)$$

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

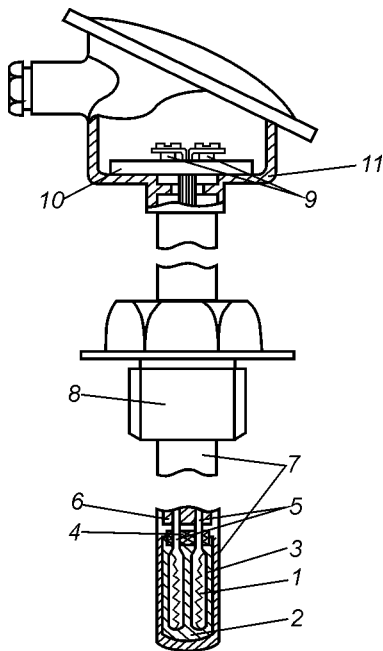
1,5 K va undan yuqori haroratlarni o'lchash uchun germaniyli termorezistorlar ayniqsa keng tarqalgan.

-100 dan +300 °C gacha haroratlarni o'lchash uchun oksidlanuvchi yarim o'tkazgich materiallardan foydalaniladi. Yarim o'tkazgichli termorezistorlarning o'zgartirish koeffitsiyentlari metall simdan qilingan sezgir elementli qarshilik termometrlarinikiga qaraganda bir necha marta ortiq. Ammo individual (yakka tartibda) darajalash zarurati haroratni o'lchashda yarim o'tkazgichli termorezistorlarni keng qo'llanish imkonini cheklab qo'yadi.

Yarim o'tkazgichli termorezistorlar ko'proq temosignalizatsiya va avtomatik himoya qurilmalarida qo'llaniladi.

Qarshilik termometrlarining tuzilishi. Bu termometrlar temo-element (sezgir element) va tashqi (himo)ya) qutidan tuzilgan.

Metall qarshilik termometrlarining sezgir elementi, odatda, shisha (kvars, keramika, sluda yoki plastmassadan qilingan) karkasga o'ralgan sim yoki tasmadan iborat.



8-rasm. Qarshilik termometrlarining tuzilishi.

Sezgir element termometr uchining qisqichlariga, o'lchash asbobiga boradigan simlarga ulangan.

Qarshilik termometrlarining tuzilishi 8-rasmda keltirilgan. Qarshilik termometrlarining sim 1 dan qilingan sezgir elementi to'rt kanalli keramik karkas 2 ga joylashtirilgan. Mexanik shikastlanishdan va o'lchanayotgan yoki atrof-muhitning zararli ta'siridan saqlash uchun sezgir element himoya qobig'i 3 ga joylashtirilgan. U keramik vtulka 4 bilan zichlashtirilgan. Sezgir elementning quloqchalari 5 izolatsion keramik quvur 6 orqali o'tadi. Shularning hammasi o'lchash obyektida rezbali shtutser 8 yordamida o'rnatilgan himoya g'ilofi 7 da joylashgan.

Himoya g'ilofining uchida termometrning ulaydigan uchi 9 joylashgan. Uchida termometr quloqchalarini mahkamlash va ulovchi simlarni ulash uchun vintlari 11 bo'lgan izolatsion kolodka joylashgan. Uchi qopqoq bilan yopiladi. Ulovchi simlar shtutser orqali chiqariladi.

Qarshilik termometrlarining tashqi ko'rinishi va o'lchami xuddi termoelektrik termometrlarnikidek. Barcha konstruksiyalarining sezgir elementi uzunligi odatda 90–100 mm teng.

Mis qarshilik termometrlarining sezgir elementi 0,1 mm diametrli, karkasga bir necha qavat o'ralgan, izolatsiya qilingan mis simdan tashkil topgan. Sim qavatlarini o'zaro va karkas loki bilan mahkamlanadi. Simning ikkala uchiga 1–1,5 mm diametrli mis quloqchalar kavsharlanadi. Sezgir elementni himoya qobig'iga, undan keyin tashqi himoya g'ilofiga joylashtiriladi, uning ishchi

qismidagi tashqi diametri 10, 14 yoki 21 mm ga teng, umumiy uzunligi 2000 mm gacha.

Atmosfera bosimida haroratni o'lchash uchun mo'ljallangan termometrlar maxsus perforatsiyalangan tashqi himoya g'ilofiga ega.

Mis termometrlar -50 dan $+180$ °C haroratni o'lchash uchun ikki xil darajalash bilan chiqariladi:

23 darajaligi -0 °C da $R_0=53$ W qarshilik bilan;

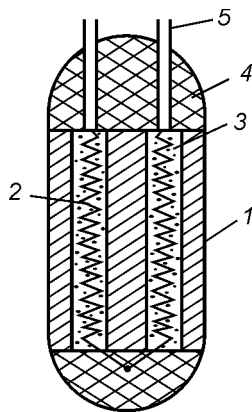
24 darajaligi -0 °C da $R_0 = 100$ W qarshilik bilan.

R_0 ning yo'l qo'yiladigan xatoliklari $\pm 1\%$ ni tashkil etadi. R_{100}/R_0 qarshiliklar nisbati II klass termometrlarda $1,426 \pm 0,001$ va III klass termometrlarda $1,426 \pm 0,02$ ga teng bo'ladi.

Platinali termometrlarning sezgir elementi ikkita yoki to'rtta keramik karkas 1 ning kapillar kanallarida joylashgan ketma-ket ulangan spirallar 2 dan tashkil topgan (9- rasm).

Karkas kanallari keramik kukun 3 bilan to'ldiriladi, bu kukun izolator bo'lib xizmat qiladi va spirallarning prujinaga o'xshash egiluvchanligini ta'minlaydi. Spiral uchlariga platinali yoki iridiy-radiyli (60% radiyli) simdan qilingan quloqchalar 4 kavsharlangan. Keramik karkasda sezgir element maxsus modda (yoki temosement) 5 bilan gemetik berkitiladi. Karkas kanalining spirallari va devorchalari orasidagi bo'shliq aluminiy oksidi kukuni bilan to'ldirilgan, u izolator bo'lib xizmat qiladi hamda spirallar va karkas orasida issiqlik kontaktini orttiradi. Platinali qarshilik termometrlarining sezgir elementlari diametri 0,04–0,07 mm li platina simdan tayyorlanadi. Ular -260 dan $+1000$ °C gacha harorat intervalida qo'llanilishi mumkin.

Platinali texnika qarshilik termometrlarining uch darajaligi ishlab chiqariladi. Ular 0 °C da R_0 qarshilik qiymatiga va qo'llash chegaralariga ko'ra quyidagicha farqlanadi:



9- rasm. Platinali qarshilik termometrlarining sezgir elementi.

20 darajaligi – R_0 , W qarshiligi – oʻlchash chegarasi 0 dan +650 °C;

21 darajaligi – R_0 , W qarshiligi – oʻlchash chegarasi 200 +500 °C;

22 darajaligi – R_0 , W qarshiligi – oʻlchash chegarasi 200–500 °C.

R_0 ning yoʻl qoʻyiladigan xatoliklari texnik termometrlarda I klassda $\pm 0,05\%$ va II klassda $\pm 0,1\%$.

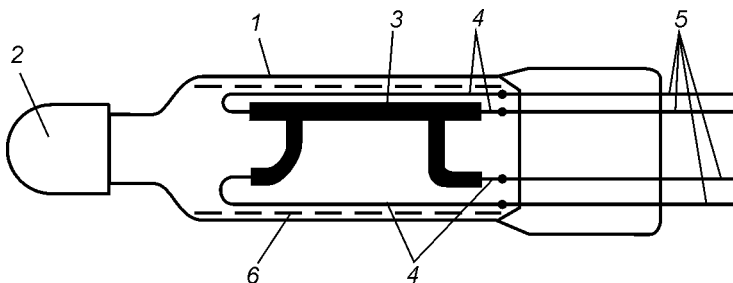
R_{100}/R_0 qarshilik nisbati I klass $1,391 \pm 0,0007$ va II klass termometrlarda $1,391 \pm 0,001$.

Texnik termometrlar odatda ikkita nuqtada: °C da muzli va 100 °C da bugʻli temostatda qiyoslanadi.

Seriyali ishlab chiqariladigan yarim oʻtkazgichli texnik termometrlar -90 ± 180 °C koʻlamida haroratlarni oʻlchash uchun moʻljallangan. Bunday termometrlar **temistrlar** yoki **termorezistorlar** deb aytiladi.

Termorezistorlarning sezgir elementi mis, marganes, magniy, nikel, kobalt va boshqa metallarning oksidlaridan tayyorlanadi. Ikki–uch oksidlar aralashmasi bogʻlovchi qoʻshimchalar bilan maydalanadi, toblanadi va kuydiriladi, ular silindrcha, shayba-cha va sharcha-munchoqli shakliga keltiriladi. Sezgir elementlari uchlariga kontaktlar kavsharlanadi.

Past haroratlarni oʻlchash uchun moʻljallangan germaniyli termometrlar mis gilza 1 dan (10- rasm) iborat boʻlib, gazsimon



10- rasm. Germaniyli yarim oʻtkazgichli qarshilik termometrining sezgir elementi.

geliy bilan to'ldirilgan va gemetik tiqin 2 bilan yopilgan. Gilza ichida surma bilan legirlangan germaniy 3 ning monokristali joylashgan. Kristall 4 ga oltin o'tkazgich 4 yopishtirilgan bo'lib, ularga platina quloqchalar 5 kavsharlangan. Kristall plyonka 6 bilan izolyatsiya qilingan. Bunday termometrlar 1,5 dan 50 K gacha haroratlarni o'lchashda qo'llaniladi.

Termorezistorning harorati ko'tarilganda uning R_T qarshiligi keskin kamayadi:

$$R_T = R \cdot e^{[B(293 - T)/(293 \cdot T)]}, \quad (32)$$

bunda R – qarshilikning 293 K dagi qiymati;

T – harorat, K;

B – yarim o'tkazgich materialining xususiyatlariga bog'liq doimiylik.

O'rtalashgan harorat ko'effitsiyenti (% grad⁻¹) haroratlar chegarasida, $0,5(R_2+R_1)$ o'rtacha qarshiligiga nisbatiga teng:

$$a_{o,rt} = [(R_2 - R_1) \cdot 2] / [(R_2 + R_1) \cdot \Delta T] \cdot 100. \quad (33)$$

B doimiylik (32) da hatto bitta rusumdagi termometrlarning sezgir elementlari uchun ham bir xil bo'lmaydi, shuning uchun har bir termorezistorni alohida darajalashga to'g'ri keladi.

Yuqori haroratlar (t_{yu})da uzoq vaqt davomida ishlatishda termorezistor qarshiligini o'zgarishi – ko'rsatishning barqarorligi kuzatiladi. To'g'ri tanlangan tayyorlash texnologiyasida barqarorlik mezoni 0,3 % dan ortmaydi.

Amaliyotda yarim o'tkazgichli qarshilik termometrlari haroratni o'lchash uchun deyarli qo'llanilmaydi.

Yarim o'tkazgichli termorezistorlar ko'proq temosignalizatsiya va avtomatik himoya qurilmalarida qo'llaniladi, bunda odatda informatsiya (axborot) manbai yuqori sezgir va ixcham bo'lishi lozim.

2.5. PIROMETRLAR

Yuqorida ko'rilgan, haroratni o'lchashga mo'ljallangan barcha termometrlar termometrning sezgir elementi bilan o'lchanayotgan

jism yoki muhit orasida bevosita kontakt bo'lishni taqozo etadi. Shuning uchun haroratni o'lchashning bunday usullari ba'zan **kontaktli usullar** deb nomlanadi. Bu usulni qo'llashning yuqori chegarasi 1800–2000 °C. Ammo sanoatda va tadqiqotlarda bundan yuqori haroratlarni ham o'lchashga to'g'ri keladi. Bundan tashqari, ko'pincha, o'lchanayotgan jism va muhit bilan termometrlarning bevosita kontakti mumkin bo'lmaydi. Bunday hollarda haroratni o'lchashning **kontaktsiz vositalari** qo'llaniladi.

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

Issiqlik nurlanishi nurlanayotgan jism ichki energiyasining elektromagnit to'lqinlari shaklida tarqalish jarayonidan iborat. Bu to'lqinlar boshqa jismlar tomonidan yutilganda ular qaytadan, yana issiqlik energiyasiga aylanadi. Jismlar uzunligi l ga teng bo'lgan elektromagnit to'lqinlarni 0 dan λ gacha bo'lgan oraliqda tarqatadi. Qattiq va suyuq jismlarning ko'pchiligi nurlanishning uzluksiz spektriga ega, ya'ni barcha uzunliklardagi to'lqinlarni spektrning ma'lum uchastkalaridagina tarqatadi. Masalan, to'lqin uzunligi $l = 0,4$ dan $l = 0,76$ mkm gacha bo'lgan uchastka ko'rinadigan spektrga mos keladi. Ko'rinadigan spektrning har bir to'lqin uzunligi ma'lum rangga mos keladi.

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

2.6. HARORAT O'LGHASH ASBOBLARINI QIYOSLASH

Suyuqlikli shishali kengayish termometrlarini qiyoslash. Suyuqlikli termometrning ko'rsatishini qiyoslash yuqori aniqlik klas-siga ega bo'lgan namunali asboblardan solishtirish yo'li orqali termostatda amalga oshiriladi.

Nol nuqtasi holatini tekshirilishi muzli termostatda shkalasi-da noli bor termometrlar uchun majburiy bajariladi. Odatda nol nuqtasi ikki marta qiyoslanadi: shkalaning qiyoslanishidan avval va uning eng yuqori ko'rsatkichi qiyoslanishidan so'ng. Nol nuq-tasi ko'rsatkichi temmik ta'sirdan so'ng holati o'zgarishi tufayli ikki holatda bir-biriga to'g'ri kelmasligi ham mumkin (shisha nol haroratga to'g'ri keladigan holatini tez o'lasligidan).

Zamonaviy termometrlarga tayyorlash vaqtida sun'iy ishlov be-riladi, bu esa temmik ta'sirdan so'ng holatining o'zgarishini, odat-da, termometrning eng yuqori mumkin bo'lgan xatolik qiymatini haroratga bog'liqligini kamaytirishga imkon beradi.

Suvning qaynash haroratida qiyoslash bug'li termostatda 0,+95 °C da olib boriladi. Haroratni o'lgash atmosfera bosimi qiymatiga ko'ra hamda termostatdagi ortiqcha bosimga tuzatma kiritish bilan olib boriladi.

-80 °C haroratgacha qiyoslashda spirt yoki boshqa muzlamay-digan suyuqlik bilan to'ldirilgan kriostatdan foydalaniladi. +1 dan +95 °C gacha intervalda suvli, +95 °C dan + 300 °C gacha intervalda moyli va +300 °C dan + 600 °C gacha intervaldagi haroratni qiyoslash tuz eritmali termostatda olib boriladi.

Xatoliklarga sabab bo'ladigan yuqoridagi omillardan eng ahamiyatligi nol nuqtasining o'zgarishi hamda termometrning o'lchanayotgan muhitga kirish chuqurligining har xilligidir.

Agar termometr uchi o'lchanayotgan muhitga tushirilganda da-rajalangan termometrning ishlatish shartiga ko'ra to'liq kiritilgan bo'lmasa, unda uning rezervuari va suyuqlik ustuni turli harorat-larda bo'ladi. Chiqib turgan ustunga tuzatma quyidagi ifodaga ko'ra kiritiladi:

$$Dt = nj(t_2 - t_1), \quad (34)$$

bunda n – chiqib turgan ustundagi darajalar (graduslar) soni;
 j – shishadagi suyuqlikning kengayish koeffitsiyenti;
 $j_{sim} = 0,00016 \text{ 1/}^\circ\text{C}$, $j_{sp} = 0,004 \text{ 1/}^\circ\text{C}$;
 t_2 – termometr ko'rsatayotgan harorat;
 t_1 – chiqib turgan ustunning o'rtacha harorati.

To'liq tushirilmasdan ishlashga mo'ljallangan termometrlarda agar atrof-muhitning harorati va chiqib turgan ustunning harorati uni darajalashdagi haroratdan farq qilsa, xuddi shunga o'xshash muntazam xatolik kelib chiqishi mumkin. Bu holatda tuzatma:

$$Dt = j(t_1 - t_2) \cdot n, \quad (35)$$

bunda t_1 – darajalashdagi chiqib turgan ustunning harorati, $^\circ\text{C}$;
 (taxminan $y + 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ni tashkil etadi);
 t_2 – chiqib turgan ustunning o'rtacha harorati, $^\circ\text{C}$.

Yuqorida keltirilgan (34) va (35) tuzatmalar organik termometrik suyuqlikli termometrlarda katta ahamiyatga ega, chunki ularning koeffitsiyenti simobli termometrlarga qaraganda taxminan bir pog'ona yuqori.

Manometrik termometrlar ham shunga o'xshash qiyoslanadi.

Standart termoelektrik termometrlarni qiyoslash. Standart termoelektrik termometrlarni qiyoslash tekshirilayotgan termometr termojufti bilan TEYK hosil qilinishi standart darajalarining Davlat standartlariga to'g'ri kelishini o'rnatishdan iborat. Agarda TEYKning standart qiymatlaridan og'ishi ruxsat etilgan xatoliklaridan oshmasa, unda bu termometrlar ishga yaroqli deb topiladi.

Termometrlarni ishlab chiqarishda TEYKning standart qiymatidan chetlanishi termoelektrik materiallarning (qotishmalarining) kimyoviy tarkibi to'g'ri kelmasligidandir, bu termoelektrod simlarining gomogen (bir xil) emasligi hamda har xil iflosliklar tufayli sodir bo'lishi mumkin.

Foydalanib kelinayotgan termometrlarning ko'rsatmasidan chetlanishi ularni uzoq vaqt davomida eng yuqori haroratda

ishlatish tufayli hamda boshqa sabablarga ko'ra kelib chiqishi mumkin.

Texnik termoelektrik termometrlarni qiyoslashda, odatda, ularning ko'rsatmalari namunali asboblarning ko'rsatmalari bilan solishtiriladi. Shu maqsadda, 300 °C gacha qiyoslashda tekshirilayotgan va namunali termometrlar suvli, moyli va tuz eritmali termostatga, undan yuqori haroratlarda esa gorizontaal elektr isitgich quvuriga solinadi. Termometrlarning sovuq kavshari tajriba qurilmalarida o'zgarmas harorat (muz) muhitiga joylashtiriladi.

Hosil bo'ladigan TEYKni o'lchash uchun 0,03 yoki undan yuqori aniqlik klassiga ega bo'lgan o'lchash qurilmalardan foydalaniladi.

Qiyoslash natijalariga ko'ra ularni darajalangan grafigi tuziladi (TEYKning haroratga bog'liqligini ilovadan qarang).

Yuqori aniqlikka ega termometrlarning qiyoslanishi qiyoslash usuliga ko'ra hamda doimiy reper nuqtalaridan foydalanilgan holda (sof metallarning qotish haroratiga ko'ra) olib boriladi.

Termoelektrik termometrlarni qiyoslanishi, qiyoslash tartibi, xatoliklarini hisoblash usullari va darajalangan tavsiflarni tuzish Davlat standartlar qo'mitasi ko'rsatmalariga binoan amalga oshiriladi.

Agarda ishlatish chog'ida termometrning tushirilgan darajasi uning pech yoki termostatga qiyoslanishda tushirilgan darajasiga teng bo'lmasa, unda qiyoslanish va ishlatish vaqtida olingan tavsiflarida farq bo'lishi mumkin. Farqning sababi termoelektrodlar nogomogen qismlarining uchi turli harorat gradiyent zonalarida joylanishida bo'lib, u katta termo-EYK xatoliklariga olib kelishi mumkin. Bu holatni termoelektrik termometrlarni faqat qiyoslashda emas, balki ularni ishlatish vaqtida ham inobatga olish kerak.

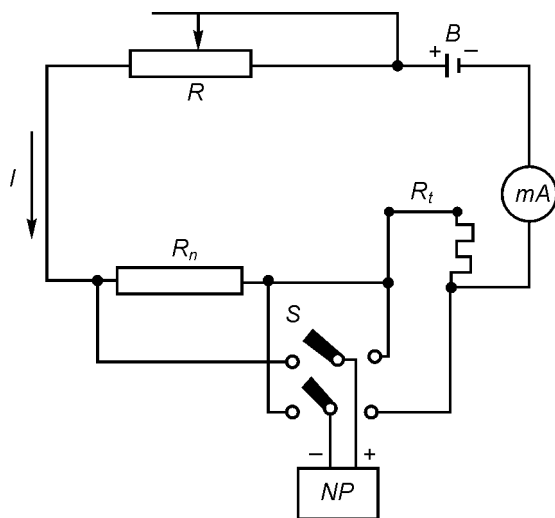
Namunaviy platina termoelektrik termometrlar doimiy nuqtalarga: muzning erish (0 °C), suvning qaynash (100 °C) va oltingugurtning qaynash (444,6 °C) haroratiga ko'ra darajalanadi.

Texnik qarshilik termometrlarining qiyoslanishi 0 °C haroratda eriyotgan muz termostatida va 100 °C da elektrisitgich bilan termostatda olib boriladi. 0 °C dagi termometrning qarshiligi 100 °C

da qiyoslanishdan so'ng aniqlanadi. Qiyoslanishdan avval sezgir elementi himoya g'ilofidan olinadi, shisha probirkaga solinadi va paxta bilan zich berkitiladi.

Eriyotgan muzli termostatda termometr har tomondan qalinligi 30 mm dan kam bo'lmagan muz qatlami bilan o'ralgan bo'lishi kerak. Eriyotgan muz va qaynayotgan suvga termometrning tushirilgan darajasi sezgir elementining uzunligidan 200 mm dan ortiq bo'lmasligi lozim. Qiyoslanishdan avval termometr termostatda 30 minutdan kam bo'lmasligi kerak.

Namuna va texnik termometrlarni qiyoslash jarayonida o'lchash odatda kompensatsion usul bilan potensiometr yordamida quyidagi sxema bo'yicha olib boriladi. Buning uchun qarshilik magaziniga doimiy tok B , manba zanjiriga ketma-ket namuna qarshilik g'altagi R_n va tekshirilayotgan termometr R_t ulanadi. O'lchanayotgan tok I ni doimiy kuchida, milliampmetrning nazoratida mA, namuna termometrlarda 2 dan, texnik termometrlarda 5 dan oshmaydi, namunali potensiometr (NP) yordamida, qayta ulagich (S) ni ulab, navbatma-navbat 5 martadan kam bo'lmagan U_n kuchlanishni namuna g'altakda va U_t ni R_t termometrda tushishini aniqlaydi, ya'ni



$$U_n = IR_n, U_t = IR_t. \quad (36)$$

Birinchi tenglamani ikkinchisiga bo'lib, termometr qarshiligini aniqlaydigan ifodani olamiz:

$$R_t = R_n (U_t / U_n). \quad (37)$$

Termometr qarshiligini potensiometr bilan aniqlash, uning yuqori aniqligi va o'lchashning soddaligi tufayli, laboratoriya tajribalarida keng qo'llaniladi. Bu o'lchash usuli ulash simlari qarshiligining o'zgarishiga tuzatma kiritish zaruratini bartaraf etadi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Siz shishali kengayish termometrlari haqida nima bilasiz?
2. Shishali kengayish termometrlarining qanday turlari bor?
3. Shishali kengayish termometrlarining afzalliklari va kamchiliklari nimadan iborat?
4. Shishali kengayish termometrlarida ishchi suyuqlik sifatida qanday termometrik moddalar qo'llaniladi?
5. Manometrik termometrlarning qanday turlarini bilasiz?
6. Manometrik termometrlar qanday prinsipda ishlaydi?
7. Manometrik termometrlar qayerda qo'llaniladi?
8. Manometrik termometrda foydalanishda qanday xatoliklar kelib chiqadi?
9. Suyuqlikli shishali termometrlar va manometrik termometrlarning qiyoslanishi qanday qilib o'tkaziladi?
10. Termoelektrik termometrlar qanday prinsipda ishlaydi?
11. O'lchash asbobiga termoelektrik termometrlar qanday qilib ulanadi?
12. Termoelektrik termometrlarni tayyorlashda ishlatiladigan materiallarga qanday talablar qo'yiladi?
13. Ulanuvchi uzaytiriladigan simlarga qanday talablar qo'yiladi?
14. Termoelektrik termometrlarning qiyoslanishi qanday o'tkaziladi?
15. Elektrik qarshilik termometrlari qanday prinsipda ishlaydi?
16. Elektrik qarshilik termometrlarining qanday turlarini bilasiz?
17. Elektrik qarshilik termometrlarini tayyorlashda ishlatiladigan materiallarga qanday talablar qo'yiladi?
18. Qarshilik termometrlari qanday tuzilgan?
19. Platinali qarshilik termometrlarining platinasiga qanday talablar qo'yiladi?
20. Pirometrlar haqida nima bilasiz?

3-bob

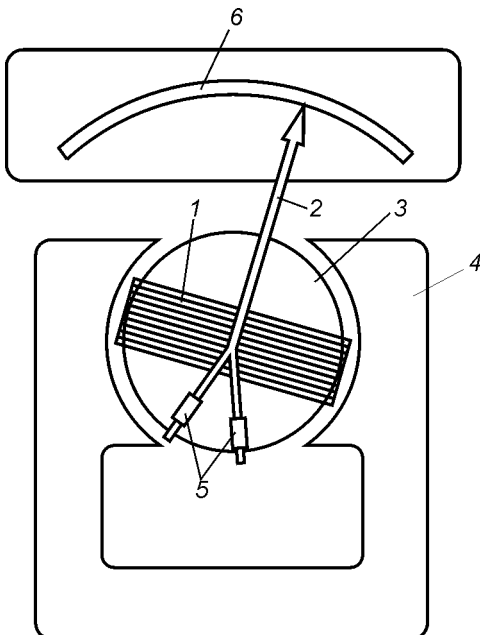
IKKILAMCHI KO'RSATUV ASBOBLARI

3.1. MILLIVOLTMETR VA POTENSIOMETRLAR

TEYKni o'lchash uchun **millivoltmetrdan** foydalaniladi. Termometrning TEYK ini millivoltmetr yordamida o'lchanganda shuni nazarda tutish kerakki, millivoltmetr amalda termometrning TEYKini emas, balki asbobning ramkasidan oqib o'tayotgan tokni o'lchaydi.

Shuning uchun, termoelektrik termometr – millivoltmetrdan iborat zanjirdagi barcha qarshilik bir xil bo'lishi shart. Bunda ko'rsatkichning to'g'riligi talabini inobatga olish uchun zanjirning hamma qismida qarshilik bir xil bo'lishidan tashqari, u darajalangan qiymatga teng bo'lishi ham zarur. 11-rasmda magnitoelektrik millivoltmetrning chizmasi keltirilgan.

Millivoltmetr doimiy magnet 4, o'zak 3 va qo'zg'aluvchan ramka 1 dan iborat.



Ramka o'zakni qamrab oladi va magnetning qutb uchlari va o'zak orasidagi havo oralig'ida aylanadi. Ramka yuz o'ramli ingichka izolatsiyalangan mis (yoki aluminiy) simdan tayyorlangan, maxsus lok bilan birlashtirilgan va mustahkam to'g'ri to'rtburchak shakliga ega. Ramka strelka 2 ga ulangan, uning uchi shkala 6 bo'ylab siljiydi. Asbobning qo'zg'aluvchan

11-rasm. Magnitoelektrik millivoltmetrning chizmasi.

sistemasi (ramka, strelka va boshqalar) muvozanat holatida saqlanishi uchun posangi 5 bilan ta'minlanadi (11- rasm).

Asbob qo'zg'aluvchan sistemasining burilish burchagi j ramkadan o'tayotgan tok kuchidan tashqari, yana termojuft, ulaydigan simlar va millivoltmetrning ichki qarshiligiga ham bog'liq:

$$j = KI = KE(t, t_0) / (R_{mv} + R_t + R_c), \quad (38)$$

bunda E_t – TEYK;

R_t – termojuftning qarshiligi;

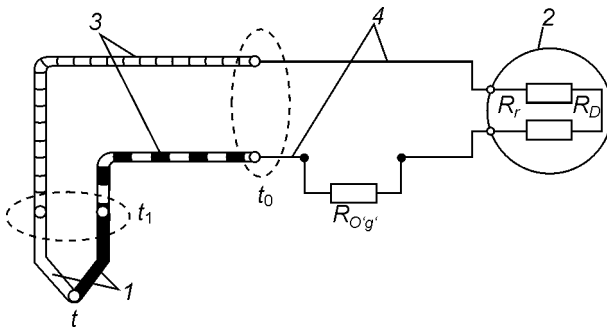
R_c – ulaydigan simlar qarshiligi;

R_v – millivoltmetrning ichki qarshiligi.

(38) ifodadan asbob strelkasining chetga chiqishi TEYKning o'zgarish qiymatida zanjimning turli qarshiliklariga bog'liq ekanligi ko'rinib turibdi. Shuning uchun asbobning darajalanishi zanjir tashqi qismining muayyan qarshiligida ($R_{tash} = R_t + R_c$) bajariladi va qo'shimcha xatoliklarga yo'l qo'ymaslik uchun pirometrik millivoltmetrni yig'ish jarayonida shu qarshilik aniq saqlanishi shart.

Odatda, tashqi qarshilikni millivoltmetr shkalasida ko'rsatilgan qarshilikka tenglashtirish uchun o'zgaruvchi qarshilikdan foydalaniladi.

12- rasmda termoelektrik termometrni millivoltmetrga ulash chizmasi berilgan.



12- rasm. Termoelektrik termometrni millivoltmetrga ulash chizmasi.

Chizmada termoelektrik termometr 1 millivoltmetr 2 ga uzaytirilgan termoelektrodli 3 va ulanuvchi 4 simlari bilan ulanadi. Tashqi zanjirining qarshiligini darajalash qiymatiga keltirish uchun R qarshilikni ta'minlaydigan g'altak $R_{o'q}$ qo'llaniladi.

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

Qarshilikning har bir o'zgarishi o'lchashda sodir bo'ladigan xatolikka olib keladi. Noqulay sharoitda bu xatolik asosiy xatolik miqdoridan (aniqlik klassidan) ortib ketishi ham mumkin.

Millivoltmetr ko'rsatishi darajalash qiymatiga nisbatan o'zgarishini termometr – millivoltmetr zanjiri qarshiligining o'zgarishiga bog'liqligini aniqlash mumkin. Misol uchun, darajalashda butun zanjirning qarshiligi R_{dar} qiymatga ega edi, keyin ishlatish sharoitida R_{eksp} ga teng bo'lib qoldi. (38) tenglamaga ko'ra darajalash sharoitida millivoltmetrning ko'rsatishi quyidagicha aniqlanadi:

$$E_{dar} = K \cdot E(t, t_0) / R_{dar}. \quad (39)$$

Ishlatish jarayonida esa quyidagi ifodaga ko'ra topiladi:

$$j_{eksp} = K \cdot E(t, t_0) / R_{eksp}, \quad (40)$$

bundan millivoltmetrning haqiqiy ko'rsatishi:

$$j_{dar} = j_{eksp} \cdot R_{eksp} / R_{dar}. \quad (41)$$

O'lchanadigan zanjirning darajalash qiymatidan og'ishidan kelib chiqadigan nisbiy o'zgarish o'lchanayotgan termometr – millivoltmetr sistemasini ko'rsatishida quyidagini tashkil qiladi:

$$S_j = (j_{eksp} - j_{dar}) / j_{dar} = (R_{dar} - R_{eksp}) / R_{eksp}. \quad (42)$$

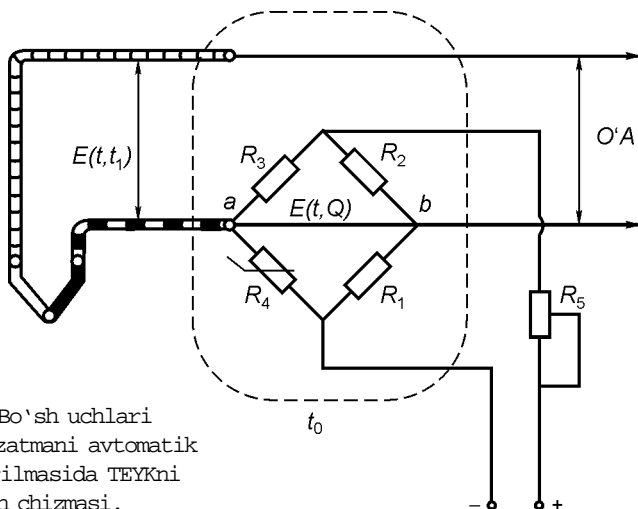
Shuni inobatga olish kerakki, (41) va (42) tenglamalar ko'rsatuv o'zgarishini millivoltmetrda ifodalaydi. Bu o'zgarishlarni haroratga o'tkazish uchun TEYKning haroratga bog'liqligi chiziqli emasligini inobatga olish zarur.

Texnik millivoltmetrlarda ramka qarshiligining millivoltmetr umumiy qarshiligiga nisbati 1:3 dan ortiq emas. Millivoltmetrning umumiy qarshiligi orttirib borilsa, uning harorat koeffitsiyenti kamayib boradi. Shu bilan atrof-muhit harorati tebranishidan kelib chiqadigan xatolik ham kamayadi. Agar termojuft bo'sh uchlari harorati o'lchash jarayonida keng chegaralarda o'zgarsa, unda ko'prik chizmasidan foydalangan holda, sovuq ulanmalar haroratini kompensatsiyalash usuli qo'llaniladi.

13- rasmda bo'sh uchlari haroratiga tuzatmani avtomatik kiritish qurilmasining chizmasi keltirilgan. Bu qurilma (13- rasm) tok bilan ta'minlangan ko'prik chizmasidan iborat. Ko'prikning uchta qarshiligi R_1 , R_2 , R_3 manganindan, R_4 esa misdan tayyorlangan, u o'zgarish qarshiligini harorat o'zgarishiga o'zgartiradi. Harorat 0°C dan farqlansa, unda a va b uchlar orasida potentsiallar farqlari paydo bo'ladi. Bunda quyidagi shart bajarilishi lozim:

$$U_{ba} = E(t_0, 0). \quad (43)$$

R_5 rezistordan U_{ab} signalni to'g'rilash hamda uning ortiqcha o'zgarishida, masalan, termometrning bitta darajalanishidan ikkinchisiga o'tishda foydalanish mumkin.



13- rasm. Bo'sh uchlari haroratiga tuzatmani avtomatik kiritish qurilmasida TEYKni o'lchash chizmasi.

Shunday qilib, U_{ab} potentsiallar farqi haroratdan, xuddi termometrning TEYK o'zgarishidek, o'zgaradi. U_{ab} kuchlanish bo'sh uchlari harorati $E(t_0, 0)$ qo'shimcha qiymatiga teng. Termoelektrik termometrlarning bo'sh uchlari bu qurilmalarning qisqichlarida joylashgan, ya'ni termometr bo'sh uchlarning harorati va qurilma harorati 0 teng, bu esa U_{ab} ni ushbu tuzatmaga to'g'ri kelishini ta'minlaydi, shu sababli bu tuzatmani ushbu haroratda bo'sh uchlariga kiritish lozim.

Tuzatma avtomatik qurilmaga termoelektrik termometr bilan ketma-ket kiritiladi, bunda tuzatma $U_{ab} = E(t_0, 0)$ termoelektrik termometrning TEYK bilan qo'shiladi. Shunday qilib, o'lchash asbobiga kirishida u $U_{ab} = E(t_0, 0)$ ga teng bo'lishi lozim.

Sanoatda va laboratoriyalarda qo'llaniladigan millivoltmetrlar **ko'rsatuvchi, o'zi yozuvchi va boshqariladigan** bo'lishi mumkin. Konstruksiyasining bajarilishi nuqtai nazaridan asboblarda **shchitda o'rnatiladigan va ko'chma** bo'ladi. Ko'chma asboblarda uchun 0,2, 0,5 va 1,0, shchitda o'rnatiladiganlari uchun 0,5; 1,0 va 1,5 aniqlik klasslari belgilangan.

Millivoltmetr shkalasida u bilan komplektda ishlaydigan termojuft yoki to'la nurlanishli pirometrning darajalanishi ko'rsatiladi.

Potensiometrilar. Potensiometrlik o'lchash usuli o'lchanayotgan termojuft TEYKni potentsiallar ayirmasi bilan muvozanatlashtirishga asoslangan. Bu potentsiallar ayirmasi kalibrlangan qarshilikda yordamchi tok manbalaridan hosil bo'ladi. Potentsiallar ayirmasi termojuft TEYKning teskari ishorali qiymatiga teng.

Asboblarga o'lchash aniqligi nuqtayi nazaridan qo'yiladigan talablar sababli hozir haroratni termojuft bilan o'lchashda millivoltmetrlardan foydalanishdagi kamchiliklardan xoli bo'lgan **kompensatsion** yoki **potensiometrlik** usul laboratoriya va texnik o'lchashlarda tobora keng qo'llanilmoqda.

Potensiometrlik o'lchash usuli millivoltmetr yordamida olib boriladigan o'lchashdan ancha afzaldir: potensiometrning ko'rsatishi tashqi zanjir qarshiligining o'zgarishiga, asbob haroratiga

bog'liq emas. Potensiometrda termojuft erkin uchlari haroratining o'zgarishiga avtomatik ravishda tuzatma kiritiladi, shuning uchun o'lchash aniqligi yuqori bo'ladi.

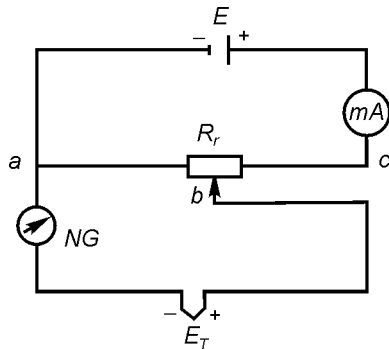
Harorat yoki TEYKni o'lchash uchun qo'llaniladigan, qo'l bilan muvozanatlashtiriladigan potensiometrning prinsipial chizmasi 14-rasmda ko'rsatilgan.

Tok yordamchi E manbadan zanjirga o'tadi. Bu zanjirning b va c nuqtalari o'rtasida R_p o'zgaruvchan qarshilik – reoxord ulangan. Reoxord L uzunlikdagi kalibrlangan simdan iborat. b nuqta va c oralig'ida reoxordning sirpanuvchi kontaktli sirpang'ichi joylashgan. Har qanday ikki nuqta o'rtasidagi potentsiallar ayirmasi qarshilikka to'g'ri proporsional bo'ladi. Ketma-ket ulangan termojuft bilan qayta ulagich orqali sezgir millivoltmetrga nol galvanometr NG ulanadi, termojuft zanjirida tok borligi shu indikator orqali aniqlanadi. Temojuft uning toki tarmoqda yordamchi manba toki bilan bir yo'nalishda yuradigan qilib ulanadi. TEYKni o'lchash uchun reoxord sirpang'ichi nol galvanometr strelkasi nolni ko'rsatguncha suradi. Ayni paytda qarshilikdagi kuchlanishning kamayishi o'lchanayotgan TEYKga teng bo'ladi. Quyidagi tenglama bu holatni tavsiflaydi:

$$U_{ab} = I \cdot R_{ab}. \quad (44)$$

I_{tok} qiymati milliampmetr ko'rsatkichi bilan aniqlanadi.

Shunday qilib, $E(t, t_0)$ termojuftning TEYK reoxord qarshiligi R_{re} tamog'idagi kuchlanish tushuvi miqdori bilan aniqlanib, qolgan qarshiliklarga bog'liq emas. R_{re} reoxord shkala bilan ta'minlanishi va shkala bo'linmalari millivolt yoki harorat graduslariga teng bo'lishi mumkin. TEYKni o'lchash aniqligi reoxord zanjiridagi I tok kuchining o'zgarishiga bog'liq. Tok kompensatsion



14- rasm. Muvozanatlashgan TEYUKni o'lchash chizmasi.

usul bilan beriladi va nazorat qilinadi. Buning uchun potensio-
metr chizmasiga normal elementli qo'shimcha kontur kiritiladi.

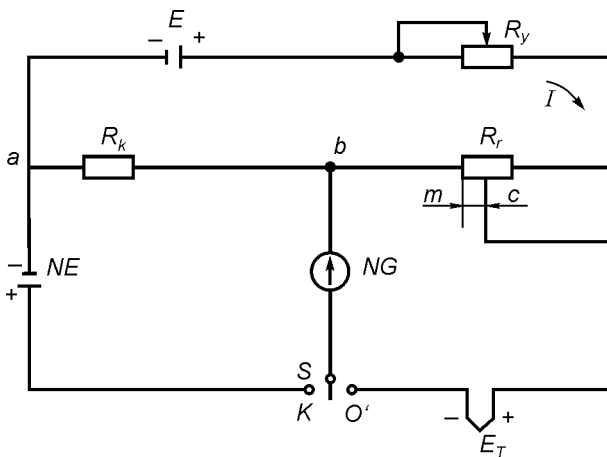
15-rasmda o'zgarmas ishchi tokli potensiometrning chizmasi
keltirilgan.

Odatda, normal element (NE) vazifasini simob-kadmiyli gal-
vanik Weston elementi bajaradi. Bu elementning elektr yurituvchi
kuchi $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ da $1,0186\text{ B}$ ga teng. NE qayta ulagich S orqali
qarshilik R_{ne} uchlariga ulanadi va uning EYK yordamchi tok
manbayi E ning EYK tomon yo'nalgan bo'ladi. Qarshilik R_r
yordamida muvozanatlangan zanjirdagi tok kuchini rostdlash bilan
NGning strelkasi nolni ko'rsatishiga erishiladi.

Bunday holda muvozanatlangan zanjirdagi tok kuchi quyida-
gicha ifodalanadi:

$$I = E_{ne} / R_{ne} = 1,0186 / 509,3 = 0,002000\text{ A} = 2\text{ mA}. \quad (45)$$

Termojuftning TEYKni o'lchashda S qayta ulagich K vaziyat-
dan O' vaziyatga o'tkaziladi. Reoxord R_r ning C sirpang'ichini
siljitib, b va c nuqtalar orasidagi potensiallar ayimasini temo-
juft E gacha tenglashtiriladi. Shu paytda temojuft zanjiridagi tok
kuchi 0 ga teng, shuning uchun



15-rasm. O'zgarmas ishchi tokli potensiometrning chizmasi.

$$U_{bc} = I_m \cdot R_r, \quad (46)$$

bunda m – sirpang'ich C dan chap joylashgan reoxord qarshiligi qismi yoki

$$U_{bc} = (E_{ne} R_K) m R_r. \quad (47)$$

Agarda R_r , R_K va E_{ne} bir xil bo'lib tursa, unda reoxordning sirpang'ichi holatini o'zgarmas tokda kuchlanish birligida (V) darajalash mumkin bo'ladi.

Potensiomترلar 4 xil gabaritda ishlab chiqariladi: to'la gabaritli ($\hat{E}\tilde{N}\tilde{I}4$), kichik gabaritli ($\hat{E}\tilde{N}\tilde{I}\check{C}$ va $\hat{E}\tilde{N}\tilde{I}2$), juda kichik gabaritli ko'rsatuvchi $\hat{E}\tilde{I}\tilde{I}1$, aylanma shkalali ko'rsatuvchi $\hat{E}\hat{A}\tilde{I}1$ va ko'rsatuvchi, o'zi yozar $\hat{E}\tilde{N}\tilde{I}1$. Asbobning o'rtacha ta'mirlashgacha bo'lgan xizmat qilish vaqti 10 yildan kam emas. Asbob ichiga signal beruvchi va boshqaruvchi qurilmalar joylashtirilishi mumkin.

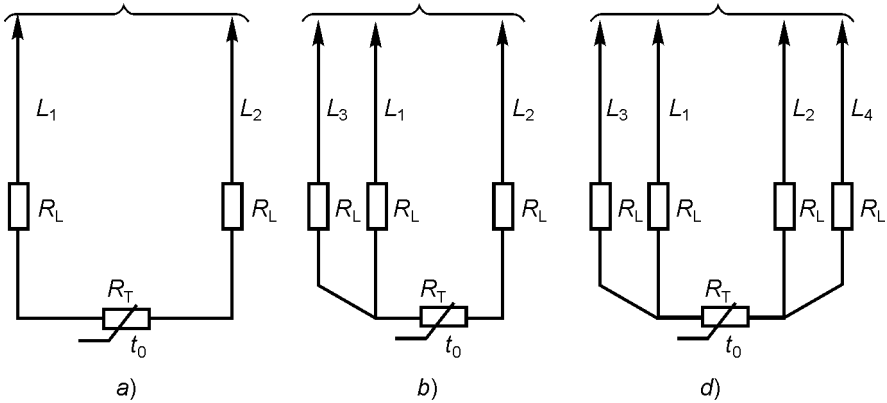
Termojuftning TEYKni aniq o'lchashda magnitoelektr millivoltmetrdan, avtomatik potensiomترلarni tekshirish uchun o'zgar-mas tokda ishlaydigan laboratoriya potensiomترلaridan foydalaniladi: ko'chma $\tilde{I}\tilde{I}-63$ va $\tilde{I}\tilde{I}-70$, namunaviy $\text{D} 332$, P371, ularning aniqlik klassi 0,002 va 0,005 ni tashkil etadi.

3.2. TERMOMETRLARNING QARSHILIKLARINI O'LCHASH VA ULARNI ULASH USULLARI

Qarshilik termometrlari bilan haroratni o'lchashda ulash simlari yordamida o'lchash asbobiga ulanadigan termometrning qarshiligini o'lchash zarurati tug'iladi. Odatda, o'lchash asbobiga ulangan qarshilik termometr qarshiligidan katta bo'ladi.

Mazkur qo'shimcha qarshilikning ulash natijasiga ta'sirini kamaytirish yoki yo'qotish uchun turli usullardan foydalaniladi. Bu termometrni ulash chizmasiga va o'lchash usuliga yoki o'lchash asbobining chizmasiga bog'liq. Ulovchi simlar qarshiligi moslovchi qarshilik yordamida asbobni darajalashdagi qarshilik qiymatigacha moslanishi lozim.

O'lchash asbobiga

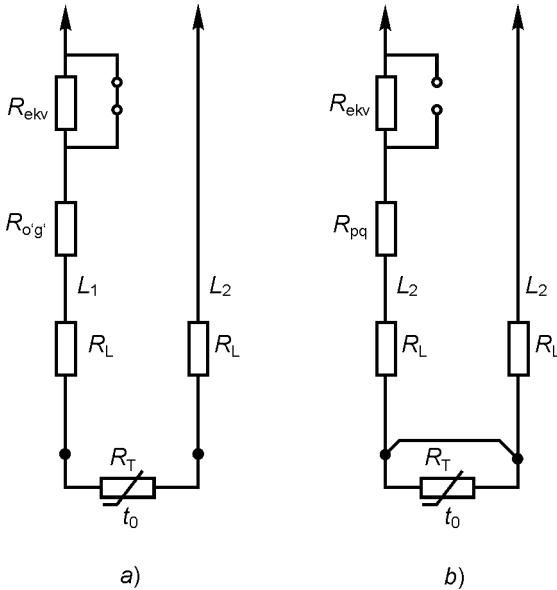


16- rasm. Qarshilik termometrini ulash chizmasi.

Qarshilik termometrini o'lchash asbobiga ulashning ikki, uch va to'rt simli chizmalari uchraydi (16- rasm).

Ulashning ikki simli chizmasida qarshilik termometri va ulaydigan simlar qarshiligi o'lchash chizmasining shoxobchalaridan biriga ketma-ket ulangan bo'ladi (16 a- rasm). Ulaydigan simlar qarshiligini ularning darajalash qiymatlarigacha moslash ko'proq quyidagicha amalga oshiriladi. Chizma yig'ilgandan va ulash simlari o'tkazilgandan keyin termometr va ulash simlari bilan birga ketma-ket tarzda moslovchi g'altak (17 a- rasm) va ekvivalent qarshilik R_{ekv} ulanadi. Ekvivalent qarshilik qiymati termometrning aniq haroratigacha, masalan, 50, 100 yoki 200 °C haroratlardagi qarshiligiga mos keladi. Termometr qisqichlari qisqa tutashtiriladi va o'lchash chizmasi real shoxobchasi: ulash simlari qarshiligi R_1 , ekvivalent qarshilik R_{ekv} va moslovchi qarshilik $R_{o'g'}$ dan (17 b- rasm) iborat bo'lib qoladi. So'ngra o'lchash chizmasi ulanadi va $R_{o'g'}$ ni ekvivalent qarshilik hisoblangan haroratga mos shkala belgisigacha o'zgartirib boriladi. Shundan so'ng, ekvivalent qarshilik yo uzib qo'yiladi, yoki qisqa tutashtiriladi, termometr qisqichlarini qisqa tutashtirib turgan sim esa olinadi. Termometrning ulash simlari qarshiligi uning hisobiy (darajalangan) qiymatigacha shunday moslashtiriladi.

O'lchash asbobiga



$$R_L^{gr} = (R_L^{ekv} - R_L^{gr}) / S$$

17- rasm. Qarshilik termometrlarini ulash chizmalari.

Ammo, agar ishlatish jarayonida ulash simlari haroratlari (odatda, mis simlar) darajalashdagi haroratdan farq qilsa, unda shu simlarning o'zi darajalangan qiymatdan farq qiladi. Noto'g'ri moslashtirish yoki harorat bilan qarshilikni o'zgartirish xatoligi termometrni ulashning ikki simli chizmasi uchun o'lchash asbobining o'lchash ko'lamidan qat'iy nazar, quyidagi ifoda bo'yicha topiladi:

$$, \quad (48)$$

bunda Dt – o'lchash xatoligi, °C;

R_L^{ekv} – ishlatish davrida liniya (ulash simlari) qarshiligi qiymati;

– liniya qarshiligining darajalangan (hisobiy) qiymati, W;

S – o'lchanayotgan harorat sohasida termometrning o'zgartirish koeffitsiyenti, W/K.

Ulash simlari qarshiligining darajalash qiymatiga mos emasligidan kelib chiqadigan xatolikni kamaytirish uchun qarshilik termometri o'lchash asbobi bilan uchta sim orqali ulanadi. Termometrni ulashning uch simli chizmasi bo'yicha (16 b-rasm) ulash simlari termometr uchidan o'lchash shoxobchasiga, taqqoslash shoxobchasiga va ta'minlash manbasiga boradi. O'lchash va taqqoslash shoxobchalaridagi qarshilik bir xil bo'lganda o'lchash simlaridagi haroratning o'zgarishi xatolikka olib kelmaydi, chunki simlarning qarshiligi faqat bir xil miqdorda o'zgaradi. O'lchash simlari qarshiligini moslash ulash simlari juftliklarini ketma-ket o'lchash yo'li bilan amalga oshiriladi.

Termometrni ulashning to'rt simli chizmasi (16 d-rasm), odatda, qarshilikni o'lchashning kompensatsion usulida qo'llaniladi. Bu usul ulash simlari qarshiligi o'zgarishining asbob ko'rsatishiga ta'sirini butunlay yo'qotish imkonini beradi.

Qarshilik termometrining kamchiligi qo'shimcha tok manbasining zarurligidadir.

Termometrlarning va boshqa qarshilik o'zgartiruvchilarning qarshiligini o'lchash uchun logometrlar, ko'priklar (muvozanatlashtirilgan va muvozanatlashtirilmagan) va kompensatsion usuldan foydalaniladi.

3.3. KO'PRIKLAR

Termometrlar qarshiligini o'lchash uchun muvozanatlashtirilgan va muvozanatlashtirilmagan ko'priklar chizmalari qo'llaniladi.

18-rasmda qarshilik termometrlarining qarshiligini o'lchash uchun foydalaniladigan o'lchash ko'priklarining chizmasi keltirilgan.

Ko'priklar DB diagonaliga B batareyadan kuchlanish uzatiladi. R_3 ni qarshiligini o'zgartirib, A va C nuqtalarda kuchlanishlarning tengligiga erishiladi, bu uning AC diagonalida galvanometr G tok kuchi nolga teng bo'lishini ko'rsatishi bilan tasdiqlanadi.

Ko'priknning ikkala yelkasida ham qarshilikning kamayishi teng bo'lgani uchun

$$DU_{DA}/DU_{AB} = DU_{DC}/DU_{CB}, \quad (49)$$

yoki

$$R_1/R_3 = R_2/(R_t + 2R_L), \quad (50)$$

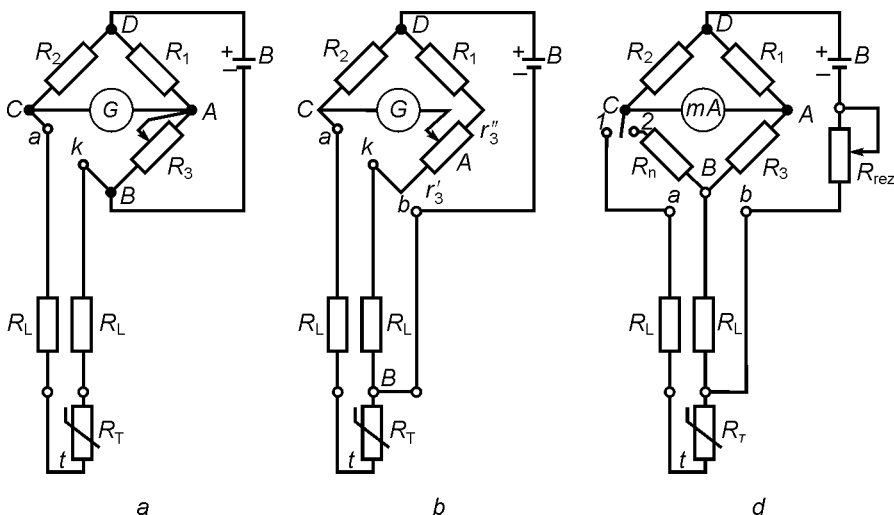
bunda

$$R_t = (R_2/R_1)R_3 - 2R_L. \quad (51)$$

Liniyaning qarshiligi ($2R_L$) rostlash qarshiligi bilan doimo bir xil ushlab turiladi.

R_2 va R_1 qarshiliklar o'zgarmas va R_3 ga o'xshab manganindan tayyorlansa, unda (51) tenglamani soddalashtirish mumkin:

$$R_1 = R_1R_3 - R_2 = f(R_3). \quad (52)$$



18-rasm. Qarshilik termometrларining qarshiligini o'lchash uchun qo'llaniladigan o'lchash ko'priklarning chizmasi.

- a) oddiy muvozanat ko'prigi; b) muvozanatlashtirilgan ko'priknning uch simini ulash chizmasi; d) muvozanatlashtirilmagan ko'prikn.

18 a- rasmda tasvirlangan ko'prik chizmasi o'lchash aniqligi yuqoriligi va batareya B ning kuchlanishiga deyarli bog'liq emasligi bilan ajralib turadi.

Galvanometrqa ko'ra nolni o'lchashda atrof-muhit harorati va begona magnitli ta'siri hisobidan xatoliklar miqdori kamayadi.

18 b- chizmada qo'zg'aluvchan kontakt AB yelka qarshiligiga taalluqli bo'lmaydi, u CA diagonalga ulangan bo'ladi, uning qarshiligi hisoblash vaqtida (nolsiz tokda) deyarli hech qanday ahamiyatga ega bo'lmaydi. Ulaydigan simlarning R_L qarshiligining mumkin bo'lgan o'zgarishini bartaraf qilish uchun ko'prikning ta'minlanishi (B nuqtasi) bevosita temometrqa o'tkazilgan. Bunday uch simli chizmada muvozanat vaqtida tokning yo'qligida CA diagonalda oldingi chizmadagi kabi nisbatlar tengligi o'rnatilishi lozim:

(53)

bundan

$$R_t = R_2 r_3' / (R_1 + r_3) + [R_2 / (R_1 + r_3') - 1] R_L. \quad (54)$$

Agarda $R_2 / (R_1 + r_3') = 1$ bo'lsa, unda R qarshilik R_L ga bog'liq bo'lmaydi, bunday holat shkalaning faqat bitta nuqtasida sodir etilishi mumkin, chunki r_3'' qarshilik o'zgaruvchan bo'ladi.

Shkalaning boshqa nuqtalarida esa DR_L o'zgarishi mumkin. R qarshiliklar qo'shimcha xatoliklarni keltiradi. Agarda R_1 va R_2 ning qiymatlari dan bir necha marta ko'p bo'lsa, unda uch simli chizmada DR_L qiymatining ta'siri ikki simli chizmaga nisbatan shkalaning eng noqulay nuqtasida ham juda kichik bo'ladi. Uch simli chizmalarda har bitta liniyaning qarshiligi R_L rostlash g'altagi yordamida har bitta liniyada alohida talab etilgan qiymatigacha keltiriladi.

Muvozanatlashtirilgan ko'prik chizmalarining kamchiligi (qo'lda bajarish zarurati) muvozanatlashtirilmagan ko'priklar chizmasida bartaraf etilgan.

Muvozanatlashtirilmagan ko'priklar haroratni o'lchash uchun qarshilik temometrlari bilan birgalikda qo'llaniladi. Ammo ular-

dan gaz tahlillagichlarda (gazoanalizatorlarda), konsentratomerlarda va qator o'lchash vositalarida keng foydalaniladi.

18- d rasmda qarshilikni o'lchash uchun muvozanatlashtirilmagan ko'priknig uch simli ulanish chizmasi keltirilgan. Ko'priknig AC diagonaliga galvanometr o'rniga milliampmetr mA ulangan. BD diagonalidagi ko'priknig ta'minot kuchlanishi bir xil ushlanishi kerak. BD diagonalidagi kuchlanishning nazorati nazorat qarshiligi R_n (qayta ulagichning 2 holatida) ushlanishi bilan amalga oshiriladi. R_1, R_2, R_3 va R_n yelkalarining doimiy qarshiligida kuchlanishning o'rnatilgan qiymatida CA diagonalidagi tok ma'lum ko'rsatkichga ega, bu milliampmetr bilan nazoratlanadi. Tokning o'rnatilgan ko'rsatkichdan og'ishi R_{rez} qarshilik bilan to'g'rilanib turadi.

B va D nuqtalarda E_{db} kuchlanish o'rnatilgandan keyin, qayta ulagich 1 holatga qo'yiladi va R_t qarshilik I_{ca} tok kuchi ko'rsatkichiga ko'ra CA diagonalda o'lchanadi:

$$i_{ca} = \frac{E_{bd}[R_1(R_1+R_L)-R_2(R_2+R_L)]}{R_{ca}(R_1+R_2+R_L)(R_2+R_1+R_L)+R_1(R_2+R_L)(R_2+R_1+R_L)+R_2(R_1+R_L)(R_1+R_2+R_L)} \quad , (55)$$

bunda R_{ca} - CA diagonal qarshiligi;

R_1, R_2, R_3, R_t, R_L - cxemaning qarshiliklari.

Yoki doimiy E_{db} kuchlanishida va chizmaning doimiy qarshiliklarida (R_t dan tashqari)

$$i_{ca} = f(R_t). \quad (56)$$

Muvozanatlashtirilmagan ko'priknig afzalliklariga chizmasining muvozanatlashtiradigan qurilmani talab etmaydigan soddaligini va kichik qarshiliklarni o'lchash uchun ishlatish mumkinligini kiritish mumkin. Muvozanatlashtirilmagan ko'priklarning kamchiliklariga ko'rsatishning ta'minlash kuchlanishi o'zgarishiga bog'liqligini va ko'priknig shkalasining nochizizqligini kiritish mumkin.

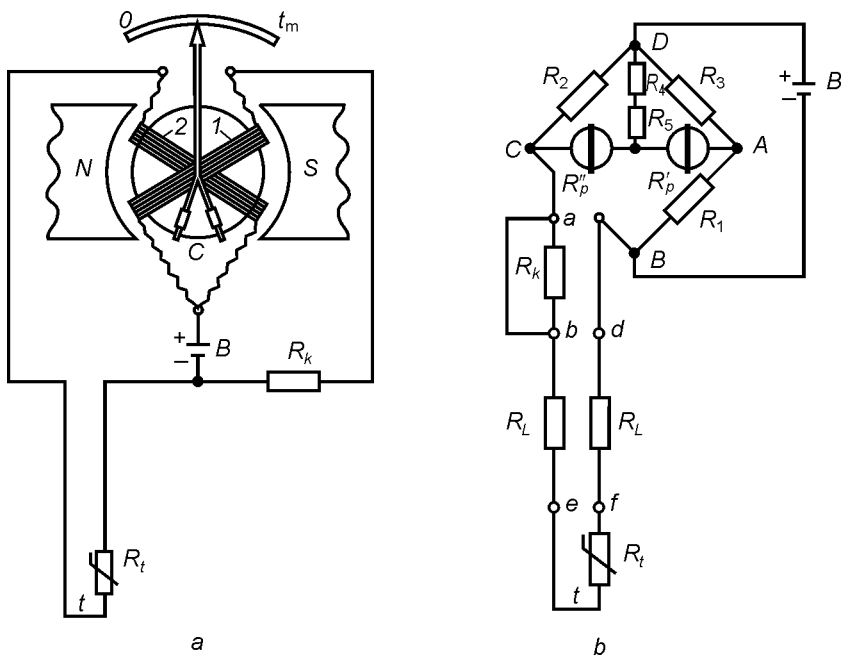
Ko'priklar bilan o'lchash aniqligi $\pm 1\%$ va $\pm 0,25\%$ gacha yetishi mumkin.

3.4. LOGOMETRLAR

Logometrlar asosan qarshilik termometrlari yordamida haroratni o'lchash uchun mo'ljallangan. Ular termometr va o'zgarmas qarshilik zanjirida tok kuchini solishtirish prinsipiga ko'ra qurilgan.

Konstruksiyasiga ko'ra logometr ikki markali magnitoelektrik milliampmetrdir. Uning harakatlanuvchi qismi o'zaro va strelka bilan birlashtirib mahkamlangan 1 va 2 ramkalaridan iborat. Strelkaning uchi shkala $0-t_m$ bo'yicha harakatlanadi. Bu ramkalar esa doimiy magnet qutb uchliklari N va S bilan o'zak orasidagi havo tirgishida joylashtirilgan (19- rasm).

Ikkala ramka E_b kuchlanishli doimiy tok umumiy manbai B dan ta'minlanadi. 1 ramka bilan ketma-ket doimiy qarshilik R_k ,



19- rasm. Magnitoelektrik logometrlar:

a) oddiy prinsiplial chizmasi; b) logometrlardan birining elektr chizmasi.

2 ramka bilan esa ketma-ket termometr R_t ulanadi. R_p qarshilik bilan 1 ramkada o'qib o'tadigan tok kuchi quyidagiga teng:

$$i_1 = E_A / (R_p^2 + R_k),$$

2 ramkada

$$i_2 = E_{B/x} / (R_p^2 + R_k), \quad (57)$$

ramkalarda hosil qilingan magnitoelektrik momentlar quyidagilarga teng:

$$\begin{aligned} M_1 &= k_1 B_1 i_1, \\ M_2 &= k_2 B_2 i_2, \end{aligned} \quad (58)$$

bunda k_1 va k_2 – ramkalarining o'lchamlari va ulardagi sim o'ramlari soni bilan aniqlanadigan o'zgaras koeffitsiyentlar; B_1 va B_2 – ramkalar joylashgan joydagi magnit induksiylari;

i_1 va i_2 – ramkalardan o'tayotgan tok kuchlari.

Tirqish bir tekis qilinmagan, shuning uchun magnit induksiya qiymatlari uning turli nuqtalarida (ramkalar va strelkaning burilish burchaklari turlicha bo'lganda) turlicha bo'ladi. Induksiya-lar B_1/B_2 nisbati biriktirib mahkamlangan ramkalar uchun ramka-larning burilish burchagiga bog'liq: $j = f_1(B_1/B_2)$.

Muvozanat holatida ramkalarining magnitoelektrik moment-lari bir-biriga teng:

$$k_1 B_1 i_1 = k_2 B_2 i_2,$$

yoki

$$B_1/B_2 = (k_1 i_2) / (k_2 i_1). \quad (59)$$

Bundan ramkalarining burilish burchagi

$$j = f_2(i_2/i_1) = f_2[(R_p^2 + R_k) / (R_p^2 + R_t)], \quad (60)$$

yoki R_p^2 , R_p^2 , R_k amalda bir xil bo'lishini inobatga olinsa,

$$j = F(R_t). \quad (61)$$

Nazariy jihatdan, B batareyaning kuchlanishi ramkalarining burilish burchagiga ta'sir qilmaydi. Amalda kuchlanishning o'zgarishi nominal hisobiy qiymatidan $\pm 20\%$ dan yuqori og'ishlarida seziladi.

Real chizmalarda sezgirlikni orttirish uchun logometrning ramkalarini R_p^1 va R_p^2 ni o'zgarmas qarshiliklari R_1, R_2 bo'lgan muvozanatlashtirilmagan ko'priknining diagonaliga ulanadi. Manginli R_4 va misli R_5 qarshiliklar logometrning umumiy harorat koeffitsiyentini kamaytirish uchun xizmat qiladi (atrof-muhitning harorati o'zgarishida). Termometr R_t liniya qarshiligi R_L bilan uch simli chizmaga ko'ra ulanishi mumkin. Termojuft zanjiriga normada qisqa tutashtirish qarshiligi R_x ulanadi. Logometr ishining nazoratida R_x dan qisqa ulash simi olib tashlanadi va R_t termometr qisqa ulanadi, bunda chizmaning e va f nuqtalari ulanadi. Logometrning strelkasi bunda ma'lum ko'rsatkichni ko'rsatadi.

Logometrning turli xillari mavjud. Ular shakliga ko'ra, ramkalarining joylashishiga, har xil konstruktiv detallari va ulanish chizmalariga ko'ra farqlanadi.

Ko'chma asboblardan uchun logometrlarning aniqlik klassi 0,2; 0,5 va 1,0 ni, shchitda o'rnatiladigan statsionar asboblardan uchun 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 va 2,5 ni tashkil etadi. Logometrlar ko'rsatuvchi, o'ziyozar bo'lishi, shuningdek, signal berish va boshqarish uchun qo'shimcha qurilmalari bo'lishi mumkin.

3.5. IKKILAMCHI KO'RSATUV ASBOBLARINI QIYOSLASH

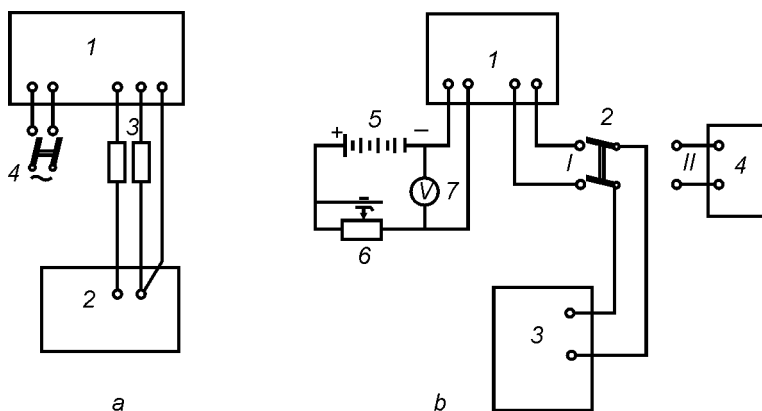
Ikkilamchi ko'rsatuv asboblari – muvozanatlashtirilgan ko'priklar va logometrlarni qiyoslash namunalari ko'priklar yoki qarshilik magazini yordamida amalga oshiriladi. 20-rasmda ikkilamchi asboblarni qiyoslash chizmasi ko'rsatilgan.

20-a rasmda muvozanatlashtirilgan ko'priklar 1 ni qiyoslash chizmasi ko'rsatilgan, u uch simli sistema bilan namunalari qarshilik

magazini 2 ga ulangan. Asosiy simlarga ikkita moslovchi qarshilik 3 ulangan, ularning har birining qarshiligi 2,5 va 7,5 W ga teng bo'lib, ulanish liniyalarining darajalangan qarshiligiga to'g'ri keladi. Magazinda qarshilik shunday olinadiki, u shkalaning tekshirilayotgan belgisida asbobning strelkasini o'rnatish uchun zarur bo'ladi va 4 ulagich yordamida ko'prik o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulanadi.

Asbobning qiyoslanishi shkalaning barcha sonli belgilarida tekshirilayotgan har bitta belgisi oldida magazinning ko'payishi va kamayishida olib boriladi.

Namunali ko'prik yordamida logometrlarning qiyoslash chizmasi 20-b rasmda ko'rsatilgan. Qiyoslanayotgan asbob I holatiga o'rnatilgan ikki qutbli qayta ulagich 2 yordamida qarshilik magazini 3 bilan ulanadi va asbobning strelkasi shkalaning qiyoslanayotgan belgisiga o'rnatiladi. Keyin qayta ulagich II holatga o'tkaziladi, bunda qarshilik magazini namunali ko'prik 4 bilan ulanadi va o'rnatilgan qarshilik qiymatini o'lchaydi, u o'ziga ulanuvchi simlar qarshiligini ham o'z ichiga oladi (5 yoki 15 W). Shkalaning barcha sonli qiymatlari qarshilik ko'payishi va kamayishida qiyoslanishi lozim. Qiyoslash jarayonida ta'minot



20- rasm. Ikkilamchi ko'rsatuv asboblarini qiyoslash chizmalari.

a) avtomatik muvozanatlashtirilgan ko'prik chizmasi;

b) logometrnin chizmasi.

manbayi 5 ning kuchlanishi o'zgarmas bo'lib, reostat 6 va voltmetr 7 yordamida 4 V ga teng qilib ushlab turiladi.

Logometrni qiyoslash holatida namunali qarshilik magaziniga ko'ra qayta ulagich 2 doimo I holatda joylashadi. Qolgan hollarda qiyoslash tartibi o'zgarmas bo'lib qoladi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Magnitoelektrik millivoltmetrlar qanday prinsipiga ko'ra ishlaydi?
2. Magnitoelektrik millivoltmetrning tuzilishi nimadan iborat?
3. Millivoltmetrga termoelektrik termometr qanday ulanadi?
4. Termoelektrik termometrni magnitoelektrik millivoltmetrga ulanishida uning ko'rsatkichi nimaga bog'liq bo'ladi?
5. Potensiometrilar qanday prinsipga ko'ra ishlaydi?
6. Potensiometrilarning tuzilishi nimadan iborat?
7. TEYK o'lchashning kompensatsion usulining mohiyati nimadan iborat?
8. O'zgarmas ishchi toki kuchi bilan ishlaydigan potensiometrning ishlashini tushuntirib bering.
9. O'lchash asbobiga elektrik qarshilik termometrlarini qanday ulash chizmalarini bilasiz?
10. O'lchash asbobiga qarshilik termometrlarini ikki simli chizmaga ko'ra ulanishida ulash liniyalarning qarshiligi qanday qilib moslanadi?
11. Termometrlarni qarshiligini o'lchash uchun qaysi usullar va o'lchash chizmalari mavjud?
12. Oddiy muvozanatlashtirilgan ko'priq qanday prinsipga ko'ra ishlaydi?
13. Uch simli ulanishli muvozanatlashtirilgan ko'priq qanday prinsipga ko'ra ishlaydi?
14. Muvozanatlashtirilmagan ko'priq qanday prinsipga ko'ra ishlaydi?
15. Magnitoelektrik logometr ishining mohiyati nimadan iborat?
16. Logometr qanday elementlardan tashkil topgan?
17. Muvozanatlashtirilgan ko'priklar qanday qiyoslanadi?
18. Logometrlar qanday qiyoslanadi?

4-bob

BOSIM O`LCHASH ASBOBLARI

4.1. BOSIM VA BOSIM FARQLARINI O`LCHASH USULLARI VA ASBOBLARI

Bosim eng ko'p o'lchanadigan fizik kattaliklar sirasiga kiradi. Issiqlik va atom energetikasida, metallurgiyada, kimyoda va boshqa turli sohalarda ko'pgina texnologik jarayonlarning kechishini nazorat qilish gaz va suyuqlik muhitlarida bosim yoki bosim farqlarini o'lchash bilan bog'liq.

Bosim Xalqaro sistemasida paskal (Pa) birligi bilan o'lchanadi, u bir nyuton kuchi bilan 1 m^2 maydonga (N/m^2) ta'sir qilindigan kuchga teng. Pa birligi kichik bo'lgani uchun, karrali kPa va MPa birliklar keng qo'llaniladi. Undan tashqari, sistemadan tashqari birliklardan, ya'ni bar, mm.sim.ust. va mm.suv.ust. ham foydalaniladi. Bu birliklar NI sistemasi birliklari bilan quyidagi munosabatlarga ega:

$$\begin{aligned} 1 \text{ bar} &= 1 \cdot 10^5 \text{ N}/\text{m}^2, \\ 1 \text{ mm.sim.ust.} &= 133,322 \text{ N}/\text{m}^2, \\ 1 \text{ mm.suv.ust.} &= 9,80665 \text{ N}/\text{m}^2. \end{aligned}$$

Hozirgi paytda texnikada boshqa sistema MKGSS qo'llaniladi (metr, kilogramm-kuch, sekund), bunda bosimning asosiy birligi sifatida yo $\text{kg-k}/\text{m}^2$ yoki sistemadan tashqari texnik o'lchovlar birligi $\text{kg-k}/\text{sm}^2 = 10^4 \text{ kg-k}/\text{m}^2$ qo'llaniladi. Oxirgi birlik N/m^2 birligi va sistemadan tashqari birliklari bilan quyidagi munosabatlarga ega:

$$\begin{aligned} 1 \text{ kg-k}/\text{sm}^2 &= 9,80665 \cdot 10^4 \text{ N}/\text{m}^2, \\ 1 \text{ kg-k}/\text{sm}^2 &= 0,980665 \text{ bar}, \end{aligned}$$

$$1 \text{ kg-k/sm}^2 = 10^{-4} \text{ mm.suv.ust.},$$

$$1 \text{ kg-k/sm}^2 = 735,566 \text{ mm.sim.ust.}$$

Kilogramm-kuch santimetr kvadratiga va metr kvadratiga, u son jihatidan millimetr suv ustuniga teng birliklardan foydalanishga ruxsat berilgan. 5 jadvalda birliklar orasidagi munosabatlar berilgan.

5- jadval

Bosim birliklari orasidagi munosabatlar

Birlik	Pa	kg-k/sm ²	bar	mm.suv.ust.	mm.sim.ust.
1 paskal	1	$10,2 \cdot 10^{-6}$	10^{-5}	0,102	$7,6 \cdot 10^{-3}$
1 kg-k/sm ²	$9,81 \cdot 10^4$	1	0,981	10^4	735,6
1 bar	10^5	1,02	1	$1,02 \cdot 10^4$	750,06
1 mm.suv.ust.	9,81	10^{-4}	$1,332 \cdot 10^{-3}$	1	$7,356 \cdot 10^{-2}$
1 mm.sim.ust	133,32	$1,136 \cdot 10^{-2}$	$1,333 \cdot 10^{-3}$	13595	1

Bosim o'lchash birliklarini yuqori aniqlik bilan qayta tiklash uchun ortiqcha bosim sohasi $10^6 - 2,5 \cdot 10^8$ Pa da davlat birlamchi etaloni orqali amalga oshirildi. Uning tarkibiga yuk porshenli manometrlar, maxsus massa o'lchaydigan to'plam va bosim ushlab turish uchun qurilma kiradi. 10^{-8} dan $4 \cdot 10^5$ Pa gacha va 10^9 dan $4 \cdot 10^9$ Pa gacha hamda $4 \cdot 10^4$ gacha bosimlar farqini bosimlar birliklarini qayta tiklash uchun maxsus etalonlardan foydalaniladi. Etalonlardan ishchi o'lchash vositalariga bosim o'lchash birliklarini uzatish ko'p bosqich orqali amalga oshiriladi: birlamchi va maxsus etalonlardan ikkilamchi etalonlarga, so'ng ketma-ket birinchi razryaddan to to'rtinchi razryadli namunalari vositalarga, keyin esa ishchi o'lchash asboblari uzatiladi.

Etalonlardan ishchi o'lchash vositalariga bosim o'lchash birliklarini ketma-ket va aniq o'tkazilishini qiyoslash usuli va ko'rsatish bosimlarining aniqlanishi umumdavlat qiyoslash chizmalariga ko'ra amalga oshiriladi. Har bitta bosqichda o'lchash birligini

uzatilishida xatoliklar 2,5–3 marta ortib ketishini inobatga olsak, ishchi vositalari bilan bosimni o'lchash xatoligi va birlanchi etalon xatoliklari orasidagi nisbat 10^2 – 10^3 ni tashkil etishi mumkin.

O'lchashda mutlaq, atmosfera va vakuum bosimlari mavjud. **p mutlaq bosim** modda holatining (suyuqlik, gaz, bug') parametri bo'lib, p_{atm} – atmosfera bosimi va p_{ort} – ortiqcha bosim yig'indisidan iborat:

$$P_{\text{mut}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{ort}}. \quad (62)$$

Ortiqcha bosim mutlaq va atmosfera bosimlari oralaridagi farqdan iborat:

$$P_{\text{ort}} = P_{\text{mut}} - P_{\text{atm}}. \quad (63)$$

Atmosfera bosimi Er atmosferasidagi havo ustunining bosimi; uning qiymati barometrlar bilan o'lchanadi, shuning uchun bu bosim ko'pincha **barometrik bosim** ham deb ataladi. Agar mutlaq bosim atmosfera bosimidan kichik bo'lsa, vakuum yoki siyraklanish sodir bo'ladi:

$$P_{\text{B}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{mut}}. \quad (64)$$

Bosim va bosimlar farqini o'lchashga mo'ljallangan o'lchash vositalari **manometr** deb ataladi. Manometrlar o'lchanayotgan yoki atmosferali, ortiqcha, vakuummetrik va mutlaq bosimlarga ko'ra barometr, manometr, vakuummetr va mutlaq bosimli manometrlarga bo'linadi.

40 kPa ($0,4 \text{ kg-k/sm}^2$) bosimni yoki siyraklanishni o'lchashga mo'ljallangan manometrlar **naporomer** va **tyagomer** deb ataladi. Tyagonaporomerlarda $\pm 20 \text{ kPa}$ ($\pm 0,2 \text{ kg-k/sm}^2$) o'lchash chegarasiga ega bo'lgan ikki tarafli shkalasi bor.

Differensial manometrlar bosimlar farqini o'lchash uchun qo'llaniladi.

Bosim o'lchaydigan asboblarda ishlash prinsiplariga ko'ra suyuqlikli, defomatsion (prujinali), yuk-porshenli, elektr-ionizatsion va issiqlik turlariga bo'linadi.

Bu asboblarning ishlash prinsipi o'lchanayotgan bosimning suyuqlik ustunining gidrostatik bosimi bilan muvozanatlashishiga va bosim kuchi ta'sirida turli elastik elementlarning defomatsiyasini yoki ularning kuchini o'lchashga asoslangan.

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

- 1) manometr mutlaq va ortiqcha bosimni o'lchaydi;
- 2) barometr atmosfera bosimini o'lchaydi;
- 3) vakuummetr berk idish ichidagi suyuqlik va gaz bosimining kamayishi (siyraklanishi)ni o'lchaydi;
- 4) monovakuummeter ortiqcha bosim va bosim kamayishini o'lchaydi;
- 5) naporomer kichik qiymatli ortiqcha bosimni o'lchaydi;
- 6) tyagomer kichik qiymatli siyraklanishni o'lchaydi;
- 7) tyagonaporomer kichik qiymatli bosim va siyraklanishni o'lchaydi;
- 8) differensial manometrlar ikki bosim ayirmasini (bosim o'zgarishini) o'lchaydi;

4.2. SUYUQLIKLI BOSIM O'LCHASH ASBOBLARI

Suyuqlikli bosim o'lchash asboblari ikki naychali (U-simon) va bir naychali (kosali) manometrlardan iborat.

Bu asboblarda sodda, ammo yetarli aniqlikka ega bo'lgan qurilmalardir va ular uncha yuqori emas, 2 bardan oshmaydigan bosimlarni o'lchash uchun xizmat qiladi. Ishchi suyuqlik sifatida ularda odatda simob, distillangan suv, etil spirti handa transformator moyi ishlatiladi. Shunday qilib, suyuqlikli manometrlarda o'lchanayotgan kattalikning o'zgarishini qabul qiluvchi sezgir elementning vazifasini ishchi suyuqlik bajaradi.

Ikki naychali suyuqlikli manometrning chizmasi 21-rasmda keltirilgan. Ikki vertikal tutash naycha 1, 2 metall yoki yog'och asos 3 ga mahkamlangan. Naychalar ishchi suyuqlik bilan nol

21-rasm. Ikki naychali manometrning chizmasi.

belgisigacha to'ldiriladi. 1 naychaga o'lchanayotgan bosim ulanadi, 2 naycha esa atmosfera bilan bog'langan. Bosim farqini o'lchashda ikkala naychaga o'lchanayotgan bosim keltiriladi. Suyuqlik ustunining H balandligi bosimlar farqini muvozanatlaydi:

$$p_1 - p_2 = \rho g H,$$

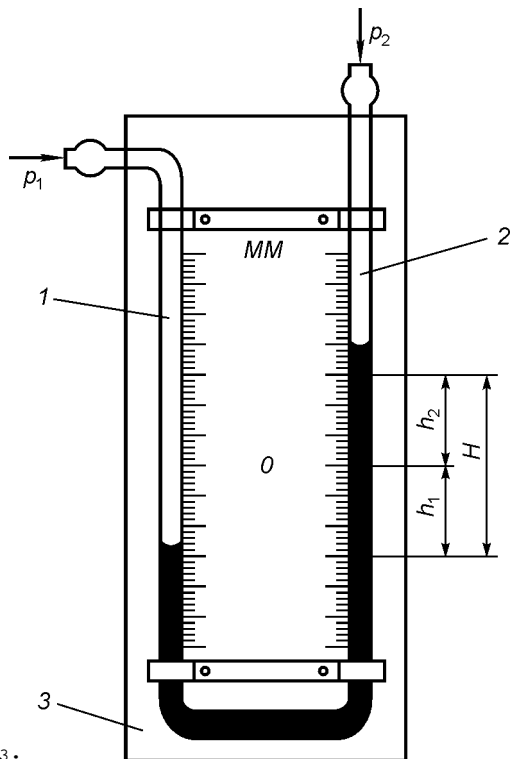
bundan

$$H = \frac{1}{\rho g} (p_1 - p_2) \quad , \quad (65)$$

bunda ρ – ishchi suyuqlikning zichligi, kg/m^3 ;
 g – tezlanish kuchi, m/s^2 .

Standartli ikki naychali U-simon suyuqlikli manometrlarning O'zDav standartlariga ko'ra balandligi h 20 ± 5 °C haroratda ± 2 mm dan ortmaydi. Manometrlarning yuqori o'lchash chegaralari 10, 100, 250, 400, 600, 1000 mm qatorda o'rnatilgan. Bu holda o'lchash vositasining keltirilgan xatoligi 0,2 dan 2% gacha orasida bo'lishi mumkin.

Ko'rsatkich xatoligi shkalaning darajalanishi noaniqligidan (O'zDav standartiga ko'ra u 0,2–0,4 mm dan ortmaydi), kapillar kuchlari ta'siridan (0,1–0,2 mm); manometrning vertikal (tik) holati to'g'ri emasligidan (2° og'ishida xatolik 0,06 % ni tashkil qiladi) va, eng muhimi, o'lchash noaniqligidan kelib chiqishi mumkin. Maxsus qurilmalar yordamida ko'rsatkichni ± 1 mm dan aniqroq olish qiyin.



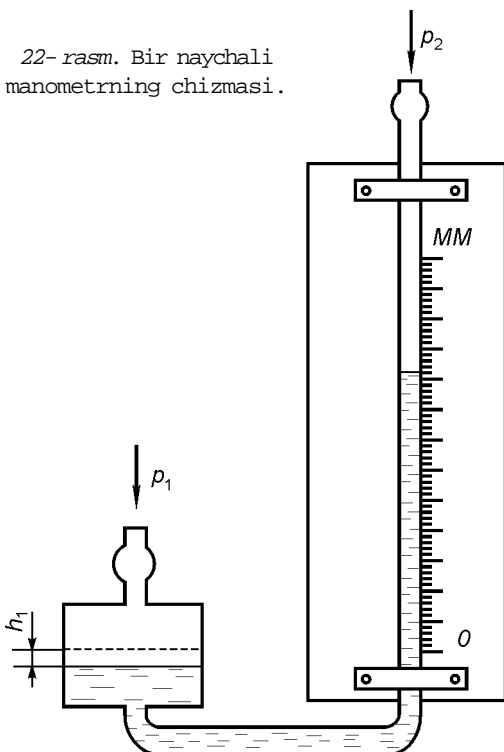
Suyuqlik ustuni balandligini topish uchun ikki marta ustun balandliklarini, bitta tirsakdagi kamayishini, ikkinchisida esa ko'payishini o'lchab chiqish zarur va ularning qiymatini qo'shish lozim, ya'ni $H=h_1+h_2$.

Bitta naychadagi balandlikni aniqlab, olingan natijani ikkiga ko'paytirish mumkin emas, chunki naychalardagi shishaning diametrlari har xil bo'lishi sababi olingan natijalarda qo'shimcha xatoliklar paydo bo'lishi mumkin.

U-simon manometrlarning asosiy ekspluatatsion kamchiligi, ya'ni ikki ustundan hisoblash zarurati bir naychali (kosali) manometrlarda bo'lmaydi (22- rasm).

Bir naychali (kosali) manometrlar. Bu asboblarda ikki naychali asboblarning bir turi bo'lib, ikkinchi naycha o'rniga keng idish (kosa) ishlatiladi. Bir naychali manometrda naychani keng idi-

22- rasm. Bir naychali manometrning chizmasi.



shiga o'lchanayotgan bosimning kattasi ulanadi. Shkalali plastinkaga mahkamlangan naycha o'lchovchi atmosfera bilan bog'langan bo'ladi. Bosimlar farqini o'lchashda unga bosimlarning kichigi keltiriladi. Ishchi suyuqlik manometrda nol belgisi-gacha quyiladi. Bosim ta'sirida ishchi suyuqlikning bir qismi keng idishdan o'lchovchi naychaga oqib o'tadi.

Bu hol uchun, o'lchanayotgan ortiqcha bosim p tor naychani kesimi f ni dastlabki ustun 0 dan balandligini o'zgarishiga ko'ra aniqlanadi:

$$p = hgr(1 + f/F), \quad (66)$$

bunda F – keng idish kesimining yuzi, m^2 .

f : F odatda 0,01 dan kichik yoki unga teng, bu esa amalda bitta balandlikka ko'ra sezilarli qo'shimcha xatoliklarni keltirib chiqarmaydi.

O'zDav standartiga ko'ra laboratoriya shishali bir naychali manometrlar quyidagi yuqori o'lchash chegaralariga ega bo'lishi kerak: 160, 400, 600 va 1000 $kg\cdot k/m^2$, bu esa manometr suv bilan to'ldirilganda millimetrlarga teng bo'ladi. O'lchash vositasining keltirilgan xatoligi 0,4 dan 0,06 gacha yoki 0,025 % ni tashkil qilishi kerak.

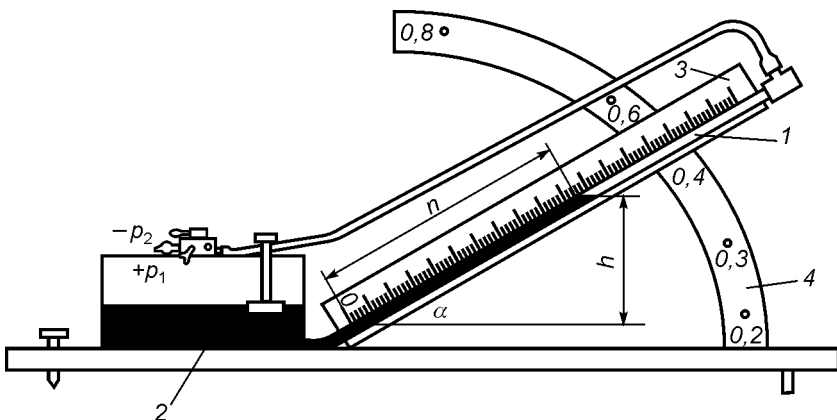
Harorat va tezlanish kuchi g ga tuzatmalar xuddi U-simon manometrlarga o'xshash kiritiladi.

Mikromanometrlar. Juda kichik bosimlarni o'lchash uchun og'ma naychali mikromanometrlar ishlatiladi (23-rasm).

Ishchi suyuqlik sifatida ularda asosan distillangan suv yoki etil spirtidan foydalaniladi. Naycha og'ma vaziyatda bo'lgani sababli o'lchanayotgan bosimni muvozanatlaydigan suyuqlik ustunining uzunligi quyidagicha bo'ladi:

$$h = n \sin \alpha, \quad (67)$$

bunda n – suyuqlik meniskining shkala bo'ylab siljishi, m.



23-rasm. MMH mikromanometrining chizmasi.

Ortiqcha bosimni mikromanometr yordamida o'lchanishi quyidagi tenglamaga ko'ra aniqlanadi:

$$p = mrg \sin \alpha. \quad (68)$$

Bunday asboblarda 160–1000 Pa chegaradagi bosimlarni o'lchashga mo'ljallangan, ularning xatoligi $\pm 1,0$ %dan oshmaydi.

Bosimning kengayishi yoki farqini keng chegaralarida o'lchashga to'g'ri kelgan hollarda o'zgaruvchan og'ish burchakli mikromanometrlardan foydalaniladi. MMH mikromanometri shunday asboblardan biri bo'lib, 0,5 va 1,0 aniqlik klassi bilan 0–24 kPa o'lchash chegarasiga mo'ljallab chiqarilgan.

Yuqorida keltirilgan suyuqlikli asboblarda laboratoriya va ishlab chiqarish tajribasida keng qo'llaniladi. Ularning kamchiliklari ko'rsatishni masofaga uzatish mumkin emasligi, o'lchash chegaralarining kichikligi, ko'rsatkichlarning yaqqol emasligi va mexanik mustahkam emasligidan iborat.

4.3. PRUJINALI MANOMETRLAR

Bu ko'rsatuvchi asboblarda bir o'ramli naychasimon prujinali, o'ziyozar deformatsion manometrlar, vakuummetr va monovakuummetrlardan iborat.

Prujinali manometrlarda suyuqlik, gaz va bug'larning ortiqcha bosimini, siyraklanishini, bosim farqlarini o'lchash uchun keng qo'llaniladi. Ularning ishonchliligi, soddaligi, har tomonliligi, ixchamligi va o'lchanayotgan kattaliklarning katta ko'lamli bo'lishi afzalliklaridir. Undan tashqari, ko'rsatuvchlarni uzoq masofaga uzatish va ularni avtomatik tarzda yozish bunga yaqqol misol bo'lishi mumkin.

Prujinali manometrlarning ishlash prinsipi turli elastik elementlarning deformatsiyasini yoki ularning kuchini o'lchashga asoslangan. Bu deformatsiyaning qiymati asbobning bosim birligida darajalangan va ko'rsatuvchi yoki o'ziyozar qismiga uzatiladi.

Foydalanayotgan prujinalarning turiga ko'ra manometrlarda membranali va naychasimon manometrlarga bo'linadi.

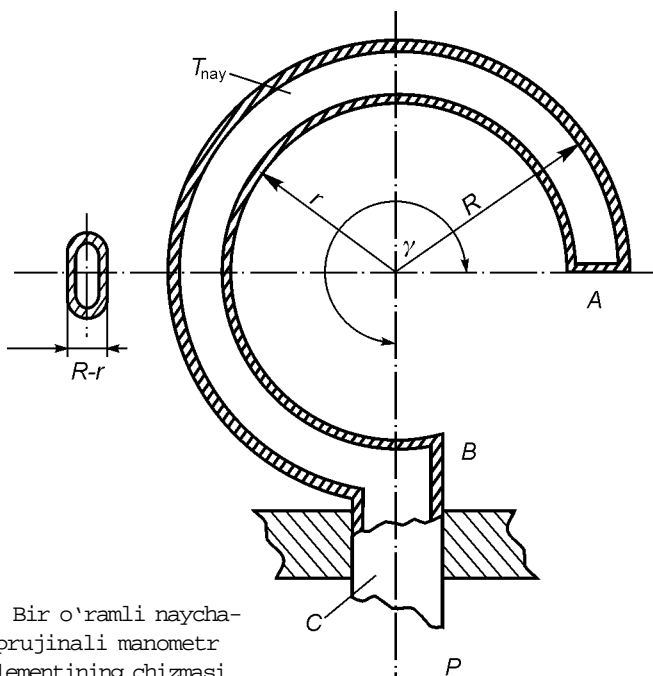
Umuman, prujinali manometrlar quyidagi guruhlarga bo'linadi:

- 1) bir o'ramli naychasimon prujinali;
- 2) ko'p o'ramli (vintli) naycha prujinali;
- 3) garmonika membranali (silfonli).

Ortiqcha bosimni o'lchash uchun foydalaniladigan asosiy asbob, bu naychali manometrlardir. Ular texnikaviy o'lchashlarda muhim rol o'ynaydi.

Naychasimon prujinali manometrlar. Asbobning sezgir elementi $\varphi=270^\circ$ burchakka aylana yoyi bo'yicha bukilgan elliptik yoki yassi oval kesimli naycha T_{nay} dan iborat. Naychaning A uchi yopiq, B ochiq uchi esa holati o'zgarmaydigan shtutser C ga ulangan va u orqali naychaning ichki qismi o'lchanayotgan (manfiy yoki musbat) ortiqcha bosim p bilan ulanadi (24- rasm).

Bosim ortib borishi bilan naycha to'g'rilanishga harakat qiladi va φ burchak kichiklashadi, bosim pasayib borishi bilan naychaning A yopiq uchi teskari yo'nalishda harakatlanadi. Naycha



24- rasm. Bir o'ramli naychasimon prujinali manometr sezgir elementining chizmasi.

uchining siljishi naycha ichidagi bosimning katta-kichikligiga bog'liq bo'ladi va bosim kattaligini ifodalaydi.

Naycha uchining siljish qonuniyati murakkab bo'lgani tufayli, buni quyidagicha tushuntirish mumkin. Ma'lumki, har qanday dumaloqmas kesimli naycha (misol uchun rezinali) undagi bosim ortishi bilan naycha devorida baravar taqsimlangan kuchlanish ta'sirida dumaloq shaklini egallashga harakat qiladi. Naycha kesimining perimetri va uning uzunligi bosim o'zgarishida o'zgarmas bo'lib qoladi, bunda bosim ortishi bilan naycha kesimining kichik o'qi kattalashadi, kattasini esa kichiklashadi. Shu munosabat bilan R radius ortib boradi va R_1 ga tenglashadi, r radius esa r_1 gacha kichiklashadi. Farazga ko'ra naycha yoyining uzunligi o'zgarmas bo'lib qoladi, unda $Rg = R^I g^I$, $rg = r^I g^I$, bunda g – bosim ko'tarilishidan keyingi burchak. Bunda, ayirib quyidagini olamiz:

$$R_g - r_g = R^I g^I - r^I g^I$$

$$(R - r)g = (R^I - r^I) g^I, \quad (69)$$

chunki $(R - r) < R^I - r^I$, unda (69) ga ko'ra bosimning ortishi bilan burchak $g^I < g$, ya'ni naycha to'g'rilanadi. Naycha kesimi kichik o'qining o'zgarishini $Dr = (R^I - r^I) - (R - r)$ orqali belgilaymiz, unda burchak o'zgarishi $Dg = g - g^I$ ni (69) tenglamadan olamiz:

$$Dg = [Dr (R - r)] / g. \quad (70)$$

Bunda naycha uchi burchagining siljishi boshlang'ich burchak g ga to'g'ri proporsional va kichik o'qi o'lchami $(R - r)$ ga teskari proporsional bo'ladi.

Naycha A uchining W siljishi boshlang'ich burchak g ning Dg ga o'zgarishiga quyidagi nisbat bilan bog'liq:

$$W = (\Delta\gamma / \gamma) R \sqrt{(\gamma - \sin \gamma)^2 + (1 - \cos \gamma)^2},$$

$$g = 270^\circ = 3/2\pi;$$

(71)

Amalda W siljish uncha ko'p emas va odatda bir necha milimetni tashkil etadi. W siljish asbob strelkasiga uzatish sektorli yoki pishangli (richagli) mexanizm bilan beriladi.

Sektorli uzatish mexanizimli asboblarda strelkaning burilish burchagi $270-300^\circ$ ni, pishangli mexanizimli asboblarda esa faqat 90° ni tashkil qiladi.

Bitta strelkali ko'rsatuv asboblari 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 6; 10; 16; 25; 40; 60 va, keyinchalik ko'rsatuvning 10000 kg-k/sm^2 yuqori chegarasigacha ishlab chiqariladi, barcha asboblarning pastki chegarasi 0 ga teng.

Yo'l qo'yiladigan nisbiy qayta kuchlanish quyidagini tashkil etadi, bunda shkalada bosimning yuqori chegarasidan kattaroq manometrlarning D_p bosimining ortishiga ruxsat etiladi (6- jadval).

6- jadval

$W = 5,8R \left(\frac{\Delta Y}{y} \rho_{yu} \right) \text{ da}$

kg-k/sm^2	100 va undan kichik	160—600	1000—1600	2500 va undan yuqori
$\Delta p \rho_{yu}$	0,25	0,15	0,10	0,05

Vakuummetrlar 0-1 va 0-0,6 kg-k/sm^2 shkalalari bilan ishlab chiqariladi.

Monovakuummetrlar 1 kg-k/sm^2 vakuummetrik bosimga va 0,6 dan 24 kg-k/sm^2 gacha ortiqcha bosim chegarasiga ega.

Asboblari 40, 60, 100, 160, 250 mm diametr korpusli qilib ishlab chiqariladi.

Asboblarning aniqlik klassi 0,6; 1,0; 1,6; 2,5 yoki 4,0 bo'lishi mumkin. 160 va 250 mm diametr korpusli asboblari eng yuqori aniqlik klassiga ega.

Atrof-muhitning harorati $20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ chegarada o'zgarishida 1,6; 2,5 va 4,0 aniqlik klassiga ega asboblarda yoki $20 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ da 0,6 va 1,0 aniqlik klassiga ega asboblarda qo'shimcha xatoliklar kelib chiqishi mumkin.

Atrof-muhit haroratining o'zgarishida asboblarning ko'rsatishidagi o'zgarish 6% miqdoridan ortib ketmasligi lozim:

$$D = \pm (0,5d + 0,04 Dt), \quad (72)$$

bunda d – asbobning aniqlik klassiga teng asosiy xatoligi, %;
 Dt – haqiqiy harorat va ruxsat etilgan eng yuqori harorat qiymati orasidagi farq, °C.

Ortiqcha bosim o'lchovining ish chegarasi (eng yuqori ish bosimi) doimiy bosimda 3/4 ni va o'zgaruvchan bosimda yuqori o'lchash chegarasining kamida 2/3 ini tashkil qilishi kerak.

Texnikaviy ko'rsatuv asboblari qo'shimcha qurilma (qo'shimcha nazorat strelkasi)ga ega bo'lishi mumkin, bu esa ishlatish jarayonida olingan eng yuqori bosim qiymatini o'lchash uchun talab etiladi.

O'ziyozar deformatsion manometrlar, vakuummetr va monovakuummetrlar. Bir o'ramli naychasimon prujinali asboblarda, agar ko'rsatuv strelkasini yozuv qurilmasi perosi bilan almashtirilmasa, o'lchashning yuqori aniqligi ta'minlanmasligi mumkin. Shuning uchun o'ziyozar asboblarda yuqori sezgir elementlar: ko'p o'ramli (gelikoidalli) naycha prujina yoki garmonika membranalari – silfon shaklidagilari qo'llaniladi.

Xuddi shunday sezgir elementlar odatda telemetrik qurilmalarga ega asboblarda bo'ladi, ular ko'rsatuvni masofaga uzatish imkoniga ega.

Ko'p o'ramli naychasimon prujinalar naycha uchidagi Dg og'ish burchagini boshlang'ich burchak g ga proporsional burchakni hosil qiladi va uning qiymati kattaroq bo'ladi. Ko'p o'ramli prujinalar 10 kg-k/sm² va undan yuqori 1600 kg-k/sm² gacha (standartga ko'ra) chegaraga ega bo'lgan manometrlarda qo'llaniladi. Vakuummetr va ko'p sonli monovakuummetrlarda hamda 0,25 dan 6,0 gacha yuqori o'lchash chegarasiga ega bo'lgan manometrlarda odatda silfonlar ishlatiladi, ular h kattaligiga, bosimga proporsional, o'zining balandligiga ega.

Standartlarga ko'ra 600 dan 4000 kg-k/sm² gacha o'lchash chegaralariga ega bo'lgan o'ziyozar silfonli tyago- va naporomerlarini ishlab chiqarilishi yo'lga qo'yilgan.

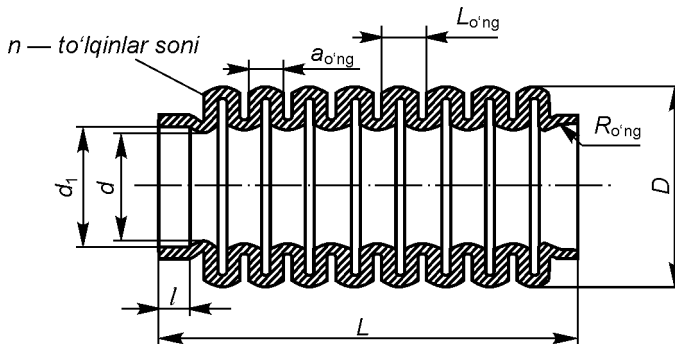
Asbob va avtomatlashtirish vositalari uchun odatda 36 ÍÖÖÐ yoki 149 qotishmadan (uning tarkibi $\text{Ni} = 25\%$, $\text{Mn} = 14\%$, $\text{Al} = 1,3\%$, $\text{Cr} = 1,2\%$, $\text{Si} = 0,5\%$, $\text{Cu} = 58\%$ dan iborat) tayyorlangan choksiz bir o'ramli silfonlardan foydalaniladi.

Silfonlar yupqa devorli naychalarni presslash bilan tayyorlanadi.

Standartga binoan ko'p sonli turli o'lchamli F_{SAM} p $[(D+d)14]^2$ 0,1 dan 160 sm^2 ga foydali yuzasi bilan, to'lqinlar soni $n = 4; 6$ va 10 ga teng silfonlar yaratilgan. $F_{\text{SAM}} > 5 \text{ sm}^2$ li silfonlar uchun to'lqinlar soni 16 ga teng bo'lishi mumkin. Naycha devori S_0 qalinligi 0,08 dan 0,25 mm oralig'ida olinadi. Silfonlar berk tagi bilan payvandlanib ulanadi. Silfonlar ichki hamda tashqi bosimni qabul qiladi. Tashqi bosim qiymati ichki bosimga nisbatan 10–30% ni tashkil qiladi ($F_{\text{SAM}} \leq 80 \text{ sm}^2$). 25- rasmda silfonning chizmasi keltirilgan.

O'ziyozar asboblarda diskli yoki tasmali diagramma qog'ozida olingan natijalarni yozib olishi mumkin. Diskli diagrammalar odatda bir sutkada bir marta aylanish tezligi bilan aylanadi. Diagramma qog'ozining aylanishi elektr dvigatel yoki elektr ulanishga imkon yo'g'ida soat mexanizmi bilan amalga oshiriladi.

O'ziyozar asboblarning aniqlik klassi standartlarga ko'ra 1,0 yoki 1,6 ga teng bo'lishi mumkin.



25- rasm. Choksiz bir o'ramli silfon.

Agarda bosim o'zgarish tezligi sekundda o'lchash chegaralari yig'indi qiymatidan 1% yuqoriroq bo'lsa, unda o'lchashning qo'shimcha xatoligi kelib chiqishi mumkin.

Atrof-muhit harorati o'zgarishida asbobning ko'rsatishidagi o'zgarish, (72) tenglamaga nisbatan, 1 % dan yuqori bo'lmasligi lozim:

$$D = \pm (0,5 d + 0,025 Dt). \quad (73)$$

4.4. BOSIM O'LCHASH ASBOBLARINING TAQQOSLANISHI VA O'RNATILISHIGA QO'YILGAN ASOSIY TALABLAR

Bosim o'lchash asboblari boshqa o'lchash asboblari kabi ulardan to'g'ri foydalanishni ta'minlaydigan sharoitlarda ishlatilishi lozim. Bosim o'lchash asboblariga yuqori haroratli o'lchana-yotgan muhitning ta'sir etishini bartaraf qilish lozim, chunki bu asbobning sezgir elementiga ta'sir etib, qo'shimcha xatoliklarga olib kelishi mumkin. Shuning uchun, bosim o'lchash joyi va asbob orasi issiqlik izolatsiyasiga ega emas, ichki diametri 6–10 mm ni tashkil etadigan ulanish naychasi bilan ta'minlanishi lozim bo'ladi. Ulanish naychasining uzunligi shunday tanlanishi lozinki, unda naychanning harorati asbob yaqinida atrofdagi havo haroratiga deyarli teng bo'lishi lozim.

Suv bug'ining bosimini o'lchashda oddiy ulanish naychasi har doim ham manometrni yuqori haroratlardan himoya qila olmaydi. Agarda manometr o'lchash nuqtasidan yuqoriroq joylashgan bo'lsa, unda bug' naychada kondensatlanadi. Kondensat naychadan oqa boshlaydi, naycha va asbobning sezgir elementi har doim yuqori haroratli bug' bilan kondensatlanib va uning ichki qismini to'ldirib qo'yadi. Shuning uchun, bug'ning bosimini o'lchashda manometr oldida halqasimon sifon o'rnatiladi, unga asta-sekin, atrof-muhit haroratigacha soviydigan kondensat to'planadi va u suv to'sig'i vazifasini bajaradi.

Manometrlarning bevosita oldida uch yo'lli ventillar o'rnatilishi ko'zda tutiladi, ular manometrni o'chirish uchun, mano-

metrni atmosfera bilan bog'lab, nolni tekshirish, nazorat manometrini parallel ulanishini va ulash liniyasini puflashni ta'minlaydi. Uzun liniyalar mavjudligida qo'shimcha ventillar o'lchash vositasining ulanish joyida o'rnatiladi, bu esa avariyalarda ulash liniyalarini o'chirish uchun xizmat qiladi.

Havoning haroratida qotib qoladigan agressiv (tajovuzkor) muhitlar (misol uchun, ayrim mazut turlari) bosimini o'lchashda bevosita bosim o'lchash joyida ayiruvchi idishlar o'rnatiladi. Ayiruvchi idishlarning taxminan yarmi o'lchanayotgan muhit bilan, ulanuvchi liniyasi esa o'tkazadigan suyuqlik, asosan, suv bilan to'ldiriladi. Ayiruvchi idishlarning pastki qismida nisbatan og'ir (zichligi katta) suyuqlik joylashtiriladi.

Ulash liniyasi shunday joylashishi kerakki, unda suyuqliklar bilan to'ldirilgan liniyalarda gaz-havo pufakchalarining hosil bo'lishi yoki gaz bilan to'ldirilgan liniyalarda esa kondensat hosil bo'lishi bartaraf etilishi lozim. Buning uchun ulash liniyalari qiya qilib o'rnatiladi, bu esa uzluksiz yoki vaqti-vaqti bilan gaz, havo va kondensatni chiqarib yuborishiga imkon beradi.

$\Delta_0 \leq \frac{1}{4} \Delta$ Chang bilan aralashgan gazli muhit bosimini o'lchash hollarida o'lchash joyining oldida maxsus chang yutgichlar o'rnatilishi ko'zda tutiladi.

Bosim o'lchash asboblari ko'rsatkichlari yuqori aniqlik klas-siga ega bo'lgan asboblarning ko'rsatkichlariga solishtirish yo'li bilan qiyoslanadi. Namunali asbobning yuqori o'lchash chegarasi tekshirilayotgan asbobning yuqori o'lchash chegarasidan yuqori yoki unga teng bo'lishi lozim. Agarda qiyoslanadigan asbobning ruxsat etilgan mutlaq xatoligi D bilan qiyoslanayotgan belgi uchun tavsiflansa, unda standartlarga ko'ra, shunga taalluqli namunali asbobning asosiy mutlaq D_0 xatoligi quyidagicha bo'lishi lozim:

(74)

Agarda namunali va qiyoslanayotgan asboblarning yuqori o'lchash chegaralari bir xil bo'lsa, unda (74) tengsizlik namunali

asbobning aniqlik klassi qiyoslanayotgan asbobnikiga qaraganda kamida 4 baravar yuqori bo'lishini ko'rsatadi.

Kislorod bosimini o'lchash uchun mo'ljallangan manometrni moyda qiyoslash mumkin emas, chunki tekshirishdan so'ng qolgan moy yuqi kislorod muhitida portlashni keltirib chiqarishi mumkin. Bu kabi manometrlar porshenli manometr qurilmalarida ayiruvchi idishlar orqali qiyoslanishi mumkin.

Kislorod bosimini o'lchash uchun mo'ljallangan maxsus manometrlarning siferblatida, standartlarga ko'ra, «Kislorod» yoki «Moyga xavfli» deb yoziladi. Undan tashqari, bunday manometrlarning korpusi havorangga bo'yaladi.

Texnik asboblarning qiyoslanishi ma'lum, tegishli aniqlik klassiga ega namunali asboblarning ko'rsatkichlari bilan solishtirish yo'li orqali, ikkala asboblarni bir xil bosimli muhitga ulanishi bilan amalga oshiriladi.

Vakuummetrlar, naporomerlar va tyagomerlarning qiyoslanishi ma'lum, tegishli aniqlik klassiga ega bo'lgan suyuqlikli shishali asboblarni ko'rsatkichlari bilan ularning ko'rsatkichlarini solishtirish yo'li orqali amalga oshiriladi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Qanday bosim turlari va birliklarini bilasiz?
2. Bosim o'lchaydigan qanday asboblarni mavjud?
3. Ishlatilishiga ko'ra bosim o'lchash asboblari qaysi guruhlariga bo'linadi?
4. Bosim o'lchash asboblari ishlash prinsipiga ko'ra qanday guruhlariga bo'linadi?
5. Qaysi asboblarni suyuqlikli shishali manometrlarga taalluqli?
6. Ikki naychali manometrlar qanday prinsipga ko'ra ishlaydi?
7. Bir naychali manometrlar qanday prinsipga ko'ra ishlaydi?
8. Mikromanometrlar qanday prinsipga ko'ra ishlaydi?
9. Suyuqlikli shishali manometrlardan foydalanganda qanday xatoliklar kelib chiqadi?
10. Qanday prujinali manometrlarni bilasiz?
11. Prujinali manometrlar qanday prinsipga ko'ra ishlaydi?
12. Bir o'ramli prujinali manometrlar haqida nima bilasiz?
13. Ko'p o'ramli prujinali manometrlar haqida nima bilasiz?
14. Bosim o'lchash asboblarning o'rnatilishiga va qiyoslanishiga qanday talablar qo'yiladi?

5-bob

SUYUQLIK VA GAZLAR SARFINI O`LCHASH ASBOBLARI

5.1. SUYUQLIK VA GAZLAR SARFINI O`LCHASH 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 quvurning o`tkazgich kesimidan o`tishni ifodalaydi.

Moddaning miqdori yo massa birligida (kg, t) yoki hajm birligida (m^3 , l) o`lchanishi mumkin.

Tanlangan birliklarga ko`ra massali sarf Q_m da (kg/s; kg/soat; t/soat va boshqa birliklarda) yoki hajmli sarf Q_n da (m^3/s ; $m^3/soat$, l/soat va boshqa birliklarda) o`lchanadi.

Massa birliklari hajmli birliklarga nisbatan moddaning miqdori yoki sarfi to`g`risida to`liqroq ma`lumot berishi mumkin, chunki moddaning hajmi, ayniqsa, gazlarniki bosim va haroratga ko`p darajada bog`liq bo`ladi. Gazlarning hajmli sarflarini o`lchashda solishtirishga loyiq natijalar qiymatini ma`lum o`lchash sharoitlariga (normal sharoitlarga) keltiriladi. Normal sharoitlar deb harorat $t_n = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, bosim $p_n = 101325 \text{ Pa}$ (760 mm.sim.ust) va nisbiy namlik $j = 0$ qabul qilingan. Bu holda hajmli sarf Q_n bilan belgilanadi va hajmli birliklarda (misol uchun, $m^3/soat$ da) ifodalanadi.

Standartlarga binoan, moddaning sarfini o`lchash uchun ishlatiladigan o`lchash asbobi **sarf o`lchagich** deb aytiladi, moddaning miqdorini o`lchash uchun esa **miqdor hisoblagichi** atamasi qo`llaniladi. Har bir alohida holda bu atamalarga nazorat qilindigan muhitni nomini qo`shish zarur bo`ladi.

Amaliyotda turli xil sarf o'lchash usullari hamda o'z konstruktiv tuzilishiga ega bo'lgan ko'p sonli sarf o'lchagich va hisoblagichlar mavjud. Ko'p tarqalganlari quyidagi 5 sarf o'lchagich turi hisoblanadi:

1) o'zgaruvchan bosim farqlarini sarf o'lchagichlar toraytirish qurilmasi bilan (ular o'zgaruvchan bosim farqlari sarf o'lchagichlarining umumiy guruhiga mansub);

2) bosim farqlari o'zgarmas sarf o'lchagichlar;

3) tezlik bosimli sarf o'lchagichlar;

4) induksion sarf o'lchagichlar;

5) ultratovushli sarf o'lchagichlar.

Miqdor hisoblagichlar modda sarfi va miqdorini o'lchashda, asosan, suyuqlik va gazlarning miqdorini o'lchashda qo'llaniladi. O'lchash usuliga ko'ra ular quyidagi guruhlarga bo'linadi:

1) hajm hisoblagichlar;

2) tezlik hisoblagichlar;

3) vazn hisoblagichlar.

Miqdorli sarf o'lchagichlarning imkoniyatlari chegaralangan — ulardan faqat uncha yuqori bo'lmagan bosimlarni o'lchashda va haroratni texnologik jarayonlarning yordamchi uchastkalarida o'lchashda foydalaniladi.

5.2. SUYUQLIK, BUG` VA GAZLAR SARFINI TORAYTIRISH QURILMASIDA BOSIM FARQI BO`YICHA O`LCHASH

Toraytirish qurilmasida bosimlar farqi bo'yicha sarfni o'lchash usuli quvurli o'tkazgichda o'rnatilgan toraytirish qurilmasida bosim farqiga ko'ra o'lchanayotgan muhitning sarfini aniqlashdan iborat. Bu qurilma sarfni birlamchi o'zgartiruvchi deb qaralishi lozim. Toraytirish qurilmasida hosil bo'lgan bosimlar farqi shkalasi sarf birligida darajalangan difmanometr yordamida o'lchanadi.

$$D_p = f(Q).$$

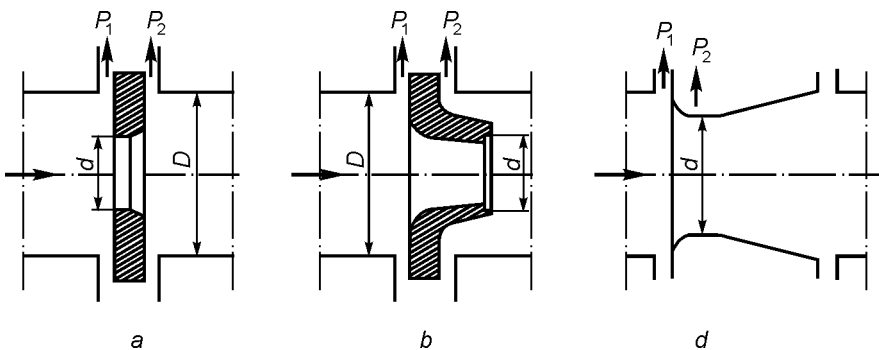
Toraytirish qurilmalari shartli ravishda standartli va standartli emaslariga bo'linadi. Standartli deb shunday toraytirish qurilmalariga aytiladiki, ular umumdavlat DST 8.363-97 normativ hujjatlari asosida tayyorlangan va o'rnatilgan bo'ladi. Standartli toraytirish qurilmalarini $D_p = f(Q)$ darajalangan tavsifi individual darajalashsiz, hisoblash yo'li bilan aniqlanishi mumkin. Standartli emas toraytirish qurilmasining darajalangan tavsifi individual qurilmaning darajalangan tavsifi individual darajalash natijasida aniqlanadi.

Suyuqlik, gaz va bug'larning sarfini o'lchash uchun toraytirish qurilmasi sifatida diafragma, soplolar va Venturi soplolaridan foydalaniladi (26- rasm).

Diafragma (26- rasm), bu dumaloq teshikli yupqa disk shakliga ega qurilmadir, uning o'qi quvur o'qi bo'yicha joylashgan.

Teshikning oldi (kirish) qismi silindr shakliga ega, so'ng u konik kengayib boradi. Teshikning oldidagi chetlari to'rtburchakli (o'tkir) bo'lishi lozim. Standartli diafragma diametri 50 mm dan kichik bo'lmagan quvurli o'tkazgichlarda o'rnatiladi.

Soplo (26, b- rasm) konsentrik teshikli nasadka shaklida ishlangan. Uning kirish qismi ravon torayib, chiqish qismi esa silindrdan iborat. Soploning profili zarrachaning to'liq siqilishini ta'minlaydi va soplodagi silindr teshigining yuzi oqimning minimal kesimiga teng deb hisoblanishi mumkin.



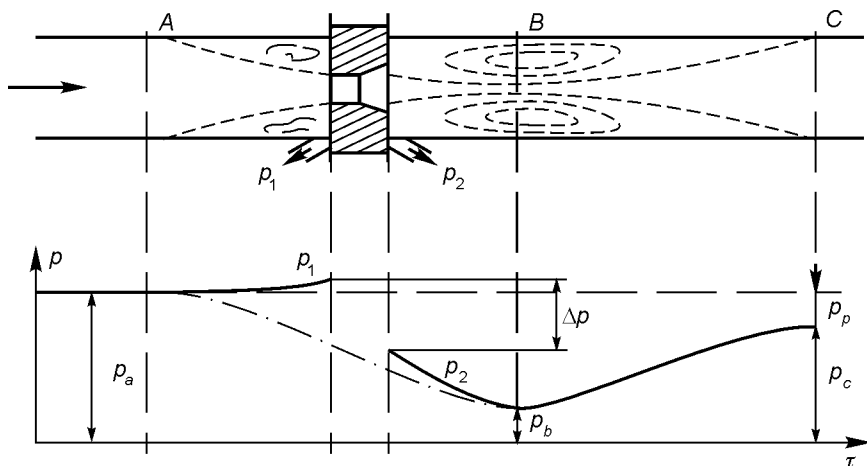
26- rasm. Standartli toraytirish qurilmalari. a) diafragma; b) soplo; d) Venturi soplosi.

Gaz sarfini o'lchashda standartli soplolar diametri 50 mm dan kichik bo'lmagan quvur o'tkazgichlarda o'rnatiladi va suyuqliklar sarfini o'lchashda 30 mm dan kichik bo'lmagan diametrli quvur o'tkazgichlarda o'rnatiladi.

Venturi soplosi (26, d- rasm) soplo profiliga o'xshagan kirish qismiga ega, u silindrik qismiga o'tib, so'ng chiqish konusiga o'tadi. Standartli Venturi soplosi uchun quvur o'tkazgichning eng kichik diametri 65 mm ni tashkil etadi.

26- rasmda P_1 va P_2 harflari bilan difmanometrغا olinadigan nuqtalar belgilangan.

Sarf va bosimlar farqi orasidagi umumiy bog'liqlikni aniqlash uchun dastlab bunday faraz qilamiz: suyuqlikning siqilmagan atrof-muhit bilan issiqlik almashinuvi yo'q va quvurli o'tkazgich gorizontal holatda joylashtirilgan (27- rasm). Siqilmagan suyuqlik sarfi va bosimlar farqi o'rtasidagi nisbat hamda bu oqim uchun energiyaning saqlanish qonunini ifodalovchi Bernulli tenglamasi oqimning uzluksizligi tenglamasidan aniqlanishi mumkin. Agar ishqalanish kuchining ta'siri bo'lmasa va uni inobatga olmasak,



27- rasm. Oqim tavsifi va statik p bosimli quvurli o'tkazgichda diafragmaning o'rnatilishi.

gorizontal (yotiq) quvurli o'tkazgich uchun bu tenglama quyidagicha bo'lishi mumkin:

$$, \quad (75)$$

bunda k_a va k_b – A va B kesimlarida tezlikni baravar taqsimlanmaganiga tuzatma koeffitsiyentlari;

v_a va v_b – A va B kesimlardagi oqimning o'rtacha tezligi;

x – AB uchastkada v_b ga taalluqli qarshilik koeffitsiyenti.

Suyuqlikning zichligi toraytirish qurilmasidan o'tganda o'zgar-maganligi sababli, ya'ni $r_1 = r_2 = r$ bo'lgani uchun

$$v_1 \cdot F_1 = v_2 \cdot F_2. \quad (76)$$

Shuni ham ta'kidlash kerakki, (76) tenglama v_2 tezlik o'lcha-

nanotgan suyuqlikdagi tovush tezligiga teng bo'lgan kritik tezlikdan $\frac{B_1}{\rho} + K'_a \frac{v_a}{2} + K'_b \frac{v_b}{2} + K'_1 \frac{v_1}{2} + K'_2 \frac{v_2}{2}$ kuznik bo'lgan ho'l uchun o'rinlidir. (76) tenglamadan foydalanib, B kesindagi o'rtacha v_2 tezlikni aniqlaymiz:

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2}{\rho} (\rho_1 - \rho_2)}. \quad (77)$$

Hajmli sarf tezlikning oqim kesimi yuzasiga ko'paytmasiga teng, ya'ni

$$Q_h = \frac{F_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2}{\rho} (\rho_1 - \rho_2)}. \quad (78)$$

Ammo (78) tenglamani chiqarishda haqiqiy suyuqlikning qovushqoligi, uning quvurli o'tkazgich va toraytirish qurilmasiga ishqalanishi ta'sirida oqim kesimidagi tezlikning taqsimlanishi no-tekisligi e'tiborga olinmagan.

Bu keltirilmagan chetga chiqishlar sarf koeffitsiyenti a orqali ifodalanadi. Bunda hajmiy sarf tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$Q_h = \alpha F_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}, \quad (79)$$

bunda Q_h – hajmiy sarf, m^3/s ;

Δp – toraytirish qurilmasining yonlarida o'lchangan bosimlar farqi, Pa;

F_0 – toraytirish qurilmasi teshigining yuzasi, m^2 .

Massa sarfi hajmiy sarf va suyuqlik zichligi ko'paytmasiga teng:

$$(80)$$

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

$$a = f(\text{Re}, F_0, D), \quad (81)$$

bunda D – quvurli o'tkazgichning diametri.

Siqiluvchi muhit (gaz, bug') sarfini o'lchashda, modda oqimi toraytirish qurilmasidan o'tayotganda bosinning o'zgarishi natijasida modda zichligining o'zgarishini e'tiborga olish zarur.

Yuqoridagi (80) va (81) tenglamalarni birgalikda yechsak, gaz yoki bug' sarfini hisoblash tenglamalari quyidagicha bo'lishi mumkin:

va

$$(82)$$

bunda E – kengayish koeffitsiyenti.

Demak, gaz va bug' sarfini hisoblash tenglamalari suyuqlik sarfini hisoblash tenglamasidan E koeffitsiyentining mavjudligi bilan farq qiladi. Agar $E=1$ bo'lsa, bu tenglamalarni siqilmaydigan suyuqliklar uchun qo'llash mumkin.

Bosimlar farqi o'zgaruvchan sarf o'lchagichlar bayoni so'ngida ularning afzalliklarini keltiramiz.

1. Toraytirish qurilmalari – sarf o'lchashning sodda, arzon va ishonchli vositasi.

2. Toraytirish qurilmalari har tomonlamali, ya'ni ular bosimlar, haroratlar va quvurli o'tkazgich diametrlarining keng ko'lamida har qanday bir fazali (yoki ko'p fazali) muhitlarning sarfini o'lchashda qo'llanishi mumkin.

3. Standart toraytirish qurilmalarini darajalash tavsifi hisoblash yo'li bilan topilishi mumkin, shuning uchun namunali sarf o'lchagichlarga hojat qolmaydi.

4. Turli sharoitlarda o'lchash uchun ishlanishi bo'yicha bir rusumli difmanometrlar va ikkilamchi asboblardan foydalanish mumkinligi; har bir sarf o'lchagich uchun faqat toraytirish qurilmalari individual bo'la oladi.

Afzalliklari bilan bir qatorda bunday sarf o'lchagichlarning kamchiliklari ham mavjud.

1. Sarf va bosimlar farqi orasidagi bog'lanishning noxiziqligi, bu o'lchash xatoligining kattaligi sababli $0,3 Q_{yuch}$ dan kam sarfni o'lchashga imkon bermaydi.

2. Sarflarni kichik diametrli quvurli o'tkazgichlarda o'lchash uchun toraytirish qurilmalarini darajalashni alohida-alohida olib borish kerak bo'ladi.

3. Toraytirish qurilmali sarf o'lchagichlar chegaralangan aniqlikka ega, bunda o'lchash xatoligi quvurli o'tkazgich holatiga, bosim o'zgarasligiga va o'lchanayotgan muhitga bog'liqligida keng chegaralarda (1,5 – 3%) o'zgaradi.

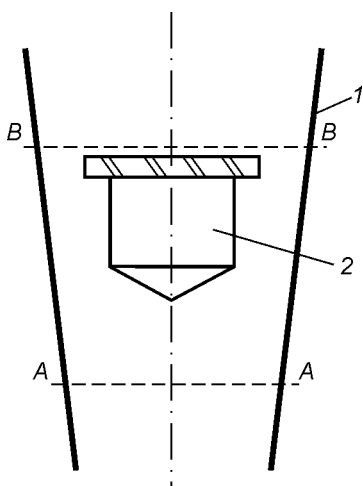
4. Uzun impulsli naychalar borligi sababli tezkorligi chegaralangan (inersionligi katta) va shu munosabat bilan tez o'zgaradigan sarflarni o'lchashda qiyinchilik tug'diradi.

5.3. BOSIM FARQLARI O'ZGARMAS SARF O'LCHAGICHLAR. AYLANIB OQIB O'TUVCHI SARF O'LCHAGICHLAR

Shishali va elektrik (metalli) rotametrlar. Rotametrlarning o'rnatilishi va qiyoslanishi qoidalari. Rotametrlar drossel rusumli asboblarga kiradi, ular suyuqliklar va gazlarning (havoning) sarflarini o'lchash uchun xizmat qiladi. Asboblarda quvurli o'tkazgich uchastkalarida vertikal (tikka) o'rnatiladi va o'lchanayotgan muhit oqimining pastdan yuqoriga o'tayotgan sarfini o'lchaydi. Sarfning o'zgarishi ularning o'tish kesimining o'zgarishiga olib keladi hamda asboblardagi bosimlar farqi har doim bir xil bo'lib qolaveradi va hisob natijalariga teng bo'ladi. Rotametrlar shkalalari bir xil bo'linmali bo'lib, muhit bosimini yo'qotishlari doimiy bo'lganligi ularning afzalliklaridir.

Tuzilishiga ko'ra rotametrlar shishali va metall rotametrlarga bo'linadi. Shishali rotametrlar ko'rsatuvchi, metallilari esa – shkalasiz datchiklardir, ular differensial-transformatorli asboblarda ishlashga mo'ljallangan.

28- rasmda rotametrlarning chizmasi ko'rsatilgan. Rotometr vertikal joylashgan konussimon naycha 1, uning ichida erkin harakat qiluvchi silindrlilikli rotor qalqovichi 2 joylashgan. U zanglamaydigan po'lat, dyuraluminiy yoki ebonitdan tayyorlangan.



28- rasm. Rotometr chizmasi.

Shunday qilib, qalqovichning holati o'zgarishi bilan qalqovich va konussimon naychaning ichki devorlari orasidagi o'tish kesimi o'zgaradi, natijada o'tish kesimidagi oqimning tezligi qalqovich ko'ndalang kesimi yuzining birligidagi massaga tenglashguncha shu harakatda bo'ladi. Berilgan muhitning har bir sarfi kattaligiga qalqovichning tegishli holati mos keladi.

9 0

Qalqovichning muvozanat holati quyidagiga teng:

$$g = (p_1 - p_2)F, \quad (83)$$

$$p_1 - p_2 = g_1 / f = 1,274 (d_1 / d_2), \quad (84)$$

bunda p_1 va p_2 – qalqovichdan oldingi va keyingi muhit bosimi, N/m^2 ;

g – qalqovichning massasi, kg;

F – qalqovichning yuzasi, m^2 ;

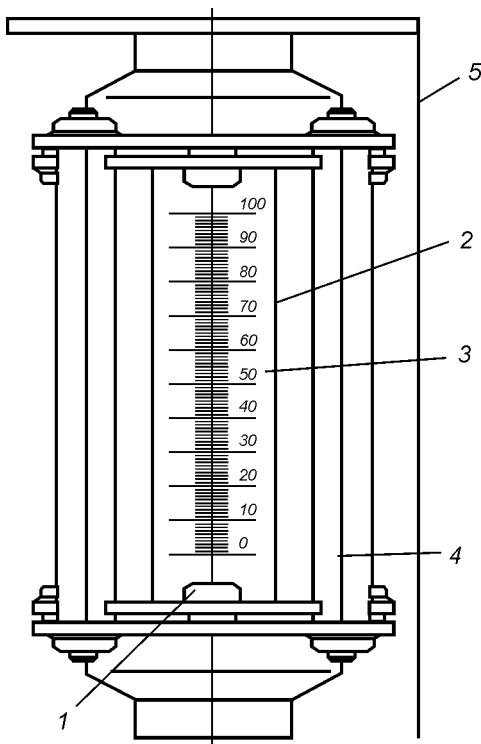
d – qalqovichning diametri, m.

(84) tenglamadan shuni ko'rish mumkinki, asbobning bosimlar farqi har doim o'zgarmas, sarf kattaligiga bog'liq emas va faqat qalqovichning konstruksiyasiga ko'ra diametri va massasi bilan belgilanadi.

Sarfni rotametr bilan o'lchashda o'lchashning pastki chegarasi 20% nominal qiymatiga teng. Asbob foizda darajalangan shartli shkalaga ega.

PC rusumli shishali rotametr (29- rasm) korpus 5 ga ustunlar 4 yordamida o'rnatilgan 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 (chizish yo'li bilan) darajalanadi. Hisoblashlar qalqovichning ustki gorizontal tekisligi bo'yicha olib boriladi.

Konussimon shisha naychali rotametrlar suv bo'yi-



29- rasm. PC rusumli shishali rotametrlar.

cha 0,025–4 m³/soat va havo bo'yicha 0,4–40 m³/soat, o'lchash chegarasi: 0,6 MPa (6 kg-k/sm²) gacha ish bosimiga mo'ljallangan. Asbobning asosiy xatoligi yuqori va pastki o'lchash chegaralarining farqi 1,6% ni tashkil etadi.

Rotametrlar bosim farqi o'zgaruvchan sarf o'lchagichlarga nisbatan bir qator afzalliklarga ega: rotametrlarning shkalalari teng bo'linmali bo'lib, uncha katta bo'lmagan sarflarni o'lchashga imkon beradi; bosimning yo'qolishi kichik va u sarf kattaligiga bog'liq emas, rotametrlarning o'lchash ko'lemi katta.

Rotometr kamchiliklari: quvurli o'tkazgichlarning faqat vertikal uchastkalarida o'rnatilishi, ko'rsatuvlarni masofaga uzatish, ularni yozib olish qiyinligi va yuqori bosim va haroratlarga ega muhitlar sarfini o'lchash uchun yaroqsizligidir.

Yuqorida keltirilgan suyuqlik, bug' va gazlar (havo)ning miqdori va sarfini o'lchash usullari shu bilan tavsiflanadiki, ularda sezgir elementi bevosita o'lchanayotgan muhit bilan bog'liq, ya'ni ular mexanik va kimyoviy shikastlanadi, bu esa oqibatda oqim bosimining kamayishiga olib keladi. O'lchanayotgan muhitning sezgir elementga uzluksiz ta'siri vaqt o'tib borishi bilan o'lchash ko'rsatkichi aniqligiga salbiy ta'sir etadi va natijada ularning ishonchli ishlashi hamda asbobning ishlash muddati kamayadi.

Kimyoviy jihatdan agressiv (kislotalar, ishqorlar), abrazivli (kulshlak materiallarning pulpasi) va boshqa suyuqliklarning sarfini o'lchash uchun, yuqoridagi asbob va usullar (ularda sarf o'lchagich qismlariga materiallar tegib turishiga ruxsat etilgan) qo'l kelmaydi. Shuning uchun o'lchanayotgan moddalar bilan aloqasi yo'q, sezgir elementi bilan tegib turmaydigan qator usul va asboblardan mavjud va ular agressiv muhitlarda qo'llanilishi mumkin. Bu kabi asboblarga elektromagnitli va ultratovushli asboblarni kiritish mumkin.

5.4. ELEKTROMAGNITLI SARF O'LCHAGICHLAR

Elektromagnitli (induksion) sarf o'lchagichlarning ishlash prinsipi tashqi magnit maydon ta'sirida elektr tokining o'tkazuvchi

suyuqlik oqimida hosil qilgan EYK (elektr yurituvchi kuch)ni o'lchashga asoslangan. EYKning kattaligi quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi.

$$E = BDv, \quad (85)$$

bunda B – magnit induksiyasi;

D – quvur diametriga teng suyuqlik o'tkazgichning uzunligi;

v – suyuqlikning o'rtacha tezligi.

Elektromagnitli sarf o'lchagichlar elektr o'tkazuvchanligi $1 \cdot 10^{-4} \text{ W}^{-1} \text{ sm}^{-1}$ dan kichik bo'lmagan va harorati $5\text{--}120 \text{ }^\circ\text{C}$ li suyuqliklar sarfini o'lchash uchun qo'llaniladi.

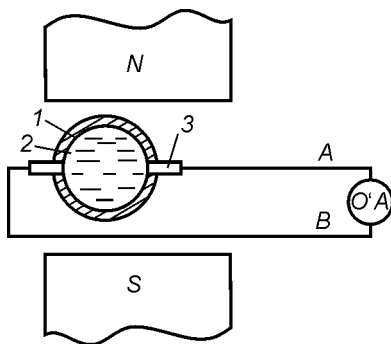
Shunday qilib, elektromagnitli sarf o'lchagich, bu oqimning o'rtacha tezligiga va suyuqlikning sarfiga proporsional, EYK ishlab chiqaruvchi, o'zgaruvchan tokli mo'jaz gidrodinamik generatoridir.

Elektromagnitli sarf o'lchagichning prinsiplial chizmasi 30-rasmda keltirilgan.

Magnitli bo'lmagan materialdan ishlangan va ichidan elektr izolatsiyasi bilan (rezina, emal, ftoroplast va boshqalar) qoplangan qayta o'zgartkichlarning korpusi 1 magnit qutblari (rasmda o'zgarimas magnit tasvirlangan) orasida joylashgan.

Quvur devorlarida izolatsiyalangan diametri bo'yicha elektrod 3 lar o'rnatilgan, ular suyuqlik bilan elektr kontaktga bo'ladi.

Magnit maydonining kuch chiziqlari quvur o'qi va elektrodli liniyalardan o'tuvchi tekislikka perpendikular yo'nalgan. Elektromagnitli sarf o'lchagichlar boshqarusunli sarf o'lchagichlarni ishlatish imkoni bo'lmagan vaqtlarda, masalan, agressiv, abraziv va qo-



30- rasm. Tashqi magnitli elektromagnitli sarf o'lchagichning chizmasi.

vushqoq suyuqliklar va pulpa, suyuq metallarning sarfini o'lashda qo'llanishi mumkin.

Elektromagnitli sarf o'lchagichlar bir qator afzalliklarga ega. Bular inersion bo'lmagan, tez o'zgaruvchan sarflarni o'lashda va ularni avtomatik rostlash sistemalarida ishlatishda juda muhim. O'lchash natijalariga suyuqlikdagi zarrachalar va gaz puffakchalari ta'sir qilmaydi. Sarf o'lchagichning ko'rsatishlari o'lchayotgan suyuqlik xususiyatlariga (qovushqoqlik, zichlik) va oqim tavsifiga bog'liq emas.

Elektromagnitli sarf o'lchagichlarning kanchiliklariga o'lchayotgan muhit elektr o'tkazuvchanligi qiymatining minimalligiga qo'yilgan talabni kiritish lozim, bu ularning qo'llanish doirasini cheklaydi. O'lchash chizmasining murakkabligi, ko'pgina to'siqlarning ta'siri foydalanishni qiyinlashtiradi. Sanoatda bir necha rusumli, 1 va 1,5 aniqlik klassiga ega bo'lgan induksion sarf o'lchagichlar ishlab chiqarilmoqda.

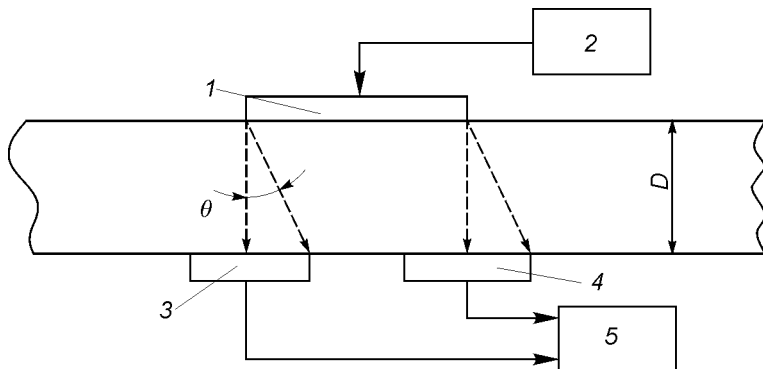
Eng aniq sarf o'lchagichlar, bu Ξ D-51 rusumli, 1 aniqlik klassiga ega sarf o'lchagichlardir. Ular shartli o'tish diametri 10–300 mm va 0,32–2500 m³/soat yuqori o'lchash chegarasiga ega.

5.5. ULTRATOVUSHLI SARF O'LCHAGICHLAR

Sarf o'lchashning ultratovushli usuli quvurga nisbatan ultratovush tezligining oqim tezligiga bog'liqligiga asoslangan.

Ultratovushli sarf o'lchagichlar eng avvalo suyuqlikning sarfini o'lchash uchun ultratovush to'lqinining kichik intensivligi va gazlarda ultratovushning yutilish koeffitsiyentining kattaligi tufayli qo'llaniladi.

Tovush to'lqinining harakatdagi muhitda tarqalishida tovushning manbadan qabul qiluvchi qurilmaga yetib borish tezligi faqat tovushning tezligiga emas, balki harakat qiluvchi muhitning tezligiga ham bog'liq bo'ladi. Sarf o'lchashning ultratovushli prinsipi shunga asoslangan. Agar tovush to'lqini oqim yo'nalishida harakat qilsa, ularning tezligi qo'shiladi, tovush oqimiga qarshi yo'nalsa, tezliklar ayirmasi topiladi. Ultratovushning oqim bo'yi-



31- rasm. Tovush to'liqini oqimiga perpendikular sarf o'lchagichlarning chizmasi.

cha va unga qarshi yo'nalishdagi tezligining farqi oqim tezligiga, ya'ni oqayotgan suyuqlik sarfiga proporsional.

Ultratovushli sarf o'lchagichlarni ikki guruhga bo'lish mumkin.

Birinchi guruhga tovush to'liqini oqimiga perpendikular sarf o'lchagichlarni kiritish mumkin (31- rasm). Generator 2 bilan qo'zg'atilgan pezoelement 1 quvur o'qiga perpendikular yo'nalgan ultratovush tebranishini hosil qiladi. Oqimning o'rtacha tezligi $v_{o'rt}$ ortishi bilan ultratovushli nurning tezlik yo'nalishi v dan to-bora og'ib boradi.

Qabul qiluvchi 3 va 4 pezoelementlarda nurning chiziqli og'ishi quyidagicha:

$$q \gg \frac{v}{v_{o'rt}} / c, \quad (86)$$

bunda q – nurning og'ish burchagi;

c – harakatsiz muhitdagi ultratovush tezligi.

$v_{o'rt}$ ortishi bilan pezoelement 3 ga tushuvchi energiya miqdori kamayib boradi, 4 pezoelementga tushuvchi energiya miqdori esa ortib boradi va, shunday qilib, 5 kuchaytirgich kirish joyidagi signallar farqi ortib boradi. Bunday chizma sarf o'lchagichlar oddiy tuzilishga ega, ammo nurning og'ishi kichik bo'lgani tufayli, u chegaralangan aniqlikka ega. Shuning uchun, ikkinchi guruh sarf o'lchagichlar keng tarqalgan usul sirasiga kiradi. Ularning

ishlash prinsipi oqim bo'ylab hamda unga qarshi yo'nalishda hosil qilingan ultratovush tebranishlari chastotasining ayirmasini o'lchashga asoslangan.

Sarf o'lchagichlar bir kanalli va ikki kanalli chizmalarga ko'ra ishlab chiqarilishi mumkin.

Yuqorida keltirilgan ultratovushli sarf o'lchagichlarning ishlash prinsipi ularning asosiy kamchiliklarini keltirib chiqarishi mumkin. Ularning muhim kamchiliklari asbob ko'rsatishiga o'lchanayotgan muhitning fizik-kimyoviy holatining o'zgarishi hamda muhitning harorati ultratovush tezligiga ta'sir etishidan iborat.

Ultratovushli sarf o'lchagichlar ko'pgina sanoat tarmoqlarida o'zining quyidagi afzalliklari tufayli istiqbolga ega:

1) turli diametrli quvur o'tkazgichlarda (10 mm va undan yuqori) ishlatish mumkin;

2) har qanday muhitning sarfini kontaktsiz o'lchash imkoni mavjud.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Suyuqlik va gazlarning sarfini o'lchash asboblari to'g'risida nima bilasiz?
2. Standartli toraytirish qurilmalari nima va qanday standartli toraytirish qurilmalaridan sarfini o'lchash uchun foydalaniladi?
3. Toraytirish qurilmalari qanday afzalliklar va kamchiliklarga ega?
4. Toraytirish qurilmalari qaysi prinsipga ko'ra ishlaydi?
5. Shishali rotametrlar qaysi prinsipga ko'ra ishlaydi?
6. Shishali rotametrlarning afzalliklari va kamchiliklari nimadan iborat?
7. Elektromagnit sarf o'lchagichlarning ishlashi nimaga asoslangan?
8. Elektromagnitli sarf o'lchagichlarning afzalliklari va kamchiliklari nimadan iborat?
9. Ultratovushli sarf o'lchagichlarning ishlashi nimaga asoslangan?
10. Ultratovushli sarf o'lchagichlarning afzalliklari va kamchiliklari nimadan iborat?
11. Qanday sarf o'lchash usullarini va birliklarini bilasiz?

6-bob

SATHNI O'LCHASH ASBOBLARI

6.1. SUYUQLIKLARNING SATHINI O'LCHASH ASBOBLARI TO'G'RSIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR

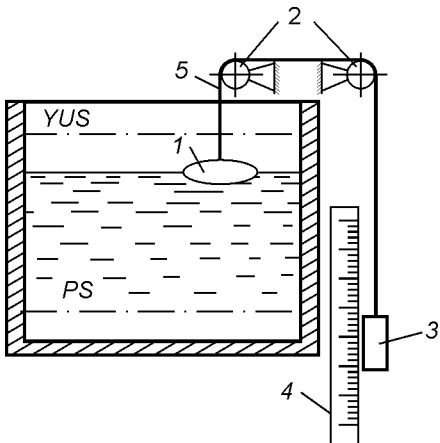
Suyuqlik va sochiluvchan moddalar sathining balandligini o'lchash balandlikni o'lchash texnologik jarayonlarini avtomatlashtirishda muhim ahamiyatga ega. Sath balandligini o'lchash texnologik jarayonda ishtirok etayotgan ishlab chiqarish apparatida sath holatini nazorat qilishdan iborat.

Sath balandligini o'lchash asboblari o'lchanayotgan muhitning tavsifi va ishlash prinsipiga ko'ra quyidagi guruhlariga bo'linadi:

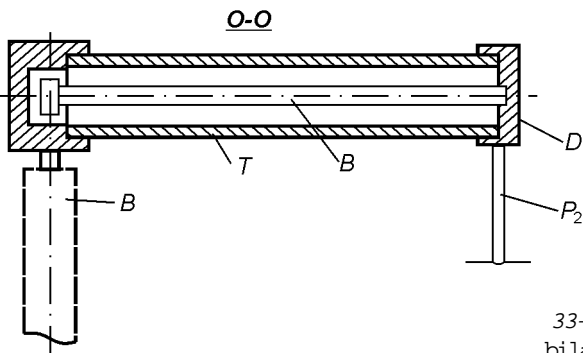
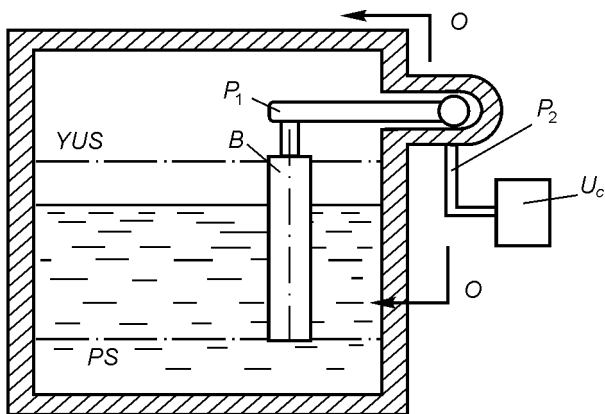
- 1) **Mexanikaviy**, sathni o'lchash uchun qalqovich yoki suyuqlik sirtida joylashgan boshqa jismdan foydalaniladi;
- 2) **Gidrostatikli**, sathni o'lchash uchun o'lchanayotgan muhitning zichligiga teng yoki farqlanadigan muhitlarning tutash idishlardagi sathini o'lchash uchun foydalaniladi.
- 3) **Pnevmanometrikli**, suyuqlik qatlami tagiga puflanayotgan havoning (yoki boshqa gazlarning) bosimini o'lchash prinsipiga asoslangan.
- 4) **Radioizotopli**, elektromagnit to'lqinlar tebranish parametrlarining suyuqlik sathi balandligiga asoslangan.
- 5) **Sig'imli**, suyuqlik sathi balandligining o'zgarishi elektr sig'imi o'zgarishiga asoslangan.

6.2. MEXANIKAVIY SATH O'LCHAGICHLAR

Mexanikaviy asbobning sezgir elementi – qalqovich suyuqlik yuzasida qalqib turadi (32- rasm) va suyuqlik sathi balandligidagi o'zni unga ta'sir qiladigan kuchlar muvozanatiga bog'liq bo'ladi.



32-rasm. Sathni qalqovich bilan o'lchash chizmasi.



33-rasm. Sathni buyka bilan o'lchash chizmasi.

Arximed qonuniga muvofiq, qalqovich og'irligi uning suyuqlikka botgan hajmidagi suyuqlik og'irligiga teng bo'ladi.

Doimiy va davriy cho'kadigan qalqovichli sath o'lchagichlarda qalqovichni yuqoriga ko'taradigan muvozanatlovchi kuch qalqovich og'irligiga teng va o'zgarmas bo'ladi:

$$F = G = \text{const.}$$

32- rasmda doimiy cho'kadigan qalqovichli sath o'lchagichning chizmasi ko'rsatilgan. Sanoatda qo'llaniladigan ko'pchilik sath o'lchagichlar shu chizma asosida ishlaydi. Qalqovich 1 roliklar 2 yordamida muvozanatlovchi yuk 3 bilan elastik tros (po'lat sim) 5 orqali bog'langan. Yuk bilan birkutilgan strelka shkala 4 ga muvofiq suyuqlik sath balandligini ko'rsatib turadi.

Bu o'lchagichning asosiy kamchiliklari – shkalasining teskariligi va tros og'irligining o'zgarishi hisobga olinmasligi, baland idishlarda hisoblash qiyinligi va hokazo.

Qalqovichli sath o'lchagichlarning turli modifikatsiyalari mavjud. Ular bir-biridan tuzilishi, o'lchash tavsifi, masofaga uzatish tizimini ishlatish shartlari va boshqa xususiyatlari bilan farq qiladi.

Qalqovichli sath o'lchagichlar qator afzalliklarga ham ega: qurilma sodda, o'lchash ko'lami katta, aniqligi yuqori, agressiv va qovushqoq muhitlar sathini o'lchash mumkin, o'lchashning harorat ko'lami keng. Afzalliklaridan tashqari, ularning yana quyidagi kamchiliklari mavjud: idishda qalqovich borligi va metall zanglashi mumkinligi, kinematik qismlari borligi sababli yetarli mustahkam emasligi, idishlarda bosim ostida sathni o'lchash qiyinchiligi.

Qalqovichli sath o'lchagichlarning o'lchash ko'lami quyidagi qatordan tanlanadi: 0-0,25; 0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10,0; 16,0 va 20 m. Aniqlik klassi 0,6; 1,0; 1,6 va 2,5 bo'lishi mumkin. Asboblarning asosiy xatoliklari $\pm 1,0$ dan 10,0 mm gacha bo'ladi.

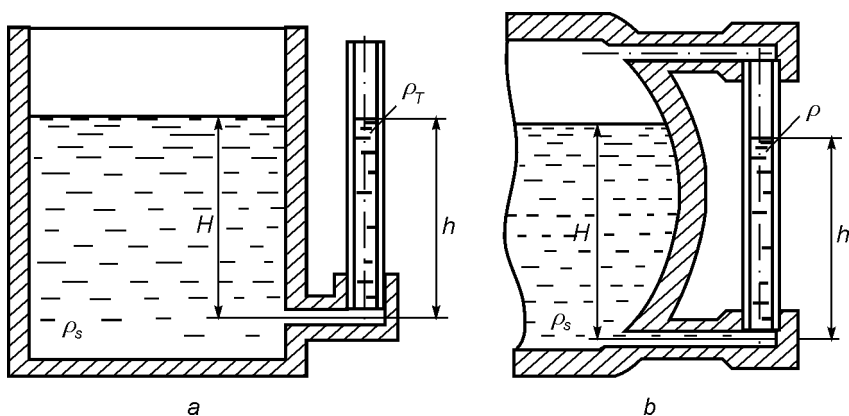
6.3. GIDROSTATIK SATH O'LCHAGICHLAR

Gidrostatik sath o'lcagichning eng oddiysi bo'lib shisha naychali suv o'lcagich xizmat qiladi, u bosim o'lchash idishlarida, yuqori bosimlar yoki vakuumlarni o'lchashda qo'llaniladi. Zamonaviy bug' generatorlarida oddiy suv o'lchash naychalarini ishlatish noqulay, chunki sath o'lcagichlarni boshqaruv postiga yoki kamida boshqaruv posti belgisigacha o'tkazish zarur bo'ladi. Pasaytirilgan ko'rsatkich bilan ishlaydigan bug' qozoni barabanlarida sath o'lcagichning eng oddiysi bu ulanuvchi liniyadagi suvning zichligidan ko'ra yuqori zichlikli suyuqliklar to'siqlaridan foydalaniladi. To'siqli suyuqliklar suv bilan aralashmasligi yoki yuqori bosim ostida parchalanib ketmasligi lozim. Ko'rsatkichning o'ng tutash naychasi qisman shishadan tayyorlangan, bu esa to'siqli suyuqlikning yoki suvning tegib turish chegarasini ko'rishga imkon beradi. To'siqli suyuqliklar sifatida turli xil organik suyuqliklar yoki ularning aralashmalari qo'llaniladi, Masalan,

$\text{CHCl}_2 - \text{CHCl}_2$ aralashmasi ($r = 1,623$);

CHBr_3 aralashmasi ($r = 2,89$, benzol bilan);

$\text{CBr}_3\text{CH}_2\text{Cl}$ ($r = 3,42$) toluol ($r = 0,864$) bilan;



34- rasm. Shishali suv o'lcagich yordamida suyuqlik sathini o'lchash.

CBr_4 eritmasi $CHCl_3$ da ($r = 1,489$),

To'siqli suyuqliklar yog'da eriydigan bo'yoq bilan, odatda qizil rang bilan bo'yaladi, bu tegishli yoriqlikda ularning suv bilan tegib turish chegarasini ajratib olish uchun imkon beradi.

34- rasmda shishali suv o'lchagichning chizmasi keltirilgan.

Gidrostatik sath o'lchash usuli qator afzalliklarga ega. Bu kabi sath o'lchagichlar mexanik mustahkam, montaji oddiy, ishonchli. Ammo ularning kamchiligi ham mavjud: sezgir elementi nazorat qilinayotgan muhit bilan bevosita aloqadordir.

6.4. SUYUQLIK SATHINI O'LCHASH UCHUN BOSHQA ASBOBLAR

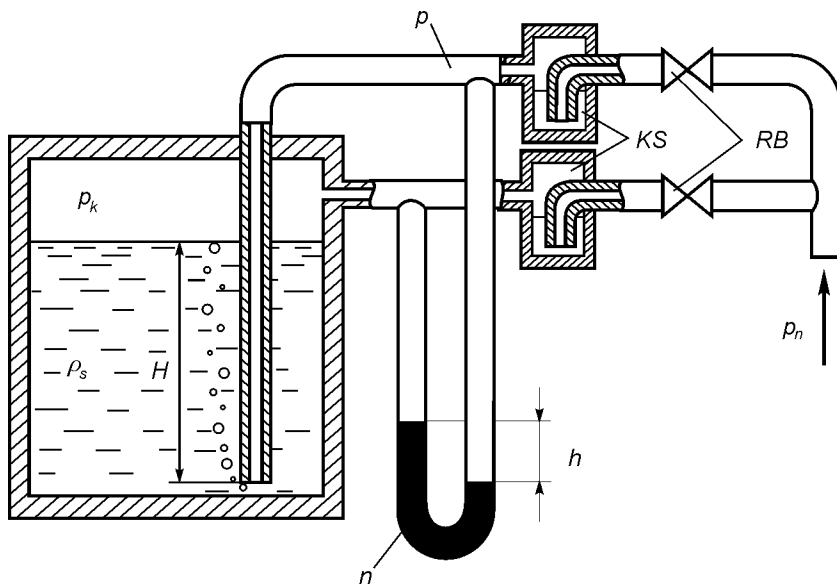
Manometrik sath o'lchagichlar. Suyuqliklarning sathini o'lchash uchun sanoat rusumli differensial manometrlar (difmanometr) dan foydalanish mumkin (qalqovichli, membranali, silfonli), ularning sath birliklari sm da darajalangan. Bu holda ko'rsatuvlarni uzoq masofaga telemektrik uzatilishini amalga oshirish mumkin.

Differensial manometr gidrostatik bosimlar farqini o'lchana-yotgan va tutash idishlarda ko'rsatadi.

Ochiq idishlarda sathni o'lchash hollarida tutash idishlarni qo'llanmasa ham bo'ladi, bu holatlarda sathni oddiy (differensial emas) manometrlar ko'rsatuviga asosan olish mumkin. Ammo bunda, ulash liniyalarida balandlikni jiddiy o'lchanishi talab etiladi va har bitta holatda o'ziga tegishli tuzatmalarni kiritish lozim. Tutash idishlarning qo'llanilishi o'lchashlarning balandlikka bog'liq emasligini ta'minlaydi.

Qalqovichli difmanometrlar sath o'lchagichlar sifatida balandlikni 25 dan 6300 sm gacha keng ko'lamda o'lchash uchun ishlab chiqariladi.

Sanoq qurilmasiga ega silfonli difmanometrlar balandlik darajasi 63 dan 1600 sm gacha o'lchash ko'lamida ishlab chiqariladi, sanoq qurilmasizlari esa (ko'rsatuv uzatilishining telemektrik tizi-



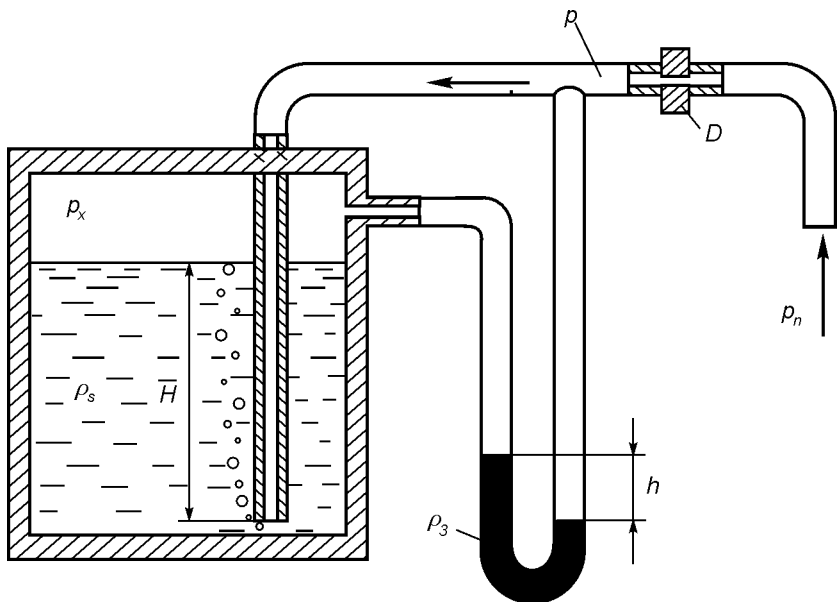
35- rasm. Ikki kamerali tutash idishning chizmasi.

mi bilan) 25 dan 6300 sm gacha balandlik uchun ishlab chiqariladi. 35- rasmda manometrik sath o'lgagichning chizmasi keltirilgan.

Pnevmanometrik sath o'lgagichlar. Suyuqlik sathini pnevmanometrik o'lchashlarda gidravlik to'siq tizimida eng yuqori bosim chegarasi o'rnatiladi. Sathni o'lchash uchun havo va inert gazlarning bosimlaridan foydalaniladi.

Bosimlar farqi kerakli qiymatlarga ega bo'lgan to'siqli suyuqlikni manometrda suyuqlik sathi bo'yicha yoki boshqa usullarga ko'ra aniqlash mumkin. Oddiy sath o'lgagichlarda bosim porshenli nasos bilan yaratiladi, bunda sath bosimining maksimal og'ishi bo'yicha aniqlanadi. Siqilgan havo yoki gaz har qanday havo va gaz manbayidan uzluksiz uzatilishi mumkin.

Pnevmanometrik usul bilan o'lchashlar yerosti hajmlarda, yoqilg'i balandligini yoki boshqa o'lchash qiyin bo'lgan joylarda joylashgan sisternalarda agressiv suyuqliklarni va boshqa turli holatlardagi o'lchashlarda qo'llaniladi.



36- rasm. Pnevmanometrik sath o'lgagich chizmasi.

36- rasmda pnevmanometrik sath o'lgagichning chizmasi keltirilgan.

Radioizotopli sath o'lgagichlar. Radioizotopli sath o'lgagichlarning ishlash prinsipi yutish qobiliyati turlicha bo'lgan ikki muhitdan o'tayotgan nurlarning qayd qilinishi va muhitlarning chegarasi o'zgarishi bilan nurlanish o'zgarishiga asoslangan. Radioizotopli sath o'lgagichlarning asosiy qismlari nurlanish manbai va nurlarni qabul qiluvchi asboblardan iborat. Nurlanish manbai sifatida o'zidan g-nurlar chiqaradigan Co^{60} , Cs^{137} , Se^{75} va boshqa moddalar ishlatiladi. Qabul qiluvchi asbob sifatida asosan Geyger-Myuller hisoblagichidan foydalaniladi.

Radioizotopli asboblarning xatoligi $\pm 0,5-1\%$ dan oshmaydi. Bu asboblarning asosan boshqa turdagi asboblardan foydalanish mumkin bo'lmagan holatlarda qo'llaniladi. Ulardan ochiq va berk idishlardagi suyuqlik hamda sochiluvchan moddalar sathini o'lchash uchun foydalanish mumkin, bundan tashqari, o'lchana-

yotgan muhit bilan asbob orasida hech qanday bog'lanish bo'lmagani sababli agressiv suyuqlik va moddalarning balandligini o'lchash mumkin.

Ultratovushli sath o'lchagichlar. Ultratovushli sath o'lchagichlarning ishlash prinsipi suyuqlik, gaz (havo) qatlamidan tovush to'lqinlarining qaytishiga asoslangan. Ultratovush impulsining havo va o'lchanayotgan muhit chegarasi sirtidan qaytish kattaliklari akustik qarshilikning keskin farqi natijasida sodir bo'ladi. Bu asboblardan qator afzalliklarga ega: masalan, yuqori aniqligi, kichik inersionligi, keng ko'lamda ishlashi, kontaktsizligi va agressiv suyuqliklar bilan ishlash mumkinligi va boshqalar.

Ultratovushli sath o'lchagichlar 45 mm dan bir necha o'n metrgacha o'lchash ko'lamiga ega. O'lchanayotgan muhit harorati – 50 dan +200 °C gacha yetishi mumkin. Yo'l qo'yiladigan asosiy xatoligi +2,5% ni tashkil qilishi mumkin.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Qanday sath o'lchash asboblari bilasiz?
2. Mexanikaviy sath o'lchagichlar qaysi prinsipga ko'ra ishlaydi?
3. Hidrostatik sath o'lchagichlarning ishi nimadan iborat?
4. Manometrik va pnevmonometrik sath o'lchagichlarning ishlash prinsipi nimaga asoslangan?
5. Radioizotopli sath o'lchagichlarning qanday afzalliklari mavjud?
6. Ultratovushli sath o'lchagichlarning ishi nimaga asoslangan?

7-bob

FIZIK-KIMYOVIY TAHLIL ASBOBLARI

7.1. GAZ TAHLILLAGICHLAR TO'G'RISIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR

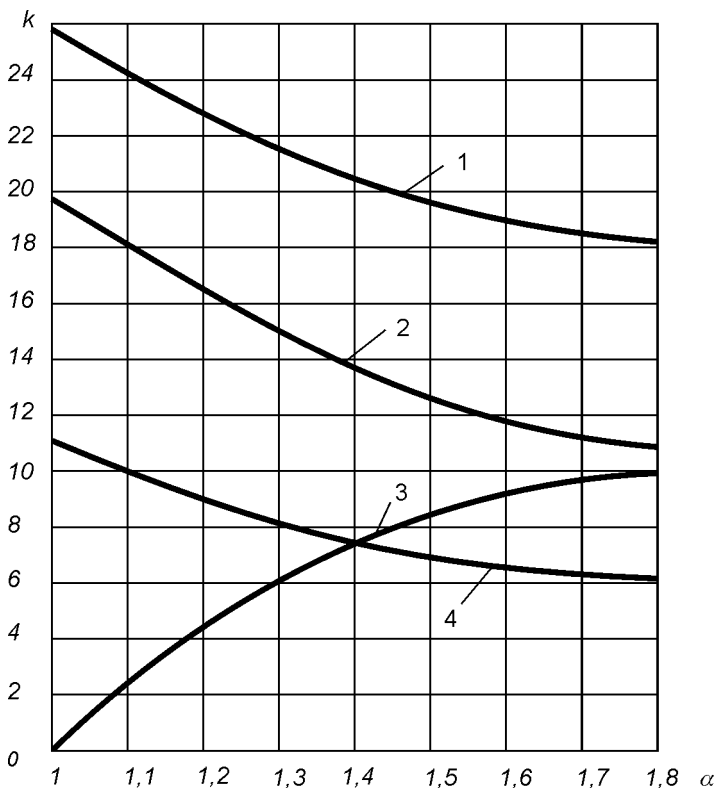
Energetika qurilmalarining issiqlik jarayonlari tejamkorligi ko'p jihatdan issiqlik isrofiga bog'liq bo'ladi. Issiqlik isrofi asosan yoqilg'i kimyoviy to'liq yonmasligidan va tutun gazlari bilan issiqlik yo'qolishidan iborat bo'ladi.

O'txonada yonish jarayonining to'g'ri kechishini ta'minlash uchun o'txonaga havoni kerakli miqdorda berish zarur bo'ladi, u havoning ortiqcha koeffitsiyenti bilan aniqlanadi. Agar berilayotgan havo miqdori yetarlicha bo'lmasa, unda yoqilg'i oqibatda mo'ljallangan to'liq issiqlikni ajrata olmaydi. Agarda o'txonaga ko'p miqdorda havo berilsa, o'txona soviydi va undan chiqib ketayotgan gazlar bilan birga issiqlik isrofi ko'payib boradi.

Yoqilg'ining o'txonada normal yonishi nazorati o'txona gazlarining tahlili yordamida olib boriladi. 37-rasmdan shuni ko'rishimiz mumkin bo'ladiki, havoning ortiqcha koeffitsiyentiga o'txona gazlaridan faqat karbonat angidrid gazi CO_2 va kislorod O_2 ning ma'lum miqdori to'g'ri keladi.

Shunday qilib, yonish jarayoni nazoratini gazlarda CO_2 va O_2 orqali olib borish mumkin. Gaz aralashmalari tahlili va nazorati **gaz tahlillagichlar** (gaz analizatorlari) deb aytiladigan asboblardan yordamida olib boriladi.

Gaz analitik asboblarning nomenklaturasi xilma-xil, chunki tahlil qilinayotgan gaz aralashmasining tarkibi turlicha va bu aralashmadagi ayrim elementlarning miqdori keng ko'lamda o'zgaradi.



37- rasm. Havoning ortiqcha koeffitsiyentiga o'txona gazlari tarkibining bog'liqligi.

k – gazlarning foizli miqdori; α – havoning ortiqcha koeffitsiyenti; 1, 4 – ikki xil gazsimon yoqilg'i uchun; 2 – CO_2 – qattiq yoqilg'i uchun; 3 – O_2 .

Zamonaviy gaz tahlillagichlarda fan va texnika turli sohalari-ning eng yangi va oxirgi yutuqlariga asoslangan turli xil fizik-kimyoviy tahlil usullari qo'llaniladi.

Avtomatik gaz tahlillagichlarning to'g'ri ishlashi asosan tekshirilayotgan gaz aralashmasining uzatilishiga talab etilayotgan quyidagi qator o'zgarishlar ta'minlab turilishiga bog'liq:

1. Agarda tahlil o'zgartgichning qizdirish elementlari yordamida olib boriladigan bo'lsa, tahlillagichga uzatilayotgan gaz ma'lum haroratga ega bo'lishi lozim.

2. Gaz tahlillagich ma'lum bosimga mo'ljallangan bo'ladi va u texnologik jarayonda ishtirok etadigan gaz bosimiga bardosh bermasligi mumkin, shuning uchun asbobga uzatilayotgan gazning bosimi bir oz pasaytirilishi lozim.

3. Tahlil qilinayotgan gaz aralashmasi mexanik qo'shimchalar bilan ifloslangan va yuqori namlikka ega bo'lishi mumkin. Shuning uchun tahlillagichning o'zgartgichiga gaz aralashmasi uzatilishidan avval tozalanishi va quritilishi lozim bo'ladi.

4. Tahlilga uzatilayotgan gazning sarfi har doim bir xil bo'lishi lozim, chunki o'zgartgichning qizdirish elementlarining gaz aralashmasidagi aniqlanayotgan elementining miqdoridan emas, balki termoelementning gaz bilan isitilayotgan miqdoriga bog'liq.

5. Ko'p hollarda tekshirilayotgan gaz asbobga uzatilayotgan gaz bosimidan kichik bosim ostida bo'ladi. Masalan, o'txona traktida siyraklanishi tufayli tutun gazlar o'txonadan chiqib ketadi. Shuning uchun, bu hollarda asbobga gazni berish uchun maxsus apparat kerak bo'ladi.

Gaz tahlillagichlar ishlab chiqarilishiga ko'ra normal va maxsus tayyorlangan bo'ladi.

Normal tayyorlangan asboblardan atrof-muhitning normal sharoitiga ega bo'lgan xonalarda foydalanish mumkin. Bu xonalar odatga ko'ra portlash xavfiga ega emas qilib quriladi. Odatda, gaz tahlillagichlar izolatsiyalangan, yaxshi shamollatib turiladigan shkaflarda, xonalarda va kabinalarda o'rnatiladi.

Ammo, ayrim hollarda, tahlil shartiga yoki boshqa ba'zi bir sabablarga ko'ra portlash xavfi bor xonalarda o'rnatilishi kerak bo'lsa, unda bu gaz tahlillagichlar portlashga qarshi himoyalangan qilib tayyorlanadi.

Bunday asboblarda uch turdan iborat: portlashga bardosh, uchqunga xavfsiz va portlashdan himoyalangan.

Portlashdan himoyalangan hollarda faqat asbobning o'zgartgichi va yordamchi qurilmalari portlashdan himoyalangan qilib ishlab chiqariladi. Elektron bloklari va ikkilamchi asboblarda nor-

mal qilib ishlab chiqariladi va faqat portlashga xavfsiz xonalarda oʻrnatiladi.

Gaz tahlillagichlar statsionar va koʻchma qilib tayyorlanishi mumkin. Amaliyotda foydalanishda koʻproq issiqlik oʻtkazuvchanlik va magnitni sezish usuliga asoslangan gaz tahlillagichlar qoʻllaniladi.

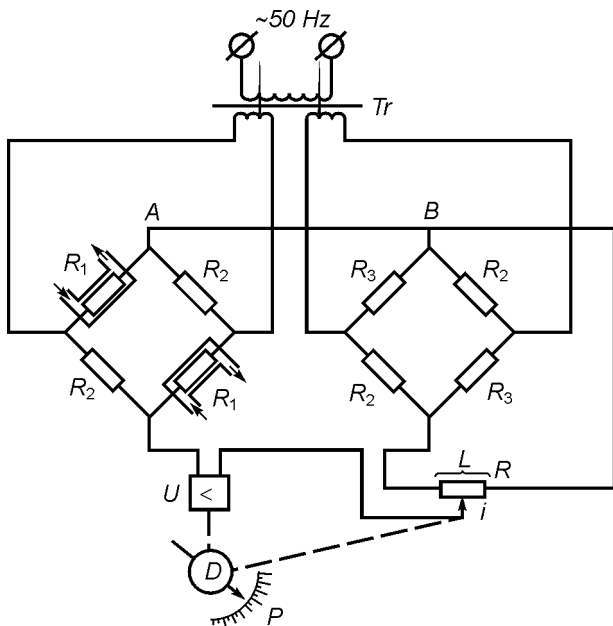
7.2. ISSIQLIQ OʻTKAZUVCHANLIGINI OʻLCHASH USULIGA ASOSLANGAN GAZ TAHLILLAGICHLAR

Jismining issiqlik oʻtkazuvchanligi uning molekulasidan molekulaga energiya uzatish yoʻli orqali issiqlik oʻtkazish qobiliyatini tavsiflaydi. Gazlarning issiqlik oʻtkazuvchanligi qanchalik yuqori boʻlsa, ularning harakatlanish tezligi ham shunchalik yuqori boʻladi va molekulalarning oʻlchamiga bogʻliq. Molekulalarning diametri qanchalik kichik boʻlsa, ularning issiqlik oʻtkazuvchanligi shunchalik oshib boradi. Shuning uchun eng yuqori issiqlik oʻtkazuvchanlikka eng kichik molekular massaga ega boʻlgan moddalar mansub (vodorod, geliy va boshqalar).

Oʻlchanayotgan gaz oʻtkazgich joylashgan kamerani yuvib oʻtadi. Oʻtkazgich metall simdan yoki uzaytirilgan spiraldan tayyorlangan, yuqori elektrik qarshilik koeffitsiyentiga ega. Oʻtkazgichdan tok oʻtadi va uni qizdiradi. Issiqlik berish sharoiti va shuning uchun oʻtkazgichning harorati uni yuvib turadigan gazning issiqlik oʻtkazuvchanligiga bogʻliq boʻladi. Oʻtkazgichdagi haroratining oʻzgarishi uning elektrik qarshiligi oʻzgarishiga olib keladi.

Ammo gaz aralashmasining mutlaq issiqlik oʻtkazuvchanligini bevosita oʻlchash eng murakkab masalalardan biridir. Gaz tahlilida boshqa usul – nisbiy issiqlik oʻtkazuvchanligini aniqlash usuli qoʻllaniladi. Buning uchun u tekshirilayotgan etalon gazning issiqlik oʻtkazuvchanligi bilan solishtiriladi.

Issiqlik oʻtkazuvchanligini oʻlchash usuliga asoslangan gaz tahlillagichlarning koʻrsatkichi va kuchlanish kompromator chizmasi boʻyicha ulanganligi uchun atrof-muhit haroratiga va taʼminot



38- rasm. Avtomatik kompratortning chizmasi.

Tr – transformator; *A* – ishchi ko‘prik; *B* – solishtirish ko‘prigi; R_1 – tekshirilayotgan aralashma bilan qizdirish elementlari; R_2 – pastki o‘lchash chegarali gaz aralashmasi bilan qizdirish elementlari; R_3 – yuqori o‘lchash chegarali gaz aralashmasi bilan qizdirish elementlari; *R* – rexord; *U* – kuchaytirgich; *D* – elektr dvigatel.

kuchlanishi o‘zgarishiga bog‘liq emas, chunki bu o‘zgarishlar chizmadagi ikkala ko‘prikka bir xil ta’sir etadi.

38- rasmda o‘zgaruvchan tokli kompensatsion ko‘prikning prinsipial chizmasi yoki **avtomatik kompratort** deb nomlangan chizma keltirilgan.

U ikkita muvozanatlanmagan ko‘prikdan iborat bo‘lib, undan birisi *A* ishchi va ikkinchisi *B* – solishtirish uchun xizmat qiladi. Issiqlik o‘tkazuvchanli gaz tahlillagichlarning ko‘priklari yelkasini tashkil qiluvchilar yuqori qarshilik harorat koeffitsiyentiga ega bo‘lgan kimyoviy chidamli materiallardan tayyorlangan. Bu maqsadlar uchun boshqalardan ko‘ra ko‘proq platina simlardan foy-

dalaniladi, tekshirilayotgan gazni o'lchash kamerasiga uzatilishi asosan diffuziya yoki konvektsiya hisobiga amalga oshiriladi. Gazning bu uzatish usullari gazning oqim tezligiga bog'liq emas va uning sarflanishi taqsimlanishini talab etmaydi.

7.3. MAGNITLI GAZ TAHLILLAGICHLAR

Tekshirilayotgan gazlar magnitga nisbatan o'zini tutishiga ko'ra ikki guruhga bo'linishi mumkin. Birinchi guruhdagi gazlar magnit maydoniga tortiladi. Bunday gazlar **paramagnitli** deb aytiladi. Ular to'g'risida bunday deyiladi: ularda solishtirma magnitli tortilish qiymati musbat ishoraga ega. Ikkinchi guruhdagi gazlar magnit maydonidan itarib yuboriladi. Bunday gazlar **diamagnitli** deb nomlanadi. Ularda solishtirma magnitli tortilish qiymati manfiy ishoraga ega.

6- jadvalda ayrim gazlarning magnitli tortilish qiymatlari keltirilgan.

6- jadval

Gazlarning solishtirma magnitli tortilishi

6- jadvaldan ko'rinadiki, faqat ikkita gaz (kislorod va azot oksidi) musbat magnitli tortilishga ega, ammo kislorod va azot oksidi

bir vaqtda uchraydigan gaz aralashmalari nihoyatda kam uchraydi. Shuning uchun, masalan, tutun gazlarining musbat magnitli tortilish qiymati gaz aralashmasida faqat kislorod miqdorining o'zgarishi hisobiga amalga oshishi mumkin. Shuni ta'kidlash mumkinki, gazlarning magnitli xossalari ularning haroratlari o'zgariganida keskin o'zgaradi.

Gaz tahlillagichlarning qayta o'zgartgichli kamerasida gazning molekullari qizdirilgan jismga (qizdirayotgan elementga) yaqinlashib, qisman o'zlarining magnit xossalari yo'qotadi va nisbatan sovuq gazlar ularni magnit maydonidan itarib tashlaydi. Gaz aralashmasida kislorod miqdori ortib borishi bilan termomagnitli konveksiya kuchayib boradi va qizdirish elementining sovishi tezlashib boradi. Qizdirish elementi haroratining o'zgarishi rezistorlarning elektr qarshiligini o'zgartiradi. Elektr qizdirgichlarning rezistorlari komprator chizmasiga yig'iladi, uning signali ko'rsatuv asbobiga uzatiladi.

Sanoat gaz tahlillagichlari tarkibiga qabul qiluvchi, ko'rsatuv asbobi, suyuqlikli manometr, keramikli filtr, tozalash bloki, suv nasosi, to'kish idishi va o'ta tozalovchi filtrlar kiradi.

Konstruksiyasi jihatidan gaz tahlillagich shchitda yig'ilgan alohida qismlar ko'rinishida bo'ladi.

Ko'rsatuv asbobi avtomatik elektron ko'priksimon asosida tayyorlanadi va ko'rsatkichni hisoblash uchun xizmat qiladi. Asbobning shkalasi kislorodning hajmi bo'yicha foiz miqdorida darajalangan. Suyuqlikli manometr yordamida gaz tahlillagichning gaz tizimida bo'shliq qiymati aniqlanadi. Gazsimon quvurchali keramikli filtr tekshirilayotgan muhitdan bevosita namuna olish uchun xizmat qiladi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Gaz tahlillagichlarning ishlash prinsipi nimaga asoslangan?
2. Qanday gaz tahlillagich turlarini bilasiz?
3. Gaz tahlillagichlarning to'g'ri ishlashi uchun gaz aralashmasiga qanday talablar qo'yiladi?
4. Issiqlik o'tkazuvchanlikni o'lchash usuliga asoslangan gaz tahlillagichlarning ishlash prinsipini tushuntirib bering?
5. Magnitli gaz tahlillagichlarining ishlash prinsipi nimaga asoslangan?

8-bob

ISSIQLIK ENERGETIKASI JARAYONLARINI AVTOMATLASHTIRISH

8.1. ENERGETIKA JARAYONLARINI AVTOMATLASHTIRISHNING NAZARIY ASOSLARI

Issiqlik elektr stansiyalari va issiqlik markazlarida uzluksiz murakkab energiya almashish jarayonlari sodir bo'ladi. Bug' qozonining o'txonasida yoqilg'ining yonishi natijasida uning kimyoviy energiyasi issiqlik energiyasiga aylanib, bug'ni qizdiradi va u turbinaga yuboriladi. Turbinada qizdirilgan bug'ning potensial energiyasi turbina parraklarini aylantirib, mexanik energiyaga o'zgaradi. Generatorlarda bu mexanik energiya elektr energiyasiga aylanib, iste'molchilarga yuboriladi. Issiqlik va elektr energiyasini taqsimlash ishlab chiqarish jarayonlarini mexanizatsiyalash va avtomatik boshqarishsiz amalga oshirilishi mumkin emas.

Mexanizatsiyalash, bu ishlab chiqarish jarayonida insonning qo'l mehnatini turli qurilmalar, uskunalar, mashinalar bilan almashtirishdir.

Biror-bir texnologik jarayonni qo'yilgan maqsadga muvofiq yo'naltirish **boshqarish** deyiladi.

Biror-bir jarayonni yoki parametrni inson ishtirokisiz bir me'yorda saqlab turish yoki muayyan talab asosida shu qiymatni maxsus uskunalar, qurilmalar yordamida o'zgartirib turish **avtomatik boshqarish** deyiladi.

Energetika jarayonini avtomatik boshqarish (avtomatlashtirish) 1765-yili rus mexanigi I. I. Polzunov tomonidan barabandagi suv sathini boshqarishda po'kakli rostlagichdan foydalanishdan boshlandi.

Avtomatlashtirish kompleks va qisman avtomatlashtirilishlarga bo'linadi.

Kompleks avtomatlashtirishda korxonaga xom ashyo olib kelishdan to undan iste'mol uchun tayyor mahsulot ishlab chiqarishgacha bo'lgan jarayon avtomatik boshqariladi.

Qisman avtomatlashtirishda esa asosiy jarayonlar va qurilmalar avtomatik boshqarilib, qo'shimcha uskunalar va undagi jarayonlar qo'l mehnati bilan bajariladi.

Issiqlik elektr stansiyalari va issiqlik markazlarida issiqlik va elektr energiyasi ishlab chiqarish jarayonlari qisman avtomatlashtirilgan. Ularda avtomatik boshqarish jarayonlarining salmog'i yildan-yilga ortib bormoqda. Hozirgi vaqtga kelib issiqlik elektr stansiyalari va issiqlik markazlaridagi jarayonlarning deyarli 85–90 % i avtomatik boshqariladi.

Energetika jarayonlarini avtomatlashtirish quyidagilarga olib keladi:

a) korxonadagi ishchilar sonini kamaytiradi, ya'ni ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi;

b) ish bajarish xususiyatini o'zgartiradi va yengillashtiradi;

d) ishlab chiqarilayotgan bug' va elektr energiyasi parametrlarini aniq ushlab turilishini kuchaytiradi;

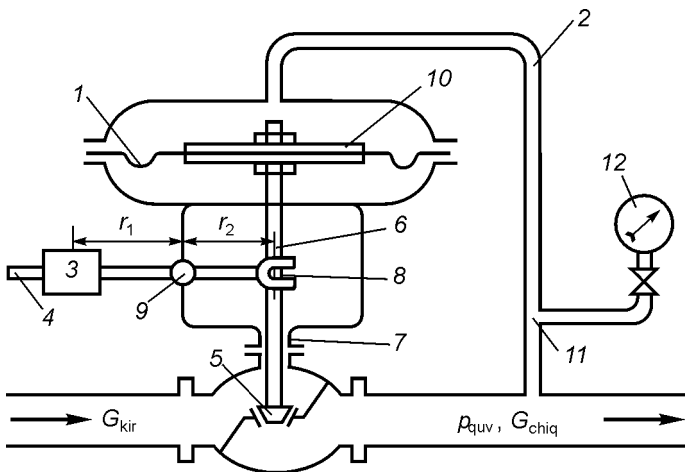
e) jihozlarning ishlash ishonchliligi va ish xavfsizligini oshiradi;

f) ishlab chiqarilayotgan mahsulotning tannarxini kamaytiradi va jihozlarning tejamkorligini oshiradi.

8.2. AVTOMATIK BOSHQARISH TIZIMI HAQIDA ASOSIY TUSHUNCHALAR

Quyidagi to'g'ri ta'sir etuvchi bosim rostlagichi misolida (39-rasm) avtomatik boshqarish tizimining (ABT) ishlash asoslarini ko'rib chiqamiz.

Bunda ABT quvurdan chiqayotgan suvning bosimini uning sarfi o'zgaranda bir me'yorda ushlab turishga xizmat qiladi. Membrana 1 joylashgan qutining yuqori qismi naysimon quvur 2 orqali quvurdagi rostlanayotgan bosim bo'shlig'i p_{quv} bilan ulangan. Rostlanayotgan bosim qiymati uchquvur 11 orqali manometr 12 da ko'rsatib turiladi. Boshqarilayotgan bosim miqdori tayanch 9 ga



39- rasm. To'g'ri ta'sir etuvchi bosim rostlagichi.

o'rnatilgan richag 4 orqali uning chap tomoniga o'rnatilgan yuk 3 yordamida o'rnatiladi.

Ignasimon klapan 5 shtok 6 zichlagich 7 orqali klapan korpusidan chiqarilib, barmoq 8 yordamida richag 4 ning o'ng tomoniga sanchiq yordamida ulangan. Richag 6 ning yuqori qismi S-simon membrana 1 ga jipslashgan yuzaga ega bo'lgan qattiq disk 10 ga biriktirilgan. Klapan kirishidagi o'zgarmas sarf G_{kir} da undagi ma'lum p_{quv} bosim va G_{chiq} bilan birga muvozanatda bo'ladi, chunki membrana 1 ning yuqori qismiga p_{quv} bosimda ta'sir qilayotgan kuch uning pastki qismidan yuk 3 orqali ta'sir qilayotgan kuchga teng bo'ladi. Bu holatda membrananing qattiq diski 10 ga biriktirilgan shtok 6 va ignasimon klapan 5 qo'zg'almas. Iste'molchi tomonidan suv sarfi o'zgarganda (masalan, sarf oshganda) quvurdagi p_{quv} bosim kamaya boradi. Membrana 1 ning yuqori qismiga ta'sir qilayotgan kuch kamayadi va qattiq disk 10 unga biriktirilgan shtok 6, ignasimon klapan 5 yuk 3 orqali membranaga ta'sir qilayotgan kuch o'zgarmaganligi uchun yuqoriga ko'tarila boshlaydi. Buning natijasida rostlash klapani teshigining kesim yuzasi ortib, undan o'tayotgan suv sarfi ko'tariladi, quvurdagi bosim p_{quv} ko'tarila borib, tizim yana muvozanatga qaytadi, ya'ni chiqishdagi

bosim oldingi miqdoriga boshqa sarfda qaytadi. Shunga o'xshash, iste'molchi tomonidan suyuqlik sarfi kamaygan holatda ham ignasimon klapan 5 berkitilib, quvurdagi bosim oldingi holatiga qaytadi. Ko'rib o'tilganidek, klapandan chiqayotgan suvning bosimi inson ishtirokisiz bir me'yorda ushlab turiladi, ya'ni avtomatik boshqariladi.

Endi shu misol asosida ABT haqidagi asosiy tushunchalarni izohlab o'tamiz:

boshqariluvchi bo'lim – ignasimon klapandan chiqish bosimi o'lchanayotgan nuqtagacha bo'lgan oraliq;

boshqariladigan kattalik – p_{quv} quvurdagi suv bosimi;

rostlash organi – suyuqlik sarfini rostlovchi ignasimon klapan 5;

o'lchash qurilmasi – suv bosimini qabul qiluvchi membrana 1;

kuchaytirish qurilmasi – rostlash organini harakatga keltiruvchi kuch ishlab chiqaruvchi membrananing (qattiq diskning) aktiv qismi;

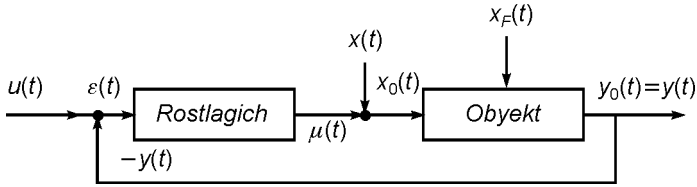
vazifa o'rnatuvchi qurilma (vazifa o'rnatgich) – membrana ta'sir kuchini muvozanatlashtiruvchi richag 4 da harakatlanuvchi yuk 3.

O'lchash qurilmasi bilan kuchaytirish qurilmasi birgalikda rostlagichni tashkil etadi.

Yuqorida ko'rib o'tilgan chiqish quvuridagi suyuqlik bosimini rostlovchi rostlagich **to'g'ri ta'sir etuvchi rostlagich** deyiladi, chunki rostlash organini harakatga keltirish uchun membrananing ta'sir kuchi yetarlidir.

Nisbiy ta'sir etuvchi rostlagichlarda (nisbiy rostlagichlarda) rostlash organini harakatga keltirish uchun tashqi energiya manbalari (elektr energiyasi, gaz va suyuqlik bosimi energiyasi) ishlatiladi.

Quvurga kirishdagi suv sarfi G_{kir} va quvurdan chiqishdagi suyuqlik bosimi p_{suv} oralig'i boshqariladigan obyektни tashkil etadi. ABTning ishlash jarayonini ko'rib chiqish uchun uning to'liq tuzilish chizmasi o'niga uning struktura chizmasini ko'rib chiqish yetarlidir. Struktura chizmada har bir element to'g'ri to'rtburchak shaklida ifodalanib, uning kirish qiymati va chiqish qiymat-



40- rasm. Bir konturli yopiq zanjirli ABThning struktura chizmasi.

lari to'g'ri chiziq orqali strelka yo'nalishi bo'yicha ko'rsatiladi. Murakkab tuzilishga ega bo'lgan ABTda elementlar soni ko'p bo'lganligi uchun undagi bir necha elementlar birlashtirilib, struktura chizmasi soddalashtiriladi. ABThning eng soddashtirilgan struktura chizmasi 40- rasmga ko'rsatilgan. Chizmada

$x(t)$ – tizimning kirish kattaligi;

$x_0(t)$ – obyektning kirish kattaligi,;

$y_0(t)$ – obyektning chiqish kattaligi (boshqariladigan parametr);

$y(t)$ – tizimning chiqish kattaligi;

$u(t)$ – boshqariladigan parametrning o'rnatilgan miqdori;
 $e(t) = u(t) - y(t)$ – rostlagichning kirish kattaligi (rostlash impulsi);

$m(t)$ – rostlagichning chiqish kattaligi (rostlash organining siljishi);

$x_F(t)$ – g'alayon ta'siridagi kirish kattaligi.

Yuqorida (39- rasm) keltirilgan misol uchun:

$x(t) = DG_{kir} / G_{kir0}$ tizimning kirish kattaligi;

$y(t) = Dp_{q.uv} / p_{q.uv0}$ tizimning chiqish kattaligi;

$x_F(t) = DG_{chiq} / G_{chiq0}$ g'alayon ta'siridagi kirish kattaligi;

$u(t) = DM_1 / M_{10}$ boshqariladigan parametrning belgilangan miqdori, $M_1 = G \cdot I_1$;

$m(t) = Dh / h_0$ – rostlagichning chiqish kattaligi;

h – klapaning siljishi,

bunda D – parametrning berilgan yoki muvozanatlashgan miqdoriga nisbatan o'zgarishini bildiradi.

Indeks «0» bilan belgilangan miqdorlar muvozanatlashgan yoki o'rnatilgan miqdorlarga taalluqlidir. Tizim muvozanatlashgan

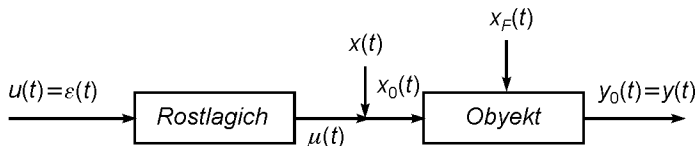
holda $x(t) = x_0(t) = \text{const}$; $y_0(t) = y(t) = \text{const}$; $u(t) = y(t)$; $e(t) = 0$; $m(t) = 0$; $x_p(t) = 0$.

Agarda yuqorida qayd etilganidek, iste'molchi tomonidan suv iste'moli ortsa, $DG_{\text{chiq}} = DG_{\text{chiq}} + DG_{\text{chiq}0} > 0$ darak hosil bo'ladi, ya'ni $x_p(t) > 0$, buning natijasida chiqish quvuridagi p_{quv} bosim kamayib, $y_0(t) = y(t)$ darak kamayadi. Unda $E(t) = u(t) - y(t) \Rightarrow 0$ bo'ladi va rostlagich ishga tushib, rostlash organi boshqarish impulsining ishorasiga nisbatan qarama-qarshi ishorali darak ishlab chiqaradi, ya'ni $-m(t)$. Unda obyektning kirish kattaligi $x_0(t) = x(t) - (-m(t) = x(t) + m(t)$ hosil bo'lib, kirishdagi suv miqdori ortadi. Buning natijasida boshqariladigan parametr $y_0(t) = y(t)$ sekin-asta o'rnatilgan miqdor $u(t)$ ga tenglashadi va tizim boshqa suyuqlik sarfida muvozanatga keladi, ya'ni yuqorida (39- rasm) ko'rsatilgan tizimdagi jarayon sodir bo'ladi. Shunday qilib, struktura chizmasi yordamida turli ABTdagi jarayonlarni tahlil qilish oson ko'chadi.

Agar yopiq zanjirli ABTdagi tashqi aloqa uzilsa, ochiq zanjirli ABT hosil bo'ladi. Ochiq zanjirli ABTning struktura chizmasi 41- rasmda ko'rsatilgan.

Agarda struktura chizmasida bir nechta rostlagich bir nechta parametrlarni birgalikda boshqarsa, bunday ABT **ko'p konturli ABT** deyiladi.

40- rasmda ko'rsatilgan ABT boshqariladigan parametrning og'ishi bo'yicha ishlovchi ABT deyiladi. Uning kamchiligi – boshqarishdagi kechikishdir, chunki $x_p(t)$ g'alayon ta'siridan so'ng boshqariladigan parametr $y(t)$ obyektning xususiyatiga qarab bir necha daqiqa kechikib o'zgaradi. Bu kamchilik g'alayon bo'yicha ishlovchi ABTdagi bartaraf etiladi, chunki bu tizimda $E(t) = u(t) + x_p(t) - x(t)$ bo'lib, g'alayon sodir bo'lishi bilan rostlagich ishga tushadi. Bu tizimning kamchiligi – boshqaruv sifatining kama-

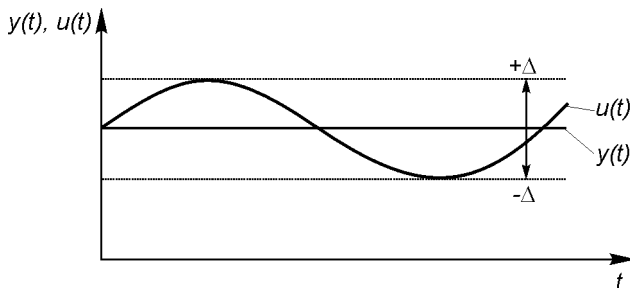


41- rasm. Bir konturli ochiq zanjirli ABTning struktura chizmasi.

yishidir, chunki unda boshqarilayotgan parametr $y(t)$ inobatga olinmaydi. Ikkala tizimdagi kamchilik kombinatsiyalashgan ABTda yo'qotiladi, chunki bunda ikki chizma birlashtiriladi.

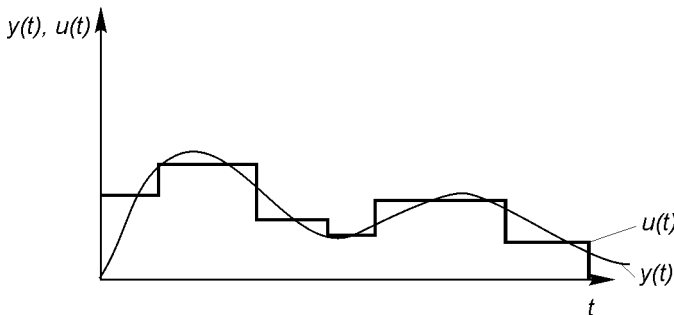
ABT vazifasiga ko'ra ushbu turlarga bo'linadi.

1. Barqarorlashtiriluvchi ABT. Bunda $u(t) = \text{const}$ bo'lib, har bir daqiqada rostlagich rostlanayotgan parametrni ma'lum bir xatolik $\pm\Delta$ bilan o'rnatilgan miqdorga tenglab turadi. Bu jarayon 42- rasmda keltirilgan. Bunga barabanli bug' qozonlaridagi bug' haroratini yoki bosimini rostlovchi ABT misol bo'ladi.



42- rasm. Barqarorlashtiruvchi ABT jarayoni.

2. Rejali ABT. Bunda $u(t) = \text{Var}$ bo'lib, u berilgan ma'lum reja bo'yicha o'zgaradi, rostlagich esa boshqarilayotgan parametrni ma'lum xatolik bilan unga tenglashtiradi. Bu jarayon 43- rasmda keltirilgan.

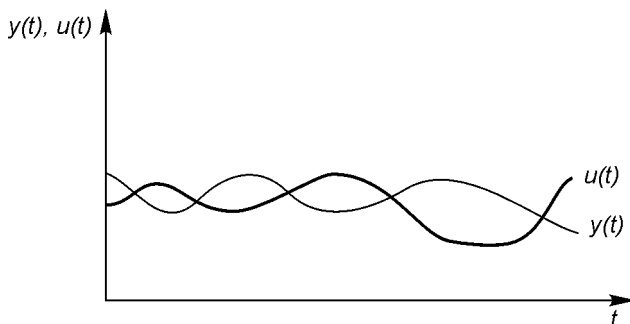


43- rasm. Rejali ABT jarayoni.

Rejali ABTga po'latni termik toblash misol bo'ladi.

3. O'z-o'zini sozlovchi ABT. Bunda $u(t)$ noma'lum bo'lib, u har bir daqiqada aniqlanib, rostlagich esa boshqarilayotgan

parametrni unga ma'lum xatolik bilan tenglab turadi. Bu jarayon 44- rasmda keltirilgan.

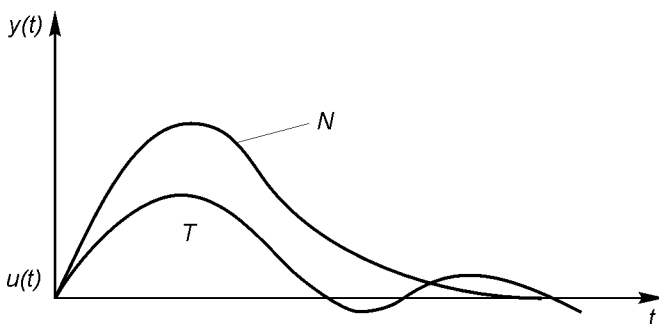


44- rasm. O'z-o'zini sozlovchi ABT jarayoni.

Xonadonlarni isitish tarmoqlaridagi issiqlik markazlaridan chiqayotgan issiq suvning haroratini boshqarish, ya'ni tashqi ob-havo haroratiga qarab suvning harorati o'zgartirilishi misol bo'la oladi, chunki ob-havo haroratini oldindan yuqori aniqlik bilan aniqlash qiyin.

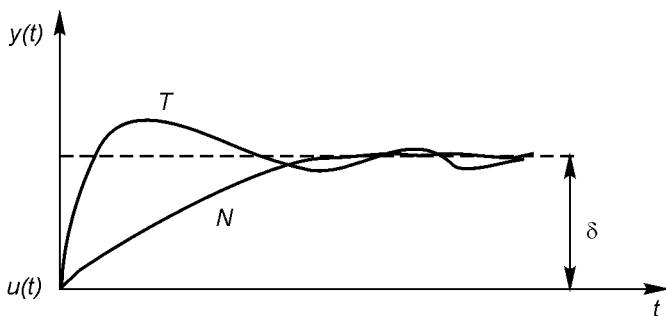
Har qanday ABTga iste'molchi yoki vazifa o'rnatgich tomonidan o'zgarish (g'alayon) kiritilsa, o'tish jarayoni sodir bo'ladi. Bu jarayonga ko'ra ABT quyidagilarga ajratiladi.

a) **Turg'un ABT.** Bunda g'alayon ta'sirida boshqarilayotgan yoki o'rnatilayotgan parametr o'zgarib, rostlagich boshqarilayotgan parametrni ma'lum xatolik bilan 45- rasmda ko'rsatilganidek o'rnatilgan miqdorga tenglaydi.



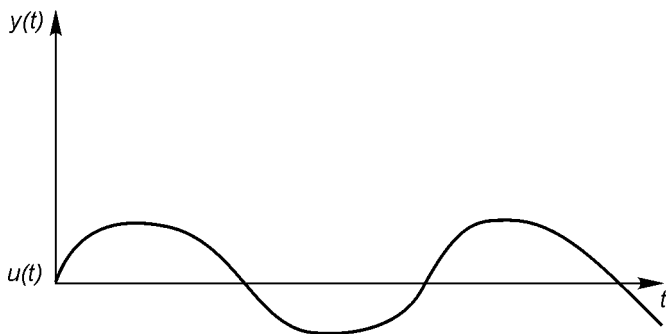
45- rasm. Turg'un ABT o'tish jarayoni. N – nodavriy, T – tebramma.

b) **Neytral-turg'un ABT.** Bunda g'alayonli ta'sirni bartaraf etuvchi rostlagich ta'sirida tizimda 46- rasmda keltirilganidek o'tish jarayoni sodir bo'ladi, ya'ni jarayon oxirida rostlanayotgan parametr $y(t)$ o'rnatilgan miqdor $u(t)$ dan d qiymatga farqlanadi.



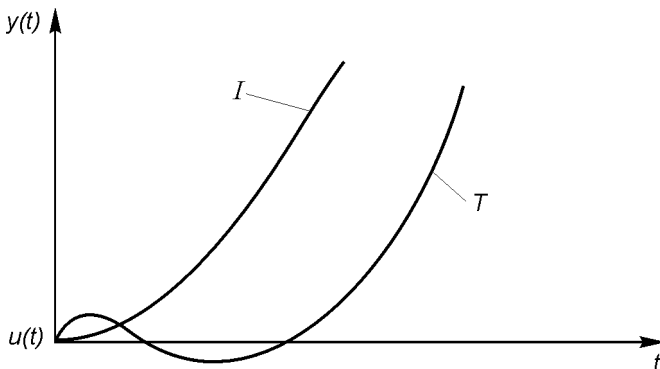
46- rasm. Neytral-turg'un ABT o'tish jarayoni.

d) **Turg'unlik chegarasida ABT.** Bunda g'alayonni bartaraf etuvchi rostlagich ta'sirida tizimda 47- rasmda keltirilganidek o'tish jarayoni sodir bo'ladi, ya'ni boshqarilayotgan parametr o'rnatilgan parametrga nisbatan o'zgarmas amplitudada tebranna harakatda bo'ladi.



47- rasm. Turg'unlik chegarasida ABT o'tish jarayoni.

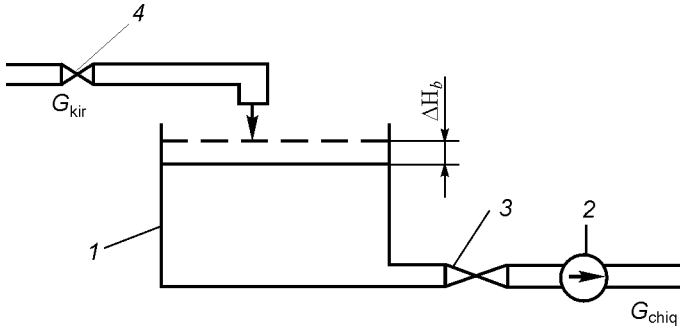
e) **Noturg'un ABT.** Bunda g'alayonni bartaraf etuvchi rostlagich ta'sirida boshqarilayotgan parametr o'rnatilgan parametrdan vaqt o'tishi bilan uzoqlasha boradi.



48- rasm. Noturg'un ABT o'tish jarayoni. T – tebranna, I – integrallovchi.

8.3. ABT TIZIM VA ELEMENTLARINING DINAMIK TAVSIFLARI

Yuqorida ko'rib o'tilganidek, ABTda turlicha o'tish jarayonlari sodir bo'lishi mumkin, lekin boshqarilayotgan parametr sifat ko'rsatkichlariga javob berishi uchun o'tish jarayoni turg'un bo'lishi kerak. Buning uchun obyekt, uning elementlari, rostlagich va tizim tavsiflari orqali yoki tajriba asosida o'tish jarayonini aniqlash mumkin. Tajriba natijasida aniqlanayotgan o'tish jarayonlari energetik qurilmalar uchun katta sarf-xarajat va vaqtni talab qiladi. Shuning uchun energetik qurilmalarda o'tish jarayoni matematik tahlil asosida aniqlanadi. Buning uchun har qanday ABTdagi obyekt, rostlagich va boshqa elementlar tavsifini bilish kerak. Tavsiflar statik va dinamik tavsiflarga bo'linadi. Muvozanatlashgan holatda element va tizimlarning kirish kattaligi bilan chiqish kattaligi orasidagi bog'lanish **statik tavsif** deyiladi, ya'ni $y = f(x)$. Bu bog'lanish grafik, jadval yoki ifoda shaklida berilishi



49- rasm. Bakdagi suv sathining o'zgarishini ifodalovchi obyekt.

mumkin. Element va tizimlarda vaqt o'zgarishidagi kirish kattaligi bilan vaqt o'zgarishidagi chiqish kattaliklari orasidagi o'zaro bog'lanish **dinamik tavsif** deyiladi. Agarda dinamik tavsifdagi vaqt o'zgarish bo'lsa, u statik tavsifga aylanadi. Statik tavsif dinamik tavsifning bir ko'rinishi bo'lganligi uchun avtomatik boshqarish nazariyasida dinamik tavsifga ko'proq e'tibor beriladi. Dinamik tavsiflar quyidagi ko'rinishda qayd etilishi mumkin: differensial tenglama; uzatish funksiyasi; vaqt tavsifi; chastotaviy tavsiflar.

Differensial tenglama. Kirish kattaligi bilan chiqish kattaligi orasidagi bog'lanish chiziqli differensial tenglamalar shaklida namoyon bo'ladi. Bu tenglamalar gidravlika, termodinamika, elektrotexnika va boshqa sohalardagi qonun-qoidalar asosida yoki tajribalar asosida aniqlanishi mumkin. Misol uchun 49- rasmda keltirilgan obyektning differensial tenglamasini keltirib chiqamiz.

Obyekt kesim yuzasi $S = \text{const}$ bo'lgan bak 1, zulfin 3, 4 va suv chiqaruvchi nasos 2 dan tashkil topgan. Muvozanat holatda $G_{kir0} = G_{chiq0}$, $H_0 = \text{const}$. Agarda kirishdagi suv miqdori zulfin 4 yordamida $DG_{kir} = G_{kir} - G_{kir0}$ ga o'zgarsa, Dt vaqt oralig'ida bakdagi suv hajmi

$$DV = S \cdot DH_b \quad (87)$$

bo'ladi. Agar bu tenglamaning ikkala tomonini Dt ga bo'lib yuborilsa,

$$\text{va } \frac{\Delta V}{\Delta t} = \Delta G_{\text{kir}},$$

agarda vaqt oralig'i Δt kichraytirilsa u dt ga o'tadi, ya'ni

$$\Delta G_{\text{kir}} \cdot \frac{1}{S} = \frac{d\Delta H_b(t)}{dt}, \quad (88)$$

tenglamaga quyidagicha o'zgartirish kiritish mumkin:

$$\frac{G_{\text{kir}0}}{S} \cdot \frac{1}{G_{\text{kir}0}} \cdot \frac{1}{H_b} = \frac{d\Delta H_b(t)}{H_0 \cdot dt}.$$

$\frac{G_{\text{kir}0}}{SH_0} = Ku$ – doimiy koeffitsiyent.

$$\frac{dy(t)}{dt} = Ku x(t). \quad (89)$$

$\frac{\Delta V}{\Delta t} = S \frac{\Delta H_b}{\Delta t}$ Shunday qilib, 49- rasmdagi bak uchun kirishdagi (chiqishdagi) suv sarfi o'zgarishi bilan boshqarilayotgan parametr H (sath) orasidagi differensial tenglama (88) ifoda ko'rinishiga ega. Bu tenglama faqat shu misol uchun yozilib, boshqa shunday xususiyatga ega bo'lgan obyektlar uchun birlik bilan farq qiladi. Bu kamchilikni yo'qotish uchun tenglama o'lchash birligisiz ifoda (89) ko'rinishida aks ettiriladi. Murakkab obyektlar uchun differensial tenglama murakkab ko'rinishga ega bo'ladi.

Uzatish funksiyasi. Agarda

$$a_1 \frac{dy(t)}{dt} + ay(t) = kx(t) \quad (90)$$

ko'rinishda differensial tenglama berilgan bo'lsa, uni boshlang'ich shartlari nol holati uchun Laplas integrali

$$F(p) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} dt \quad (91)$$

bilan yechilsa, quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$a_1 p Y(p) + a Y(p) = K X(p). \quad (92)$$

Bunda vaqt o'zgaruvchisi t ni o'z ichiga olgan (90) ifoda **asosiy funksiya**, p o'zgaruvchini o'z ichiga olgan (92) ifoda uning **tasviri** deyiladi. Bunda p – kompleks qiymat, $X(p)$ – kirish tasviri, $Y(p)$ – chiqish tasviri. Boshlang'ich shartlari nolga teng bo'lgan chiqish tasvirining boshlang'ich shartlari nol bo'lgan kirish tasviriga nisbati **uzatish funksiyasi** deyiladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{K}{a_1 p + a}. \quad (93)$$

Agar differensial tenglama murakkab ko'rinishga ega bo'lsa, unda

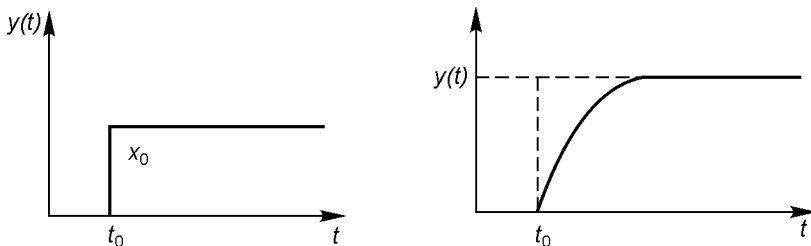
$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{B(p)}{A(p)}; \quad A(p) \cdot Y(p) = B(p) \cdot X(p), \quad (94)$$

bunda $A(p)$ – chiqish tasvirining ko'p sonli ko'paytmasi;

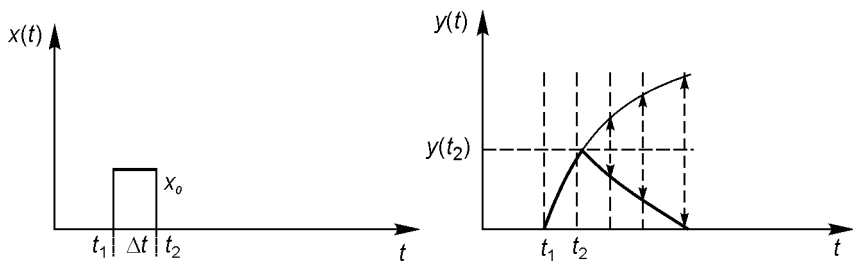
$B(p)$ – kirish tasvirining ko'p sonli ko'paytmasi.

Uzatish funksiyasi ixcham ko'rinishga ega bo'lganligi uchun murakkab ABT tahlilida differensial tenglamalar o'miga ishlatiladi.

Vaqt tavsifi. Kirish kattaligining pog'onasimon sakrab o'zgarishiga mos keluvchi chiqish kattaligining vaqt oralig'idagi o'zgarishi **vaqt tavsifi** deyiladi. Birinchi tartibli nodavriy bo'g'in uchun vaqt tavsifi 50- rasmda ko'rsatilgan.



50- rasm. Vaqt tavsifi.



51- rasm. Impuls tavsifi.

Kirish kattaligi sifatida rostlanuvchi yoki boshqariluvchi parametr vazifa o'rnatgichning o'zgarish ta'siri bo'lishi mumkin. Vaqt tavsifini kirish kattaligining ma'lum qiymati bo'lgan differensial tenglamani yechish orqali yoki tajriba orqali aniqlash mumkin. Buning uchun kirish kattaligini va chiqish kattaligini o'lchovchi asbob orqali vaqt davomidagi o'zgarishlar qayd etiladi va u asosida grafik quriladi. Agarda chiqish kattaligini o'lchash asbobining shkalasi o'lchanayotgan miqdordan ancha kichik bo'lsa, vaqt tavsifi o'miga impuls tavsifi aniqlanishi mumkin. Kirish kattaligining pog'onali chegaralangan Dt vaqt oralig'idagi sakrab o'zgarishiga mos keluvchi chiqish kattaligining vaqt oralig'idagi o'zgarishi **impuls tavsifi** deyiladi. Birinchi tartibli nodavriy obyekt uchun impuls tavsifi 51- rasmda ko'rsatilgan.

Impuls tavsifidagi $y(t_2)$ nuqtadan vaqt o'qiga parallel o'tkazib va chiqish kattaligining shu o'qqa nisbatan teskari ishorali qiymatlarini qo'yib, grafikni davom ettirilsa, chizmada ko'rsatilganidek vaqt tavsifi hosil bo'ladi.

Shunday qilib, chiqish miqdori katta qiymatlarga o'zgaruvchi obyektlar uchun vaqt tavsifini impuls tavsifi orqali aniqlash mumkin.

Chastotaviy tavsiflar. Yuqorida ko'rib o'tilganidek, kirish kattaligini pog'onasimon sakrab o'zgarishi o'miga uni

$$x(t) = X \sin \omega t, \quad (95)$$

bunda X – kirish kattaligi amplitudasi;

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ – tebranish chastotasi,

T – tebranish davri

tebranish orqali o'zgartirsak, turg'un ob'ektlar uchun ma'lum vaqtdan so'ng chiqish kattaligi ham o'zgarmas amplitudali tebranma harakatga ega bo'ladi, ya'ni

$$y(t) = Y \sin [wt \pm j], \quad (96)$$

bunda y – chiqish kattaligi amplitudasi;

j – faza siljishi (u kirish fazasiga nisbatan oldinga siljishi (+) yoki undan kechikishi (-) mumkin).

$$\text{Faza siljishi } \varphi = \frac{2\pi}{T} \cdot \Delta t = \omega \Delta t.$$

Tebranma kattalikka mos keluvchi obyekt kirish va chiqish kattaliklarining o'zgarishi 52-rasmda ko'rsatilgan.

Agarda endi kirish kattaligini w_1 chastotada o'zgartirsak, ya'ni

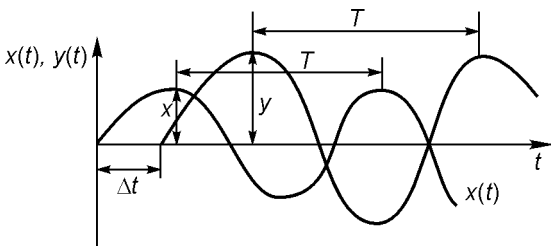
$$x(t) = X_1 \sin w_1 t, \quad (97)$$

bo'lsa u holda ma'lum vaqtdan so'ng chiqish kattaligi

$$y(t) = Y_1 \sin[w_1 t \pm j_1] \quad (98)$$

ga teng bo'ladi. Shunday qilib, tebranish chastotasi w o'zgargan holatda kirish va chiqish amplitudalari va ular orasidagi faza siljishlari o'zgaradi. Bu o'zgarishlar amplituda-chastotaviy tavsif (AЧT) va faza-chastotaviy tavsif (FЧT) bilan tavsiflanadi.

Chiqish amplitudasining kirish amplitudasiga nisbatining (bir xil chastotada) chastota noldan cheksizgacha o'zgarishidagi bog'la-

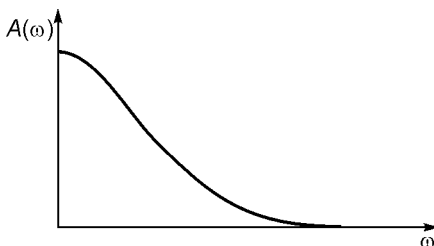


52-rasm. Tebranma ta'sirga mos keluvchi kirish va chiqish kattaliklarining o'zgarishi.

nishi **amplituda-chastotaviy tavsif** deyiladi. U quyidagicha ifodalanadi:

(99)

ACHT ifoda shaklida yoki grafik shaklida tasvirlanishi mumkin. 53-rasmda birinchi tartibli nodavriy bo'g'in uchun ACHT grafik shaklida ko'rsatilgan.

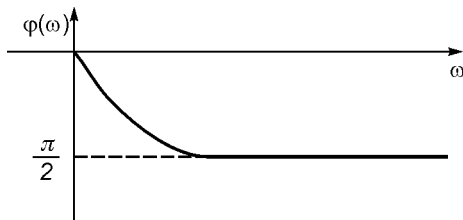


53- rasm. ACHT grafigi.

$A(\omega) = \frac{Y}{X}(\omega)$ chiqish tebranishi bilan kirish tebranish bug'ini orasidagi fazalar siljishining (bir xil chastotada) chastota noldan cheksizgacha o'zgargandagi bog'lanishi **faza-chastotaviy tavsif** deyiladi. U quyidagicha ifodalanadi:

$$j(\omega) = w \cdot Dt(\omega). \quad (100)$$

FCHT ifoda shaklida yoki grafik shaklida tasvirlanishi mumkin. 54-rasmda birinchi tartibli nodavriy bo'g'in uchun FCHT grafik shaklida ko'rsatilgan.



54- rasm. FCHT grafigi.

ACHT va FCHT birgalikda kompleks chastotaviy tavsifni (KCHT) hosil qiladi. U ikki ko'rinishda ifodalanishi mumkin.

a) kompleks ko'rinishida:

$$W(i\omega) = U(\omega) + iV(\omega), \quad (101)$$

bunda $W(i\omega)$ – KCHT;

$U(\omega)$ – haqiqiy chastotaviy tavsif;

$V(\omega)$ – mavhum chastotaviy tavsif;

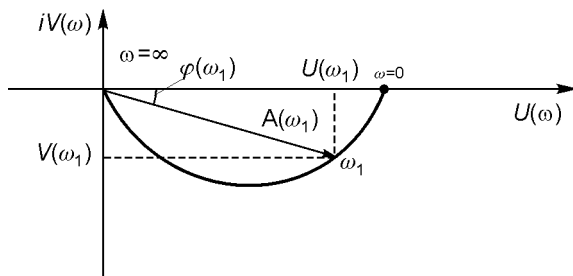
;

b) vektor ko'rinishida:

$$W(i\omega) = A(\omega)e^{ij(\omega)}, \quad (102)$$

bunda e – natural logarifm asosi.

Birinchi tartibli nodavriy bo'g'in uchun KCHT kompleks tekislikda tebranish chastotasi noldan cheksizgacha o'zgarishi 55-rasmda ko'rsatilgan.



55-rasm. Birinchi tartibli nodavriy bo'g'inining KCHT.

KCHT tebranish chastotasi ω_1 bo'yicha quyidagi ifoda orqali yozilishi mumkin:

$$W(i\omega_1) = U(\omega_1) + iV(\omega_1) ;$$

$$W(i\omega_1) = A(\omega_1)e^{ij(\omega_1)},$$

bunda $U(\omega_1)$ – haqiqiy chastotaviy tavsif (KCHTni ω_1 , nuqtasining haqiqiy o'qqa proyeksiyasi);

$V(w_1)$ – mavhum chastotaviy tavsif (KCHTni w_1 nuqtasini mavhum o'qqa proyeksiyasi);

– ACHT (KCHTni w_1 nuqtasining koordinata boshi bilan birlashtiruvchi vektor);

$\varphi(\omega_1) = \arg W(i\omega_1) = \arctg \frac{V(\omega_1)}{U(\omega_1)}$ – FCHT (KCHT w_1 , nuqtasini koordinata boshi bilan birlashtiruvchi vektor va haqiqiy chastotaviy o'q $U(w)$ orasidagi burchak).

Agarda $j(w)$ manfiy bo'lsa, haqiqiy chastotaviy o'q $U(w)$ ga nisbatan burchak soat strelkasi yo'nalishi bo'yicha qo'yilib, vektor uzunligi $A(w)$ shu burchak bo'yicha qo'yiladi, agar musbat bo'lsa, soat strelkasiga qarama-qarshi yo'nalishda o'rnatiladi.

Agarda KCHT vektor ko'rinishida berilgan bo'lsa, uni kompleks ko'rinishga o'tkazish uchun quyidagi ifodalardan foydalaniladi:

$$U(w) = A(w) \cos j(w); \quad (103)$$

$$A(\omega_1) = |W(i\omega_1)| = \sqrt{U^2(\omega_1) + V^2(\omega_1)} \quad V(w) = A(w) \sin j(w); \quad (104)$$

$$W(iw) = U(w) + iV(w).$$

Agarda KCHT kompleks ko'rinishda berilgan bo'lsa, uni vektor holatiga quyidagi ifodalar orqali o'tkazish mumkin:

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} = \frac{\sqrt{U_c^2(\omega) + V_c^2(\omega)}}{\sqrt{U_m^2(\omega) + V_m^2(\omega)}}; \quad (105)$$

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{V(\omega)}{U(\omega)} = \arctg \frac{V_c(\omega)}{U_c(\omega)} - \arctg \frac{V_m(\omega)}{U_m(\omega)}; \quad (106)$$

$$W(iw) = A(w) e^{ij(w)}$$

bunda «c» va «m» indekslar qiymat ifoda suratiga yoki maxrajiga taalluqligini bildiradi.

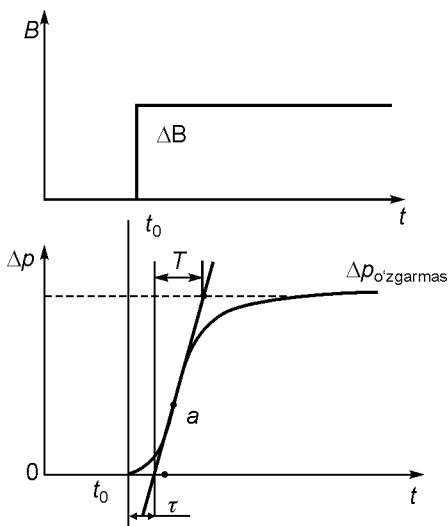
8.4. ENERGETIKA JIHOZLARINING DINAMIK TAVSIFLARI

Energetika jihozlarida ABT tarkibida sodir bo'layotgan o'tish jarayonlarini tahlil qilish uchun ularning dinamik tavsiflariga ega bo'lish kerak. Yuqorida aytib o'tilganidek, bu tavsiflar tajriba asosida yoki ma'lum umumiy qonunlarga (termodinamika, elektrotexnika, gidravlika va boshqalarga) tayanib keltirib chiqariladi. Agarda energetika jihozlari murakkab bo'lsa, ularni mayda-mayda bo'g'inlarga ajratilib, har bir bo'g'in uchun dinamik tavsif aniqlanadi va bu bo'g'inlarni ma'lum ketma-ketlikda ulab, jihozning dinamik tavsifi aniqlanadi. Quyida tajriba asosida obyektlarning dinamik tavsiflarini aniqlash ko'rsatilgan. Barabanli bug' qozoni o'txonasida yoqilg'i sarfining ΔB miqdoriga o'zgarishiga mos keluvchi qizdirilgan bug' bosimi D_p ga o'zgarishining vaqt tavsifi berilgan (56- rasm).

Bu tavsif ikki bo'g'indan iboratdir:

1) uzatish funksiyasi $W_1(p) = \frac{K}{Tp+1}$ ko'rinishdagi birinchi tartibli nodavriy bo'g'in;

2) uzatish funksiyasi $W_2(p) = e^{-pt}$ ko'rinishdagi kechikuvchi bo'g'in.



Eksperimental vaqt tavsifida yuqoridagi uzatish funksiyalarining kuchaytirish koeffitsiyentlarini aniqlash kerak. Buning uchun vaqt tavsifini burilish nuqtasi «a»ga urinma o'tkazamiz, toki u D_p o'zgarimas va vaqt o'qi t ni kesib o'tsin. Kesib o'tish nuqtalaridan o'tkazilgan perpendikularlar orasi-

56- rasm. Barabanli bug' qozonidagi bug' bosimining eksperimental vaqt bo'yicha o'zgarish tavsifi.

dagi masofa vaqt doimiysi T ga teng. Vaqt o'qidagi kesishgan nuqtasi bilan t_0 vaqt orasidagi masofa kechikish vaqti t ga tengdir. O'zgarmay qolgan bosim o'zgarishi $Dp_{o'zgarimas}$ ning yoqilg'i miqdorining o'zgarishi DB ga nisbati kuchaytirish koeffitsiyenti K ga tengdir, ya'ni

$$K = \frac{\Delta p_{o'zgarimas}}{\Delta B}. \quad (107)$$

U holda kirish kattaligi yoqilg'i o'zgarishi DB va chiqish kattaligi qizdirilgan bug' bosimining o'zgarishi Dp bo'lgan obyekt uchun uzatish funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

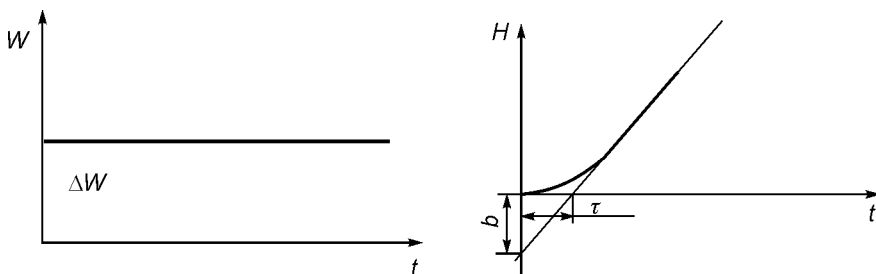
$$W(p) = \frac{K}{T\rho+1} e^{-\rho t}. \quad (108)$$

Barabanli bug' qozonida ta'minot suvining DW miqdorga o'zgarishiga mos keluvchi barabandagi suv sathining vaqt bo'yicha o'zgarish tavsifi 57- rasmda ko'rsatilgan.

Bu tavsif ham ikki bo'g'indan iboratdir:

a) uzatish funksiyasi $W_1(p) = \frac{K_U}{P}$ ko'rinishdagi integrallovchi bo'g'in;

b) uzatish funksiyasi $W_2(p) = e^{-\rho t}$ ko'rinishdagi kechikuvchi bo'g'in.



57- rasm. Barabandagi suv sathining eksperimental vaqt bo'yicha o'zgarish tavsifi.

Eksperimental vaqt tavsifidan yuqoridagi uzatish funksiyasi ko'effitsiyentlari quyidagicha aniqlanadi. Sath o'zgarish grafigidagi sathning to'g'ri chiziqli o'zgarishi vaqt o'qi t va sath o'qi H ni kesib o'tguncha grafikda ko'rsatilganidek davom ettiriladi. Bu chiziqning sath o'qi bilan kesishish nuqtasidan koordinata boshigacha bo'lgan oraliq b va vaqt o'qi bilan kesishish nuqtasidan koordinata boshigacha bo'lgan oraliq τ aniqlanadi. Aniqlangan miqdorlar orqali integrallovchi bo'g'in kuchaytirish ko'effitsiyenti K_U aniqlanadi:

$$K_U = \frac{b}{\Delta W \cdot \tau}. \quad (109)$$

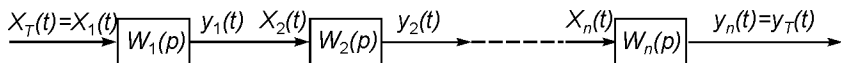
U holda kirish kattaligi DW miqdorga o'zgarishiga mos keluvchi chiqish kattaligi barabandagi suv sathining o'zgarishidan iborat bo'lgan obyekt uchun uzatish funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$W(p) = \frac{K_U}{p} e^{-pt}. \quad (110)$$

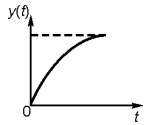
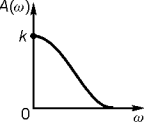
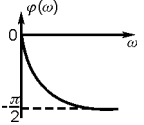
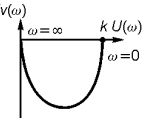
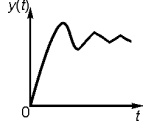
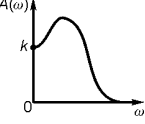
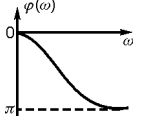
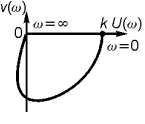
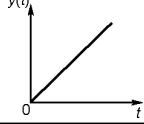
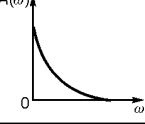
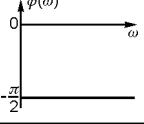
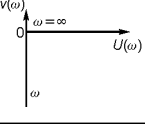
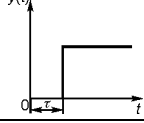
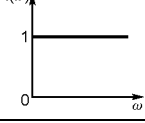
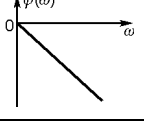
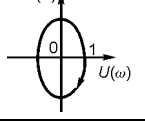
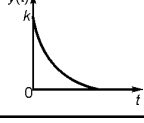
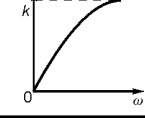
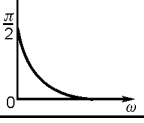
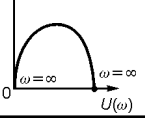
7- jadvalda energetika jihozlari bo'g'inlarining dinamik tavsiflari keltirilgan.

8.5. BO'G'INLARNING TURLICHA ULANISHIDAN HOSIL BO'LGAN TIZIMLARNING DINAMIK TAVSIFLARI

Bo'g'inlarning ketma-ket ulanishidan hosil bo'lgan tizimning dinamik tavsiflari. Oldingi bo'g'inning chiqish kattaligi keyingi bo'g'inning kirish kattaligi bo'lgan ulanish **ketma-ket ulanish** deyiladi (58- rasm).



58- rasm. Ketma-ket ulanishdan hosil bo'lgan tizimning struktura chizmasi.

Bo'g'in nomi	Differensial tenglamasi	Vaqt tavsifi, $y(t)$	Uzatishtish funksiyasi, $W(P)$	Chastotaviy tavsiflar		
				Amplituda-chastotaviy, $A(\omega)$	Faza-chastotaviy, $\varphi(\omega)$	Kompleks chastotaviy, $W(\omega)$
Birinchi tartibli nodavriy	$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = Kx(t)$		$\frac{K}{1+Tp}$			
Tebranma (ikkinchi tartibli nodavriy)	$T_2^2 \frac{d^2y(t)}{dt^2} + T_1 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = Kx(t)$		$\frac{K}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}$			
Integrallovchi	$y(t) = Ku \int x(t) dt$		$\frac{K_u}{p}$			
Kechikuvchi	$y(t) = x(t - \tau)$		e^{-pt}			
Real differensiallovchi	$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = Kx(t)$ $= KT \frac{dx(t)}{dt}$		$\frac{KTp}{1+Tp}$			

Tizimning uzatish funksiyasi bo'g'inlar uzatish funksiyalari ko'paytmasiga teng:

$$(111)$$

Tizimning KCHTi bo'g'inlar KCHTlarining ko'paytmasiga teng:

$$W_T(i\omega) = \sum_{j=1}^n W_j(j\omega). \quad (112)$$

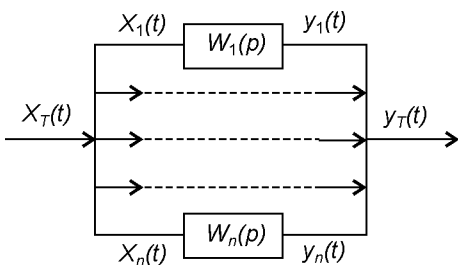
Tizimning amplituda-chastotaviy tavsifi bo'g'inlar ACHTlarining ko'paytmasiga teng:

$$(113)$$

Tizimning faza-chastotaviy tavsifi bo'g'inlar FCHTlarining yig'indisiga teng:

$$\varphi_T(\omega) = \sum_{i=1}^n \varphi_i(\omega). \quad (114)$$

Bo'g'inlarning parallel ulanishidan hosil bo'lgan tizimning dinamik tavsiflari. Kirish kattaliklari bir xil $X_T(t) = X_1(t) = \dots = X_n(t)$ bo'lgan, chiqish kattaligi bo'g'inlarning chiqish kattaliklari yig'indisiga teng, ya'ni $Y_T(t) = Y_1(t) + Y_2(t) + \dots + Y_n(t)$ bo'lgan ulanish **parallel ulanish** deyiladi.



Parallel ulanishdan hosil bo'lgan tizimning uzatish funksiyasi bo'g'inlar uzatish funksiyalarining yig'indisiga teng:

Parallel ulanishdan hosil bo'lgan tizimning uzatish funksiyasi bo'g'inlar uzatish funksiyalarining yig'indisiga teng:

$$W_T(p) = \sum_{i=1}^n W_i(p). \quad (115)$$

59- rasm. Parallel ulanishdan hosil bo'lgan tizimning struktura chizmasi.

Parallel ulanishdan hosil bo'lgan tizimning KCHTi bo'g'inlar KCHTlar yig'indisiga teng:

$$W_T(i\omega) = \sum_{j=1}^n W_j(i\omega). \quad (116)$$

Parallel ulanishdan hosil bo'lgan tizimning haqiqiy va mavhum chastotaviy tavsifi bo'g'inlarning haqiqiy va mavhum chastotaviy tavsiflari yig'indisiga teng:

$$; \quad (117)$$

$$V_T(\omega) = \sum_{i=1}^n V_i(\omega). \quad (118)$$

Parallel ulanishdan hosil bo'lgan tizimning ACHT va FCHT quyidagi ifodalar orqali aniqlanadi:

$$A_T(\omega) = \sqrt{U_T^2(\omega) + V_T^2(\omega)}; \quad (119)$$

$$\varphi_T(\omega) \equiv \arctg \left(\frac{V_T(\omega)}{U_T(\omega)} \right). \quad (120)$$

Bo'g'inlarning tashqi aloqa bilan qamralishidan hosil bo'lgan tizimning dinamik tavsiflari. Bunday tizim yuqorida (40-rasm) yopiq zanjirli avtomatik boshqarish tizimida keltirilgan. Uning chiqish kattaligi $Y(t)$ va kirish kattaliklari $X_T(t)$, $X(t)$ yoki $U(t)$ bo'lishi mumkin. Shuning uchun tizimning uzatish funksiyasi quyidagi ko'rinishlarga ega bo'lishi mumkin:

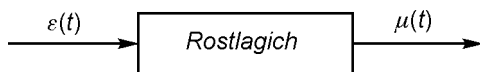
$$W_T(p) = \frac{Y_T(p)}{X_T(p)} = \frac{W_o(p)}{1 \pm W_R(p) \cdot W_o(p)};$$

$$W_T(p) = \frac{Y_T(p)}{U_T(p)} = \frac{W_o(p) \cdot W_p(p)}{1 \pm W_R(p) \cdot W_o(p)}, \quad (121)$$

bunda $W_o(p)$ – obyektning uzatish funksiyasi;
 $W_R(p)$ – rostlagichning uzatish funksiyasi, maxrajda «+» manfiy tashqi aloqaga, «-» musbat tashqi aloqaga taalluqlidir.

8.6. ROSTLAGICHLAR VA ULARNING DINAMIK TAVSIFLARI

Rostlagichning struktura chizmasi quyidagi rasmda ko'rsatilgan:



Rostlagichning o'zaro almashinishini ta'minlash uchun uning chiqish kattaligi $m(t)$ va kirish kattaligi $e(t)$ ma'lum qonun yoki algoritm bilan bog'langan. Energetika jihozlarining ABTlarida ishlatiladigan algoritm va uning dinamik tavsiflari 8- jadvalda keltirilgan.

8.7. ENERGETIKA JIHOZLARINING ABTDAGI O'TISH JARAYONI TAVSIFLARI

Faraz qilaylik, ABTning dinamik tavsifi quyidagi differensial tenglama tarzida berilgan bo'lsin:

$$a_n \frac{dy^n(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{dy^{n-1}(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_0 Y(t) = KX(t). \quad (122)$$

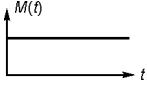
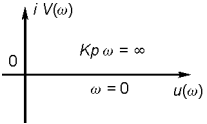
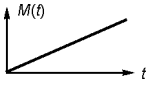
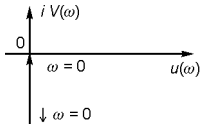
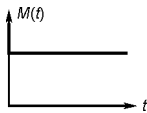
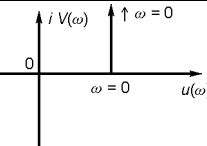
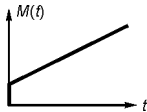
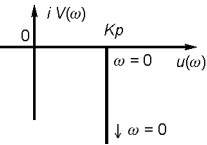
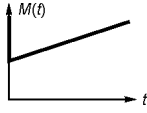
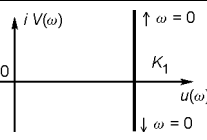
Bu tenglamaning kirish kattaligi sakrab pog'onali o'zgarishiga mos keluvchi yechimini quyidagicha yozish mumkin:

$$Y(t) = Y_{\text{erk.}}(t) + Y_{\text{majb.}}(t), \quad (123)$$

bunda $Y_{\text{erk.}}(t)$ – rostlanayotgan parametrning erkin o'zgarishi;
 $Y_{\text{majb.}}(t)$ – rostlanayotgan parametrning majburiy o'zgarishi;
 $Y_{\text{majb.}}(t) = \text{sonst } \ll 0 \gg$ ga teng bo'lganligi uchun boshqarilayotgan parametrning o'zgarishi yechimi quyidagi ifodaga ega:

$$Y(t) = Y_{\text{erk}}(t) = \sum_{i=1}^n c_i e^{p_i t} \quad (124)$$

bunda c_1, c_2, \dots, c_n – integrallash doimiysi;
 p_1, p_2, \dots, p_n – quyidagi xarakteristik tenglama ildizlari;

Algoritm turi	Differensial tenglama	Uzatisht funksiyasi, $W(p)$	Vaqt tavsifi	Kompleks chasotaviy tavsif, $W(i\omega)$
P-algoritm (proporsional)	$M(t) = K_p E(t)$	K_p		
I- algoritm (integrallovchi)	$M(t) = \frac{K_p}{T_u} \int E(t)$	$\frac{K_p}{T_u P}$		
PD- algoritm (ideal proporsional- differensiallovchi)	$M(t) = K_p E(t) + K_g T_g \frac{dE(t)}{dt}$	$K_p + K_g T_g P$		
PI- algoritm (proporsional- integrallovchi)	$M(t) = K_p E(t) + \frac{K_p}{T_u} \int E(t)$	$K_p + \frac{K_p}{T_u P}$		
PID- algoritm (proporsional- integral- differensiallovchi)	$M(t) = K_p E(t) + \frac{K_u}{T_u} \int E(t) + K_g T_g \frac{dE(t)}{dt}$	$K_p + \frac{K_p}{T_u P} + K_g T_g P$		

$$a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0 = 0. \quad (125)$$

Xarakteristik tenglama ildizlari $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ koeffitsiyentlarga bog'liq bo'lib, quyidagilarni o'z ichiga olishi mumkin: haqiqiy musbat ildiz $p_k = a_k$; haqiqiy manfiy ildiz $p_k = -a_k$; haqiqiy qismi manfiy bo'lgan kompleks ildiz $p_{1,2} = -a_k \pm ib_k$; haqiqiy qismi musbat bo'lgan kompleks ildiz $p_{1,2} = a_k \pm ib_k$; mavhum ildiz $p_{1,2} = \pm ib$.

Xarakteristik tenglama ildizlariga qarab, (122) ifoda yechimi, ya'ni ABT'dagi o'tish jarayoni quyidagicha bo'lishi mumkin:

a) ildizlar haqiqiy manfiy ishorali, ildizlar kompleks haqiqiy qismi manfiy ishoraga ega, bir-biriga teng ildizlar bo'lmasa, nol ildizlar bo'lmasa, u holda ABT o'tish jarayoni turg'un bo'ladi, ya'ni

$$, \quad (126)$$

bunda $m + r + q = n$;

b) agar ildizlardan bittasi nolga teng bo'lib, qolganlari «a» shartni qanoatlantirsa, unda ABT'dagi o'tish jarayoni neytral turg'un bo'ladi, ya'ni

$$Y(t) = c_1 + \sum_{i=2}^n c_i e^{\rho_i t} \rightarrow c_1; \quad (127)$$

d) agar ildizlardan ikkitasi nolga teng bo'lib, qolganlari «a» shartni qanoatlantirsa, unda ABT o'tish jarayoni noturg'un bo'ladi, ya'ni

$$Y(t) = c_1 + c_2 + \sum_{i=3}^n c_i e^{\rho_i t} \rightarrow c_1 + c_2 t, \quad (128)$$

agarda ildizlar musbat bo'lsa, bunda ham o'tish jarayoni noturg'un bo'ladi;

e) agar ildizlardan bittasi haqiqiy qismi nolga teng mavhum bo'lib, qolganlari «a» shartni qanoatlantirsa u holda unda ABT o'tish jarayoni turg'unlik chegarasida bo'ladi, ya'ni

$$Y(t) = c_1 e^{\beta t} + \sum_{i=2}^n c_i e^{p_i t} \rightarrow c_1 (\cos \beta t \pm i \sin \beta t). \quad (129)$$

Shunday qilib, ABTdagi o'tish jarayonini aniqlash uchun uning xarakteristik tenglama ildizlarini aniqlash kerak ekan.

Murakkab ko'rinishdagi xarakteristik tenglama ildizlarini aniqlash katta qiyinchiliklar tug'diradi va ko'p vaqtni oladi. Bu holatda ABTdagi o'tish jarayonini qurmasdan turib, ya'ni ildizlarni aniqlamasdan, jarayon turg'un yoki noturg'unligi to'g'risida javob yetarlidir. Bu javobni turg'unlik mezonlari (kriteriyalari) beradi. U quyidagi mezonlardir:

Gurvis turg'unlik mezoni;

Mixaylov turg'unlik mezoni;

Naykvist-Mixaylov turg'unlik mezoni.

Gurvis turg'unlik mezoni. Agar yopiq zanjirli ABTning xarakteristik tenglamasi

$$a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0 = 0 \quad (130)$$

bo'lsa, u holda tizim turg'un bo'lishi uchun quyidagicha ikki shart bajarilishi kifoya:

1) xarakteristik tenglama koeffitsiyentlari bir xil ishoraga ega bo'lishi kerak, ya'ni

$$a_n > 0; a_{n-1} > 0; a_{n-2} > 0; \dots a_1 > 0; a_0 > 0; \quad (131)$$

2) shu koeffitsiyentlardan hosil qilingan diagonal determinantlar ham noldan katta bo'lishi kerak, ya'ni

$$D_1 > 0; D_2 > 0; \dots; D_{n-1} > 0. \quad (132)$$

Agarda bu shartlarning birortasi bajarilmasa, ABT noturg'unidir.

Mixaylov turg'unlik mezoni. Agar yopiq zanjirli ABTning xarakteristik tenglamasi

$$a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0 = 0 \quad (133)$$

bo'lsa, u holda Mixaylov mezonini bo'yicha bu tenglamada p ni iw bilan almashtirish talab etiladi, buning natijasida ushbu kompleks ifoda hosil bo'ladi:

$$a_n (iw)^n + a_{n-1} (iw)^{n-1} + \dots + a_1 (iw) + a_0 = M(iw) = u(w) + iv(w), \quad (134)$$

bunda $u(w) = a_0 - a_2 w^2 + a_4 w^4 - \dots$ haqiqiy chastotaviy tavsif;
 $v(w) = a_1 - a_3 w^3 + a_5 w^5 - \dots$ mavhum chastotaviy tavsif.

Tebranish chastotasi w noldan cheksizlikkacha o'zgarganda $M(iw)$ ifoda kompleks tekislikda Mixaylov godografini ifodalaydi. Shu godografga qarab ABT turg'un yoki noturg'unligini aniqlash mumkin.

Agar tebranish chastotasi noldan cheksizlikkacha o'zgarganda Mixaylov godografi musbat yo'nalishda (soat strelkasi yo'nalishiga qarshi) ketma-ket n chorakdan o'tsa, ABT turg'unidir. Bunda n xarakteristik tenglamaning eng yuqori darajasi.

Agar tebranish chastotasi noldan cheksizlikkacha o'zgarganda Mixaylov godografi koordinata boshidan o'tsa, ABT turg'unlik chegarasida bo'ladi.

Agar tebranish chastotasi noldan cheksizlikkacha o'zgarganda Mixaylov godografi musbat yo'nalishini yoki ketma-ketligini o'zgartirsa, ABT noturg'unidir.

Naykvist–Mixaylov turg'unlik mezonini. Bu mezon yopiq zanjirli ABTning turg'unligini uning ochiq zanjirli holatidagi ABTning kompleks chastotaviy tavsifi orqali baholaydi. *Agar ochiq zanjirli ABTning KCHT chastota noldan cheksizlikkacha o'zgarganda -1 , j_0 nuqtani o'z ichiga olmasa, bu tizim yopiq holatda turg'unidir.*

Agar ochiq zanjirli ABTni KCHT chastota noldan cheksizlikkacha o'zgarganda -1 , j_0 nuqtadan o'tsa, bu tizim yopiq holatda turg'unlik chegarasida bo'ladi.

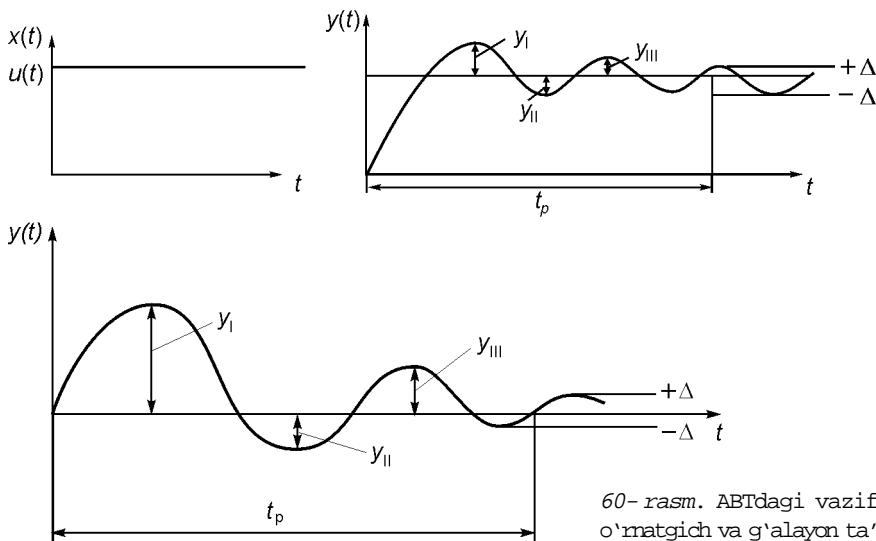
Agarda ochiq zanjirli ABT ning KCHT chastota noldan cheksizgacha o'zgarganda -1 , j_0 nuqtani o'z ichiga olsa, bu tizim yopiq holatda noturg'unidir.

8.8. O'TISH JARAYONINING SIFAT KO'RSATKICHLARI

Yuqorida ko'rib o'tilganidek, boshqarilayotgan parametr o'rnatilgan miqdorga teng bo'lishi uchun ABTdagi o'tish jarayoni turg'un bo'lishi kerak. Lekin shu o'tish jarayonini bir nechta ABT-lari hosil qilishi mumkin. Ularning qaysi bir parametrini boshqarish uchun qo'llash kerakligiga turg'unlik mezonlari javob bermaydi. Shu sababli bir nechta turg'un tizimlardan eng afzalini tanlash uchun ABTning sifat ko'rsatkichlari tahlil qilinadi. Bu sifat ko'rsatkichlari obyekt xususiyatlariga bog'liqdir. Agar ABTda vazifa o'rnatgich yoki g'alayon ta'sirida o'tish jarayoni ma'lum bo'lsa (60-rasm), o'tish jarayonlarining sifat ko'rsatkichlarini tahlil qilish mumkin bo'ladi.

O'tish jarayoni quyidagi sifat ko'rsatkichlari bilan baholanadi:

- 1) y_I – maksimal og'ish;
- 2) t_p – rostlanish vaqti, bu o'tish jarayoni boshlanishidan rostlanish parametrining o'rnatilgan miqdordan $\pm D$ (sezgirlik miqdori) qiymatga og'ishigacha bo'lgan oraliq;



60-rasm. ABTdagi vazifa o'rnatgich va g'alayon ta'siridagi o'tish jarayonlari.

3) $\psi = \frac{y_I - y_{III}}{y_I} = 1 - \frac{y_{III}}{y_I}$ – rostlanayotgan parametrlarning soʻnash darajasi,

4) $\xi = \frac{y_{II}}{y_I}$ – oʻta rostlanish.

Agar ABT yuqoridagi sifat koʻrsatkichlaridan kamida ikkitasi ABT uchun qoʻyilgan talablarga javob bersa, u holda ABT turgʻun va sifat koʻrsatkichlariga javob bergan hisoblanadi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Avtomatik boshqarish deb nimaga aytiladi?
2. Avtomatik boshqarish tizimi qaysi elementlardan iborat?
3. ABT undagi oʻtish jarayoniga qarab qanday tavsiflanadi?
4. Differensial tenglama qanday aniqlanadi (keltirib chiqariladi)?
5. Uzatish funksiyasi nima?
6. ACHT nimani belgilaydi?
7. FCHT nimani belgilaydi?
8. Vaqt tavsifi nima?
9. Boʻgʻinlarning ketma-ket ulanishidan hosil boʻlgan tizimning uzatish funksiyasi nimaga teng?
10. Boʻgʻinlarning parallel ulanishidan hosil boʻlgan tizimning uzatish funksiyasi nimaga teng?
11. Qanday turgʻunlik mezonlarini bilasiz?
12. Sifat koʻrsatkichlari turgʻunlik mezonlaridan nimasi bilan farq qiladi?

9-bob

BARABANLI BUG` QOZONLARINI AVTOMATIK BOSHQARISH

9.1. BARABANLI BUG` QOZONI AVTOMATIK BOSHQARISH TIZIMINING BOSHQARILUVCHI OBYEKTI SIFATIDAGI TAVSIF

Barabanli bug` qozoni boshqariluvchi obyekt sifatida murakkab tizimni tashkil etadi. Unda kechayotgan jarayonlar va ularni ifodalovchi parametrlar bir-biriga uzviy bog`liq bo`lib, ulardan birining o`zgarishi boshqa parametrlarning qiymatiga ham ta`sir qiladi. Bug` qozonida kechayotgan jarayonlarni belgilovchi asosiy parametrlar o`ta qizdirilgan bug`ning sarfi D_{qb} , uning bosimi p_{qb} va harorati t_{qb} hisoblanadi. O`ta qizdirilgan bug` sarfi iste`molchining talabini qondirish uchun har daqiqa o`zgarib, bug` bosimi va harorati belgilangan og`ish oralig`ida barqarorlantirilib turilishi kerak. Asosiy parametrlar bilan birga quyidagi parametrlarning og`ishi ham nazorat qilinib turilishi kerak: barabandagi suv sathi – H_p , o`txonaning yuqori qismidagi siyraklanganlik – S_o , yonish gazlaridagi kislorodning miqdori – O_2 ; barabandagi suv tarkibi – NaCl. Bu parametrlar rostlagich ta`siri va tasodifiy yoki tartibli ichki va tashqi g`alayonlar ta`sirlari ostida o`zgaradi. Barabanli bug` qozonida bir vaqtning o`zida ham kirish, ham chiqish parametrlari bo`yicha daraklar bo`lishi mumkin.

Masalan, o`ta qizdirilgan bug`ning D_{qb} sarfi yoqilg`i sarfi B_{y_o} ga nisbatan chiqish daragi bo`ladi. Shunga qaramay, barabanli bug` qozonlarini avtomatik boshqarishda uni alohida avtonom yopiq zanjirli ABTlariga ajratish mumkin, ya`ni o`ta qizdirilgan bug` bosimi va yuklamasini boshqarish; yonish jarayoni tejamkorligini boshqarish; o`txonaning yuqori qismidagi siyraklanishni boshqarish, o`ta qizdirilgan bug`ning haroratini boshqarish, ta`minot suvi iste`molini boshqarish, barabandagi suv sifatini boshqarish.

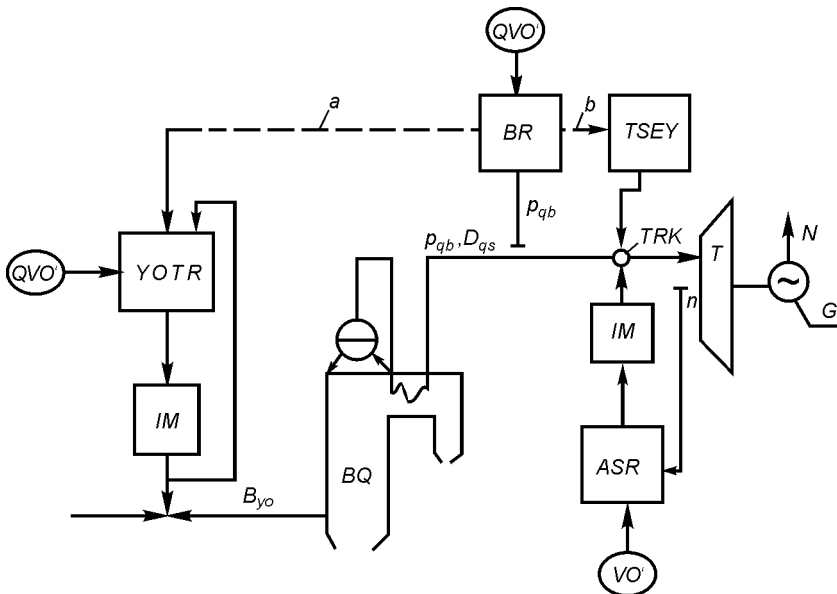
9.2. O'TA QIZDIRILGAN BUG' BOSIMI VA YUKLAMASINI AVTOMATIK BOSHQARISH

Bug' qozoni yuklamasini boshqaruvchi obyekt sifatida quyidagi ketma-ket ulangan uch bo'g'indan iborat deb qarash mumkin: kirish kattaligi yoqilg'ining o'zgarishi va chiqish kattaligi issiqlik ajralib chiqishi bo'lgan o'txonadan; kirish kattaligi yuzalar qabul qilgan issiqlik va chiqish kattaligi qaynash va bug' hosil bo'luvchi yuzalardan: kirish kattaligi bug' yuklamasi va chiqish kattaligi bug' bosimi va sarfi bo'lgan baraban va bug' qizdirgichlardan. Barabanli bug' qozonida o'ta qizdirilgan bug' bosimi va yuklamasining ABT uning baza yoki rostlovchi ish tartibiga va uning umumiy bug' quvuriga yoki energoblokda ishlashiga bog'liqdir. Barabanli bug' qozonlarida issiqlik elektr stansiyalari issiqlik yoki elektr yuklamalarining o'zgarishidan qat'iy nazar bug' ishlab chiqarishni berilgan darajada ushlab turuvchi ish holati **bazaviy ish tartibi** deyiladi. Issiqlik elektr stansiyalari issiqlik yoki elektr yuklamasining o'zgarishiga mos ravishda bug' qozonida bug' ishlab chiqarishni o'zgartiruvchi ish tartibi **rostlagich** deyiladi. Bug' qozoni bitta turbina uchun bug' ishlab chiqarsa, bu ishlash tizimi **blokda ishlash** deyiladi. Agarda bir nechta bug' qozonlari umumiy bug' quvuriga ulanib, undan bir nechta turbina bug' iste'mol qilinsa, bu tizim **umum quvurga ishlash** deyiladi.

Blokda ishlovchi barabanli bug' qozonining bug' bosimi va yuklamasini ABT. Bu tizimning asosiy vazifasi turbinaga kirishdagi bug' bosimini o'rnatilgan me'yorda ushlab turishdan iborat.

61- rasmda barabanli bug' qozonida bug' bosimi va yuklamasini ABT chizmasi keltirilgan.

Rostlagich ish tartibida (a) bug' qozonining vazifasi har bir daqiqada turbinaga yetarli darajada bug' ishlab chiqarishdir. Bu holat TRK oldidagi quvurdagi bug' bosimi bilan tavsiflanadi. Agar bug' ishlab chiqarish iste'molga teng bo'lsa, $p_{\Phi} = \text{const}$, ya'ni bug' qozoni, turbina va generator yuklamalari o'zgarmas bo'lsa, bunda bug' qozoniga yuborilayotgan yoqilg'i B_{yo} o'rnatilgan miqdorga (QVO') tengdir, quvurdagi bug' bosimi p_{Φ} o'rnatilgan



61- rasm. Blokda ishlovchi barabanli bug' qozonida bug' bosimi va yuklamasini ABT.

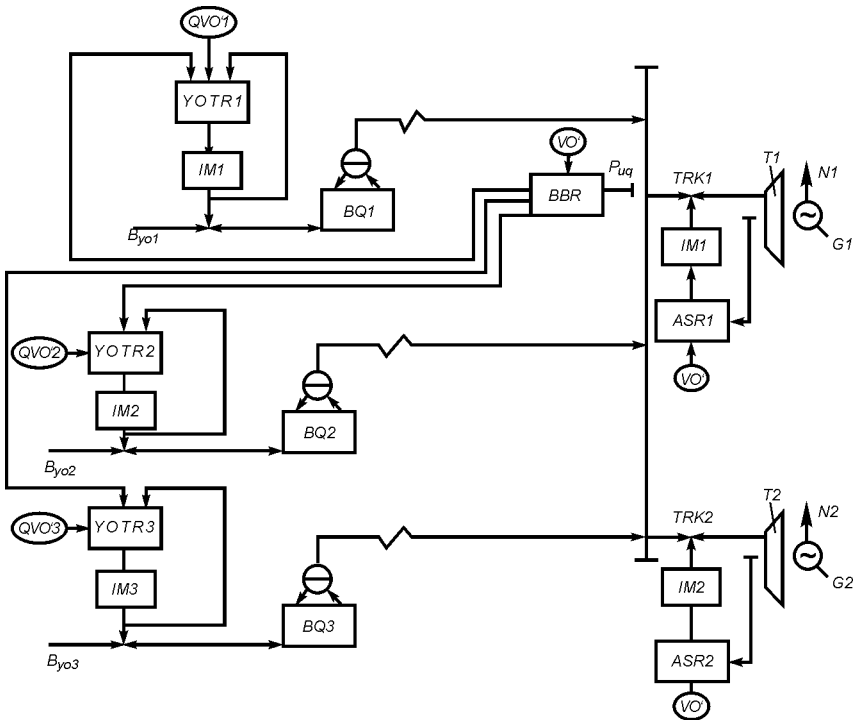
a – rostlagich ish tartibida; b – bazaviy ish tartibida: BQ – barabanli bug' qozoni; T – bug' turbinasi; G – generator; BR – bosim rostlagichi; $YOTR$ – yoqilg'i ta'minot rostlagichi; ASR – aylanish soni rostlagichi; n – aylanish soni; N – elektr yuklamasi; $TSEY$ – turbina sinxronizatorining elektr yuritgichi; VO – vazifa o'rnatgich; QVO – qo'l bilan vazifa o'rnatgich; TRK – turbinani rostlash klapani; IM – ijro mexanizmi.

miqdorga (QVO) tengdir, turbina o'qining aylanish soni n o'rnatilgan miqdorga (VO) tengdir, ya'ni tizim muvozanatda bo'ladi. Agarda iste'molchi tomonidan yuklama N o'zgarsa, masalan, ortsa bunda turbina o'qining aylanish soni kamayadi va ASR aylanish sonini o'rnatilgan miqdorga tenglash uchun IM ga ta'sir ko'rsatib, TRK ni ocha boshlaydi. Buning natijasida bug' sarfi D_{ϕ} ortib, uning bosimi p_{ϕ} kamayadi. BR bu kamayishni o'rnatilgan miqdorga qaytarish uchun $YOTR$ ga ta'sir ko'rsatib, o'txonaga yuborilayotgan yoqilg'i miqdori B_{yo} ni oshiradi. Buning natijasida tizim bir qator holatdan chiqib, ma'lum bir vaqt o'tgandan so'ng yangi

elektr yuklamasiga mos ravishda turg'un holatga o'tib ishlay boshlaydi.

Bazaviy ish tartibida (b) BQ o'zgarmas miqdorda bug' ishlab chiqaradi. Buning uchun YO TR o'txonaga QVO tomonidan o'rnatilgan yoqilg'i sarfi B_{yo} ni har bir daqiqada yuborib turadi. Agar iste'molchi tomonidan yuklama N o'zgarsa, yuqorida ko'rib o'tilganidek, o'zgarishlar sodir bo'lib, BR endi BQ ga emas, balki TSEY ga ta'sir ko'rsatib, bug' bosimini o'rnatilgan me'yorda ushlab turadi.

Umumiy bug' quvuriga ishlovchi barabanli bug' qozonlarida bug' bosimi va yuklamasini ABT. Umumiy bug' quvuriga ishlovchi

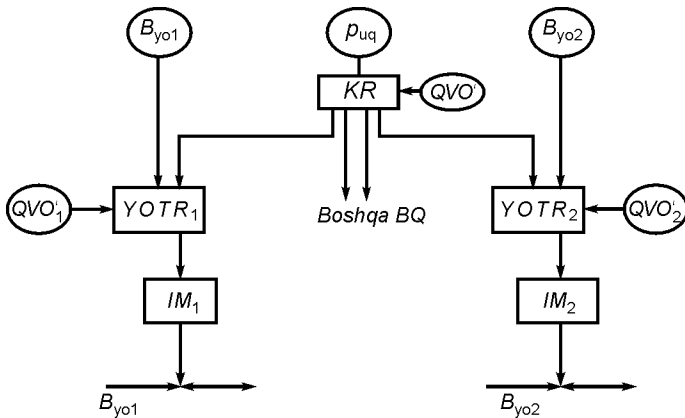


62- rasm. Umumiy bug' quvuriga ishlovchi barabanli bug' qozonlarida bug' bosimi va yuklamasini ABT: BBR – bosh bosim rostlagichi; 1, 2, 3 – bug' qozoni, turbina, YO TR, ASR, QVO' va generator nomerlari.

bosh bosim rostlagichli barabanli bug' qozonlarida bug' bosimi va yuklamasini ABT 62- rasmda keltirilgan.

Har bir bug' qozoniga QVO' tomonidan ishlab chiqarilishi lozim bo'lgan bug' hosil qilish uchun yoqilg'i sarfi o'rnatiladi. Agar umumiy bug' qozonlari ishlab chiqarayotgan bug' sarfi turbinalar iste'mol qilayotgan bug' sarfiga teng bo'lsa, umumiy bug' quvuridagi bosim p_{uq} o'zgarmas va BBRga VO' tomonidan o'rnatilgan miqdorga teng bo'ladi. Bu holatda tizim dinamik muvozanatda bo'ladi. Agar iste'molchi tomonidan elektr energiyasi iste'moli o'zgarsa, masalan, N_1 ortsa, muvozanat buziladi. U holda T_1 ning aylanish soni n kamayadi va buni o'z holatiga keltirish uchun ASR_1 IMi orqali TRK1 ni ochadi. Buning natijasida umumiy quvurdagi bug' bosimi kamayadi va o'rnatilgan miqdordan farq qiladi. Bu farqni BBR aniqlab, uni kamaytirish uchun BBR hamma YOTRlariga bir xilda ta'sir ko'rsatadi. Buning natijasida bug' qozonlariga qo'shimcha yoqilg'i yuborilib, bug' ishlab chiqarish ortadi va ma'lum vaqtdan so'ng tizimda yangi dinamik muvozanat tiklanadi. Ko'rib o'tilgan tizimda bug' qozonlari rostlovchi ish tartibida ishlaydi.

Endi tizimni ichki g'alayonda ishlash faoliyatini ko'rib chiqaylik. Masalan, BQ_1 da 4 ta yoqilg'i keltiruvchi tasmali transportyordan ikkitasi uzildi, ya'ni yoqilg'i ta'minoti 50% kamaydi, deylik. Buning natijasida BQ_1 o'txonasida issiqlik ajralib chiqishi kamayib, ishlab chiqilayotgan bug' sarfi kamayadi. Bu esa ma'lum vaqtdan so'ng umumiy bug' quvuridagi bug' bosimining kamayishiga olib keladi. Buning natijasida BBR, yuqorida ko'rib o'tilganidek, bosimni o'rnatilgan miqdorga keltirish uchun har bir bug' qozoniga yuborilayotgan yoqilg'i miqdorini bir xil qiymatga oshiradi. Buning natijasida normal ishlayotgan BQ_2 , BQ_3 qo'shimcha bug' ishlab chiqaradi, kam miqdorda bug' ishlab chiqarayotgan BQ_1 to'liq quvvatidan kamroq quvvatda ishlaydi. Bu esa tizimning foydali ish koeffitsiyenti kamayishiga olib keladi va ABT kamchiligi hisoblanadi. Kamchilikni kamaytirish uchun ba'zi bug' qozonlarini bazaviy ish tartibiga o'tkazish yoki ABTni o'zgartirish lozim.

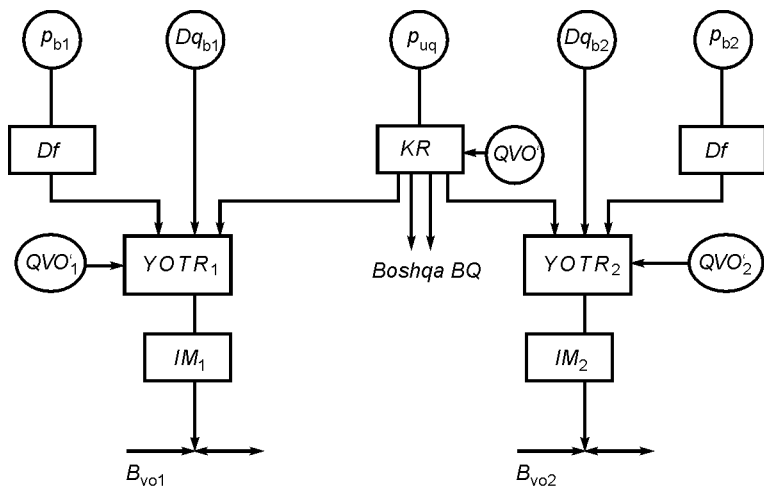


63- rasm. «Vazifa-yoqilg'i» bug' bosimi va yuklamasini ABT.
KR – korrektorlovchi rostlagich.

«Vazifa-yoqilg'i» barabanli bug' qozonida bug' bosimi va yuklamasini ABT. Yuqorida keltirilgan ichki g'alayon ta'sirida sodir bo'layotgan kamchilikni yo'qotish uchun «vazifa-yoqilg'i» ABT qo'llaniladi. Bu tizim chizmasi 63- rasmda keltirilgan.

Bu tizimda YOTRga har bir qozonga yuborilayotgan yoqilg'i sarfi B_{yo} bo'yicha darak, QVO'dan darak va KRdan darak keladi va o'zaro solishtiriladi, farqi aniqlanib, ular asosida BQga yuborilayotgan yoqilg'i sarfi boshqariladi. Agar, masalan, elektr energiyasi iste'moli o'zgarsa, tizim yuqoridagi ko'rib o'tilgan ketma-ketlikda ishlaydi. Ichki g'alayonda esa, masalan, BQ₁ dagi yoqilg'i miqdori o'zgarsa, tizim sarf o'zgarishi bilan B_{yo1} darak YOTR₁ ga kelib, rostlagich yoqilg'i miqdorini o'rnatilgan miqdorga tenglaydi. Uning natijasida BQ₁ ishlab chiqarayotgan bug' sarfi va bosim kam miqdorda o'zgarishi yoki umuman o'zgarmasligi ham mumkin. Bu tizimni yoqilg'i sarfi katta aniqlik bilan o'lchanadigan bug' qozonlarida, ya'ni gaz va mazut yoqiladigan bug' qozonlarida ishlatish mumkin.

«Issiqlik-vazifa» barabanli bug' qozonida bug' bosimi va yuklamasini ABT. Qattiq yoqilg'i yoqiladigan bug' qozonlarida yoqilg'ining sifati o'zgarishi va sarfini o'lchash kichik aniqlikka ega



64- rasm. «Issiqlik-vazifa» barabanli bug' qozonlarida bug' bosimi va yuklamasini ABT. p_b – barabandagi bug' bosimi, Df – differensator.

bo'lgani uchun uning sarfi nisbiy ravishda, ya'ni bug' sarfi va barabandagi bug' bosimining o'zgarishi bo'yicha aniqlanadi. 64-rasmda «issiqlik-vazifa» bug' bosimi va yuklamasini ABT chizmasi ko'rsatilgan.

Iste'molchi tomonidan kiritilgan g'alayonda tizim yuqoridagi tizimlardek kamchiliksiz ish bajaradi. Ichki g'alayonda esa, masalan, BQ_1 ga yuborilayotgan yoqilg'i sarfi o'zgarsa, kamaysa, issiqlik ajralib chiqishi kamayib, ekran quvurlarida bug' ajrab chiqish jarayoni kamayadi va barabandagi bug' bosimi p_b kamayib, uning kamayish tezligi bo'yicha YOTR₁ga darak keladi, buning natijasida YOTR₁ yoqilg'i sarfini o'zgartirib, g'alayonni yo'qotadi va tizimni muvozanat holatga keltiradi.

9.3. BARABANLI BUG' QOZONIDA TEJAMLI YONISHNI AVTOMATIK BOSHQARISH

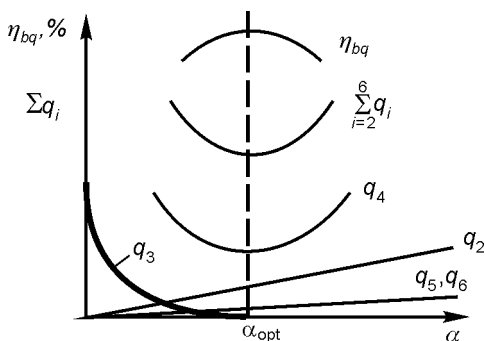
Barabanli bug' qozonida tejamli yonish uning foydali ish koefitsiyenti (F.I.K.), ya'ni bug' hosil qilishga va uni o'ta qizdirish-

ga sarflangan issiqlikning yonish jarayonida ajralib chiqqan umumiy issiqlik miqdoriga nisbati bilan baholanadi. Bug' qozoniga havo bilan quyilgan va barabandan produvka (puflash) bilan chiqarib yuborilgan issiqlikni inobatga olmagan holda, F.I.K. quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\eta_{bq} = \frac{D_{qb}(i_{qb} - i_{ts})}{B_{yo} Q_n^u}, \quad (135)$$

bunda i_{qb} , i_{ts} – o'ta qizdirilgan bug' va ta'minot suvi entalpiyasi; Q_n^u – pastki ishchi issiqlik chiqarish qobiliyati.

Tejamli yonishning asosiy vazifasi har bir daqiqada F.I.K.ni maksimal yoki issiqlik yo'qotishlarni minimal miqdorda ushlab turishdan iboratdir. Bu usul orqali tejamli yonishni avtomatik boshqarish issiqlik yo'qotishni va F.I.K.ni katta aniqlik bilan o'lchovchi asboblarning yo'qligi uchun keng tarqalmagan. Uning o'rniga tejamli yonish bilvosita, ya'ni bug' qozonidan chiqib ketuvchi gazlarning tarkibini aniqlash orqali bajariladi. Buning



65- rasm. Bug' qozonida F.I.K yoki umumiy issiqlik yo'qotishlar va havoning ortiqcha koeffitsiyenti bog'lanish grafiklari: a – havoning ortiqcha koeffitsiyenti; a_{opt} – F.I.K maksimal (issiqlik yo'qotish minimal) qiymatga mos keluvchi havoning optimal ortiqcha koeffitsiyenti; q_2 – bug' qozonini tark etayotgan yonish gazlari bilan issiqlik isroflari; q_3 – kimyoviy to'liq yonmaslikdan kelib chiquvchi issiqlik isroflari; q_4 – mexanik to'liq yonmaslikdan kelib chiquvchi issiqlik isroflari; q_5 , q_6 – suyuq shlak bilan va izolatsiya orqali tashqi muhitda issiqlik isroflari.

uchun har bir bug' qozonida tajriba asosida havoning ortiqcha ko'effitsiyenti a bilan FIK yoki $\sum_{i=2}^6 q_i \rightarrow \sum_{i=2}^6 q_i^{\min}$ miqdorlar orasidagi bog'lanish aniqlanadi. Qattiq yoqilg'i yoqiladigan barabanli bug' qozoni uchun $\eta(\sum q_i) = f(\alpha)$ grafiklari 65-rasmda keltirilgan.

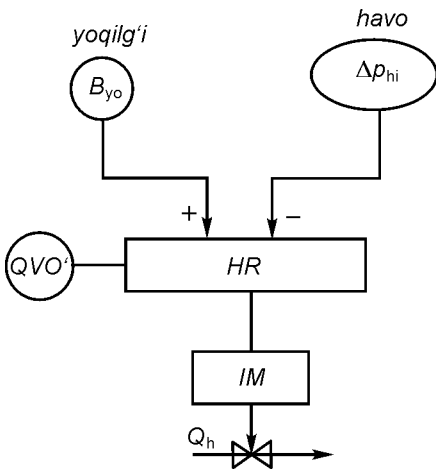
Havoning ortiqcha ko'effitsiyentini o'txonani tark etayotgan yonish mahsulotlari tarkibidagi kislorod miqdori orqali quyidagi ifoda bo'yicha aniqlash mumkin:

(136)

To'liq yonish jarayonini hosil qilish uchun o'txonani tark etayotgan yonish mahsulotlari tarkibidagi kislorod miqdori qattiq yoqilg'i uchun 3–5 %, gaz va mazut uchun 0,5–1,5 % oralig'ida bo'lishi kerak. Shunday qilib, tejamli yonish ABTning asosiy vazifasi har bir daqiqada havoning ortiqcha ko'effitsiyenti a ni uning optimal qiymati a_{opt} ga keltirishdan iboratdir. Buning uchun $a_{opt} \Rightarrow \frac{21 - Q_{in}^{\max}}{21 - Q_{in}^{\min}}$ havoning ortiqcha ko'effitsiyenti a ni aniqlash zarur. Hozirgi vaqtdagi yonish mahsulotlari tarkibidagi kislorod miqdorini o'lchash asboblarning aniqlik klassi, ishonchliligi talabga javob bemasligi sababli, havoning ortiqcha ko'effitsiyenti bilvosita yo'llar bilan aniqlanib ABTlari tuzilishiga ta'sir ko'rsatadi.

«Yoqilg'i-havo» tejamli yonish ABT. Yoqilg'i sifati o'zgaras bo'lganda uning to'liq yonishi uchun kerak bo'ladigan kislorod miqdorini hisob-kitob orqali aniqlash mumkin. Bunda, yoqilg'i sarfi va o'txonaga yuborilayotgan havo sarfi orqali yonish mahsulotlaridagi havoning ortiqcha ko'effitsiyentini aniqlash mumkin. Shunga asoslangan ABT 66-rasmda keltirilgan.

QVO' orqali HR ga havoning optimal ortiqcha ko'effitsiyenti a_{opt} o'rnatilib, har bir daqiqada bu darak B_{yo} va Dp_{in} orqali aniqlanayotgan haqiqiy havoning ortiqcha ko'effitsiyenti a bilan solishtirilib turiladi. Buning natijasida IM o'txonaga yuborilayotgan havo miqdori Q_{in} ni boshqaradi. Bu tizim yoqilg'i sarfi B_{yo} katta aniqlik bilan o'lchanadigan bug' qozonlarida, ya'ni gaz va mazut yoqiladigan bug' qozonlarida qo'llaniladi.

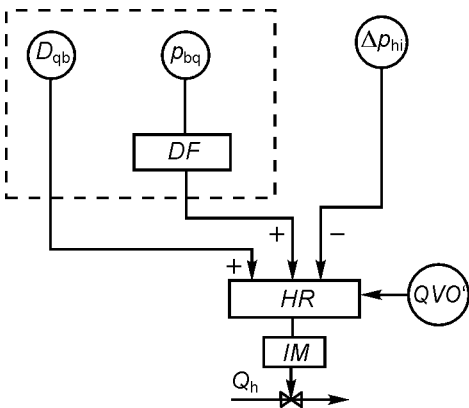


66- rasm. «Yoqilg'i-havo» tejamlı yonish ABT. B_{yo} – o'txonaga yuborilayotgan yoqilg'i sarfi; Dp_{hi} – o'txonaga yuborilayotgan havo sarfini bildiruvchi havo isitgichdagi bosimlar farqi; HR – havo rostlagich.

«Issiqlik-havo» tejamlı yonish ABT. Qattiq yoqilg'i yoqiladigan barabanli bug' qozonlarida yoqilg'i sifatining o'zgarishini va uning sarfini katta aniqlik bilan o'lchash mumkin emasligi sababli yuqoridagi tejamlı yonish ABTni

qo'llash mumkin emas. Har qanday yoqilg'i bir birligining yonishi uchun turlicha miqdorda havo zarurdir, lekin o'zgarmas miqdordagi issiqlik ajratib olish uchun, yoqilg'i turidan qat'iy nazar, bir xil miqdorda havo sarfi zarurdir. Shunga asosan, havoning ortiqcha koeffisientini aniqlash uchun yoqilg'i sarfini emas, balki undan ajralib chiqqan issiqlikni, ya'ni issiqlik yuklamasini o'lchash kifoyadir. Bunga asoslangan tejamlı yonish ABT 67- rasmda

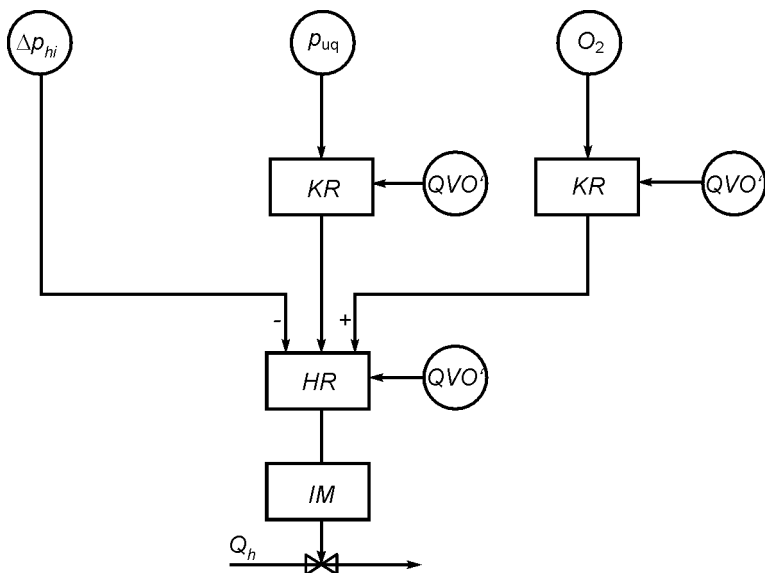
keltirilgan.



67- rasm. «Issiqlik-havo» tejamlı yonish ABT.

«Vazifa-havo va yonish mahsulotlari tarkibidagi kislorod miqdorining og'ishi» tejamlı yonish ABT.

Yuqorida ko'rib o'tilganidek, o'txonani tark etayotgan yonish mahsulotlari tarkibidagi kislorod miqdorini aniqlash katta qiyinchiliklar bilan bog'liqligi sababli, uning miqdorini emas, balki o'rnatilgan miqdordan og'ishini aniqlash orqali tejamlı



68- rasm. «Vazifa-havo va yonish mahsulotlari tarkibidagi kislorod miqdorining og'ishi» tejamli yonish ABT. O_2 – yonish mahsulotlari tarkibidagi kislorod; KR – korrektorlovchi rostlagich.

yonishni tashkil etish mumkin. Shunga asoslangan ABT chizmasi 68- rasmda keltirilgan.

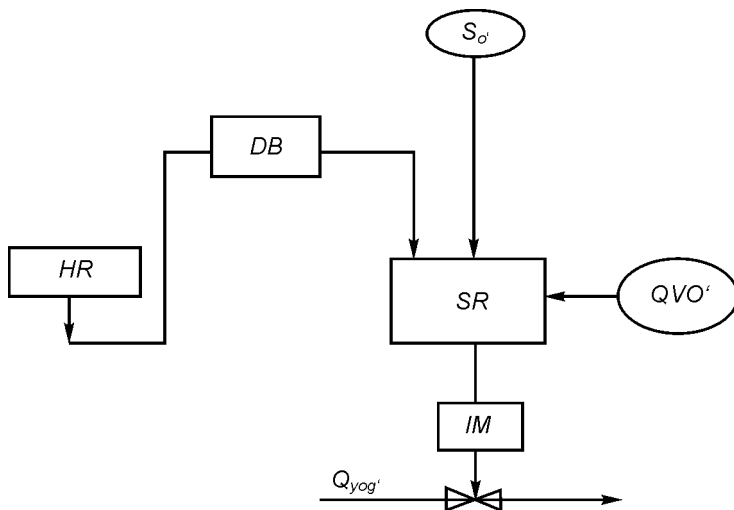
Bu ABT yoqilg'i turiga bog'liq emas. Agar ishlab chiqarilayotgan bug' miqdori iste'molga, havoning ortiqcha koeffitsiyenti optimal miqdorga teng bo'lsa, KPdan chiqayotgan daraklar nolga teng bo'ladi. HR esa QVO' tomonidan o'rnatilgan miqdor bilan o'txonaga yuborilayotgan havo sarfini solishtirib, bir me'yorda boshqarib turadi. Agarda iste'molchi tomonidan g'alayon kiritilsa, $p_{o,q}$ bosim QVO' tomonidan o'rnatilgan bosimdan farqlanadi va KR ta'sirida havo miqdori o'zgartirilib, g'alayon yo'qotiladi.

Agar yoqilg'i sifati yoki miqdori o'zgarsa, yonish mahsuloti tarkibidagi kislorod miqdori O_2 QVO' tomonidan o'rnatilgan miqdordan farqlanadi KR ta'sirida havo miqdori o'zgartirilib, g'alayon yo'qotiladi. Shu tariqa tejamli yonish boshqarilib turiladi.

9.4. BARABANLI BUG' QOZONI O'TXONASINING YUQORI QISMIDAGI SIYRAKLANTIRILISHNI ABT

O'txonaning yuqori qismida uncha katta bo'lmagan (20–30 Pa) siyraklantirilish o'txona ichidagi yonish gazlarining qozon tirqishlaridan tashqariga sirqib chiqishining oldini olish, mash'alaning barqaror yonishini ta'minlash va o'txonaga yuborilayotgan yoqilg'i, havo va chiqib ketayotgan yonish mahsulotlari orasidagi moddiy tenglikni ushlab turish uchun zarurdir. Bu vazifani o'txonaning yuqori qismidagi siyraklantirishni ABT bajaradi (69-rasm).

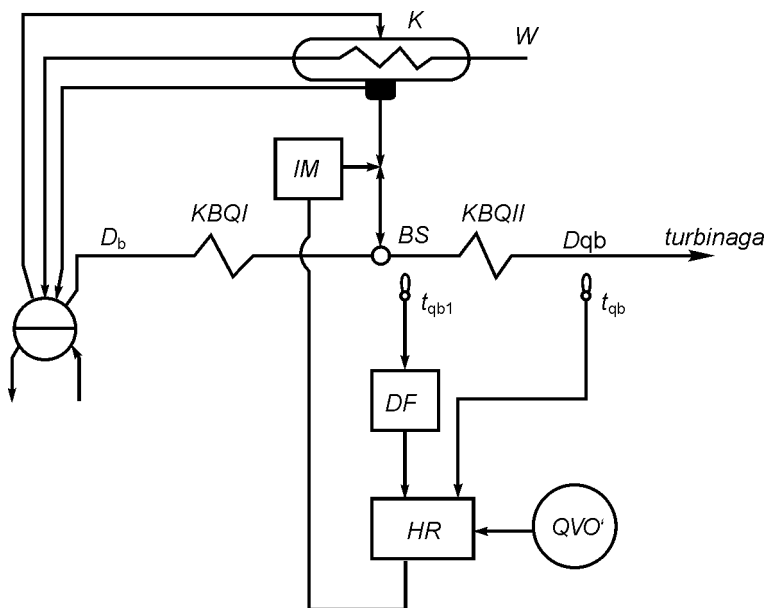
Tizimning vazifasi har bir daqiqada o'txonaning yuqori qismidagi siyraklantirilish S_o ni QVO' tomonidan o'rnatilgan miqdorga tenglab turishdir. Buning uchun SR o'txonadan chiqib ketayotgan yonish gazlari sarfi Q_{yog} ni o'zgartiradi. Bug' iste'moli keskin o'zgariganda rostdlash sifatini o'zgartimaslik uchun tizimda HP bilan SR orasida DB mavjuddir.



69-rasm. Barabanli bug' qozoni o'txonasining yuqori qismidagi siyraklantirilishni ABT. S_o – o'txona yuqori qismidagi siyraklantirish; SR – siyraklantirilish rostdlagichi; DB – dinamik bog'lanish.

9.5. BARABANLI BUG' QOZONLARIDA BIRLAMCHI BUG' HARORATINI ABT

Bug' qozonidan chiqayotgan bug'ning harorati asosiy parametrlardan biri bo'lib, u bug' turbinaning va bug' qozonining tejamli ishlashi mustahkamligini belgilaydi. Bug' qizdirgichlar ketma-ket joylashgan alohida qismlardan tashkil topib, ular turli haroratga ega bo'lgan bug' qozonining gaz yo'llarida joylashgandir. Qizdirilgan bug'ning harorati bug' qizdirgichlarning issiqlik qabul qilishiga va bug' ishlab chiqarishiga bog'liqdir. O'zgarmas sarfda bug' ishlab chiqarilayotganda bug' qizdirgichlarning issiqlik qabul qilish qobiliyati yonish tartibiga, isitish yuzalarining ifloslanishiga,



70-rasm. Barabanli bug' qozonida birlamchi bug' haroratini ABT. W – ta'minot suvi; K – bug' qozoni kondensatori; BS – bug' sovitgich; t_{qb} – qizdirilgan bug'ning harorati bo'yicha darak; t_{qb1} – bug' sovitgichdan keyingi qizdirilgan bug'ning harorati bo'yicha darak; HR – harorat rostlagichi; KBQI, KBQII – birinchi va ikkinchi pog'ona konvektiv bug' qizdirgichlari.

havoning miqdoriga, yoqilg'i tarkibiga va boshqa bir qancha omillarga bog'liqdir. Texnik ishlatish qoidasi bo'yicha birlamchi bug' haroratining farqi o'rnatilgan miqdordan +5 °C ortishiga va -10 °C kamayishiga ruxsat etiladi. Ruxsat etilgan farq oralig'ida bug' haroratini ABT 70- rasmda ko'rsatilgan.

Tizimda bug' haroratining o'rnatilgan miqdorda bo'lishi BCga yuborilayotgan kondensat sarfini o'zgartirish orqali rostlanadi. HRga bug' turbinasiga yuborilayotgan bug'ning harorati t_{ϕ} , BScdan keyingi bug' harorati tezligining o'zgarishi $\frac{dt_{\phi 1}}{dt}$ va QVO'dan o'rnatilgan harorat bo'yicha daraklar keladi. Rostlagich ularni solishtirib, farqini aniqlab, kuchaytirib IMni boshqarishga yetarli bo'lgan darak ishlab chiqaradi. Masalan, t_{ϕ} o'rnatilgan miqdordan katta. Unda IM rostlagich ta'sirida bug' haroratini o'rnatilgan miqdorga keltirish uchun BScga yuborilayotgan kondensat sarfini oshiradi. Natijada turbinaga yuborilayotgan bug'ning harorati kamayib, o'rnatilgan miqdorga tenglashguncha, jarayon davom etadi.

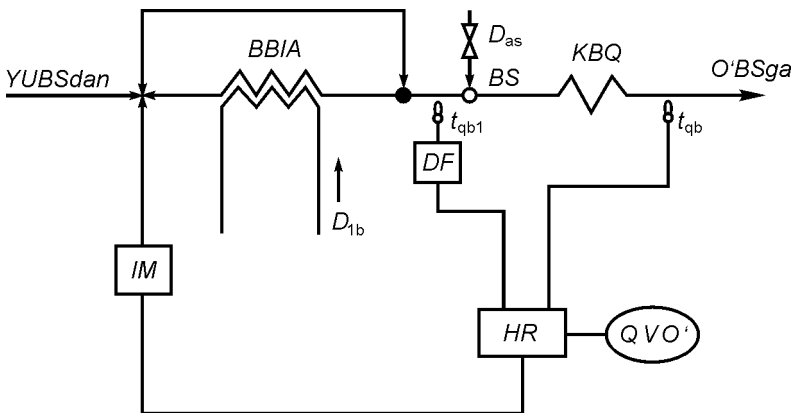
9.6. BARABANLI VA TO'G'RI OQIMLI BUG' QOZONLARIDA IKKILAMCHI BUG' HARORATINI ABT

Birlamchi bug' haroratiga qo'yilgan talablar ikkilamchi bug'ga ham taalluqlidir. Lekin ikkilamchi bug' haroratini kondensat purkaluvchi BS bilan boshqarish mumkin emas, chunki buning natijasida ikkilamchi bug' sarfi ortadi. Bug' turbinasining o'rta bosim qismi va past bosim qismi yuqoridagi qo'shimcha bug' sarfini o'tkazishga mo'ljallanmagan. Shuning uchun ikkilamchi bug' haroratini boshqarishda turlicha bug' sovitgichlar qo'llaniladi.

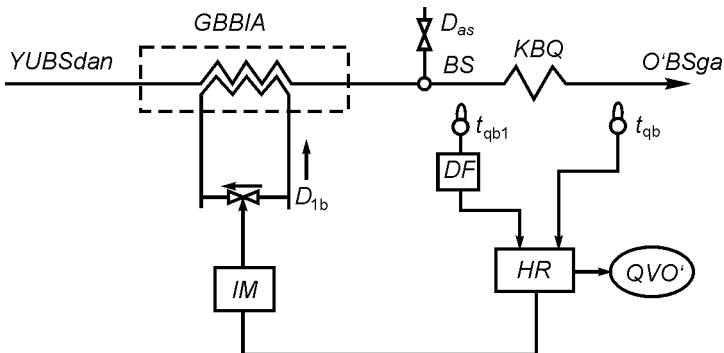
Ikkilamchi bug' haroratini bug'-bug'li issiqlik almashtirgich orqali boshqarish. Bug'-bug'li issiqlik almashtirgich quvur ichidagi quvur shaklida yasalib, u bug' qozoni tashqarisida o'rnatiladi. Issiqlik almashtirgich diametri 300–400 mm bo'lgan

quvur ichida quvur taxtalariga kichik diametrli quvurlar o'rnatilgan bo'lib, kichik quvurlardan harorati 450–520 °C li birlamchi isituvchi bug', unga qarama-qarshi yo'nalishda katta quvurda ikkilamchi isitiluvchi bug' harakatlanadi. Ikkilamchi bug'ning harorati uch yo'nalishli klapan orqali ikkilamchi bug'ni issiqlik almashtirgich va undan tashqaridagi quvur orqali o'tayotgan bug' sarflarini o'zaro o'zgartirilib boshqariladi. Ikkilamchi bug' haroratini bug'-bug'li issiqlik almashtirgichli orqali ABT 71- rasmda keltirilgan.

Ikkilamchi bug'ning haroratini boshqarish xuddi birlamchi bug'ning haroratini boshqarilgandek amalga oshiriladi, faqat bu yerda IM uch yo'nalishli klapan ta'sir ko'rsatadi. Agarda hamma ikkilamchi bug' issiqlik almashtirgichdan tashqaridagi quvur orqali o'tsa, lekin boshqarilayotgan qizdirilgan bug'ning harorati oshib borsa, u holda qo'shimcha avariya harorat rostlagichi ishga tushib BCga sovituvchi suv purkaydi va o'rnatilgan harorat miqdoriga qaytaradi.



71- rasmda. Ikkilamchi bug' haroratini bug'-bug'li issiqlik almashtirgich orqali ABT. YUBS – yuqori bosimli silindr; O'BS – o'rta bosimli silindr; KBQ – konvektiv bug' qizdirgich; D_{as} – avariya sovitgich suv sarfi; BBIA – bug'-bug'li issiqlik almashtirgich; K_1 – uch yo'nalishli klapan; D_{1b} – birlamchi isituvchi bug' sarfi.

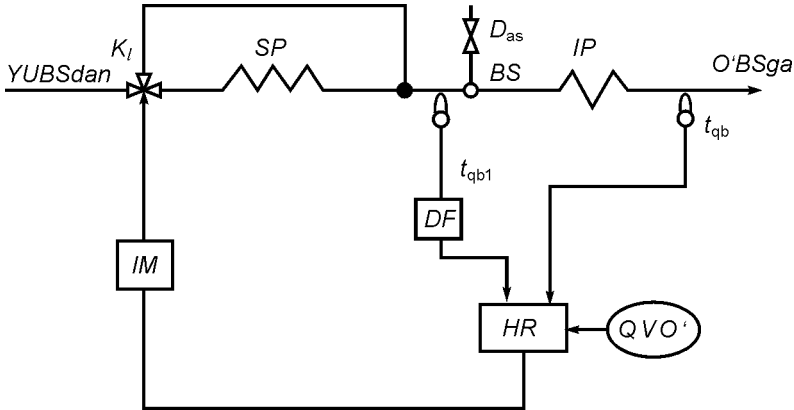


72-rasm. Ikkilamchi bug' haroratini rostlashning gaz bug'-bug'li issiqlik almashtirgichli ABT. GBBIA – gaz bug'-bug'li issiqlik almashtirgich.

Ikkilamchi bug' haroratini gaz bug'-bug'li issiqlik almashtirgich orqali boshqarish. Gaz bug'-bug'li issiqlik almashtirgich diametri 60 mm bo'lgan quvur ichida o'rnatilgan diametri 16 mmli ikkita quvurdan tashkil topgan. Bu konstruktsiya bug' qozonining yonish gazlari harakatlanayotgan gaz o'tkazgichda joylashgan. Kichik quvurlardan isituvchi birlamchi bug' harakatlanadi. Shunday qilib, ikkilamchi bug' gaz o'tkazgichida harakatlanayotgan yonish gazlaridan va kichik quvurlarda harakatlanayotgan birlamchi isituvchi bug'dan issiqlik qabul qiladi. Ikkilamchi bug' haroratini rostlashning gaz bug'-bug'li issiqlik almashtirgichli ABT 72-rasmda keltirilgan.

Ikkilamchi bug'ning haroratini boshqarish xuddi birlamchi bug'ning harorati boshqarilgandek amalga oshiriladi, faqat bu yerda IM isituvchi birlamchi bug'ning GBBIA va uning tashqarisidagi quvur orqali o'tayotgan sarfini o'zgarishlariga ta'sir ko'rsatadi. Bu tizimda ham haroratning oshganligidan himoya qilish uchun avariya harorat rostlagichi ko'zda tutilgan.

Ikkilamchi bug' haroratini aylanma (baypas) quvurdan o'tkazish orqali boshqarish. Bunda ikkilamchi bug' oqayotgan bug' qizdirgichlar gaz o'tkazgichdan oqayotgan yonish mahsulotlarining



73- rasm. Ikkilamchi bug' haroratini aylanma (baypas) quvurdan o'tkazish orqali roslashning ABT. SP – sovuq paket; IP – issiq paket.

haroratlari turlicha bo'lgan qismlarida o'rnatiladi. Gaz harorati kichik bo'lgan qismida joylashgan bug' qizdirgich **sovuq paket**, harorati katta bo'lgan qismida joylashgan bug' qizdirgich **issiq paket** deyiladi. Bug' haroratini boshqarish sovuq paket va undan tashqarida joylashgan aylanma (baypas) quvur orqali oqayotgan bug' sarflarini o'zaro o'zgartirish orqali bajariladi. Shu usul asosidagi ABT 73- rasmda keltirilgan.

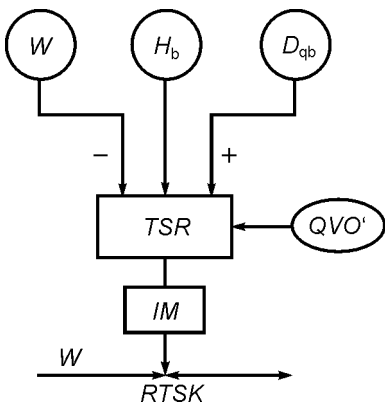
Bu tizimda ham bug'ning haroratini ruxsat etilmagan ko'tarilishdan himoya qilish uchun avariyaviy harorat rostlagichi ko'zda tutilgan.

9.7. BARABANLI BUG' QOZONLARINING SUV BILAN TA'MINLANISHINI AVTOMATIK BOSHQARISH

Ishlab chiqarilayotgan qizdirilgan bug' bilan barabanga kelayotgan ta'minot suvi balansi barabandagi suv sathi H_b bilan ifodalanadi. Agar ular orasidagi balans o'zgarsa, barabandagi suv sathi H_b o'zgaradi. Suv sathi o'rnatilgan me'yordan ortsa, ba-

rabandagi bug' ajratish separatorlari suv bilan qoplanib, bug' qizdirgichlarga va qisman turbinaga suv va bug' aralashmasi yuboriladi. Bunda aralashma zichligi qizdirilgan bug'ga nisbatan katta bo'lganligi uchun u katta tezlikda turbina parraklariga urilib uni sindirishi mumkin. Bug' qizdirgichlarda esa bug' va suv aralashmasi qizdirilgan bug'ga aylanadi, ular tarkibidagi tuzlar esa bug' qizdirgich ichki yuzalariga o'tirib qolib, metalldan bug'ga issiqlik almashinuvini kamaytiradi va bug' qizdirgichning ishdan chiqishiga olib keladi. Shunga asosan, barabandagi suv sathining me'yoridan ortiqcha ko'tarilishiga yo'l qo'ymaslik kerak. Agar suv sathi kamaysa, barabandan suvni pastga tushiruvchi quvurlar va yuqoriga ko'taruv ekran quvurlari orasidagi bog'liqlik uzilib, ekran quvurlarining haddan tashqari isib ketishi sababli ularning yuqori qismi ishdan chiqishi mumkin. Shunga asosan, barabandagi suv sathining me'yoridan ortiqcha pastlanishiga ham yo'l qo'ymaslik kerak. Shuning uchun barabanli bug' qozonlarida suv sathining o'rta qiymatdan ± 100 mm dan ortiqcha og'ishiga yo'l qo'yish mumkin emas. Suv sathining ruxsat etilgan oraliqda o'zgarishini boshqarish uchun barabanli bug' qozonlarini suv bilan ta'minlash ABT mavjud. Bu tizimning chizmasi 74- rasmda keltirilgan.

TSRga barabandagi suv sathi H_b , bug' sarfi D_{ϕ} , ta'minot suv sarfi W va QVO'da o'rnatilgan sath bo'yicha daraklar jam-



lanib va ular o'zaro solishtirilib, kuchaytirilib IMni harakatga keltiriladi, RTSK yordamida bug' qozoniga yuborilayotgan ta'minot suvi miqdori W ni o'zgartiriladi.

74- rasm. Barabanli bug' qozonlarini suv bilan ta'minlashning ABT. TSR – ta'minot suvi rostlagichi; RTSK – rostlovchi ta'minot suvi klapani.

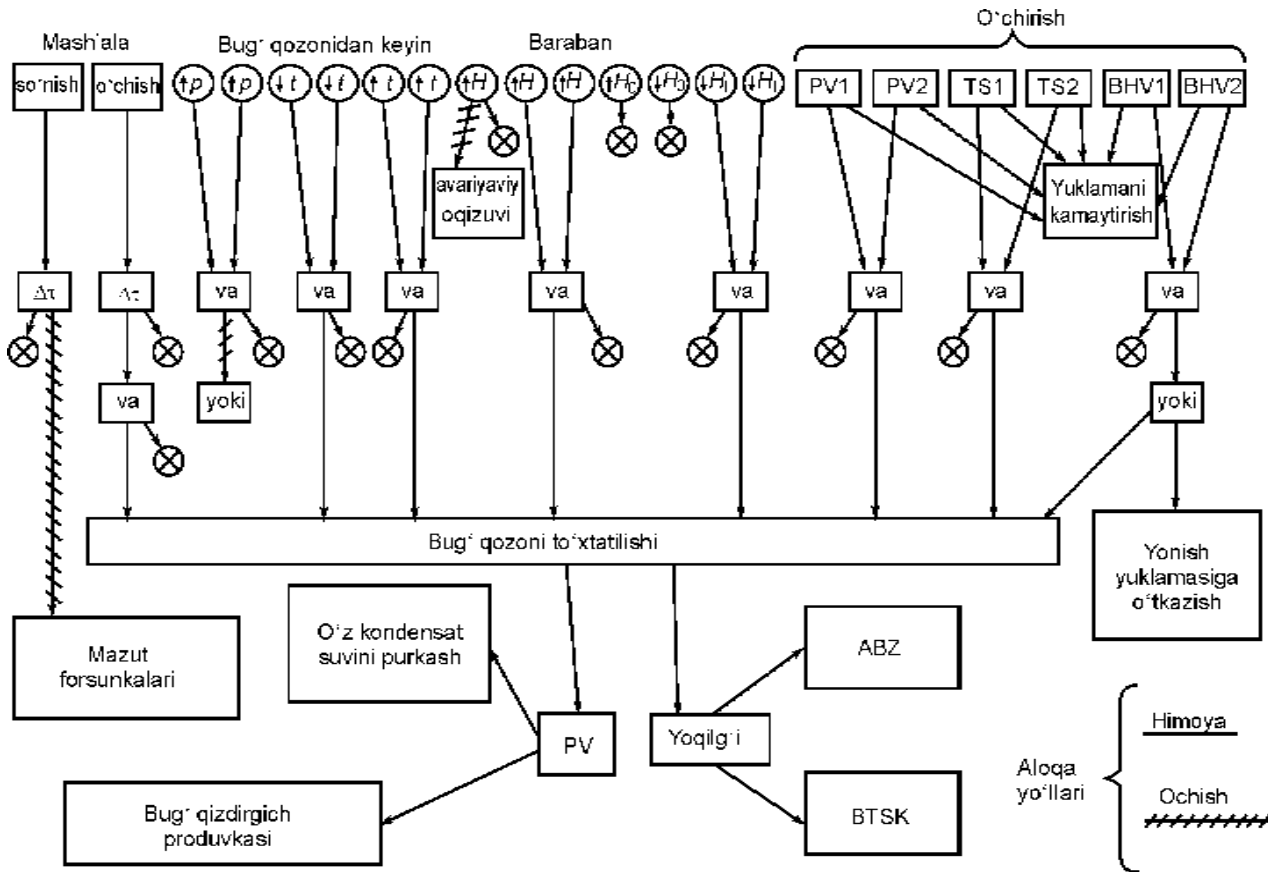
9.8. BUG` QOZONIDAGI SUV SIFATINI BOSHQARISH

Bug` qozonida harakatlanayotgan suvning kimyoviy tarkibi uni uzoq vaqt to`xtamay ishlashiga katta ta`sir ko`rsatadi. Suvning asosiy sifat ko`rsatkichlari bu undagi umumiy NaCl, mg/kg, hisoblangan sho`rligi va fosfat ionlari PO^{3-} , mg/kg. Suvning umumiy sho`rligining ortishi bug` qizdirgich va turbinaga tuzlar yuborilishiga olib keladi. Fosfat ionlarining yetishmasligi ekran quvurlarining ichki yuzalarida cho`kmalar sodir bo`lishiga olib keladi, ya`ni avariya holatini sodir etadi. Bug` qozoni tarkibidagi umumiy sho`rlikni boshqarish uchun vaqti-vaqti bilan ishlovchi va uzluksiz ishlovchi suv chiqarish moslamalaridan foydalaniladi. Uzluksiz ishlovchi moslama yordamida barabanni sho`r qismida umumiy bug` ishlab chiqarish quvvatining 0,5–2% miqdorida suv avtomatlashtirilgan holda chiqarilib, o`zi bilan tuzni ham olib chiqib ketadi. Vaqti-vaqti bilan suv chiqarib ishlashda bug` qozonini pastki qismidagi kollektorlardan har smenada ma`lum miqdorda suv chiqarilib tashlanadi. Barabanli bug` qozonlarining isitiluvchi quvurlarida cho`kmalar hosil bo`lishining oldini olish uchun barabandagi suvga bug` ishlab chiqarish quvvatiga proporsional ravishda dozator yordamida fosfat ionlari qorishmasi uzluksiz ravishda yuborib turiladi.

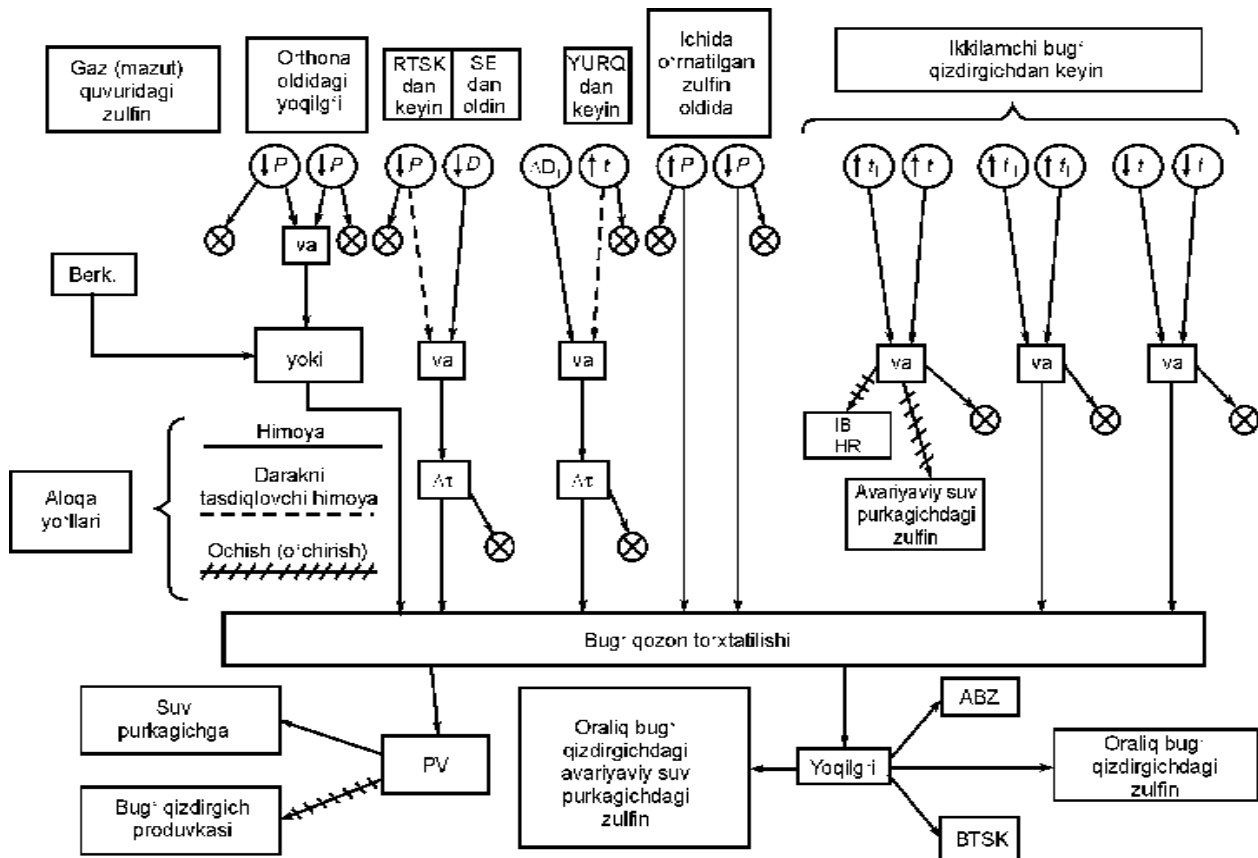
9.9. BUG` QOZONLARINING HIMOYASI

Bug` qozonlarining asosiy parametrlari ruxsat etilganidan katta miqdorga o`zgarishi natijasida avariya holati sodir bo`lishining oldini olish uchun ular himoya vositalari bilan ta`minlanadi. Himoya vositalari ta`sirida bug` qozonining yonish ish tartibiga, yuklamasini kamaytirish holatiga o`tkazish yoki umuman o`chirish mumkin. Himoya darakchilarining noto`g`ri ishlashini oldini olish maqsadida bug` qozonlarini ikki darakdan ikkita yoki uch darakdan ikkita darak asosida himoyalashning chizmalari qo`llaniladi.

Barabanli va to`g`ri oqimli bug` qozonlarining himoyasini tashkil qilish chizmasi 75, 76- rasmlarda ko`rsatilgan.



75- rasm. Barabanli bug' qozoni himoyasining mantiqiy harakat chizmasi.



76- rasm. To'g'ri oqimli bug' qozonini himoyasining mantiqiy harakat chizmasi.

75–76- rasmlarda:

D_t – kutish vaqti (shu vaqt o'tgandan so'ng himoya ishga tushadi);

$H_{I, II}$ – baraban suv sath oshishining chegarasi;

H_{III} – baraban suv sathining kamayish chegarasi;

H_0 – barabandagi o'rtacha o'rnatilgan suv sathi;

PV1, 2 – birinchi va ikkinchi purkovchi havo ventilatorlari;

TS1, 2 – birinchi va ikkinchi tutun so'rg'ichlar;

BHV 1,2 – birinchi va ikkinchi birlamchi havo ventilatorlari;

PV – purkovchi ventilator;

ABZ – asosiy bug' zulfini;

BTSK – berkituvchi ta'minot suvi klapani;

p – bosim;

RTSK – rostlovchi ta'minot suvi klapani;

D – bug' sarfi;

SE – suv ekonomayzeri;

t – harorat;

DD_1 – kirish va chiqishdagi bug' sarfi farqi;

YURQ – yuqori radiatsion qism;

$t_{I, II}$ – birinchi va ikkinchi pog'ona haroratlari chegarasi;

AHR – avariyaviy harorat rostlagichi;

⊗ – darak chirog'i;

IBHR – ikkilamchi bug' harorat rostlagichi.

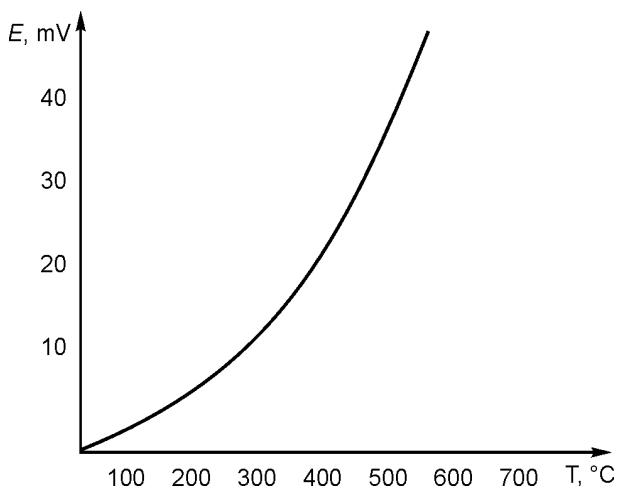
NAZORAT SAVOLLARI

1. Bazaviy va rostlovchi ish tartiblari nimasi bilan farq qiladi?
2. Barabanli bug' qozonlarida tejamli yonish nima bilan baholanadi?
3. O'txona yuqori qismidagi siyraklantirilishning o'zgarishligi nimani bildiradi?
4. Bug'-bug'li issiqlik almashtirgich qanday tuzilgan?

5. Gaz bug'-bug'li issiqlik almashtirgich qanday tuzilgan?
6. Qizdirilgan bug'ning harorati roslanmasa, qanday hodisalar sodir bo'lishi mumkin?
7. Nima uchun ikkilamchi bug'ning harorati suv purkovchi sovitgichlar orqali boshqarilmaydi?
8. Barabandagi suv sathining o'zgarishi bug' qozonining ishlashiga qanday ta'sir ko'rsatadi?
9. Barabandagi harakatlanayotgan suvning sho'rligi qanday boshqariladi? Bug' qozonlari himoyasining vazifasi nimalardan iborat?

ILOVALAR

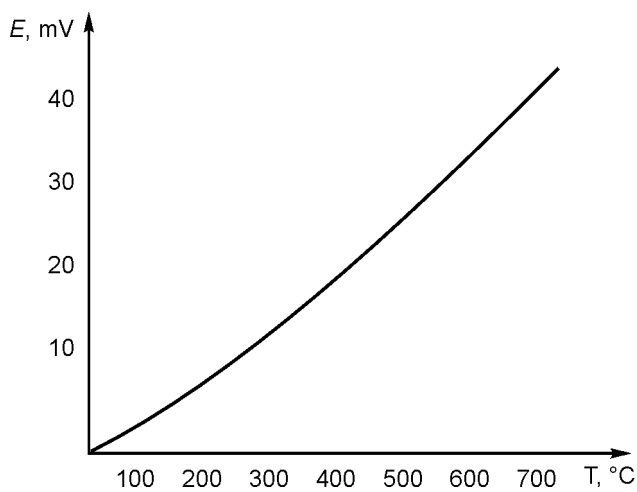
1-ilova



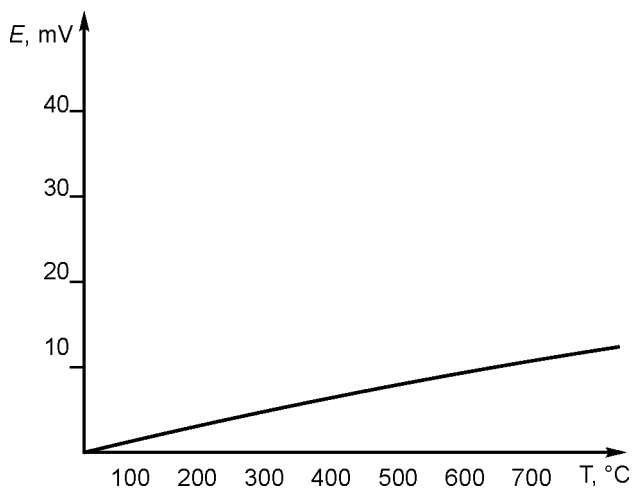
1- rasm. Xromel-Kopell XK rusumli termojuftning harorati ($^{\circ}\text{C}$) va hosil qiladigan TEYK (mV) orasidagi bog'liqlik grafigi.

2- jadval. Nikelxrom-nikel aluminiy (xromel-alumelli) K rusumli termojuftning darajalashtirilgan tavsifi,
 - 50_± + 800⁰C harorat ko'lamida

Ishchi uchining harorati	Termoelektrik yurituvchi kuch, mV									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
-50	-1,889	-1,709	-1,527	-1,342	-1,156	-0,967	-0,787	-0,585	-0,392	-0,197
0	0,000	0,198	0,397	0,597	0,798	1,000	1,203	1,407	1,611	1,817
50	2,022	2,229	2,436	2,643	2,850	3,058	3,266	3,473	3,681	3,888
100	4,095	4,302	4,508	4,714	4,919	5,124	5,327	5,531	5,733	5,936
150	6,137	6,338	6,539	6,739	6,939	7,139	7,338	7,538	7,737	7,937
200	8,137	8,337	8,537	8,737	8,938	9,139	9,341	9,543	9,745	9,948
250	10,151	10,355	10,560	10,764	10,969	11,175	11,381	11,587	11,793	12,000
300	12,207	12,415	12,623	12,831	13,039	13,247	13,456	13,665	13,874	14,083
350	14,292	14,502	14,712	14,922	15,132	15,342	15,552	15,763	15,974	16,184
400	16,395	16,607	16,818	17,029	17,241	17,453	17,664	17,876	18,088	18,301
450	18,513	18,725	18,938	19,150	19,363	19,576	19,788	20,001	20,214	20,427
500	20,640	20,853	21,066	21,280	21,493	21,706	21,919	22,132	22,346	22,559
550	22,772	22,985	23,198	23,411	23,624	23,837	24,050	24,263	24,476	24,689
600	24,902	25,114	25,327	25,539	25,751	25,964	26,176	26,387	26,599	26,811
650	27,022	27,234	27,445	27,656	27,867	28,078	28,288	28,498	28,709	28,919
700	29,128	29,338	29,547	29,756	29,965	30,174	30,383	30,591	30,799	31,007
750	31,214	31,422	31,627	31,836	31,942	32,249	32,455	32,661	32,866	33,072
800	33,277									



2- rasm. Nikelxrom-nikel aluminiy (xromel-alyumel) K rusumli termojuftning harorati ($^{\circ}\text{C}$) va hosil qiladigan TEYK (mV) orasidagi bog'liqlik grafigi.



3- rasm. Platinorodiy (10%) – platinali S rusumli termojuftning harorati ($^{\circ}\text{C}$) va hosil qiladigan TEYK (mV) orasidagi bog'liqlik grafigi.

ADABIYOTLAR

1. **G'.R. Shoyuqubov, R.K. Azimov.** O'lchash texnikasi yordamchimiz. T.: «O'zbekiston», 1974.
2. **Á.Á. Áiëüöiaí.** Íðeáíðú éííððíëý è ñðááñðá ààðííàðèçàòèè ðáí-ëíáúð íðíðáññíá. Ì.: «Áúñøäý øéíèà». 1980.
3. **Á.Ì. Èàáííáá, Í.Á. Èóçíáðíá, Á.Ñ. «ëñöýéíá.** Òáíëíðáðóíé+áñèèà èçíáðáíëý è íðeáíðú. Ì: Ýíáðáíàðííèçääð. 1984.
4. **Ñ.Ì. Íeáðíáá.** Ààðííàðè+áñèíá óíðááèáíèà è çàùèðà ðáíëíýíáðáá-ðè+áñèèð óñðáííáíé ýeáèððíñðáíðèé. Ì.: «Ýíáðáíèçääð», 1986.
5. **Í.Á. Èóçíáðíá, Á.Ñ. «ëñöýéíá.** Ñáíðíèè çááá+ è áííðíñíá íí ðáí-ëíðáðóíé+áñèèí èçíáðáíëýì è íðeáíðáí. Ì: «Ýíáðáíàðííèçääð». 1986.
6. **Þ.Ì. Èàáííá, Á.Á. Áeéííá.** Ààðííàðè+áñèèà ðááðèèððóíèá óñððíé-ñðáá ðáíëíáúð íðíðáññíá. – È.: ÑÇÌÈ, 1986.
7. **Á.Ñ. «ëñöýéíá.** Èðàðèèè ñíðááí+íèè íí ðáíëíðáðóíé+áñèèí èçíáðá-íëýì.-Ì: Ýíáðáíàðííèçääð. 1990.
8. **B.E. Muhamedov** Metrologiya. Texnologik ko'rsatkichlarini o'lchash usullari va asboblari Ò.: – «O'qituvchi». 1991.
9. Ñèñðáíá íááñíá+áíëý áàèíñðáá èçíáðáíèè. Íáæáíñðááðñðááííúé ñðáíááðð. ÁÍÑÒ. 85631-97. Ìèííè. 1997.
10. **P.R. Ismatullayev, A.X. Abdullayev, A. Turg'unbayev, A.A. A'zamov, T.M. Mirkomilov.** O'lchashlarning fan va turmushdagi tutgan o'rni. Ò.ðoshDÛU, 1999.
11. **Sh.Sh. Shoyunusov, R.T. Rahimjanov.** Issiqlik texnikasida o'lchash va avtomatlashtirish fanidan tajriba ishlari uchun uslubiy qo'llar. T.: ÒoshDTU, 1999.
12. **Á.È. Íeèèðíðíá.** Áçàèíçàíáíýáííñðú, ñðáíááððèçàðèý è ðáðóíé-+áñèèà èçíáðáíëý. Ó+ááííá íñííáèá. Ì.: «Áúñøäý øéíèà» 2000.
13. **È.Á. Èeááññáí.** Íñííáú èçíáðáíèè, ýeáèððíííúá íáðíáú è íðè-áíðú á èçíáðèðáèúííé ðáðóíèèá. Ì.: «Íññðíáðèáð». 2000.

14. **Â.Í. Çaééíá, Ñ.Â. Ñéííðíáñééé.** Èaçaðíí-ííðè+añééá ñèñòáíú á ðáíéíðáðíé+añééð èçlàðáíéýð. Ó+ááííá íñííáéá. Èíñíííéüñé íá Àìó-ðá, 2000 www/rsl.ru.

15. **Sh.Sh. Shoyunusov.** Issiqlik texnikasida o'lchash va avtomatlashtirish fanidan ma'ruza matnlari. T.: ToshDTU. 2000.

16. **Â.Â. Ñáðáááá.** Íàððíéíáéý. Èaðíáííáý ýíðéééííááéý ñòóááíðà. Ó+ááííá íñííáéá. / Â.Â. Ñáðáááá, Â.Â.Èðíðéí. Ì.:Èíáíñ, 2001.

17. **Ø.Ø. Øíþíóñíá, Ð.Ð. Ðàðéíáæáííá, Õ.Â. Àééííá.** Àaðííàðè+añ-éíá óíðááéáíéá ðáíéíýíáðááðè+añééíé íðíòáññáíè. Íàðíáè+añééá óéà-çáíéý é èááíðáðíðíúí çáíýðéýì. Ò.: ÕÃÕÓ, 2001.

18. **Ï.Ï. Èðáíéáañééé.** Ðañóíáííáðú è ñ+àð+éèé éíéè+añòáá ááúáñòáá. Á 2 éí. Ï.Ï. Èðáíéáañééé ÑÏ á.: Ííéèðáðíéèá, 2002.

19. **Â.Â. Èèñéáíéí.** Õðáñòííàðéý ýíáðáíñááðááíéý. Ñíðááí+íéè. Á 2ð. / Â.Â. Èèñéáíéí, ß.Ì. Ùáéíéíá, Ì.Â. Èááúáè+áá. Ì.: Ííí «Òáíéíýíáð-áàðéè», 2002. www/rsl.ru.

20. **È.Õ. Àéüóáííá, Þ.Â. Áíéíáéí.** Õáíéíðáðíé+añééá èçlàðáíéý è íðéáíðú. [Ýéáèððíí.ðáñòðñ]. Ó+ááííá íñííáéá. / È.Õ. Àéüóáííá. Þ.Â.-Áíéíáéí - ýéáèððíí. ááí. Èaçaíú. ÈÃÝÓ. 2002 www/rsl.ru.

21. **A.X. Abdullayev, A.A. A'zamov, A.R. Miraximov.** Metrologiya, standartlashtirish va sertifikatlashtirish. O'quv qo'llanma. T.ToshDTU, 2002.

22. **Â.Â. Áááóáéééáá** è áð. Íñííáú ñòáííáððèçáðèè, ñáððèðééáðèè, íàððíéíáéè è óíðááéáíéý èá+añòáíí. Ó+ááííá íñííáéá. Ò.ÕÃÕÓ. 2002.

23. **Ï.Ð. Èñííàðóééááá, Â. Õðáóíáááá.** Íàððíéíáè+añééá íñííáú èçlà-ðáíéý ñíñòááá è ñáíéñòá ááúáñòá è íàðáðéáéíá. Ó+ááííá íñííáéá. Ò.ÕÃÕÓ. 2002.

24. **Ð.Õ. Ðàðéíáæáííá, Ø.Ø. Øíþíóñíá, Õ.Â. Àééííá.** Õáíéíðáðíé-+añééá èçlàðáíéý. Ó+ááííá íñííáéá. Ò.ÕÃÕÓ 2002.

25. **Â.Â. Ñáðáááá.** Íàððíéíáéý, ñòáííáððèçáðèè, ñáððèðééáðèè. Ó+áá-ííá íñííáéá áéý ñòóááíðíá áóçíá Ì.: Èíáíñ, 2003.

26. **Â.Â. Øíðíééíá.** Ðañóíáííáðú è ñ+àð+éèé áàçà, óçéú ó+áðà. Ñíðá-áí+íéè / Â.Â.Øíðíééíá - ÑÏá.: Ííéèðáðíéèá, 2003.

27. **Â.Â. Õèðíáñééé, Â.Â. Áðóæéíéíá.** Õáðíé+añééá èçlàðáíéý è íðè-áíðú. Ó+ááííá íñííáéá. Èðáñíýýðñé: Áíñ.íáðáçíááð. Ó+ðáááíéá áúñð. íðíð. íáðáçíááíéý «Èðáñíýýð.áíñ.àéáá.óá. íàðáééíá è çíéíðá», 2003 www/rsl.ru.

28. **R.T. Rahimjanov, Sh.Sh. Shoyunusov, X.A. Alimov.** Issiqlik texnikasida o'lchash va avtomatlashtirish. O'quv qo'llanma. T.: ToshDTU. 2003.

29. **R.T. Rahimjanov, Sh.Sh. Shoyunusov, X.A. Alimov.** Issiqlik texnikasida o'lchash va avtomatlashtirishning masala va savollari. Metodik ko'rsatmalar. T.: ToshDTU. 2004.

MUNDARIJA

So'zboshi	3
1-bob. Issiqlik texnikasida o'lchash qurilmalarining asoslari	5
1.1. «Issiqlik texnikasida o'lchash va avtomatlashtirish» fanining maqsadi va vazifalari. O'lchash to'g'risida tushunchalar	5
1.2. O'lchash xatoliklari va ularni baholash	10
1.3. Haroratni o'lchash va harorat shkalalari to'g'risida umumiy ma'lumotlar	15
<i>Nazorat savollari</i>	20
2-bob. Harorat o'lchash asboblari	21
2.1. Kengaytirilgan termometrlar. Suyuqlikli shishali termometrlar ..	21
2.2. Manometrik termometrlar	24
2.3. Termoelektrik termometrlar	28
2.4. Elektrik qarshilik termometrlari	35
2.5. Pirometrlar	41
2.6. Harorat o'lchash asboblarini qiyoslash	43
<i>Nazorat savollari</i>	46
3-bob. Ikkilamchi ko'rsatuv asboblari	48
3.1. Millivoltmetr va potensiometrilar	48
3.2. Termometrlarning qarshiliklarini o'lchash va ularni ulash usullari	55
3.3. Ko'priklar	58
3.4. Logometrlar	62
3.5. Ikkilamchi ko'rsatuv asboblarini qiyoslash	64
<i>Nazorat savollari</i>	66
4-bob. Bosim o'lchash asboblari	67
4.1. Bosim va bosim farqlarini o'lchash usullari va asboblari ...	67
4.2. Suyuqlikli bosim o'lchash asboblari	70
4.3. Prujinali manometrlar	74
4.4. Bosim o'lchash asboblarining taqqoslanishi va o'rnatilishiga qo'yilgan asosiy talablar	80
<i>Nazorat savollari</i>	82
5-bob. Suyuqlik va gazlar sarfini o'lchash asboblari	83
5.1. Suyuqlik va gazlar sarfini o'lchash to'g'risida umumiy ma'lumotlar	83
5.2. Suyuqlik, bug' va gazlar sarfini toraytirish qurilmasida bosim farqi bo'yicha o'lchash	84
5.3. Bosim farqlari o'zgarmas sarf o'lchagichlar. Aylanib oqib o'tuvchi sarf o'lchagichlar	90
5.4. Elektromagnitli sarf o'lchagichlar	92
5.5. Ultratovushli sarf o'lchagichlar	94
<i>Nazorat savollari</i>	96

6-bob. Sathni o'lash asboblari	97
6.1. Suyuqliklarning sathini o'lash asboblari to'g'risida umumiy ma'lumotlar	97
6.2. Mexanikaviy sath o'lchagichlar	97
6.3. Hidrostatik sath o'lchagichlar	100
6.4. Suyuqlik sathini o'lash uchun boshqa asboblari	101
<i>Nazorat savollari</i>	104
7-bob. Fizik-kimyoviy tahlil asboblari	105
7.1. Gaz tahlillagichlar to'g'risida umumiy ma'lumotlar	105
7.2. Issiqlik o'tkazuvchanligini o'lash usuliga asoslangan gaz tahlillagichlar	108
7.3. Magnitli gaz tahlillagichlar	110
<i>Nazorat savollari</i>	111
8-bob. Issiqlik energetikasi jarayonlarini avtomatlashtirish	112
8.1. Energetika jarayonlarini avtomatlashtirishning nazariy asoslari	112
8.2. Avtomatik boshqarish tizimi haqida asosiy tushunchalar	113
8.3. ABT tizim va elementlarining dinamik tavsiflari	121
8.4. Energetika jihozlarining dinamik tavsiflari	130
8.5. Bo'g'inlarning turlicha ulanishidan hosil bo'lgan tizimlarning dinamik tavsiflari	132
8.6. Rostlagichlar va ularning dinamik tavsiflari	136
8.7. Energetika jihozlarining ABTdagi o'tish jarayoni tavsiflari ..	136
8.8. O'tish jarayonining sifat ko'rsatkichlari	141
<i>Nazorat savollari</i>	142
9-bob. Barabanli bug' qozonlarini avtomatik boshqarish	143
9.1. Barabanli bug' qozoni avtomatik boshqarish tizimining boshqariluvchi obyekti sifatidagi tavsif	143
9.2. O'ta qizdirilgan bug' bosimi va yuklamasini avtomatik boshqarish	144
9.3. Barabanli bug' qozonida tejamli yonishni avtomatik boshqarish	149
9.4. Barabanli bug' qozoni o'txonasining yuqori qismidagi siyraklantirilishni ABT	154
9.5. Barabanli bug' qozonlarida birlamchi bug' haroratini ABT ..	155
9.6. Barabanli va to'g'ri oqimli bug' qozonlarida ikkilamchi bug' haroratini ABT	156
9.7. Barabanli bug' qozonlarining suv bilan ta'minlanishini avtomatik boshqarish	159
9.8. Bug' qozonidagi suv sifatini boshqarish	161
9.9. Bug' qozonlarining himoyasi	161
<i>Nazorat savollari</i>	164
Ilovalar	166
Adabiyotlar	172

Rahimjonov Rustam Toxtayevich
Shoyunusov Shorasul Shoabdiyevich

**ISSIQLIK TEXNIKASIDA O`LCHASH
VA AVTOMATLASHTIRISH**

Muharrir	<i>M. Tursunova</i>
Texnik muharrir	<i>T. Smirnova</i>
Badiiy muharrir	<i>J. Gurova</i>
Musahhihlar	<i>M. Akromova, S. Badalboyeva</i>
Kompyuterda tayyorlovchi	<i>Ye. Gilmutdinova</i>

Bosishga ruxsat etildi 25.03.2005. Bichimi 60% $84\frac{1}{16}$. Shartli b. t. 10,23.
Nashr b. t. 11,0. Nusxasi 1000 dona. Shartnoma ¹ 34.

«Arnaprint» MCHJ bosmaxonasida bosildi.
Toshkent, H.Boyqaro ko'chasi, 51.