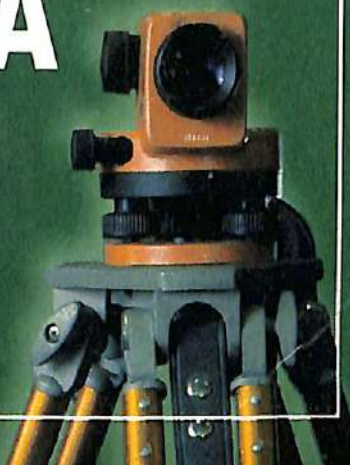
Q. SHARIPOV
M. ALLABERGENOV
H. RAXIMOV

NAZORAT-O'LCHOV ASBOBLARI VA ANJOMLARI



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

Q. A. SHARIPOV, M. K. ALLABERGANOV,
H. R. RAXIMOV

NAZORAT-O'LCHOV ASBOBLARI VA ANJOMLARI

Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma

ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT
TEXNIKA UNIVERSITETI TERMIZ FILIALI
KUTUBXONA MARKAZI
INV. № 6098
21 01 2020 yil

2846
26 06 2009

TOSHKENT
2005

O‘rta maxsus, kasb-hunar ta’limi markazi ilmiy-metodik
Kengashi tomonidan nashrga tavsiya etilgan

M. K. Allaberganov, K. A. Sharipov, X. R. Raximov
Nazorat-o‘lchov asboblari va anjomlari. O‘rta maxsus, kasb-hunar ta’limi muassasalari uchun qo‘llanma. T.: O‘MKHTM, «Bilim» nashriyoti, 2005. — 416 b.

TAQRIZCHILAR:

K. Pinyarov — Toshkent melioratsiya va suv xo‘jaligi kolleji direktor o‘rinbosari.
N. Usmanov — TIQXMII «Injenerlik ekologiyasi» kafedrasi dotsenti, t.f.n.

Mashinasozlikda qo‘llaniladigan zamonaviy o‘lchov va nazorat vositalarining tasnifi prinsipial sxemalari, shuningdek, o‘lchashlarning birligini ta’minlash tamoyillari, o‘lch va nazorat qilish aniqligini ta’minlash uslublari hamda o‘lchash vositalarining umun metrologik tavsiflari qarab chiqilgan. O‘lchashlar nazariyasining asosiy qoidalari, o‘lch va nazorat qilish vositalarini optimal tanlash bo‘yicha zarur ma’lumotlar, shuningdek, buy sifatini uning hayot siklining barcha bosqichlarida nazorat qilish tamoyillari keltirilgan.

X $\frac{2304040000-07}{M361(04)-2005}$ – 2005

© O‘MKHTM, 2005- y.
© «Bilim» nashriyoti, 2005- y.

SO‘ZBOSHI

Zamonaviy mashinasozlik yuqori unumdorlik va detallarni tayyorlash, mexanizm va mashinalarning uzellarini yig‘ish aniqligi bilan ifodalanadi. Mahsulotni tayyorlashning barcha siklida buyumlarning aniqlik parametrlarini o‘lchashning va nazorat qilishning uslub hamda vositalarini optimal tanlab olish masalalariga muhim ahamiyat beriladi. Mahsulotni tayyorlashdagi umumiy hajmdagi nazorat qilish ishlarining ko‘p mehnat talab qilish darajasi ayrim hollarda 35% va undan ortiqni tashkil etadi.

Nazorat-o‘lchov asboblari va anjomlari faqat ishlab chiqarish tarmog‘idagina emas, balki texnik sistemalarni ishlatishda, diagnostika qilishda, ularning ekologik xavfsizligini ta’minlashda ham keng qo‘llanilmoqda.

O‘lchash va nazorat qilish uslublari hamda vositalarining, ularning ishlash, sozlash, tekshirish va xizmat ko‘rsatish prinsiplarining xilma-xilligi ularni sistemalashtirish, nazorat-o‘lchov asbob-anjomlarining eng o‘ziga xos vakillarini qarab chiqish, o‘lchashlarning aniq, eng ko‘p tarqalgan konstruksiyalari va uslublarining asosiy afzalliklari hamda kamchiliklarini tahlil qilish zarurligini taqozo qiladi.

Tavsiya etilayotgan mazkur qo‘llanmada mashinasozlikda qo‘llanilayotgan o‘lchash va nazorat qilish vositalarining tasnifi keltirilgan hamda prinsipial sxemalari, konstruksiyalari, o‘lchash birligini ta’minlash tamoyillari qarab chiqilgan. Zamonaviy nazorat-o‘lchov texnikasi asoslari, o‘lchash va nazorat qilish aniqligini ta’minlash uslublari, o‘lchash vositalarining umumiy metrologik tavsiflarini bayon qilish bilan birga o‘lchash nazariyasining asosiy qoidalari, o‘lchash va nazorat qilish vositalarini optimal tanlash, buyumlarning hayot siklining barcha bosqichlarida sifatni nazorat qilish tamoyillariga oid zarur ma’lumotlar berilgan.

I bob

METROLOGIYA ASOSLARI

1.1. ATAMALAR VA TA'RIFLAR

Metrologiya — bu o'lchashlar, ularning birligini (yagonaligini) ta'minlash uslublari va vositalari hamda talab qilingan aniqlikka erishish usullari to'g'risidagi fan. Bu fan uzoq o'tmishda, odam massani, uzunlikni, vaqtni va h.k. larni o'lchash zaruriyati paydo bo'lishi bilanoq vujudga keldi. Bunda o'lchash birliklari sifatida qo'l ostidagi narsalardan foydalanildi. Masalan, Rossiyada uzunlik chaqirim, tirsak, quloch va boshqalar yordamida o'lchanar edi (1.1- rasm).

Keyingi o'n yilliklar ichida metrologiyaning ahamiyati nihoyatda ortdi. Metrologiya inson faoliyatining amalda barcha sohalariga tarqalganligi sababli, metrologiya atamalari har bir «maxsus» sohalar atamalari bilan chambarchas bog'liqdir. Bunda mos kelmaslik hodisasini eslatuvchi hol vujudga keldi.

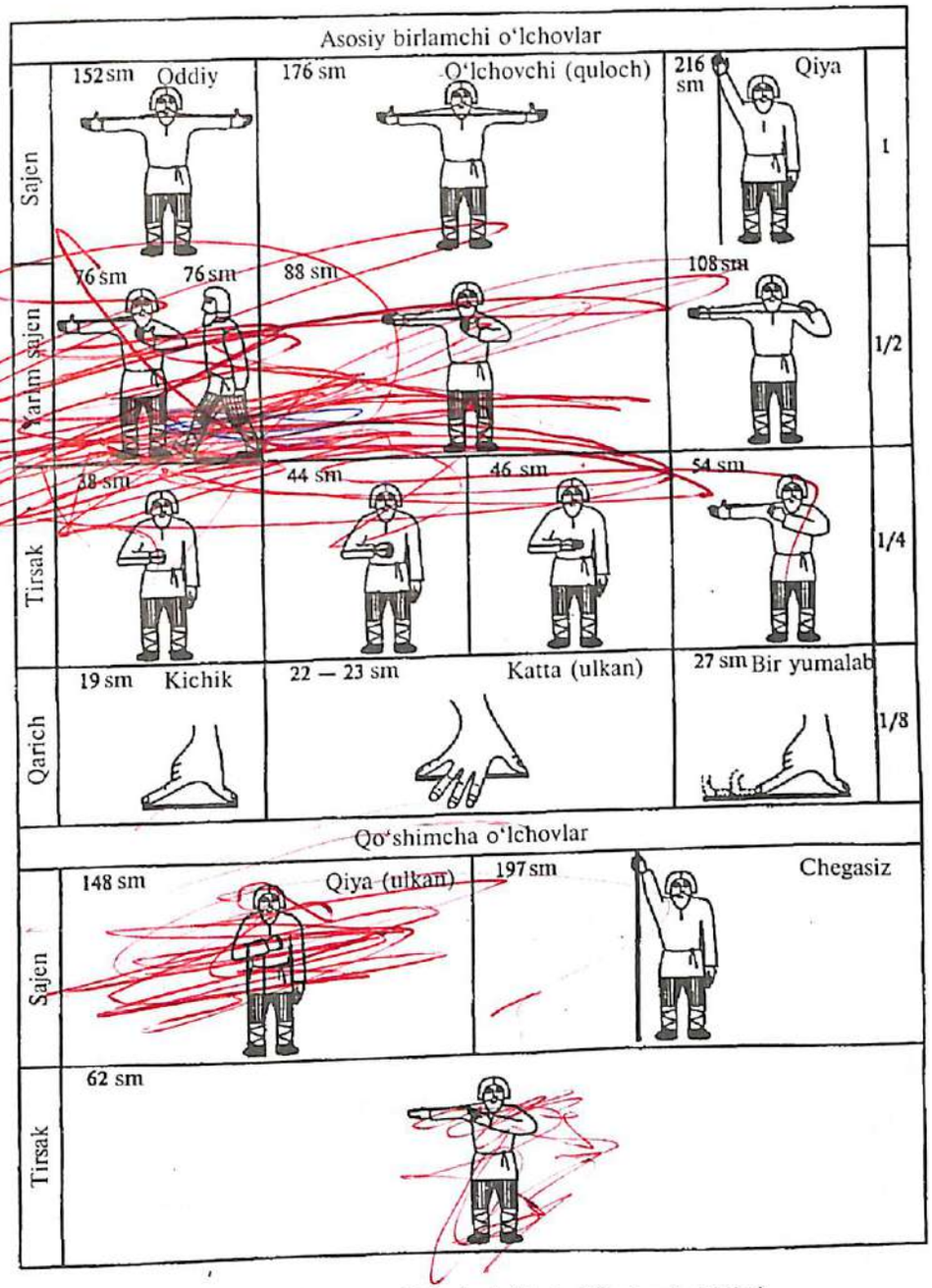
Fan yoki texnikaning biror sohasi uchun qo'llanilishi mumkin bo'lgan biror atama boshqa soha uchun to'g'ri kelmay qoldi, chunki boshqa sohadagi an'anaviy atamalarda xuddi shu so'z bilan mutlaqo boshqa tushuncha belgilanishi mumkin. Masalan, kiyimga nisbatan o'lcham so'zi «katta», «o'rtacha», «kichik» tushunchalarini anglatishi, «polotno» («mato») so'zi turli xil ma'noni anglatishi mumkin: to'qimachilik sanoatida bu material (zig'ir poyadan olingan mato), temir yo'l transportiga nisbatan qo'llanilganda esa, bu transport harakatlanayotgan yo'l tushuniladi (temir yo'l polotnosi).

Bu masalada, tartibga solish maqsadida, metrologik atamalarning davlat standarti — DST—16263 «O'lchashlarning birligini (yagonaligini) ta'minlashning davlat sistemasi, Metrologiya, Atamalar va ta'riflar» ishlab chiqilgan edi. Atamalarga nisbatan ixchamlik talablari qo'yilgani uchun ularga ma'lum bir shartlilik xosdir. Quyidagilarni yoddan chiqarmaslik zarur: tasdiqlangan atamalarni ularning ta'riflariga muvofiq qo'llash zarur, ta'rifda berilgan tushunchalarni esa boshqa atamalar bilan almashtirish mumkin emas.

Yuqorida aytib o'tilgan DST bilan qonunlashtirilgan asosiy atamalar va ta'riflarni ko'rib chiqamiz. Ular qavs ichida ko'rsatilgan bo'limlarda yanada mufassal ko'rib chiqiladi.

Fizik kattalik (FK) — ko'pgina fizik obyektlar (fizik sistemalar, ularning holati va ularda yuz beradigan jarayonlar)ga nisbatan umumiy, ammo miqdoriy jihatdan har bir obyekt (masalan, uzunlik, massa, vaqt, tok kuchi va h.k.) uchun xususiy xossa (1.2- bo'lim).

FK o'lchami — mazkur obyektda «fizik kattalik» tushunchasiga (masalan, uzunlik, massa, tok kuchi va h.k. larning o'lchami) mos keluvchi xossasining miqdoriy o'lchovi (1.2- bo'limga qarang).



1.1- rasm. **Rus xalq o'lchovlari (B. A. Ribakov bo'yicha)**

FK ning qiymati — fizik kattalikning uning uchun qabul qilingan ma'lum bir son ko'rinishidagi bahosi bo'lib, bunda u fizik kattalikning qiymatiga kiruvchi mavhum (o'lchovsiz) son hisoblanadi va son qiymati deyiladi (masalan, 1 m, 5 g, 10 A va h.k.) (1.2- bo'lim).

FK ning chinakam qiymati — FK ning sifat va miqdor jihatidan obyektning tegishli xossasini ideal tarzda aks ettiradigan qiymati (1.4- bo'lim). Masalan, vakuumdagi yorug'lik tezligi, 4°C temperaturada distillangan suvning zichligi to'la aniq qiymatga — biz bilmaydigan ideal qiymatga ega.

FK ning haqiqiy qiymati — FK ning tajriba yo'li bilan topilgan va chinakam qiymatiga shu darajada yaqin bo'lgan qiymat bo'lib, u mazkur maqsad uchun uning o'rnida foydalanilishi mumkin (1.4- bo'limga qarang). Masalan, yorug'likning vakuumdagi tezligining haqiqiy qiymati $2{,}997925 \cdot 10^8$ m/s ni tashkil etadi, 4°C temperaturada distillangan suvning zichligi 1 g/sm^3 ni tashkil etadi.

FK sistemasi — o'zaro bog'lanishlar bilan bog'langan FK lar to'plami (1.2- bo'limga qarang).

Asosiy FK — sistemaga kiruvchi va shu sistemadagi boshqa kattaliklarga bog'liq bo'lmagan kattalik sifatida shartli ravishda qabul qilingan fizik kattalik (1.2- bo'limga qarang). Masalan, LMT sistemasidagi asosiy kattaliklar — uzunlik, massa, vaqt.

FK ning hosilasi — sistemaga kiruvchi va shu sistemaning asosiy kattaliklari orqali ma'lum fizik bog'lamlariga ko'ra aniqlanuvchi fizik kattalik (1.2- bo'limga qarang).

FK ning o'lchamliligi — kattalikning proporsionallik koeffitsienti birga teng bo'lgan sistemaning asosiy kattaliklari bilan aloqani aks ettiruvchi ifoda. Kattalikning o'lchamliligi tegishli darajalarga ko'tarilgan asosiy kattaliklarning ko'paytmasidan iborat (1.2- bo'limga qarang).

FK ning birligi — ta'rifga ko'ra birga teng bo'lgan son qiymati berilgan fizik kattalik (1.2- bo'limga qarang).

Aynan bitta FK ning birliklari o'z o'lchamiga ko'ra farq qilinishi mumkin. Masalan, metr, fut va dyuym, uzunlik o'lchovi bo'lgani holda turli xil son qiymatlariga ega:

$$1 \text{ fut} = 0{,}3048 \text{ m}, \quad 1 \text{ dyuym} \approx 0{,}0254 \text{ m}.$$

FK ning asosiy birligi — birliklar sistemasini tuzishda ixtiyoriy ravishda tanlab olingan asosiy fizik kattalik birligi (1.2- bo'limga qarang). Masalan, Xalqaro birliklar sistemasi (SI) ning asosiy birliklari: metr, kilogramm, soniya, amper, kelvin, mol, kandela.

FK ning hosilaviy birligi mazkur birliklar sistemasining asosiy birliklaridan bu birlikni aniqlovchi tenglama bo'yicha tashkil etiluvchi hosilaviy fizik kattalik birligi (1.2- bo'limga qarang).

FK birliklar sistemasi — ma'lum bir kattaliklar sistemasiga taalluqli va qabul qilingan tamoyillarga muvofiq tashkil etilgan asosiy va hosilaviy birliklar yig'indisi (1.2- bo'limga qarang). Masalan, SGS birliklar sistemasi, MKSA sistemasi, Xalqaro birliklar sistemasi (SI).

FK ning kogerent birliklar sistemasi — hamma birliklari kogerent (ya'ni FK bog'lanish tenglamalarida ko'paytuvchi birga teng) bo'lgan sistema.

FK ning karrali va ulushli birligi — sistemadagi yoki sistemadan tashqaridagi birlikdan butun son marta katta yoki mos ravishda kichik bo'lgan birlik (1.2- bo'limga qarang). Masalan, kilometr (1000 m) yoki millimetr (0,001 m).

FK shkalasi — kelishuvga ko'ra taqdim etilgan qiymatlar ketma-ketligi, turli o'lchamdagi bir jinsli FK lar ketma-ketligi (masalan, tibbiyot termometri yoki tarozi shkalasi).

O'lchash — FK ning qiymatini tajriba yo'li bilan maxsus texnik vositalar yordamida topish (1.4- bo'limga qarang).

Bevosita o'lchash — FK ning izlanayotgan qiymati tajriba ma'lumotlaridan bevosita topiladigan o'lchash (1.4- bo'limga qarang).

Bilvosita o'lchash — kattalikning izlanayotgan qiymati shu kattalik va bevosita o'lchanadigan kattaliklar orasidagi ma'lum bog'lanish asosida topiladigan o'lchash (1.4- bo'limga qarang).

Umumiy o'lchashlar — bir vaqtda bir nechta bir xil kattaliklarni o'lchashni amalga oshirib, bunda kattaliklarning izlanayotgan qiymatlari shu kattaliklarning turli guruhlarini bevosita o'lchashda olinadigan tenglamalar sistemasini yechish orqali topiladi (1.4- bo'limga qarang).

Birgalikdagi o'lchashlar — ikki yoki bir qancha bir jinsli bo'lmagan kattaliklarni ular orasidagi bog'lanishni topish uchun bir vaqtda amalga oshiriladigan o'lchashlar (1.4- bo'limga qarang).

O'lchashda kuzatish — o'lchash jarayonida bajariladigan eksperimentli operatsiya bo'lib, uning natijasida o'lchash natijasini olish uchun birgalikda ishlov berilishi kerak bo'lgan kattalikning qiymatlari guruhidan bitta qiymat olinadi (1.4- bo'limga qarang).

O'lchashlar uslubi — o'lchamlar tamoyillari va vositalaridan foydalanish uslublari yig'indisi (1.4- bo'limga qarang).

O'lchash vositasi (O'V) — o'lchashlarda foydalaniladigan va normalangan metrologik xossalar (tavsiflar)ga ega bo'lgan texnik vosita (1.6- bo'lim).

O'lchov — berilgan o'lchamdagi FV ni qayta tiklash uchun mo'ljallangan O'V (masalan, tosh, o'lchov rezistori, temperaturali lampa) (1.6- bo'limga qarang).

O'lchov asbobi — o'lchov axboroti signalini kuzatuvchi tomonidan bevosita idrok qilinishi uchun qulay shaklda ishlab chiqish uchun mo'ljallangan O'V (masalan, chizg'ich, shtangensirkul (1.6- bo'limga qarang).

O'lchov o'zgartkichi — avtomatik boshqarish sistemalarida avtomatik ishlov berish, uzatish va (yoki) foydalanish uchun qulay shaklda o'lchov axboroti signallarini ishlab chiqish uchun mo'ljallangan o'zaro aloqa kanallari bilan tutashtirilgan O'V va yordamchi qurilmalar yig'indisi (masalan, yo'ldoshlarni kuzatib turish sistemasi) (1.6- bo'limga qarang).

O'lchov sistemasi — o'lchov axboroti signallarini avtomatik boshqarish sistemalarida avtomatik ishlov berish, uzatish va (yoki) foydalanish uchun qulay shaklda ishlab chiqish uchun mo'ljallangan, o'zaro aloqa kanallari bilan tutashtirilgan O'V va yordamchi qurilmalar yig'indisi (masalan, yo'ldoshlarni kuzatish sistemasi) (1.6- bo'limga qarang).

O'lchash xatosi — o'lchash natijasining o'lchanayotgan kattalikning chinakam qiymatidan og'ishi (1.4- bo'limga qarang).

O'lchashning absolyut xatosi — o'lchanayotgan kattalik birligida ifodalangan o'lchash xatoligi (1.4- bo'limga qarang).

O'lchashning nisbiy xatosi — o'lchashning absolyut xatosining o'lchanayotgan kattalikning chinakam qiymatiga nisbati (1.4- bo'limga qarang).

O'lchashning tasodifiy xatosi — aynan bitta o'zgarmas (determinantlangan) kattalikning takroriy o'lchashlarda kattaligi va ishorasi bo'yicha tasodifiy tarzda o'zgaruvchi o'lchash xatoligining tashkil etuvchisi (1.4- bo'limga qarang).

O'lchashning muntazam xatosi — aynan bitta o'zgarmas (determintlangan) kattalikning takroriy o'lchashlarda o'zgarmas bo'lib qoladigan yoki qonuniy o'zgaruvchi o'lchash xatoligi tashkil etuvchisi (1.4- bo'limga qarang).

O'lchashning qo'pol xatosi (yanglishmoq) — mazkur sharoitda kutilgan xatolikdan ancha yuqori bo'lgan o'lchash xatoligi (1.4- bo'limga qarang).

O'lchash natijasining o'rtacha kvadratik og'ishi (O'KO) σ — o'lchash natijalarini taqsimlash funksiyasi parametri bo'lib, u o'lchash natijalari dispersiyasidan olingan kvadrat ildizga teng tarqalishni ifodalaydi (1.6- bo'limga qarang). Buni quyidagi tarzda izohlash mumkin: agar miltiqni biror nuqtaga qaratilsa, qattiq mahkamlansa va bir necha o'q otilsa, u holda hamma o'q ham shu nuqtaga tegmaydi. Ular mo'ljal qilingan nuqta yaqinida joylashadi. Ularning belgilangan nuqtadan tarqalib (farqli) joylashishi darajasi o'rtacha kvadratik og'ish bilan ifodalanadi.

O'lchash natijasi xatoligining ishonchli chegaralari — o'lchash xatoligini berilgan ehtimollik bilan yopib turuvchi oraliqning yuqori va quyi chegaralari (1.6- bo'limga qarang). Masalan, Q kattalikni ko'p marta o'lchash natijalariga ko'ra o'rtacha kvadratik og'ish $\sigma = a$ ekani hosil qilingan. U holda ishonchli oraliqning yuqori chegarasi $\Delta_{yu} = K\sigma$, quyi chegarasi esa $\Delta_{q} = -(K\sigma)$.

O'lchashlar aniqligi — o'lchanayotgan kattalikning chinakam qiymatiga o'lchash natijalarining yaqinligini aks ettiruvchi o'lchashlar sifati (1.6- bo'limga qarang). U son jihatidan o'lchashlar xatoligiga teskari. Masalan, agar o'lchashlar xatoligi 0,0001 ga teng bo'lsa, u holda aniqlik 10 000 ga teng.

Birlik etaloni — etalon sifatida alohida tavsif bo'yicha bajarilgan yoki belgilangan tartibda rasman tasdiqlangan, uning o'lchamini tekshiruv sxemasi bo'yicha quyida turgan o'lchov vositalari bo'yicha uzatish maqsadida birni qayta tiklashni va (yoki) birlikni saqlashni ta'minlovchi O'V (yoki O'V majmui) (1.3- bo'lim).

Birlamchi etalon — birlikni mamlakatdagi eng yuqori aniqlik bilan (o'sha birlikning boshqa etalonlariga nisbatan) qayta tiklanishini ta'minlovchi etalon (1.3- bo'limga qarang).

Ikkilamchi etalon — qiymatini birlamchi etalonga ko'ra o'rnatiladigan etalon (1.3- bo'limga qarang).

Maxsus etalon — birlikning alohida sharoitlarda qayta tiklanishini ta'minlovchi va bunday sharoitlar uchun birlamchi etalonni almashtiruvchi etalon (1.3- bo'limga qarang).

Davlat etaloni — mamlakat uchun dastlabki sifatida rasmiy ravishda tasdiqlangan birlamchi yoki maxsus etalon (1.3- bo'limga qarang).

Etalon-guvoh — davlat etalonining butligini tekshirish uchun uni ishdan chiqqanda yoki yo'qotilganda almashtirish uchun mo'ljallangan ikkilamchi etalon (1.3- bo'limga qarang).

Etalon-nusxa — birliklarning o'lchamlarini ishchi etalonlarga uzatish uchun mo'ljallangan ikkilamchi etalon (1.3- bo'limga qarang).

Taqqoslash etaloni — ma'lum bir sabablarga ko'ra bir-biri bilan bevosita solishtirib bo'lmaydigan etalonlarni solishtirish uchun qo'llaniladigan ikkilamchi etalon.

Ishchi etalon — birlik o'lchamlarini ishchi O'Vga uzatish uchun qo'llaniladigan etalon (1.3- bo'limga qarang).

Etalon qurilma — etalon sifatida tasdiqlangan O'V majmuiga kiruvchi o'lchov qurilmasi.

Standart namuna — modda va materiallarning xossalari yoki tarkibini ifodalovchi kattalik birliklarini qayta tiklash uchun o'lchov.

Ishchi O'V — o'lchashlarni uzatish bilan bog'liq bo'lmagan o'lchashlar uchun qo'llaniladigan o'lchash vositasi.

Tekshirish sxemasi — birlikning o'lchamini etalondan ishchi O'V larga uzatish vositalari, uslublari va aniqligini ifodalovchi, belgilangan tartibda tasdiqlangan hujjat (1.3- bo'limga qarang).

Metrologik xizmat — davlat va idoraviy metrologik organlar tarmog'i hamda ularning mamlakatda o'lchovlarning birligini va O'Vlarning bir xil shaklda bo'lishini ta'minlashga qaratilgan faoliyati (5.3- bo'limga qarang).

O'lchashlar birligi — bu o'lchashlarning shunday bir holati bo'lib, unda ularning natijalari qonunlashtirilgan birliklarda ifodalangan va o'lchash xatoliklari berilgan ehtimollik bilan oldindan ma'lum (1.3- bo'limga qarang).

Nazorat savollari

1. Metrologiya nima bilan shug'ullanadi?
2. O'lchash nima va o'lchash vositasi nima?
3. O'lchash xatoligining tasodifiy va muntazam (sistematik) tashkil etuvchilari deganda nima tushuniladi?
4. O'lchash natijalarining tarqalishi nima bilan tavsiflanadi?
5. Fizik kattalikning birlik etaloni nima?
6. O'lchashlarning qanday turlari bor?
7. O'lchovlar qanday o'lchash uslublarida foydalaniladi?

1.2. FIZIK KATTALIK. FIZIK KATTALIKLARNING BIRLIKLARI SISTEMASI

Yuqorida aytib o'tilganidek, FK — bu xossa ko'pchilik fizik obyektlarga (fizik sistemalar, ularning holatlari va ularda yuz beradigan jarayonlarga) sifat jihatidan umumiy, ammo har bir obyekt uchun miqdor jihatdan xususiydir.

Miqdor jihatidan xususiylik deganda, xossa bir obyekt uchun boshqasiga nisbatan ma'lum son marta katta yoki kichik bo'lishi mumkin, deb tushunish lozim.

«Kattalik» atamasi miqdoriy jihatdan baholanishi mumkin bo'lgan xossalar yoki tavsiflarga nisbatan qo'llanilishi mumkin. Shunday xossalar yoki tavsiflar borki, ularni zamonaviy fan va texnika darajasi miqdoriy baholashga imkon

bermaydi, masalan, hid, maza, rang. Shuning uchun bunday xarakteristikalarni (tavsiflarni) kattaliklar deb atashdan qochib, ularni *xossalar* deyiladi.

«Kattalik» keng ma'noda ko'p ko'rinishli tushunchadir. Buni uchta kattalik misolida namoyish qilish mumkin.

Birinchi misol — bu tovarning pul birliklarida ifodalangan narxi (bahosi), qiymati. Avvallari pul birliklari sistemasi metrologiyaning tarkibiy qismini tashkil etar edi. Hozir esa bu mustaqil sohadir.

Kattaliklarning turli xilligining ikkinchi misoli uchun dorivor moddalarning biologik faolligini aytib o'tish mumkin. Bir qator vitaminlar, antibiotiklar, garmonal preparatlarning biologik faolligi U.E. bilan belgilanuvchi biologik faollikning Xalqaro birliklarida ifodalanadi. (Masalan, tibbiyot retseptlarida bunday yoziladi: «Penitsillin miqdori — 300 ming U.E.»).

Uchinchi misol — fizik kattaliklar, ya'ni fizik obyektlarga (fizik sistemalar, ularning holati va ularda sodir bo'ladigan jarayonlarga) xos bo'lgan xossalar. Zamonaviy metrologiya, asosan, aynan ana shu kattaliklar bilan shug'ullanadi.

Mazkur obyektda fizik kattalikning miqdoriy ulushi to'g'risida gap borganda ta'kidlab o'tish kerak bo'lgan hollarda «o'lcham» so'zini ishlatish zarur. Aniq fizik kattalikning berilgan kattalikning ma'lum bir birliklari soni ko'rinishida ifodalangan miqdoriy bahosi *fizik kattalikning qiymati* deyiladi. Fizik kattalikning qiymatiga kiruvchi mavhum son uning *son qiymati* deyiladi. Kattalikning qiymati va o'lchash orasida prinsipial farq mavjud. Kattalikning o'lchami, biz uni bilamizmi yoki bilmaymizmi, bundan qat'i nazar, u real mavjuddir. Kattalikning o'lchamini istagan birlik yordamida ifodalash mumkin.

FK ning Q harfi bilan belgilanuvchi o'lchami birlikni tanlab olishga bog'liq emas, ammo son qiymati to'liq ravishda tanlab olingan birlikka bog'liq bo'ladi. Agar FK birliklar sistemasida Q kattalikning o'lchami

$$Q = n_1[Q_1]$$

kabi aniqlansa, bunda $[Q_1]$ — FK ning sistemadagi birligi; n_1 — FK ning shu sistemadagi o'lchamining son qiymati, u holda FK ning $[Q_2]$ kattalik $[Q_1]$ ga teng bo'lmagan boshqa birliklar sistemasida Q ning o'zgarmagan o'lchami boshqa qiymat bilan ifodalanadi:

$$Q = n_1[Q_2], \qquad (1.1)$$

biroq bunda $n_2 \neq n_1$.

Masalan, ayni bir batononning massasi 1 kg yoki 2,5 funt yoki trubaning diametri 20′ yoki 50,8 sm bo'lishi mumkin.

FK ning o'lchamliligi proporsionallik koeffitsienti birga teng bo'lgan sistemaning asosiy kattaliklari bilan aloqani aks ettiruvchi ifodadan iborat bo'lgani uchun o'lchamlilik tegishli darajaga ko'tarilgan asosiy FK ning ko'paytmasiga teng. Masalan, LMT sistemasida Q hosila birlikning o'lchamliligi (1.1) formulaga muvofiq quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\dim(Q) = L^{\alpha}M^{\beta}T^{\gamma}.$$

Bu Q hosilaviy kattalikning asosiy L, M, T kattaliklarga nisbatan o'lchamliligini belgilaydi. Hosilaviy kattalikning o'lchamliligi asosiy kattaliklarning o'lchamlari o'zgarganda uning o'lchami necha marta o'zgarishini aks ettiradi. Masalan, X kattalik $L^{\alpha}M^{\beta}T^{\gamma}$ ga teng bo'lsa va uzunligi l dan l_1 gacha, massasi m dan m_1 gacha, vaqt t dan t_1 gacha o'zgarsa, u holda X' kattalikning yangi o'lchami avvalgisiga nisbatan $(l/l_1)^{\alpha}\,(m/m_1)^{\beta}\,(t/t_1)^{\gamma}$ marta o'zgaradi.

Umumiy holda FK ning birliklari uchun o'lchamlilik formulasi

$$[Q] = K[A]^{\alpha}\,[B]^{\beta}\,[C]^{\gamma}$$

ko'rinishiga ega bo'ladi, bunda K — ma'lum bir o'zgarmas son.

Agar $[A]$, $[B]$ va $[C]$ birliklar asosiy birliklar bo'lsa, u holda bu formula Q hosilaviy birlikning asosiy birliklarga nisbatan o'lchamliligini aniqlaydi. Bu formula hosilaviy birlikning o'lchamliligini ko'rsatadi, biroq birlikning o'lchami to'g'risida hech qanday ma'lumot bermaydi, chunki K ko'paytuvchi aniqlanmagan. K koeffitsientni shunday tanlab olish maqsadga muvofiqki, kattaliklar orasidagi bog'lanish formulalari ularning son qiymatlari orasidagi bog'lanish tenglamalari bilan formal ravishda bir xil bo'lsin. Bunda fizika tenglamalari bo'yicha hisoblashlar ancha soddalashadi va hisob-kitoblardagi xatoga yo'l qo'yish xavfi kamayadi. Buning uchun $K = 1$ bo'lishi yetarli. U holda hosilaviy birliklar quyidagi tarzda aniqlanadi:

$$[Q] = [A]^{\alpha}\,[B]^{\beta}\,[C]^{\gamma}. \qquad (1.2)$$

Hosilaviy birliklar (1.2) formuladan hosil bo'ladigan birliklar sistemasi *muvofiqlashgan (kelishilgan)* yoki *kogerent* deyiladi.

O'lchamlilik tushunchasi fizika, texnika va metrologik amaliyotda murakkab hisob-kitob formulalarining to'g'riligini tekshirishda va FK orasidagi bog'lanishni aniqlashda keng foydalaniladi. Amalda ko'pincha, o'lchamsiz kattaliklardan foydalanish zarur bo'ladi.

O'lchamsiz FK — bu o'lchamliligiga asosiy kattaliklar nolga teng bo'lgan darajada kirgan kattalikdir. Biroq birorta birliklar sistemasida o'lchamsiz bo'lgan kattaliklar boshqa bir sistemada o'lchamlilikka ega bo'lishi mumkinligini tushunish lozim. Masalan, elektrostatik sistemadagi absolut dielektrik singdiruvchanlik o'lchovsiz bo'lib, elektromagnit sistemada uning o'lchamliligi $L^{-2}T^{2}$ ga, LMTI sistemasida esa uning o'lchamliligi $L^{-3}M^{+1}T^{4}I^{2}$ ga teng.

U yoki bu fizik kattalikning birliklari, odatda, o'lchovlar bilan bog'liq. O'lchanayotgan fizik kattalikning birligi o'lchami o'lchov tomonidan tiklanayotgan kattalikning o'lchamiga teng qilib qabul qilinadi. Biroq amalda bitta birlik mazkur kattalikning katta va kichik o'lchamlarini o'lchash uchun noqulay bo'lib qoladi. Shuning uchun o'zaro karrali va ulushli munosabatlarda bo'lgan bir necha birliklar qo'llaniladi.

FK ning karrali birligi — asosiy yoki hosilaviy birlikdan butun son marta katta bo'lgan birlik.

FK ning ulushli birligi — asosiy yoki hosilaviy birlikdan butun son marta kichik bo'lgan birlik.

FK ning karrali va ulushli birliklari asosiy birliklarga tegishlicha qo'shimchalar tufayli hosil qilinadi (1.1- jadval).

Fizik kattaliklarning birliklari sistemalari. Insonda biror narsani miqdoriy ifodalash zaruriyati yuzaga kelgan paytdan boshlab, kattaliklarning birliklari bir-biri bilan bog'lanmagan holda ixtiyoriy tanlab olinadi, bu ancha qiyinchiliklarni vujudga keltirardi. Texnika va xalqaro aloqalar rivojlanib borgan sari turli xil birliklarda ifodalangan o'lchash natijalaridan foydalanishdagi qiyinchiliklar ortar va bundan keyingi fan-texnika taraqqiyotiga qarshilik ko'rsatar edi. Fizik kattaliklarning yagona birliklar sistemasini yaratish zaruriyati paydo bo'ldi. FK ning *birliklar sistemasi* deganda FK ning bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda tanlab olinadigan asosiy birliklarining va FK ning asosiylaridan fizik bog'liqliklar asosida hosil bo'ladigan hosilaviy birliklari yig'indisi tushuniladi.

L, M, T ni FK ning asosiy birliklari deb qabul qilamiz. U holda Q fizik kattalikning hosilaviy birligi o'lchamliligi quyidagi tarzda aniqlanadi:

$$[Q] = K[L]^{\alpha}\,[M]^{\beta}\,[T]^{\gamma}.$$

Yuqorida aytib o'tilganidek, K koeffitsient istagan qiymatga ega bo'lishi mumkin. $K = 1$ bo'lganda eng qulay hol bo'ladi. Birliklar sistemasi tushunchasini birinchi marta nemis olimi K. Gauss kiritgan bo'lib, u bu tushunchaning tuzilish qoidasini taklif etdi. Bu qoidaga ko'ra, dastlab bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda, bir nechta kattalik o'rnatiladi yoki tanlab olinadi. Bu fizik kattaliklarning birliklari *asosiy birliklar* deyiladi, chunki ular boshqa kattaliklarning butun birliklar sistemasini tuzish uchun asos bo'lib hisoblanadi.

Dastlab uchta birlik: uzunlik — massa — vaqt (SGS; santimetr — gramm — soniya)ga asoslangan birliklar sistemasi yaratilgan edi.

1.1- jadval

O'V ning old qo'shimchalari, karrali va ulushli o'nli birliklarni hamda ularning nomlarini hosil qilish uchun ko'paytuvchilar

Ko'paytuvchi	Old qo'shimcha	Old qo'shimchaning belgilanishi	
		xalqaro	o'zbekcha
10^{15}	peta	P	П
10^{12}	tera	T	Т
10^{9}	giga	G	Г
10^{6}	mega	M	М
10^{3}	kilo	K	К
10^{2}	gekopo	h	г
10^{1}	deka	da	да

Ko'paytuvchi	Old qo'shimcha	Old qo'shimchaning belgilanishi	
		xalqaro	o'zbekcha
10^{-1}	detsi	d	д
10^{-2}	santi	c	с
10^{-3}	milli	m	м
10^{-6}	mikro	μ	мк
10^{-9}	nano	n	н
10^{-12}	piko	p	п
10^{-15}	femto	f	ф

Butun dunyoda va mamlakatimizda qabul qilingan Xalqaro birliklar sistemasi (SI)ni qarab chiqamiz, unda yettita asosiy va ikkita qo'shimcha birliklar mavjud. Bu sistemadagi FK ning asosiy birliklari 1.2- jadvalda keltirilgan.

1.2- jadval

SI ning asosiy birliklari

Nomi	O'lchamligi	Nomi	Belgilanishi	
			xalqaro	o'zbekcha
Uzunlik	L	metr	m	m
Massa	M	kilogramm	kg	kg
Vaqt	T	soniya	s	s
Elektr tokining kuchi	I	amper	A	A
Termodinamik temperatura	θ	kelvin	K	K
Modda miqdori	N	mol	mol	mol
Yorug'lik kuchi	J	kandela	cd	kd

FK ning qo'shimcha birliklari quyidagilardir: tekis burchak — radion (rad, rad), oralaridagi yoyning uzunligi radiusga teng bo'lgan aylananing ikkita radiusi orasidagi burchakka teng.

Jismoniy burchak — steradian, (sr, ср), u sferaning sirtida tomoni sferaning radiusiga teng bo'lgan kvadratning yuziga teng yuzani kesib oluvchi, uchi sfera markazida bo'lgan jismoniy burchakka teng.

SI sistemasining hosilaviy birliklari kattaliklar o'rtasidagi eng sodda bog'lanish tenglamalari yordamida hosil qilinadi, chunki bu sistema kogerent, $K = 1$. Bu sistemada hosilaviy fizik kattalik Q ning o'lchamliligi umumiy ko'rinishda quyidagi tarzda aniqlanadi:

$$[Q] = [L]^{\alpha}\,[M]^{\gamma}\,[T]^{\beta}\,[\mathrm{I}]^{\delta}\,[\Theta]^{\varepsilon}\,[\mathrm{J}]^{\omega}\,[\mathrm{N}]^{\lambda}$$

bu yerda $[L]$ — uzunlik birligi, m; $[M]$ — massa birligi, kg; $[T]$ — vaqt birligi, s; $[I]$ — tok kuchi birligi, A; $[\Theta]$ — termodinamik temperatura birligi, mol; $\alpha, \gamma, \beta, \delta, \varepsilon, \omega, \lambda$ — butun musbat yoki manfiy sonlar, 0 ni ham hisobga olganda.

Masalan, SI sistemasida tezlik birligining o'lchamliligi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi:

$$[V] = [L]^{1}\,[M]^{0}\,[T]^{-1}\,[I]^{0}\,[\Theta]^{0}\,[J]^{0}\,[N]^{0} = [L]^{1}\,[T]^{-1}.$$

SI sistemasida hosilaviy FK ning o'lchamliligi uchun yozilgan ifoda hosilaviy FK va asosiy FK birliklari orasidagi bog'lanish tenglamasi bilan mos tushgani uchun o'lchamliliklar uchun ifodadan foydalangan qulay, ya'ni

$$V = LT^{-1}.$$

Shunga o'xshash davriy jarayonning chastotasi

$$F = T^{-1} \text{ (Gs)}$$

sifatida aniqlanadi;

kuch ⇒ LMT^{-2};

zichlik ⇒ L^3M;

energiya ⇒ L^2MT^2.

Xuddi shu tarzda SI sistemasidagi istagan hosilaviy FI ni hosil qilish mumkin.

Bu sistema 1982- yilning 1- yanvarida DST 8.417—81 bo'yicha kiritilgan edi.

SI sistemasidagi asosiy birliklarga ta'riflar beramiz.

Metr kripton-86 atomining $2p_{10}$ va $5d_5$ sathlari orasidagi, o'tishga mos keluvchi nurlanishning vakuumdagi 1650 763, 73 to'lqin uzunligiga teng.

Kilogramm xalqaro kilogramm prototipi massasiga teng.

Sekund seziy-133 atomining asosiy holati ikki o'ta yupqa sathlari orasidagi o'tishga mos keluvchi nurlanishning 9 192 631 770 davrlariga teng.

Amper o'zgarmaydigan tok kuchiga teng bo'lib, u cheksiz uzun ikki parallel to'g'ri chiziqli o'tkazgichlardan va vakuumda bir-biridan 1 m masofada joylashgan doiraviy ko'ndalang kesimning juda kichik yuzidan o'tganda uzunligi 1 m bo'lgan o'tkazgichning har bir qismida $2 \cdot 10^{-7}$ N o'zaro ta'sir kuchini yuzaga keltirgan bo'lar edi.

Kelvin suvning uchlamchi nuqtasi termodinamik temperaturasining 1/273,16 qismiga teng.

Suvning uchlamchi nuqtasi temperaturasi — bu muzning erish nuqtasida 0,01 K yoki 0,01°C yuqori bo'lgan qattiq (muz), suyuq va gazsimon (bug') fazalardagi suvning muvozanat nuqtasining temperaturasidir.

Selsiy (C) shkalasini qo'llashga ruxsat etiladi. °C dagi temperatura t belgisi bilan belgilanadi:

$$t = T - T_0,$$

bunda $T_0 = 273{,}15$ K. U holda $T = 273{,}15$ da $t = 0$ bo'ladi.

Mol 0,012 kg massali uglerod-12 atomida qancha atom bo'lsa, shuncha tuzilmaviy elementlarga ega bo'lgan sistemaning modda miqdoriga teng.

Kandela $540 \cdot 10^{12}$ Gs chastotali monoxromatik nurlanishni chiqaruvchi, bu yo'nalishdagi yorug'likning energetik kuchi 1/683 Vt/sr bo'lgan manbaning berilgan yo'nalishdagi yorug'lik kuchiga teng.

SI sistemasidagi sistema birliklaridan tashqari nosistemali birliklarning qo'llanilishi qonunlashtirilgan:

atmosfera (98 kGa), bar, mm sim. ust.

angstrem (10^{-10} m);

kilovatt — soat;

soat (3600 s);

duym (25,4 mm) va boshq.

Bundan tashqari logariflik FK — bir jinsli FK larning o'lchovsiz nisbatlarining logarifmi (o'nli yoki natural) qo'llaniladi. Logarifmik FK lar tovush bosimini, kuchayish, susayishni ifodalash uchun qo'llaniladi.

Logarifmik FK ning birligi bel (B), u quyidagi formulaga ko'ra aniqlanadi:

$$1\text{B} = lg(P_2/P_1),$$

bunda $P_2 = 10\ P_1$, bu yerda P_2 va P_1 — bir jinsli energetik kattaliklar (quvvat, energiya).

«Kuch» kattaliklari (kuchlanish, tok kuchi, bosim, maydon kuchlanganligi) uchun bel ushbu formulaga ko'ra aniqlanadi:

$$1\text{B} = 2lg(F_2/F_1), \text{ bunda } F_2 = \sqrt{10F_1}$$

Belning ulush birligi — detsibel (dB):

$$1\text{dB} = 0{,}1\ \text{B}.$$

Nisbiy FK — ning bir jinsli FK larning o'lchamsiz nisbati keng qo'llanishga ega bo'ldi. Ular foizlarda (%), o'lchovsiz birliklarda ifodalanadi.

Birliklarning belgilanishini yozishning ma'lum bir qoidalari mavjud. Hosilaviy birliklarning belgilanishini yozishda hosilaviy birliklarga kiruvchi birliklarning belgilanishlari o'rta chiziqda «·» ko'paytirish belgisi kabi turuvchi nuqtalar bilan ajratiladi. Masalan, N · m (nyuton — metr), A · m² (amper — kvadrat metr), N · s/m² (nyuton — soniya taqsim kvadrat metr). Tegishli darajaga ko'tarilgan birliklarning belgilanishini ko'paytma ko'rinishida ifodalash ancha ko'p qo'llaniladi, masalan, $m^2 \cdot s^{-1}$.

Birliklarni karrali yoki ulushli old qo'shimchalar bilan tegishlicha ko'paytmaga mos nomlashda old qo'shimchani ko'paytmaga kiruvchi birinchi birlikning nomiga qo'shish tavsiya etiladi. Masalan, kuch momenti — nyuton — metrning 10^3 birligini «nyuton — kilometr» deb emas, balki «kilonyuton-metr» deb nomlash lozim. Bu quyidagicha yoziladi: kN · m (N · km emas).

Nazorat savollari va topshiriqlar

1. Nima uchun kattaliklar fizik kattalik deyiladi?
2. Fizik kattaliklar birliklari sistemasi nima?
3. SI sistemasiga fizik kattaliklarning qanday asosiy va qo'shimcha birliklari kiradi?
4. SI sistemasida fizik kattaliklarning hosilaviy birliklari qanday hosil qilinadi?
5. 1 kg, 1 A, 1 s ga ta'rif bering.
6. Fizik kattaliklar birliklarining kogerent sistemasi nima?

1.3. FIZIK KATTALIKLAR O'LCHAMLARINI TIKLASH VA UZATISH

Yuqorida aytib o'tilganidek, o'lchashlarning birligi — bu o'lchashlarning shunday bir holatiki, bunda uning natijalari qonunlashtirilgan birliklarda ifodalanadi, ularning xatosi esa berilgan ehtimollik bilan ma'lum; o'lchash — tajriba yo'li bilan maxsus texnik vositalar — o'lchash vositalari yordamida FK ning qiymatini topishdir.

O‘lchashlarning birligini ta’minlash uchun barcha O‘V darajalangan birliklarning **aynanligi** zarur. Bunga FK ning belgilangan birliklarini aniq tiklash va saqlash hamda ularning o‘lchamlarini qo‘llanilayotgan O‘V ga uzatish yo‘li bilan erishiladi.

FK birliklarining o‘lchamlarini tiklash, saqlash va uzatish etalonlar va namunaviy O‘V lar yordamida amalga oshiriladi. FK lar birliklari o‘lchovlarini uzatish zanjirida yuqori bo‘g‘in etalonlar hisoblanadi (1,1 — bo‘limga qarang).

Etalonlarning asosiy vazifasi — FK birliklarini tiklash va saqlashning moddiy-texnik bazasini ta’minlashdir.

Tiklanayotgan birliklar bo‘yicha etalonlarni sistemalashtirish tamoyillari. Xalqaro birliklar sistemasi (SI)ning asosiy FK birliklari davlat etalonlari yordamida markazlashgan holda tiklanadi.

Qo‘shimcha, hosilaviy, zarur bo‘lganda sistemadan tashqari birliklar ham texnik-iqtisodiy maqsadga muvofiqlikdan kelib chiqib, quyidagi ikki usulning biri bilan tiklanadi:

markazlashgan holda — butun mamlakat uchun yagona bo‘lgan davlat etaloni yordamida;

nomarkazlashgan holda — metrologik xizmat idoralarida tegishli etalonlar yordamida bajarilgan bilvosita o‘lchashlar vositasida.

Xalqaro birliklar sistemasi (SI) dagi muhim hosilaviy birliklarning ko‘pchiligi markazlashgan holda tiklanadi:

nyuton — kuch ($1N = 1\ kg \cdot m \cdot s^{-2}$);

joul — energiya, ish ($1J = 1H \cdot m$);

paskal — bosim ($1\ Pa = 1H \cdot m^{-2}$);

om — elektr qarshilik;

volt — elektr kuchlanish.

O‘lchamlari etalon bilan bevosita taqqoslash orqali aniqlab bo‘lmaydigan birliklar (masalan, yuza birliklari) nomarkazlashgan holda tiklanadi yoki agar bilvosita o‘lchashlar vositasida o‘lchovlarni tekshirish, uni etalon bilan taqqoslashdan osonroq va zarur aniqlikni ta’minlaganda (masalan, sig‘im va hajm birliklari) birliklar nomarkazlashgan holda tiklanadi. Bunda yuqori aniqlikdagi tekshirish qurilmalari yaratiladi.

Davlat etalonlari Davlat standartlari metrologiya institutlarida saqlanadi. Davlat standarti qaroriga ko‘ra, ularni idoraviy metrologik xizmat idoralarida saqlashga va qo‘llanishga ruxsat etiladi.

FK birliklari milliy etalonlaridan tashqari Xalqaro o‘lchov va tarozilar byurosida saqlanadigan xalqaro etalonlar ham mavjud. Xalqaro o‘lchov va tarozilar byurosi himoyasida eng yirik metrologik laboratoriyalarning milliy etalonlari Xalqaro etalonlar bilan hamda o‘zaro solishtirib turiladi. Masalan, metr va kilogramm etaloni 25 yilda bir marta solishtiriladi, elektr kuchlanish, qarshilik va yorug‘lik etalonlari 3 yilda bir marta solishtiriladi.

Etalonlarning ko‘pchiligi murakkab va qimmatbaho fizik qurilmalardan iborat bo‘lib, o‘ziga xizmat ko‘rsatish va qo‘llanilishi uchun juda ham yuqori malakali olimlarni talab qiladi.

ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI TERMIZ FILIALI AXBOROT-RESURS MARKAZI INV. № 6093 21.01.2010

Davlat etalonlariga misollar qarab chiqamiz.

Uzunlik etaloni. 1960- yilgacha metr (m)ning quyidagi etaloni amalda bo‘lgan edi. Metr Xalqaro o‘lchovlar va tarozilar byurosida saqlanuvchi platina-iridiy brusokka tushirilgan ikki qo‘shimcha shtrixlar (chiziqchalar) orasidagi 0°C temperaturadagi masofa sifatida aniqlanib, bu chizg‘ich normal bosimda turishi va bir-biridan 571 mm masofadagi bitta bo‘ylama tekislikda simmetrik joylashgan diametri 1 sm dan kichik bo‘lmagan ikki rolik bilan tutib turilishi shart.

Aniqlikni orttirishga bo‘lgan talablar (platina-iridiy brusogi metrni 0,1 mkm dan kam xatolik bilan tiklashga imkon bermaydi), shuningdek, tabiiy va noo‘lchamli etalonni o‘rnatish maqsadga muvofiq ekanligi 1960- yilda yangi, hozir ham amalda bo‘lgan, aniqligi eskisiga qaraganda bir tartibga yuqori bo‘lgan metrning etaloni yaratilishiga olib keldi. Takrorlaymiz, yangi etalonda metr kripton-86 atomining $2p_{10}$ va $5d_5$ sathlari orasidagi o‘tishga mos keluvchi nurlanishning vakuumdagi 1 650 763, 73 to‘lqin uzunligiga teng uzunlik sifatida ta’riflanadi.

Etalonning fizik tamoyillari: uyg‘ongan bug‘ va gazlar yorug‘lik nurlaydi, uning spektrida qator chiziqlar mavjud. Har bir chiziq ma’lum to‘lqin uzunligidagi monoxromatik nurlanish manbai bilan aniqlanadi. Atomlar uyg‘ongandan keyin yorug‘lik nurlantiradi, bunda ular holatlarning biriga yanada yuqoriroq energiya sathidan o‘tadi: E_1, E_2, E_3, ..., E_n. Keyin atom biror boshqa energiya sathi ancha past bo‘lgan qat’iy yo‘l qo‘yilgan (diskret) energetik holatga qaytadi. Bu jarayon yorug‘lik energiyasining nurlanishi bilan bog‘liq.

RFning Davlat birlamchi metr etaloni quyidagi apparatura majmuidan iborat:

nurlanish manbai — kripton-86 izotopi bo‘lgan gazrazryad lampa;

uzunlikni 0... 1000 mm atrofida o‘lchash uchun fotoelektr mikroskopli va reflektorli etalon interferometr, u temperaturani aniq o‘lchash uchun platinali qarshilik termometri va differensial termoparalar bilan jihozlangan;

to‘lqin uzunliklarini 200... 3000 mm atrofida o‘lchash uchun elektron spektrointerferometr.

Metr etaloni saqlanadigan joy D. I. Mendeleev nomidagi VNIIM.

Metr birligini tiklash SKO $3 \cdot 10^{-9}$ m dan oshmaydi.

Etalon aniqlikni, barqarorlikni, ishonchlilikni oshirish maqsadida doim takomillashtirib boriladi. Xususan, metr etaloni uchun hozirgi vaqtda aniqlikni oshirish yo‘llari ko‘rib chiqilmoqda. Aniqlikni oshirish uslublari atom dastalaridan vakuumda monoxromatik nurlanish manbalari sifatida, barqarorlangan lazerlardan tor spektrol chiziqli intensiv (jadal) monoxromatik nurlanish manbalari sifatida va boshqa fizik effektlardan foydalanish imkoniyatlariga asoslanadi.

Massa etaloni. RF ning Davlat birlamchi kilogramm etaloni (kg) D. I. Mendeleev nomidagi VNIIM da saqlanadi. U 1 kg massa birligini SKO bilan $3 \cdot 10^{-8}$ kg ortiq bo‘lmagan darajada ifodalanishini ta’minlaydi. RFning Davlat birlamchi kilogramm etaloni tarkibiga quyidagilar kiradi:

KASB-HUNAR KOLLEJI NIBRIM 2846 26.06.2009

Xalqaro kilogramm prototipining nusxasi — platina-iridiy prototipi №12, u diametri 39 mm va balandligi 39 mm bo'lgan chetlari yumaloqlangan silindr ko'rinishidagi toshdan iborat;

№12 prototipdan massa birligi o'lchamini etalon-nusxalarga va etalon-nusxalardan ishchi etalonlarga uzatish uchun masofadan turib boshqariluvchi 1 kg lik №1 va №2 etalon tarozilar.

Vaqt va chastota etaloni. RF ning Davlat vaqt va chastota etaloni Butunittifoq fiziko-texnik radioo'lchamlar ilmiy tekshirish institutida (VNIIFTRI) saqlanadi.

Etalonda kvant o'lchovlaridan foydalaniladi, ularda tayanch o'lchov sifatida tanlangan moddaning atomlari yoki molekulalarida o'tishlar chastotasiga mos keluvchi chastota qabul qilinadi. Kvant o'lchovlari reperlarga va saqlovchilarga bo'linadi. Reperlar chastota O'Vni tekshirish va sozlash maqsadida ahyon-ahyonda ulanadi, saqlovchilar esa (soatni ifodalovchi) uzluksiz ishlaydi.

RFning Davlat vaqt va chastota etaloni tarkibiga quyidagilar kiradi:

seziyli reper va soat;

vodorodli reper va soat;

rubidiyli soat (optik damlangan rubidiy kristallidagi kvant generatori);

etalonlarni ichki va tashqi solishtirish apparaturasi;

ta'minot apparaturasi.

Vaqtni chastota bo'yicha tiklash xatoligi SKO 10^{+12} Gs dan ortiq bo'lmagan chiqarilmagan muntazam xatolikda 10^{+13} Gs dan ortiq bo'lmaydi.

Elektr tok kuchi birligi etaloni — amper (A). Bu etalon D. I. Mendeleev nomidagi VNIIM da saqlanadi. Unga quyidagi qismlar kiradi:

— tokli tarozilar;

— tok kuchi birligi o'lchamini uzatish uchun apparatura, unga qarshilik qiymatini elektr qarshilik birligi birlamchi etaloni — omdan olgan elektr qarshilik g'altagi kiradi.

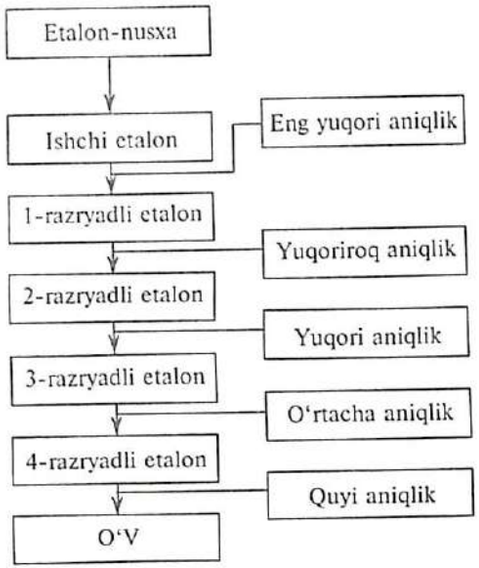
Tiklanish xatosi SKO $4 \cdot 10^{-6}$ dan, chiqarib tashlanmagan muntazam xatolik $8 \cdot 10^{-6}$ dan oshmaydi.

Temperatura birligi etaloni. Bu etalon juda murakkab qurilmadan iborat. Temperaturani 0,01— 0,8 K diapazonda (oraliqda) o'lchash magnit ta'sirlashuvchanlik termometri temperatura shkalasi (TShTMV) bo'yicha amalga oshiriladi. 0,8—1,5 K oraliqda geliy-3 (3He) shkalasidan foydalaniladi, bu shkala geliy-3 to'yingan bug'larining temperaturaga bog'liqligiga asoslangan. 1,5— 4,2 K oraliqda geliy-4 (^{4}He) shkalasidan foydalaniladi, bu shkala ham o'sha qoidaga asoslangan 4,2—13,81 K oraliqda temperatura germaniyli qarshilik termometri shkalasi (TShGTS) bo'yicha o'lchanadi. $R = R(t)$ bog'lanishdan foydalaniladi. 13,81—6300 K oraliqda MPTSh—68 xalqaro amaliy shkaladan foydalaniladi, bu shkala turli moddalarning tiklanayotgan teng muvozanatli holatlari qatoriga asoslangan.

Birliklarning o'lchamlarini birlamchi etalondan ishchi o'lchovlarga va o'lchash vositalariga uzatish razryadli etalonlar yordamida amalga oshiriladi.

Razryadli etalon — o'lchov, o'lchov o'zgartkichi yoki o'lchov asbobi, unga ko'ra boshqa O'V tekshiriladi va u Davlat metrologik xizmat (MX) idoralarida tasdiqlangan.

O'lchamlarni uzatish sxemasi (metrologik zanjir) — etalondan ishchi O'Vlariga (birlamchi etalon ⇒ etalon-nusxa ⇒ razryadli etalonlar ⇒ ishchi O'V) 1.2- rasmda keltirilgan.



1.2- rasm. **O'lchamlarning etalonlardan ishchi o'lchash vositalariga uzatish sxemasi**

Razryadli etalonlar orasida bog'lanish mavjud:

1- razryadli etalonlar bevosita etalon-nusxalar bo'yicha tekshiriladi;

2- razryadli etalonlar — 1- razryadli etalonlar bo'yicha tekshiriladi va h.k.

Eng yuqori aniqlikdagi ayrim ishchi O'V etalon-nusxalar bo'yicha, yuqori aniqlikdagilari esa 1- razryadli etalonlar bo'yicha tekshirilishi mumkin.

Razryadli etalonlar belgilangan tartibda O'V larini tekshirish huquqi berilgan Davlat metrologiya xizmati metrologiya institutlarida, shuningdek tarmoq MX tekshiruv laboratoriyalarida saqlanadi.

Razryadli etalon sifatidagi O'V Davlat MX organi (idorasi) tomonidan tasdiqlanadi.

FK o'lchamlarining to'g'ri uzatilishini ta'minlash uchun metrologiya zanjirining barcha bo'g'inlarida ma'lum bir tartib o'rnatilishi kerak. Bu tartib tekshirish sxemalarida keltiriladi.

Tekshirish sxemalari to'g'risidagi Nizom DST 8.061—80 «GSI. Tekshirish sxemalari. Mazmuni va yasalishi», da belgilangan.

Davlat tekshiruv sxemalari va lokal (mahalliy) tekshiruv sxemalari (davlat MX alohida mintaqaviy idoralari yoki muassasa MX) farq qilinadi. Tekshiruv sxemalarida matn qismi va zarur chizmalar hamda sxemalar bo'ladi.

Tekshiruv sxemalariga qat'iy rioya qilish va razryadli etalonlarni o'z vaqtida tekshirish — fizik kattaliklar birliklarining aniq o'lchamlarini ishchi o'lchash vositalariga uzatish uchun zaruriy shartlardir.

Nazorat savollari

1. Etalonlarning asosiy vazifasi nimadan iborat?
2. Fizik kattaliklar birliklarning aynanligi nima hisobiga ta'minlanadi?
3. Uzunlik birligi va vaqt birligi etalonlari qanday tamoyillarga asoslangan?
4. Tekshiruv sxemasi nima?
5. Tiklanayotgan birliklar bo'yicha etalonlarni sistemalashtirishning qanday prinsiplari (tamoyillari) mavjud?

1.4. O'LCHASH NAZARIYASI ASOSLARI

Axborot nazariyasi nuqtai nazaridan o'lchash o'lchanayotgan obyektning entropiyasini kamaytirishga qaratilgan jarayondan iboratdir. Entropiya o'lchash obyekti to'g'risidagi bizning bilimlarimiz noaniqligi o'lchovidir. O'lchash jarayonida biz obyektning entropiyasini kamaytiramiz, ya'ni obyekt to'g'risida qo'shimcha axborot olamiz.

O'lchov axboroti deb o'lchangan FK ning qiymatlari to'g'risidagi axborotga aytiladi.

Yuqorida aytib o'tilganidek, o'lchashlarda qo'llaniladigan uslublar va texnik vositalar ideal emas, tajriba o'tkazuvchining a'zolari esa asboblarning ko'rsatishini ideal ravishda idrok qila olmaydi. Shuning uchun o'lchash jarayoni tugagandan so'ng, bizning bilimlarimizda o'lchanayotgan obyekt haqida ba'zi noaniqlik qoladi, ya'ni FK ning chinakam qiymatini olish imkoni yo'q. O'lchanayotgan obyekt to'g'risida bizning bilimlarimizdagi qoldiq noaniqlik turli xil noaniqlik o'lchovlari bilan ifodalanishi mumkin. Entropiya kabi bunday noaniqlik o'lchovi axborot nazariyasida juda keng tarqalgan. Metrologik amaliyotda esa entropil amalda qo'llanilmaydi. O'lchashlar nazariyasida o'lchash natijasining noaniqlik o'lchovi kuzatish natijasining xatoligi hisoblanadi.

O'lchash natijasining xatoligi yoki oddiygina o'lchash xatoligi deganda o'lchash natijasining o'lchanayotgan fizik kattalikning chinakam qiymatidan og'ishi tushuniladi. Bu quyidagi tarzda yoziladi:

$$\Delta = X_{o'lch} - X,$$

bu yerda $X_{o'lch}$ — o'lchash natijasi, X — FK ning chinakam qiymati.

Biroq FK ning chinakam qiymati noma'lum bo'lib qolgani uchun o'lchash xatoligi ham noma'lumdir. Shuning uchun amalda xatolikning taqribiy qiymatlari yoki ularning baholanishi deb ataluvchi kattaliklar bilan ish ko'riladi. Xatolikni baholash formulasiga FKning chinakam qiymati o'rniga uning haqiqiy qiymati qo'yiladi. FK ning haqiqiy qiymati deganda uning tajriba yo'li bilan topilgan va chinakam qiymatiga shu darajada yaqin qiymati tushuniladiki, bunda shu qiymat mazkur maqsad uchun chinakam qiymat o'rnida foydalanilishi mumkin.

Shunday qilib, xatolikni baholash formulasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$\Delta = X_{o'lch} - Q_h, \qquad (1.3)$$

bunda Q_h — FK ning haqiqiy qiymati.

Xatolik paydo bo'lishining asosiy sabablari qanday ekan? O'lchashdagi xatolikning to'rtta asosiy guruhini ajratib ko'rsatish mumkin:

o'lchashni bajarish uslubiyatlari vujudga keltirgan xatoliklar (o'lchash uslubi xatoligi);

o'lchash vositalari xatoligi;

kuzatuvchilar sezgi a'zolarining xatoligi (shaxsiy xatoliklar);

o'lchash sharoitlarining ta'siriga bog'liq xatoliklar.

Bu xatoliklarning hammasi o'lchashning *xatoliklar yig'indisini* beradi. Metrologiyada o'lchashdagi xatoliklar yig'indisini ikki tashkil etuvchiga — tasodifiy va muntazam xatoliklarga bo'lish qabul qilingan.

O'lchashdagi tasodifiy xatolik — aynan bitta o'zgarmaydigan (determinantlangan) FK da bir xil sinchkovlik bilan o'tkazilgan takroriy kuzatishlarda tasodifiy tarzda o'zgaruvchi (ishorasi va qiymati bo'yicha) o'lchash natijalari xatoligining tashkil etuvchisi.

O'lchashning *muntazam xatoligi* aynan bitta o'zgarmaydigan FK ni takroriy kuzatishlarda o'zgarmas bo'lib qoluvchi yoki qonuniy o'zgaruvchi, o'lchash natijasi xatoligining tashkil etuvchisi.

Umumiy holda o'lchash natijalarida bu ikkala tashkil etuvchi doim ishtirok etadi. Amalda esa ulardan biri ikkinchisidan ancha ortiq bo'ladi. Bunday hollarda kichik tashkil etuvchi hisobga olinmaydi. Masalan, chizg'ich yoki ruletka yordamida amalga oshiriladigan o'lchashlarda odatda, xatolikning tasodifiy tashkil etuvchisi ustivorlik qiladi, muntazam xatolik esa kichik bo'lib, u hisobga olinmaydi. Bu holda tasodifiy tashkil etuvchi quyidagi asosiy sabablari bilan izohlanadi:

ruletka (chizg'ich) o'rnatilishi noaniqligi (qiyshiqligi) bilan;

hisob boshining noaniq o'rnatilishi bilan;

kuzatish burchagining o'zgarishi bilan;

ko'zning charchaganligi bilan;

yoritilishning o'zgarishi bilan.

Muntazam xatolik o'lchashni bajarish uslubining mukammal emasligi, O'Vning xatoliklari, o'lchashning matematik modelini aniq bilmaslik, sharoitlarning ta'siri, O'Vni darajalashdagi va tekshirishdagi xatoliklar oqibatida, shaxsiy sabablarga ko'ra vujudga keladi.

O'lchash natijalarining tasodifiy xatoliklari tasodifiy kattaliklar bo'lgani uchun ularga ishlov berish asosida ehtimollar nazariyasi va matematik statistika uslublari yotadi.

Tasodifiy xatolik o'lchashlar aniqligi kabi sifatni, muntazam xatolik esa o'lchashning to'g'riligi kabi sifatni ifodalaydi.

Absolut va nisbiy xatoliklar farq qilinadi.

Absolut xatolik — o'lchanayotgan kattalik birliklarida ifodalangan xatolik. Masalan, 5 kg lik massani o'lchash xatoligi — 0,0001 kg. U Δ belgi bilan belgilanadi.

Nisbiy xatolik — bu o'lchovsiz kattalik bo'lib, absolut xatolikning o'lchanayotgan FK ning haqiqiy qiymatiga nisbati bilan aniqlanadi, u foizlarda (%) ifodalanishi mumkin. Masalan, 5 kg massani o'lchashning nisbiy xatoligi $\frac{0,0001}{5} = 0,00002$ yoki 0,002%. Ba'zida absolut xatolikning FK ning maksimal qiymatiga nisbati olinadi, u berilgan O'V bilan o'lchanishi mumkin (asbob shkalasining yuqori chegarasi). Bunday holda nisbiy xatolik *keltirilgan xatolik* deyiladi.

Nisbiy xatolik δ harfi bilan belgilanadi va quyidagi tarzda aniqlanadi:

$$\delta = \frac{\Delta}{X_h} = \frac{X_{o'zg} - X_h}{X_h}.$$

$X_h = X_{o'zg}$ bo'lgani uchun (yoki undan juda kam farq qilgani uchun) amalda odatda

$$\delta = \Delta / X_{o'zg}$$

deb qabul qilinadi.

O'lchashning tasodifiy va muntazam xatoliklaridan tashqari o'lchashning *qo'pol xatoligi* deb ataluvchi xatolik ham farqlanadi.

Ba'zan adabiyotlarda bu xatolikni *yanglishish* deyiladi. O'lchash natijasining qo'pol xatoligi — bu kutilayotgan xatolikdan ancha katta xatolikdir.

Avval ta'kidlab o'tilganidek, umumiy holda o'lchashning yig'indi xatoligining (xatolik yig'indisining) ikkala tashkil etuvchilari tasodifiy va muntazam xatoliklar bir vaqtda namoyon bo'ladi, shuning uchun

$$\Delta = \mathring{\Delta} + \Theta,$$

bu yerda $\mathring{\Delta}$ — o'lchashning yig'indi xatoligi u $\Sigma\Delta$ ko'rinishda ifodalanishi mumkin, Δ — o'lchash xatoligining tasodifiy tashkil etuvchisi; Θ — o'lchash xatoligining muntazam tashkil etuvchisi.

O'lchashlarning turlari quyidagi belgilariga ko'ra tasniflanadi:

aniqlik tavsifiga — aniqligi teng, aniqligi teng emas (teng tarqalgan, teng tarqalmagan);

o'lchashlar soniga — bir karrali, ko'p karrali;

o'lchanayotgan kattalikning o'zgarishga munosabati — statistik, dinamik;

metrologik vazifasiga — metrologik, texnik;

o'lchash natijalarini ifodalashga — absolut, nisbiy:

o'lchash natijalarini olishning umumiy usullari bo'yicha — bevosita, bilvosita, qo'shma, umumiy.

Aniqligi teng o'lchashlar — aniqligi bo'yicha bir xil O'V va aynan bir xil sharoitda bajarilgan biror kattalikni bir qator o'lchashlar.

Aniqligi teng bo'lmagan o'lchashlar — aniqligi bo'yicha biroz turlicha O'V va (yoki) turli sharoitlarda bajarilgan biror kattalikni bir qator o'lchashlar.

Bir martalik o'lchashlar — bir marta bajarilgan o'lchash.

Ko'p martalik o'lchashlar — natijasi birin-ketin keladigan bir qancha kuzatishlardan olingan, ya'ni bir qator bir karrali o'lchashlardan tashkil topgan aynan bir xil o'lchashli FK ni o'lchashlar.

Bevosita o'lchash — FK ni bevosita usul bilan amalga oshiriladigan o'lchash bo'lib, bunda FKning izlanayotgan qiymati bevosita tajriba ma'lumotlaridan olinadi. Bevosita o'lchash o'lchanayotgan FK ni bu kattalik o'lchovi bilan tajribada taqqoslash yo'li bilan yoki O'V ko'rsatishlarini shkala bo'yicha, yoki raqamli asbob bo'yicha sinash yo'li bilan amalga

oshiriladi. (Masalan, uzunlik, balandlikni chizg'ich yordamida, kuchlanishni voltmetr yordamida, massani — tarozi yordamida o'lchash).

Bevosita o'lchash tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$Q = q[Q].$$

Bilvosita o'lchash — bilvosita usul bilan o'tkaziladigan o'lchash, bunda FK ning izlanayotgan qiymati izlanayotgan kattalik bevosita o'lchanadigan kattalik va shu FK o'rtasidagi ma'lum bog'lanish funksional bog'liq bo'lgan boshqa FK ni bevosita o'lchash natijasi asosida topiladi.

Bilvosita o'lchashlar tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$Y = F(x, x_2, x_i, ..., x_n).\ Y = F(\lambda),$$

bu yerda F — ma'lum funksiya; n — bevosita o'lchangan FK lar soni; x_1, x_2, x_i, x_n — bevosita o'lchangan FK lar soni.

Masalan: yuza, hajmni bo'yi, eni, balandligini o'lchash yordamida aniqlash; elektr quvvatni tok kuchini va kuchlanishni o'lchash uslubi bilan aniqlash va h.k.

Umumiy o'lchashlar — bir nechta bir ismli kattaliklarni bir vaqtda o'lchash o'tkaziladi, bunda kattaliklarning izlanayotgan qiymati shu kattaliklarning turli xil guruhlarini o'lchashlarda olinadigan tenglamalar sistemalarini yechish yo'li bilan aniqlanadi.

M i s o l: to'plamdagi ayrim toshlar massasining qiymatini toshlardan birining ma'lum massasi qiymatiga ko'ra va turli toshlarning birgalikdagi massalarini o'lchash (taqqoslash) natijalariga ko'ra aniqlanadi.

Massalari m_1, m_2, m_3 bo'lgan toshlar bor.

Birinchi toshning massasi quyidagi tarzda aniqlanadi:

$$\overline{m}_1 = M_1.$$

Ikkinchi toshning massasi birinchi va ikkinchi toshlar massalari $M_{1,2}$ hamda birinchi toshning o'lchangan massasi $\overline{m}_1$ ning ayirmasi sifatida aniqlanadi:

$$\overline{m}_2 = M_{1,2} - \overline{m}_1.$$

Uchinchi toshning massasi birinchi, ikkinchi va uchinchi tosh massalari ($M_{1,2,3}$) hamda birinchi va ikkinchi toshlarning o'lchangan massalari ($\overline{m}_1, \overline{m}_2$) ayirmasi sifatida aniqlanadi:

$$\overline{m}_3 = M_{1,2,3} - \overline{m}_1 - \overline{m}_2.$$

Ko'pincha, aynan ana shu yo'l bilan o'lchash natijalarining aniqligini oshirishga erishiladi.

Birgalikdagi o'lchashlar — ikki yoki bir necha bir jinsli bo'lmagan fizik kattaliklarni, ular orasidagi bog'lanishni aniqlash uchun, bir vaqtda o'tkaziladigan o'lchashlar.

1- misol. Quyidagi qiymatlar to'plami bir vaqtda o'lchanayotganda o'lchash o'zgartkichining $y = f(x)$ darajalash tavsifini (xarakteristikasini) yasash:

$$\begin{array}{ccccccccc} X_1, & X_2, & X_3, & \ldots, & X_i, & \ldots, & X_n \\ \Downarrow & \Downarrow & \Downarrow & & \Downarrow & & \Downarrow \\ Y_1, & Y_2, & Y_3, & \ldots, & Y_i, & \ldots, & Y_n \end{array}$$

2- misol. Qarshilikning temperatura koeffitsientini (QTK) R qarshilikni va t temperaturani bir vaqtda o'lchash bilan aniqlash, keyin esa $\alpha(t) = \Delta R/\Delta t$ bog'lanishni aniqlash:

$$\begin{array}{ccccccccc} R_1, & R_2, & R_3, & \ldots, & R_i, & \ldots, & R_n \\ \Uparrow & \Uparrow & \Uparrow & & \Uparrow & & \Uparrow \\ t_1, & t_2, & \ldots, & & t_i, & \ldots, & t_n. \end{array}$$

Yuqorida aytib o'tilganidek, o'lchash — bu fizik kattalikning qiymatlarini topish jarayonidir. Shunday qilib, fizik kattalik o'lchash obyekti bo'ladi. Bundan tashqari, shuni ham e'tiborga olish kerakki, fizik kattalik deganda o'lchami fizik usullar bilan aniqlanishi mumkin bo'lgan kattalik tushuniladi. Aynan shuning uchun ham kattalik fizik kattalik deb ataladi.

Fizik kattalikning qiymati o'lchash vositalari yordamida aniq uslub bilan aniqlanadi. O'lchash uslubi deganda o'lchov tamoyillari va vositalaridan foydalanish usullari yig'indisi tushuniladi. Quyidagi o'lchash uslublari farq qilinadi:

bevosita baholash uslubi — bu uslubda kattalikning miqdori o'lchov asbobining bevosita hisob-kitob qurilmasi bo'yicha aniqlanadi (uzunlikni chizg'ich yordamida o'lchash, massani prujinali tarozi yordamida, bosimni — manometr yordamida o'lchash va h.k.);

o'lchov bilan taqqoslash uslubi — bu o'lchash uslubida o'lchanayotgan kattalik o'lchov tiklanayotgan kattalik bilan taqqoslanadi (detallar orasidagi zazorni shup yordamida o'lchash, massani richagli tarozida toshlar yordamida o'lchash, uzunlikni uchli o'lchovlar yordamida o'lchash va h.k.);

qarama-qarshi qo'yish uslubi — o'lchov bilan taqqoslash uslubi bo'lib, unda o'lchanayotgan kattalik va o'lchov bilan tiklanayotgan kattalik bu kattaliklar orasidagi munosabat aniqlanadigan taqqoslash asbobiga bir vaqtda ta'sir ko'rsatadi (massani teng yelkali tarozida uning ikkala pallasiga o'lchanayotgan massani va uni muvozanatga keltiruvchi toshlarni joylashtirib o'lchash);

differensial uslub — o'lchov bilan taqqoslash uslubi bo'lib, unda o'lchov asbobiga o'lchanayotgan va o'lchov bilan tiklanayotgan ma'lum kattalik orasidagi farq ta'sir ko'rsatadi (uzunlikni komporatordagi — bir jinsli kattaliklar o'lchovlarini solishtirish uchun mo'ljallangan taqqoslash vositasidagi namuna o'lchov bilan taqqoslab o'lchash);

nol uslubi — o'lchov bilan taqqoslash uslubi bo'lib, undan kattaliklarning taqqoslash asbobiga ta'sir etish natijaviy effekti nolgacha yetkaziladi (elektr qarshilikni uni to'liq muvozanatlab, ko'prik bilan o'lchash);

o'rnini bosish uslubi — o'lchangan kattalikni o'lchov bilan tiklanayotgan ma'lum kattalik bilan almashtiriladigan o'lchov bilan taqqoslash uslubi (o'lchanayotgan massani va toshlarni torozining ayni bir pallasiga navbati bilan aralashtirib qo'yib tortish).

to'g'ri (mos) kelishlar uslubi — shunday o'lchov bilan taqqoslash usuliki, unda o'lchanayotgan kattalik bilan o'lchov tashlaydigan kattalik orasidagi farq shkaladagi belgilarning yoki davriy signallarning to'g'ri kelishidan foydalanib o'lchanadi (uzunlikni noniusli shtangensirkul yordamida o'lchashda shtangensirkul va nonius shkalalaridagi belgilarning to'g'ri kelganligi kuzatilganda; aylanish chastotasini stroboskop yordamida o'lchashda, aylanayotgan obyektdagi biror belgining holati stroboskop chaqnashlarining ma'lum chastotasida shu obyektning aylanmaydigan qismidagi belgi bilan ustma-ust tushganda).

O'lchash natijalariga ishlov berish. Yuqorida aytib o'tilganidek, fizik kattalikning haqiqiy qiymatini uni o'lchash natijalariga ko'ra aniqlash umuman mumkin emas. O'lchash natijalari asosida bu haqiqiy qiymatning bahosi (uning o'rtacha qiymati) va izlanayotgan qiymat uning ichida qabul qilingan ishonchli ehtimollik bilan bo'lishi mumkin bo'lgan oraliq olinishi mumkin. Boshqacha aytganda, agar qabul qilingan ishonish ehtimoli 0,95 ga teng bo'lsa, u holda o'lchanayotgan fizik kattalikning haqiqiy qiymati barcha o'lchashlar natijalarining ma'lum oralig'i ichida 95% ehtimollik bilan bo'ladi. Masalan, sterjen uzunligini ko'p marta o'lchashlar natijasida uning bahosi 21,00 sm ekanligi, ishonchli interval esa $P = 0,95$ ishonchli ehtimollikda $\pm 0,02$ sm chegaralarga ega ekanligi hosil qilindi. Bu hol sterjenning chinakam qiymati 0,95 ehtimollik bilan (21,00 $\pm$0,02) sm oraliq ichida topilishidan dalolat beradi.

Shunday qilib, istagan o'lchashlarning natijalariga ishlov berishning pirovard maqsadi Q bilan belgilanuvchi o'lchanayotgan fizik kattalikning chinakam qiymatining bahosini va bu baho ichida joylashgan qiymatlar oralig'ini qabul qilingan ishonchli ehtimollik bilan olishdan iborat.

O'lchashlarning tenganiq (teng yoyilgan) natijalari uchun bu baho taqsimlash qonuniga bog'liq bo'lmagan holda ko'p karra o'lchashlarning barcha natijalarining $\overline{X}$ o'rta arifmetigini ifodalaydi:

$$\Sigma X_i/n,$$

bu yerda X_i — o'lchash natijalari, n — o'lchashlar soni.

O'lchanayotgan fizik kattalikning o'rtacha qiymati o'zgarishning oralig'ini (ishonchli intervalini) aniqlash uchun uning taqsimlanish qonunini va o'lchash natijalari xatoligini taqsimlash qonunini bilish zarur. Metrologik adabiyotda, odatda, o'lchash natijalari va ular xatoliklarini taqsimlashning quyidagi qonunlaridan foydalaniladi: me'yordagi, bir tekis, uchburchak bo'yicha va trapetsiyasimon. Mazkur ishda faodatdagi taqsimlash qonuni ko'rib chiqiladi, o'lchash natijalari esa teng aniq bo'ladi.

O'lchash natijalariga ishlov berishning birinchi bosqichida qo'pol xatoliklarning mavjudligi baholanadi. Buning uchun o'lchash natijalarining o'rtacha

kvadratik og'ishi (O'KO) aniqlanadi (O'KO ning ta'rifi va fizik ma'nosini 1.1- bo'limdan qarang):

$$\sigma = \sqrt{D} = \sqrt{\sum (X_i - X)^2 / (n-1)}.$$

Keyin o'lchash natijalari orasida o'rtacha qiymatdan 3s ga katta yoki kichik bo'lganlari bor-yo'qligi aniqlanadi. Agar shunday natijalar aniqlansa, ular keyingi ko'rib chiqishdan olib tashlanadi va yana o'lchash natijalarining o'rtacha qiymati va o'rtacha kvadratik og'ish aniqlanadi.

So'ngra X_1', X_2', ..., X_i', ... X_n' o'lchashlar qatorida muntazam xatoliklarning mavjudligi tahlil qilinadi.

Muntazam xatoliklar ularning o'lchash jarayonida paydo bo'lish sabablariga va ularning namoyon bo'lish tavsifiga bog'liq holda tasniflanishi mumkin.

Muntazam xatoliklar namoyon bo'lish tavsifiga ko'ra, o'zgarmas va o'zgaruvchan xatoliklarga bo'linadi.

O'zgarmas muntazam xatoliklar sanoq boshi noto'g'ri o'rnatilganda, O'V noto'g'ri darajalanganda va sozlanganda vujudga keladi. Ular o'lchanayotgan fizik kattaliklarni takroran kuzatishda o'zgarmasdan qoladi.

O'zgaruvchan muntazam xatoliklar ichida rivojlanuvchi, ya'ni monoton kamayuvchi yoki o'suvchi va davriy xatoliklar ajratiladi.

Muntazam xatoliklarni odatda ko'rish qiyin.

Yuqorida aytib o'tilganidek, muntazam xatoliklarga ega bo'lgan kuzatish natijalari *tuzatilmagan* deyiladi, ular shtrixli harflar bilan belgilanadi: X_1', X_2', ..., X_i', ... X_n'

Kuzatishlarning «tuzatilgan natijasi» — bu muntazam xato chiqarib tashlangan kuzatishdir. *Kuzatish* — bir tomondan, sanoqni o'z vaqtida va to'g'ri amalga oshirishni o'z oldiga maqsad qilib qo'ygan o'lchashlardagi amallar (operatsiyalar) to'plami. Ikkinchi tomondan, kuzatish — bu o'lchashlar jarayonida bajariladigan eksperimental amal (operatsiya) bo'lib, uning natijasida o'lchash natijasini olish uchun ishlov berilishi kerak bo'lgan kattalik qiymatlari guruhidan bitta qiymat olinadi. Masalan, agar uchta yoki beshta kuzatish bo'yicha bitta o'lchov olinadigan bo'lsa, u holda kuzatish natijasi bitta o'lchash natijasini beradi, o'lchash natijasi esa o'lchanayotgan FK ning qiymati — kuzatish natijalarini ishlab chiqish yo'li bilan topilgan, deb hisoblash mumkin.

Muntazam xatoliklarni aniqlash va ularni bartaraf qilish uchun bir qancha usul mavjud.

Ma'lumotlarga ishlov berishda kuzatish natijalarining va keyingi hisoblashlarning aniqligi o'lchash natijalarining zaruriy aniqligi bilan muvofiqlashtirilishi kerak. O'lchash natijalari xatoligini ikkitadan ortiq bo'lmagan qiymatli raqamlar bilan ifodalash lozim. Ikkita qiymatli raqamni ikki holatda berish lozim:

juda yuqori aniqlikdagi kuzatishlar o'tkazishda;

yuqori xona raqami ≤ 3 soni bilan ifodalangan xatolikda, masalan, $\Delta = 22$.

Kuzatish natijalarini ishlab chiqishda taqribiy hisoblashlar qoidalaridan foydalanish, yaxlitlashni esa quyidagi qoidalarga ko'ra bajarish lozim:

1. O'lchash natijasini shunday yaxlitlash kerakki, bunda u xatolikdagi kabi tartibdagi raqam bilan tugasin. Agar o'lchash natijasining qiymati nollar bilan tugasa, u holda nol xatolikning xonasiga mos keladigan xonagacha tashlab ketiladi.

Misol: xatolik $\Delta = \pm 0{,}0005$ m.

Hisoblashlardan so'ng quyidagi o'lchash natijalari olingan:

$X_1 = 9{,}84236672 \cong 9{,}8424$; $X_1 = (9{,}8424 \pm 0{,}0005)$ m;
$X_2 = 1{,}260002 \cong 1{,}2600$; $X_2 = (1{,}2600 \pm 0{,}0003)$ m.

2. Agar nol bilan almashtiriladigan yoki tashlab yuboriladigan raqamlarning birinchisi (chapdan o'ngga qarab) 5 dan kichik bo'lsa, u holda qolgan raqamlar o'zgarmaydi.

Misol: $\Delta = 0{,}06$; $\overline{X} = 2{,}3641 = 2{,}36$.

3. Agar nol bilan almashtiriladigan yoki tashlab yuboriladigan birinchi raqam 5 ga teng bo'lib, undan keyin hech qanday raqam va nollar bo'lmasa, u holda yaxlitlashni eng yaqin turgan juft songacha amalga oshiriladi, ya'ni qoldirilgan juft oxirgi raqamni yoki nolni o'zgarishsiz qoldirib, toq son bitta orttiriladi.

Misol. $\Delta = \pm 0{,}25$; $\overline{X}_1 = 1{,}385 \cong 1{,}38$; $\overline{X}_2 \cong 1{,}355 \cong 1{,}36$.

4. Agar nol bilan almashtiriladigan yoki tashlab yuboriladigan birinchi raqam 5 dan katta yoki unga teng bo'lib, undan keyin noldan farqli raqam kelsa, u holda qoldirilgan oxirgi raqam bitta orttiriladi.

Misol: $\Delta = \pm 12$; $\overline{X}_1 = 236{,}51 \cong 237$.

O'lchash natijalarini ishlab chiqish standartga muvofiq amalga oshiriladi. Masalan, bevosita kuzatishlar uchun ishlov berish DST 8.207—80 GSI, «Ko'p karrali kuzatishlar bilan bevosita o'lchashlar» bo'yicha amalga oshiriladi.

Nazorat savollari

1. O'lchash xatoligi nima?
2. O'lchash xatoliklarining qanday guruhlarini bilasiz?
3. O'lchash xatoligining tashkil etuvchilari qanday?
4. O'lchashdagi tasodifiy va muntazam xatoliklarning vujudga kelishining asosiy sabablari nimalardan iborat?
5. Sanoatda qanday o'lchash uslublari qo'llaniladi?
6. O'lchash natijalariga ishlov berish qanday maqsadda bajariladi?
7. O'rtacha arifmetik kattalik qanday aniqlanadi?
8. O'lchash natijalarining O'KO qanday aniqlanadi?
9. O'lchash natijalarining tuzatilgan qatori nima?
10. Xatolikda nechta qiymatli raqam bo'lishi kerak?
11. Hisob-kitob natijalarini yaxlitlash qoidalari qanday?

1.5. TEXNIK NAZORAT

Texnik nazorat (*TN*) DST 16504—81 ga muvofiq bu obyektning o'rnatilgan texnik talablarga muvofiqligini tekshirishdir. Fan va texnikaning rivojlanishi, mahsulot sifatiga talablarning ortishi texnik nazoratga ketadigan xarajatlarning ortishiga sabab bo'ladi. Masalan, ba'zi tarmoqlarda nazorat qilish xarajatlari ishlab chiqarish xarajatlarining 50% idan ortadi. Metallga ishlov berish sanoatida nazorat xarajatlari ishlab chiqarish xarajatlarining 8—15% ni tashkil etib, shu bilan birga bu xarajatlarning 90—95% chiziqli o'lchamlarni nazorat qilishga taalluqlidir.

Texnik nazoratning ta'rifiga muvofiq nazorat obyekti uchun uning texnik hujjatlar talablariga muvofiqligi to'g'risida xulosa beriladi. Bu xulosa yoxud o'lcham natijalari bo'yicha, yoki ularsiz ifodalanishi mumkin. Masalan, chegaraviy kolibrlar bilan nazorat, bunda nazorat qilinayotgan buyumga «yaroqli» yoki «yaroqsiz» xulosasi bitta yoki bir nechta ko'rsatkich bo'yicha qilinadi.

Agar nazorat o'lchash vositalarining ko'rsatishiga ko'ra bajarilayotganda u *ko'rsatkichlar nazorati* deb ataladi. Masalan, buyumning yaroqliligini shkalali asboblar bo'yicha aniqlash, unda ko'pincha chegaraviy bayroqchalar (plankalar, belgilar) nazarda tutilib, yaroqli buyumning parametri ular orasida joylashgan bo'lishi kerak.

Nazorat vositasi elementlarining joylashishi joyiga bog'liq holda mahalliy va distansion (masofali) nazorat farq qilinadi. Mahalliy nazorat hamma elementlar buyum tayyorlanadigan yoki nazorat qilinadigan ishchi o'rinlarida o'rnatilgan hollarda qo'llaniladi. Distansion nazorat hamma elementlarni bir joyda joylashtirish imkoni bo'lmaganda ko'zda tutiladi, masalan, sinalayotgan dvigatelning ko'rsatishlarini stendda nazorat qilish (Bu yerda dvigatelning parametrlarini olish sinov boshida o'zgartkich datchiklar tomonidan bajariladi, ko'rsatishlarni nazorat qilish esa operator xonasida amalga oshiriladi.)

Texnik diagnostikalash — diagnostika qilinayotgan obyektning texnik holatini ma'lum bir aniqlik bilan aniqlash jarayoni (DST 20911—75). Texnik diagnostikalash natijasi obyektning texnik holati to'g'risida zarur bo'lganda defekt (defektrlar) o'rni, turi va uning sabablarini ko'rsatgan holda xulosa qilishdir. Masalan, avtomobil dvigatelini maxsus stendlarda diagnostikalash, bunda dvigatelning turli xil uzellarida o'rnatilgan o'zgartkichlarning ko'rsatishlariga ko'ra nazorat qilinayotgan parametrlarning me'yordagi kattaliklardan og'ishlarini ko'rsatib, butun dvigatelning ishlashi to'g'risida xulosa yoki ularning haqiqiy qiymati beriladi.

Sinovlar — bu sinov obyektining miqdoriy va (yoki) sifat xossalarining uning faoliyat ko'rsatishida (ishlashida), obyektini va (yoki) ta'sirlarni modellashda (DST 16504—81) unga ko'rsatiladigan ta'sirlar sifatidagi tajribada aniqlashdir.

Mahsulotni va uning qismlarini sinashlar ishlab chiqarishda mahsulotning sifatini boshqarish jarayonida muhim o'rin egallaydi. Mahsulotning faqat sifati ko'rsatkichlarini emas, balki uning atrof-muhitga, iste'molchining hayoti, salomatligi uchun xavfsizligini ham tasdiqlovchi mahsulot sertifikatlash sistemasining rivoji ishlab chiqarish sohasidagina emas, balki buyumning butun hayotiy davri davomida, uni loyihalashdan boshlab, foydali ravishda ishlatilguncha sinovlarning o'rnini belgilaydi.

«O'lchash», «texnik nazorat», «sinov» tushunchalari o'zaro bog'liq tushunchalardir. Masalan, nazorat yoki sinov jarayonida o'lchash oraliq shakl almashtirish qismi sifatida ham, nazorat yoki sinovda axborot olishning yakuniy bosqichi bo'lishi ham mumkin. Shu bilan birga sinov nazorat jarayonida axborot olish bosqichi bo'lishi ham mumkin.

Texnik nazorat asosiy elementlari obyekt, vosita, uslub, tur, ijrochi, sharoitlardan iborat bo'lgan sistema sifatida faoliyat ko'rsatadi.

Texnik nazorat *obyekti* — nazorat qilinadigan mahsulot, uni yaratish, qo'llanish, tashish, saqlash, texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash jarayonlari hamda tegishli texnik hujjatlar. Texnik nazorat obyektlari mehnat predmetlari (masalan, buyumlar, materiallar va shu kabilar ko'rinishidagi asosiy va yordamchi ishlab chiqarish mahsuloti), mehnat vositalari (masalan, sanoat korxonalari jihozlari: stanoklar, moslamalar, asboblar va shu kabilar) va texnologik jarayonlar bo'lishi mumkin.

Texnik nazorat *vositasi* — nazorat o'tkazish uchun texnik qurilma, modda va (yoki) material. Texnik nazoratda o'lchash vositasidan farqli ravishda nazorat maqsadlarini ta'minlash uchun turli moddalar yoki materiallar qo'llanilishi mumkin.

Texnik nazorat *uslubi* — nazorat qilishning ma'lum tamoyillari va vositalarini qo'llanish qoidalari. Texnik nazorat uslubiga nazorat obyekti to'g'risida birlamchi axborotni olish uchun qo'llaniladigan asosiy fizik, kimyoviy, biologik va boshqa hodisalar hamda bog'lanishlar (qonunlar, tamoyillar) kiradi. Bundan tashqari, nazorat uslubi zarur bo'lganda, nazorat vaqtida bu tamoyillarni qo'llanishning ma'lum ketma-ketligini ham o'z ichiga oladi.

Buzuvchi va buzmaydigan nazorat uslublari farq qilinadi.

Buzuvchi nazorat uslubi — obyektning qo'llanishga yaroqliligi buzilishi mumkin bo'lgan uslub (detalning, uzelning mustahkamligini tekshirish).

Buzmaydigan nazorat uslubi — obyektning qo'llanish uchun yaroqliligi buzilishi mumkin bo'lmagan uslub.

Texnik nazorat *turi* — nazoratni ma'lum belgi bo'yicha tasnifiy guruhlash (masalan, mexanik kattaliklarni nazorat qilish, issiqlik kattaliklarini nazorat qilish, sifat tavsiflarini nazorat qilish, avtomatlashtirilgan nazorat va sh.k.).

Texnik nazorat *shartlari* — texnik nazoratda ta'sir ko'rsatuvchi omillar va (yoki) faoliyat ko'rsatish rejimlari yig'indisi.

Mazkur mahsulot turiga me'yoriy-texnik hujjatlar tomonidan o'rnatiladigan nazorat shartlari *me'yoriy shartlar* deyiladi. Masalan, DST 8.050—73 bo'yicha chiziqli va burchakli o'lchamlarni bajarishning me'yoriy shartlari:

atrof-muhit temperturasi +20°C;

atmosfera bosimi 101 325 Pa (760 mm simob ustuni);

atrofdagi havoning nisbiy namligi 58% (suv bug'larining me'yordagi parsial bosimi 1333 Pa);

erkin tushish tezlanishi (og'irlik kuchi tezlanishi) 9,8 m/s²;

chiziqli o'lchamlarni o'lchash chiziqlari va tekisliklari yo'nalishi — gorizontal;

tashqi muhit harakatining nisbiy tezligi nolga teng;

og'irlik kuchi, atmosfera bosimi, Yer magnit maydonining ta'siri va o'lchash sistemasi elementlari (qurilma)ning tishlanish (ilanish) kuchlaridan boshqa tashqi kuchlarning qiymatlari nolga teng.

Nazorat savollari

1. Texnik nazorat, texnik diagnostikalash, sinash nima? Bu tushunchalarning o'zaro bog'liqligi nimada?
2. Mashinasozlikda texnik nazoratning qanday turlari qo'llaniladi?
3. Nazoratning me'yoriy shartlari nima va uning parametrlari qanday?

1.6. O'LCHASH VA NAZORAT QILISH VOSITALARI

1.6.1. O'lchash va nazorat qilish vositalarini aniqlovchi belgilar bo'yicha tasniflash

Mashinasozlikda qo'llaniladigan o'lchash va nazorat qilish vositalari turli xil belgilar bo'yicha tasniflanadi:

nazorat qilinadigan fizik kattaliklarning turi va ko'rinishi bo'yicha;

vazifasi bo'yicha — universal va maxsus;

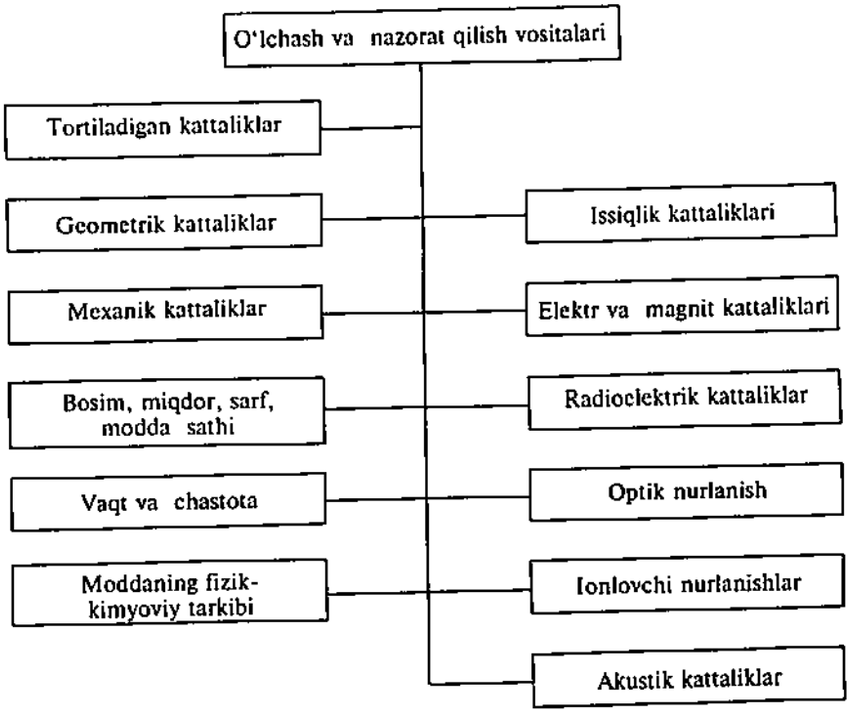
o'lchash obyektini bir marta o'rnatganda tekshirilayotgan parametrlar soni bo'yicha — bir o'lchovli va ko'p o'lchovli;

o'lchash vositalari jarayonini mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish darajasi bo'yicha — qo'lda ta'sir qilish, mexanizatsiyalashgan, yarim avtomatik, avtomatik.

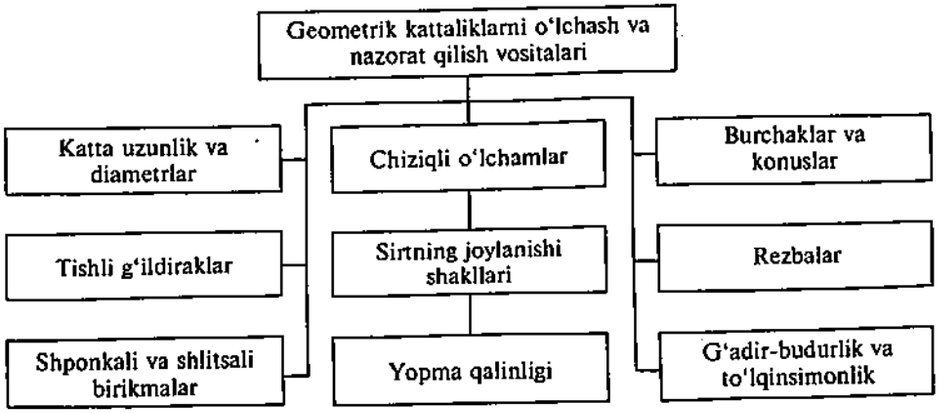
O'lchash va nazorat qilish vositalarining nazorat qilinayotgan fizik kattaliklar turi bo'yicha tasnifi 1.3- rasmda, nazorat qilinayotgan fizik kattaliklarning ko'rinishi bo'yicha tasnifi esa 1.4- rasmda keltirilgan.

Universal o'lchov asboblari va anjomlari birlik va mayda seriyali ishlab chiqarish sharoitida, shuningdek sonli kattaliklarni hamda og'ishlarni, to'g'ri geometrik shakllardan og'ishlarni va sirtlarning o'zaro joylashishini aniqlash uchun maxsus moslamalar bo'lmaganda, stanoklarni sozlashda, barcha turdagi ishlab chiqarishlarda, ommaviy va yirik seriyali ishlab chiqarishni ham hisobga olganda (1.5- rasm), juda mas'uliyatli o'lchashlarda keng qo'llanilmoqda.

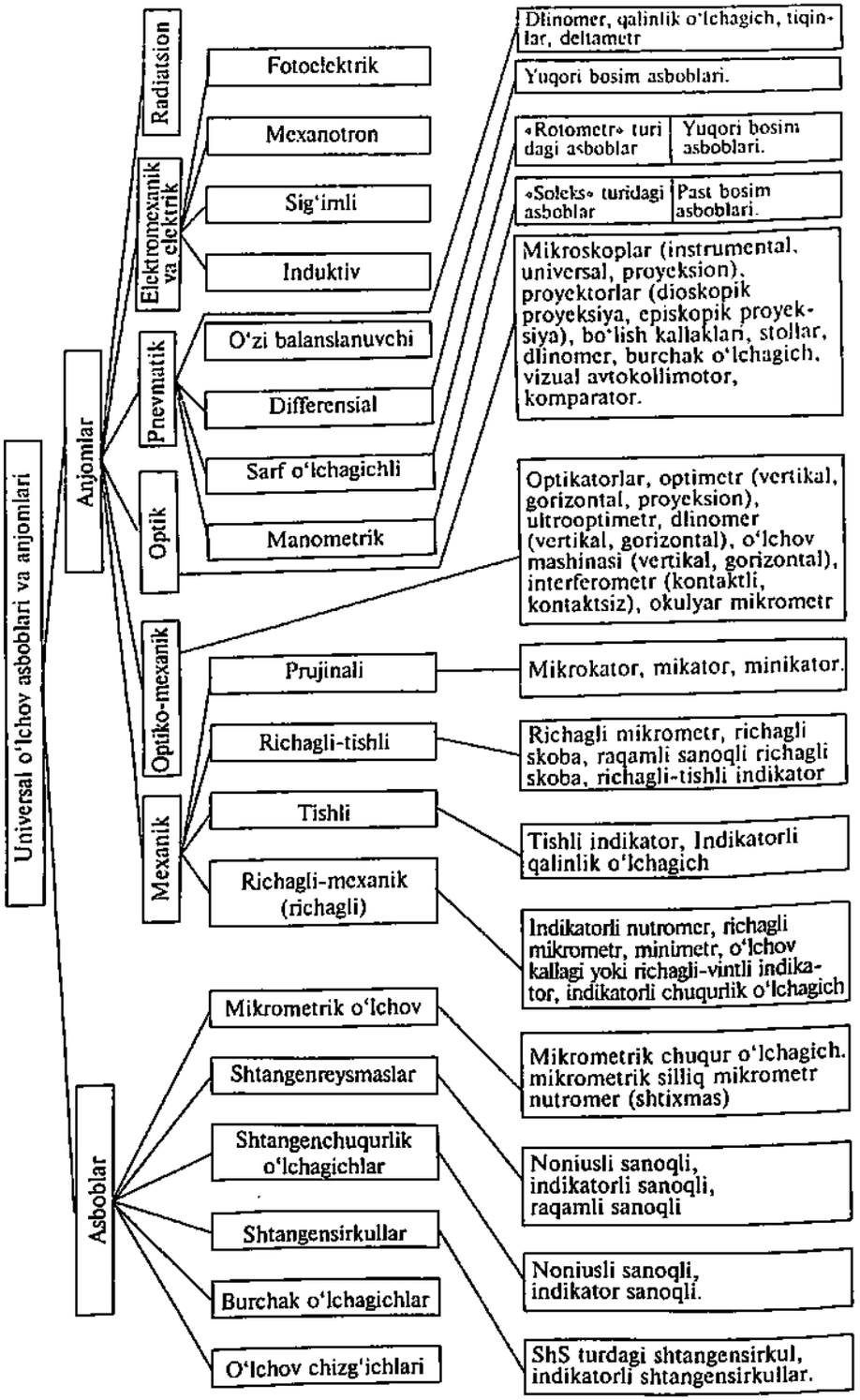
Detallarga ishlov berish, mashinalarning uzel va agregatlarini yig'ish texnologik jarayonlarini avtomatlashtirishni kengaytirish sharoitida, mashinalarni ommaviy ishlab chiqarishda aniqlik va ishlov berish unumdorligi, aniqligi va sifatiga talablarning ortishi sharoitida *nazorat qilishning avtomatik vositalari* katta ahamiyatga ega bo'lmoqda. Ular tekshirilayotgan parametrlarning soni, avtomatlashtirish darajasi, o'lchov impulsini o'zgar-



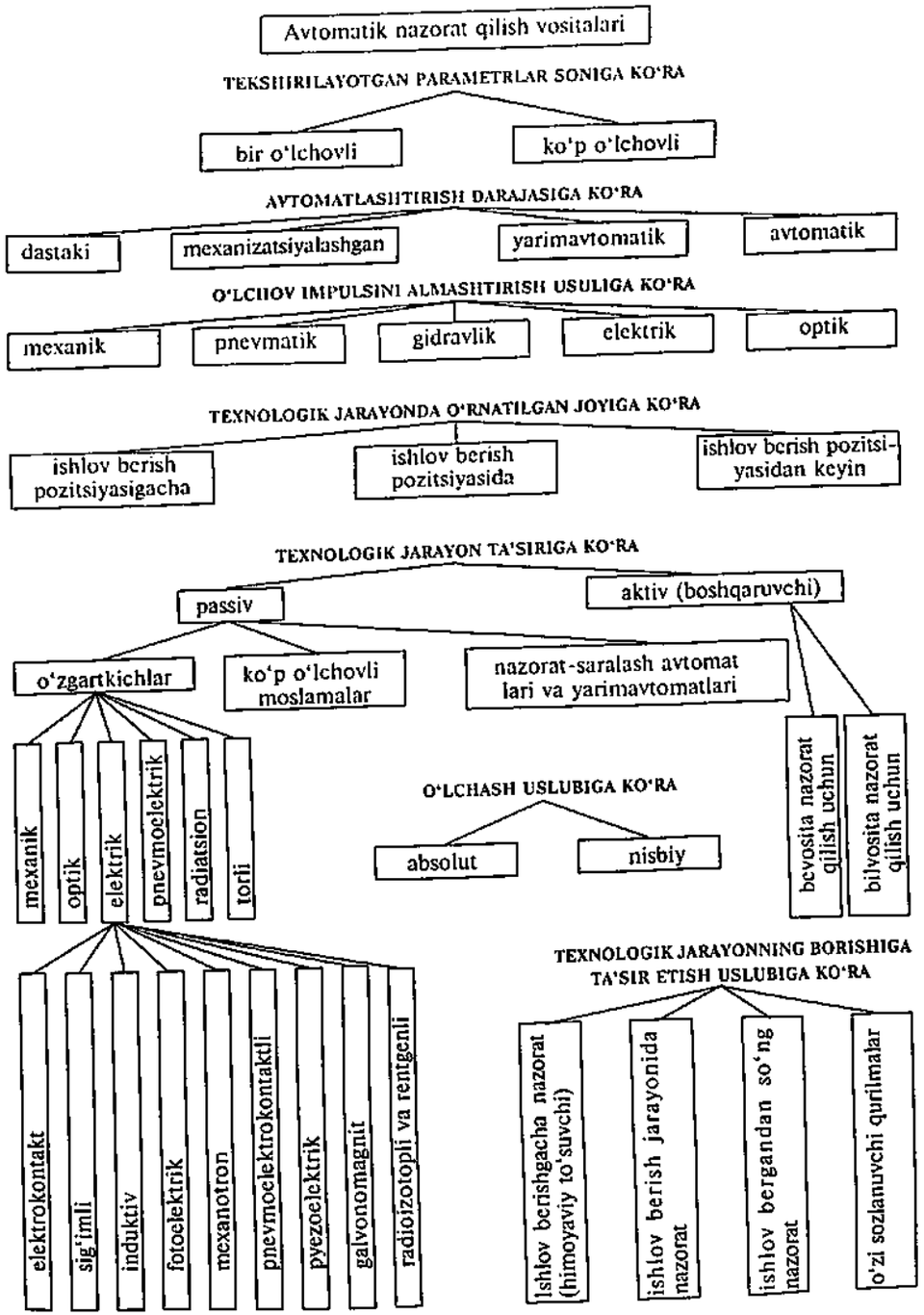
1.3- rasm. **O'lchash va nazorat qilish vositalarini fizik kattaliklarning turiga ko'ra tasniflash**



1.4- rasm. **O'lchash va nazorat qilish vositalarini o'lchanayotgan geometrik kattaliklarning turiga ko'ra tasniflash**



1.5- rasm. **Universal o'lchov asboblari va anjomlarining tasnifi**



1.6- rasm. **Avtomatik nazorat vositalarining tasnifi**

tirish usuli, texnologik jarayonda qurilmaning o'rni, texnologik jarayonga ta'sir ko'rsatishga ko'ra tasniflanadi (1.6- rasm).

Nazoratdagi operatsiyalarning dastani, yarimavtomat yoki avtomatik operatsiyalarga kiritishni qo'lda bajariladigan operatsiyalarga sarflanadigan t_q vaqtning nazorat qilishning t_2 umumiy (yig'indi) vaqtga nisbatiga ko'ra bajarish mumkin. Agar $t_q/t_2 < 0,5$ bo'lsa, nazorat qo'lda bajarilgan deb hisoblanadi (masalan, ko'ndagi koliblar yoki o'lchashning shkalali vositalari bilan nazorat). Agar $0,02 \le t_q/t_2 \le 0,5$ bo'lsa, u holda nazorat yarimavtomatik hisoblanadi (masalan, nazorat obyektini nazorat moslamasi stoliga o'rnatish qo'lda bajariladi, ko'rsatishlarni nazorat qilishning keyingi jarayoni avtomatik bajariladi). Agar $t_q/t_2 < 0,2$ bo'lsa, u holda nazorat avtomatik hisoblanadi (nazorat obyektini o'rnatish, uni o'lchash, natijalarni baholash va nazorat qilish obyektini ochib olish operatorning ishtirokisiz bajariladi).

Texnik nazoratni operatorning nazorat operatsiyalarida ishtirok etishi darajasiga ko'ra tasniflashdan tashqari vaqt bo'yicha taqsimlashga ko'ra (uzluksiz, davriy, uchuvchi), texnologik jarayonlar bosqichlariga ko'ra (kirish, operatsion, qabul qiluvchi), nazorat qilish obyektini tanlash usuliga ko'ra (tutash, tanlanma), ijrochilarga ko'ra (ishchi o'rnida operator tomonidan, ustaning nazorati. OTK nazorati, inspeksion.

Nazorat savollari

1. O'lchash vositasi o'lchov o'zgartkichidan nima bilan farq qiladi?
2. O'lchash va nazorat vositalari belgilariga ko'ra qanday tasniflanadi?
3. Mashinasozlikda o'lchash va nazorat qilishning universal va avtomatik vositalarining qo'llanish sohasi qanday?

1.6.2. O'lchash va nazorat qilish vositalarining umumlashgan tuzilma sxemasi

O'lchov sistemalari, ayrim o'lchov vositalarini yaratish hamda o'rganish uchun ko'pincha, o'lchash va nazorat vositalarining umumiy tuzilmaviy sxemalari deb ataluvchi sxemalar qo'llaniladi. Bu sxemalarda o'lchash vositalarining ayrim elementlari fizik kattaliklarni tavsiflovchi, o'zaro signallar bilan biriktirilgan simvolik bloklar ko'rinishida tasvirlangan.

DST 16263—70 o'lchash vositalarining quyidagi umumiy tuzilmaviy elementlarini belgilaydi: sezgir, o'zgartiruvchi element, o'lchash zanjiri, o'lchash mexanizmi, sanoq qurilmasi, ko'rsatkich, qayd qiluvchi qurilma.

Har qanday o'lchash vositasining birlamchi vazifasi fizik kattalikni idrok qilish hisoblanadi. Bu vazifani sezgir element bajaradi. *O'lchash vositasining sezgir elementi* — o'lchanayotgan kattalikning bevosita ta'siri ostida bo'lgan, o'lchov zanjirida birinchi bo'lgan o'zgartiruvchi elementning qismi. Aynan shu element o'lchash vositasining o'lchanayotgan kattalikning o'zgarishidan ta'sirlanish qobiliyatini belgilaydi. Sezgir elementning konstruktiv turlari

juda xilma-xildir; ular o'lchash va nazorat qilish vositalarining konstruksiyasiga bag'ishlangan bo'limlarda qarab chiqiladi.

Bu elementning asosiy vazifasi uni keyinchalik ishlov berish qulay bo'ladigan shaklda o'lchov axboroti signalini ishlab chiqishdan iborat. Bu signal mexanik (ko'chish, burilish), pnevmatik, elektrik va h.k. bo'lishi mumkin.

Ma'lum fizik hodisalarni o'lchashda sezgir element olgan signalni boshqa fizik kattalikka (masalan, bosimni — elektr kattalikka, temperaturani — bosimga va h.k.) almashtirish zarurati yuzaga keladi. Bu vazifani o'zgartiruvchi element bajaradi.

O'lchash vositasining o'zgartiruvchi elementi — bu kattalikning ketma-ket o'zgartirishlar qatoridan biri yuz beradigan elementidir. U o'lchash axboroti signalini uzatish, bundan keyingi almashtirish, ishlov berish va (yoki) saqlash (masalan, noelektr kattalikni elektr kattalikka o'zgartirish). Odatda, bu axborot kuzatuvchi tomonidan bevosita idrok qilinmaydi. O'zgartiruvchi element alohida konstruksiyaga ajratilishi mumkin, hatto ikki va undan ortiq o'zgartkichlarni o'z ichiga olishi mumkin. O'lchash zanjirida birinchi bo'lib turgan o'zgartiruvchi elementni, odatda, *birlamchi o'zgartkich* (masalan, termopara) deyiladi.

Oraliq (ikkilamchi) o'zgartkichlarning juda katta sinfi mavjud bo'lib, ular, odatda, fizik kattalikning jinsini o'zgartirmaydi. Anologli (o'xshash), analogli raqamli (ARO') va raqamli anologli o'zgartkichlar (RAO') keng tarqalgan.

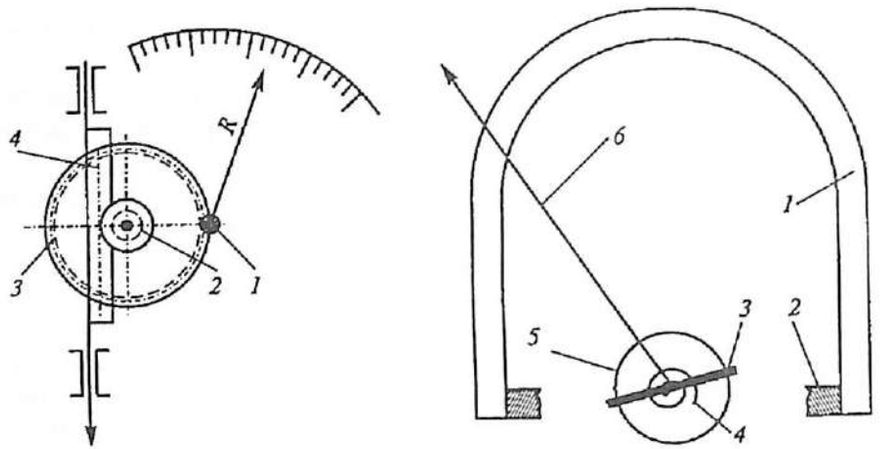
O'lchov axboroti signalini masofadan uzatish uchun uzatuvchi o'lchov o'zgartkichlari ko'zda tutiladi, uni berilgan son marta o'zgartirish uchun esa masshtabli o'lchov o'zgartkichlari nazarda tutiladi. Masalan, induktiv va pnevmatik o'zgartkichlarni uzatuvchi o'zgartkichlarga kiritiladi, voltmetrlar yoki elektron ossillograflarning kirishidagi kuchlanish bo'lgichlarini, o'lchov kuchaytirgichlarini masshtabli o'lchov o'zgartkichlariga kiritiladi.

O'lchov vositasining o'lchov zanjiri — bu o'lchov vositasining o'lchash axboroti signalining barcha o'zgarishlarini amalga oshirishni ta'minlovchi o'zgartirish elementlari to'plamidir.

O'lchash mexanizmi — o'zaro ta'sirlashishi ularning o'zaro ko'chishini vujudga keltiruvchi elementlardan tuzilgan o'lchov vositalari konstruksiyasining bir qismi. Masalan, soat turidagi indikator o'lchov mexanizmi (1.7- *a* rasm) *1, 2, 3* tishli g'ildiraklar va *4* tishli reykadan iborat. Millivoltmetrning o'lchov mexanizmi (1.7- *b* rasm) magnitoprovod detallari bo'lgan doimiy magnitdan va harakatlanuvchi ramka hamda unga tok olib keluvchi prujinalardan iborat.

O'lchash vositasining sanoq qurilmasi — o'lchash vositasining o'lchanayotgan kattalik qiymatlarini sanash uchun mo'ljallangan konstruksiyasi qismi. Unga ko'pincha shkala va ko'rsatkich kiradi. O'ziyozar asboblarda sanoq qurilmasi yozuvni diagramma tarzida amalga oshiradi, integrallovchi asbobda ko'pincha sanoq mexanizmidan foydalaniladi.

Shkala kattaliklarning ketma-ket qiymatlari qatoriga mos keluvchi belgilar yoki boshqa simvollar to'plamidan iborat bo'ladi. Shkalalar bir



a) *b)*

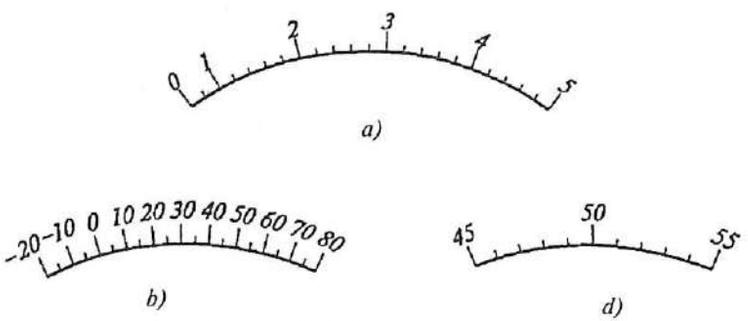
1.7- rasm. **O'lchash mexanizmlarining konstruksiyalari:**

a — soat tipidagi indikator (*1*, *2* va *3* — tishli g'ildirak; *4* — tishli reyka); *b* — magnitoelektrik o'lchash asbobi (*1* — doimiy magnit; *2* — qutbli uchlik; *3* — harakatlanuvchi ramka; *4* — prujina, *5* — o'zak; *6* — strelka)

tomonli (1.8- *a* rasm), ikki tomonli (1.8- *b* rasm) va nolsiz (1.8- *d* rasm) bo'ladi. Bir tomonli shkalalarda o'lchash vositasi o'lchov chegaralarining biri nolga teng bo'ladi. Ikki tomonli shkalalarda nol qiymat shkalada joylashtirilgan bo'ladi. Nolsiz shkalalarda nol qiymati bo'lmaydi.

DST 8.401—80 ga muvofiq bo'limlarining uzunligi bir-biridan 30% dan ortiqqa farq qilmaydigan va bo'limlari qiymati o'zgarmas bo'lgan shkalaga *amalda tekis o'lchovli shkala* deyiladi. *Asosan notekis shkala* — bu bo'limlari torayib boruvchi shkaladir, *darajali shkala* esa — yuqorida ko'rsatib o'tilgan shkalalardan farqli bo'limlari kengayib boruvchi shkaladir.

Ko'rsatkich — sanoq qurilmasining qismi bo'lib, uning shkala belgilariga nisbatan holati o'lchov vositasi ko'rsatishini aniqlaydi. Ko'rsatkich moddiy sterjen — strelka ko'rinishida yoki yorug'lik nuri — yorug'lik ko'rsatkichi ko'rinishida bajarilishi mumkin.



a) *b)* *d)*

1.8- rasm. **Shkalalarning ko'rinishlari:**

a — bir tomonli; *b* — ikki tomonli; *d* — nolsiz

Ko'rsatuvchi asboblarda shkala va ko'rsatkich bo'lganda ikki xil turdagi sanoq qurilmalari bo'lishi mumkin: ko'rsatkich qo'zg'almas shkalaga (soat tipidagi indikatorlar, voltmetrlar, ampermetrlar va boshqalar) nisbatan yoki shkala qo'zg'almas ko'rsatkichga nisbatan ko'chadi (mikrometrlar, optimetrlar va boshqalar).

Raqamli sanoq qurilmalari yoki mexanik, yoxud yorug'likli bo'ladi. Mexanik sanoq qurilmalari o'lchanayotgan kattalik vallarning mos burilish burchaklariga aylanadigan raqamli asboblarda foydalaniladi (masalan, ba'zi turdagi benzokolonkalardagi sanoq qurilmalari, raqamli tasmali va raqamli rolikli asboblarda va boshq.).

Suyuq kristallarga asoslangan, odatda, indikatorli qurilmalar sistemasidan iborat yorug'lik tablosi elektron raqamli o'lchash vositalarida foydalanilib, ularda o'lchanayotgan kattaliklar impulsli signallarning ma'lum bir ketmaketligiga almashadi (masalan, elektron soat tablosi, elektron raqamli sanoq qurilmasi bo'lgan shtangensirkul va boshq.).

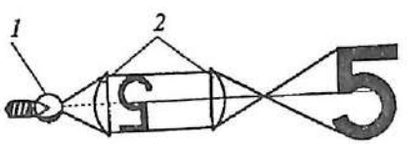
Suyuq kristalli indikatorlar uglerod va kislorod birikmasidan (karboksiddan) iborat bo'lib, ular ma'lum temperaturadan pastda krisstall bo'ladi, bu temperaturadan yuqorida esa suyuqlikka aylanadi. Suyuq kristalli uyaning tuzilishi 1.9- rasmda ko'rsatilgan. Bunday uya ikkita parallel shisha plastinkalar *1* dan iborat bo'lib, ular orasida suyuq kristall aralashma *3* va kuchlanishni uzatish uchun tok eltuvchi simlar *4* joylashgan. Qalay oksididan qilingan plyonka *2* ning ichki sirtida kuchlanish bo'lmaganda uya shaffof bo'ladi. O'zgarmas kuchlanish berilganda uya xira bo'lib qoladi. Natijada o'qiladigan raqamlar paydo bo'ladi.

Proyeksion raqamli ko'rsatkichlarda (1.10- rasm) diapozitivga yozilgan *0* dan *9* gacha bo'lgan raqamlarning har biri o'z lampochkasi *1* bilan va linzalar sistemasi *2* bilan xira oynaga proyeksiyalanadi.

Shuningdek, gaz razryadli ko'rsatkichlar (sovuq katodli gaz to'ldirilgan lampalar), yorug'lik diodlari bo'lgan ko'rsatkichlardan ham foydalaniladi. Yorug'lik diodlari bo'lgan raqamli (galliy arsenididan yasalgan) asboblarda raqamlar elektr energiyasi berib turiladigan yarimo'tkazgichning nuqtaviy yoki shtrixli segmentlaridan tashkil topadi va yarimo'tkazgichli nurlanish natijasida spektrning ko'rinadigan sohasida shu'la paydo bo'ladi. Bu asboblardagi raqamlarning balandligi 20 mm dan ortiq bo'lmasligi kerak.

1.9- rasm. **Suyuq kristalli yacheyka qurilmasi:**

1 — shisha plastinkalar; *2* — qalay oksididan plyonkalar; *3* — suyuq kristall aralashma; *4* — kuchlanishni qo'yish uchun keltiriluvchi simlar



1.10- rasm. **Proyeksion raqamli ko'rsatkich qurilmasi:**

1 — lampochka; *2* —linzalar sistemasi

O'lchash vositasining qayd etuvchi qurilmasi — bu qayd etuvchi o'lchov asbobining bir qismi bo'lib, u ko'rsatishlarni qayd etish uchun mo'ljallangan. Qayd etuvchi o'lchov asboblari sifatida o'ziyozar asboblar keng qo'llaniladi, ularda ko'rsatishlarni diagramma shaklida yozish (o'ziyozar voltmetr, profilograf, barograf, termograf va boshq.) ko'zda tutilgan, shuningdek ko'rsatishlarni raqam shaklida bosib chiqarish ko'zda tutilgan bosuvchi asboblar keng qo'llaniladi.

Bosib chiqaruvchi qurilmalar ikki sinfga: zarb bilan ishlovchi va zarbsiz ishlovchi sinflarga bo'linishi mumkin.

Zarb bilan ishlovchi bosib chiqaruvchi qurilmalarda bosib chiqarish jarayoni literali yoki simvolli richagning (dastali va elektr bosib chiqarish qurilmalari) yoki ignalarni bo'yovchi tasmaga urishi natijasida (matritsali bosib chiqaruvchi qurilmalarda) yuz beradi. Bosib chiqaruvchi qurilmalarning turli xil bosib chiqaruvchi qurilmalarning turlari mavjud: silindrik kallakli, sferik kallakli, moychechak ko'rinishidagi g'ildirakli (daisy wheel) matritsali, barabanli, halqali va tasmali. Bunday qurilmalardagi bosib chiqarish tezligi sekundiga 10 ta belgidan minutiga 20 000 satrgacha bo'lishi mumkin.

Zarbsiz bosib chiqarish qurilmalarida bosib chiqarish jarayoni maxsus tayyorlangan qog'ozga fizik yoki kimyoviy ta'sir ko'rsatishdan iborat. Bunday bosib chiqaruvchi qurilmalarning quyidagi turlari mavjud: issiqlik matritsali, elektrsizgir, elektrostatik, kserografik, bo'yoqni uzluksiz uzatib turuvchi lazerli yoki bo'yoqni talabga ko'ra uzatuvchi. Bosib chiqarish tezligi minutiga 300 dan 45000 satrgacha bo'lishiga erishiladi.

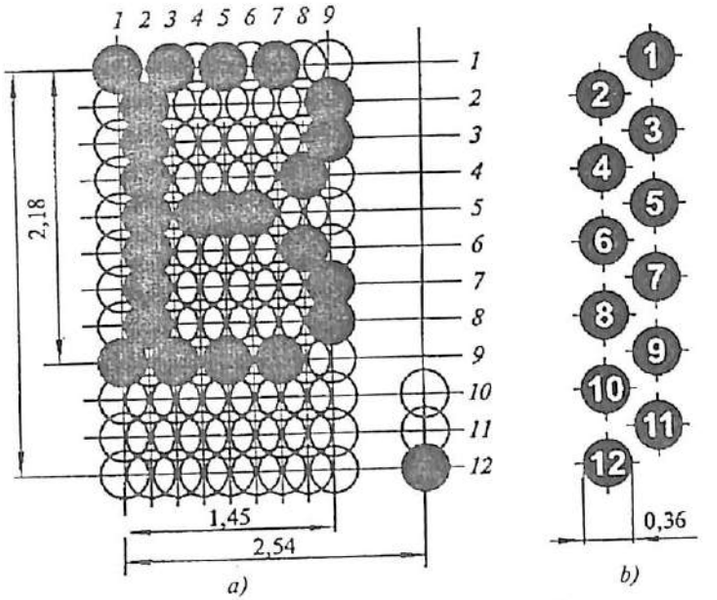
Zamonaviy bosib chiqaruvchi qurilmalarda ko'pincha matritsali qurilmalar qo'llanilib, bunda ignali bosuvchi mexanizmdan yoki siyoh (bo'yoq) oqimini uzatishdan foydalaniladi. Ikkala variantda ham bir xil matritsali tasavvurdan foydalaniladi (1.11- rasm).

Har bir alohida o'lchash vositasi ham tegishli tuzilma sxemasi bilan tasvirlanishi mumkin.

Masalan, 1.12- *a* rasmda bosim o'zgartkichi sxemasi keltirilgan. Membrana *1* o'lchanayotgan kattalikni (havo bosimini) qabul qiladi va richag *2* orqali reostat *3* yugurdagini ko'chiradi, bunda u bu qurilma uchun chiqish kattaligi hisoblangan elektr qarshiligini o'zgartiradi. Qabul qilingan atamalarga muvofiq 1.12- *b* rasmda tasvirlangan sxemaning *1* elementi birlamchi o'zgartkich hisoblanadi, *2* va *3* elementlar esa oraliq va uzatuvchi o'zgartkichlar bo'ladi.

O'lchash vositalarining, ularning tuzilmaviy elementlarining, yordamchi qurilmalarning turli kombinatsiyalarda birlashishi va guruhlanishi ishlab chiqarishning turli xil jarayonlarini avtomatik boshqarish uchun o'lchash jarayonlarini avtomatlashtirishga va o'lchash natijalaridan foydalanishga mo'ljallangan o'lchov sistemalarining keng majmuini olishga imkon beradi.

O'lchov sistemalarining yordamchi elementlari (o'lchash jihozlari) sifatida o'lchashlarni bajarishda zarur tashqi shartlarni ta'minlash uchun xizmat qiluvchi qurilmalardan foydalaniladi. Bunday qurilmalarga, masa-

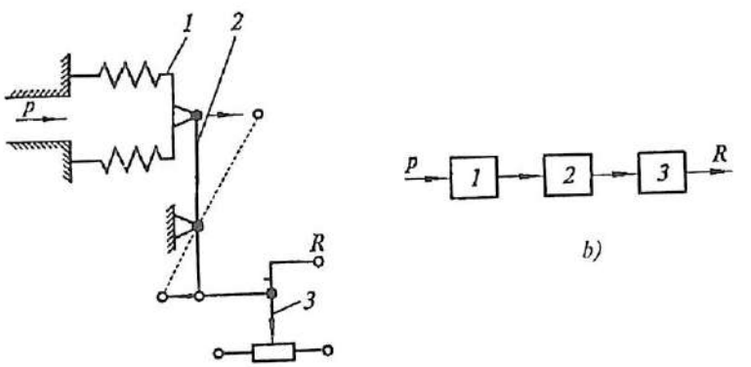


1.11- rasm. **Matritsali bosish qurilmalari beradigan tasvir (o'lchamlar millimetrlarda berilgan):**

a — shriftning me'yordagi kengligi; *b* — soplolar yoki ignalarning joylashishi

lan, barokamera, termostat, magnit maydonlar ta'sirini to'suvchi qurilmalar, o'lchov kuchaytirgichlari, maxsus titrashga qarshi asoslar va hattoki oddiy lupa kiradi. Bu elementlar o'lchov qurilmalarining sezgirligini oshirishga yoki o'lchanayotgan kattalikni ta'sir ko'rsatuvchi kattaliklarning buzuvchi ta'siridan saqlashga imkon beradi.

Ishlov berish qurilmalarining tavsifi, axborotni taqdim etish va qayd etish 3-bobda ko'rib chiqilgan.



1.12- rasm. **Bosim o'zgartkichining chizmalari:**

a: *1* — membrana; *2* — richag; *3* — reostat dvijogi (surgichi); *b*: *1* — birlamchi o'zgartkich; *2* — oraliq o'zgartkich; *3* — uzatuvchi o'zgartkich

O'lchov sistemasining yanada murakkab tuzilmaviy sxemasi bo'lib, tarkibiga qo'shimcha ravishda quyidagi qurilmalar kiradigan axborot o'lchov sistemasi (AO'S) sxemasi hisoblanadi: analogli, o'xshash analogli raqamli, raqamli turdagi turli xil o'zgartkichlar, axborot chiqarishning raqamli qurilmalari, standartlashtirilgan interfeyslar (shinalar va uzellar), boshqarish qurilmasi hamda ijrochi qurilma va boshqalar. AO'S ning asosiy elementlarining tavsifi va xarakteristikasi 3-bobda qarab chiqilgan.

Nazorat savollari

1. O'lchash vositalari qanday umumiy tuzilmaviy elementlardan iborat?
2. Sezgir va o'zgartiruvchi elementlarning bir-biridan farqi nimada?
3. O'lchash vositalarida o'zgartkichlarning qanday turlari qo'llaniladi?
4. O'lchash vositalarining o'lchash mexanizmi va sanoq qurilmasi nima?
5. O'lchash vositalarida qayd etuvchi qurilmalarning qanday turlari qo'llaniladi?

1.6.3. O'lchash vositalari va nazorat qilishning metrologik xarakteristikalari

O'lchash vositalari va nazorat qilishning muhim xossalari shulardan iboratki, ular yordamida olinadigan o'lchash axborotining sifati ularga bog'liq. O'lchash sifati o'lchashlarning aniqligi, ishonchliligi, to'g'riligi, yaqinlashuvchanligi va qayta tiklanuvchanligi, shuningdek, yo'l qo'yiladigan xatoliklarning o'lchami bilan ifodalanadi.

O'lchash vositalari va nazorat qilishning metrologik xarakteristikalari (xossalari) — bu shunday xarakteristikalarki, ular o'lchash vositasining texnik darajasi va sifatini baholash uchun, o'lchash xatoligining instrumental tashkil etuvchilari xarakteristikasini baholashning o'lchash natijalarini va hisobli baholanishni aniqlash uchun mo'ljallangan.

DST 8.009—84 quyida keltirilganlar orasidan tanlab olinadigan o'lchash vositalarining me'yorlanuvchi metrologik xarakteristikalari kompleksini belgilaydi.

O'lchash natijalarini aniqlash uchun mo'ljallangan xarakteristikalar (tuzatish kiritmasdan):

o'lchash o'zgartkichining o'zgartirish vazifasi;

bir qiymatli yoki ko'p qiymatli o'lchovning qiymati;

o'lchov asbobi yoki ko'p qiymatli o'lchovning shkala bo'limi qiymati;

chiqish kodi turi, kod xonalari soni.

O'lchash vositalari xatoliklari xarakteristikalari — xatoliklarning muntazam va tasodifiy tashkil etuvchilari xarakteristikasi, o'lchash vositalari chiqish signali variatsiyasi yoxud o'lchash vositasi xatoliklari xarakteristikasi.

O'lchash vositalarining ta'sir ko'rsatuvchi kattaliklarga sezgirligi xarakteristikasi — o'lchash vositalarining ta'sir etuvchi kattaliklarning belgilangan chegarada o'zgarishlari bilan vujudga kelgan metrologik xarakteristikalar ta'sir funksiyasi yoki qiymatlarining o'zgarishi.

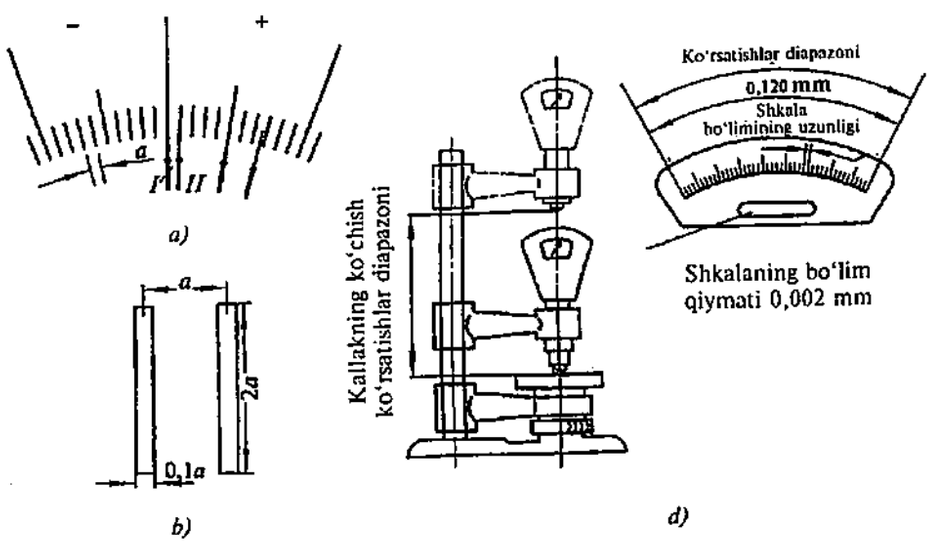
O'lchash vositalarining dinamik xarakteristikalari to'liq va xususiy turlarga bo'linadi. To'liq dinamik xarakteristikalarga: o'tish, amplituda fazaviy va impuls xarakteristikalar kiradi, xususiylariga reaksiya vaqti, dempfirlash koeffitsienti, vaqt doimiysi, rezonans xususiy doiraviy chastota qiymati.

O'lchash vositalarining chiqish signali noinformativ parametrlari — o'lchov o'zgartkichi kirish signali informativ parametri qiymatini uzatish yoki indikatsiyalash uchun foydalanilmaydigan, yoki o'lchovning chiqish kattaligi bo'lmaydigan chiqish signali parametrlari.

O'lchov vositalari metrologik ko'rsatkichlarining eng ko'p uchraydiganlarini yanada mufassal ko'rib chiqamiz.

Shkala bo'limi qiymati — bu shkalaning ikki qo'shni belgilariga mos keluvchi kattaliklari qiymatlarining farqi. Masalan, agar shkalaning shkala ko'rsatkichining I holatdan II holatga ko'chishi (1.13- *a* rasm) kattalikning 0,001 mm ga o'zgarishiga mos kelsa, u holda bu shkalaning bo'limi qiymati 0,001 mm ga teng. Bo'limlar bahosining qiymatlarini 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 mkm qatordan tanlab olinadi. Biroq, ko'pincha, *1* dan *2* gacha bo'lgan karrali va ulushli qiymatlardan foydalaniladi, xususan, 0,01; 0,02; 0,1; 0,2; 1; 2; 10 mkm va h. k. Burchak o'lchovchi o'lchash vositalarida bo'lim qiymati 1° bo'lgan doiraviy shkalalar qo'llaniladi, qo'shimcha sanoq qurilmasi esa bu bo'limlar ulushlarini minut va sekundlarda sanashga imkon beradi. Shkala bo'limi qiymati doim o'lchash vositasi shkalasida ko'rsatiladi.

Shkala bo'limi oralig'i — bu shkalaning ikki qo'shni shtrixlari o'rtalari orasidagi masofa (1.13- *b* rasm). Amalda operator ko'zning aniqlovchi kuchidan (Ko'rish o'tkirligidan) kelib chiqib, shtrixlar va ko'rsatkich kengligini hisobga olgan holda shkala bo'limining minimal oralig'ini 1 mm ga



1.13- rasm. **O'lchash vositalarining asosiy metrologik xarakteristikalari**

teng qilib, maksimal oralig'ini esa 2,5 mm ga teng qilib qabul qilinadi. Oraliqning eng keng tarqalgan oralig'i 1 mm hisoblanadi. Suvli manometrli pnevmotik asboblarda shkala bo'limi oralig'i taxminan 5 mm ni tashkil etadi.

Shkalaning boshlang'ich va oxirgi qiymatlari — o'lchash vositalari shkalasi imkoniyatlarini tavsiflovchi va ko'rsatishlar oralig'ini belgilovchi, shkalada ko'rsatilgan, o'lchanayotgan kattalikning mos ravishda eng kichik va eng katta qiymatlari (1.13- *d* rasm).

Ko'rsatishlar oralig'i — shkalaning boshlang'ich va oxirgi qiymatlari bilan chegaralangan shkala qiymatlari sohasi (1.13- *d* rasmga qarang). Bu xarakteristikani ko'pincha, shkala bo'yicha o'lchash chegaralari deyiladi. Masalan, soat turidagi indikatorlar uchun oraliq 2,5 yoki 10 mm ni tashkil etishi mumkin, tekis mikrometrlar uchun — 25 mm, optimetr uchun ±0,1 mm ni tashkil etadi.

O'lchash oralig'i, uni ko'pincha o'lchash vositasining o'lchash chegarasi ham deyiladi, — bu o'lchanayotgan kattalikning qiymatlari oralig'i bo'lib, u mazkur o'lchov vositasi bilan o'lchanishi va uning uchun o'lchov vositasining yo'l qo'yiladigan xatoligi me'yorlanadi.

Chiziqli va burchakli kattaliklarni kontakt usulida o'lchash vositasining asosiy xarakteristikalaridan biri *o'lchov kuchi* bo'lib, u o'lchash vositasi o'lchash uchligining o'lchash yo'nalishida o'lchanayotgan sirt bilan kontakt (tegishli) hududida yuz beradi. U o'lchov zanjirining barqaror ulanishini ta'minlash uchun zarurdir. Nazorat qilinayotgan qo'yimga (2—10 mkm) bog'liq holda o'lchash kuchining tavsiya etiladigan kattaliklari 2,5—3,9 N atrofida, 10 mkm dan yuqorilari esa 9,8 N atrofida bo'ladi. O'lchov kuchi (kuchlanishi)ning muhim ko'rsatkichi uning o'zgarishi (tebranishi) ko'rsatishlar oralig'i chegarasida ko'rsatkichning ikki vaziyatidagi o'lchov kuchining farqi hisoblanadi.

O'lchash vositasining o'lchanayotgan kattalikning o'zgarishidan ta'sirlanish qobiliyatidan iborat xossasi *sezgirlik* deyiladi. U ko'rsatkich holatining shkalaga nisbatan o'zgarishining o'lchanayotgan kattalikning mos o'zgarishiga nisbati bilan baholanadi.

Agar o'lchanayotgan kattalik uzunlik yoki burchak bo'lsa hamda sezgirlikning qiymati o'lchovsiz son bilan ifodalansa, u holda sezgirlikning qiymati *uzatuvchi nisbat* deyiladi:

$$i = a/c,$$

bunda a — shkala bo'limining oralig'i, s — bo'lim qiymati (bahosi).

Masalan, indikatorning bo'lim qiymati 0,01 mm va shkala bo'limi oralig'i 1,5 mm bo'lganda uzatuvchi nisbat 150 ga teng bo'ladi.

O'lchash vositasining sezgirlik bo'sag'asi — o'lchanayotgan kattalikning me'yordagi sanoq usulida aniqlanadigan, uning ko'rsatishlarining eng kam o'zgarishini talab etuvchi o'zgarish. Bu xarakteristika (tavsif) kichik ko'chishlarni baholashda muhimdir.

Ko'rsatishlar variatsiyasi — tashqi sharoitlar o'zgarmaganda o'lchanayotgan kattalikning aynan bitta haqiqiy qiymatiga mos keluvchi,

o'lchov vositasining takroriy ko'rsatishlari orasidagi eng katta eksperimental (tajribada) aniqlanuvchi farq. Odatda, o'lchov vositalarida ko'rsatishlar variatsiyasi bo'lim qiymati (bahosi)ning 10—50% ini tashkil etadi, u o'lchov vositasi uchligini ko'p marta arretirlash yo'li bilan aniqlanadi.

O'lchash xatosi — bu $X_{o'lch}$ o'lchash natijasining o'lchanayotgan kattalikning Q_x haqiqiy qiymatidan Δ og'ishi ((1.3) formulaga qarang). U holda *o'lchash vositasining* Δn *xatosi* — bu asbobning X_o ko'rsatishi va o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati orasidagi farqdir:

$$\Delta_a = X_a - Q_h.$$

«O'lchash xatosi», «o'lchash vositasi xatosi» atamalari bilan birga «o'lchash aniqligi» tushunchasidan foydalaniladi, bu tushuncha uning natijalari o'lchanayotgan kattalikning chinakam qiymatiga yaqinligini aks ettiradi. O'lchashdagi yuqori aniqlik o'lchashning kichik xatoliklariga mos keladi. O'lchash xatoliklari, odatda, ularning paydo bo'lish sabablari va xatoliklarning turiga ko'ra tasniflanadi.

Anjomiy xatoliklar o'lchash va nazorat qilish elementlarining yetarlicha yuqori sifatda emasligi oqibatida yuzaga keladi. Bunday xatoliklarga O'Vlarini tayyorlash va yig'ishdagi xatoliklarni; O'Vlari mexanizmida ishqalanish sababli xatoliklarni, uning detallari yetarlicha qattiq bo'lmasligi va shu kabilar oqibatida yuzaga kelgan xatoliklarni kiritish mumkin. Anjomiy xatolik har bir O'V uchun xususiydir.

Uslubiy xatoliklarning vujudga kelishining sababi o'lchash uslubining mukammal emasligi, ya'ni biz o'lchash vositasi chiqishida bizga kerak bo'lgan kattalikni emas, balki boshqa, kerakli kattalikni faqat taqriban aks ettiruvchi kattalikni ongli ravishda o'lchaymiz, o'zgartiramiz yoki foydalanamiz.

Asosiy va qo'shimcha xatoliklar. Asosiy xatolik deganda me'yoriy-texnik hujjatlar (MTH)da pisanda qilingan, me'yordagi sharoitlarda foydalaniladigan o'lchash vositasining xatosi qabul qilinadi. Ma'lumki, o'lchanayotgan kattalikka nisbatan sezgirlik bilan bir qatorda o'lchash vositasi o'lchanmaydigan, ammo kattaliklarga, masalan, temperaturaga, atmosfera bosimiga, titrashlarga, zarbalarga va shu kabilarga ta'sir ko'rsatuvchi ma'lum bir sezgirlikka ega. Shuning uchun har qanday o'lchov vositasi MTH da aks ettiriladigan asosiy xatolikka ega bo'ladi.

O'lchash va nazorat qilish vositalarini ishlab chiqarish sharoitida foydalanishda (ishlatishda) qo'shimcha xatoliklarni vujudga keltiruvchi me'yordagi sharoitlardan ancha katta og'ishlar yuzaga keladi. Bu xatoliklar ayrim ta'sir qiluvchi kattaliklar o'zgarishning α; $\frac{\%}{10°C}$; $\frac{\%}{10\%U_{lit}}$ va h. k. ko'rsatishlarining o'zgarishiga ta'sir qiluvchi mos koeffitsientlari bilan me'yorlanadi.

O'lchash vositalarining xatoliklari yo'l qo'yiladigan xatoliklar chegarasini o'rnatish bilan me'yorlanadi. *O'lchash vositasining yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi* — o'lchash vositasi tan olinishi va qo'llanishga ruxsat etilishi mumkin bo'ladigan o'lchash xatoligining eng kattasidir (ishorani hisobga

olmaganda). Masalan, 100 mm li I sinfdagi chekli uzunlik o'lchovining yo'l qo'yiladigan xatolik chegaralari ±50 mkm, 1,0 sinfdagi ampermetr uchun esa o'lchashlarning yuqori chegarasidan ±1% ni tashkil etadi.

O'lchash vositalarining xatoliklari quyidagi ko'rinishda ifodalanishi mumkin:

Δ absolut xatolik ko'rinishida: o'lchov uchun

$$\Delta = X_k - X_h,$$

bunda X_k — asbobning ko'rsatishi;

nisbiy xatolik ko'rinishida (100%):

$$b = (\Delta/X_h)100,$$

keltirilgan xatolik ko'rinishida (100%):

$$u = (\Delta/X_N)100,$$

bu yerda X_N — o'lchanadigan fizik kattalikning me'yorlovchi qiymati.

Me'yorlovchi qiymat sifatida berilgan O'V ning o'lchash chegarasi qabul qilinishi mumkin. Masalan, massani o'lchash chegarasi 10 kg bo'lgan tarozilar uchun $X_N = 10$ kg.

Agar me'yorlovchi kattalik sifatida butun shkala qamrovi qabul qilinsa, u holda, aynan ana shu qamrovning o'lchanayotgan fizik kattalik birliklaridagi qiymatiga absolut xatolik nisbati beriladi. Masalan, chegaralari −100+100 mA bo'lgan ampermetr uchun $X_N = 200$ mA.

Agar me'yorlovchi kattalik sifatida asbobning birga teng bo'lgan shkalasining uzunligi qabul qilinsa, u holda $X_N = 1$.

Har bir O'V ga xatolik faqat biror bitta shaklda keltiriladi.

Agar O'V xatoligi o'zgarmas tashqi sharoitlarda o'lchamlarning butun oralig'ida doimiy bo'lsa, u holda

$$\Delta = \pm a. \qquad (1.4)$$

Agar u ko'rsatilgan oraliqda o'zgarsa, u holda

$$\Delta = \pm(a+bx). \qquad (1.5)$$

$\Delta = \pm a$ bo'lganda, xatolik *additiv* $\Delta = \pm(a+bx)$da — *multiplikativ xatolik* deyiladi.

Additiv xatolik uchun

$$\delta = \pm p. \qquad (1.6)$$

Multiplikativ xatolik uchun

$$\delta = \pm\left[c + d\left(\left|\frac{X_n}{X_k}\right| - 1\right)\right]. \qquad (1.7)$$

Keltirilgan xatolik

$$\gamma = \pm q.$$

r, s, d, q qiymatlar $1 \cdot 10^n$; $1{,}5 \cdot 10^n$; $1{,}6 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $2{,}5 \cdot 10^n$; $3 \cdot 10^n$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$ sonlar qatoridan tanlab olinadi, bunda n — musbat yoki manfiy butun son, nolni ham hisobga olganda.

Yo'l qo'yiladigan xatoliklar (asosiy va qo'shimcha) chegaralari, shuninglek ularning o'lchash xatoligiga ta'sir etuvchi boshqa xossalari bilan aniqlanuvchi o'lchash vositalari aniqligining umumlashgan xarakteristika (tavsif)lari uchun «o'lchash vositalarining aniqlik sinfi» tushunchasi kiritiladi. O'lchash vositalarining aniqlik sinflari bo'yicha ko'rsatishlarining yo'l qo'yilgan xatoliklari chegaralarini belgilashning yagona qoidalarini DST 8.401—80 tartibga soladi. Aniqlik sinflari o'lchash vositalarining sifatini taqqoslab baholash, ularni tanlab olish, xalqaro savdo uchun qulaydir.

Aniqlik sinflari o'lchash vositalariga nisbatan texnik talablarni o'z ichiga olgan standartlar va texnik shartlar bilan belgilanadi. Aniq turdagi o'lchov vositasining har bir aniqlik sinfi uchun aniqlik darajasini umuman aks ettiruvchi metrologik xarakteristikalarga aniq talablar o'rnatiladi. Barcha aniqlik sinfidagi o'lchov vositalari uchun yagona xarakteristikalar (masalan, kirish va chiqish qarshiliklari) aniqlik sinfiga bog'liq bo'lmagan holda me'yorlanadi. Bir nechta fizik kattaliklarning yoki bir qancha o'lchash oraliqlari bo'lgan o'lchov vositalari ikki yoki undan ortiq aniqlik sinfiga ega bo'lishi mumkin. Masalan, elektr kuchlanish va qarshilikni o'lchash uchun mo'ljallangan elektr o'lchov asbobiga ikkita aniqlik sinfi berilishi mumkin: biri — voltmetr uchun, ikkinchisi — ampermetr uchun.

O'lchov vositalariga aniqlik sinflari ishlab tayyorlashda beriladi. Foydalanish jarayonida o'lchov vositalarining metrologik xarakteristikalari yomonlashadi. Shuning uchun metrologik attestatsiya natijalariga ko'ra, ularning aniqlik sinflari pasayishiga yo'l qo'yiladi.

O'lchov vositalari va ularning metrologik xarakteristikalari juda ham turli-tumanligi munosabati bilan DST 8.401—80 da belgilash usullari aniqlangan, bunda u yoki bu usulni tanlash xatolik qanday ko'rinishda me'yorlanganiga bog'liq. O'lchash xatoligi (1.4) va (1.5) formulalarga muvofiq aniqlanadigan O'V uchun aniqlik sinfi tartib raqami (nomeri) bilan beriladi, bunda eng anig'i uchun 1 dan boshlab, va xotolikning oshib borish darajasiga qarab, keyingi raqam qo'yib boriladi.

Agar xatolik (1.6) va (1.7) formulalar bo'yicha aniqlansa, u holda O'V aniqlik sinfi % da ifodalangan nisbiy yoki keltirilgan xatoliklar qiymatlariga mos keladi.

Masalan, agar $\delta = \pm 1\%$ bo'lsa, u holda O'V ning aniqlik sinfi 0,1; agar keltirilgan xatolik $\gamma = \pm 1{,}5\%$ bo'lsa, u holda O'V ning aniqlik sinfi 1,5 bo'ladi. Bu qabul qilingan birliklarda fizik kattalikning qiymati bilan me'yorlanadigan keltirilgan xatolik uchun o'rinlidir. Xatolik 1 asbobning shkalasi uzunligi bilan me'yorlanadigan hollarda, aniqlik sinfi ham γ ning son qiymatiga teng bo'ladi, ammo boshqacha belgilanadi. Masalan, γ=0,5% (X_N=1) bo'lganda, aniqlik sinfi −0,5 bo'ladi.

Agar O'V ning xatoligi (1.7) formula bilan aniqlansa (multiplikativ xatolik), u holda u s/d bilan belgilanadi. Agar

$$\delta = \pm\left[0,02 + 0,01\left(\left|\frac{X_n}{X_k}\right| - 1\right)\right]$$

bo'lsa, u holda O'V ning aniqlik sinfi 0,02/0,01 bilan belgilanadi.

Asboblarning aniqlik sinflarining belgilanish namunalarini 1.3-jadvaldan qarang.

Aniqligiga qarab, barcha o'lchov vositalari etalonlarga, namunalarga va ishchi o'lchov vositalariga bo'linadi. Etalonlar va dastlabki namunaviy o'lchov vositalari bo'yicha ancha past aniqlik sinfidagi o'lchov vositalarining — bo'ysinuvchi namunaviy va ishchi o'lchov vositalarining metrologik xarakteristikalarini tekshirish yoki kalibrlash ishi o'tkaziladi.

O'lchamlarni etalonlardan ishchi o'lchov vositalariga qarab uzatish sxemasi (metrologik zanjir) quyidagi ko'rinishda bo'ladi: birlamchi etalon ⇒ ishchi etalon ⇒ yuqori tartibli namunaviy o'lchov vositasi ⇒ ishchi o'lchov vositalari.

1.3-jadval

Asboblarning aniqlik sinfini belgilash namunalari

Yo'l qo'yiladigan xatoliklar chegaralarini aniqlash formulasi	Asosiy yo'l qo'yiladigan xatolik chegaralari misollari, %	Aniqlik sinfining belgilanishi		Eslatma
		hujjatlarda	o'lchash vositalarida	
$\Delta=\pm a$	—	Aniqlik sinfi M	M	—
$\Delta=\pm(a+bx)$	—	Aniqlik sinfi C	C	—
$\gamma=\Delta/X_N=\pm p$	$\gamma=\pm1,5$ $\gamma=\pm0,5$	Aniqlik sinfi 1,5	1,5	Agar X_N kattalik birliklarida ifodalangan bo'lsa
	—	Aniqlik sinfi 0,5	0,5 V	Agar X_N shkala uzunligi (uning qismi) bilan aniqlansa
$\delta=\Delta/X=\pm q$	$\delta=\pm0,5$	Aniqlik sinfi 0,5	0,5	—
$\delta=\pm[c+$ $+d(\lvert X_n/X\rvert-1)]$	$\delta=\pm[0,02+$ $+0,01(\lvert Xn/X\rvert-1)]$	Aniqlik sinfi 0,02/0,01	0,02/0,01	—

Eslatma: Δ — yo'l qo'yiladigan absolut o'lchash xatoligining kirishda (chiqishda) o'lchanadigan kattalik birliklarida yoki shartli ravishda shkala bo'limlarida ifodalangan chegaralari; X — o'lchash vositasining kirishida (chiqishida) o'lchanadigan kattalikning qiymati yoki shkala bo'yicha sanaladigan bo'limlar soni; a, b — X ga bog'liq bo'lmagan musbat sonlar; γ — yo'l qo'yiladigan nisbiy asosiy xatolik chegaralari %; q, p — o'lcham chegaralaridan (moduli bo'yicha) kattasi; c, d — $c=b+d$; $d=a\,|X_n|$ qatordan tanlab olinadigan musbat sonlar; γ — yo'l qo'yilgan keltirilgan asosiy xatolik chegaralari; %; X_N — o'lchanayotgan kattalikning me'yorlovchi qiymati.

Nazorat savollari

1. O'V ga qanday talablar qo'yiladi?
2. Standart tomonidan O'V ning qanday asosiy metrologik xarakteristikalari (xossalari) o'rnatiladi?
3. Shkala bo'limi qiymati nima?
4. O'V ning xatoligi qanday aniqlanadi va u nimaga bog'liq?
5. Yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi nima?
6. O'V ning aniqlik sinfi nima va uning shartli belgilanishi nimaga bog'liq?

II bob

UNIVERSAL O'LCHASH VA NAZORAT QILISH VOSITALARI

2.1. OG'IRLIK KATTALIKLARINI O'LCHASH VA NAZORAT QILISH

Og'irlik kattaliklarini o'lchash va nazorat qilish o'lchashlarning umumiy tuzilmasida muhim o'rin egallaydi. Hozirgi vaqtda og'irlikni o'lchash qurilmalari nomenklaturasi mingdan ortiq nomga ega bo'lib, ulardan asosiylari texnologik jarayonlarni mexanizatsiyalash va avtomatlashtirishga mo'ljallangan. Ular massani nazorat qiluvchi avtomatik qurilmalar, qayd etuvchi, dozalovchi va boshqa o'ziga xos elementlar bilan jihozlangan murakkab mexanizmlardan iborat. Tortiladigan mahsulotning qiymatini hisoblab beruvchi, bir jinsli detallarning sonini hisoblovchi, obyektni to'xtatmasdan uni tortuvchi, turli xil moddalarni berilgan nisbatlarda dozalovchi va shu kabi og'irlik o'lchovchi qurilmalar keng qo'llanilmoqda.

Og'irlik o'lchovchi va og'irlikni dozalovchi qurilmalarni vazifasiga qarab, quyidagi olti guruhga bo'lish mumkin (2.1- rasm):

1) diskret ishlaydigan tarozi;
2) uzluksiz ishlaydigan tarozi;
3) diskret ishlaydigan dozatorlar;
4) uzluksiz ishlaydigan dozatorlar;
5) namuna tarozi, toshlar, ko'chma tekshirish vositalari;
6) maxsus o'lchamlar uchun qurilmalar.

Birinchi guruhga quyidagilar kiradi:

ko'rsatishlari yuqori aniqlikda bo'lishini talab qiluvchi, tortishning maxsus sharoitlari va uslublariga ega bo'lgan turli xil laboratoriya tarozisi;

asosan, savdo sohasida foydalaniladigan, tortishi chegaralari uncha katta bo'lmagan (Q_{max} — 100 kg gacha) stol ustiga qo'yiladigan tarozi;

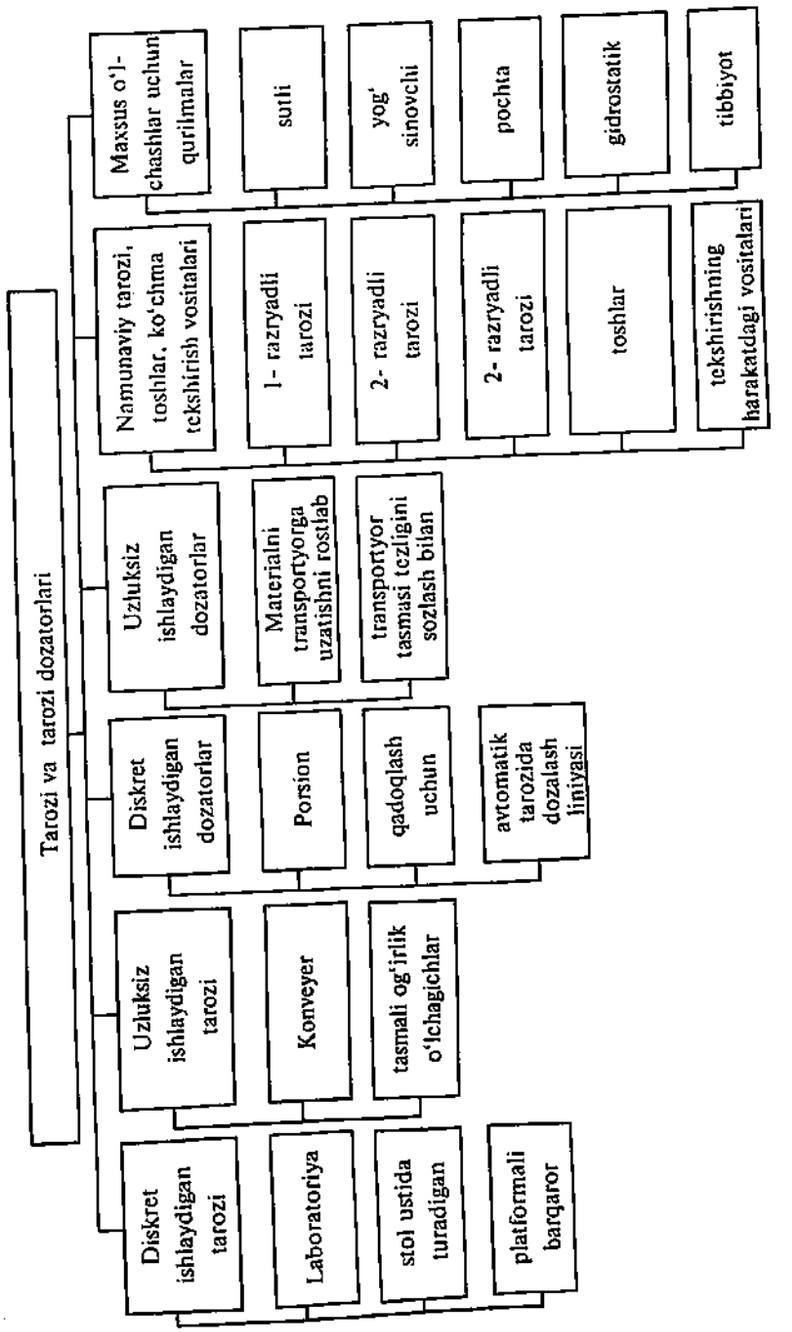
platformali ko'chma va qirqimli Q_{max} — 15 t gacha bo'lgan tarozi;

platformali barqaror, avtomobil, vagon tarozilari (shu jumladan, yurib ketayotganda tortadigan);

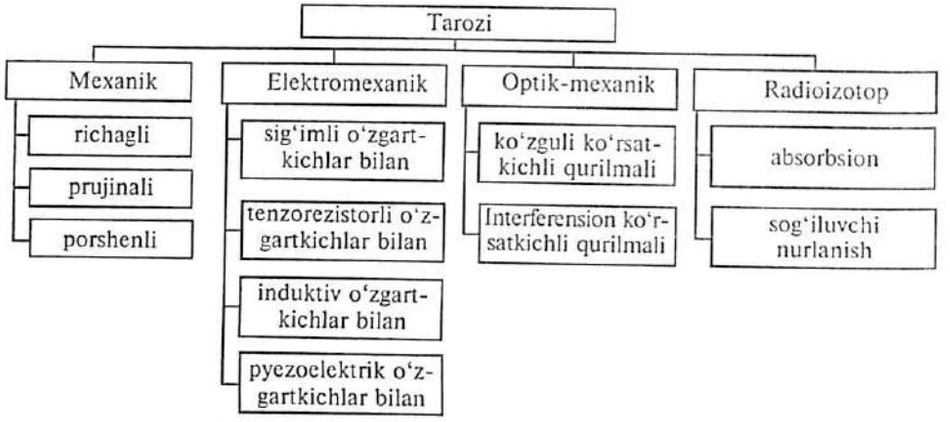
metallurgiya sanoati uchun tarozi (ularga domna pechlari uchun shixta uzatish sistemasi, elektrovagon-tarozi, suyuq metall, quyma, prokat va shu kabilar uchun tarozi).

Birinchi guruh tarozilarini shkala turidagi shayinli, kvadrat ko'rsatkichli siferblatli, raqamni ko'rsatuvchi va yozib ko'rsatuvchi ko'rsatkich asbob va pultli qilib tayyorlanadi.

Ishlash tartibiga bog'liq holda tarozilar mexanik, elektromexanik, optik-mexanik va radioizotopli tarozilarga bo'linadi (2.2- rasm).



2.1- rasm. **Og'irlik o'lchovchi va og'irlikni dozalovchi qurilmalar tasnifi**



2.2- rasm. **Ishlash tartibi bo'yicha tarozining tasnifi**

Richagli (shayinli) tarozilar eng keng tarqalgan. Ular massalarni taqqoslash qoidasiga asoslangan va ularning ko'rsatishlari mahalliy erkin tushish tezlanishiga bog'liq emas. Massalarni taqqoslash tayinlar (tayin sistemasi) va tarozi pallalari yordamida amalga oshiriladi. Mexanik tayinli tarozilarning asosiy metrologik xarakteristikalari, ularning afzalliklari, kamchiliklari va qo'llanish sohasi 2.1- jadvalda keltirilgan.

Ikkinchi guruhga quyidagilar kiradi:

konveyer tarozi;

transportirovka qilinayotgan massani uzluksiz hisobga olib turadigan uzluksiz ishlaydigan tasmali tarozilar.

Uchinchi guruhga quyidagilar kiradi:

yig'indi hisob uchun summatorlar (porsion tarozi);

sochiluvchi materiallarni qadoqlash uchun dozatorlar;

liniyalar (beton, asfaltbeton, shisha shixtasi va h.k. larni ishlab chiqarish uchun avtomatik og'irlik dozalash).

Zamonaviy dozalovchi (qadoqlovchi) qurilmalar 50—60 komponentlargacha dozalashga imkon beradi.

Zamonaviy qadoqlovchi qurilmalar 50—60 komponentlargacha dozalashga imkon beradi.

To'rtinchi guruhga quyidagilar kiradi:

materialni transportyorga uzatishni sozlab beruvchi dozatorlar;

transportyor tasmasi tezligini sozlovchi dozatorlar.

Beshinchi guruhga tekshiruv ishlarini o'tkazish uchun, shuningdek, toshlar va tekshirishning ko'chma vositalari. Bu guruhdagi tarozilar konstruksiyasiga tekshiruv ishlarini bajarishga oid o'ziga xos talablar qo'yiladi.

Oltinchi guruhga massani emas, balki boshqa parametrlarni (masalan, teng og'irlikdagi detal yoki buyumlarni hisoblash va guruhlash, dvigatellarning aylanish momentini, kartoshkadagi kraxmalning foiz miqdorini aniqlash va h.k.) aniqlash uchun xizmat qiluvchi turli xil og'irlik o'lchovchi qurilmalar kiradi.

2.1- jadval.

Mexanik shayinli tarozining asosiy metrologik xarakteristikalari

Tarozi turlari	O'lchash chegaralari, kg	O'lchash xatoliklari, %	Tinchlanish vaqti, C	Afzalliklar	Kamchiliklar	Tarozi turlari
Shayinli teng yelkali	$10^{-8}...10^{3}$	±0,1	5—10	Juda aniq, ko'rsatishlar aniqligi o'lchash joyiga bog'liq emas	Mexanik yeyiluvchi detallari ko'p, qo'lda xizmat ko'rsatish, o'lcham natijalarini bevosita masofadan turib uzatish mumkin emas	Analitik, pochtaniki, mikrotarozi, pretsizion, mashiy
Toshli	$10^{-6}...10^{3}$	+0,1	30—60			Platformali, bunkerli, avtomobilniki, vagonniki, kranniki
Suriluvchi toshli shayinli	$10^{-4}...10^{6}$	±0,5	30—60	Aniqligi kichik, shayinli tengelkali tarozilarga nisbatan xizmat ko'rsatish qulayligi katta		Navlarga ajratiluvchi, stol usti, tez ta'sir etuvchi, pochtaniki
Kvadratli	$10^{-3}...10^{4}$	±0,5	2—5			
Tarozi dozatorlari	$10^{1}...10^{2}$	+0,5	0,1	Tortishli avtomatlashtirish mumkin	Kichik massalarni dozalash uchun yaramaydi	Qadoqlovchi

Tenzorezistorli va vibrosterjenli o'zgartkichlarning kuch o'lchagichi sifatida qo'llanib, tortish usullari alohida o'rin egallaydi. Bunday o'zgartkichlarning qo'llanilishi ko'pchilik hollarda shayinli sistemalarning kamchiliklaridan qutulishga va binobarin, o'lchash aniqligini orttirishga, tarozilarning metall sig'imini kamaytirishga, tortish vaqtini qisqartirishga imkon beradi. Chiquvchi elektr signallarni olish tortish jarayonini avtomatlashtirishni belgilaydi, bu jarayonni avtomatlashtirilgan boshqarish sistemasiga kiritishga imkon beradi. O'rnatilgan tenzorezistorli o'zgartkichlarni turli xil ko'tarish va tashkil qurilmalarida qo'llanish ko'tarish (ko'chirish) va tortish operatsiyalarini qo'shib olib borish yo'li bilan ishlab chiqarish siklini qisqartirishga imkon beradi.

Massa birligini ifodalovchi bir qiymatli o'lchov, uning karrali yoki ulushli qiymat toshlardir. Rossiyada davlatning birlamchi massa birligi etaloni Parijda o'lchov va og'irliklarning Xalqaro byurosida saqlanadigan kilogrammning Xalqaro pratotipining 12- sonli nusxasi hisoblanadi.

Massa birligining davlat birlamchi etaloni massa birligi o'lchamini qayta ishlab chiqarish, saqlash va uzatish uchun mo'ljallangan.

Massaning ishchi etalonlari alohida toshlar tarzida va 1 mg dan 10 kg gacha bo'lgan toshlar tarzida tayyorlanadi. Toshlar uchun material sifatida plotina, oltin, nikel, bronza yoki kvars xizmat qiladi.

Toshning vazifasiga bog'liq holda ular umumiy vazifani bajaruvchi, namunali, shartli, karatli, shuningdek turli turdagi tarozilarning shayinli mexanizmlariga o'rnatiladigan toshlarga bo'linadi.

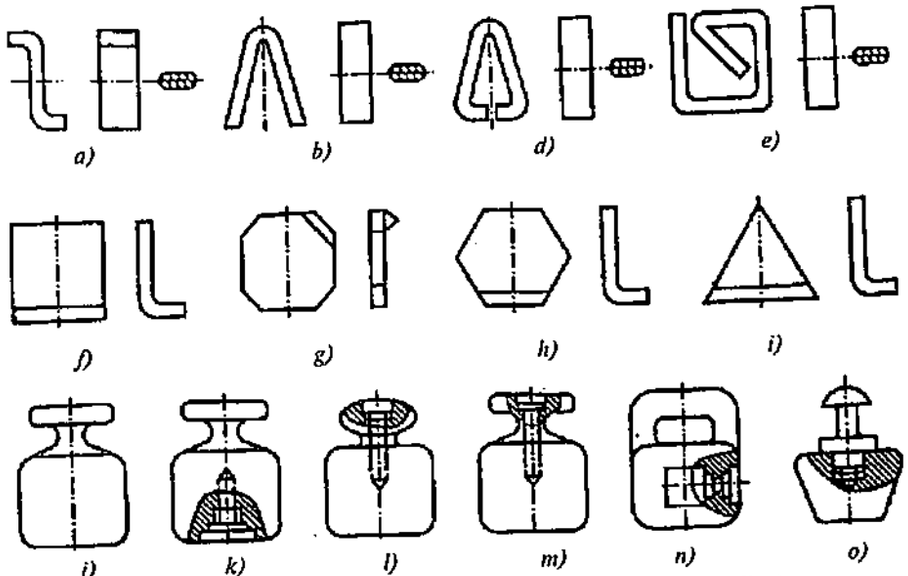
Massasi 1 mg dan 20 kg gacha bo'lgan **umumiy foydalanishdagi toshlarni** DST 7328—73 ga muvofiq tayyorlanadi. Toshlar massa qiymatini qayta ishlab chiqarish aniqligi bilan farq qiluvchi bitta sinfli qilib chiqariladi.

1-aniqlik sinfidagi toshlar mikrokimyoviy, kimyoviy va boshqa analizlarda yuqori aniqlikdagi tortishlarda qo'llaniladi. Bu sinfdagi toshlar massasining chegaraviy qiymatlari 1 mg dan 1 kg gacha, massaning nominal qiymatidan yo'l qo'yiladigan og'ishlar tosh massasiga bog'liq holda $[\Delta]=\pm(0{,}002—0{,}64)$ mg. Toshlarning shakli 2.3- *a*, *b*, *d*, *e* rasmlarda keltirilgan.

2-sinf aniqligidagi toshlar kimyoviy va boshqa analizlarda yuqori aniqlikdagi tortishlar uchun qo'llaniladi. Ular 1 mg dan 20 kg gacha chegaralarda tayyorlanadi; $[\Delta]=\pm(0{,}01—50{,}0)$ mg. Toshlarning shakli 2.3- *f*, *g* rasmda ko'rsatilgan.

3-sinf aniqligidagi toshlarning qo'llanish sohasi — yuqori aniqlikdagi texnik tahlil va qimmatbaho metallarni tortish. Toshlar to'plamining nominal massasi — 1 mg dan 20 kg gacha; $|\Delta|=0{,}05—250{,}0$ mg. Toshlarning shakli 2.3-*h*, *i* rasmda ko'rsatilgan.

4-sinf aniqlikdagi toshlarning qo'llanish sohasi — texnik tahlillar va dori-darmonlarni tortish. Toshlarning nominal massasi 5 mg dan 20 kg gacha ko'zda tutiladi; $[\Delta]=0{,}5—1250$ mg alohida olingan toshning massasiga bog'liq holda. Toshlarning shakli 2.3- *f*, *g*, *h*, *i*, *j*, *k*, *l*, *m* rasmda keltirilgan.



2.3- rasm. **Umumiy vazifalarni bajaruvchi toshlarning shakllari**

5-sinf aniqligidagi toshlar savdoda va xo'jalikda tortish uchun qo'llaniladi. Nominal massalar to'plami toshlarning 10 g dan 10 kg gacha o'zgarishni ko'zda tutadi; $[\Delta]=40—3250$ mg. Toshlarning shakli 2.3- *n*, *o* rasmda ko'rsatilgan.

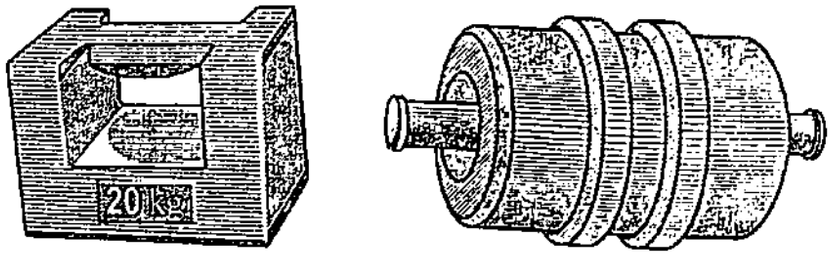
Umum foydalanish toshlarining materiali nominal massa va toshlarning sinfiga bog'liq holda tanlab olinadi (titan va uning qotishmalari austenit sinfidagi korroziyaga bardosh po'lat (nomagnit), aluminiy, uglerodli po'lat, cho'yan). Masalan, 2.3- *a*, *b*, *d*, *e* rasmda tasvirlangan 1-sinf aniqligidagi toshlarni titan va uning qotishmalaridan tayyorlanadi. 2.3-*f*, *g*, *h*, *i* rasmda tasvirlangan shakllar uchun 4-sinf aniqligidagi toshlar aluminiydan tayyorlanadi, 2.3-*f*, *k*, *l*, *m* rasmda keltirilgan shakllar uchun — uglerodli po'latdan, 2.3- *n*, *o* rasmda keltirilgan shakllar uchun cho'yandan tayyorlanadi.

Qo'llanishda bo'lgan toshlar massalarining yo'l qo'yilgan og'ishlari va barcha sinfdagi toshlarning massalarini aniqlash xatoliklari DST 7328—73 da ko'zda tutilgan. Grammli va kilogrammli toshlar, 2.3- *a* va *g* rasmda tasvirlangan shakllardan tashqari sozlanuvchi (moslashtiruvchi) bo'shliqli qilib tayyorlanadi.

Toshlarni massasiga ko'ra sozlash yoki sozlanuvchi bo'shliq bo'yicha, yoki toshning butun sirti bo'ylab xromli yoki nikelli qoplama hisobiga bajariladi.

DST 7328—73 ga muvofiq toshlar donalab, alohida to'p qilib yoki to'plardan tuzilgan komplektlar tarzida ishlab chiqarilishi mumkin.

Toshlar va to'plamlarning shartli belgilanishi o'lchov birligini anglatuvchi harflardan (kg — kilogramm, g — gramm, mg — milligramm) va sonlardan iborat. Harflardan keyingi birinchi son tosh (to'plam) ning sinfini, ikkinchisi — toshning massasini, yoki toshlarning to'plamdagi yig'indi massasini belgilaydi. Masalan:



2.4- rasm. **Namuna toshlarning shakllari**

«ToshKG—4—5 DST 7328—73» — massasi 5 kg bo'lgan 4-sinf aniqligidagi bir kilogrammli tosh;

«To'plam KG—3—20 DST 7328—73» — massasi 20 kg bo'lgan 3-sinf aniqligidagi bir kilogrammli toshlar to'plami;

«To'plam MG—2—1100 1 DST 7328—73» eng kichik toshining massasi 1 mg — bo'lgan 1100 mg massali 2-sinf aniqligidagi milligrammli toshlar to'plami.

Maxsus vazifani bajaruvchi toshlarga namuna toshlar (DST 12656—67), shartli toshlar, taroziga o'rnatilgan toshlar va h.k.lar kiradi.

Namuna toshlar toshlar va tarozini tekshirish uchun xizmat qiladi. DST 12656—67 namuna toshlarning to'rtta razryadini (1, 2, 3, 4) va ularning qo'llanish sohasini belgilab beradi. Masalan, 3- razryadli toshlar massasi 10 mg dan 2000 kg gacha bo'lgan 4- razryadli toshlarni tekshirishda, 4- aniqlik sinfidagi toshlarni tekshirishda va yuk porshenli hamda kvadratli namuna tarozilarini tekshirishda qo'llaniladi. 4- razryadli toshlar 5-sinf aniqligidagi toshlarni tekshirishda, shartli toshlarni; bezmenlarni, stol usti va konveyerli tarozilarni, siferblatli teng yelkali va yelkalari teng bo'lmagan avtomobil, prujinali dinamometrlarni va boshqalarni tekshirishda foydalaniladi.

Namuna toshlarning shakli, asosiy o'lchamlari va materiali DST 7328—73 bilan belgilanadi. Namuna toshlarning ba'zi shakllari 2.4- rasmda keltirilgan. DST 12565—67 ayrim namuna toshlarni, milligrammli, grammli va kilogrammli toshlar to'plamlarini yetkazib berishni ko'zda tutadi.

Shartli toshlar richag sistemasidagi yelkalarining nisbati 1 : 100 bo'lgan umumiy vazifali platformali shayinli toshli tarozilarni komplektlash uchun mo'ljallangan.

Shartli toshlar (2.5- rasm) TU 25.06.1400—79 ga muvofiq 1 dan 500 kg gacha massali qilib ishlab chiqariladi. Toshlar kul rang cho'yandan tayyorlanadi. Toshlar ichida shunday o'lchamdagi moslashtiruvchi sohalar ko'zda tutiladiki, bunda toshlarni ta'mirlashda toshning nominal massasidan kamida 0,8% miqdoridagi torirovka materialini qo'shish mumkin bo'lsin. Tarirovka materiali sifatida cho'yan maydasi yoki qora metall qipiqlari xizmat qiladi. Toshlarning yuqori sirtida ularning kilogramm hisobidagi shartli massasi va nominal massasining shartli massasiga nisbati

2.5- rasm. **Shartli toshlarning shakli**

raqamlar bilan ifodalanib, yozib ko'rsatiladi. Masalan: toshning shartli massasi 500 kg, nominal massasi — 5 kg, nisbat 1 : 100. Toshlar komplekt qilib yetkaziladi.

Toshlar komplektining shartli belgisida quyidagilar bo'ladi: «toshlar» so'zi, toshlar shartli massaga ega ekanini anglatuvchi «TSh» harflari, komplekt raqami va to'plam tayyorlanadigan hamda yetkazib beriladigan texnik shartlarning belgilanishi.

Masalan: «Toshlar TSh—3TU 25.06.1400—78».

Nazorat savollari

1. Tarozi nima?
2. Ishlash prinsipiga ko'ra, tarozilar qanday bo'linadi?
3. Toshlar nima?
4. Vazifasiga ko'ra, toshlar qanday bo'linadi?
5. Toshning shartli belgisiga nimalar kiradi?

Laboratoriya ishi: «Jismning massasini tarozi va toshlar yordamida aniqlash».

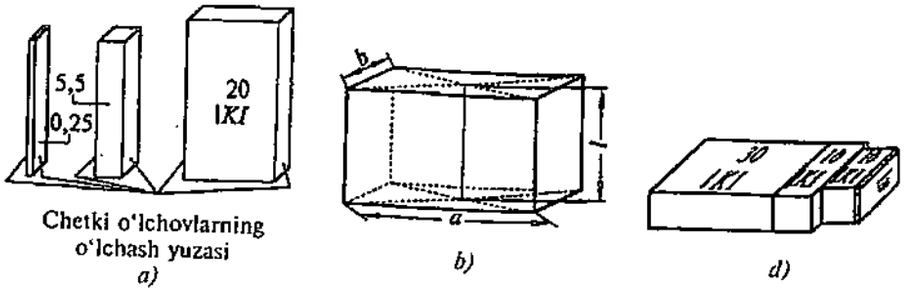
2.2. GEOMETRIK KATTALIKLARNI O'LCHASH VA NAZORAT QILISH

2.2.1. Yassi parallel chetki uzunlik o'lchovlari

Yassi parallel chetki uzunlik o'lchovlari (DST 9038—83) etalondan buyumga o'lchamlarni uzatish uchun mo'ljallangan. Uzunlikning bu chetki o'lchovlarining asosiy vazifasi ularning uzunlik birligini saqlash va uzatish, turli xil o'lchov va o'lchash vositalarini tekshirish hamda darajalash, kalibrlarni tekshirish uchun, shuningdek, buyumlar va moslamalarning o'lchamlarini aniqlash, aniq belgilash va koordinata yo'nib kertish ishlari, stanok hamda asboblarni sozlash va h.k.lar uchun qo'llanish yo'li bilan amalga oshiriladi.

DST 9038—83 ga muvofiq uzunlikning chetki o'lchovlari ikki yassi o'zaro parallel o'lchov sirtlari bo'lgan to'g'ri burchakli parallelepiped shakliga ega (2.6- *a* rasm).

Yassi parallel chetki uzunlik o'lchovining o'lchami uchun uning *o'rtacha uzunligi l* (2.6- *b* rasm) qabul qilinib, u o'lchovning o'lchov sirtlaridan birining o'rtasidan qarshisidagi o'lchov sirtiga o'tkazilgan perpendikularning uzunligi bilan aniqlanadi. O'lchovlar kesimida *a* va *b* tomonlar-



2.6- rasm. **Uzunlikning yassi parallel chetki o'lchovlari**

ning qiymatlari o'rtaga uzunlik *l* ning nominal o'lchamiga bog'liq holda aniqlanadi:

Masalan, 10 mm < *l* < 0,29 mm bo'lganda, $a = 30_{-0,28}$; $9^{-0,20}_{+0,30}$;
10 mm < *l* < 250 bo'lganda, $a = 35_{-0,34}$; $b = 9^{-0,20}_{-0,30}$.

O'rtacha uzunlikning nominal o'lchami har bir o'lchovda o'tkaziladi.

Chetki o'lchovlar quyidagi aniqlik sinflarida tayyorlanadi: 00; 01; 0; 1; 2; 3 — po'latdan; 00; 0; 1; 2 va 3 — qattiq qotishmadan (00 sinfi — eng aniq sinf).

Chetki o'lchovlar turli to'plamlarga ularning soni va nominal uzunligi o'lchamlari bo'yicha komplektlanadi. № 1 dan № 19 gacha to'plamlarda o'lchovlar soni 2 dan 112 ni tashkil etadi. Maxsus to'plamlarda: № 20—23 ta o'lchov, № 21—20 ta o'lchov, № 22—7 ta o'lchov.

Uzunlik o'lchovlarining nominal o'lchamlari va o'lchamlarning darajalanishi, shuningdek, ularning to'plamlarga komplektlanishi shunday amalga oshiriladiki, bunda o'lchovlarning minimal sonidan uchinchi o'nli raqamgacha bo'lgan istagan o'lchamdagi blokni tuzish mumkin bo'lsin. Shunga muvofiq chetki o'lchovlar to'plamlarida quyidagicha darajalash qabul qilingan: 0,001; 0,01; 0,1; 0,5; 1; 10; 25; 50 va 100 mm. Uzunlik o'lchovlarining nominal qiymatlari 1,005 dan 100 mm gacha oraliqda bo'ladi. Masalan, 112 ta chetki o'lchovlardan iborat to'plamda quyidagilar mavjud: 1,005 mm o'lchamli bitta o'lchov; 1 dan 1,5 mm gacha har 0,01 mm oralatib 51 ta o'lchov; 1,6 dan 25 mm gacha har 0,01 mm oralatib 5 ta o'lchov; bitta 0,5 mm o'lchov; 2,5 dan 25 mm gacha har 0,5 mm oralatib 46 ta o'lchov va 30 dan 100 mm gacha 10 mm dan oralatib 8 ta o'lchov.

To'plamning aniqlik sinfi to'plamga kiruvchi alohida o'lchovning eng past sinfi bilan belgilanadi. Har bir to'plamga pasporti ilova qilinib, unda har bir o'lchovning nominal uzunligi va og'ishi ko'rsatiladi.

O'lchovlar uzunligini o'lchash xatoligiga (attestatsiya xatoligiga) va ularning tekislilik hamda parallellikdan og'ishiga bog'liq holda chetki o'lchovlar beshta razryadga bo'linadi: 1, 2, 3, 4, 5 (1- razryad uchun eng kichik attestatsiya xatoligi belgilangan). Xatoliklar kattaliklari o'lchov attestatida keltiriladi.

Razryadlari belgilangan chetki o'lchovlardan foydalanishda plitkalar bloki o'lchamlari faqat o'lchovlarning nominal qiymatlari bo'yicha aniqlanmay, balki attestatda keltirilgan haqiqiy og'ishlar ham hisobga olinadi.

Chetki uzunlik o'lchovlarining keng qo'llanilishini ta'minlovchi asosiy xossalaridan biri — bu *surkalishlik*, ya'ni bir o'lchovni ikkinchisi ustiga qo'yilganda yoki surilganda ularning bir-biriga zich ilashib qolish qobiliyati (2.6- *d* rasm). O'lchovlarning ilashib qolishi (adgeziyasi) ular orasida juda yupqa moylash plyonkasi (0,05—0,01 mkm) mavjud bo'lganda molekular ilashish kuchlari deyiladi. Bu holda bir o'lchovning boshqasiga nisbatan siljish kuchi kamida 30—40 N ni tashkil etadi, yangi chetki o'lchovlar uchun bu kattalik 10—20 marta ortadi. Po'latdan yasalgan chetki o'lchovlar to'xtamasdan ishlash ehtimoli 0,8 bo'lganda 500 surkalishga chidashi, qattiq qotishmadan yasalgan chetki o'lchovlar esa ehtimollik 0,9 bo'lganda 30 000 surkalishga chidashi kerak.

Chetki o'lchovlardan talab qilingan o'lchamni tuzish uchun quyidagi qoidaga amal qilinadi. Berilgan o'lchamdagi blokni iloji boricha kam sondagi o'lchovlardan tuzish kerak. Avval millimetrning mingdan bir ulushlarini hosil qilishga imkon beruvchi chetki o'lchovlarni tanlash lozim, keyin yuzdan bir, o'ndan bir ulushlarini, va nihoyat, butun millimetrlarni hosil qilishga imkon beruvchi chetki o'lchovlarni tanlash lozim. Masalan, o'lchami 28,495 mm bo'lgan blokni hosil qilish uchun № 1 to'plamdan chetki o'lchovlarni quyidagi ketma-ketlikda olish kerak: 1,005+1,49+6+20=28,495 mm. Blokdagi chetki o'lchovlarning minimal miqdori, bir tomondan, blokning aniqligini oshiradi (blok o'lchamining yig'indi xatoligi kamayadi), ikkinchi tomondan — blokning buzilishidan ishonchliligini oshiradi. Blokdagi chetki o'lchovlar soni besh donadan ortiq bo'lmasligi kerak.

Chetki uzunlik o'lchovlari tayyorlanadigan material ko'pincha temperatura 10 dan 30°C gacha o'zgarganda 1°C da temperatura kengayish koeffitsienti $(11,5\pm0,1)10^{-6}$ mm bo'lgan po'lat bo'ladi. Bular 20XG, XG, ShX15, X markali xromli po'latlardir. O'lchov sirtlarining qattiqligi (bikirligi) — HRC62 dan kam emas. Ba'zan chetki o'lchovlarni 1°C da temperatura kengayish koeffitsienti $3,6 \cdot 10^{+6}$ mm bo'lgan VK6M markali qattiq qotishmadan tayyorlanadi. Bu chetki o'lchovlarning eyilishiga bardoshligini po'latdan tayyorlangan chetki o'lchovlar nisbatan 10—40 marta oshirishga imkon beradi, biroq qattiq qotishma va po'latning harorat koeffitsientlari farqiga ko'ra, o'lchashda anchagina xatoliklar yuz berishi mumkin.

Yaxshi surkaluvchanlikni va yuqori yeyilishiga chidamlilikni ta'minlash uchun chetki uzunlik o'lchovlarining o'lchash sirtlari g'adir-budurligi *Rz* kriteriyasiga ko'ra, 0,063 mkm dan ortiq bo'lmagan chegaralarda o'rnatilgan. Ishchi bo'lmagan sirtlarning g'adir-budurligi — *Ra* 0,63 mkm.

Po'latdan tayyorlangan chetki uzunlik o'lchovlarining o'rtacha saqlanish muddati — kamida bir yil, qattiq qotishmadan tayyorlanganiniki — kamida ikki yil.

Shartli belgilashlarga misollar keltiramiz.

1- aniqlik sinfidagi po'latdan tayyorlangan chetki o'lchovlarning 2- to'plami: Chetki o'lchovlar 1-N2 DST 9038—83.

2- aniqlik sinfidagi qattiq qotishmadan tayyorlangan chetki o'lchovlarning 3- to'plami: Chetki o'lchovlar 2-N3-T DST 9038—83.

3- aniqlik sinfidagi po'latdan tayyorlangan nominal uzunligi 1,49 mm bo'lgan chetki o'lchov: chetki o'lchov 3-1,49 DST 9038—83.

Chetki o'lchovlarning surkalish xossasi tufayli ular universal hisoblanadi va o'lchash hamda nazorat qilishning keng qo'llaniladigan vositalaridir. Chetki o'lchovlarning qo'llanish sohasi ularni jihozlari bilan birgalikda foydalanilganda yanada kengayadi. Chetki uzunlik o'lchovlari jihozlari to'plamiga quyidagilar kiradi:

tutqich (strubsina);

asos;

bloklarni mahkamlash uchun mo'ljallangan, 100 mm dan ortiq o'lchamli tortqilar;

yonlikli chetki o'lchov bloklarini tortqilar orqali mahkamlash uchun xizmat qiluvchi qisuvchi suxar;

yassi parallel yon tomonlar;

radiusli yonliklar, $h = R = 2$ mm (5; 15; 20 mm);

markaziy yonlik, uning markazining uchi pastki keltirilgan tekislikning davomida yotadi;

chizg'ich yonlik.

Yuqorida sanab o'tilgan detallardan tashqari jihozlar to'plamiga uch yoqli chizg'ich va bo'limli plitkalar kiritilishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Uzunlikning chetki o'lchovlarining asosiy vazifasi nimadan iborat?
2. Uzunlikning yassi parallel chetki o'lchovining o'lchami qanday aniqlanadi?
3. Uzunlikning chetki o'lchovining sinfi va razryadi nima bilan aniqlanadi?
4. Uzunlikning chetki o'lchovlari surtiluvchanligi nima?
5. Uzunlikning chetki o'lchovlari blokini tuzish qoidasi nimadan iborat?

Laboratoriya ishi: «Uzunlikning chetki o'lchovlari yordamida o'lchash va nazorat qilish».

2.2.2. O'lchov chizg'ichlari, shtangen-asbob, va mikrometrik asboblar

O'lchov chizg'ichlari shtrixli o'lchovlarga taalluqli va buyumlarning o'lchamlarini bevosita uslub bilan 14—17 aniqlik kvalitetlarida o'lchash uchun mo'ljallangan. Chizg'ichlarning konstruksiyasi bir xil turdadir. Ular eni 20—40 mm va qalinligi 0,5—1,0 mm bo'lgan metall tasmadan iborat bo'lib, uning keng sirtida bo'limlar o'tkazilgan. Chizg'ichlarni o'lchashning yuqori chegaralari 150, 200, 500 va 1000 mm hamda bo'lim qiymati 0,5 yoki 1 mm bo'lgan bitta yoki ikkita shkalali qilib tayyorlanadi. Bo'lim qiymati 1 mm bo'lgan chizg'ichlar shkala boshidan 50 mm uzunlikda yarim millimetrni bo'limlarga ega bo'lishi mumkin.

Chizg'ichlar shkalasi haqiqiy umumiy uzunligining nominal qiymatdan yo'l qo'yilgan og'ishlari shkalaning umumiy uzunligiga bog'liq holda

±(0,10—0,20) mm atrofida, ayrim bo'linmalariga bog'liq holda esa — ko'pi bilan ±(0,05—0,01) mm ni tashkil etadi.

Chizg'ichlarni tekshirishni, ya'ni shtrixlarni qo'yish xatoligini aniqlashni *shtrixli o'lchovlar* deb ataluvchi namunaviy o'lchov chizg'ichlariga ko'ra amalga oshiriladi. Bunday taqqoslash xatoligi 0,01 mm dan ortiq bo'lmaydi.

Shtangenasbob tashqi va ichki sirtlarning chiziqli o'lchamlarini absolut o'lchash uchun, shuningdek, detallarni razmetka qilishda o'lchamlarni qayta tiklash uchun mo'ljallangan.

Unga shtangensirkullar (2.7- rasm) shtangen chuqurlik o'lchagichlar va shtangenreysmoslar kiradi. Shtangenasboblarning asosiy qismlari: shkala bo'limlari 1 mm bo'lgan shtangachizg'ich va chizg'ich bo'yicha ko'chuvchi shkala-nonius. Shkala — chizg'ich bo'yicha butun sondagi millimetrlar sanaladi, nonius bo'yicha esa millimetrning o'ndan bir va yuzdan bir ulushlari sanaladi.

Nonius yordamida sanash uchun asosiy shkala bo'yicha noniusning nol bo'limi oldida butun sondagi millimetr aniqlanadi. Keyin unga nonius bo'yicha ulushlar soni nonius shkalasining qaysi shtrixi asosiy shkalaning shtrixiga yaqinligiga muvofiq ulushlar soni qo'shiladi.

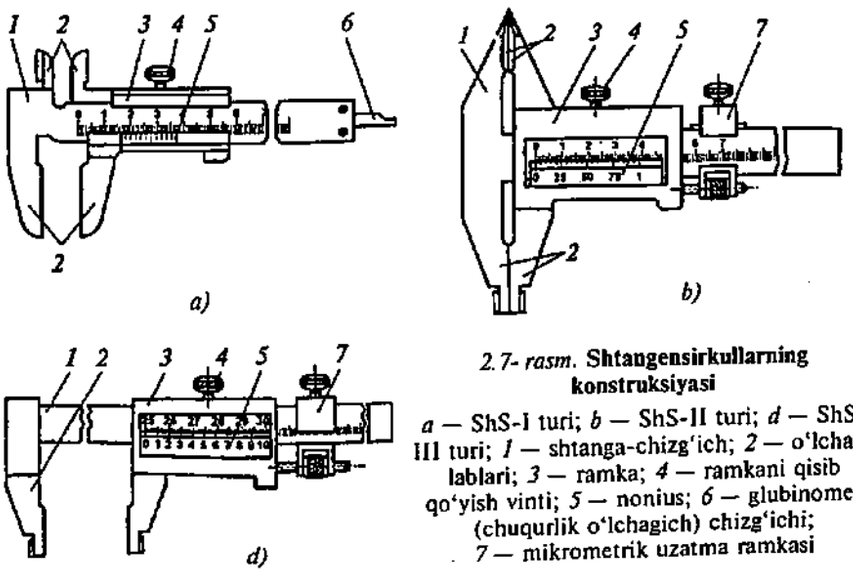
Noniuslarning asosiy (I—IV) turlari 2.8- rasmda keltirilgan.

Noniusning asosiy xarakteristikalari nonius bo'yicha sanoq kattaligi (noniusning bo'lim qiymati) a va noniusning moduli γ hisoblanadi, ular quyidagi formulalar bo'yicha aniqlanadi:

$$a = i/n;$$

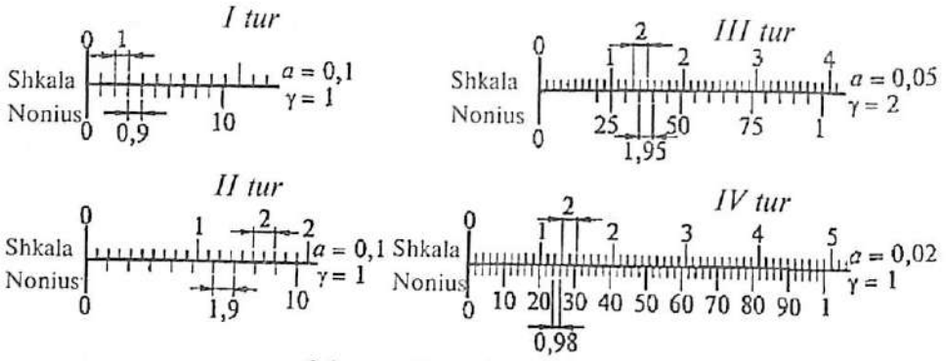
$$\gamma = (l+i)/(ni),$$

bu yerda i — asosiy shkalaning bo'lim qiymati, mm; n — noniusning bo'limlari soni, l — nonius shkalasi uzunligi.



2.7- rasm. **Shtangensirkullarning konstruksiyasi**

a — ShS-I turi; *b* — ShS-II turi; *d* — ShS-III turi; *1* — shtanga-chizg'ich; *2* — o'lchash lablari; *3* — ramka; *4* — ramkani qisib qo'yish vinti; *5* — nonius; *6* — glubinomer (chuqurlik o'lchagich) chizg'ichi; *7* — mikrometrik uzatma ramkasi



2.8- rasm. **Noniuslarning turlari**

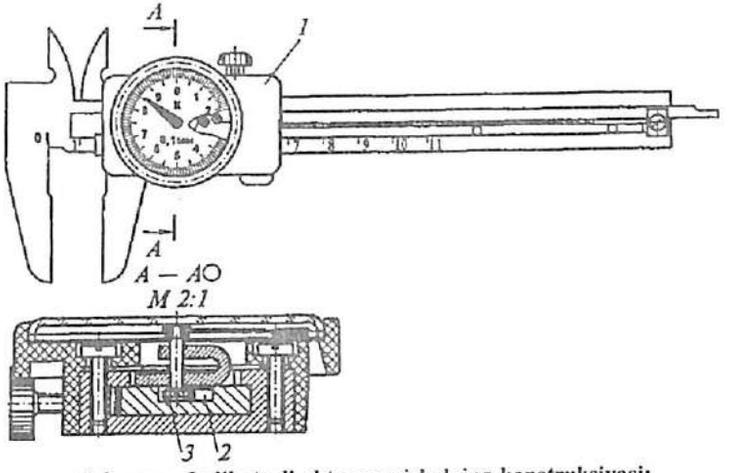
Sanoq aniqligi 0,1; 0,05; 0,02 mm bo'lgan noniuslar juda keng tarqalgan. Mashinasozlikda qo'llaniladigan shtangenasboblarning asosiy metrologik xarakteristikalari 2.2- jadvalda keltirilgan.

DST 166—80 uch turdagi shtangensirkullarni tayyorlash va foydalanishni ko'zda tutadi: bo'lim qiymati 0,1 mm bo'lgan ShS—I; bo'lim qiymati 0,05 mm bo'lgan ShS—II va bo'lim qiymati 0,05 hamda 0,1 mm bo'lgan ShS—III. Bundan tashqari, zavodlarda noniuyasining bo'lim qiymati 0,02 mm bo'lgan ilgari tayyorlangan shtangensirkullar, shuningdek, indikatorining bo'lim qiymati 0,1; 0,05; 0,02 mm bo'lgan indikatorli shtangensirkullar qo'llaniladi. Lablari qo'zg'almas bo'lgan asosiy chizg'ich bo'yicha lablari harakatlanuvchi ramka ko'chadi (siljiydi). Ramkaning shtanga-chizg'ich bo'yicha silliq siljishi uchun mikrometrik qurilma ko'zda tutilgan bo'lib, u xomutcha, qisqich va mikrometrik uzatma gaykasidan iborat. Qo'zg'aluvchan ramkada tirak vinti o'rnatilgan.

2.2- jadval

Shtangenasboblarning asosiy metrologik xarakteristikalari

O'lchash vositasi	Shkalaning bo'lim qiymati, mm	Shkala ko'rsatishlari oralig'i, mm	Asbobning o'lchash chegaralari, mm	Asbobning chegaraviy xatoliklari, mm	Asbobning shartli belgisi
Shtangensirkul turlari (DST 166-80): SHS—I	0,1	125	0...125	±(150...170)	SHS—I 125—0,1 DST 166—80
SHST—I SHS—II SHS—III	0,05	160	0...160	±50	SHS—II 250—0,05 DST 166—80
		200	0...200		
		250	0...250		
	0,1	160	0...160	±70	
		200	0...200	±70	
		250	0...250	±80	
Shtangenchuqurlik o'lchagich (DST 162-80) SHG turdagi	0,05	160	0...160	±50	SHS—160 DST 162—80
		200	0...200		
		250	0...250		
		315	0...315		
		400	0...400		

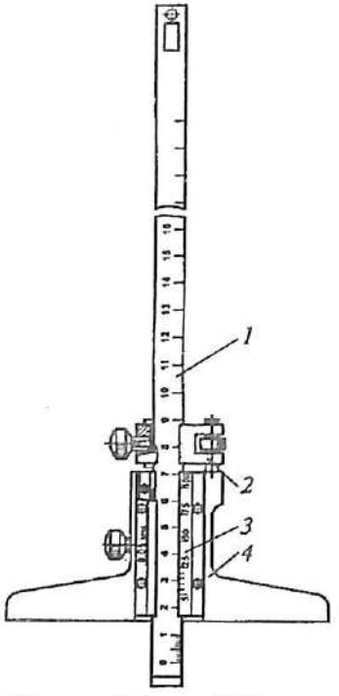


2.9- rasm. **Indikatorli shtangensirkulning konstruksiyasi:**
1 — ramka; *2* — tishli reyka; *3* — tishli g'ildirak

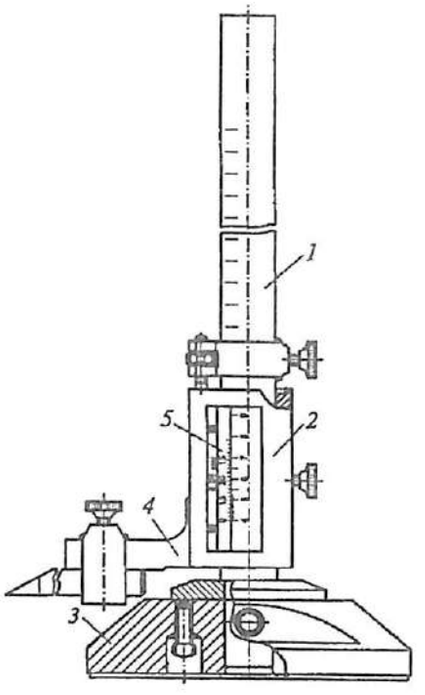
Indikatorli shtangensirkulning shtangasiga (2.9- rasm) tishli reyka *2* montaj qilingan bo'lib, u bo'ylab indikatorning ramka *1* ga mahkamlangan tishli g'ildiragi *3* ko'chadi. Tishli g'ildirakning ko'chishi millimetrning birlik, o'ndan bir va yuzdan bir ulushlarini ko'rsatuvchi indikator strelkasiga uzatiladi.

Shtangen chuqurlik o'lchagichlar (DST 162—80) (2.10- rasm) shtangensirkullardan uncha katta farq qilmaydi va teshiklar hamda pazlarning chuqurligini o'lchash uchun qo'llaniladi. Shtangen chuqurlik o'lchagichlarning ishchi sirti shtancha-chizg'ichning chetki sirti va o'lchamlar uchun baza — asosining quyi sirti. O'lchash natijalarini sanash qulay bo'lishi, aniqlikni oshirish va nazorat operatsiyalarining unumdorligini oshirish uchun shtangen chuqurlik o'lchagichlarning ba'zi turlarida noniusli shkala o'rniga bo'lim qiymati 0,05 va 0,01 mm bo'lgan soat turidagi indikatorlarni o'rnatish ko'zda tutilgan.

Shtangenreysmaslar (DST 164—80) (2.11- rasm) detallarni belgilab olish va ularning balandligini aniqlash uchun asosiy o'lchov asboblari hisoblanadi. Ularda asos tekisligiga parallel yoki perpendikular ravishda o'lchov kallaklarini o'rnatish uchun qo'shimcha tutashtiruvchi uzel bo'lishi mumkin. Shtangenreysmasning tuzilishi va ishlash prinsipi shtangensirkulning tuzilishi va ishlash prinsipidan deyarli farq qilmaydi. Zavodlarda ko'rsatishlarni indikatorli va raqamli sanash qurilmasi bo'lgan shtangenreysmaslar qo'llaniladi. Birinchi holda qo'zg'aluvchan ramkada nonius shkalasi o'rniga bo'lim qiymati 0,05 yoki 0,01 mm bo'lgan soat turidagi indikator o'rnatiladi, ikkinchi holda esa asbob shtangasiga qirqilgan, tishli reyka bilan tishlashgan, rotasion fotoelektr impulslar schetchigi (hisoblagichi)ning tishli g'ildiragi o'rnatiladi. Tishli g'ildirak bir marta aylanganda, schyotchik 1000 ta impuls beradi, ular esa raqamli ko'rsatuvchi yoki yozuvchi qurilmaga uzatiladi. Bu holda o'lchash xatoligi 10—15 mkm dan ortmasligi mumkin.



2.10- rasm. **Shtangenglubinomer:**
1 — shtanga-chizg'ich;
2 — mikrometrik uzatish ramkasi;
3 — nonius; *4* — asos

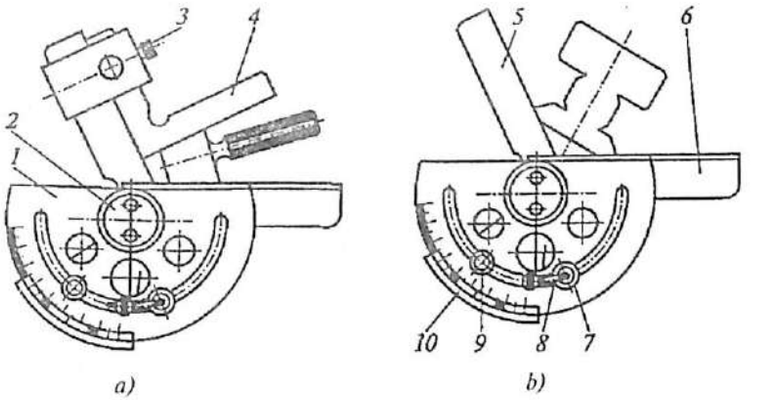


2.11- rasm. **Shtangenreysmas:**
1 — shtanga-chizg'ich; *2* — ramka;
3 — asos; *4* — tutqich; *5* — nonius

Noniusli burchak o'lchagichlar (DST 5378—66) detallarning burchakli o'lchamlarini o'lchash va 2′ gacha aniqlikda belgilab chiqish uchun mo'ljallangan. 0 dan 90° gacha burchaklarni o'lchash uchun (2.12- *a* rasm) harakatlanuvchi chizg'ich 5 ga qo'shimcha burchaklik 4 o'rnatiladi. 90 dan 180° gacha bo'lgan burchaklarni o'lchash qo'shimcha burchaklik 4 siz amalga oshiriladi (2.12- *b* rasm). Burchak o'lchagichning burchakli noniusida sanash tartibi shtangensirkulning chiziqli noniusida sanashga o'xshash.

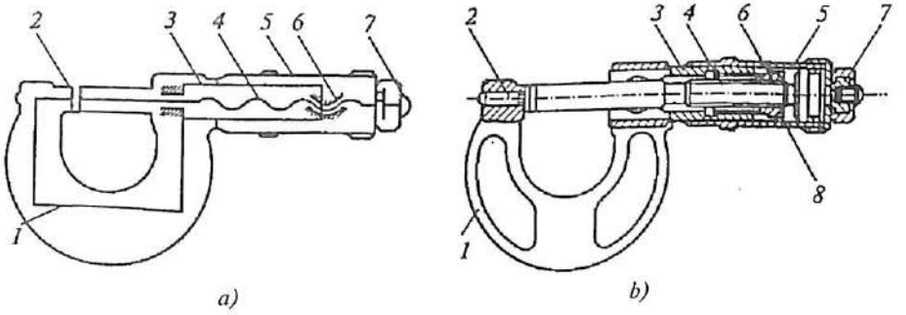
Mikrometrik asboblar tashqi va ichki o'lchamlarni, chiqiqlar balandligini, teshiklar va pazlar chuqurliklarini va h. k. larni mutlaq o'lchash uchun mo'ljallangan. Ularga silliq mikrometrlar (2.13- rasm); kiritmali mikrometrlar, mikrometrik chuqurlik o'lchagichlar; mikrometrik ich o'lchagichlar (nutromer) kiradi.

Bu asboblarning ishlash prinsipi vint juftini (vint-gayka) mikrometrik vintning aylanma harakatini ilgarilanma harakatga aylantirish uchun foydalanishga asoslangan. Mikrometrik asboblarning asosiy qismlari quyidagilardir: korpus, poya (band), uning ichida bir tomondan 0,5 mm qadamli mikrometrik rezba, ikkinchi tomondan vint surilishining aniq yo'nalishini ta'minlovchi silliq silindrik teshik bor. Vintga shaqildoq bilan ulangan baraban o'rnatilgan bo'lib, u o'lchashda doimiy kuchlanishni



2.12- rasm. **Noniusli burchak o'lchagich konstruksiyasi:**

1 — yarimdisk; *2* — siquvchi vint; *3* — burchaklikni siquvchi vint; *4* — qo'shimcha burchak; *5* — suriluvchi chizg'ich; *6* — qo'zg'almas chizg'ich; *7* va *8* — mikrometrik uzatish uchun qurilma; *9* — stopor vinti; *10* — nonius



2.13- rasm. **Silliq mikrometr:**

a — kinematik chizma; *b* — prinsipial chizma; *1* — korpus; *2* — qo'zg'almas tovon; *3* — yaproq; *4* — mikrometrik vint; *5* — baraban; *6* — mikrometrik juft gaykasi; *7* — o'lchashlar kuchlanishini barqarorlashtiruvchi qurilma (treshotka); *8* — kontrgayka

ta'minlaydi (mikrometrik ichki o'lchagichlar uchun shaqildoq o'rnatilmaydi). Tirak vintni kerakli vaziyatga o'rnatish uchun xizmat qiladi.

Mikrometrik asboblarning sanoq qurilmasi ikki shkaladan: bo'ylama va doiraviy shkaladan iborat. Bo'ylama shkala bo'yicha butun millimetrlar va 0,5 mm sanaladi, doiraviy shkala bo'yicha esa millimetrning o'ndan bir va yuzdan bir ulushlari sanaladi.

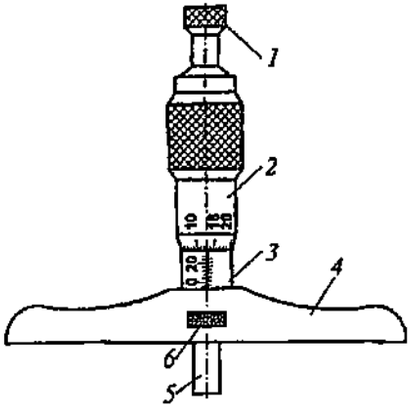
Mikrometrik asboblarning asosiy metrologik xarakteristikalari 2.3-jadvalda keltirilgan.

2.3- jadval

Mikrometrik asboblarning asosiy metrologik xarakteristikalari

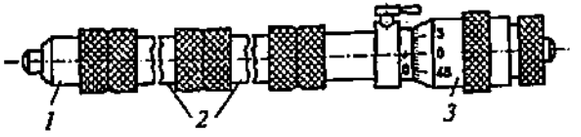
O'lchash vositasi	Shkalaning bo'lim qiymati, mm	Shkala ko'rsatishlari oralig'i, mm	Asbobning o'lchash chegaralari, mm	Asbobning chegaraviy xatoliklari, mkm	O'lchash kuchlanishi, H
Tashqi o'lchamlarni o'lchash uchun MK turidagi silliq mikrometrlar (DST 6507-78)	0,01	25	0...25 25...50 50...75 75...100 va h.k.	±2,0 ±2,5 ±2,5 ±2,5	5...9
Mikrometrik ich o'lchagich (HM turi) (DST 10-75)	0,01	25 100 525 1100	50...75 75...175 75...600 150...1250 va h.k.	±4,0 ±6,0 ±15,0 ±20,0	—
Mikrometrik chuqurlik o'lchagich (DST 7470-78)	0,01	25	0...25 25...50 50...75 75...100 100...125 125...150	±2,0 ±3,0 ±3,0 ±3,0 ±4,0 ±4,0	3...7

MK turidagi silliq mikrometrlar (DST 6507—78) (2.13- rasmga qarang) turli o'lchash chegaralarida ishlab chiqariladi: shkala ko'rsatishlari oralig'i 25 mm bo'lgan 0 dan 300 mm gacha, shuningdek, 300—400, 400—500 va 500—600 mm. Mikrometrlarning chegaraviy xatoligi o'lchashning yuqori chegaralariga bog'liq va MK—25 mikrometrlari uchun ±3 mkm dan MK—500 mikrometrlar uchun ±50 mkm gacha bo'lishi mumkin. Barcha o'lchash natijasini raqamli hisoblovchi mikrometrlar ishlab chiqariladi. Bunday mikrometrlardagi sanoq qurilmasi mexanik prinsip bo'yicha ishlaydi.



2.14- rasm. **Mikrometrik glubinomer:**
1 — treshotka; *2* — baraban; *3* — yaproq; *4* — traversa; *5* — qo'zg'aluvchi tovon; *6* — qayd qilish reykasi

Mikrometrik chuqurlik o'lchagich (DST 7470—78) (2.14- rasm) teshiklarning chuqurliklari, chiqiqlarning balandliklari va h.k. larni mutlaq o'lchash uchun mo'ljallangan. U travers *4* ga qayd qilgich gayka *6* yordamida mahkamlangan poya *3* ga ega. Bir o'lchash sirti travers *4* ning quyi



2.15- rasm. **Mikrometrik nutromer:**
1 — qo'zg'almas uchlik; *2* — uzaytirgich; *3* — mikrometrik kallak

(pastki) tekisligi, ikkinchi o'lchash sirti esa — harakatlanuvchi tovon *5* bilan birlashtirilgan mikrometrik vint tekisligi bo'ladi. Mikrovint baraban *2* bilan ulangan shaqildoq *1* bilan aylantiriladi. Mikrometrik chuqurlik o'lchagich komplektiga yassi o'lchov chetlari bo'lgan o'rnatuvchi o'lchovlar kiradi.

Mikrometrik ich o'lchagich (DST 10—75) (2.15- rasm) ichki o'lchamlarni mutlaq o'lchash uchun mo'ljallangan. O'lchashda o'lchov uchliklari tekshirilayotgan teshikning devorlariga tekkiziladi. Mikrometrik ich o'lchagichlarida shaqildoq bo'lmaydi, shuning uchun tekkizish zichligi paypaslab aniqlanadi. Ich o'lchagichni nol qiymatga o'rnatish ishi yoxud o'rnatish halqasi bo'yicha, yoki poyaga o'rnatiladigan yon yoqlar bilan chetki o'lchovlar bloki bo'yicha bajariladi.

NM turidagi mikrometrik ich o'lchagichlarni quyidagi o'lchov chegaralari bilan ishlab chiqariladi: 50—75, 75—175, 75—600, 150—1250, 800,2500, 1250—4000, 2500—6000 va 4000—10 000 mm. O'lchash chegaralarini orttirish zarurati tug'ilganda uzaytirgichlardan foydalaniladi.

Nazorat savollari

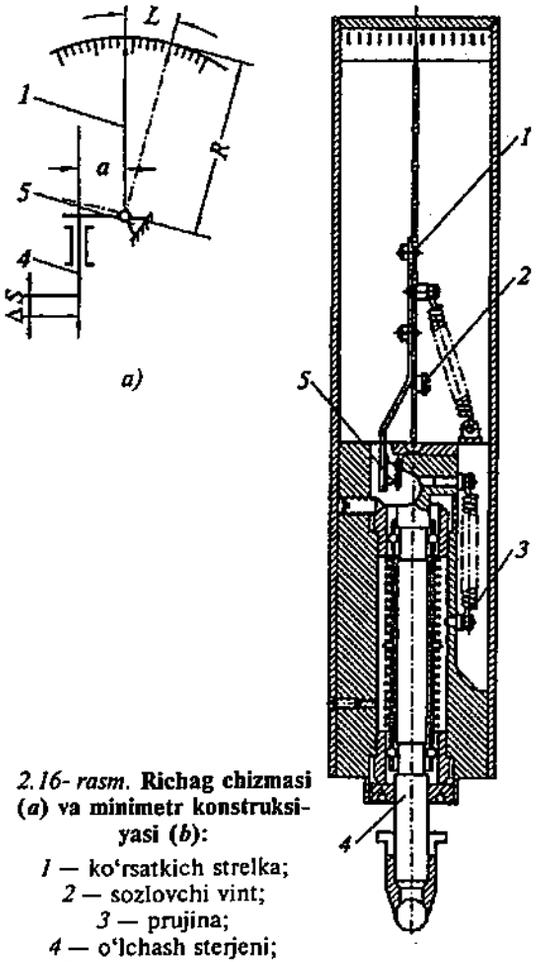
1. O'lchov chizg'ichlari va shtangenasbobning qo'llanish sohasi qanday?
2. Nonius shkalasi nima va uning ishlash prinsipi qanday?
3. Shtangenasbobning asosiy qismlari qanday?
4. Silliq mikrometr nimadan iborat va qanday ishlaydi?

Laboratoriya ishi: «Tashqi sirtlarni shtangenasbob va mikrometr bilan o'lchash».

2.2.3. Mexanik o'zgartiriluvchi o'lchash va nazorat qilish vositalari

Mexanik o'zgartiriluvchi o'lchash va nazorat qilish vositalari o'lchash sterjenining kichik ko'chishlarini ko'rsatkich (strelka, shkala, yorug'lik nurlari va h. k.) ning katta ko'chishlariga o'zgartirishga (almashtirishga) asoslangan. Mexanizmning turiga bog'liq holda ular richagli-mexanik (richagli), tishli, richagli-tishli, prujinali va prujinali-optik turlarga bo'linadi.

Richagli-mexanik asboblar, asosan, nisbiy o'lchashlar, radial va chetki urishlar uchun, shuningdek, detallar shaklining og'ishini nazorat qilish (yumaloqlikdan og'ish — ovallik, ogranka; silindriklikdan og'ish — konuslik; egarsimonlik; tekislikdan og'ish — botiqlik, qavariqlik va boshq.) uchun qo'llaniladi.



2.16- rasm. **Richag chizmasi (*a*) va minimetr konstruksiyasi (*b*):**
1 — ko'rsatkich strelka;
2 — sozlovchi vint;
3 — prujina;
4 — o'lchash sterjeni;
5 — tayanch pichoq

Richagli uzatmali asboblarga minimetrlar kiradi, ularning konstruksiyalari yelkalari teng bo'lmagan richagni qo'llanishga asoslangan (2.16- *a* rasm). Minimetrlarni konstruktiv jihozlash juda xilma-xildir. Pichoqli tayanchga ega minimetrlar eng keng qo'llaniladi, ulardan birining tuzilishi 2,16- *b* rasmda ko'rsatilgan.

O'lchov sterjeni *4* sharchali yo'naltirgichlar bo'ylab ko'chadi. Ko'rsatkich strelka *1* ning tayanch uchi o'z uchlari — oyoqchalari bilan minimetr korpusida mahkamlangan prizmatik yostiqchalarga tayanuvchi vilka ko'rinishiga ega. Tayanch pichoq *5* sterjen uchida mahkamlangan yassi yostiqchaga tegib turadi (ulangan).

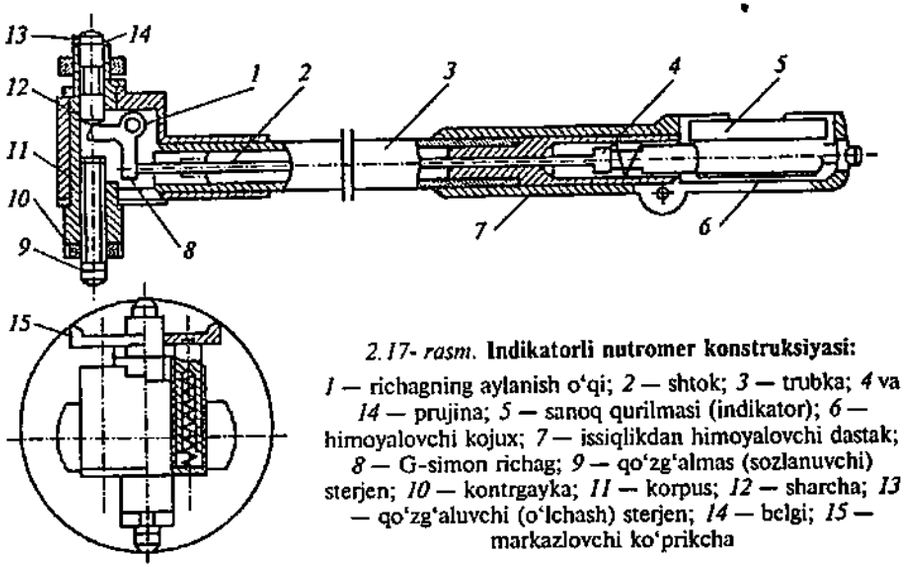
Sozlovchi vint *2* uzatish nisbatini sozlash uchun xizmat qiladi, ya'ni kichik *a* elkani (2.16- *a* rasm) — tayanch oyoqchalar orasidagi masofani o'rnatish uchun xizmat qiladi. Minimetrdagi o'lchash kuchlanishini prujina *3* vujudga keltiradi.

Minimetrlar tuzilishdagi kamchiliklar (pichoqlar va prizmalarning tez eyilishi, shkala bo'yicha o'lchash chegaralarining kichikligi, o'lchash kuchi kattaligi, inersionligi) ularning mashinasozlikda qo'llanilishini cheklaydi. Minimetrlarning asosiy metrologik xarakteristikalari 2.4- jadvalda keltirilgan.

2.4- jadval

Minimetrlarning asosiy metrologik xarakteristikalari

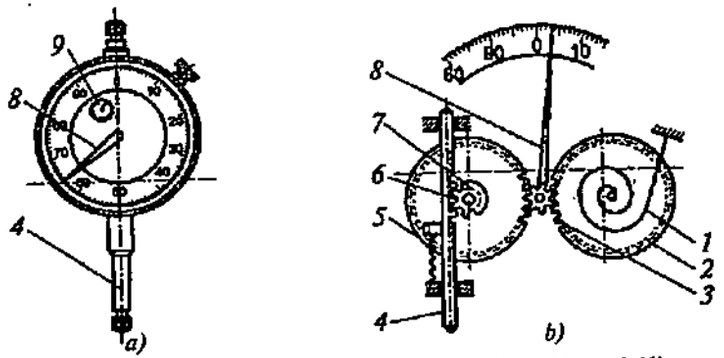
Shkalaning bo'lim qiymati, mkm	Shkala ko'rsatishlari opalig'i, mm	Asbob bilan o'lchash chegaralari, mm	Asbobning chegaraviy xotaliklari, $\pm\Delta_0$, mkm	O'lchash kuchlanishi, H
1,0	±0,03	Asbob mahkamlanadigan ustunning qo'llanilishiga bog'liq holda	± (0,5...1)	40
2,0	±0,03		± (0,5...1)	40
5,0	±0,05		± (0,5...1)	40
10,0	±0,05		± (0,5...1)	40



2.17- rasm. **Indikatorli nutromer konstruksiyasi:**
1 — richagning aylanish o'qi; *2* — shtok; *3* — trubka; *4* va *14* — prujina; *5* — sanoq qurilmasi (indikator); *6* — himoyalovchi kojux; *7* — issiqlikdan himoyalovchi dastak; *8* — G-simon richag; *9* — qo'zg'almas (sozlanuvchi) sterjen; *10* — kontrgayka; *11* — korpus; *12* — sharcha; *13* — qo'zg'aluvchi (o'lchash) sterjen; *14* — belgi; *15* — markazlovchi ko'prikcha

Richagli-mexanik asboblarga indikatorli nutromer (ich o'lchagich)lar ham (2.17- rasm) kiradi. Ular *3* dan 1000 mm gacha bo'lgan teshiklarni nisbiy o'lchash uchun mo'ljallangan. Ular korpus *11*, sanoq qurilmasi *5* (indikator), qo'zg'aluvchi (o'lchov) *13* va qo'zg'almas (sozlanuvchi) *9* sterjenlardan, teng yelkali (G- simon) richag *8* dan, markazlovchi ko'prikcha *15* va qo'zg'aluvchi shtok *2* dan iborat. Teshikni o'lchashda sterjen *13*, teshik o'qiga perpendikular yo'nalishda ko'chib, G-simon richag *8* ni o'qi atrofida buradi va shtok *2* ni va indikatorning o'lchovchi uchligi *5* ni o'shancha kattalikka siljitadi. Indikator strelkasining siljishi tekshirilayotgan teshikning haqiqiy o'lchamining nutromerning sozlanish o'lchamidan og'ishini ko'rsatadi. Indikatorni nolga o'rnatish yoki o'rnatish halqasiga ko'ra, yoki yon yoqli chetki o'lchovlar blokiga ko'ra (ular tutqichga qisiladi) amalga oshiriladi.

Sanoat bo'lim qiymati 0,01 mm (DST 868—82) bo'lgan indikatorli nutromerlar va bo'lim qiymati 0,001 va 0,002 mm bo'lgan (DST 9244—75) nutromerlarni ishlab chiqaradi Indikatorli nutromerlarning asosiy metrologik xarakteristikalari 2,5- jadvalda keltirilgan.



2.18- rasm. **Soat turidagi indikator (*a*) va uning chizmasi (*b*):**
1 — spiral prujina; *2, 3, 5* va *7* — tishli g'ildirak; *4* — sterjen; *6* — tishli reyka; *8* va *9* — strelka

2.5- jadval

Indikatorli nutromerlarning asosiy metrologik xarakteristikalari

Asbobning nomi va turi	Shkalaning bo'lim qiymati mm	O'lchashdagi eng katta chuqurlik, mm	Asbobning o'lchash chegaralari, mm	O'lchash sterjenining ko'chish chegaralarida asosiy yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi, mkm	O'lchash kuchlanishi, H
DST 668—82 bo'yicha nutromerlar:					
NI 10	0,01	60...100	6...10	8,0	2,5...4,5
NI 8	0,01	130	10...18	12,0	4,0...7,0
NI 50 A	0,01	150	18...50	12,0	4,0...7,0
	0,01	200	50...100	15,0	4,0...7,0
	...	...	...	...	...
NI 450B	0,01	500	250...450	15,0	5...9
DST 9244—75 bo'yicha nutromerlar	0,001	12	2...3	±1,8	3,0
		20	3...6	±1,8	3,0
		30	6...10	±1,8	3,5
	0,002	100	10...18	±3,5	4,0
		150	18...50	±3,5	4,5
		200	50...1000	±3,5	7,0
		300	100...160	±4,0	7,0
		300	160...250	±4,0	9,0

Ishlab chiqarish sharoitlarida va o'lchov laboratoriyalarida mutlaq o'lchashlar uchun **tishli uzatmali** indikatorlar yoki indikatorli o'lchov kallaklari keng qo'llanilmoqda.

Soat turidagi indikatorlar (DST 577—68) (2.18- rasm) tishli uzatmali asboblarning umumiy vakili bo'lib, qirqilgan tishli reykali *6* sterjen *4* ga, tishli g'ildiraklar *2, 3, 5* va *7* ga, spiral prujina *1* ga, strelka *8* ga ega. O'lchov sterjeni *4* ning qaytma-ilgarilanma ko'chishi strelka *8* ning aylanma harakatiga almashadi.

Strelkaning bitta aylanishi o'lchov sterjenining 1 mm ga siljishiga to'g'ri keladi. Butun millimetrlar shkala bo'yicha strelka *9* yordamida sanaladi. Asbob shkalasi 100 ta bo'limga ega. Indikator bo'limining qiymati 0,01 mm ga teng.

Soat turidagi (soatga o'xshash) indikatorlar ikki modifikatsiyada ikkita aniqlik sinfida (*0* va *1*) ishlab chiqariladi: o'lchov sterjeni shkalaga parallel siljuvchi ICh (SI) turidagi indikatorlar va o'lchov sterjeni shkalaga perpendikular siljuvchi IT turidagi indikatorlar. Shuningdek, raqamli sanoqli (elektron) soat turidagi indikatorlar ham ishlab chiqarilmoqda.

Soat turidagi indikatorlarning asosiy metrologik xarakteristikalari 2.6-jadvalda keltirilgan.

2.6-jadval

Soat turidagi indikatorlarning asosiy metrologik xarakteristikalari

Asbob turi (DST 577—68)	Shkalaning bo'lim qiymati, mm	Asbobning o'lchash chegaralari, mm	Asbobning butun oraliqdagi chegaraviy xatoliklari, mkm	O'lchash kuchlanishi, H
ICH, IT	0,01	0...2	10	1,5 (0,4)
ICH	0,01	0...5	12	1,5 (0,6)
	0,01	0...10	15	1,5 (0,6)
	0,01	0...25	22	3,0 (1,8)

DST 16497—80 soat turidagi indikatorlarning konstruksiyasi asosida DST 577—68 bo'yicha qurilgan, o'lchash natijalarini statistik ishlash bilan chiziqli o'lchamlar indikatorlarini tayyorlashni ko'zda tutadi. Ular o'lchash va nazorat qilish operatsiyalarida hisoblashlarni mexanizatsiyalash uchun mo'ljallanadi.

Statistik indikatorlarning turlari:

SIS — o'rta arifmetik qiymatlar statistik indikatori, tanlab olishda o'rta arifmetik qiymatni aniqlash uchun mo'ljallangan. Indikatorda ikkita strelka bor: haqiqiy o'lchamlar va o'rta arifmetik qiymatlar;

SIM — tanlab olishda mediananing holatini aniqlash uchun mo'ljallangan medianalarning statistik indikatori. Indikator uchta strelkaga ega: joriy o'lchamlar strelkasi va ikkita qo'shimcha strelkalar, ular bo'yicha mediananing holati belgilanadi;

SIR — eng katta va eng kichik qiymatlar orasidagi farqni aniqlash uchun mo'ljallangan tebranishlarning statistik indikatori. Indikator uchta strelkaga ega: joriy o'lchamlar strelkasi va ikkita qo'shimcha strelka, ularning har biri og'uvchi bo'lgani holda chetki og'ishlarning birini — eng kichik va eng katta og'ishlardan birini qayd etadi. Tebranish kattaligi qo'shimcha strelkalar orasidagi shkala bo'limlarida ifodalangan masofa bo'yicha aniqlanadi;

SIB — yo'l qo'yilgan eng katta va eng kichik og'ishlar maydoni tashqarisidagi detallar miqdorini aniqlash uchun mo'ljallangan brakning statistik indikatori. Indikator uchta strelkaga ega: o'lchamning ikki strelkasi musbat va manfiy og'ishlar qiymatini ko'rsatadi, uchinchi strelka esa dopusk (qo'yim) maydonidan tashqarida bo'lgan (detallarning) o'lchamlari sonini ko'rsatadi.

SIG — toraytirilgan qo'yimni, shuningdek, ularning yig'indisi va ayirmasini aniqlash uchun mo'ljallangan guruhlashlarning statistik indikatori. Indikator uchta strelkaga ega: joriy o'lchamlar va musbat hamda manfiy og'ishlar miqdorlari;

SID — tanlashda dispersiyalar va o'rtacha kvadratik og'ishlar qiymatlarini aniqlash uchun mo'ljallangan dispersiyalarning statistik indikatori. Indikator o'rta arifmetik, o'rtacha kvadratik og'ishlar va dispersiyalar strelkalariga ega.

Statistik indikatorlarning me'yordagi sharoitlarda asosiy metrologik xarakteristikalari 2.7- jadvalda keltirilgan.

Richagli-tishli uzatmali asboblarga richagli-tishli o'lchash kallaklari, richagli skobalar, richagli mikrometrlar va h.k. lar kiradi. Bu asboblar tashqi sirtlarni nisbiy o'lchash uchun mo'ljallangan.

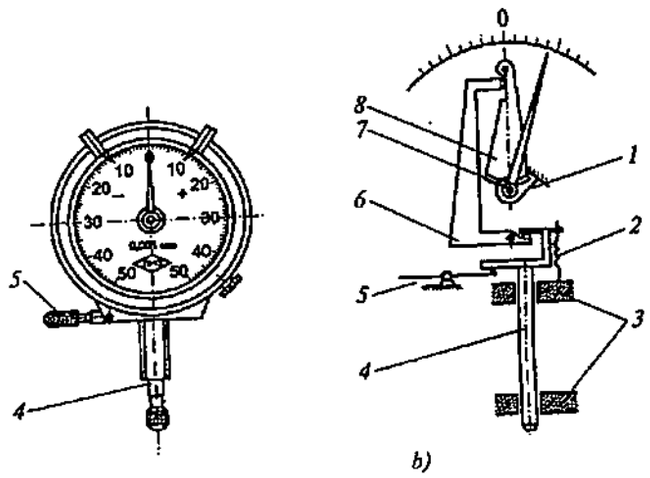
2.7- jadval

Statistik indikatorlarning asosiy metrologik xarakteristikalari

Indikator turi	Shalaning bo'lim qiymati (kamida), mm	O'lchash oralig'i (kamida), mm	Foydalaniladigan tanlamalar hajmi (kamida)	Butun o'lchash oralig'ida asosiy yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi, mkm	Ko'rsatishlar ishlar tebranishi qiymatining yo'l qo'yiladigan chegarasi, mkm	Asosiy xatolik tasodifiy tashkil etuvchisining tebranishining yo'l qo'yiladigan qiymati chegarasi	O'lchash kuchlanishi, H
SIS	0,1	0,5	Cheklanmagan	10,0	5,0	4,0	1,5(0,6)
SIM	0,1	1,0	O'sha	10,0	5,0	4,0	1,5(0,6)
SIR	0,1	1,0	—"—	10,0	5,0	4,0	1,5(0,6)
SIB	0,1	1,0	—"—	10,0	5,0	4,0	1,5(0,6)
SIG	0,1	1,0	—"—	10,0	5,0	4,0	1,5(0,6)
SID	0,1	1,0	20	10,0	5,0	4,0	1,5(0,6)

Richagli tishli o'lchash kallaklari (2.19- rasm) soat uridagi indikatorlardan tishli uzatma qatori mexanizmning uzatish sonini orttirishga va bu bilan o'lchash aniqligini oshirishga imkon beruvchi richagli sistemaning mavjudligi bilan ajralib turadi. O'lchash sterjeni *3* ning ikkita aniq yo'naltiruvchi vtulkalar *3* da ko'chishida richag *6* burilib, katta yelkasida tishli g'ildirak (trib) *7* bilan tishlashishga kirishuvchi tishli sektorga bo'lgan richag *8* ga ta'sir ko'rsatadi. Tribning o'qida oraliq tanlovchi spiral prujina *7* bilan bog'langan vtulka bilan strelka o'rnatilgan. O'lchash kuchlanishni prujina *2* vujudga keltiradi. O'lchash sterjenini arretirlash uchun arretir *5* xizmat qiladi.

Sankt-Peterburgdagi asbobsozlik zavodi bo'lim qiymati 0,001 va 0,002 mm bo'lgan bir aylanishli va ko'p aylanishli richagli-tishli o'lchash kallaklari



2.19- rasm. **Richagli-tishli o'lchash kallagi (*a*) va uning chizmasi (*b*):**
1 — spiral prujina; *2* — prujina; *3* — yo'naltiruvchi vtulkalar; *4* — o'lchash sterjeni; *5* — arretir; *6* va *8* — richag; *7* — tishli g'ildirak (trib)

tayyorlab chiqaradi (DST 9696—82). Ko'p aylanishli kallaklar yuqori aniqlik va katta o'lchash oralig'i talab qilinganda qo'llaniladi.

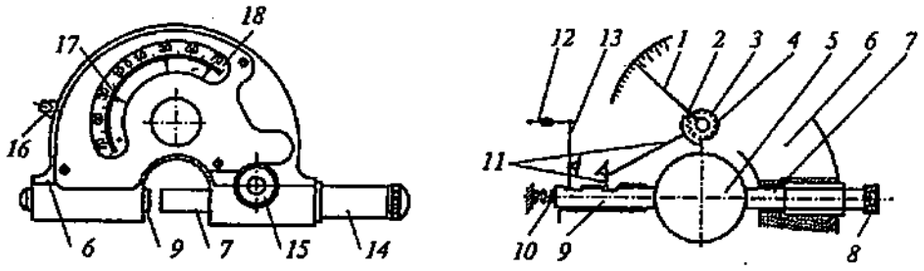
DST 5584—75 bo'lim qiymati 0,01 mm o'lchash richagi holati korpusiga nisbatan o'zgaradigan richagli-tishli indikatorlarni ishlab chiqarishni ko'zda tutadi.

Richagli-tishli o'lchash kallaklarining asosiy metrologik xarakteristikalari 2.8- jadvalda keltirilgan.

2.8- jadval

Richagli-tishli o'lchash kallaklarining asosiy metrologik xarakteristikalari

Kallak turi	Shkalaning bo'lim qiymati, mm	O'lchash oralig'i mm	O'lchash kuchlanishi(o'lchash kuchlanishi tebranishi), H	Butun o'lchash oralig'ida asosiy yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi, mkm	Kallakning shartli belgilanishi
DST 5584—75 bo'yicha kallaklar: IRB, IRT	0,01	0,8	1...4	10,0	IRB DST 5584—75
Ko'p aylanishli (DST 9696—82):					
1MIG, 1MIGP	0,001	1,0	2,0 (0,5)	2,5 1,8	1MIG DST 9696—82
2MIG, 2MIGP	0,002	2,0	2,0 (0,70)	5,0 3,5	1MIGP DST 9696—82



a) *b)*

2.20- rasm. **Richagli skoba-passametr (*a*) va uning chizmasi (*b*):**

1 — strelka; *2* — tishli sektor; *3* — spiral prujina; *4* — tishli g'ildirak; *5* — o'lchash obyekti; *6* — korpus; *7* — qo'zg'almas (sozlanuvchi) tovon; *8* — sozlovchi mikrovint; *9* — qo'zg'aluvchi tovon; *10* — prujina; *11* — o'lchash richagi; *12* — arretir sterjeni; *13* — arretir richagi; *14* — himoyalovchi g'ilof; *15* — fiksator gaykasi; *16* — arretir knopkasi; *17* — shkala; *18* — haqiqiy og'ishlar chegarasi ko'rsatkichi

Richagli skobalarda (DST 11098—75) (2.20- rasm) o'lchash jarayonida qo'zg'aluvchi tovoncha *9* ko'chib, o'lchov richagi *11* ga ta'sir ko'rsatadi, uning tishli sektori tishli g'ildirak *4* ni va uning o'qiga qo'zg'almas qilib mahkamlangan strelka *1* ni buradi. Spiral prujina *3* tishli g'ildirakni tishli sektorga doim siqib turadi, shu bilan oraliqni bartaraf qilib turadi. Sozlash uchun mikrovint *8* asbobni chetki o'lchovlar bloki bo'yicha nolga o'rnatish uchun xizmat qiladi. Sanoatda o'lchanadigan kattalikni millimetrlarda, millimetrning o'ndan bir va yuzdan bir ulushlarida raqamli sanaladigan richagli skobalar ham ishlab chiqariladi.

Richagli mikrometrlar (DST 4381—80) richagli skobalarga o'xshashdir va ulardan faqat o'lchanayotgan kattalikni millimetrda, millimetrning o'ndan bir va yuzdan bir ulushlarida sanash uchun metrometrik kallak mavjud ekanligi bilangina farq qiladi. Tashqi o'lchamlarni 100 mkm gacha o'lchash uchun korpusiga o'rnatilgan sanoq qurilmali MR tipidagi mikrometrlar ko'zda tutilgan. MRZ turidagi mikrometrlar tishli g'ildiraklarning umumiy normali uzunligini o'lchash uchun mo'ljallangan, MRI turidagi mikrometrlar esa 100 dan yuqori va 2000 mm gacha bo'lgan tashqi o'lchamlarni o'lchash uchun mo'ljallangan.

Richagli skobalar va richagli mikrometrlarning asosiy metrologik xarakteristikalari 2.9- jadvalda keltirilgan.

Prujina uzatkichli asboblarga prujinali o'lchov kallaklar (DST 6933—81), kichik gabaritli o'lchov kallaklari (mikatorlar DST 14712—79) va yondan ta'sir qiluvchi richagli-prujinali o'lchov kallaklari (minikatorlar DST 14711—69) tegishlidir. Bu asboblar o'lchamlarni nisbiy o'lchashlar, detallarning to'g'ri geometrik shakldan yuqori aniqlikda og'ishini tekshirish uchun, shuningdek, faol nazorat qilish vositalarini tekshirish va sozlash uchun mo'ljallangan.

Bu turdagi asboblar uzatish mexanizmlarida eni 0,1—0,2 va qalinligi 0,008—0,015 mm bo'lgan buralgan fosforli bronza tasmaning elastiklik xossalaridan foydalanish prinsipi asosida qurilgan.

2.9- jadval

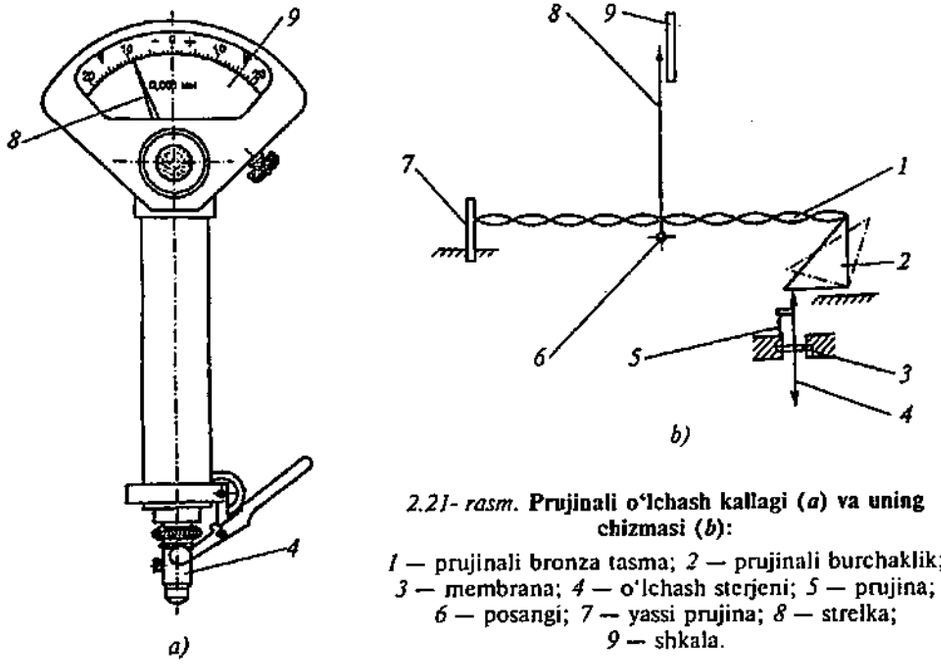
Richagli skobalar va richagli mikrometrlarning asosiy metrologik xarakteristikalari

Asbob nomi va turi	Sanoq qurilmasining bo'lim qiymati, mm	Shkala ko'rsatishlari oralig'i, mm	Asbobda o'lchash chegaralari, mm	Asbobning chegaraviy xatoliklari, ±Δ, mkm	O'lchash kuchi, H
SR turidagi richagli skobalar (GOST 11098—75)	0,002	±0,14	0...25 25...50 50...75 75...100 100...125 125...150	±0,2	6,0±1,0 6,0±1,0 8,0±2,0 8,0±2,0 8,0±2,0 8,0±2,0
GOST 4381—80 bo'yicha richagli mikrometrlar:					
	0,002	±0,14	0...25 25...50 50...75 75...100	±2,0 ±2,0 ±2,0 ±2,0	6,0±1,0
MRZ	0,002	±0,14	0...20 20...45	±3,0 ±3,0	6,0±1,0
MRI	0,002	±0,10	100...125 125...150 150...200 200...250 va h.k	±4,0 ±4,0 ±4,0 ±5,0	8,0±1,0

Prujinali o'lchov kallaklari (2.21- rasm) bunga o'xshash boshqa asboblarga nisbatan juda katta afzalliklarga ega: yuqori sezgirlik, o'lchash kuchi kichik, teskari yurish xatoligi juda kichik, mexanizmining ishonchliligi yuqori. Bu kallaklarning asosiy kamchiligi: ko'rsatishlarni haddan ortiq ingichka strelka bo'yicha sanashdagi noqulayliklar va strelkada titrashlarning mavjudligi, bu esa o'lchashdagi xatoliklarni orttiradi. Prujinali o'lchash kallagida prujinali bronza tasma *1* strelka *8* ga nisbatan turli tomonga buralgan va o'ng uchi bilan prujinali burchaklik *2* ga, chap uchi bilan esa yassi prujina *7* ga mahkamlangan.

O'lchov sterjeni *4* ning ko'chishida burchaklik *2* buriladi, bu prujinali bronza tasma *1* ning cho'zilishiga va uning o'rtasida mahkamlangan strelkaning shkala *9* ga nisbatan burilishiga sabab bo'ladi. Strelka posangi *6* yordamida muvozanatga keltirilgan. O'lchash kuchini prujina *5* vujudga keltiradi. O'lchov sterjeni *4* kallak korpusiga membrana *3* da va prujinali burchaklik *2* da osilgan.

Prujinali o'lchov kallaklari quyidagi ijrolarda tayyorlanadi: IGP — me'yordagi o'lchov kuchi (kuchlanishi) bilan, IGPU — kamaytirilgan o'lchov kuchi bilan, IGPR — sozlanuvchi o'lchov kuchi bilan, IGPG — germetiklangan, IGPV — titrashga bardoshli.



2.21- rasm. **Prujinali o'lchash kallagi (*a*) va uning chizmasi (*b*):**

1 — prujinali bronza tasma; *2* — prujinali burchaklik; *3* — membrana; *4* — o'lchash sterjeni; *5* — prujina; *6* — posangi; *7* — yassi prujina; *8* — strelka; *9* — shkala.

Mikatorlar va minikatorlar o'xshash prujinali mexanizmga ega va ularning ishlash prinsipi mikrokatorning ishlash prinsipidan farq qilmaydi.

Prujinali uzatkichli asboblarning asosiy metrologik xarakteristikalari 2.10- jadvalda keltirilgan.

2.10- jadval

Prujinali uzatkichli asboblarning asosiy metrologik xarakteristikalari

Asbobning nomi va turi	Shkala bo'limi qiymati, mkm	O'lchash oralig'i (kamida), mkm	O'lchash kuchi (IGPU, IPMU kallaklari uchun)	O'lchash kuchini rostlash chegarasi, H	Shkalaning 30 bo'limigacha bo'lgan istagan qismida yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi, mkm
IGP, IGPU turlaridagi DST 6933-81 bo'yicha prujinali o'lchov kallaklari	0,1	±4,0	1,5 (0,5)	0...1,5	0,1
	0,2	±6,0	1,5 (0,5)	0...1,5	0,15
	0,5	±15,0	1,5 (0,5)	0...1,5	0,25
	1,0	±30,0	2,0 (0,5)	—	0,4
	2,0	±60,0	2,0 (2,0)	—	0,8
	5,0	±150,0	3,0 (3,0)	—	2,0
	10,0	±300,0	3,0 (3,0)	—	3,0
Mikatorlar DST 14712-79 turlari: IPM, IPMU	0,2	±10,0	1,0 (0,5)	—	0,15
	0,5	±25,0	1,5 (0,5)	—	0,30
	1,0	±50,0	1,5 (0,5)	—	0,50
	2,0	±100,0	1,5 (0,5)	—	1,0
Minikatorlar DST 14711-69	1,0	±40	0,2	—	0,5
	2,0	±80	0,3		1,0

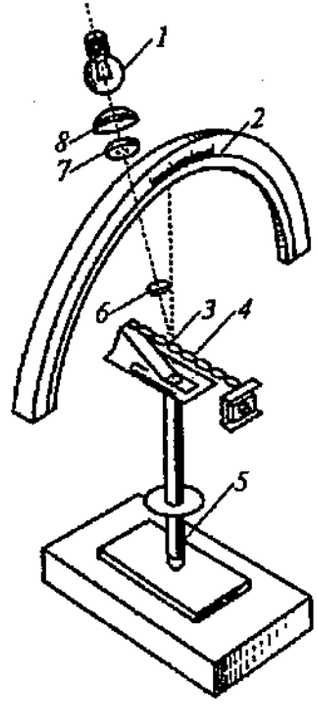
Nazorat savollari

1. Mexanik o'zgartkichli o'lchov va nazorat qilish vositalarining ishlash prinsipi nimaga asoslangan?
2. Soat tipidagi indikatorning tuzilishi va ishlash prinsipi qanday?
3. Indikatorli nutromerning tuzilish va ishlash prinsipi qanday?
4. Richagli skoba «0» ga qanday sozlanadi?

Laboratoriya ishi: «Ichki sirtlarni qo'shimcha vositalar bilan o'lchash».

2.2.4. Optik va optik-mexanik o'zgartkichli o'lchash va nazorat qilish vositalari

Optik-mexanik o'lchash vositalari o'lchov laboratoriyalari va sexlarida kalibrlar, yassi parallel chetki uzunlik o'lchovlari, aniq buyumlarning o'lchamlarini o'lchash, shuningdek faol va faol bo'lmagan nazorat qilish vositalarini sozlash va tekshirish uchun keng qo'llanilmoqda. Bu asboblar optik sxemalar va mexanik uzatmalarni qo'shib olib borishga asoslangan. Optik-mexanik o'lchov vositalariga quyidagilar kiradi: prujinali-optik o'lchov kallaklari (optikatorlar), optimetrlar, ultraoptimetrlar, uzunlik o'lchagichlar, o'lchov mashinalari, interferometrlar va bir qator boshqa asboblar.



2.22- rasm. **Optikator:**

1 — lampochka; *2* — shkala; *3* — ko'zgu; *4* — buralgan bronza tasma; *5* — o'lchash sterjeni; *6* — obyektiv; *7* — belgi; *8* — kondensator

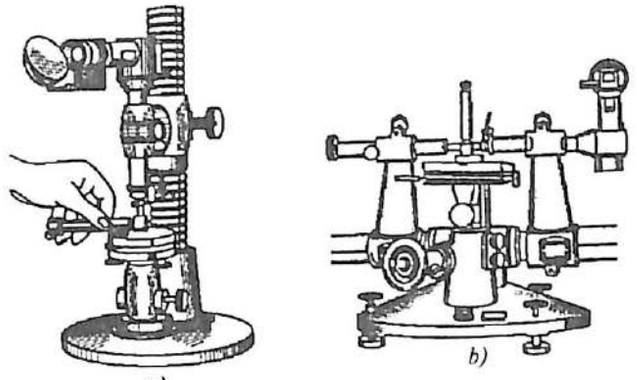
Optikator (DST 10593—74) (2.22-rasm) mikrokator prinsipida yasalgan, ammo uning asosiy kamchiliklaridan holi qilingan. Buralgan bronza tasma *4* da ko'zgu *3* mahkamlangan bo'lib, u shkala *2* ga belgi shtrixi *7* ni akslantiradi. Kondensator *8* orqali lampochka *1* bilan yoritiladigan shtrixli belgi obyektiv *6* orqali uning fokusida joylashgan ko'zguga proyeksiyalanadi. O'lchov sterjeni *5* ko'chganda va tasma tovidan chiqarilganda (buralganda) shtrixli ko'rsatkichning tasviri shkala bo'yicha ko'chadi. Ko'zgudan qaytgan yorug'lik nuri tasmaning o'rtacha kesimi bir xil tovidan chiqarish (buralish) burchagida ikki marta katta burchakka og'adi. Optikatorning sezgirligi mikrokator sezgirligidan ikki marta katta, butun shkala bo'yicha xatolik esa 0,4 mkm dan oshmaydi. Optikatorlarning asosiy metrologik xarakteristikalari 2.11- jadvalda keltirilgan.

2.11-jadval

Optiko-mexanik asboblarning asosiy metrologik xarakteristikalari

Asbobning nomi va turi	Shkalaning bo'lim qiymati, mkm	Shkala bo'yicha o'lchash chegaralari, mkm	Shkalaning 100 bo'limi chegaralaridagi istagan qismida yo'l qo'yiladigan xatolik chegaralari, mkm	Eng katta o'lchov kuchi (o'lchov kuchi tebranishi), H	Ko'rsatishlar turi, mkm
Optikatorlar (DST 10593—74):					
01P	0,1	24	±0,05	1,5(0,3...0,5)	0,03
02P	0,2	50	±0,1	1,5(0,3...0,5)	0,06
05P	0,5	100	±0,2	1,5(0,3...0,5)	0,15
1P	1,0	250	±0,4	1,5(0,3...0,5)	0,30
Optimetrlar (DST 5405—75):					
OV—100	0,2	±25	±(0,07...0,1)	2,0	0,02
OV—200	1,0	±100	±(0,2...0,3)	2,0	0,1
OG—500	1,0	±100	±(0,2...0,3)	2,0	0,1
IKP-2 ultra optimetrlar	0,2	±25 ±83	±0,1 ±0,1	0,5...1,5 0,5...1,5	— —
Optik uzunlik o'lchagichlar (DST 14028—68):					
DVO	1,0	0...100 mm	(1,4+1/100)	2,0	0,4
DVE	1,0	0...100 mm	(1,4+1/100)	2,0	0,4
DGE	1,0	0...100 mm	(1,4+1/100)	2,5	0,1
O'lchov mashinalari (DST 10875—76):	Bir metrli shkala uchun — 100 mm, yuz millimetrli shkala	O'lchashning yuqori chegarasi:			0,2 tashqi o'lchamlar uchun, 1,0 ichi o'lchamlar uchun
IZM—1	uchun —1 mm,	1 m	±(0,4+4·10³L)	2,0±0,5	
IZM—2	o'lchash urilmasi	2 m	±(0,4+4·10³L)	2,0±0,5	
IZM—3	uchun -0,001mm	4 m	±(0,4+4·10³L)	2,0±0,5	
264 modelidagi interferometr (vertikal)	0,05 0,1 0,2	±2,5 ±5,0 ±10,0	±0,05 ±0,08 ±0,10	1,5±0,10(0,02) 1,5±0,10(0,02) 1,5±0,10(0,02)	0,02 0,03 0,04

Optimetr (DST 5405—75) o'lchov kallagidan (u optimetr trubkasi deyiladi) va vertikal yoki gorizontal ustundan iborat. Ustunning turiga qarab optimetrlar vertikal (masalan, OVO—1, yoki IKV) (2.23- *a* rasm)



a) *b)*

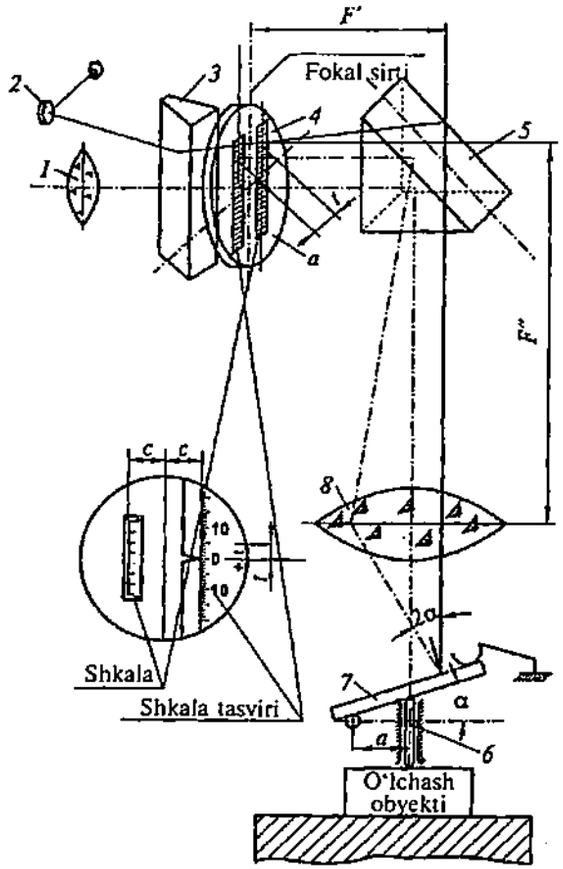
2.23- rasm. **Optimetr:**
a — vertikal; *b* — gorizontal

va gorizontal (masalan, OGO—1, yoki IKG) (2.23- *b* rasm) optimetrlarga bo'linadi. Sankt-Peterburgdagi asbobsozlik zavodi shuningdek gorizontal va vertikal proyeksion optimetrlar ishlab chiqaradi (OGE—1 yoki OVE—02). Proyeksion optimetrlarda o'lchash natijalarini hisoblash ekranga proyeksiyalangan shkalaga ko'ra, amalga oshiriladi. Vertikal optimetrlar detallarning tashqi o'lchamlarini o'lchash uchun, gorizontal optimetrlar esa ham tashqi, ham ichki o'lchamlarni o'lchash uchun mo'ljallangan.

Optimetrlarning optik sxemasida avtokollimatsiya va optik richag prinsiplaridan foydalanilgan.

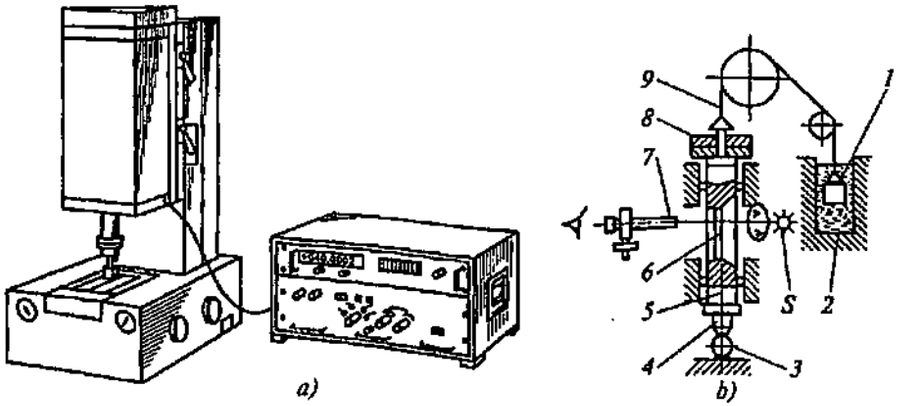
Optimetr trubkasining ishlash prinsipi 2.24- rasmda ko'rsatilgan yorug'lik manbaidan kelayotgan nurlarni ko'zgu *2* trubkadagi tirqishga yo'naltiradi va u uch yoqli prizmada sinib, shisha plastinka *4* tekisligiga chizilgan 200 bo'limga ega shkala orqali o'tadi. Nur shkaladan o'tib, to'liq qaytish prizmasi *5* ga tushadi va undan to'g'ri burchak ostida qaytib, obyektiv *8* ga va ko'zgu *7* ga yo'naladi. O'lchanayotgan detalga tayanuvchi sterjen *6* ko'chganda ko'zgu *7* tayanch sharcha markazi orqali o'tuvchi o'q atrofida α burchakka buriladi, bu esa ko'zgu *7* dan qaytgan nurlarning 2α burchakka burilishini vujudga keltiradi. Qaytgan nurlar dastasini obyektiv yig'iluvchi dastaga aylantiradi, u shkalaning tasvirini beradi. Bunda shkala vertikal yo'nalishda qo'zg'almas ko'rsatkichga nisbatan o'lchanayotgan o'lchamga proporsional ravishda ma'lum bir kattalikka siljiydi. Shkala tasviri okulyar *1* da odatda bir ko'z bilan kuzatiladi, bu esa nazorat qiluvchini charchatadi. Sanoqni ta'minlash uchun maxsus proyeksion o'tkazma kiydiriladi, uning ekranida shkala tasvirini ikkala ko'z bilan ko'rish mumkin. Optimetrlarning asosiy metrologik xarakteristikalarini 2.11- jadvaldan qarang.

Optik dlinomer (DST 14028—68) (2.25- *a* rasm) o'lchov kallagi va vertikal yoki gorizontal ustunchadan iborat. Dlinomer (uzunlik o'lchagich)ning ishlash sxemasi 2.25- *b* rasmda ko'rsatilgan. Dlinomerning



2.24- rasm. **Optimetrning optik chizmasi:**

1 — okulyar; *2* — ko'zgu; *3* — uch yoqli prizma; *4* — shisha plastinka; *5* — to'la qaytish prizmasi; *6* — o'lchash sterjeni; *7* — buriluvchi ko'zgu; *8* — obyektiv



2.25- rasm. **Optik uzunlik o'lchagich (a) va uning ishlash chizmasi (b):**

1 — posangi; *2* — moyli dempfer; *3* — o'lchanuvchi detal; *4* — o'lchash uchligi; *5* — pinol; *6* — shisha shkala; *7* — sanoq mikroskopi; *8* — yuk shaybalari; *9* — po'lat tasma; *S* — yorug'lik manbai

tuzilishi Abbe prinsipiga mos keladi, ya'ni asosiy shkala o'lchanayotgan detal *3* ning davomi bo'ladi. Pinol *5* da o'lchanayotgan detal *3* bilan tegib turuvchi o'lchov uchligi 4 mahkamlangan. Pinol *5* ning og'irlik kuchi posangi *1* bilan muvozanatga keltiriladi, posangi moyli dempfer *2* ichida ko'chadi. Pinol *5* posangi bilan bloklar orqali o'tkazilgan po'lat tasma *9* bilan biriktirilgan bo'lib, dlinomerning o'lchov kuchi pinol *5* va posangi *1* ning massalari farqi bilan aniqlanadi. Bu kuch yuk shaybalari *8* yordamida tartibga solinadi. *S* yorug'lik manbai bilan yoritiladigan shisha shkala *6* bo'yicha hisoblashlarni spiral noniusli sanoq mikroskopi *7* yordamida amalga oshiriladi.

Hozirgi vaqtda raqam bilan sanaladigan dlinomerlar yana ham keng tarqalmoqda, ularning tablolarida bevosita o'lchanayotgan o'lchash yorishib ko'rinadi.

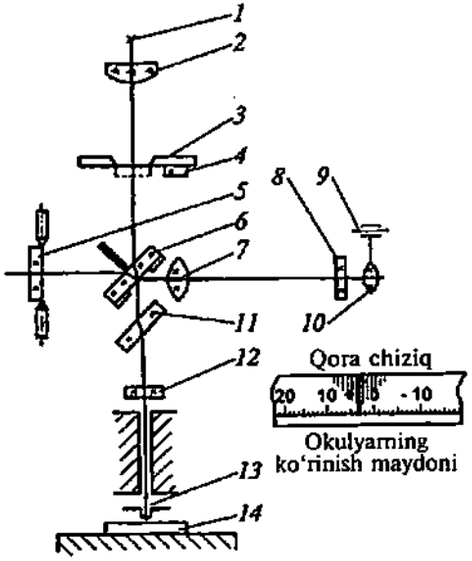
Optik dlinomerlarning asosiy metrologik xarakteristikalarini 2.11-jadvaldan qarang.

O'lchash mashinalari (bir-, ikki- va uch koordinatali) murakkab korpusli detallarni, katta uzunlikdagi detallarni, bitta yoki turli tekisliklarda yotuvchi teshiklar o'qlari orasidagi masofalarni nazorat qilish uchun, tekis profil shablonlarning parametrlarini to'g'ri burchakli va qutb koordinatalarida nazorat qilish uchun mo'ljallangan. Ikki va uch koordinatali o'lchash mashinalari raqamli hisoblashni o'lchash natijalarini EHM da avtomatik chiqarishga imkon berib, olingan dasturlarni SDB stanoklarida shunga o'xshash detallarga ishlov berishda (modellar bo'yicha ishlov berish) foydalaniladi. O'lchash mashinalari 3- bobda yanada mufassal ko'rib chiqilgan.

Ulardan asosiylarining metrologik xarakteristikalarini 2.11- jadvaldan qarang.

Interferometrlar ancha aniq optik-mexanik asboblarga kiradi. Ular asosan uzunlikning chetki o'lchovlarini, juda aniq buyumlarning o'lchamlari va shaklini tekshirish uchun qo'llaniladi va yorug'lik to'lqinlarining interferensiyasi hodisasidan foydalanishga asoslangan. Chiziqli o'lchashlar uchun interferometrlar kontaktli (IKPV — vertikal, IKPG — gorizontal) va kontaktsiz turlarga bo'linadi. Kontaktli interferometrlar bo'lim qiymatini 0,05 dan 0,2 mkm gacha sozlash imkonini beruvchi bir xil interferension trubkalarga ega.

Interferometr trubkasida (2.26- rasm) lampa *1* dan tushayotgan yorug'lik kondensor *2* tomonidan diafragma *3* orqali bo'luvchi yarim shaffof plastina *6* ga yo'llanadi. Nurlarning bir qismi yarim shaffof plastina *6* va kompensator *11* orqali o'tib, o'lchov sterjeni *13* ning yuqori uchiga mahkamlangan ko'zgu *12* dan qaytadi va kompensator *11* orqali yana yarimshaffof plastina *6* ga qaytadi. Yorug'lik dastasining boshqa qismi bo'luvchi yarimshaffof plastina *6* ning ishchi sirtidan qaytib, burish ko'zgusi *5* ga tushadi va qaytgandan so'ng, yana yarim shaffof plastina *6* ga qaytadi. Shunday qilib, yarimshaffof plastina *6* ning ishchi sirtida yorug'lik dastasining ikkala qismi kichik yurish farqi bilan interferensiyalanadi. Obyektiv *7* teng qalinlikdagi



2.26- rasm. **Interferometr trubkasi chizmasi:**
1 — lampa; *2* — kondensator; *3* — diafragma; *4* — parda; *5* — buriluvchi ko'zgu; *6* — yarimshaffof plastina; *7* — obyektiv; *8* — to'r; *9* — okulyarni surish mexanizmi; *10* — okulyar; *11* — kompensator; *12* — ko'zgu; *13* — o'lchash sterjeni; *14* — o'lchash obyekti

yo'llarning interferension manzarasini to'r *8* tekisligiga proyeksiyalaydi. Interferension yo'lni va to'rga tushirilgan shkalani okulyar *10* orqali kuzatiladi.

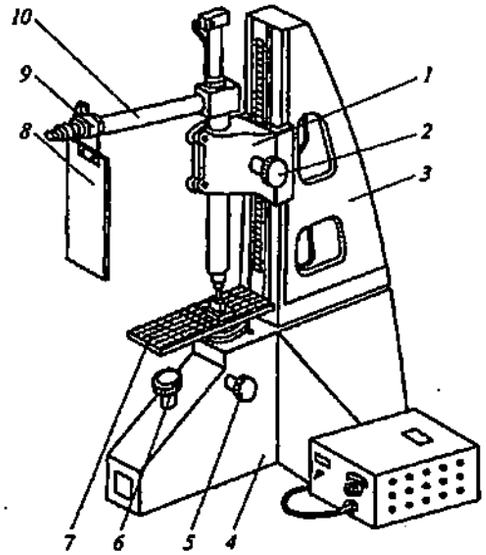
Bir xil qalinlikdagi interferension yo'llar ko'zgu *5* ning ko'zgu *12* sirtiga nisbatan biror kichik burchakka burilishi natijasida hosil bo'ladi. Oq yorug'lik bilan yoritilganda shkala fonida bitta qora (axromatik) yo'l va uning ikki tomonida quyuqligi kamayib boruvchi bir necha bo'lgan yo'llar ko'rinadi. Qora yo'l noldan boshlab ikkala tomonga 50 tadan bo'limi bo'lgan shkala bo'yicha sanashda ko'rsatkich bo'lib xizmat qiladi, u o'lchov sterjeni 13 ning ko'chishiga proporsional ravishda siljiydi.

Vertikal kontaktli interferometr (2.27- rasm) qattiq quyma asos *4* ga va *4* ustun *3* ga ega. Ustunning yo'naltiruvchisi bo'yicha interferometr *10* trubkasini eltuvchi kronshteyn *1* kremolera *2* yordamida ko'chishi mumkin. Trubka *9* ning xomutida issiqlikdan himoyalovchi ekran *8* mahkamlangan. Stol *7* ni vertikal yo'nalishda mikrouzatma *6* vinti bilan ko'chirish va belgilangan vaziyatda vint *5* bilan to'xtatish mumkin.

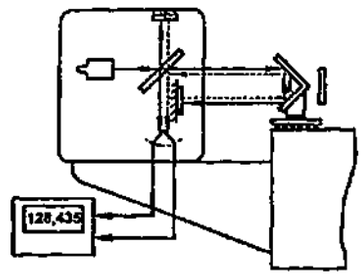
Interferometrlarning asosiy metrologik xarakteristikalarini 2.11-jadvaldan qarang.

Keyingi vaqtlarda sanoatda raqamli sanovchi kontaktsiz lazer interferometrlari ishlab chiqarila boshladi. Ular mutlaq uslub bilan katta o'lchamga ega detallarni (60 m gacha va undan ortiq) yuqori unumdorlik va aniqlik bilan o'lchashga imkon beradi. Bunday asboblarning bo'lim qiymati 0,1 dan 0,01 mkm gacha; o'lchash xatoligi 1 m ga 0,5 mkm ni tashkil etadi. Kontaktsiz lazer interferometri tuzilishidan birining sxemasi 2.28- rasmda ifodalangan.

Lazer nuri kelayotgan yorug'lik dastasi yarim shaffof plastina bilan ikki oqimga ajratiladi. Ulardan biri qo'zg'almas ko'zguga qarab yo'llanadi va undan qaytib, plastinaga qaytadi. Plastina orqali o'tib ketadigan ikkinchi oqim qo'zg'almas ko'zguga tushadi. Dasta qo'zg'almas ko'zgudan va V-



2.27- rasm. **Vertikal kontaktli interferometr:**
1 — kronshteyn; *2* — kremalera; *3* — ustun; *4* — asos; *5* — vint; *6* — mikrouzatish vinti; *7* — stol; *8* — issiqlikdan himoyalovchi ekran; *9* — trubka xomuti; *10* — interferometr trubkasi



2.28- rasm. **Kontaktsiz lazer interferometrining ko'rinishi:**

simon reflektordan qaytib, plastinaga qaytadi, u yerda birinchi dasta bilan interferensiyalanadi.

Lazerli interferometrlar yordamida ikki-yoki uch koordinatali o'lchash mashinalari, mikroskoplar, presizion stanoklar va boshqa aniq mexanizmlar tekshiriladi.

Optik o'lchov asboblari o'lchov laboratoriyalarida kontaktsiz uslub bilan turli murakkab profilli buyumlarni (rezbalar, shablonlar, kulachoklar, shakldor kesuvchi asboblar) va kichik gobarit o'lchamlarni mutlaq va nisbiy o'lchash hamda, uzunlik, burchaklar, radiuslarni aniq o'lchash uchun qo'llaniladi. Bu asboblar optik sxemalarda yasalgan. Eng keng tarqalgan optik o'lchov asboblariga quyidagilar kiradi: mikroskoplar (asbobsozlik, universal, proyeksion), proyektorlar, optik uzunlik o'lchagichlar va burchak o'lchagichlar, bo'lish kallaklari, stollar va boshqalar.

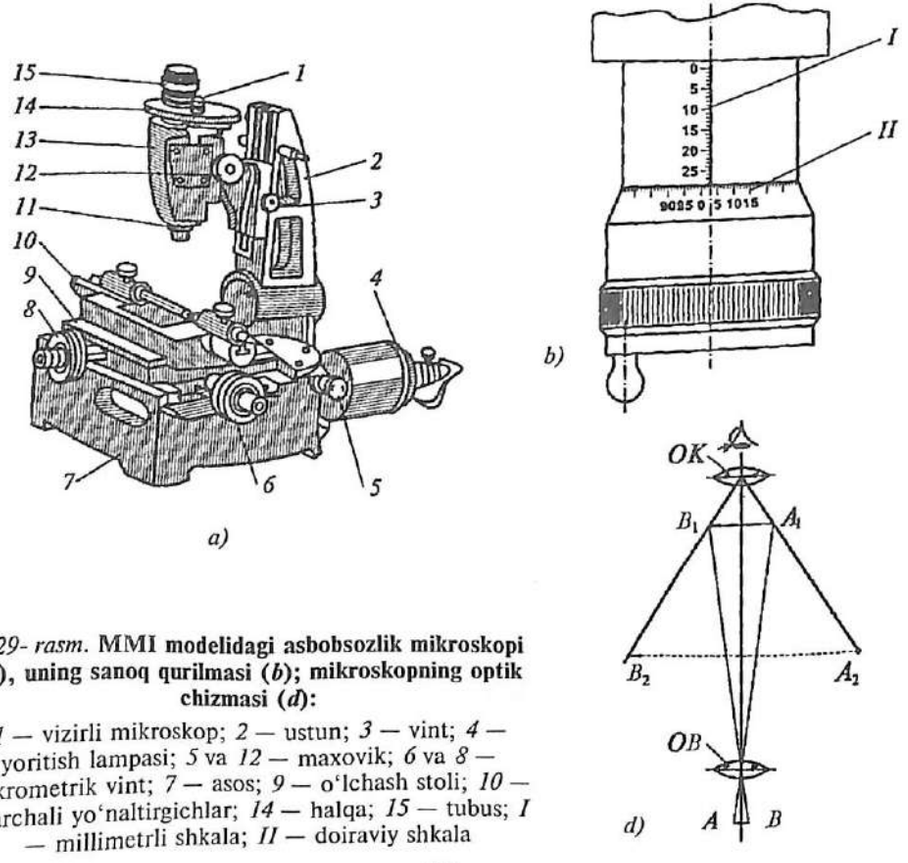
Asbobsozlik (instrumental) va universal mikroskoplar to'g'ri burchakli va qutb koordinatalarida turli detallarning burchaklari va uzunliklarini mutlaq o'lchashlar uchun mo'ljallangan. DST 8074—82 ga muvofiq ikki xil mikrometrik o'lchagichli mikroskoplar ishlab chiqariladi: A tipida — kallagi og'magan holda va B tipdagi — kallagi og'gan holda. IM 100×50, A; IM 150×50, B mikroskoplarida 25 mm mikroskopik kallaklar shkalalari bo'yicha sanash va chetki uzunlik o'lchovlarini qo'llanish ko'zda tutilgan bo'lsa, IMS 100×50, A; IMS 150×50, A; IM 150×50, B; IMSL 160×80, B mikroskoplar raqamli sanoq bilan jihozlangan.

Universal o'lchov mikroskoplari (DST 14968—69) instrumental mikroskoplardan katta o'lchash oraliqlari va yuqori aniqlik bilan farq qiladi. Ularda mikrometrik o'lchagichlar o'rniga millimetrli shkalasi bo'lgan sanoqli spiral mikroskoplar qo'llanilgan.

Aytib o'tilgan mikroskoplarning asosiy metrologik xarakteristikalari 2.12-jadvalda keltirilgan.

Instrumental va universal mikroskoplarning konstruktiv farqlariga qaramay, barcha mikroskoplarda o'lchashning prinsipial sxemasi umumiy — nazorat qilinayotgan detalning o'zaro perpendikulyar yo'nalishlar bo'yicha ko'chuvchi turli nuqtalarini belgilash va bu ko'chishlarni sanoq qurilmalari vositasida o'lchash. Yaxshiroq belgilash uchun mikroskoplar turli darajada kattalashtiruvchi almashinuvchi obyektivlar bilan ta'minlanadi.

Misol sifatida MMI modelidagi instrumental mikroskopning tuzilishi (2.29-*a* rasm) va o'lchash prinsipini ko'rib chiqamiz. Og'ir cho'yan asos *7* da ikki o'zaro perpendikulyar yo'nalishda sharchali yo'naltirgichlar *10* da o'lchov stoli *9* mikrometrik vintlar *6* va *8* yordamida ko'chadi. Ko'chishlarni sanash uchun metrik gayka bilan mahkamlangan gilzada millimetrli shkala *1* (2.29-*b* rasm) bor, mikrometrik vint bilan bog'langan barabanda esa 200 bo'limli



2.29- rasm. **MMI modelidagi asbobsozlik mikroskopi (*a*), uning sanoq qurilmasi (*b*); mikroskopning optik chizmasi (*d*):**

1 — vizirli mikroskop; *2* — ustun; *3* — vint; *4* — yoritish lampasi; *5* va *12* — maxovik; *6* va *8* — mikrometrik vint; *7* — asos; *9* — o'lchash stoli; *10* — sharchali yo'naltirgichlar; *14* — halqa; *15* — tubus; *I* — millimetrli shkala; *II* — doiraviy shkala

2.12- jadval

Mikroskoplarning asosiy metrologik ko'rsatkichlari

Mikroskop turi	O'lchashning yuqori chegaralari, mm		Yassi burchaklarni o'lchash oralig'i	Vizirli mikroskop obyektivlarining chiziqli kattalashishi	Mikrometrik kallaklar barabanlari shkalasining bo'lim qiymati	Markazlar chizig'i og'ishi shkalasining bo'lim qiymati	Tekshirilayotgan buyumning maksimal diametri, mm	Burchak o'lchagich kallak shkalasining bo'lim qiymati	Mikroskopning o'lchashlar diapazonida asosiy yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi, mkm
	bo'ylama yo'nalishda	ko'ndalang yo'nalishda							
IM 100×50, A	100	50	0...360	1; 3; 5; 10; 20; 40^x	0,005	15'	85	1'	0...25 mm±3mkm 0...50 mm±5mkm 0...100 mm±6mkm
IMS 100×50, A	100	50	0...360	1; 3; 5; 10; 20; 40^x	—	15'	85	1'	
IM 150×50, A	150	50	0...360	1; 3; 5; 10; 20; 40^x	0,005	15'	85	1'	
IMS 150×50, A	150	50	0...360	1; 1,5; 3,0; 5,0^x	—	15'	85	1'	
IM 150×50, B	150	50	0...360	1; 1,5; 3,0; 5,0^x	0,005	15'	85	1'	
IMSL 160×80, B	160	80	0...360	1; 3; 5; 10	—	15'	85	1'	
UIM—200	200	100	0...360	10; 15; 30; 50^x	0,001	—	100	1'	±(6+L/70)
UIM—200E	200	100	0...360	10; 15; 30; 50^x	0,001	—	100	1'	
UIM—500E	500	200	0...360	10; 20; 30^x	0,001	—	200	1'	

doiraviy shkala *11* bor (2.29- *b* rasmda termometr ko'rsatishi 29.025 ga teng). Tubus *15* li obyektiv *11* kronshteyn *13* ga o'rnatilgan, kronshteyn vertikal yo'nalishda ustun *2* bo'yicha ko'chadi. Ustun *2* maxovik *5* yordamida *B* tipdagi mikroskoplarda uni o'lchanayotgan rezbani ko'tarish burchagida o'rnatish uchun ikkala tomonga egilishi mumkin. Yoritish *4* lampasi mavjud. Kronshteyn *13* ni ko'chiruvchi maxovik *12* mikroskopni fokuslash uchun xizmat qiladi, bunda o'rnatilgan vaziyat vint *3* bilan qayd qilinadi. Mikroskopni aniq fokuslash uchun riflangan (taram-taram novli) halqa *14* aylantiriladi, bunda tubus *15* kronshteynning silindrik yo'naltiruvchilari bo'yicha siljiydi. Tubusning yuqori qismiga almashtiriluvchi burchak o'lchagich okulyar kallak vizirli mikroskop *1* hamda sanoq qurilmasi bilan birga mahkamlanadi.

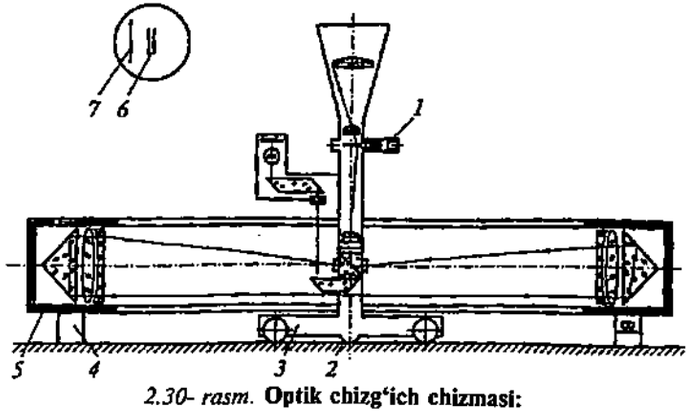
Mikroskopning optik sxemasi 2.29- *d* rasmda keltirilgan. O'lchanayotgan *AB* detal mikroskopning OB obyektivi orqali ko'riladi. *AB* detalning tasviri haqiqiy, teskari va kattalashtirilgan bo'ladi.

Kuzatuvchining ko'zi *OK* okulyar orqali A_2V_2 detalning mavhum, teskari va okulyar bilan yana bir marta kattalashtirilgan tasvirini ko'radi.

Optik chizg'ichlar (DST 24703—81) tekshirish chizg'ichlari, plitalar, shuningdek, stanoklar sirtlarining yo'naltiruvchilari, vallar tashkil etuvchilarining to'g'ri chiziqlilikdan va tekislilikdan og'ishlarini aniqlash uchun mo'ljallangan.

Optik chizg'ichlarning quyidagi turlari mavjud: OL — vizual sanoq sistemali kontaktli, OLA — avtomatik qayd etuvchi kontaktli, OLB — kontaktsiz, OLU — kontaktli va kontaktsiz o'lchash usulli universal.

Optik chizg'ichning sxemasi 2.30- rasmda keltirilgan. Asbob nazorat qilinayotgan sirt nuqtalarining tasavvur qilinayotgan to'g'ri chiziq — optik o'qdan og'ishlarini o'lchashga asoslangan. Chizg'ich *5* (optik sistemali yupqa devorli truba) ikki tayanch *4* ga o'rnatiladi. Ular ochiq ariqqa ega bo'lib, u bo'ylab nazorat qilinayotgan sirtga tegib turuvchi *2* shupli *3* o'lchov karetkasi ko'chadi. Sirt nuqtalarining og'ishlarini aniqlash uchun ekranda ko'rinadigan vizirli shtrix *7* va bifilyar *6* ni ustma-ust tushirish va mikrometr *1* ning barabani bo'yicha sanoqlar olish zarur.



2.30- rasm. **Optik chizg'ich chizmasi:**

1 — mikrometr; *2* — shup; *3* — o'lchash karetkasi; *4* — tayanchlar; *5* — chizg'ich; *6* — bifilyar; *7* — vizir shtrixi.

Optik chizg'ichlar nazorat qilinayotgan sirtning profilini qog'ozda grafik chizishga imkon beruvchi profilograf ko'rinishidagi qayd etuvchi qurilmaga ega bo'lishi mumkin.

Optik chizg'ichlarning asosiy parametrlari 2.13- jadvalda keltirilgan. Optik chizg'ichning shartli belgilanishi, masalan, avtomatik, nazorat qilinadigan sirtning eng katta uzunligi 1600 mm: ODA — 1600 DST 24703—81.

2.13- jadval

Optik chizg'ichlarning asosiy parametrlari

Tur o'lchami	Sirtning nazorat qilinadigan qismining eng katta uzunligi, mm	Sanoq va qayd qiluvchi qurilmadan o'lchanadigan oshishlar oralig'i, mm	Asbobning qo'shimcha xatolik chegaralari, mkm	Sanoq qurilmasining bo'lim qiymati, mkm	Uchlikning o'lchash kuchi N
OL—800	800 gacha	±(0,2...0,05)	±(0,5+3h)	0,5	7,0
OL—1600	1600	±(0,4...0,1)	±(1,0+10h)	1,0	7,0
OLA—800	800	±(0,025...0,1)	±(1,2+10h)	—	18,0
OLB—800	800	±(0,2...0,5)	±(0,5+3h)	0,5	—
OLU—800	800	±(0,2...0,05)	±(0,5+3h)	0,5	7,0

Proyektorlar murakkab konturga ega bo'lgan detallarni nazorat qilish yoki o'lchash uchun mo'ljallangan. Proyektor nazorat qilinayotgan buyumning kattalashtirilgan tasvirini beruvchi obyektivdan va u to'rlar yoxud chekli konturlar bilan ko'rib chiqiladigan, yoki taqqoslanadigan ekrandan iborat. Proyektorlar o'tuvchi va qaytuvchi yorug'likda ishlovchi ekranli bo'ladi. Bu asboblarning asosiy metrologik xarakteristikalari 2.14- jadvalda keltirilgan.

Optik bo'luvchi kallaklar (2.31- *a, b* rasm) burchaklarni o'lchash, shuningdek, detallarga ishlov berishda unda belgilar chizib chiqish va bo'limlarini chizish uchun xizmat qiladi. Asbob ichida podshipniklarda shpindel *9* joylashtirilgan korpus *8* dan, noniusli sanoq mikroskopi *11* dan, detalni o'rnatish uchun oldingi markaz *6* dan, orqa babka *12* va stanina *13* dan iborat. Shpindelni burish oldindan shkala *14* bo'yicha sanaladi, anig'i esa — shisha shkala bo'yicha sanoq mikroskop shpindelga bikir mahkamlangan (2.31- *d* rasm). Shpindel o'qi gorizontal va vertikal orasidagi chegarada istagan holatga o'rnatilish mumkin. Bu holda burchaklarni o'lchash *14* shkala bo'yicha olib boriladi. ODGE tipidagi optik bo'lish kallaklarining asosiy metrologik xarakteristikalarini 2.14- jadvaldan oling.

Optik dumaloq stollar aniq burchakli o'lchashlar yoki o'zining og'irligi, shakli va o'lchamlari tufayli optik bo'luvchi kallakning markazlarida yoki chetlarida o'rnatilishi mumkin bo'lmagan detallarni talab qilingan burchaklarga burishlar uchun mo'ljallangan. Optik dumaloq stollar, shuningdek, detallarni aylana bo'ylab aniq belgilab olish uchun yoki detallarga qutb koordinatalar sistemasida ishlov berish uchun aniq moslama sifatida qo'llanilishi mumkin.

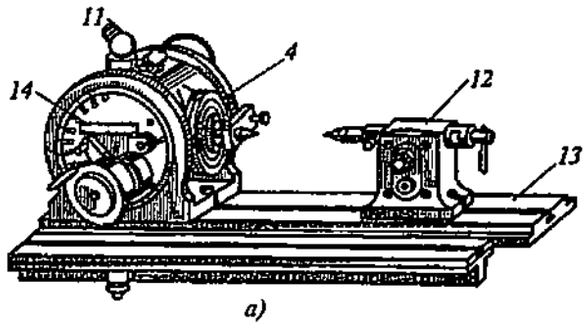
2.14-jadval

Optik asboblarning asosiy metrologik xarakteristikalari

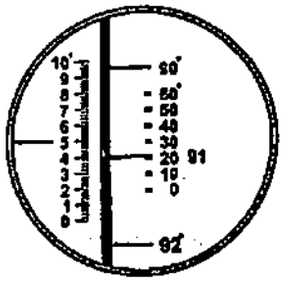
Asbobning nomi va turi	Asosiy shkala (konius)ning bo'lim qiymati	Sanoq qurilmasining bo'lim qiymati	Sanoq mikroskopning kattalashtirishi	Ko'rish maydoni	Shkala ko'rsatkichlari chegaralari	Asboblarni o'lchash chegaralari	Asbobning sanoq qurilmasi chegaraviy xatoliklari
O'lchov proektorlari (DST 19795—82):	Chiziqli:	Diskriq, shifrli sanoq		—	—	Bo'ylama 0...100 mm, ko'ndalang 0...500 mm, vertikal 0...100 mm	±0,005 mm
PI—SV	0,001; 0,002;	0,0005;	10; 20; 50;				
PI—SG	0,005; 0,01 mm;	0,001 mm	100; 200*				
PI—V	burchakli;						
PI—G	2; 3; 5						
Optik bo'lim kallaklari (DST 9016—77):		Asosiy limb	—	—	—		•
ODGE—1	1"	1"				0...360°	±(1+sin α/2)
ODGE—2	2"						±(2+2πsin α/2)
ODGE—5	5"						±(5+5πsin α/2)
ODGE—20	20"						±20"
Optik burchak o'lchagich (DST 11197—73)	1°	Minutli shkala 5'	40*	—	—	0...180°	

Jadval davomi

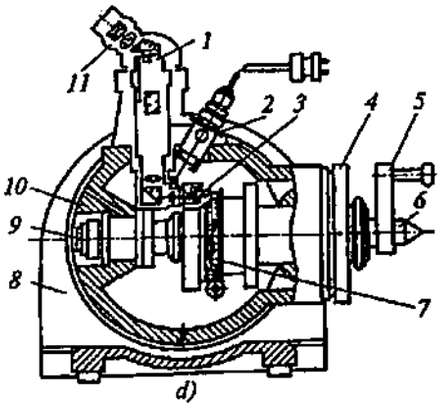
Asbobning nomi va turi	Asosiy shkala (konius)ning bo'lim qiymati	Sanoq qurilmasining bo'lim qiymati	Sanoq mikroskopning kattalashtirishi	Ko'rish maydoni	Shkala ko'rsatkichlari chegaralari	Asboblarni o'lchash chegaralari	Asbobning sanoq qurilmasi chegaraviy xatoliklari
Bizual avtokolimatorlar (DST 11899—77):	Minutli;	Sekundli shkala:			Ajratish qobiliyati chegarasi		
AK—0,2U							
AK—0,5U	0,25'	0,2"	(60±6)*	(1±0,1)*	2,8"	10'	1,5"
AK—1U	0,5'	0,5"	(30±3)*	(2±0,2)*	4"	20'	3,0"
AK—60	1"	—	(15±2)*	(4±0,4)*	6"	40'	8,0"
	1"	1"	(8±1)*	(8±0,8)*	10"	120'	90,0"
Komparatorlar:	Chiziqli:						
IZA—2	1mm	1 mkm	1...60*	2,3...17 mm	—	0...200 mm	±(0,9+L/(300-4L))
IZA—7	1mm	1 mkm				0...200 mm	±0,5 mkm
IZA—8	1mm	0,1 mkm				1...200 mm	±(0,5±5L)
Katetometr (DST 19719—74) tur:	Doiraviy daraja ampulalari bo'lim qiymati	0,01 mm	Kamida 2,5*	—	Truba ruxsat etilgan chegarasi 6"	40; 80; 160; 320; 630; 1250	Sanoq qurilmasi uchun ±3 mkm
BU	5						



a)



b)



d)

2.31-rasm. **Optik bo'lish kallagi (*a*), uning chizmasi (*b*) va shisha shkala (*d*)**

1 — tubus; *2* — yoritish lampasi; 3, *4* va *14* — shkala; *5* — arqon; *6* — oldingi markaz; *7* — chervyakli g'ildirak; *8* — korpus; *9* — shpindel; *10* — yarimsfera; *11* — mikroskop; *12* — orqa babka; *13* — stanina

Tashqi va ichki burchaklarni o'lchash uchun turli xil optik uglomerlar (burchak o'lchagichlar) qo'llaniladi. Shkala bo'yicha sanash kattaligi *10'* ga, yo'l qo'yiladigan xatolik esa ±5' ga teng.

Eng aniq burchak o'lchagich asboblar avtokollimasion ko'rish trubalarining qo'llanilishiga asoslangan asboblar hisoblanadi. Bunday asboblarning vakillaridan biri avtokollimator hisoblanadi. U burchaklarni o'lchash, yo'naltiruvchilarning to'g'ri chiziqliligini va tekisliligini o'lchash, shuningdek buyumlarning fazodagi o'qlari va tekisliklarining o'zaro burchakli joylashishini aniqlash uchun mo'ljallangan. Vizual avtokollimatorlardan tashqari natijalarni fotoelektrik qayd etuvchi avtokollimatorlar ham bo'ladi, masalan, burchakli ko'chishlarni *1"* gacha aniqlikda o'lchash uchun mo'ljallangan AF—2 avtokallimatori. Fotoelektrik qayd qiluvchi avtokollimatorlar vizual avtokollimatorlarga qaraganda o'lchashlarning ancha yuqori aniqligini va tezligini ta'minlaydi. Ayrim avtokollimatorlarning asosiy xarakteristikalarini 2.14- jadvaldan qarang.

Keyingi vaqtda nazorat qilinayotgan buyumlarning murakkabligi ortib borayotgan sharoitda ikki koordinatali o'lchov sistemalari yanada kengroq qo'llanilmoqda. Ular buyumni qayta o'rnatmasdan uning burchakli va chiziqli o'lchamlarini to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasida yanada murakkab o'lchashlar o'tkazishga imkon beradi. Bunday asboblarga o'lchov mikroskoplari, o'lchov proyektorlari va ikki koordinatali o'lchash mashinalari kiradi.

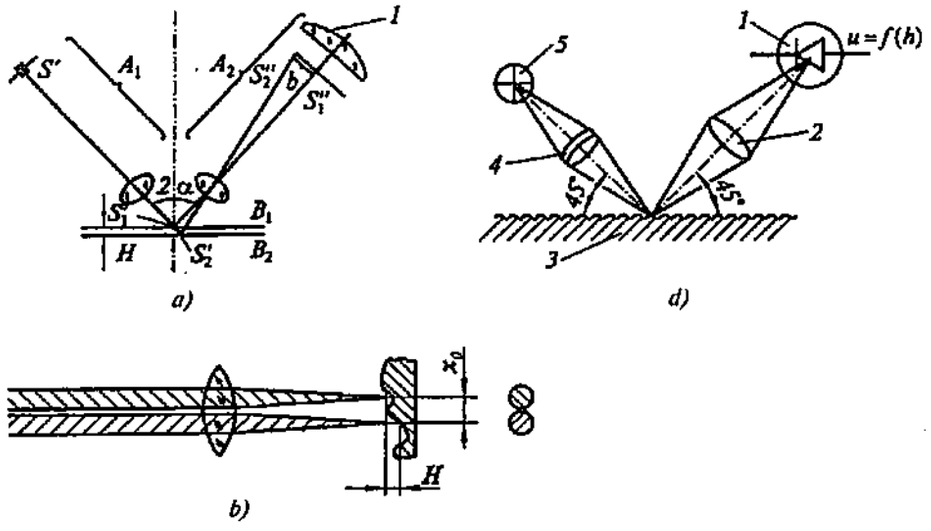
Ikki koordinatali o'lchash mashinalari (IDM) o'lchov mikroskoplari va proyektorlarining tabiiy rivojlanishi natijasi sifatida vujudga keldi. Ularda shtrixli va chetki uzunlik o'lchovlari, shuningdek, presizion o'lchov vintlari o'lchovlar sifatida xizmat qiladi. Bu mashinalar stolning buyum bilan yoki o'lchov kallagining ko'chishi uchun yuqori aniqlikdagi asoslar, tayanchlar, yo'naltiruvchilar va yuritmalardan foydalanish bilan xarakterlanadi. Zamonaviy IDMlarda o'lchash natijalari EHM da chiqariladi, bu bilan o'lchashlarning unumdorligi ancha ko'tarilishiga erishiladi.

Optik-mexanik ikki koordinatali mashinalarning asosiy metrologik xarakteristikalari, ularning afzalliklari, kamchiliklari va qo'llanish sohasi 2.15- jadvalda ifodalangan.

2.15-jadval

Optik-mexanik ikki koordinatali o'lchov mashinalarining asosiy metrologik xarakteristikalari

Asbob turi	O'lchash chegaralari, mm	O'lchash xatoligi	Inersionlik, s	Afzalliklar	Kamchiliklar	Qo'llanish sohasi
O'lchov mikroskopi	x=0...70 y=0...50	1 mkm; 10 mkm; 6'	10	O'tuvchi va qaytgan yorug'likda ishlash uchun oson qayta jihozlanadigan vizua o'lchov mikroskopi	Kattalashtirishga bog'liq holda uncha katta bo'lmagan (26 mm) ko'rish maydoni	Laboratoriyalar va sanoat tashqi va ichki o'lchamlarning chiziqli va burchakli o'lashlari
Instrumental proyeksion mikroskop	x= 0...150 y=0...75	5 mkm; 3'	10	Kuzatishlarni yo okular orqali, yoki proektor ekrani bo'yicha ham qaytgan yorug'likda, ham o'tuvchi yorug'likda olib borish mumkin	O'lchov mikroskopidan qimmat	O'lchov laboratoriyalari, kalibrlarni, rezbalarni, tishli g'ildiraklarni, murakkab shakldagi shablonlarni o'lchash
Universal o'lchash mikroskopi	x=0...200 y=0...100	0,2 mkm; 1 mkm; 30"	10	Yuqori aniqlik; rezbali kalibr tiqinlarni nazorat qilish qulayligi; oson qayta jihozlanishi	Massa va gabarit o'lchashlari katta, stol usti asbobi	O'lchov laboratoriyalari, tashqi va ichki o'lchamlarni chiziqli-burchakli o'lchash
O'lchov proyektori	x=0...75 y=0...50	1 mkm 2'	10	O'tuvchi va qaytgan yorug'likda ishlovchi vizual o'lchov proyektori; ishlatish oson	Katta gabarit o'lchamlar; stol usti asbobi	O'lchov laboratoriyalari; kalibrlarni, rezbalarni, tishli g'ildiraklarni, profillarni, murakkab mexanik detallarni o'lchash



2.32- rasm. **Sirtning g'adir-budurligini o'lchash:**

a — yorug'lik kesimi optik usuli bilan; *b* — ikki nurli interferometr yordamida; *d* — reflektometrik uslub bilan; *1* — fotopriyomnik (okulyar); *2* — linza; *3* — o'lchash obyekti; *4* — obyektiv; *5* — yorituvchi

Sirtlarning g'adir-budurligi parametrlarini o'lchash uchun optik asboblar (DST 9847—79) sirt profilini bir vaqtda almashtirish prinsipiga asoslangan va R_{max}, *Rz*, *S* parametrlarni DST 2789—73 ga ko'ra o'lchash uchun mo'ljallangan. Standart quyidagi turdagi asboblarni belgilab beradi: PTS — soya kesimli asboblar; PSS — yorug'lik kesimli asboblar; MOM — bir obyektivli muarli mikroskoplar; MII — interferension mikroskoplar, ularning ishlashi yorug'likning ikki nurli interferensiyasiga asoslangan; MPI — interferension mikroskop-profilometrlar, ularning ishlashi teng xromatik tartibdagi yo'llar hosil bo'lishi bilan yorug'likning interferensiyasiga asoslangan.

Asboblarning ko'rsatilgan turlari uchun g'adur-budurlik parametrlarini o'lchash oraliqlari quyidagilar: PTS — *Rz*; R_{max} — 40—320 mkm; MII — *Rz*; R_{max} — 0,05—0,8 mkm; *S* — 0,2—1,6 mm; *S* — 0,002—0,05 mm; PSS — *Rz*; R_{max} —0,5—40 mkm; MPI — *Rz*, R_{max} — 0,05—0,8 mkm; *S* — 0,002—0,5 mm; MOM — *Rz*; R_{max} — 0,8—40 mkm; *S* — 0,0005—0,5 mm.

Yorug'lik kesimining optik uslubi (2.32- *a* rasm) notekisliklarning juda kattalashtirilgan profilini okulyar *1* da kuzatishga va okulyar mikrometri shkalasi yordamida ularni o'lchab, *Ra* va *Rz* ni aniqlashga imkon beradi. Yorug'lik kesimi uslubi quyidagidan iborat.

Yorutilgan tor tirqish *S'* mikroskop A_1 bilan balandligi *H* bo'lgan zinani hosil qiluvchi, nazorat qilinuvchi B_1 va B_2 sirtlarga proyeksiyalanadi. Tirqishning B_1 sirtdagi tasviri S_1' vaziyatni, B_2 sirtdagi tasviri esa S_2' vaziyatni egallaydi. O'qi proyeksiyalovchi mikroskopning o'qiga 90° ostida joylashgan A_2 mikroskopning ko'rish maydonida tirqishning tasviri yorug'lik zinasi ko'rinishiga ega bo'ladi. S_2' tasvirning S_1' ga nisbatan siljishi (ko'chishi) zinaning *H* balandligi — notekislik balandligining o'lchovi bo'lib xizmat qiladi. MIS—11, PSS—2 va boshqa shu kabi asboblar shu prinsip asosida qurilgan.

Ikki nurli interferometr yordamida (2.32- *b* rasm) sinalayotgan sirtning turli qismlaridan qaytgan ikki yorug'lik dastasi yo'llari uzunliklarining farqi o'lchanadi.

2.32- *d* rasmda tasvirlangan sxema bo'yicha qurilgan optik asbob o'lchashning reflektometrik uslubini amalga oshiradi va notekisliklar balandligining integral qiymatini olishni ta'minlab, o'lchash jarayonini avtomatlashtiradi.

Nazorat savollari va topshiriqlari

1. Optik va optik-mexanik almashtirish bilan o'lchash, nazorat qilish bilan o'lchash hamda nazorat qilish vositalarining qo'llanish sohasi qanday?
2. Optimetrning tuzilishi va ishlash prinsipi haqida gapirib bering.
3. Mikroskopning tuzilishi va ishlash prinsipi haqida so'zlab bering.
4. Ikki koordinatali o'lchash sistemalari nima?

Laboratoriya ishi: «Silindrik chegaraviy kalibr-tiqinlarning yaroqliligini aniqlash».

2.2.5. Pnevmatik o'zgartiriluvchi o'lchash va nazorat qilish vositalari

Pnevmatik o'lchash asboblari chiziqli o'lchashlarni nazorat qilish uchun keng qo'llanilmoqda. Ular yuqori aniqlikka ega, nisbatan borish qiyin bo'lgan joylarda masofadan turib o'lchashni amalga oshirishga imkon beradi, titrashga nisbatan sezgirligi past. Pnevmatik kontaktsiz o'lchashlar oson deformatsiyalanuvchi detallarni, mexanik kontakt oqibatida shikastlanishi mumkin bo'lgan mikro notekisliklar miqdori kichik bo'lgan detallarni nazorat qilish imkoniyatini beradi, shuningdek, nazorat qurilmalari o'lchov sirtlarining eyilishini yo'qqa chiqaradi, bu esa nazoratning aniqligi va ishonchliligini oshiradi. Pnevmatik asboblar nisbatan oson avtomatlashtiriladi, foydalanishda sodda, biroz kam malakali xizmat ko'rsatishni talab qiladi. Biroq bu asboblar ularning unumdorligini pasaytiruvchi kattagina inersionlikka ega.

Pnevmatik o'lchov asboblari ikki turga bo'linadi:

— havo bosimi o'lchanadigan asboblar — manometrik asboblar («Soleks»):

— havo sarfining tezligini yoki uning sarflanishini qayd qiluvchi asboblar — sarf o'lchagich asboblar («Rotametr»).

Manometrik turdagi asboblar faol nazorat qilish qurilmalarida yanada keng tarqaldi.

Pnevmatik o'lchov asbobi turiga bog'liq bo'lmagan holda ko'rsatuvchi asbobni o'z ichiga olgan o'lchash kallagidan, sezgir element (sopla) dan va siqilgan havo manbaidan iborat. Siqilgan havo manbai o'z navbatida

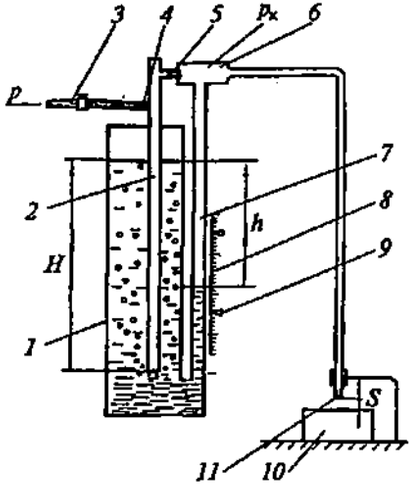
kompressor; havo namlikdan tozalanadigan tindirgich; havo mexanik kirishmalardan tozalanadigan filtrlar; bosimni kerakli kattalikkacha pasaytiradigan reduktor; bosimni davriy ravishda o'zgarmas saqlaydigan bosim stabilizatoriga ega.

Ishchi bosimning kattaligiga bog'liq holda past bosimli (masalan, 10 kPa) va yuqori bosimli (masalan, 150 kPa) pnevmatik asboblar farqlanadi. Unisi ham bunisi ham 0,2—0,6 MPa bosimli tarmoqda ishlaydi. Past bosimli asboblar bitta parametrni o'lchashga 10 l/min gacha havo, yuqori bosimli asboblar esa 20 l/min gacha havo sarflaydi.

Pnevmatik o'lchov asboblarida chiziqli o'lchashlar uchun sarflanish kanalining o'tish kesimi yuzi bilan u orqali o'tayotgan havoning og'irlik bo'yicha sarflanishi o'rtasidagi bog'lanishdan foydalanilgan. Sarflanish (chiqish) kanali yuzi o'lchanayotgan chiziqli ko'chish hisobiga o'zgaradi.

Bosim asboblari (manometrik) bir o'lchovli va ko'p o'lchovli qilib ikki variantda: manometrik trubkasining uzunligi 500 mm bo'lgan sex asbobi va manometrik trubkasining uzunligi 1230 mm bo'lgan laboratoriya asbobi. Bu asboblarda uzatish nisbati 20 000 ga yetadi.

Bosim asbobining konstruksiyasi «Kalibr» zavodi ishlab chiqaradigan DPND—500 past bosimli suvli manometr asbobi misolida 2.33- rasmda ko'rsatilgan. U atmosfera bilan tutashgan va suv bilan to'ldirilgan silindrik ballon *1* dan iborat bo'lib, unga trubka *2* botirilgan. Bu trubkaning yuqori qismiga truboprovod *3* va drossel qurilma *4* orqali kompressor yordamida *p* bosimli havo uzatiladi. Trubka *2* da avtomatik tarzda amalda o'zgarmas bosim saqlab turiladi, u bosim ballon *1* dagi *H* ustunning balandligi bilan aniqlanadi. Trubka *2* bilan kiruvchi *5* va chiquvchi *11* soplolariga ega bo'lgan kamera ulangan. Kamera o'lchanayotgan detal *10* sirti ustidan oraliq qoldirib o'rnatilgan. Kamera *6* dagi o'zgaruvchan P_k bosimni o'lchash uchun asbob shkala *8* li shisha trubka *7* ko'rinishidagi suv manometri bilan ta'minlangan. Bosim P_k ballon *1* va shisha trubka *7* dagi suv ustunlari sathlari farqi bilan aniqlanadi, bunda shisha trubka *7* bir uchi kamera *6* ga, ikkinchi uchi ballon *1* ga ulangan. Trubka *2* dan havo o'zgarmas bosim ostida kirish soplosi *5* orqali kamera *6* ga kiradi va chiqish (o'lchash) soplosi *11* dan chiqib ketadi Oraliq *S*

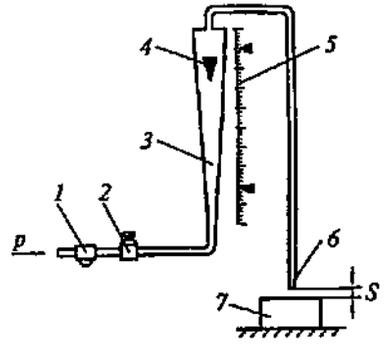


2.33- rasm. **DPND-500 suv manometrli (manometrik) bosim asbobi konstruksiyasi:**

1 — ballon; *2* — trubka; *3* — truboprovod; *4* — drossel qurilmasi; *5* — kirish soplosi; *6* — kamera; *7* — shisha trubka; *8* — shkala; *9* — dopusk (qo'yim) ko'rsatkichi; *10* — o'lchanayotgan detal; *11* — chiqish soplosi

ning kattaligiga bosim p_k va binobarin, shkala *8* bo'yicha hisoblanadigan sathlar farqi *h* bog'liq. Xususan, detal *10* ning o'lchami kamaytirilganda oraliq *S* ortadi va shisha trubka *7* dagi suv sathi ortadi. Shkala *8* da qo'yim *9* ko'rsatkichlari o'rnatiladi, yaroqli detallarni nazorat qilishda shisha trubka *7* dagi suv sathi shu ko'rsatkichlar orasida turishi kerak.

Sarfni o'lchash asboblari (qalqovichli) bir o'lchovli va ko'p o'lchovli bo'lib, 15 tagacha o'lchov pozitsiyasiga xizmat ko'rsatadi. «Ratametr» ko'rinishidagi rasxodomer (sarf o'lchagich)ning tuzilishi 2.34- rasmda ko'rsatilgan. U keng uchi yuqoriga qaratilgan konussimon shisha trubka 3 ga ega. U bo'ylab pastdan 100—200 kPa ishchi bosim ostida qalqovuch *4* ni ko'taruvchi havo o'tadi. Qalqovuchning yuqori tekisligi trubka yoniga joylashtirilgan shkala *5* bo'yicha (mikrometr hisobida darajalangan) hisoblash uchun ko'rsatkich vazifasini o'taydi. Qalqovichning ko'tarilish balandligi havoning o'tish tezligiga bog'liq, havoning o'tish tezligi o'lchov soplosi *6* ning uchi va o'lchash obyekti *7* ning sirti orasidagi oraliq qancha katta bo'lsa, shuncha katta bo'ladi. Havoning tezlik bilan bosim kuchi ta'sirida qalqovuch trubkada qalqovich va shisha trubka *3* devorlari orasidagi halqali oraliq orqali va o'lchov soplosi va nazorat qilinayotgan detal orasidagi oraliq *S* orqali sarflanayotgan havo miqdorlari tenglashmaguncha ko'tariladi. Bu holda qalqovich trubkada osilib qoladi. Shunday qilib, *S* oraliqning har bir qiymatiga qalqovichning trubkadagi balandlik bo'yicha ma'lum bir holati mos keladi.



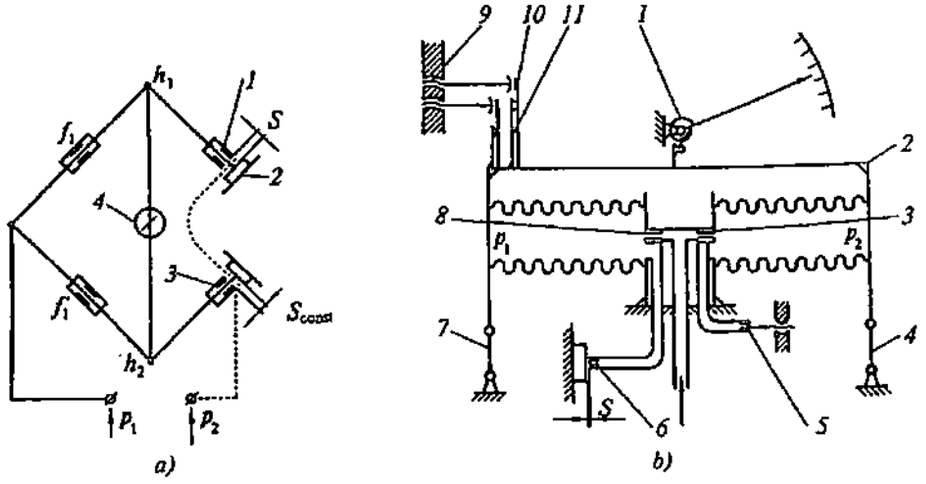
2.34- rasm. **«Rotametr» (qalqovuchli) turidagi sarfo'lchagich konstruksiyasi:**

1 — drossel; *2* — filtr; *3* — shisha trubka; *4* — qalqovuch; *5* — shkala; *6* — o'lchash soplosi; *7* — o'lchash obyekti

Yuqorida qarab chiqilgan asboblarning aniqligi ko'p jihatdan havo ishchi bosimining doimiyligiga bog'liq. Bosimning har qanday (hatto juda kichik) tasodifiy o'zgarishlari ham o'lchash natijalariga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Bu yo'nalishdagi o'lchashning yanada mukammal sxemasi differensial sxemadir (2.35- *a* rasm), u ikki tarmoqdan iborat bo'lib, ularning har biri odatdagi sxemaga muvofiq keladi. Kirish soplosi f_1' va o'lchash obyekti *2* ni o'lchaydigan soplo-zaslonka *1* ning pnevmatik elementidan iborat bir tarmog'ida sarf o'lchash bosimi p_1 bilan aniqlanadi. Kirish soplosi f_1' va oldindan belgilangan S_{sopl} oraliq $p_2 = \text{const}$ bosim bilan aniqlanuvchi o'zgarmas sarfga ega. Bu tarmoq odatda *bosimga qarshi tarmoq* deb ataladi.

Ikki p_1 va p_2 bosimlarni taqqoslash xos bo'lgan differensial sxema ishchi bosim tebranishlariga sezgirligi ancha kam. Bosimlar o'lchagichi sifatida sistemaning ikki tarmog'idagi $\Delta p = p_1 - p_2$ bosimlar ayirmasidan ta'sirlanuvchi silfonli, membranali differensial manometrlar qo'llaniladi.



2.35- rasm. **Differensial pnevmatik asbob:**

a — o'lchash chizmasi (*1* — soplo-zaslonka, *2* — o'lchash obyekti, *3* — soplo, *4* — ko'rsatuvchi asbob); b — differensial silfonli asbob chizmasi (*1* — mexanizm, *2* — tortqi, *3* va *8* — kirish soplosi, *4*, *7* va *11* — yassi prujina; *5* — bosimga qarshi uzel; *6* — o'lchash soplosi; *9* — vintlar; *10* — tayanchlar)

2.35- *b* rasmda differensial silfonli asbobning sxemasi keltirilgan. Pnevmotarmoqdan kelayotgan siqilgan havo filtr bloki va stabilizator orqali o'tib, o'zgarmas bosim ostida silfon bo'shlig'ida (metall gofrirlangan prujinalar) kirish soplolari *3* va *8* orqali oqadi. O'lchov soplo *6* uchi va nazorat qilinayotgan detalning sirti hosil qilgan doiraviy *8* oraliq orqali havo chap silfondan atmosferaga chiqadi. Bu silfonda kattaligi nazorat qilinayotgan detalning o'lchamiga bog'liq bo'lgan p_1 o'lchov bosimi vujudga keladi. O'ng silfondan havo atmosferaga bosimga qarshi *5* uzel orqali chiqib ketadi, silfon bo'shlig'ida esa o'zgarmas p_2 bosim vujudga keltiriladi. Silfonlarning bo'sh uchlari yassi prujinalar *4* va *7* ga osilgan tortqi *2* bilan bikir bog'langan. Asbobning harakatlanuvchi sistemasining holati o'lchov bosimi p_1 va ma'lum bir doimiy qarish bosim p_2 orasidagi farq bilan aniqlanadi. Harakatlanuvchi sistemaning ko'chishi mexanizm *1* bilan o'lchanadi, bu mexanizm shkalali strelkani va silfonlarning richagli-tishli uzatmasini strelkaga ulaydi. Asbobning harakatlanuvchi sistemasida yassi prujinalar *11* yordamida harakatlanuvchi elektr kontaktlar mahkamlanishi mumkin. Kontaktlarning zaruriy ulanishini ta'minlash maqsadida prujinalarni oldindan cho'zish uchun tiroq *10* xizmat qiladi. Qo'zg'almas kontaktli *9* vintlar nazorat qilinayotgan detalning berilgan o'lchamda elektr kontaktlarining ishlab ketishini rostlash uchun xizmat qiladi. Mavjud asboblarda kontaktlar juftlari soni oltitaga yetadi.

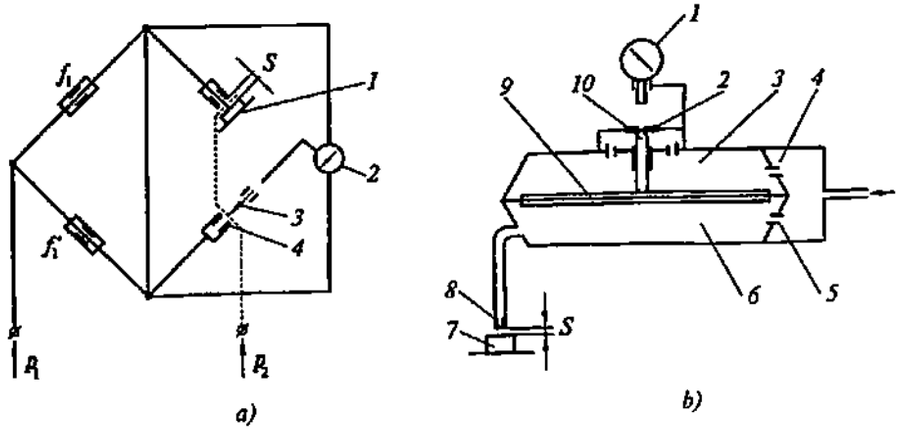
Ko'rib chiqilgan sxemaga ko'ra, silfonli differensial asboblarning bir qancha modellari ishlab chiqariladi, ularning asosiy texnik xarakteristikalari 2.16- jadvalda keltirilgan. BV—1096—M—V, BV—1096—M—2K, BV—

1096—M—4K va boshqa asboblar faol nazorat qilish vositalarini yasash uchun maxsus mo'ljallangan. Ular o'z ichiga elektron blok, yorug'lik signal qurilmasi va stabilizatorli blok-filtrni oladi. 236, 235, IV—6017—4K asboblari bu bloklarga ega emas, ammo «Kalibr» zavodi ishlab chiqarayotgan bloklar bilan qo'shilib, faol nazorat qilish vositalarining sanoq-komanda asboblari sifatida muvaffaqiyatli qo'llanilishi mumkin.

Pnevmatik o'lchov asboblarining sezgirligini va aniqligini orttirish, sistemaning uzatish munosabatini yanada kengroq o'zgartirish, asbobning ishlab ketish (inersionlik) vaqtini kamaytirish uchun o'z ichiga noli o'zgaruvchi differensial o'zi balanslanuvchi pnevmatik sistemalarni oluvchi qurilmalar ishlab chiqilgan edi. Kompensatsion pnevmatik asbobning o'lchov sxemasi 2.36- *a* rasmda ko'rsatilgan.

S oraliq nazorat qilinayotgan detalning kattaligiga bog'liq, u o'lchov bosimi p_1 ni aniqlaydi. p_2 kattalik soplo *4* va konussimon igna *3* orasidagi halqasimon oraliq bilan belgilanadi. Ko'rsatuvchi asbob *2* ning tuzilishi shunday bajarilganki, bunda p_1 va p_2 bosimlar ayirmasi mavjud bo'lganda, sezgir element (membrana) konussimon ignani ko'chiradi va shu bilan p_2 bosimni $p_1 = p_2$ tenglik hosil bo'lguncha o'zgartiradi. Konussimon ignaning soploga nisbatan holati nazorat qilinayotgan detalning o'lchami o'zgarishining o'lchovi bo'ladi.

Kompensatsion asboblar (2.36- *b* rasm) o'zi balanslanuvchi pnevmatik ko'prik prinsipi asosida qurilgan. O'zgarmas bosim ostidagi siqilgan havo kirish soplolari *4* va *5*, o'lchov *6* va kompensatsion *3* kameralari orqali chiqib ketadi. Kamera *6* dan havo soplo *8* uchi va nazorat qilinayotgan detal sirti orqali, kamera *3* dan esa — halqasimon tirqish va soplo *2* sirtlari



2.36- rasm. **Kompensatsion pnevmatik asbob:**

a —o'lchash chizmasi (*1* — tekshirilayotgan detal; *2* — ko'rsatuvchi asbob; *3* — konussimon igna; *4* — soplo); *b* — prinsipial chizmasi (*1* — ko'rsatuvchi asbob; *2* va *8* — soplo; *3* — kompensatsion kamera; *4* va *5* — kirish soplosi; *6* — o'lchash kamerasi; *7* — tekshirilayotgan detal; *9* — membrana; *10* — konussimon igna)

2.16-jadval

Pnevmatik o'lchov asboblarining asosiy texnik xarakteristikalari

Asbobning nomi va turi	Buyruq-lar soni	Shkala bo'lim-lari soni	Shkala bo'-limlari qiy-mati, mkm	Shkala ishchi qismi uzunligi, mm	O'lchash ora-lig'i (o'lchash chegarasi), mkm	Silfon-larning ishchi yurishi, mm	Asbobning ishlab ketish xatoligi, mkm	25 000 ish-lashdan so'ng, sozlashning siljishi	Bosim, MPa	
									ulangan tarmoqda	stabilizator chiqishida
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Rotmetrlar:										
RP	1	100	Individual	50	0,1...63m³/so-at (0,025)	—	±(1,5...2,5)%	±2,5%	0,6	1,6; 6,4
RE	1	100	—"—	300	0,1...63m³/so-at (0,004)	—	±2,5%	±2,5%	0,6	0,6; 1,6
RM	1	100	—"—	400	0,6...2,5m³/so-at (0,004)	—	±2,5%	±2,5%	0,6	6,4
Yuqori bosimli urunlik o'lchagichlar (DST 14806 —76)	—	—	0,2 0,5 1,0 2,0 5,0 10,0	250	10 20 35 60 100 160	—	±0,2 ±(0,3...0,5) ±(0,6...0,8) ±1,5 ±2,5 ±6,0	0,15 0,3 0,5 0,6 1,2 2,0	0,31...0,59	0,07...0,30
Past bosimli urunlik o'lchagichlar (DST 11198 —75)	1...7	—	0,5 1,0 2,0 5,0 10,0 20,0	500	20 40 80 160 320 630	—	0,5 1,0 2,0 3,0 8,0 15,0	—	0,2...0,6	0,005± ±0,00005

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Differensial sxema bo'yicha yasalgan asboblar:										
236	2	±40	0,2...2,0	—	—	±2,0	10 mm suv ust	10mm suv ust	—	0,05...0,2
235	6	±40	1,0	—	—	±2,0	—"—	—"—	—	0,05...0,2
BV-6017-4K	4	110	1,0	—	—	±1,8	1,0	1,0	—	0,05...0,2
BV-1096-M-V	—	100	1,0; 0,5; 0,2	—	—	±2,0	±1,5 shkala bo'limi	—	—	0,05...0,2
BV-1096-M-2K	2	100	1,0; 0,5; 0,2	—	—			—		
BV-1096-M-4K	4	100	1,0; 0,5, 0,2	—	—	±2,0	—"—	—	—	0,05...0,2
						±2,0	—"—		—	0,05...0,2
Kompensatsion sxema bo'yicha yasalgan asbob-lar:										
243	4	±40	1,0 0,5 0,2	—	—	—	±0,5 ±0,3 ±0,16	0,5 0,3 0,16	0,32...0,6	0,2
245	6	±40	1,0 0,5 0,2	—	—	—	±0,5 ±0,3 ±0,16	0,5 0,3 0,16	0,32...0,6	0,2
327	2	±40	1,0 0,5 0,2	—	—	—	±0,8 ±0,5 ±0,3	0,5 0,3 0,16	0,32...0,6	0,2

o‘rtasidagi halqasimon tirqish orqali atmosferaga chiqib ketadi. Membrana (rezinalangan matodan qilingan) *9* faqat *3* va *6* kameralardagi bosim bir xil bo‘lgan holdagina tinch holatda bo‘ladi. Oraliq o‘zgarganda o‘lchash bosimi ham o‘zgaradi va membrananing muvozanati buziladi. Membrana ko‘chib (siljib), igna *10* ning vaziyatini soplo *2* ga nisbatan shunday o‘zgartiradiki, bunda kompensatsion kameradagi bosim yana o‘lchanayotgan bosimga teng bo‘lib qoladi.

Igna *10* ning ko‘chishi ko‘rsatuvchi asbob *1* ning shkalasi bo‘yicha sanaladi. Kompensatsion asboblarda komandalarni olish elektrokontaktli o‘zgartkich yordamida ham amalga oshirilishi mumkin.

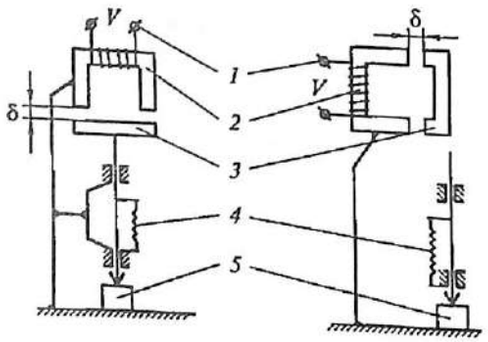
Ayrim kompensatsion asboblarning asosiy texnik xarakteristikalarini 2.16- jadvaldan qarang.

Nazorat savollari

1. Pnevmatik o‘zgartiriluvchi o‘lchash va nazorat qilish vositalarining ishlash prinsipi nimadan iborat?
2. Manometrik va sarfni o‘lchovchi o‘lchov vositalari nima?
3. Pnevmatik asboblarning afzalliklari va kamchiliklari nimalardan iborat?
4. Differensial silfonli o‘lchov asbobi nima?

2.2.6. Elektr va elektromexanik almashtiriluvchi o‘lchash hamda nazorat qilish vositalari

Elektr va elektromexanik o‘lchov asboblari yagona energiya manbai — elektr toki mavjudligi bilan xarakterlanadi. O‘lchash texnikasida elektr o‘zgartkichlar, induktiv, sig‘imiy, elektron va fotoelektrik asboblar keng tarqalgan. Ular yuqori aniqligi bilan farq qiladi, masofadan turib o‘lchash ishlarini olib borishga imkon beradi, nisbatan kichik gabarit o‘lchamlarga ega, inersionligi juda kichik.



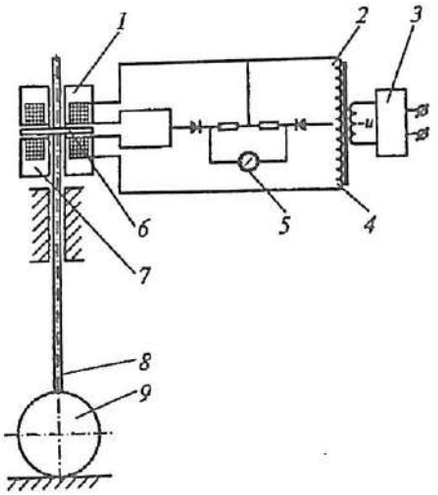
2.37- rasm. **Induktiv o‘zgartkichlarning prinsipial chizmasi:**
1 — induktiv g‘altak; *2* — magnitoprovod; *3* — yakor; *4* — prujina; *5* — o‘lchash obyekti

Elektr o‘zgartkichlar elektr va elektromexanik o‘lchov asboblarining tarkibiy qismlaridan biri bo‘lib, ularning tasnifi va tuzilishi quyida ko‘rib chiqiladi.

Induktiv asboblarda (2.37-rasm) g‘altakning o‘z reaktiv qarshiligini induktivlik L ning kattaligini belgilovchi, uning ba’zi parametrlari o‘zgarganda o‘zgartirishi xossasidan foydalaniladi. Iloji boricha katta induktivlikni hosil qilish uchun g‘altak, odatda, ferromagnit materialdan qilingan magnit o‘tkazgichli qilib yasaladi. Magnit o‘tkazgich *2* ning elementlaridan biri — yakori *3* harakatlanuvchan qilib yasaladi, uning magnit o‘tkazgich (magnitoprovod)ning qo‘zg‘almas qismi *2* ga nisbatan holati zanjirning magnit qarshiligining o‘zgarish kattaligini, binobarin, induktiv g‘altak *1* ning ham magnit qarishligi kattaligini aniqlaydi. G‘altakning magnit qarshiligining o‘zgarishi uning to‘la qarshiligi R ning mos holda o‘zgarishiga olib keladi. Shunday qilib, agar yakorning ko‘chishini ko‘chishdagi o‘zgarmas tezlikda o‘lchanayotgan δ kattalik bilan bog‘lansa, u holda δ bilan elektr parametr L o‘rtasida funksional bog‘lanish vujudga keladi. Chiziqli ko‘chishlarni yuqorida tavsiflangan g‘altak yordamida elektr parametrga aylantiradigan qurilma *induktiv o‘zgartkich* deyiladi.

Induktiv o‘lchov asboblari kontaktli va kontaktsiz bo‘lishi mumkin. Kontaktsiz induktiv asbobda nazorat qilinadigan detal (faqat ferromagnit materiallardan tayyorlanganlari) magnit zanjiriga bevosita ulangan bo‘lib, magnito‘tkazgich qismini tashkil etadi. Kichik yo‘lli kontaktli richagsiz differensial induktiv asbobning, masalan, BV—3099 yoki 226 modelining sxemasi 2.38- rasmda ko‘rsatilgan. Nazorat qilinayotgan detal *9* o‘lchamlarining og‘ishi induktiv g‘altaklar *1* va *7* ning magnito‘tkazgichlari orasidagi havo oralig‘ida turgan yakor *6* mahkamlangan o‘lchov sterjenining ko‘chishini yuzaga keltiradi. Yakorning holatiga bog‘liq ravishda magnito‘tkazgichlarda havo oralig‘i o‘zgaradi, buning natijasida bir g‘altakning induktiv qarshiligi ortadi, ikkinchisiniki kamayadi. Bunda *1* va *7* induktiv g‘altaklar hamda *2* va *4* qarshiliklar bilan hosil qilingan ko‘prikning muvozanati buziladi, ko‘prik tovush chastotasi *3* barqarorlashtirilgan generatoridan ta’minlanadi. Natijada, ko‘prik diagonalida tok paydo bo‘lib, uning yo‘nalishi o‘rtacha holatdagi o‘lchov sterjenining u yoki bu tomonga og‘ishi bilan aniqlanadi. Ko‘prik diagonaliga fazasezgir to‘g‘rilagich orqali ulangan sanash asbobi *5* shu og‘ishning kattaligini ko‘rsatadi.

Induktiv asboblar turli bo‘lim qiymatli (mos holda 0,02; 0,05; 0,2; 2 mkm) beshta rostlanuvchi o‘lchash chegaralariga ±(1; 3; 10; 30; 100) mkm ega bo‘lgan strelkali ko‘rsatuvchi asboblar sifatida ham, bo‘lim qiymati har xil (mos ravishda 0,005; 0,05 va 0,5 mkm) bo‘lgan uchta rostlanuvchi o‘lchash chegarasiga ±(10; 100 va 1000) mkm li raqamli qurilmali qilib ham ishlab chiqarilmoqda.

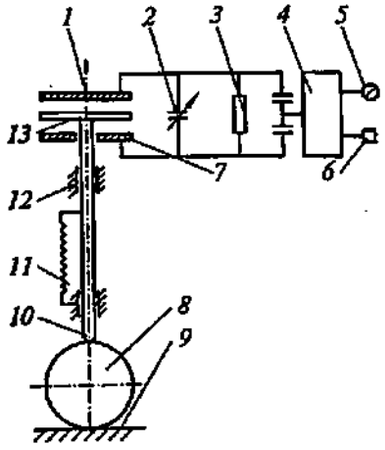


2.38- rasm. **Induktiv asbob chizmasi:**
1 va *7* — induktiv g‘altak; *2* va *4* — qarshilik; *3* — generator; *5* — sanovchi asbob; *6* — yakor; *8* — o‘lchash sterjeni; *9* — tekshirilayotgan detal

Sig'imli o'lchov sistemalarida chiziqli ko'chishlarni kondensatorning elektr sig'imini o'zgartirishga almashtirish prinsipidan foydalaniladi. Sig'imning o'zgarishiga ko'ra, o'lchamning o'zgarishi to'g'risida fikr yuritiladi. Sig'imli o'lchash asboblari kontaktsiz va kontaktli bo'lishi mumkin. Kontaktsiz asbobda nazorat qilinadigan detal bevosita elektr zanjiriga, kondensator plastinalaridan biri sifatida ulanadi. Ko'prik sxemasiga ulangan, ikki qo'zg'almas plastinali differensial sig'imli o'zgartkich qo'llanilgan asbobning sxemasi 2.39- rasmda ko'rsatilgan. O'lchash stoli *9* da o'rnatilgan o'lchash obyekti *8* ni o'lchashda, oxiriga (uchiga) harakatlanuvchi plastina *13* mahkamlangan o'lchov sterjeni *10* ning holatini o'zgartirish *7, 13* va *1, 13* plastinalardan tashkil topgan ikkita kondensator sig'imining o'zgarishiga sabab bo'ladi. Bu kondensatorlar va sozlovchi kondensator *2* ko'prik sxemasiga ulangan bo'lib, u yuqori chastotali generator *3* dan ta'minlanadi. O'zgartkichning chiqish kuchlanishi kuchaytirgich *4* orqali ko'rsatuvchi asbob *5* ga va ijrochi rele *6* ga uzatiladi.

Sig'imli o'lchov asboblari kichik inersionlikka (0,04 s dan kam), yuqori sezgirlikka, juda kichik o'lchov kuchlanishiga ega, chunki plastinalar orasidagi elektrostatik tortishish kuchlari juda kichik. Biroq, bu asboblar elektron ulanish sxemasining barqarorligiga yuqori talab qo'yadi.

Mexanotron o'lchov asboblari elektron va ion toklarini mexanik boshqarishli elektron lampani ifodalovchi elektron o'zgartkich, o'lchov sxemasi, kuchaytirgich, ko'rsatuvchi qurilma va ta'minot manbaidan iborat. Bu asboblar faqat lampaning chiqish teshigi o'qiga perpendikular ta'sir ko'rsatuvchi ko'chishlarni o'lchashgagina mo'ljallanmay, balki *F* kuchlanishlarni ham o'lchashga mo'ljallangan.



2.39- rasm. **Sig'imli asbobning chizmasi:**

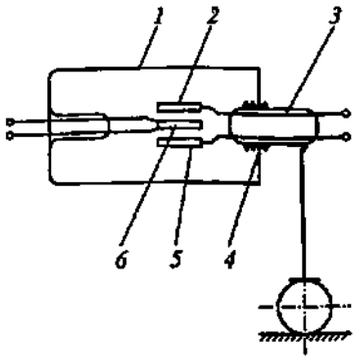
1 va *7* — qo'zg'almas plastina; *2* — kondensator; *3* — generator; *4* — kuchaytirgich; *5* — ko'rsatuvchi asbob; *6* — rele; *8* — o'lchash ob'ekti; *9* — o'lchash stoli; *10* — o'lchash sterjeni; *11* — prujina; *12* — yo'naltiruvchilar; *13* — qo'zg'aluvchi plastina

Mexanotronlar harakatlanuvchi anodlar, katodlar yoki to'rlar bilan diodlar, triodlar va tetrodlar asosida tayyorlanadi. Ikkilangan diod ko'rinishida bajarilgan o'zgartkichlar eng ko'p tarqalgan. Mexanotron (2.40- rasm) vakuumli korpus ballon *1*, izolyator *3* ga mahkamlangan anodlar *2* va *5* hamda cho'g'langan katod *6* dan iborat. Ko'chishni kolba ichiga kiritish membranalar yoki gofrirlangan trubkalar *4* orqali amalga oshiriladi.

Elektrodlarning o'zaro joylashishiga bog'liq holda o'zgartkichning tok va kuchlanish bo'yicha xarakteristikalari o'zgaradi, buni asbob qayd etadi yoki boshqarish signallarini uzatishda foydalaniladi.

Fotoelektrik o'lchov asboblarida diafragmali yoki yorug'lik oqimining qaytish va fotoelement asosida qurilgan optik sistema yordamida yorug'lik energiyasi elektr signallarga aylanadi, u kuchayib, yo ko'rsatuvchi asbobga, yoki buyruqlar uzatuvchi qurilmaga keladi.

Fotoelement katodiga tushayotgan yorug'lik oqimining o'zgarishiga ko'ra, nazorat qilinayotgan detallarning o'lchamini uzluksiz o'zgartirish uchun fotoelektrik o'lchov sistemalari juda kam qo'llaniladi. Buning sababi fotoelementlar xarakteristikalarining vaqt bo'yicha barqaror emasligidir.



2.40- rasm. **Mexanotron chizmasi:**

1 — korpus-ballon; *2* va *5* — anod; *3* — izolyator; *4* — gafrirlangan trubkalar; *6* — katod

Qarab chiqilayotgan sistemalarning bazaviy (asosiy) element bo'lgan fotoelektrik o'zgartkichlar yorug'lik oqimini qaytaruvchi diskret o'lchov sistemalarda, masalan, tebranish podshipniklarini nazorat qilish va navlarga ajratish uchun Sankt-Peterburgdagi asbobsozlik zavodi atomatlarida, sanoq sxemalarida, ko'chishlarni o'lchaydigan optik sistemalarda va boshqalarda keng qo'llaniladi.

Nazorat savollari

1. Elektrik va elektromexanik almashtirishli o'lchash va nazorat qilish vositalarining qo'llanish sohasi qanday?
2. Elektr almashtirgichli o'lchash vositalarining funksional sxemasi qanday ishlaydi?
3. Induktiv va sig'imli asboblarning ishlash prinsipi qanday?

Laboratoriya ishi: «Elektr almashtirgichli vositalar yordamida chiziqli o'lchamlarni o'lchash va nazorat qilish».

2.2.7. Radioaktiv almashtiriluvchi o'lchash va nazorat qilish vositalari

Radioaktiv o'lchash vositalari radioaktiv nurlanishlarning xossalari: modda ichidan singib o'tish, modda tomonidan sochilishi va moddani ionlashtirishdan foydalanishga asoslangan.

Radioaktiv asboblar ishlatilish sharoitlari og'ir bo'lgan (changlanganlik, namlik, yuqori temperatura, agressiv muhit) sanoat tarmoqlarida qo'llaniladi. Ular metall prokatlari, rezina, qog'oz, oyna (shisha), turli xil plyonkalarni tayyorlashning texnologik jarayonlarini avtomatlashtirish, quyish va temirchilik-presslash ishlab chiqarishni avtomatlashtirish uchun muvaffaqiyatli foydalaniladi. Radioaktiv asboblar o'lchanayotgan obyektning titrashlari va tebranishlarining ancha katta qiymatlarida katta tezlikda prokat qilishda, o'lchash hududida temperaturaning ancha katta o'zgarishlarida kontaktsiz o'lchashlar olib borishga imkon beradi. Ammo yadro nurlanishi manbalaridan foydalanish xizmat ko'rsatuvchi xodimlarni doimiy ravishda nurlanish ta'siridan himoya qilish zarurati bilan bog'liq.

Chiziqli o'lchamlarni nazorat qilish uchun radioaktiv nurlanish oqimining yutilishi yoki sochilishi kattaligi nazorat qilinayotgan kattalik bilan funksional bog'liq bo'lgan asboblar qo'llaniladi. List (taxta) qalinligini nazorat qilish asbobining eng sodda sxemasi 2.41- *a* rasmda ko'rsatilgan. Nurlanish manbai *1* dan chiqayotgan radioaktiv nurlanishlar oqimi nazorat qilinayotgan detal *2* ichidan o'tib, priyemnik (qabul qilgich) *3* ga tushadi, u yerda oqimning intensivligiga (list qalinligiga) bog'liq holda ma'lum kattalikdagi elektr signali vujudga keladi, u kuchayib boradi va oraliq o'zgartirgich *4* tomonidan o'zgartiriladi, keyin sanoq yoki buyruq berish qurilmasi *5* ga keladi.

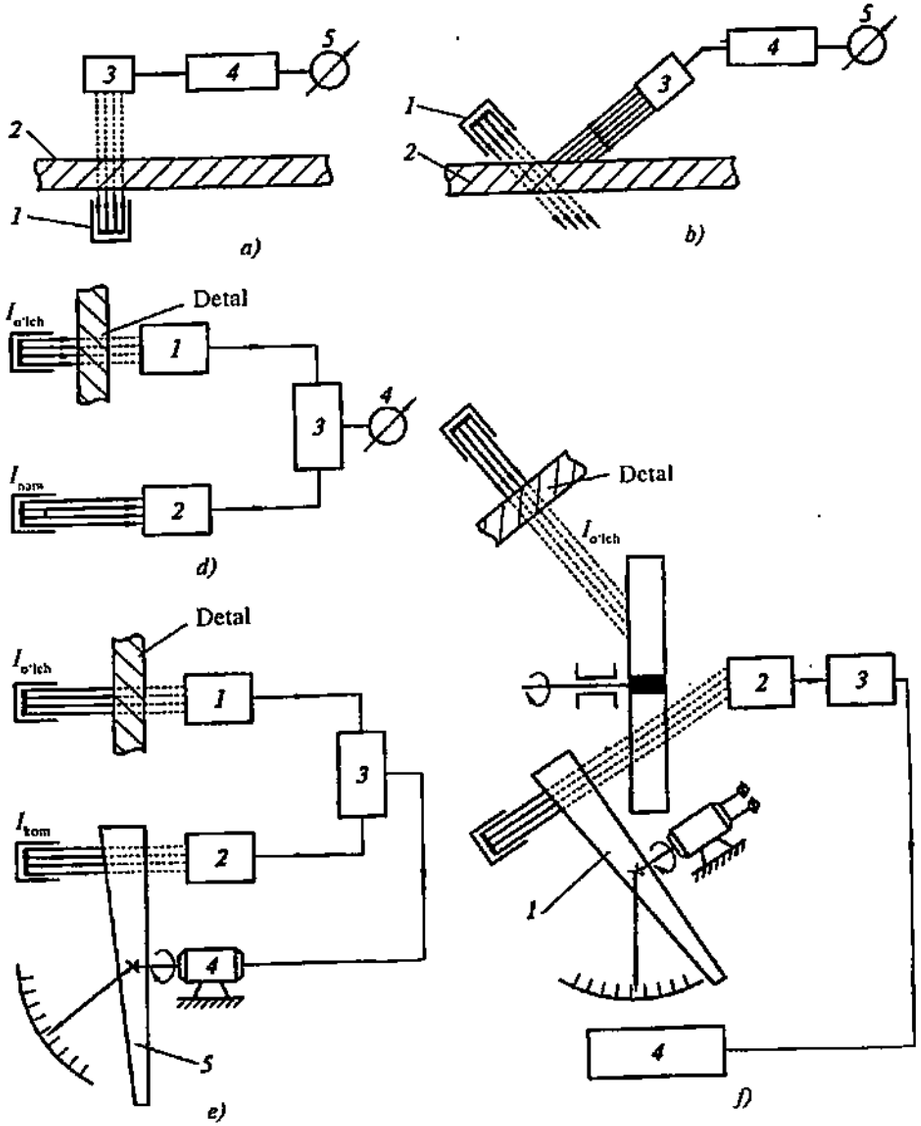
Nurlanishlar oqimining teskari sochilishi yordamida o'lchamlarni o'lchash 2.41- *b* rasmda ko'rsatilgan. Radioaktiv nurlanish dastasi *1* ni qalinligi izlanayotgan buyum *2* sirtiga yo'naltirilganda nurlarning bir qismi buyumdan o'tadi, nurlarning yana bir qismi esa nazorat qilinayotgan detal tomonidan sochib yuboriladi va o'zining dastlabki yo'nalishini o'zgartiradi. Nurlanishning teskari sochilishi faqat buyum sirtidagina yuz bermay, balki buyumning qalinligiga bog'liq holda, uning turli chuqurliklarida ham yuz beradi. Qaytgan oqimning intensivligini o'xshash elektr sxema *4* yordamida priyomnik (qabul qilgich) *3* va sanoq qurilmasi *5* bilan o'lchab, detalning qalinligi to'g'risida hukm chiqariladi.

Biroq to'g'ridan-to'g'ri o'lchash sxemalari muhim kamchilikka ega — ularning aniqligi juda past. Ikkita o'lchash oqimlarini (ulardan biri o'lchanayotgan $I_{o'lch}$, ikkinchisi — namunaviy I_{nam}) taqqoslash xos bo'lgan o'lchashning differensial sxemasi (2.41- *d* rasm) ancha yuqori metrologik ko'rsatkichlarga ega. Oraliq o'zgartkich *3* avvalgi sxemalarda bajariladigan vazifalardan tashqari, shuningdek farqli signal ajratishi kerak, bu signal keyin sanoq qurilmasi *4* ga tushadi.

Kompensatsion o'lchash sxemasi (2.41- *e* rasm) oraliq o'zgartkichi *3* ning nobarqarorligi ta'sirini bartaraf etishga imkon beradi, chunki bu holda oqim $I_{o'r}$ dan va kompensatsion oqim I_{nam} dan kelayotgan signal farqi kompensatsion pona *5* ni qabul qilgich *2* ga tushayotgan namunaviy nurlanish I_{nam} intensivligi arrasimon qonun bo'yicha uzluksiz o'zgaradigan qilib doim harakatda bo'ladi (aylanib turadi). Oraliq o'zgartkich *3* da kompensatsiyalanuvchi va o'lchanayotgan oqimning tenglik payti qayd etiladi, o'lchagich *4* esa ponaning ana shu paytga mos keluvchi vaziyatini qayd etadi.

Chiziqli o'lchamlarni o'lchash uchun mashinasozlikda radioaktiv izotopni o'z ichiga olgan moddaning (qotishmalar, metallar, tuzlar va emallar) uncha katta bo'lmagan miqdori bo'lgan uncha katta bo'lmagan o'lchamdagi germetik metall ampulalardan iborat bo'lgan β va γ- nurlanishlar manbalaridan foydalaniladi. β- nurlanishni qo'llatish sohalaridan asosiylari materialning qalinligi, zichligi va massasini aniqlash hisoblanadi. Nurlanishning katta singib o'tuvchi qobiliyati talab qilingan qurilmalarda (qalinlik o'lchagichlar, zichlik o'lchagichlar, defektoskoplar, sath o'lchagichlarda) γ- nurlanishdan keng foydalaniladi.

Nurlanishlarni qabul qilgich (priyomnik)larni ikki guruhga ajratish mumkin. Birinchi guruhga ishlash prinsipi radioaktiv nurlar ta'sirida vujudga



2.41- rasm. **Radioaktiv o'zgartkichlarning chizmasi:**

a — list qalinligini tekshirish uchun (*1* — nurlanish manbai; *2* — tekshirilayotgan detal; *3* — qabul qilgich; *4* — oraliq o'zgartkich; *5* — sanoq yoki buyruq beruvchi qurilma); *b* — nurlanish oqimini teskari tarqatish yordamida o'lchamlarni o'lchash (*1* — radioaktiv nurlanish dastasi; *2* — buyumning sirti; *3* — qabul qilgich; *4* — elektr chizmasi; *5* — sanash qurilmasi); *d* — differensial (*1* va *2* — qabul qilgich; *3* — oraliq o'zgartkich; *4* — sanash qurilmasi; *e* — kompensatsion (*1* va *2* — qabul qilgich); *3* — oraliq o'zgartkich; *4* — servoprivod; *5* — kompensatsiyalovchi pona); *f* — dinamik kompensatsiya uslubi bo'yicha (*1* — pona, *2* — qabul qilgich; *3* — oraliq o'zgartkich; *4* — o'lchagich)

keladigan gazning ionlanishiga asoslangan (ionizatsiyalash kameralari, gaz hisoblagichlari) qabul qilgichlar kiradi. Ikkinchi guruh qabul qilgichlarining ishlash prinsipi qattiq jismlarda va ayrim eritmalarda ionlashga asoslangan (ssintillyatsion hisoblagichlar).

Konveyer bo'ylab o'tayotgan detal yoki asbobning mavjudligini, detallar sonini aniqlash, ishlov berish zonasiga bitta zagotovka o'rniga birdaniga ikkita yoki undan ortiq zagotovkani uzatishda metall qirquvchi qurilmani himoyalash (blokirovka qilish) hamda ko'pgina boshqa masalalarni hal etish β- rele va γ- rele yordamida amalga oshiriladi.

Bunday asboblarni yasash uchun sanoatda sistemaning avtomatik boshqaruviga kiruvchi universal elementlar (bloklar) ishlab chiqariladi. Ular nurlanish blokidan, o'lchash blokidan (zonddan), rele blokidan va signalizatsiya blokidan iborat.

2.2.8. Kalibrlar bilan nazorat

Ommaviy va yirik seriyali ishlab chiqarish sharoitida texnik nazorat operatsiyalarini bajarish uchun kalibrlar ko'rinishidagi tekshiruv asboblaridan keng foydalaniladi. Kalibrlar — bu jismlar yoki qurilmalar bo'lib, buyumlar o'lchamlarining yoki ular konfiguratsiyalarining belgilangan qo'yimlarga muvofiqligini tekshirish uchun mo'ljallangan. Ular ko'pincha, detallarning yaroqli ekanligini 6—17 kvalitet aniqlikda aniqlash uchun, shuningdek, «tushib qoluvchi kalibr» prinsipiga ko'ra, ishlovchi faol nazorat qilish qurilmalarida qo'llaniladi.

Chegaraviy (chetki) kalibrlar yordamida nazorat qilinayotgan kalibrning son qiymati aniqlanmaydi, balki parametr chegaraviy qiymatlardan tashqariga chiqadimi yoki ruxsat etilgan ikkita qiymat orasida joylashgan-joylashmaganini aniqlaydi. Tekshirish vaqtida, agar kalibrning o'tuvchi tomoni (PR) kalibrning massasiga taxminan teng kuch ta'sirida o'tsa, kalibrning o'tmaydigan tomoni esa (NE) detalning nazorat qilinayotgan sirti bo'yicha o'tmasa, u holda detal yaroqli deb hisoblanadi. Agar PR o'tmasa, detal tuzatiladigan brakli detal hisoblanadi. Agar NE o'tsa, detal brakini tuzatib bo'lmaydigan brak detal hisoblanadi.

Silindrik teshiklar va vallar uchun silliq kalibrlarning turlarini DST 24851—81 belgilab beradi. ISO sistemasida silliq kalibrlar ISO—R1938—1971 bilan standartlashtirilgan.

Standart vallar uchun quyidagi silliq kalibrlarni va ularga tegishli tekshiruv kalibrlarini ko'zda tutadi:

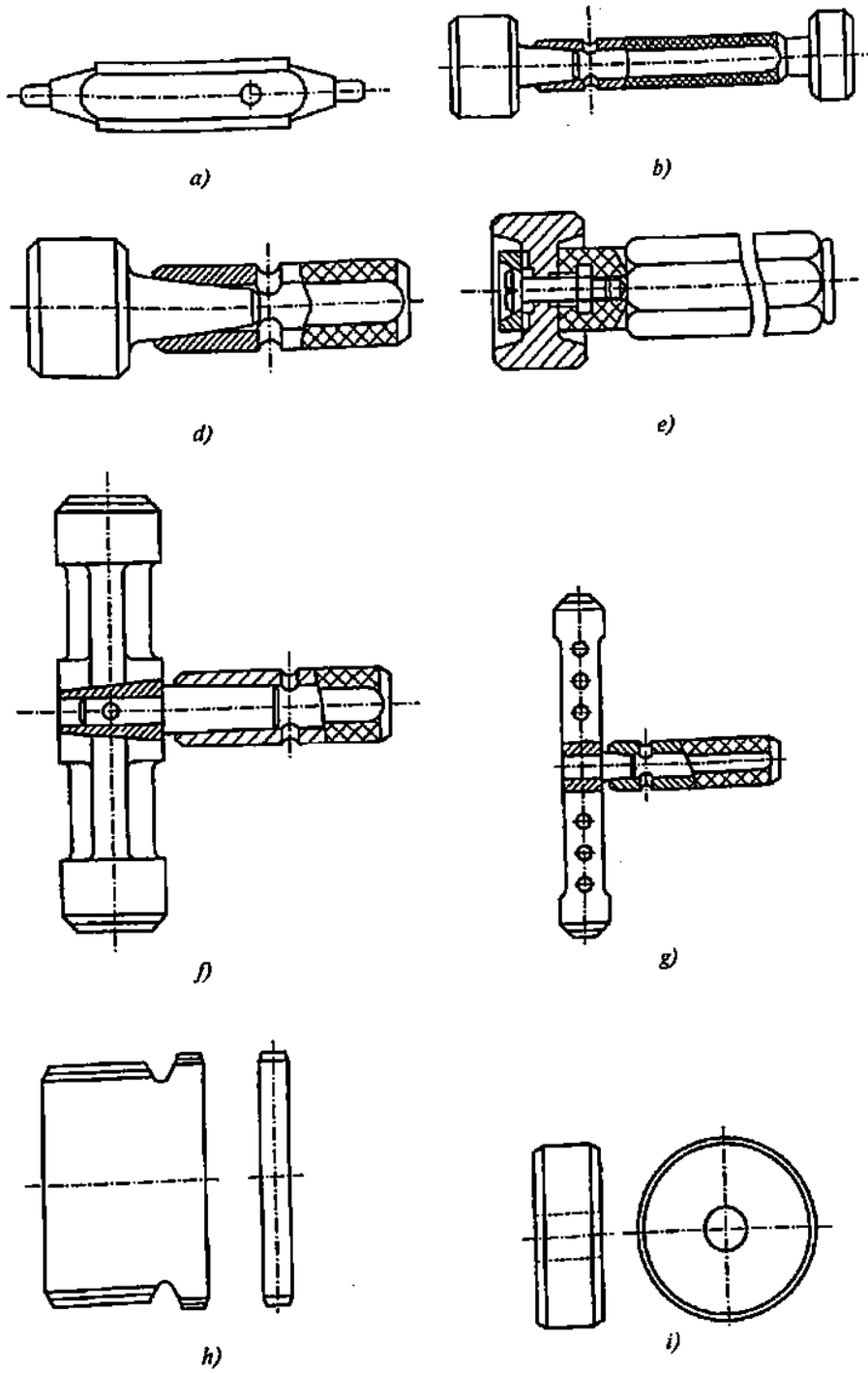
PR — o'tuvchi kalibr-skoba;

NE — o'tmaydigan kalibr-skoba;

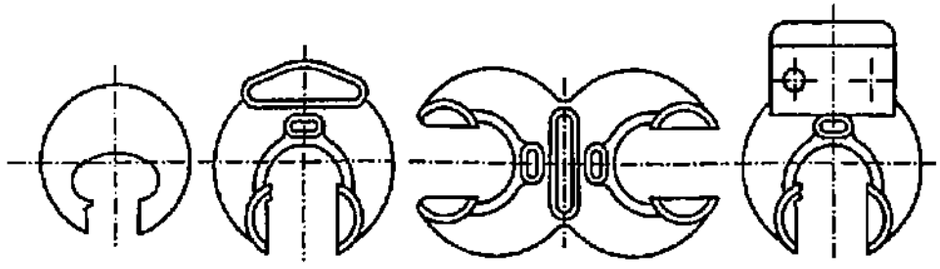
K-PR — yangi silliq kalibr-skoba uchun o'tuvchi tekshiruv kalibri;

K-NE — yangi silliq kalibr-skoba uchun o'tmaydigan tekshiruv kalibri;

K-I — silliq o'tuvchi kalibr-skoba yeyilishini nazorat qilish uchun tekshiruv kalibri.



2.42- rasm. **Kalibr-probkalar**



2.43- rasm. **Kalibr-skobalar**

Teshiklarni tekshirish uchun quyidagilar ko'zda tutilgan:

PR — o'tuvchi kalibr-probka.

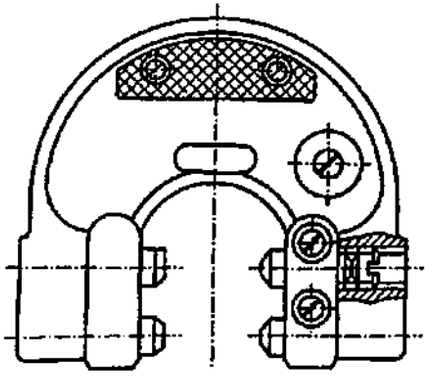
NE — o'tmaydigan kalibr-probka.

Teshiklarni tekshirish uchun kalibr-probkalar. Turli xil konstruksiyadagi kalibr probkalar qo'llaniladi (DST 14807—69—DST—14827—69). Bunday kalibr probkalarga quyidagilar kiradi: silindr qo'yilmali ikki tomonlama (2.42- *a* rasm) va konussimon dumli qo'yilmali probkalar (2.42- *b, d* rasm), silindr nasadkali probkalar (2.42- *e* rasm), to'liq probkalar (2.42- *d, e* rasm), to'liqmas probkalar (2.42- *h* rasm), bir tomonlama list probkalar (2.42- *h* rasm), to'liq shaybalar va to'liqmas shaybalar (2.42- *i* rasm).

Bir tomonlama chekli kalibrlar afzal ko'riladi. Ular buyumlarni nazorat qilish vaqtini va material sarfini qisqartiradi.

Vallarni tekshirish uchun kalibr-skobalar. Chekli va rostlanuvchi kalibr-skobalar qo'llaniladi (DST 18358—73—DST 18369—73). Chekli kalibr skobalarga quyidagilar kiradi: listli bir tomonlama (2.43- *a* rasm) va ikki tomonlama skobalar, shtamplangan bir tomonlama skobalar (3.43- *b* rasm), ikki tomonlama skobalar (2.43- *d* rasm) va bir tomonlama dastali skobalar (2.43- *e* rasm).

Rostlanadigan kalibr-skobalar (2.44- rasm) yeyilishni kompensatsiyalashga imkon beradi va ma'lum oraliqlarga tegishli turli o'lchamlarga moslasha oladi. Biroq rostlanmaydigan (tartibga solinmaydigan) skobalarga nisbatan ularning aniqligi kichikroq va ishonchliligi kamroq bo'lib, odatda, aniqlik kvaliteti 8 dan aniq bo'lmagan qo'yimlar bilan o'lchamlarni tekshirish uchun qo'llaniladi.



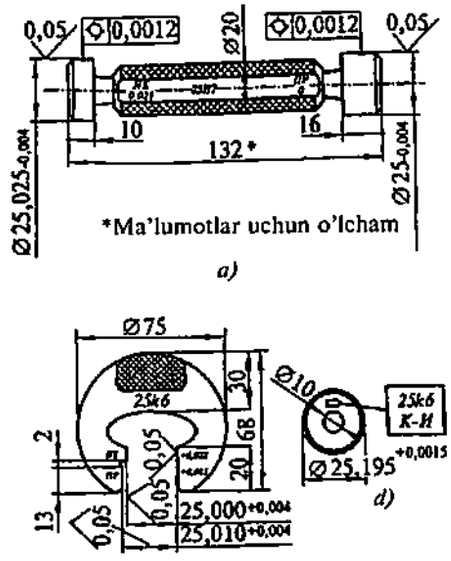
2.44- rasm. **Sozlanadigan kalibr-skoba**

Vazifasiga ko'ra, chegaraviy kalibrlar ishchi, qabul qiluvchi va tekshiruvchi (nazorat qiluvchi) turlarga bo'linadi.

Ishchi kalibrlar detallarni tayyorlash jarayonida ularni tekshirish (nazorat qilish) uchun mo'ljallangan. Ulardan qurilma operatorlari va sozlovchilari, shuningdek, zavod-tayyorlovchining TNB(OTK) nazoratchilari foydalanadi.

Qabul qiluvchi kalibrlar buyurtmachi vakillari bilan detallarni qabul qilish uchun qo'llaniladi.

Rostlanuvchi kalibr-skobalarni o'rnatish va rostlanmaydigan kalibr-skobalarni nazorat qilish uchun, shuningdek, yeyilganligi oqibatida foydalanishdan olib tashlash uchun nazorat kalibrlari (K-I) qo'llaniladi, ular shayba shakliga ega (2.42- *i* rasmga qarang). Nazorat kalibrlarining qo'yimi kichik bo'lishiga qaramay, ular ishchi kalibrlarini tayyorlash va yeyilishiga oid qo'yimlarining belgilangan maydonlarini buzib ko'rsatadi, shuning uchun ular o'rniga, imkoni boricha, chetki uzunlik o'lchovlarini yoki universal o'lchov asboblarini qo'llanish maqsadga muvofiq.



2.45- rasm. **Kalibr-tiqin (*a*), kalibr-skoba (*b*) va kalibr shaybalarning (*d*) eskizlari ma'lum uchun o'lcham**

Kalibr-probkalarning qo'yilma va o'tqazmalarini X po'latidan DST 5950—73 bo'yicha yoki ShX—15 po'latdan DST 801—78 bo'yicha tayyorlanadi. Qo'yilma va o'tqazmalarni U10A yoki U12A po'latlardan shtamplash yo'li bilan olinadigan to'liq bo'lmagan kalibr-probkalardan tashqari barcha turdagi kalibrlar uchun, shuningdek, *15* yoki *20* po'latlardan diametri 10 mm dan ortiq bo'lgan kalibrlar uchun tayyorlashga ruxsat etiladi.

Ishchi sirti *15* yoki *20* sementlovchi po'latdan qilingan kalibr detallarini tayyorlash uchun sementatsiya qoplamining qalinligi 0,5 mm dan kam bo'lmasligi kerak. 1—100 mm o'lchamdagi barcha turdagi kalibr-probkalarning (list va to'liqmas kalibr-probkalardan tashqari) kirish va chiqish faskalari (o'tmaslangan joylari) sirti xromlanadi yoki boshqa yeyilishga chidamli qoplamalar qoplanadi.

Kalibr-probkalarning xrom qoplamali ishchi sirtlarining va kirish-chiqish faskalarining sirtlari qattiqligi — HRC_e 57—65. Ishchi sirtlar g'adir-budurligining parametrlari kalibrning turiga, buyumning nazorat qilinayotgan parametrining aniqligiga va uning o'lchamiga bog'liq hamda Ra 0,04—0,32 mkm chegaralarida yotishi kerak.

Yeyilishga bardoshlikni oshirish va ishlab chiqarish sharoitlarida xarajatlarni kamaytirish uchun ko'pincha, kiritmali va o'tqazmali qattiq qotishma materiallardan tayyorlangan kalibrlar qo'llaniladi (DST 16775—71—DST 16780—71). Bunday kalibrlarning yeyilishga chidamliligi

kalibrlarning qiymati 3—5 marta ortganda xromlangan kalibrlarning yeyilishga chidamliligiga nisbatan 50—150 marta yuqori.

Silliq rostlanmaydigan kalibrlarga texnik talablarni DST 2015—84 o'rnatadi.

Kalibr markirovkasi kalibr mo'ljallangan detalning nominal o'lchami, buyum qo'yish maydonining harfiy belgilanishi, buyumning millimetr hisobidagi chekli og'ishlarining son qiymatlari (ishchi kalibrlarda), kalibr turi (masalan, PR, NE, K-I) va zavod-tayyorlovchining tovar belgisini ko'zda tutadi. 2.45- rasmda kalibr-probkaning (DST 14810—69), kalibr-skobaning (DST 18352—73) va nazorat kalibr-shaybasining eskizlari umumiy markirovkani, ijro o'lchamlari, shaklning aniqligi va ishchi sirtlarning g'adir-budurligini ko'rsatgan holda keltirilgan.

Chuqurliklar va chiqiqlarning balandligini nazorat qilish uchun kalibrlar (2.46- rasm) alohida guruhni tashkil etadi. U yoki bu shakldagi zinasimon plastinalar o'zini konstruktiv namoyon qiladi. DST 2534—77 11—17 aniqlik kvaliteti bilan 1—500 mm o'lchamlarni qamrab oluvchi kalibrlar turlarini nazarda tutadi. Buyumning yaroqliligini mos kalibr va buyum tekisliklari orasidagi oraliqning mavjudligiga ko'ra, kalibrlar bilan aniqlanadi. Bu kalibrlarda o'tuvchi va o'tmaydigan tomonlar o'rniga buyumning eng katta (B) va eng kichik (M) chekli o'lchamlariga mos keluvchi tomonlari bor.

Nazorat qilishning asosiy uslublari quyidagilardir: yorug'lik tirqishi yoki yorug'lik o'tishiga qarab tekshirish, ustiga surib qo'yish, ushlab ko'rib sezish, bo'limlarga ko'ra.

Nazorat vositasi tanlangan uslubga ham bog'liqdir:

yorug'lik tushishiga ko'ra nazorat uchun kalibrlar (2.46- *a, b, d* rasmlarga qarang);

ustiga surib qo'yish uslubi bilan nazorat qilish uchun kalibrlar (2.46- *e, f, g* rasmlarga qarang);

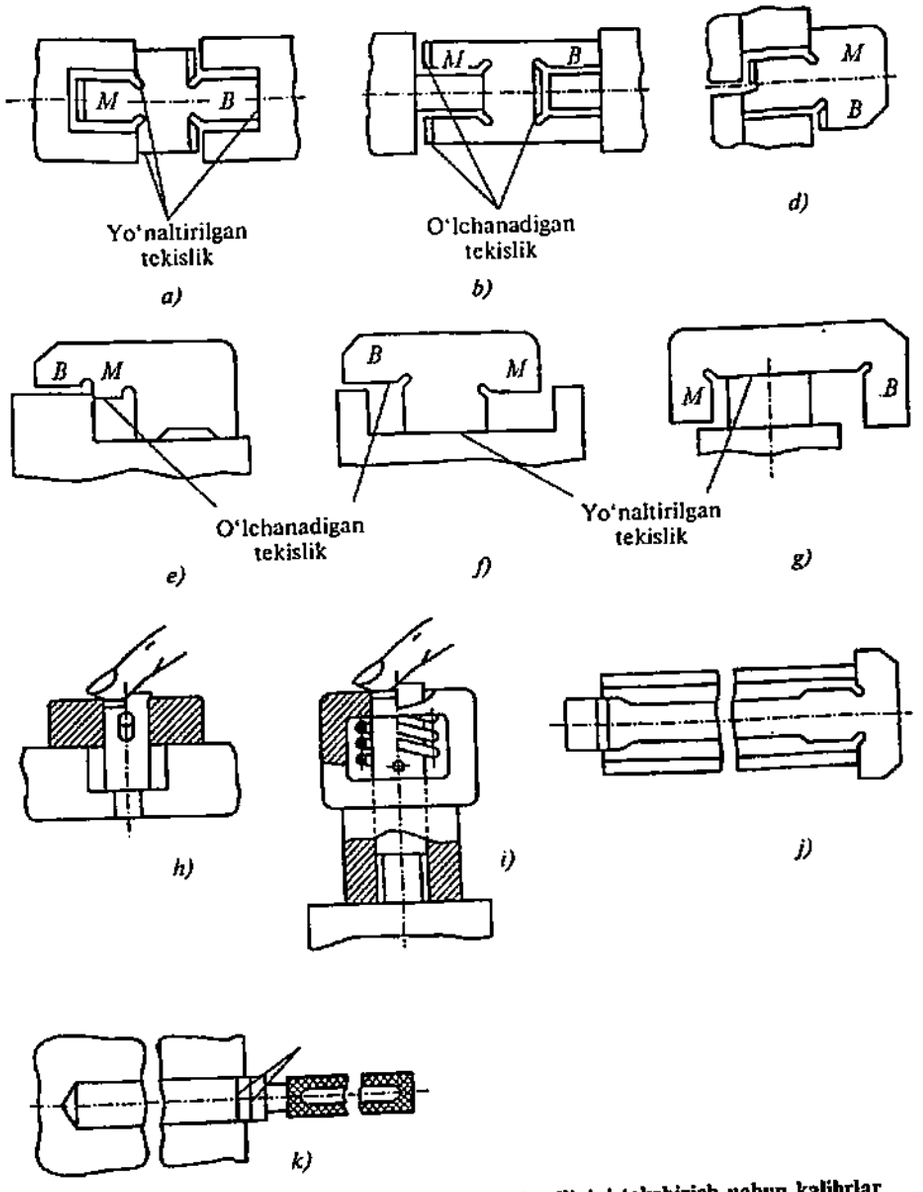
ushlab ko'rib sezish uchun kalibrlar (2.46- *h, i* rasmlarga qarang);

bo'limlar bo'yicha tekshirish uchun kalibrlar (2.46- *j, k* rasmlar).

Yorug'lik tushishiga qarab tekshirish usuli bo'yicha kalibrlar bilan 0,04—0,06 mm dan kam bo'lmagan qo'yimlar nazorat qilinadi. Zina-sterjenli kalibrlar bilan nazorat qilinadigan buyumlarning minimal qo'yimlari 0,03 mm ni, ushlab ko'rib tekshiriladigan buyumlarniki — 0,01 mm ni tashkil etadi.

ISO sistemasida chuqurlik va balandliklar uchun chegaraviy kalibrlar standartlashtirilmagan.

Konussimon kalibrlar. Tashqi konuslarni nazorat qilish konussimon kalibr vtulkalar bilan, ichki konuslarni nazorat qilish esa konussimon kalibr-probkalar bilan bajariladi. DST 24932—81 diametrlari berilgan kesimda 200 mm gacha, konusligi 1,3 dan 1,50 gacha, diametrlari qo'yimlari 6—12 kvalitetli, konus burchaklari qo'yimi 4—9 aniqlik darajasida bo'lgan har bir turdagi qo'yimni alohida me'yorlash bilan silliq konuslar uchun kalibrlarning turlari va ijrolarini o'rnatadi. Konusli kalibrlarning ayrim vakillari 2.47- rasmda tasvirlangan.



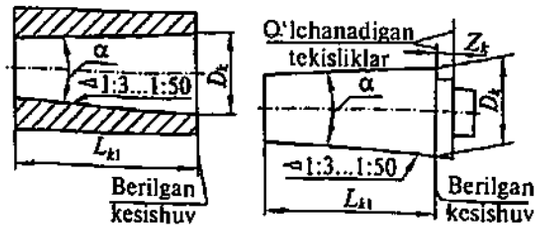
2.46- rasm. **Pog'onalarning chuqurligi va balandligini tekshirish uchun kalibrlar**

Belgilashga misollar:

— *4-* va *5*-aniqlik darajasidagi kalibr-vtulka 40 — «Vtulka 40 AT4, DST 20305—80»;

— *6-* va *7-* aniqlik darajasidagi tekshiruv kalibr-probka 60 — «Probka 60—K AT6, DST 20305-80».

Sirtlarning joylashuvini tekshirish uchun kalibrlar. Sirtlarning joylashuvini tekshirish uchun qo'yimlar, ijro o'lchamlarini hisoblash uslubi



2.47- rasm. **Konusli kalibrlarning turlari**

va kalibrlarning qo'llanilishiga oid umumiy ko'rsatmalar DST 16085—80 da belgilangan. U joylashish qo'yimlari bog'liq bo'lgan sirtlarni (ularning o'qlari yoki simmetriya tekisliklarini) tekshirish uchun, shuningdek, shaklning bog'liq qo'yimida o'qning to'g'ri chiziqli ekanini tekshirish uchun mo'ljallangan ajralmas konstruksiyadagi kalibrlarga tegishlidir.

Joylashuv kalibrlarining o'lchanadigan sirtlari qo'shiluvchi detallarning sirtlari yig'indisini ifodalovchi elementlar kompozitsiyasidan iborat.

Bunda ayrim o'lchov sirtlarining o'lchamlarini yig'ish uchun eng noqulay bo'lgan o'lcham (o'tish chegarasi bo'yicha) bajariladi, ularning nisbiy joylashuvi esa yoki bazaviy elementga nisbatan joylashuvini esa juda yuqori aniqlik bilan buyum chizmasida ko'rsatilgan nominal o'lchamlar bo'yicha saqlab turiladi.

Silindrik rezbalar aniqligini tekshirish kalibrlari. Kalibrlar yordamida kompleks va bo'laklarga ajratish (elementlar bo'yicha) uslublari. Kompleks uslub o'rta diametri qo'yimi yig'indisi bo'lib hisoblangan rezbali detallar uchun qo'llaniladi. U rezbali detalning haqiqiy konturini chegaraviy konturi bilan taqqoslash yo'li bilan rezbaning o'rtacha diametrini ($d_2(D_2)$), qadami (P), profil burchagining yarmi ($\alpha/2$), shuningdek, ichki ($d_1(D_1)$) va tashqi ($d(D)$) diametrlarini bir vaqtda tekshirishga asoslangan.

Tekshirishning bo'laklarga ajratish uslubida odatdagi silliq kalibrlar va shablonlar yordamida ichki D_1 va tashqi d diametrlar, qadam P va profilning yarim burchagi ($\alpha/2$) alohida tekshiriladi.

Silindrik rezbalar (metrik, tropetsiyasimon, truba va tirak) uchun kalibr va kontrkalibrlarning hamma turlarini DST 24939—81 belgilab beradi. Rezbali kalibrlarning va ular elementlarining konstruktiv o'lchamlarini DST 18465—73 va DST 19466—73 tartibga solib turadi.

Rezbali kalibrlar komplektiga ishchi rezbali skoba va halqalarni tekshirish hamda rostlash (o'rnatish) uchun ishchi silliq va rezbali o'tuvchi va o'tmaydigan kalibrlar, kalibrlar, kontrkalibrlar (KPR, PR, KPR-NE, KNE-PR, KNE-NE, KI-NE, U-NE, U-PR) kiradi.

O'tuvchi rezbali kalibrlar tekshirilayotgan rezba bilan buralib kirishishi kerak. Kalibrning gayka bilan buraluvchanligi gayka rezbasining keltirilgan o'rtacha va tashqi diametri o'rnatilgan eng kichik chegaraviy o'lchamlardan tashqariga chiqmaydi.

Rezbali kalibrni markirovkalash rezba belgisini qo'yishni, rezba dopuski maydoni, kalibr vazifalari (masalan, PR), korxona-tayyorlovchining tovar belgisi, chap rezbali kalibrlarda esa «LH» harflarini qo'shish ko'zda tutiladi. Korxona-tayyorlovchining shaxsiy ehtiyojlari uchun foydalaniladigan kalibrlarda tovar belgisi yozilmasligi ham mumkin.

Kompleks o'tuvchi kalibrlar. To'g'ri yonli shlitsali detallarda o'lchamlarning aniqligi, sirtlarning shakli va holati, odatda, kompleks o'tuvchi kalibrlar bilan tekshiriladi (DST 24959—81, DST 24960—81): shlitsali vtulkalar kalibr-probkalar bilan, shlitsali vallar esa kalibr-halqalar bilan tekshiriladi. Zarur bo'lganda, shuningdek, DST 24961—81, DST 24968—81 bo'yicha maxsus silliq kalibrlar bilan markazlovchi va markazlanmovchi diametrlarni, chuqurlik va shlitsalarning emini elementlab tekshirish amalga oshiriladi.

Kalibrning shartli belgisi kalibrning nolidan («probka» yoki «halqa»), kalibr turining raqamidan, mazkur kalibr mo'ljallangan val shlisli vtulkasining shartli belgilanishidan, kalibrning aniqlik darajasidan va standartning belgilanishidan iborat.

Belgilashlarga misollar:

DST 6033—80 bo'yicha 50×2×9 g val uchun 4- aniqlik darajasidagi 1-ko'rinishdagi kalibr-halqa — «Halqa 1—50×2×9 g/4. DST 24969—81».

DST 6033—80 bo'yicha 50×2×9N shlisli vtulka uchun 5-ko'rinish 4-aniqlik darajasidagi kompleks kalibr-probkalar — «Probka 5—50×2×9N/4 DST 24969—81».

Nazorat savollari

1. Kalibr nima va ular qanday maqsadlarda qo'llaniladi?
2. «Tekshirish» va «o'lchash» tushunchalari orasidagi farq nimadan iborat?
3. Kalibrlar qanday tasniflanadi?
4. Chegaraviy kalibrlar bilan tekshirish prinsipi nimadan iborat?

Laboratoriya ishi: «Detallar partiyasini chegaraviy kalibrlar bilan tekshirish».

2.3. MEXANIK KATTALIKLARNI O'LCHASH VA TEKSHIRISH

2.3.1. Kinematik kattaliklarni o'lchash va tekshirish uslublari hamda vositalari

Amalda o'lchanishi lozim bo'lgan mexanik harakat parametrlari — ko'chish, tezlik va tezlanishdir. Bular kinematik parametrlar bo'lib, o'zaro bog'langan: ko'chishni va ko'chish vaqtini bilgan holda tezlik hamda tezlanishni aniqlash mumkin:

— tezlik — ko'chish/vaqt (m/s);

— tezlanish — ko'chish/vaqtning kvadrati (m/s²).

O'z navbatida, ma'lum tezlanishga ko'ra, tezlik va ko'chishni hosil qilish mumkin.

O'lchanayotgan tezlik va tezlanishlarning oraliqlari nihoyatda katta. Shartli ravishda ular kichik oraliqlarga ajratiladi.

Chiziqli tezliklar (gacha), m/s:

yorug'lik tezligiga yaqin	$3 \cdot 10^6$
kosmik	$2 \cdot 10^4$
aviatsion obyektlar	10^3

transport 50
sanoat 10
kichik texnik ..... 10^{-1}
juda kichik ..... 10^{-3}

Burchak tezliklar (gacha), rad/s:
juda katta ..... $3 \cdot 10^4$
o'rtacha ..... 10^2
kichik 10
kichik texnik 1
juda kichik ..... 10^{-5}

Tezlanishlar (gacha), m/s^2
juda katta ..... $2 \cdot 10^5$
katta ..... 10^3
o'rtacha ..... 10^2
kichik 1
juda kichik ..... 10^{-5}

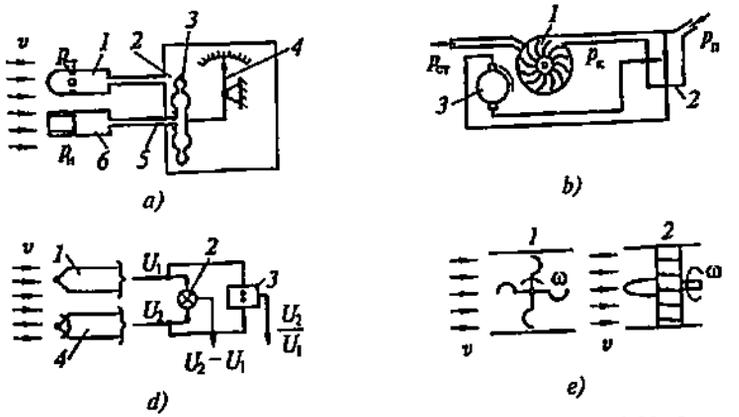
Harakat parametrlarini vaqt o'tishi bilan o'zgarishi xarakteriga ko'ra ilgarilanma, aylanma va tebranma harakatlar parametrlariga ajratish mumkin.

Chiziqli tezliklarni o'lchash uchun mo'ljallangan o'lchash va tekshirish vositalari *tezlik o'lchagichlari* deyiladi; burchak tezliklarini (aylanish chastotalari) o'lchash va tekshirish vositalarini *taxometrlar*, tezlanishlarni o'lchash vositalarini *akselerometrlar* deyiladi. O'lchash vositalarining katta sinfi tebranma harakat parametrlarini (titrashlar) o'lchash uchun qo'llaniladi. Agar mashina, qurilma, inshootlarning titrashlari parametrlari o'lchansa, u holda tegishli vositalar *vibrometrlar* deb ataladi. Yer sirti harakati parametrlarini o'lchash uchun qo'llaniladigan asboblar *seysmograflar* deyiladi.

Chiziqli tezliklarni o'lchash va tekshirish uslublari hamda vositalari. Harakatdagi qattiq jismlarning chiziqli tezliklarini o'lchashning eng keng tarqalgan uslublari: aerodinamik, kompensatsion, termodinamik, korrelyatsion, doplercha, elektromagnit, inersial va bosh.

Aerometrik uslub (2.48- *a* rasm) havo muhitida harakatlanuvchi jismning tezligi bilan funksional bog'langan tezlik (dinamik) kuchining o'zgarishiga asoslangan. Tezlik kuchi (napori) havo muhitining statik bosim *1* qabul qilgichida va to'liq bosim qabul qilgichi *6* da vujudga keladigan statik bosimni taqqoslash yo'li bilan manometrik quti *3* bilan aniqlanadi. Taqqoslash natijasi sanoq qurilmasida strelka *4* bilan ko'rsatiladi. Aerometrik uslubda qurilgan o'lchash vositalari tezlikni 2—3% dan ortiq bo'lmaydigan xatolik bilan o'lchashga imkon beradi.

Kompensatsion uslub (2.48- *b* rasm) to'liq bosim p_t va havo kompressori *1* hosil qiladigan bosim p_k ni avtomatik muvozanatlashga asoslangan. Ikki bo'shliqli manometrik rele *2* da bo'shliqlarning biriga to'liq bosim p_t tushadi, ikkinchisiga bosim p_k tushadi, p_t va p_k muvozanatlanadi. Bosim p_t bosim P_k dan katta bo'lgandagina kompressorni aylanishga majbur qiluvchi dvigatel *3* zanjiri ulanadi. Bunda monometrik rele *2* mem-



2.48- rasm. **Chiziqli tezliklarni o'lchash va tekshirish uslublari:**
a — aerometrik (*1* — statik bosim qabul qilgichi; *2* — korpus; *3* — manometrik quti; *4* — strelka; *5* — truboprovodlar; *6* — to'la bosim qabul qilgichi); *b* — kompensasion (*1* — havo kompressori; *2* — manometrik rele; *3* — dvigatel); *d* — termodinamik (*1* — ochiq termopara; *2* — summator; *3* — bo'lgich; *4* — to'siqli termopara); *e* — turbinali (*1* — tangensial turbinacha; *2* — aksial turbinacha)

branasi chapga egiladi. Kontaktlar ulanganda va uzilganda elektrodvigatel aylanish chastotasi shunday saqlanadiki, P_t va p_k ning tengligi ta'minlanadi.

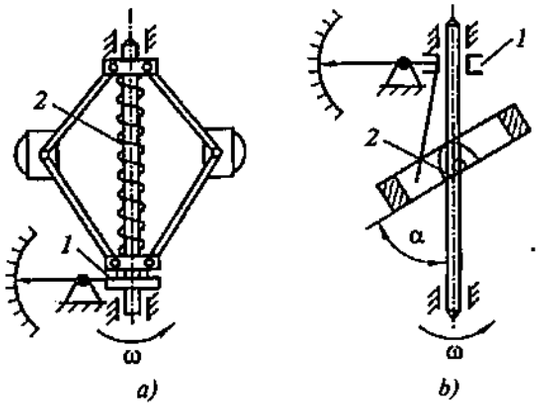
Termodinamik uslub (2.48- *d* rasm) ochiq termopara *1* va to'silgan termopara *4* (yoki temperaturaning boshqa o'zgartkichlari) yordamida havo muhitining tormozlangan oqimi temperaturasining o'zgarishiga asoslangan. Bu termoparalar qarshiliklarining ayirmasi summator *2* va bo'lgich *3* bilan tutib qolinadi. Bu uslubni amalga oshirish uchun kam inersion temperatura o'lchagichlar zarur bo'ladi. Bu uslub bo'yicha tezliklarni o'lchash vositalarining xatoligi temperatura o'zgartkichlari (*1* va *4*) parametrlarining doimiy emasligi bilan shart qilingan.

Turbina uslubida (2.48- *e* rasm) tangensial *1* yoki aksial *2* turbinachalarni aylantirish uchun havo yoki suv oqimi kinetik energiyasidan foydalaniladi. Turbinachaning aylanish chastotasi ω harakat tezligiga proporsional bo'ladi. Aksial turbinacha ko'rinishidagi o'lchash vositalari dengiz kemalari tezligini o'lchashda keng qo'llanilmoqda.

Texnikada keng qo'llanilayotgan **aylanish tezliklarini o'lchash va tekshirish uslublari hamda vositalari:** markazdan qochma, magnitoinduksion, elektrik (o'zgarmas va o'zgaruvchan tok), induksion va stroboskopik.

Markazdan qochma uslub shu bilan o'ziga xoski, unda sezgir element aylanuvchi valning muvozanatsiz massalari yuzaga keltiruvchi markazdan qochma kuchdan ta'sirlanadi. Bu uslub konussimon va halqali taxometrlarda amalga oshiriladi.

O'q bilan birga aylanuvchi, sharnirlarga o'rnatilgan konussimon taxometrda (2.49- *a* rasm) yukcha *m* lar o'rnatilgan bo'lib, ular markazdan qochma kuchlar ta'sirida o'q bo'ylab mufta *1* ni ko'chirib va prujina *2* ni siqib,



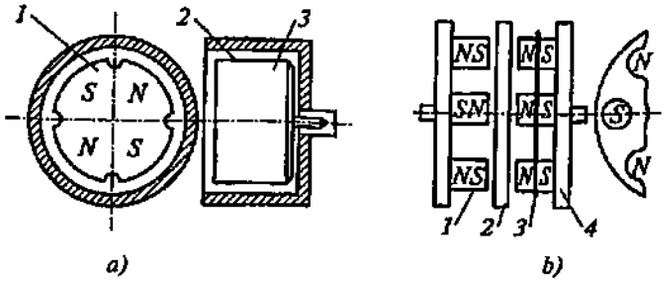
2.49- rasm. **Markazdan qochma taxometrlar:**
a — konussimon (*1* — mufta; *2* — prujina); *b* — halqali (*1* — mufta, *2* — aylanmaydigan o'q)

ochiladi. Mufta *1* holatining o'zgarishi taxometrning ko'rsatuvchi elementi — strelka bilan qayd qilinadi. Halqali taxometrda (2.49- *b* rasm) aylanmayotgan o'q *2* da ($\omega = 0$) halqa tekisligi o'qqa nisbatan ma'lum bir burchakka og'gan bo'ladi. Aylanishda halqa aylanish o'qiga perpendikular holatni egallashga intiladi va mufta *1* va sanoq qurilmasi strelkasining ko'chishini yuzaga keltiradi.

Markazdan qochma taxometrlar aylanish chastotasi rostlagichlarida o'zgartkichlar sifatida qo'llaniladi. Bunday o'lchash vositalarining kamchiligi masofalilikning yo'qligi, tayyorlashda va rostlashdagi ancha katta xatoliklar hamda texnologik qiyinchiliklar hisoblanadi.

Magnitoinduksion uslub metall jismda uyurmali toklarning paydo bo'ladigan aylanish chastotasiga bog'liqligiga asoslangan. Bu uslubda qurilgan taxometrlar ikki variantda bajariladi: silindrik sezgir element bilan (2.50- *a* rasm) va diskli sezgir element bilan (250- *b* rasm). Magnitoinduksion taxometrning asosiy qismi o'lchash uzeli bo'lib, u g'ovak silindr yoki disk ko'rinishida bajarilgan sezgir element *2* va doimiy magnit *1* dan iborat. Odatda doimiy magnit o'lchash zarur bo'lgan aylanish chastotasiga ega, katta solishtirma qarshilikka ega bo'lgan metalldan yasalgan sezgir element esa spiral prujina yordamida aylanishdan tutib turiladi. Oraliqda magnit induksiyaning doimiy bo'lmasligidan temperatura xatoligini kamaytirish maqsadida termomagnit shunt *3* qo'llaniladi.

Magnitoinduksion taxometrlar s^{-1} da darajalangan (TE xilidagi) va foizli shkalali qilib (ITE xili) tayyorlanadi.



2.50- rasm. **Magnitoinduksion taxometrlar:**
a — g'ovak rotorli; *b* — diskli; *1* — doimiy magnit; *2* — sezgir element; *3* — termomagnit shunt; *4* — magnito'tkazgich

ITE xilidagi taxometr, asosan, taxometr (o'lchov uzeli) va o'zgaruvchan chastotali o'zgaruvchan tok sinxron uzatmasidan iborat. Uzatmaga uch fazali tok sinxron generatori va sinxron ishga tushirgichli sinxron dvigatel kiradi.

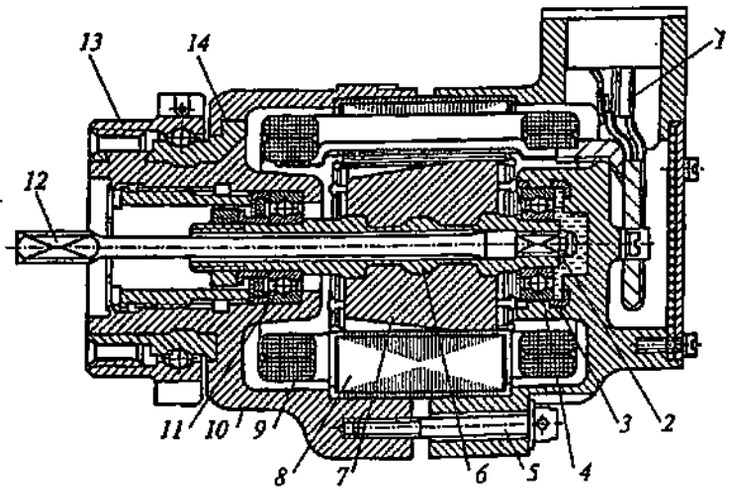
Konstruktiv jihatdan taxometr o'zgartkich va ko'rsatkich ko'rinishida yasalgan.

Taxometr o'zgartkichi (2.51- rasm) bir vaqtda sinxron uzatma o'zgartkichi hisoblanadi. U ikki-yoki to'rt qutbli ANK qotishmasidan tayyorlangan rotor-magnit *7* dan iborat. Stator *8* qalinligi 0,5 mm bo'lgan transformator po'latidan yasalgan va yulduz shaklida ulangan ikki qavatli chulg'am joylashtirilgan *12* tapazga ega. Stator plastinalari bir-biridan BF-1 elimi bilan izolyasiya qilingan. Stator chulg'ami (ikki yoki to'rtqutbli) diametri 0,27 mm bo'lgan PEV-2 markali mis simdan tayorlangan. Statorning har bir fazasi to'rtta g'altakdan iborat.

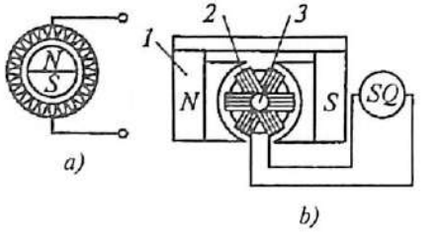
O'zgartkichni yuritish vtulka *6* orqali o'tuvchi uzun egiluvchan valdan iborat dum *12* yordamida amalga oshiriladi. Val kvadrat dum va prujinali halqa *2* yordamida mahkamlangan. Rotor sharikopodshipniklar *4* va *11* da aylanadi. O'zgartkich dvigatel uzatmasiga qo'shimcha gayka *13* yordamida mahkamlanadi.

O'lchashning elektrik uslubi generatsiyalanuvchi kuchlanishning aylanish chastotasiga bog'liqligiga (o'zgarmas, o'zgaruvchan va impulsli tok uchun), o'zgaruvchan va impulsli tok uchun — tok chastotasining aylanish chastotasiga bog'liqligiga asoslangan.

O'zgarmas tokning elektrik parametrlari o'z ichiga o'zgarmas tok taxogeneratori va galvanometrni oladi. Taxogeneratorlar ikki xil bo'ladi: rotorning burish burchagi cheklangan va cheklanmagan.



2.51- rasm. **Taxometr o'zgartkichi konstruksiyasi.**
1 — uzatma; *2* — halqa; *3* — zichlagich; *4* va *11* — podshipnik; *5* — vint; *6* va *14* — vtulka; *7* — rotor-magnit; *8* — stator; *9* — chulg'am; *10* — korpus; *12—13* — gayka



2.52- rasm. **O'zgarmas tok elektr taxometrlarining chizmasi:**

a — $\varphi \le \varphi_0$ bo'lgan taxogeneratordan; *b* — o'zgarmas tok gazogeneratorlari; *1* — doimiy magnit; *2* — yakorni sim bilan o'rash. *3* — cho'tqali kollektor; SQ — sanoq qurilmasi

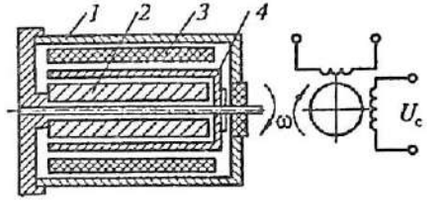
Rotorni burish burchagi cheklangan taxogenerator (2.52- *a* rasmga qarang) stator chulg'ami qo'zg'almas qilib quriladi, uning ichiga aylanish tezligi o'lchanadigan val bilan bog'liq doimiy magnit joylashtiriladi. Bunday taxogeneratorlar burchak tezlik o'zgartkichlari va boshqarish sistemasida tezkor teskari aloqa sifatida qo'llaniladi. Bunday taxogeneratorning afzalligi — kollektor va cho'tkalarning yo'qligidir.

Burish burchagi cheklanmagan taxogeneratorning asosiy elementlari (2.52- *b* rasm) tegishli magnitoprovodlari bo'lgan doimiy magnit *1*, yakor chulg'ami *2* va cho'tka *3* li kollektor bo'ladi. Kollektordan olinayotgan o'zgarmas tok kuchlanishi galvanometr yordamida o'lchanadi.

O'zgaruvchan tok taxometrlarida taxogenerator aylanuvchi doimiy magnit va stator chulg'amidan iborat. Burchak tezlik ω ni o'lchash aylanish chastotasiga teng bo'lgan o'zgaruvchan tok chastotasini o'lchashga yoki kuchlanish amplitudasini o'lchashga keltiriladi. Birinchi usul ancha afzalroqdir, chunki aylanish chastotasi o'zgaruvchan tok chastotasiga teng.

O'zgaruvchan tok taxometrlari orasida induksion taxometrlar (2.53-rasm) alohida o'rinni egallaydi. Bunday asbobning taxogeneratori asinxron turdagi elektr mashinadan iborat bo'lib, u tashqi *1* va ichki *2* magnitoprovodlardan iborat. Ular orasidagi oraliqda uyg'onish chulg'ami va signal chulg'amidan iborat stator chulg'ami *3* hamda silindr shaklida yasalgan alyuminiyli yupqa devorli rotor *4* joylashgan. Uyg'otish (g'altagi) chulg'amlari va signal chulg'amlari o'zaro perpendikular.

Uyg'otish chulg'amiga 400 Gs chastotali o'zgaruvchan kuchlanish keltiriladi, signal chulg'amidan esa o'shanday chastotali U_c kuchlanish olinadi, uning amplitudasi g'ovak rotor aylanishining burchak tezligi ω ga proporsional.



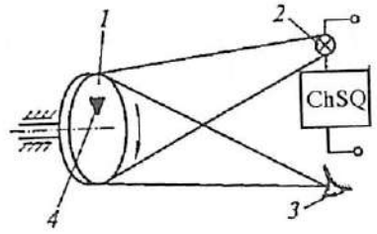
2.53- rasm. **Induktiv taxometr chizmasi:**

1 — tashqi magnitoprovod; *2* — ichki magnitoprovod; *3* — chulg'am; *4* — rotor

Induksion taxometrlar, ancha katta xatoliklarga ega bo'lgani holda, boshqaruv sistemasida faqat sezgir element sifatida qo'llaniladi.

Burchak tezlikni o'lchashning stroboskopik uslubi ko'zning ko'rilgan tasvirni u yo'qolgandan keyin sekundning o'ndan bir ulushlari davomida saqlab turishi xossasiga asoslangan. Shu prinsipga asoslangan o'lchash vositalari yuqorida qarab chiqilganlardan eng

anig'i hisoblanadi. Ular laboratoriya tadqiqotlarida, shuningdek, namunaviy o'lchov vositalarini yaratishda qo'llanilmoqda.



2.54- rasm. **Stroboskopik taxometr chizmasi:**

1 — aylanuvchi val; *2* — yorug'lik manbai; *3* — operator ko'zi; *4* — belgi; ChSQ — chaqnashni sozlash qurilmasi

Effektning amalga oshirilish prinsipini 2.54- rasm izohlaydi. Agar aylanayotgan val *1* dagi belgi *4* ni manba *2* dan chiqayotgan yorug'lik chaqnashlari bilan yoritilsa, u holda chaqnashlar soni aylanish chastotasi bilan mos tushganda belgi qo'zg'almasdek ko'rinadi. Agar bu farq noldan farq qilsa, u holda belgi aylanish chastotasi va chaqnashlar sonining farqi ishorasiga qarab, u yoki bu tomonga tezlik bilan aylana boshlaydi. Operator ko'zi *3* belgining juda sekin harakatlanishini sezgani uchun chaqnashni rostlash qurilmasi (ChRQ) vositasida belgini to'xtatib qo'yish va valning aylanish chastotasini aniqlash mumkin.

O'lchash aniqligi chaqnashlar chastotasining qayta tiklanish va o'lchash aniqligi bilan, stroboskopik manzarani to'xtatish paytlarini qayd etish aniqligi bilan belgilanadi.

Tezlanishlarni o'lchash uslublari va vositalari. Tezlanishlar metr taqsim sekund kvadratlarda (m/s^2) o'lchanadi. Tezlanishni o'lchash birligi sifatida ko'pincha, yerning tortish tezlanish bilan bog'liq kattalik — *g* qo'llaniladi. Masalan, 0,1 g, 10 g va h.k. ga teng tezlanishlar. Tezlanishlar chiziqli va burchakli bo'lishi mumkin. Tezlanishlarni o'lchash vositalari *akselerometrlar* deyiladi.

Chiziqli tezlanishlarni o'lchash uchun inersial uslub, tezlikni differensiallash uslubi va masofani harakatsiz bazagacha ikki karra differensiallash uslubi qo'llaniladi.

Inersial uslub inersion massaning tezlanish bilan harakatlanishida erishiladigan kuchni o'lchashga asoslangan. Inersial uslubni amalga oshiruvchi o'lchashch vositalarining ishlash prinsipi quyidagidan iborat (2.55- *a* rasm). Asbob *4* korpusi bilan prujina *2* va dempfer *5* yordamida bog'langan inersion massa *1 sezgirlik o'qi* deb ataluvchi o'q *7* yo'nalishida ko'chishi mumkin. O'lchanayotgan tezlanishga proporsional bo'lgan inersion massaning ko'chishi rezistiv, induktiv yoki sig'imiy o'zgartkichlar *6* vositasida elektr signalga almashadi, bu elektr signal kuchaytirgich K da kuchaytirilgandan so'ng, elektromagnit *3* ga keladi. Elektromagnit esa inersion kuch ma_x ni, muvozanatlovchi *F* kuchni yuzaga keltiradi, ya'ni

$$F = ma_x,$$

bu yerda, a_x — tezlanish.

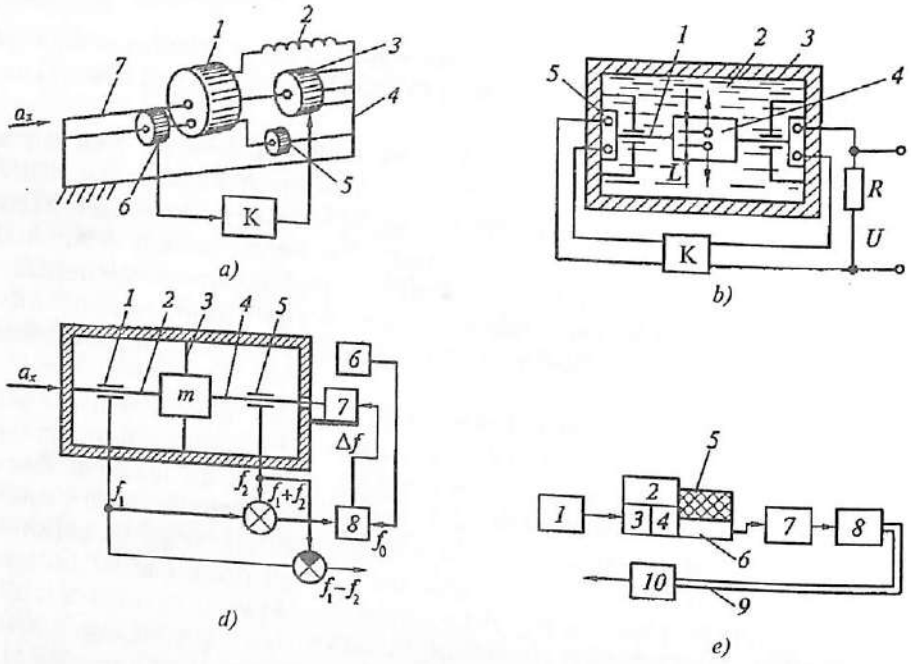
Bir yoki ikki karrali differensiallash uslublari mos ravishda o'lchangan tezlik yoki masofaning harakatsiz bazagacha differensiallashga keltiriladi.

Tezlanishlarni o'lchash aniqligiga bo'lgan talablar qo'llanish sohasi bilan belgilanadi. Masalan, inersial sistemalarda xatoliklar ±0,001% dan oshmasligi kerak. Boshqaruv sistemalarida akselerometrlardan foydalanilganda xatoliklar ±(1...2)% ni tashkil etishi mumkin. Mashinalarda tezlanishlarni o'lchash vositalarining xatosi ±4% ga yetishi mumkin.

Akselerometrlarning ayrim sxemalarini ko'rib chiqamiz (2.55- *b*, *d*, *e* rasmlar).

Akselerometrlarning asosiy elementlari inersion massalar osmalari, signallar o'zgartkichlari, moment (kuch) qurilmalari, signallar kuchaytirgichlari va tuzatuvchi qurilmalar (dempferlar) hisoblanadi.

Osma o'qlarida yo'qotishlarni kamaytirish, massa og'ishi va o'lchanayotgan tezlanish orasidagi chiziqli bog'lanishni ta'minlash uchun osmani solishtirma og'irligi sezgir elementning solishtirma og'irligiga teng suyuqlikka joylashtiriladi yoki uni havo yostiqchalarida, torlarda o'rnatiladi. Shuningdek, elektromagnit va kriogen osmalar qo'llaniladi.



2.55- rasm. **Tezlanishlarni o'lchash vositalari:**
a — akselerometr chizmasi (*1* — inersion massa; *2* — prujina; *3* — elektromagnit; *4* — asbob korpusi; *5* — dempfer; *6* — o'zgartkich; *7* — o'q; *K* — kuchaytirgich); *b* — mayatnikli akselerometr chizmasi (*1* — osma; *2* — suyuqlik; *3* — korpus; *4* — sezgir element; *5* — o'zgartkich; *K* — kuchaytirgich); *d* — torli akselerometr chizmasi (*1* va *5* — torli o'zgartkich; *2* va *4* — tor; *3* — elastik osma; *6* — operator; *7* — torlarni tortish mexanizmi; *8* — sozlovchi qurilma); *e* —tolali optik o'zgartkichli akselerometr chizmasi (*1* — yorug'lik manbai; *2* — akselerometr; *3* va *8* — linza; *4* — qutblagich; *5* — fotoelastik material; *6* — chorak to'lqinli plastina; *7* — analizator; *9* — tolali yorug'lik o'tkazgich; *10* — nurlanishni qabul qilgich — fotodiod)

Signallar o'zgartkichlari sifatida sig'imiy, induktiv, fotoelektrik, torli va boshqa o'zgartkichlar qo'llaniladi. Ularga qo'yiladigan asosiy talablar: katta aniqlash qobiliyati; chiqishning kirishdan chiziqli bog'liqligi, o'zgartkichning sezgir elementga ta'sirining yo'qligi.

Teskari aloqa signallarini kiritish uchun moment (kuch) qurilmalari bo'lib, moment dvigatellari (tormozlangan tartibda ishlovchi elektrodvigatellar) va elektromagnitlar hisoblanadi.

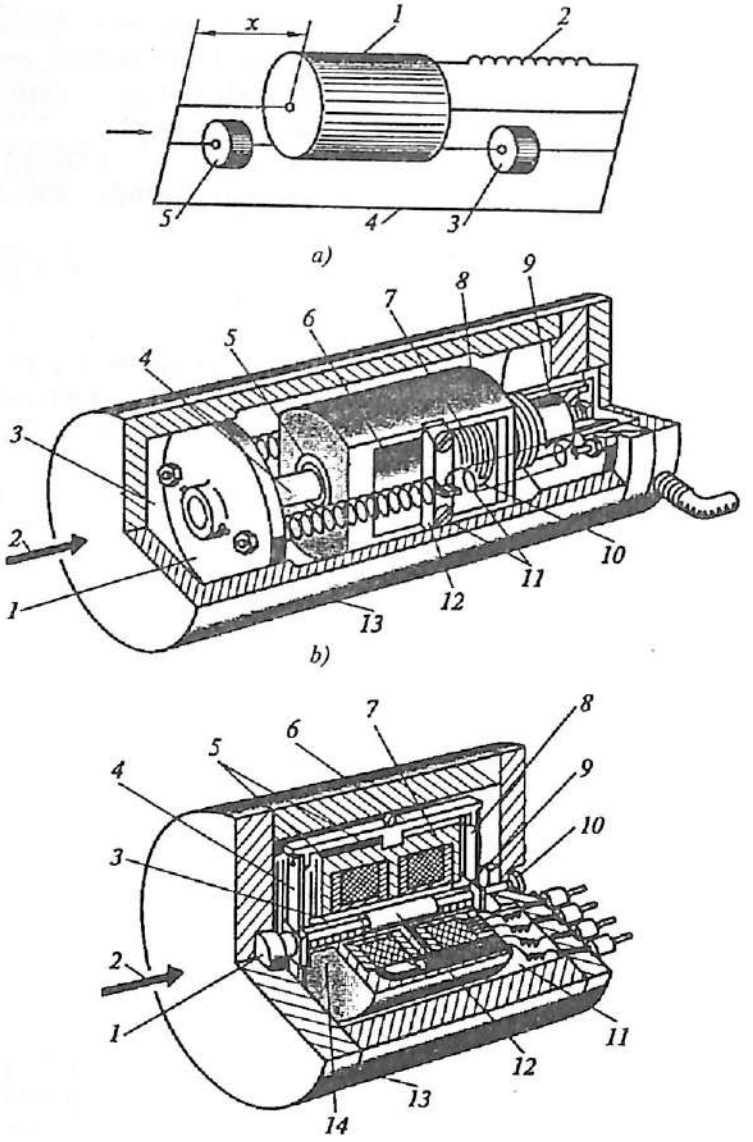
Mayatnikli akselerometrlarda (2.55- *b* rasmga qarang) sezgir element *4* korpus *3* ichiga joylashgan suyuqlik *2* da o'rnashgan. Suyuqlikning temperaturasi 0,01°C gacha aniqlikda tutib turiladi, bu esa uning konvektiv harakatlarini bartaraf etishga imkon beradi. Sezgir elementdan kelayotgan signal o'zgartkich *5* tomonidan olib tashlanadi va kuchaytirgich *K* ga uzatiladi. Kuchaytirgichning chiqishidan signal tezlanishga bog'liq bo'lgan momentni rivojlantiruvchi moment dvigateliga keladi.

Torli o'zgartkichlari *1* va *5* bo'lgan (2.55- *d* rasmga qarang) akselerometrlarda massa m ning siljishi sezgirlik o'qi yo'nalishida tortilgan torlar *2* va *4* ning elastiklik xossalarini o'zgartiradi. Elastik osma *3* massa m ning ko'ndalang yo'nalishdagi harakatini yo'qqa chiqaradi. Torlar *2* va *4* ning tebranishlar chastotalari yig'indisi $(f_1 + f_2)$ rostlovchi qurilma *8* vositasida o'zgarmas holda saqlab turiladi, buning uchun u generator 6 ishlab chiqaradigan etalon chastota f_0 bilan taqqoslanadi. $\Delta f = (f_1 + f_2) - f_0$ ayirma torlar tortishish mexanizmi 7 ni boshqarish uchun foydalaniladi. $(f_1 + f_2)$ ning qiymatini o'zgarmas saqlab turishda o'lchanayotgan tezlanish a_x bilan chastotalar ayirmasi Δf orasida chiziqli bog'lanish hosil bo'ladi.

Torli akselerometrlar inersial boshqarish sistemalarida qo'llaniladi. Tezlanishlarni o'lchash oraliqlari 20 g gacha bo'lganda xatolik ±0,004% dan oshmaydi.

Tolali-optik o'lchov o'zgartkichi bo'lgan akselerometr fotoelastiklik effektiga asoslangan. Ba'zi materiallar (epoksid mum, litiy nitrati va boshq.) deformatsiyalanganda o'z optik xossalarini o'zgartiradi. Kuch deformatsiyasiga almashadigan bir qator o'lchash vositalari ana shu asosda yaratilgan. 2.55- *e* rasmda yorug'lik manbai *1* (masalan, yarim o'tkazgichli lazer), linza *3* va polyarizator *4* orqali o'tib, akselerometr *2* ning yuki tezlanishiga bog'liq holda o'zining jiddiy holatini o'zgartiruvchi fotoelastik materialdan qilingan sterjenga tushadi. Olingan signalni chorak to'lqinli plastina *6*, analizator *7* va linza *8* yordamida o'zgartirib, u tolali yorug'lik o'tkazgich *9* bo'yicha nurlanish priyomnigi (fotodiod) 10 ga kelib tushadi. Natijada, yetarlicha yuqori aniqlikda tezlanishning kattaligi aniqlanadi. Masalan, yukning massasi 25 g bo'lganda, ko'rib chiqilgan akselerometrning sezgirligi 0,01 g ni tashkil etadi.

Titrashlarni o'lchash uslublari va vositalari. Titrashlarni o'lchashda doim uchta element ishtirok etadi: titrovchi bo'g'in, dastlabki (titramaydigan) bo'g'in va titrovchi bo'g'inni titramaydigan bo'g'inga nisbatan harakatini o'lchash uchun qurilma. Titrashlarni o'lchash vositasi *vibrometr*



2.56- rasm. **Titrashlarni o'lchash vositalari:**
a — vibrometrning konstruksiyasi (*1* — massa; *2* — prujina; *3* — dempfer; *4* — asbobning asosi; *5* — o'zgartkich); *b* — elektromagnit chiziqli vibrometrning konstruksiyasi (*1* — yo'naltiruvchi disk; *2* — sezgirlik o'qi; *3* — suyuqlik; *4* — tayanch sterjen; *5* — vtulka; *6* — doimiy magnit; *7* — chulg'am; *8* — seysmik element; *9* — g'altak karkasi; *10* — paz; *11* — havo oralig'i; *12* — prujinali ko'prik; *13* — asbob korpusi); *d* — induktiv ko'prikli vibrometr konstruksiyasi (*1* — tayanch sterjen; *2* — kiruvchi o'q; *3* va *9* — nomagnit vtulka; *4* — prujina; *5* — g'altaklar; *6* — tasma; *7* — seysmik element; *8* — plastinkali prujina; *10* — paz; *11* — suyuqlik; *12* — yakor; *13* — korpus; *14* — shtok)

deb ataladi (2.56- *a* rasm). Odatda, dastlabki (titramaydigan) bo'g'in titrashlar o'qi bo'ylab (yoki atrofida) ko'chishi mumkin bo'lgan massa yordamida vujudga keltiriladi. Massa *1* asbob *4* ning asosi bilan prujina *2* va dempfer *3* orqali bog'lanadi. O'zgartkich *5* korpusning massa *1* ga nisbatan siljishi signalini massa *1*, prujina *2* va dempfer *3* ning parametrlariga bog'liq holda beradi. Signal massa *1* va asbob *4* asosining nisbiy ko'chishiga, nisbiy tezlik yoki tezlanishga proporsional bo'lishi mumkin. Vibrometrning massasi *1 seysmik element* deb ataladi, massa *1*, prujina *2* va dempfer *3* dan tashkil topgan sistema esa — *seysmik sistema* deb ataladi.

Ayrim turdagi vibrometrlarning konstruktiv sxemalarini ko'rib chiqamiz.

Hozirgi vaqtda qo'llaniladigan vibrometrlar elektrik chiqishga ega. Ko'chishlarni elektr signaliga o'zgartiruvchilar sifatida rezistorli, induktiv, sig'imli, elektromagnit, mikrosinli va boshqa o'zgartkichlardan foydalaniladi.

2.56- *b* rasmda seysmik element uchun yo'naltiruvchi tayanchli elektromagnit chiziqli vibrometrning tuzilishi keltirilgan. Seysmik element *8* tayanch sterjen *4* da qovushoq suyuqlik *3* da o'rnatilgan. Vtulka *5* ning yo'naltiruvchi diski *1* seysmik elementga kichik ishqalanish bilan sezgirlik o'qi *2* bo'ylab ko'chishga imkon beradi. Ko'chish (vibratsiya) kattaligi chulg'am *7* da toklarni yo'naltirish, seysmik element *8* da mahkamlangan doimiy magnit *6* bilan aniqlanadi.

Bu turdagi vibrometr hajmi 90 sm^3 va og'irligi 450 g bo'lganda 10 Gs xususiy chastotaga, 0,3 $V/(sm \cdot s^{-2})$ sezgirlikka va kirish ko'chishlari oralig'i $\pm 0{,}5$ sm ga ega bo'ladi.

Induktiv ko'prikli vibrometr (2.56- *d* rasm). Kichik gisterezisli magnit materialdan tayyorlangan silindrdan iborat seysmik element *7* yakor *12* ning vazifalarini bajaradi va qovushoq suyuqlik *11* bilan to'ldirilgan erkin fazoda ikkita g'altak *5* orasida ko'chadi. Seysmik element *7* nomagnit vtulkalar *3* va *9* bo'lgan tayanch sterjen *1* da o'rnatilgan va asbob korpusi *13* bilan prujinalar *4* va *8* orqali bog'langan. Vibrometr signalini qayd qilish ossilografda amalga oshiriladi. Vibrometr 45 sm^3 hajmda 200 g og'irlikka ega. U 10 V/400 Gs kuchlanish bilan ta'minlanganda 0,01 $V/(sm \cdot s^2)$ sezgirlikka ega. Asbob 10 g gacha tezlanishlarni o'lchash oralig'ida ishlaydi.

Nazorat savollari

1. Mexanik harakat parametrlarini o'lchash va tekshirish vositalari qanday ataladi?
2. Chiziqli tezliklar, aylanish tezliklarini o'lchash uslublari qanday qo'llaniladi?
3. Akselerometrlarning ishlash prinsipi va tuzilishi qanday?
4. Vibrometrlarning ishlash prinsipi nimaga asoslangan?

2.3.2. Dinamik kattaliklarni o'lchash va tekshirish uslublari va vositalari

Dinamik kattaliklarga quyidagilarni kiritish mumkin: massa, kuch, bosim, mexanik kuchlanish, kuch momenti (burovchi moment), moddaning ommaviy sarfi, ish, energiya, quvvat.

Xalqaro birliklar sistemasi SI da massa asosiy kattalik hisoblanadi, qolganlari esa hosilaviy kattaliklardir.

Massa birligi kilogramm (kg) dir. Kilogrammni qayta tiklash 1.3-bo'limda ko'rib chiqilgan sxemaga muvofiq amalga oshiriladi. Massa birligini uzatish uchun tortish uslublari va tegishli o'lchash vositalaridan foydalaniladi.

Kuch birligi nyuton (N) dir. Nyuton — bu shunday kuchki, u 1 kg massaga shu kuch yo'nalishida 1 m/s² tezlanish beradi:

$$F = ma.$$

Kuch shkalalari kuch o'lchovchi mashinalar, mexanik va gidravlik o'zgartkichlar yordamida qayta tiklanadi.

Bosim p yuza S (N/m²) ga ta'sir etuvchi kuch F ning shu yuzaga nisbati sifatida aniqlanadi:

$$p = F/S.$$

Absolut bosim p_a, ortiqcha bosim, siyraklanish va atmosfera bosimi p_v farqlanadi. Absolyut va atmosfera bosimlari farqi ortiqcha bosim deyiladi:

$$r_a > r_v \text{ bo'lganda } r_a - r_v,$$

siyraklashishi deb — atmosfera va absolyut bosimlari orasidagi farqqa aytiladi:

$$r_a < r_v \text{ bo'lganda } r_v - r_a.$$

Bosim birligi deb nyuton taqsim kvadrat metrga teng paskalga (Pa) aytiladi. Bu bosim 1 m² yuzaga tik holda ta'sir etuvchi 1N kuchning bir tekis taqsimlanishida yuzaga keladi. Bosimlar shkalasi manometrlar (yuk-porshenli, kompression, simobli) yordamida qayta tiklanadi.

Sanoatda bosim birliklarini qayta tiklash va uzatish porshenli manometrlar, bosimni nazorat qilish o'zgartkichlari, prujinali manometrlar, simobli barometrlar, kompression manometrlar, tonometrlarni va hokazolarni metrologik tekshirish va nazorat qilish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Mexanik kuchlanish birligi paskal hisoblanib (Pa = N/m²), u 1 m² yuzaga ta'sir etuvchi bir tekis taqsimlangan 1 N kuch tomonidan vujudga keltiriladi:

$$\sigma = F/S.$$

Burovchi momentning kuch momenti birligi metrga ko'paytirilgan va radianga bo'lingan nyuton hisoblanadi. Radianga nyuton-metr — bu burovchi moment bo'lib, uni 1 N kuch richagning yelkasi hisoblangan radius-vektorga tik holda undan 1 m masofada qo'yilgan kuch vujudga keltiradi:

$$M_a = F_t/\alpha.$$

Moddaning ommaviy sarflanishi birligi sekundiga kilogramm (kg · s⁻¹) hisoblanadi. Bu 1 kg massali moddaning 1 s dagi (qattiq jism, suyuqlik, gaz) sarfidir (kg · s⁻¹);

$$M = m/t.$$

Ish, energiya birligi Joul (J) deb olinadi. Bu ish 1 N kuch qo'yilgan nuqta kuchning ta'sir etish yo'nalishida 1 m ga ko'chirilganda bajariladigan ishdir:

$$W = Fl.$$

Quvvat birligi vatt (Vt) hisoblanadi. Bu kuch 1 s vaqt ichida 1 J ish bajariladigan bir tekis kechadigan jarayon kuchidir.

$$P = W/t.$$

Yuqorida keltirilgan ta'riflar va tushuntirishlardan ko'rinadiki, massa, kuch, moment, kuchlanish bosim o'rtasida o'zaro bog'liqlik mavjud. Bu ularni o'lchash uchun aynan bir xil yoki yaqin o'lchash uslublari va vositalarini qo'llashga imkon beradi.

Jism (modda)ning massasini o'lchash uchun og'irlik o'lchovchi vositalar qo'llanilib, ular qisqacha *tarozi* deb ataladi. Tarozilar, dozatorlarning tasnifi va xarakteristika 2.1- bo'limda ko'rib chiqilgan.

Kuchlarni o'lchash uchun mo'ljallangan o'lchash vositalari *dinamometrlar (kuch o'lchagichlar)* deb ataladi. Vazifasi bo'yicha bir-biriga yaqin o'lchov vositalari burovchi momentlarni o'lchash vositalari hisoblanadi, ular *momentomerlar (torsiometr)* deb ataladi.

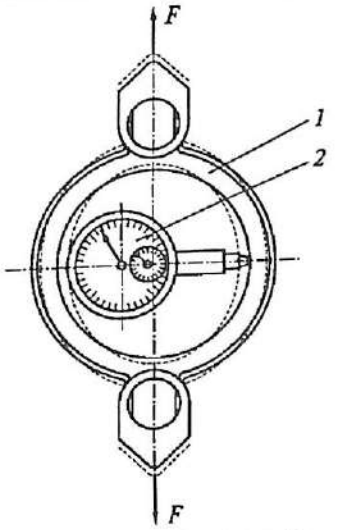
Bosimni o'lchash va nazorat qilish uchun turli xildagi manometrlar, vakuummetrlar, barometrlar qo'llaniladi. Bunday o'lchov vositalarining sxemalari, tuzilishlari haqida mufassalroq 2.8- bo'limda ko'rib chiqiladi.

Kuch va burovchi momentlarni o'lchashning asosiy uslub va vositalarini ko'rib chiqamiz.

Dinamometrlar. Dinamometrlarning ishlash prinsipi elastik jismlarning kuch, pezoeffekt, tenzoeffekt, materiallarning magnitoelastikligi va boshqalar ta'sirida deformatsiyalanishidan foydalanishga asoslangan.

Dinamometrlarni ishlash prinsipiga ko'ra, mexanik, gidravlik va elektrik dinamometrlarga tasniflash mumkin.

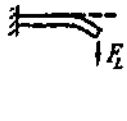
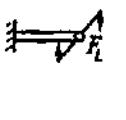
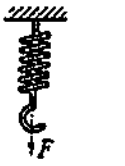
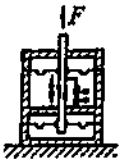
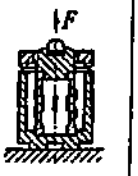
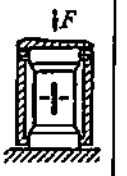
2.17-jadvalda elastik elementlarda ishlovchi mexanik dinamometrlarning asosiy metrologik xarakteristikalari, prinsipial sxemalari, afzalliklari, kamchiliklari va qo'llanish sohalari keltirilgan.



2.57- rasm. **Elastik elementli dinamometrning konstruksiyasi:** *1* — elastik element; *2* — strelka ko'rsatkichi

2.17- jadval

Mexanik dinamometrlarning asosiy metrologik xarakteristikalari

Xarakteristikalar	Elementlar turi							
	Bukilishga ishlovchi		Torsion elastik		Halqasmon elastik	Tarelkasimon elastik	Silindrik	Elastik
	to'g'ri	o'rilgan	to'g'ri	o'rilgan	yaxlit	valsovkalangan	g'ovak	yaxlit
								
O'lchash chegaralari	0,01N...1kN	0,01N...1kN	0,1N...1MN	0,1N...10MN	10...100N	0,1...100N	10N...10kN	10kN...0MN
O'lchash xatoligi, %	±(0,05...1)	±(0,5...1)	±(0,05...0,5)	±(0,1...1)	±(0,1...0,5)	±(0,25...1)	±(0,05...0,5)	±(0,%25...0,5)
Tinchlanish vaqti, s	0,2...0,001				0,2...0,001			
Afzalliklari	Elastik deformatsiya oralig'ida chiziqli xarakteristika; o'zgaruvchan yuklanishga sezgir emas, arzon.				Universal o'zgartkichlar, oddiy, ishonchli		Yuqori aniqlikdagi universal o'zgartkichlar	
Kamchiliklar	Yuklanishlarga sezgir, qoldiq deformatsiya vujudga keladi, nolni tekshirish va undan keyingi darajalash talab qilinadi.				Kichik kuchlar uchun foydalanilmaydi		Ikkilamchi elektron apparaturaga katta xarajatlar talab etiladi, kichik kuchlar uchun yaramaydi	
Qo'llanish sohasi	Kran, avtomobil, konveyer tarozisi; o'rovlar, uy xo'jaligi uchun tarozi, kuch o'lchagich.				Kran, konveyer, bunker, avtomobil tarozilari; tarozi dozatorlari, shixta uchun dozatorlar; kuch o'lchagich sistemalar			

Elastik elementlarni tayyorlash uchun materiallar sifatida gisterezissiz metallar va nometallar (masalan, kvars shisha, sintetik materiallar) dan foydalaniladi.

Elastik elementli mexanik dinamometrlarga misol sifatida (2.57- rasm) transport vositalari tortish kuchini, rezbali detallarning burab chiqarilish kuchlanishlarini va shu kabilarni o'lchash vositasining tuzilishini ko'rib chiqamiz. Bu yerda elastik element *1* ning deformatsiyasi strelkali ko'rsatkich *2* tomonidan qabul qilinadi. Elastik element deformatsiyalarining kichik qiymatlari *F* kuchlar ta'sirida strelkaning yoki o'ziyozar qurilma perosining ancha katta ko'chishlariga aylanadi.

Gidravlik dinamometrlar qo'yilgan kuchni u yoki bu usul bilan o'lchanuvchi gidravlik bosimga transformatsiyalovchi qurilmadan iborat.

2.58- rasmda gidravlik kuch o'lchagich (mesdoza) ning tuzilishi keltirilgan Porshen *2* qabul qiladigan kuch membranalar *1* va *2* orqali manometr *6* bilan o'lchanuvchi bosimga transformatsiyalanadi.

Mexanik va gidravlik dinamometrlar ishonchliligi yuqoriligi va tuzilishining soddaligi bilan farq qiladi. Ular energiya manbai bo'lmaganda ham ishlay oladi, bu ularni dala sharoitida foydalanish uchun qulay qiladi.

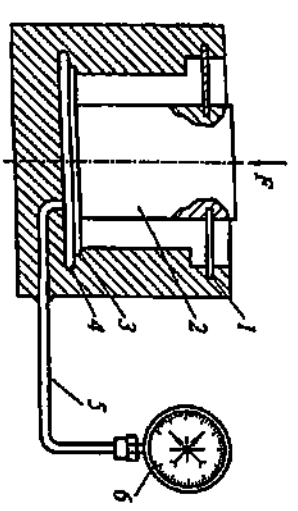
Uning kamchiliklari quyidagilar: masofadan indikatsiya va ko'rsatishlarni qayd etishda foydalanish imkoniyatining yo'qligi, o'lchash aniqligi nisbatan yuqori emasligi 0,5...2%, kichik kuchlarni o'lchashdagi qiyinchiliklar.

Elektr dinamometrlar eng ko'p tarqalgan. Ularda turli xil o'lchash o'zgartkichlaridan foydalaniladi.

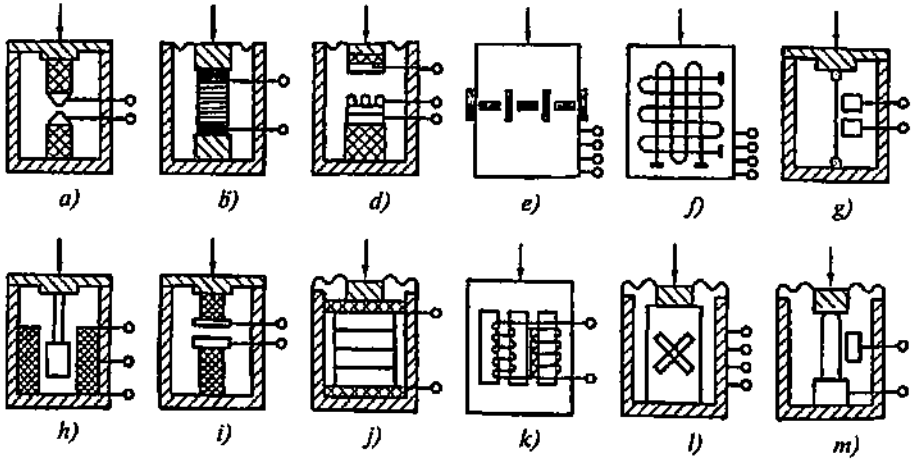
2.59- rasmda turli xildagi dinamometrlarning sxemalari keltirilgan, ularda elektr signal o'zgartkichi sifatida elektr jihatdan noaktiv elastik elementli (2.59 -*a*—*z* rasmga qarang), elektr aktiv elastik elementli (2.59- *i*—*l* rasmga qarang) qurilmalar qo'llaniladi.

Sxemalarning birinchi guruhida o'lchanayotgan kuch elementning elastiklik kuchi bilan taqqoslanadi, uning deformatsiyasi esa elektr signalga almashadi. Bu guruh o'zgartkichlariga kontakt, burchakli, rezonans, sig'imiy, yarim o'tkazgichli va metall o'zgartkichlari kiradi.

Kontaktli va burachkli o'zgartkichlar (2.59- *a, b* rasmga qarang) kuchlarni 1...10⁷N atrofida o'lchash xatoligi 0,5...1% (kontaktli o'zgartkichlar uchun) bilan va 10% dan ortiq xatolik bilan — burchakli o'zgartkichlarda o'lchash uchun qo'llaniladi. Yarimo'tkazgichli o'zgartkichlarni (2.59- *d, e* rasmlarga qarang) 10^{-2}...10^{7}N chegarasidagi kuchlarni 0,5...1% xatolik bilan o'lchash uchun foydalaniladi.



2.58- rasm. **Gidravlik kuch o'lchagich (mesdoza)ning konstruksiyasi:**
1 va *3* — membrana; *2* — porshen; *4* — bo'shliq; *5* — truboprovod; *6* — manometr



2.59- rasm. **Elektr dinamometrlarning chizmasi:**

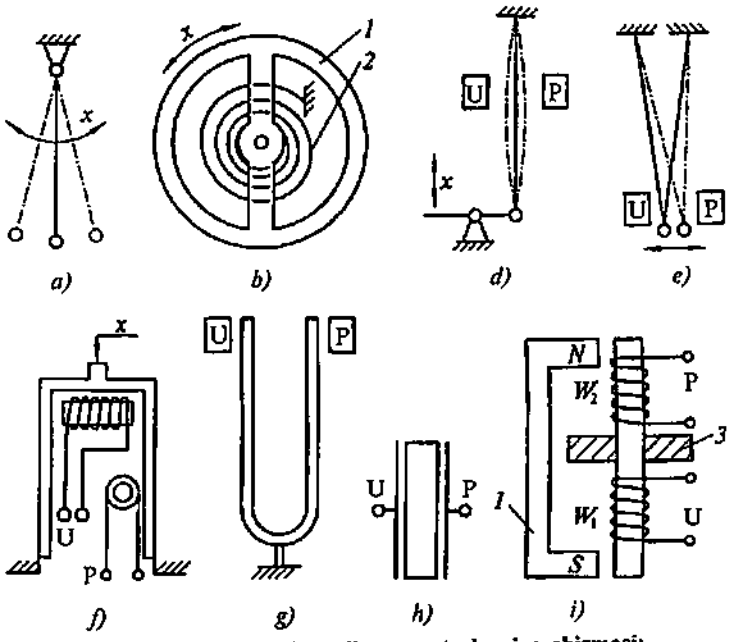
a — kontaktli; *b* — burchakli; *d*, *e* — yarim o'tkazgichli; *f* — metall; *g* — rezonansli; *h* — induktiv; *i* — sig'imiy; *j* — pyezoelektrik; *k*, *l* — magnitoelastik; *m* — kuch bilan muvozanatlanuvchi

Rezonansli o'zgartkichlar (2.59- *f* rasmga qarang) chastotaviy chiqishli o'zgartkichlarga kiradi, ya'ni ularda o'lchanadigan kattalik rezonatorning garmonik tebranishlariga va uyg'otish sistemasiga ta'sir qiladi. Olingan signalni priyomnik (qabul qilgich) yordamida o'zgartirib va baholab, izlanayotgan kattalik aniqlanadi.

Rezonatorlar sifatida mexanik, elektromagnit, elektrik va boshqa rezonatorlardan foydalaniladi. Mexanik rezonatorlar: mayatnik (2.60- *a* rasm), balans-prujina (2.60- *b* rasm), tor (2.60- *d* rasm), *V*-simon plastina (2.60- *e* rasm), yupqa devorli silindrik qobiq (2.60- *f* rasm), kamerton (2.60- *g* rasm), kvarsli plastina (2.60- *h* rasm), magnitostriksion sterjen (2.60- *i* rasm).

Mexanik rezonatorlarning asosiy afzalligi ko'pgina hollarda o'lchanayotgan kattalikning signalini oldindan almashtirmasdan rezonans chastotasiga ta'sir ko'rsatish imkoniyatiga ega bo'lish, yuqori ishonchligidir. Ko'rsatib o'tilgan afzalliklar mexanik rezonatorlarning faqat rezonansli o'zgartkichlarda emas, balki elektromexanik filtrlarda, akustik tebranishlar qurilmalarida, spektroanalizatorlarda, vaqt asboblarida va h.k.larda keng qo'llanilishiga sabab bo'ldi.

Induktiv o'zgartkichlar noelektrik kattalikni g'altak hosil qiladigan magnit maydon kuchlanganligi o'zgarishiga almashtirishga (masalan, sterjenning yuklanish ta'sirida ko'chishi) asoslangan. G'altakda iloji boricha katta induktivlikni hosil qilish uchun o'zak ferromagnit materialdan yasaladi. O'zgartkichlar induktivligini o'zgartirish ko'pincha, havo oralig'ini o'zgartirish yoki havo oralig'i yuzasini o'zgartirish vositasida amalga oshiriladi. Havo oralig'i o'zgaruvchan drossel o'zgartkichlari (2.61- *a* rasm) ko'chishlarni 0,01...10 mm chegaralarda o'lchash uchun qo'llaniladi, havo oralig'i yuzi o'zgaruvchan drossel o'zgartkichlar esa (260- *b*, *d* rasm) mos ravishda 5...20 mm va 10...100 mm oraliqlarda qo'llaniladi.



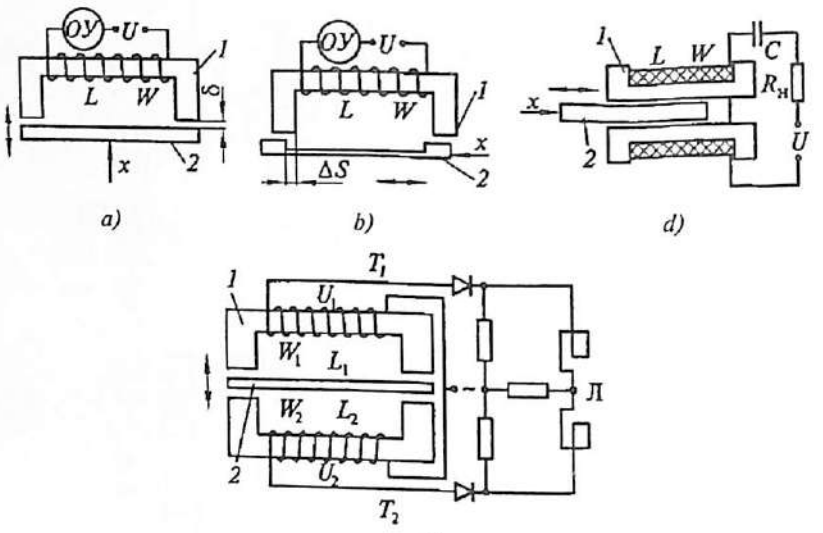
2.60- rasm. **Mexanik rezonatorlarning chizmasi:**

a — mayatnik; *b* — balans-prujina; *d* — tor; *e* — V-simon plastinka; *f* — silindrik qobiq; *g* — kamerton; *h* — kvars plastina; *i* — magnitostriksion sterjen; *1* — magnit; *2* — sterjen; *3* — izolyator; *U* — uyg'otgich; *P* — priyomnik (qabul qilgich); *x* — o'lchanadigan kattalik

Amalda drosselli induktiv o'zgartkichlardan tashqari differensial, transformator, induktiv o'zgartkichlar qo'llaniladi. Differensial o'zgartkichda (2.61- *e* rasm) yakor 2 ning o'rta vaziyatdan og'ishi L_1 va L_2 induktivliklarning o'zaro o'zgarishiga sabab bo'ladi, bu esa chiziqliga yaqin bo'lgan statik xarakteristikani olishga imkon beradi.

Sig'imli o'zgartkichlar — bu kamida ikki sirtga ega bo'lgan qurilmalar bo'lib, bu sirtlar orasida qo'yilgan kuchlanish hosil qiladigan elektr maydon ta'sir ko'rsatadi. Bu o'zgartkichlarda asosiy element o'zgaruvchan sig'imli kondensator bo'lib, uning sig'imi elektrodlarning yuziga, muhitning dielektrik singdiruvchanligiga va elektrodlar orasidagi masofaga bog'liq holda o'zgaradi.

Sig'imli o'zgartkichlarning sxemalari qo'llanish sohasiga bog'liq holda turli xil variantlarda bajariladi. Kichik ko'chishlarni (mikrometr birliklarigacha) o'lchash uchun, shuningdek, tez o'zgaruvchi kuchlar va bosimlarni o'lchash uchun (masalan, dinamometrlarda) o'zgaruvchan oraliqli differensial sig'imli o'zgartkichlar qo'llaniladi (2.62- *a* rasm). Kondensatorning o'rta elektrodi qo'zg'almas elektrodlar *1* va *2* o'rtasidagi elastik elementga mahkamlangan. Ko'rib chiqilayotgan sxema muvozanatlash asboblarida foydalanilishi mumkin. Buning uchun kondensatordan olingan kuchaytirilgan signal faza sezgir detektirlashdan keyin qoplama *1* va *2* larga uzatilishi mumkin (2.62- *b* rasm), buning oqibatida

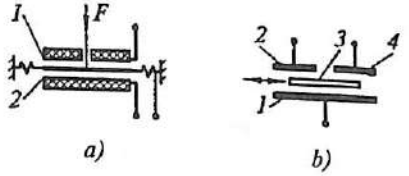


2.61- rasm. **Induktiv o'zgartkichlarning chizmasi:**
a, b, d — drosselli; *e* — differensial; *1* — o'zak; *2* — yakor.

o'rta elektrodga o'lchanayotgan kuchni muvozanatlovchi elektrostatik kuch ta'sir qiladi. 2.62- *b* rasmda yuzasi o'zgaruvchan sig'imiy o'zgartkich qurilmasining sxemasi ko'rsatilgan bo'lib, unda dielektrik *3* o'lchanayotgan kuchlanish *F* ga, deformatsiya kattaligiga bog'liq holda strelka bo'ylab ko'chadi.

Sig'imiy o'zgartkichlarda o'lchash zanjirlari sifatida kuchlanish bo'luvchilari, ko'prik sxemalari, tebranish konturlari va avtogeneratorlar qo'llaniladi. Undan tashqari, o'zgartkichdan kelayotgan signallarni kuchaytirish uchun o'lchash zanjirlarida kuchaytirgichlar bo'ladi.

Sig'imiy va induktiv dinamometrlar elastik sezgir elementga ega bo'lib, uning deformatsiyasini sig'imiy yoki induktiv o'zgartkich qabul qiladi. Bu dinamometrlarning afzalliklari va kamchiliklari qo'llanilayotgan o'zgartkichlarning xarakteristikalari bilan bog'liq.



2.62- rasm. **Sig'imli o'zgartkichlarning chizmasi:**
a — o'zgaruvchan zazorli (*1* va *2* — qo'zg'almas elektrodlar); *b* — yuzi o'zgaruvchan (*1*, *2* va *4* — obkladka; *3* — dielektrik).

Dinamometrlarning ikkinchi guruhida o'lchanadigan kuch elektrik yoki magnitli aktiv elastik elementlarga ta'sir qilib, ular kuchlanish yoki deformatsiya o'zgarishida o'zining elektrik yoki magnitlik xossalarini o'zgartiradi. Bu eng ko'p tarqalgan guruhdir.

Massa, kuch, kuchlanishni o'lchash uchun bu guruh dinamometrlarida ko'pchilik hollarda tenzometrik (rezistorli) va magnitoelastik (magnitoizotrop) o'zgartkichlar qo'llaniladi.

Bunday o'zgartkichlarning ishlash prinsipi kuchni kuch parametrini qabul qiluvchi biror elementning elastik deformatsiyasiga aylantirishga va bu elementning kuchlangan holatini bevosita o'lchash mumkin bo'lgan elektr kattaligiga ikkilamchi almashtirishga asoslangan. Siqishga, cho'zishga, kamroq bukilishga ishlaydigan elementlardan foydalaniladi.

Tenzorezistor (tenzodatchik) ning sezgir elementi mexanik deformatsiya ta'sirida bo'ladigan massiv detalga yelimlangan metall o'tkazgich hisoblanadi. Tenzorezistor qarshiligining o'zgarishi bo'yicha qo'yilayotgan kuchga bog'liq holda o'lchanayotgan parametr haqida xulosa chiqariladi.

Simli tenzorezistor (2.63- *a* rasm) uzunligi 5...25 mm va eni 3...10 mm bo'lgan sirtmoqlar (halqalar) qatoriga yotqizilgan 0,025...0,05 mm diametrli simdan iborat. Sirtmoqlar plyonkaga yoki qog'oz qistirma *4* ga yelimlanadi va ustidan himoya qiluvchi qog'oz tasma yelimlanadi. Simli o'zgartkichni kuch ta'sirida deformatsiyalanuvchi, o'lchanayotgan sirt *1* ga yelimlanadi. Elastik elementning deformatsiyasi tenzorezistor simi *2* ning cho'zilishi (siqilish)ga va tenzorezistor qarshiligining mos o'zgarishiga majbur qiladi. Bu kattalik o'lchov sxemasi tomonidan olinadi va ishlov beriladi.

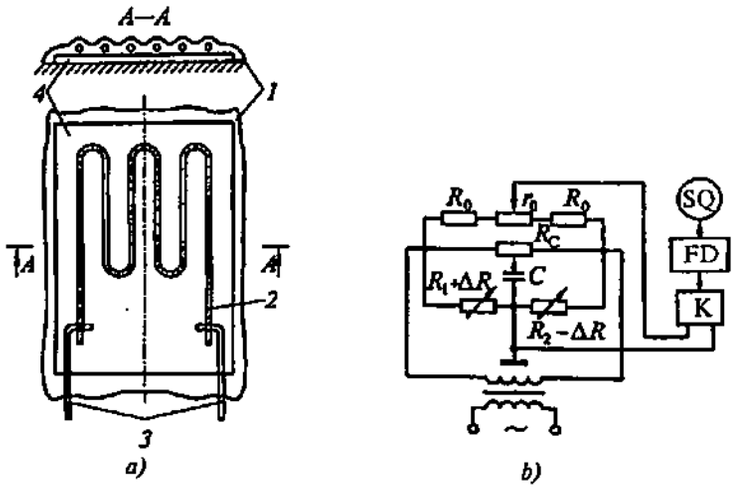
O'zgartkichlari differensial ulanishli o'lchash sxemalariga (2.63- *b* rasm) ko'proq afzallik beriladi, ularda bitta rezistor (R_1) cho'ziladi, ikkinchisi (R_2) esa siqiladi. Bu holda temperaturaviy xatolik bo'lmaydi va sezgirlik ikki marta ortadi. Ko'prik diagonalidan olinadigan signal kuchaytirgich *K* da kuchaytiriladi, fazosezgir demodulyator *FD* dan o'tadi va sanoq qurilmasi *SQ* da qayd qilinadi. Sig'im *C* va qarshilik R_c ko'prikni ish boshlashdan oldin tenzorezistor simi va metall obyekt orasidagi parazit sig'imlar va induktivliklar mavjud bo'lgani munosabati bilan reaktiv tashkil etuvchi bo'yicha, r_0 qarshilik esa aktiv tashkil etuvchi bo'yicha muvozanatlashtirish uchun xizmat qiladi. Ko'prikni tekis rostlash uchun $r_0 << R_0$ bo'lishi kerak.

Tenzorezistorlarning eng muvofiq keluvchi materiallari kichik temperaturaviy qarshilik koeffitsiyentiga ega bo'lgan qotishmalar konstantan, manganin, nixrom, xromel hisoblanadi. Amalda simli, zarqog'ozli, plyonkali, metall o'zgartkichlar, shuningdek, kremniy, germaniy, arsenid, galliy va boshqa yarimo'tkazichlar monokristallaridan tayyorlangan o'zgartkichlar qo'llaniladi.

Yarimo'tkazgichli o'zgartkichlarning qimmatli xossasi kichik bazada (2,5 mm gacha) tenzosezgirlik koeffitsientining qiymati katta (−200 dan +850°C gacha) bo'lishidir.

Tenzorezistorlar bir marta ishlaydigan o'zgartkichlar hisoblanadi, chunki ular detalga yelimlab qo'yiladi va shikastlantirmasdan olib bo'lmaydi. Tenzorezistorlarning tuzilishi soddaligi va gabarit o'lchamlari kichikligi ularni deformatsiyalarni aniqlash uchun turli xil mashinalarning va mexanizmlarning borish qiyin bo'lgan joylarida foydalanishga imkon beradi.

Magnitli anizotron o'zgartkichlarning ishlash prinsipi ferromagnit materiallarning mexanik kuchlanishlar ta'sirida deformatsiyalanishida magnit



2.63- rasm. **Tenzometrik o'zgartkichlar:**

a — simli tenzorezistorning chizmasi (*1* — o'lchanadigan sirt; *2* — sim; *3* — chiqarish uchlari; *4* — qog'oz qistirma); *b* — o'zgartkichlarni differensial ulashning o'lchash chizmasi

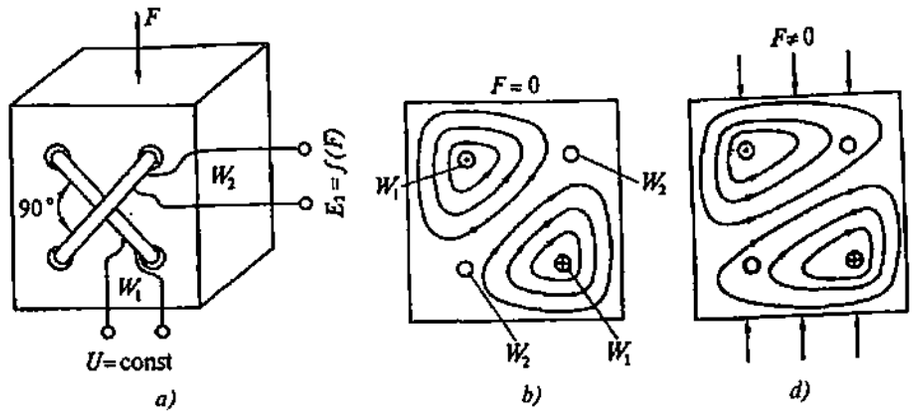
xossalarining (magnit anizotropiyasining) o'zgarishiga asoslangan. Bunday xossalarga temirning alyuminiy, kobalt, xrom va nikel bilan qotishmalari ega bo'ladi.

O'zgartkichning sezgir elementi kesimi 70×80 mm bo'lgan bitta yoki bir nechta bruslardan iborat to'g'ri to'rtburchakli plita ko'rinishida ishlangan (2.64- *a* rasm). Bruslar shtiftlar bilan mahkamlanadi va shpilkalar bilan tortiladi. Silliqlangan ishchi sirtlari elementni seksiyalarga ajratuvchi pazlarga (ariqchalarga) ega. Har bir seksiyada to'rttadan teshik bor, ularga birlamchi va ikkilamchi chulg'am joylashtiriladi. Chulg'amlarning seksiyalari ketma-ket ulangan; ularga suyuq kompaund quyiladi, u keyin elastik holatgacha polimerlanadi.

Sezgir elementning silliqlangan (pardozlangan) sirti juda yuqori qattiqlikdagi tasmadan qilingan qistirma bilan berkitilgan, bu uni shikastlanishlardan saqlaydi.

Deformatsiya bo'lmaganda (2.64- *b* rasm) magnitlovchi chulg'am W_1 ning magnit oqimi izotrop xossalari tufayli (magnit singdiruvchanligi bo'yicha) amalda ikki seksiyali o'lchov chulg'ami W_2 bilan ilashmaydi, buning natijasida unda bo'ladigan elektr yurituvchi kuch (EYuK)nolga teng bo'ladi. O'zgartkichning siqilishi (2.64- *d* rasm) shunga olib keladiki, $F \neq 0$ kuchning ta'siriga perpendikular bo'lgan tekislikda uning magnit sindiruvchanligi kuch ta'sir qilayotgan yo'nalishdagiga qaraganda katta bo'lib qoladi. Buning natijasida magnit oqimi konfiguratsiyasining o'zgarishi yuz beradi va ikkilamchi g'altakda qo'yilgan kuchga proporsional EYuK bo'ladi.

Magnitli-anizotrop o'zgartkichlar tenzometrik o'zgartkichlarga qaraganda ancha quvvatli chiqish signali (10^6 marta), yuqori ishonchliligi, o'lchash



2.64- rasm. **Magnit-anizotron o'zgartkich:**

a — chulg'amlarning joylashishi; *b* —cheklanmagan holat; *d* — yuklangan holat

aniqligi nisbatan past (xatolik 3...5%) ekanligi bilan ajralib turadi. Ular turli mexanizmlar yoki uzellarga ta'sir qiluvchi kuchlarni nazorat qilish uchun qo'llaniladi.

Pyezoelektrik dinamometrlarda *pyezoelektrik o'zgartkichlardan* foydalanish qurilmaning tuzilishida elastik elementlarning bo'lishini talab etmaydi. O'lchanadigan kuchlanish tekis plastinalar ko'rinishida ishlangan pyezoelektrik element tomonidan bevosita qabul qilinadi. Bu turdagi dinamometrlarning xususiyati statik va sekin o'zgaruvchi kuchlarni o'lchay olmasligidir. Buning oqibatida pyezoelektrik dinamometrlar chekli tarqalgan.

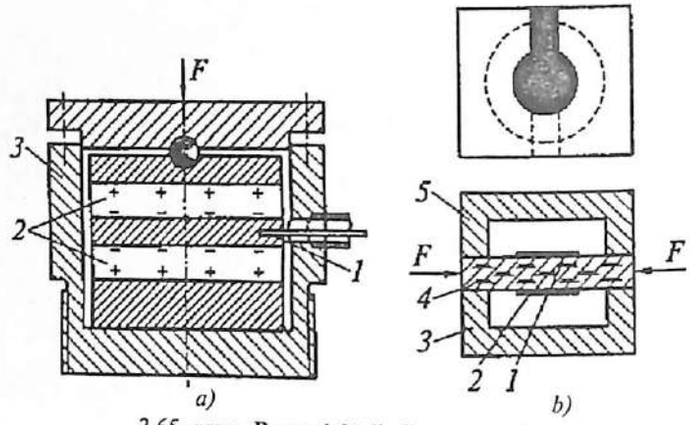
2.65- *a* rasmda DT turidagi o'zgartkichning sxemasi tasvirlangan bo'lib, unga korpus *3* da o'rnatilgan kvars plastinalar *2* va chiqaruvchi elektrod *1* kiradi. U $2 \cdot 10^5$ N gacha bo'lgan diapazondagi kuchlarni o'zgartirishga imkon beradi. Statik xarakteristikaning nochiziqliligi 3% dan oshmaydi. Xususiy tebranishlar chastotasi 30 kGs atrofida.

Ishora o'zgartiruvchi kuchlarni o'lchash uchun pezoplastinalarning dastlabki kuchlanishini o'lchanayotgan nominal kuchning 50% ni tashkil etuvchi kattaliklargacha qo'llaniladi.

Chastotaviy dinamometrlar va pyezometrlar keyingi yillarda yanada keng tarqalmoqda, ayniqsa, o'lchash amaliyotiga EHM, birinchi navbatda mikroprotsessorlar joriy qilinishi munosabati bilan keng tarqaldi.

Chastotaviy dinamometrlarda tor, sterjen, plastina yoki silindrik element ko'rinishida yasalgan mexanik rezonatorlar keng tarqalgan.

2.65- *b* rasmda pyezoelektrik chastotaviy dinamometrning tuzilishi ko'rsatilgan. U perimetri bo'yicha *3* va *5* oboymalar orasiga qisilgan *1* va *2* metallashtirilgan qoplamali kvars plastina ko'rinishidagi rezonator *4* ga ega. *F* kuchlanish blok bo'ylab qo'yilganda plastinaning qalinligi o'zgaradi, bu esa uning rezonans chastotasi o'zgarishiga olib keladi.



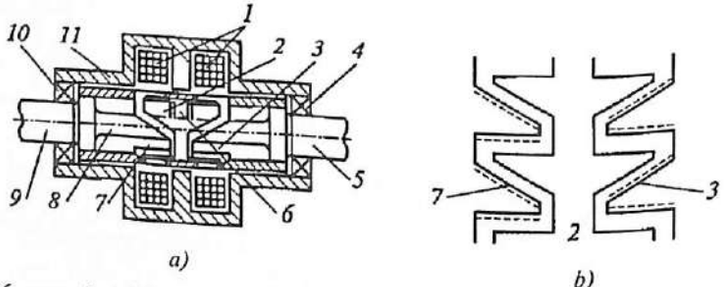
2.65- rasm. **Pyezoelektrik dinamometrlar**

a — DT turidagi o'zgartkich chizmasi (*1* — chiqaruvchi elektrod; *2* — kvars plastinalar; *3* — korpus); *b* — pyezoelektrik chastotali dinamometrning konstruksiyasi (*1* va *2* — metallashtirilgan qoplama; *3* va *5* — oboyma; *4* — rezonator)

Chastotaviy chiqishi bo'lgan dinamometrlar va tenzometrlar ikkilamchi asboblarga ulanadi, bu asboblarda raqamli chastotomerlardan va qayta sanovchi qurilmalardan foydalaniladi.

Dinamometrlarning uchinchi guruhida (2,59- *m* rasmga qarang) o'lchanadigan kuch bu kuchga proporsional signal asosida shakllanuvchi elektromagnit yoki elektrostatik kuch bilan muvozanatlashtiradi. Bu asboblarda to'liq muvozanatlashga erishiladi va elastik element amalda deformatsiyalanmaydi. Ular kichik va o'rtacha kuchlarni 10^{-4}...10N oraliqda 0,025...0,06% o'lchash xatoligi bilan o'lchash uchun qo'llaniladi.

Momentomerlar. Momentomerlarning ishlash prinsipi burovchi momentni uzatuvchi valning buralish deformatsiyasini o'lchashga asoslangan. Momentomerlarni quyidagi guruhlarga tasniflash mumkin: burchakli ko'chishga dastlabki almashtirish bilan, bevosita almashtirish bilan. Deformatsiyani tenzorezistorli, induktiv, magnitoelastik, torli va boshqa o'zgartkichlar vositasida o'lchash mumkin. Momentlarni o'lchash oralig'i tenzorezistorli va magnito-



2.66- rasm. **Induktiv momentomer (*a*) va qayishoq element (*b*) konstruksiyasi:**

1 — g'altaklar; *2* — markaziy qism; *3* va *7* — qutbli uchlik; *4* va *10* — podshipnik; *5* — chiqish vali; *6* — diafragma; *8* — torsion qayishoq element; *9* — kirish vali; *11* — magnito'tkazgich

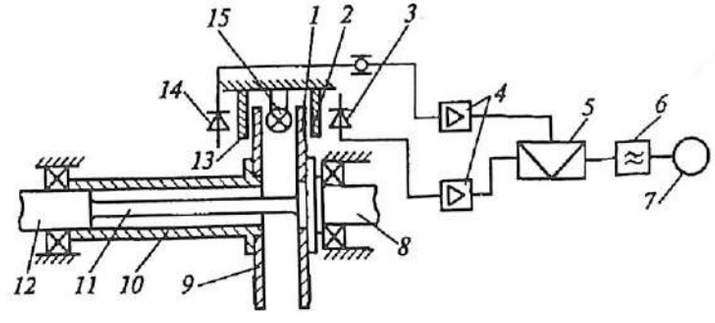
elastik momentomerlar uchun 10...10^3 N · m oralig'ida, torli momentomerlar uchun 0...5 · 10^6 N · m, induktiv momentomerlar uchun esa 10^{-1}...10^3 N · m oralig'ida 0,2...1% o'lchash xatoligi bilan bo'ladi.

Momentomerlarda burchakli ko'chishlarni o'lchovchi o'zgartkichlar sifatida ko'pincha, induktiv transformator o'zgartkichlari qo'llaniladi. Bu qurilmalar elektr signallarning aylanuvchi valga uzatilishni talab etmaydi. Induktiv differensial o'zgarkichli momentomerning tuzilishi namunasi 2.66- *a* rasmda keltirilgan.

U momentomerning kirish *9* va chiqish *5* vallarini birlashtiruvchi val ko'rinishidagi torsion elastik element *8* ga ega. *4* va *10* podshipniklarga o'rnatilgan kirish va chiqish vallarida val bilan birgalikda aylanuvchi magnitoprovodning *3* va *7* qutb uchliklari mahkamlangan. Uchliklar torsion elastik element *8* ning o'rtasida o'rnatilgan diafragma *6* ga mahkamlangan markaziy qism *2* ning tegishli kesiklariga kiruvchi uchburchakli kesiklar bilan ta'minlangan. Elastik elementning buralishi natijasida (2.66- *b* rasm) qutb uchliklarining markaziy qismidagi kesiklarga nisbatan ko'chishi hisobiga ulardan birida natijalovchi oraliq kamayadi, ikkinchisida esa ortadi. Natijada, magnitoprovod *11* da qo'zg'almas joylashgan bir g'altak *1* ning induktivligi ortadi, boshqa g'altakniki kamayadi. G'altaklar o'zgaruvchi tok bilan ta'minlanuvchi ko'prik sxemasiga ulanadi. Ko'prik sxemasidan kelgan signal kuchaytirgich va detektor (masalan fazasezgir) orqali induksiyalovchi yoki qayd qiluvchi qurilmaga tushadi.

Vallarning nisbatan o'zgarmas aylanish chastotalarida momentni o'lchashda buralish burchagi o'lchagichi sifatida optik-elektron o'zgartgich (momentomer) (2.67- rasm) qo'llanilishi mumkin.

U kiruvchi *12* va chiquvchi *8* vallarni birlashtiruvchi elastik torsion *11* ga ega. Kiruvchi val *12* ga bikir trubka *10* o'rnatilgan, u rastr *13* li shaffof disk *9* dan iborat. Chiqish vali *8* da xuddi shunga o'xshash rastrli disk *1* mahkamlangan.



2.67- rasm. **Optik-elektron momentomerning chizmasi:**

1 va *9* — disk; *2* — rastrli panjaralar; *3* va *14* — fotorezistor; *4* — kuchaytirgichlar; *5* — faza detektori; *6* — filtr; *7* — ko'rsatuvchi qurilma; *8* — chiqish vali; *10* — trubka; *11* — qayishoq torsion; *12* — kirish vali; *13* — rastr; *15* — yorituvchi.

Disklar orasida yorituvchi *15* joylashgan. Disk *1* va *9* ning optik rastrlari qo'zg'almas shaffof rastrli panjaralar *2* hamda rastr *15* bilan o'zaro ta'sirlashadi. Yorug'lik dastalari chiqishida fotoelementlar, fotodiodlar yoki fotorezistorlar *3* va *14* o'rnatilgan.

Burovchi moment bo'lmaganda fotorezistorlar *3* va *14* dan kuchaytirgichlar *4* kirishiga chastotasi bir xil bo'lgan signallar keladi. Momentni uzatishda torsion ma'lum burchakka burilib, deformatsiyalanadi, bu esa disk *1* dan kuchlanish fazasining disk *9* dagi kuchlanish fazasidan kechikishini vujudga keltiradi. Bu chastotalar signallari kuchaytirilgandan so'ng fazoviy detektor *5* ga keladi, unga yuqori chastotalar filtri 6 orqali ko'rsatuvchi qurilma *7* ulangan.

Nazorat savollari

1. Dinamik kattaliklarga nimalar kiradi va ular qanday birliklar bilan baholanadi?
2. Dinamometrning ishlash prinsipi qanday?
3. Mashinosozlikda dinamometrlarning qanday turlari keng qo'llaniladi?
4. Momentomerning ishlash prinsipi qanday?

2.3.3. Modda va materiallarning mexanik xossalarini o'lchash va nazorat qilish uslublari hamda vositalari

Buyumning sifati ular tayyorlangan materiallarning mexanik xossalari bilan ko'p jihatdan belgilanadi. Ularning eng asosiylari solishtirma og'irlik, zichlik, qovushoqlik, qattiqlik, elastiklik, mustahkamlik, bikirlik va shu kabilardir.

Zichlik deb birlik hajm ichidagi modda massasiga aytiladi. Zichlikning o'lchov birligi bo'lib kilogramm taqsim kub metr ($kg \cdot m^{-3}$) xizmat qiladi:

$$\rho = m/V.$$

Solishtirma og'irlik — bu hajm birligidagi m massali og'irlik kuchidir.

Elastiklik materiallarning ichki kuchlari bilan tashqaridan kuch ta'sir ettirish to'xtatilgandan so'ng dastlabki shaklini tiklash xossasi hisoblanadi. Mazkur holda materiallar kristallarida yuz beradigan deformatsiyalar ε *elastik deformatsiyalar* deyiladi. Elastik deformatsiyalar sohasida yuklanish va deformatsiya o'rtasidagi chiziqli bog'lanish saqlanadi, metallardagi elastik kuchlanishlar σ esa Guk qonuni bilan aniqlanadi:

$$\sigma = E\varepsilon,$$

bu yerda E — me'yordagi elastiklik moduli.

Bikirlik materiallarning elastik deformatsiyaga qarshilik ko'rsatish xossasidir.

Plastiklik deb metallarning buzilmasdan (yemirilmasdan) plastik deformatsiyalanish xossasiga aytiladi. U buyumlarga zarur shakl berish, kuchlanishlar konsentratsiyasiga bo'lgan sezgirlikni kamaytirish, metallarning strukturasini istagan yo'nalishda o'zgartirish imkonini ta'minlaydi.

Metallarda plastik deformatsiya tashqi mexanik va termik kuchlanishlar ta'sir etganda, krisstallanishda, detallarga termik ishlov berilganda yuz beradi.

Charchoqlik deb metallarda yoriqlar va yemirilishlarning paydo bo'lishiga olib keluvchi siklik yuklanishlar ta'sirida shikastlanishlarning asta-sekin to'planib borish jarayoniga aytiladi.

Materialning *qattiqligi* deganda materialning sirtiga, ma'lum shakl va o'lchovdagi boshqa, yanada qattiq jismning joriy qilinishiga ko'rsatadigan qarshiligi tushuniladi.

Qovushoqlik yoki ichki ishqalanish — bu oquvchan jismlarning ular qismlarining birini ikkinchisiga nisbatan ko'chishiga qarshilik ko'rsatish xossasidir. Qovushoqlik son jihatdan yuzi birga teng, tezlik gradiyenti ham birga teng suyuqlikning ikki parallel qatlam orasidagi ishqalanish kuchiga teng. Dinamik qovushoqlikning o'lchov birligi paskal-sekund ($Pa \cdot s$) bo'ladi (SGS birliklar sistemasida — puaz ($Pz \approx 10^{-1}\ Pa \cdot s$)).

Dinamik qovushoqlik qatori kinematik qovushoqlik ham mavjud (m^2/s);

$$\nu = \eta/\rho,$$

bu yerda η — dinamik qovushoqlik koeffitsienti; ρ — suyuqlikning zichligi.

Kinematik qovushoqlikning o'lchov birligi bo'lib kvadrat metr taqsim sekund xizmat qiladi (SGS sistemasida stoks ($St = 10^{-4}\ m^2/s$)).

Neft sanoatida shartli qovushoqlik keng tarqalgan — berilgan hajmdagi suyuqlikning oqib o'tish vaqtining suvning oqib o'tish vaqtiga nisbati (Englerning maxsus asbobida), ular shartli birliklar — Engler graduslarida (°VU) o'lchanadi.

Metallarni mexanik sinashlar. Mexanik xossalarni sinash quyidagi turlarga ajratiladi:

statik (yuklanishni sinalayotgan namunaga tekis va sekin qo'yish bilan ifodalanadi, bu istagan sinash vaqtida kuchlanish va deformatsiyalarni o'lchashga imkon beradi);

dinamik (namunaga ta'sir ko'rsatuvchi kuchlanishlar kattaligining keskin o'zgarishi bilan tavsiflanadi, bu esa materialning qovushoqligini yoki mo'rtligini aniqlashga imkon beradi);

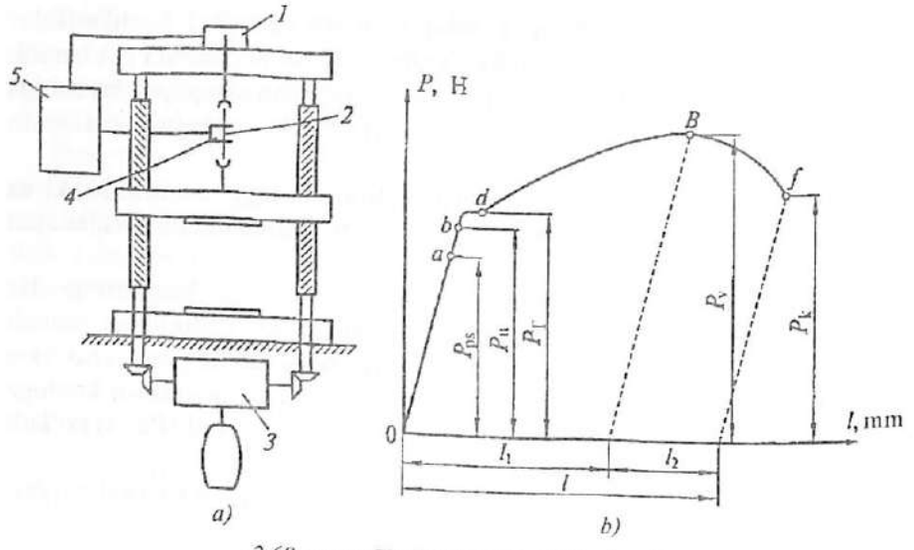
charchaganlik yoki chidamlilikka sinashlar (ko'p karrali takroriy yoki namunaga ilova qilinadigan ishorasi o'zgaruvchi yuklanishlar bilan ifodalanadi);

qattiqlikka sinovlar (sinalayotgan jism sirtiga yanada qattiqroq jismning kirib borishi bilan tavsiflanadi);

yeyilishga va ishqalanishga sinashlar (materiallarning mexanik xossalarining uning sirtida ishqalanish kuchlarining uzoq vaqt ta'sir etishidan so'ng o'zgarishlarini aniqlashdan iborat);

texnologik sinashlar (materialning u yoki bu texnologik jarayon uchun yaroqliligini aniqlashda qo'llaniladi, shuningdek, materialning ba'zi xossalari, masalan, plastikligi haqida fikr yuritishga imkon beradi).

Cho'zilishga statik sinovlar maxsus sinov mashinalarida (2.68-*a* rasm) amalga oshiriladi, unda yumaloq yoki to'g'ri to'rtburchak kesimli namuna cho'zilishga sinaladi.



2.68- rasm. **Cho'zishga oid statik sinovlar:**
a — universal sinash mashinasining konstruksiyasi; *b* — cho'zish diagrammasi; *1* va *4* — o'zgartkich; *2* — sinalayotgan namuna; *3* — yuklovchi qurilma; *5* — qayd qiluvchi qurilma

Yuklovchi qurilma *3* yordamida sinalayotgan namuna *2* cho'zilishga tekshiriladi. O'zgartkich *4* namunaning deformatsiyasini qayd etadi va qayd qiluvchi qurilma *5* yordamida (masalan, diagramma turidagi) o'zgartkich *1* baholaydigan tegishli yuklanishda deformatsiyaning ketma-ket o'zgarishi qayd qilinadi.

DST 1497—61 ga muvofiq mashina qisqichi (panjasi) ning ko'chish tezligi namunaning uzunligiga bog'liq bo'lmagan holda oquvchanlik chegarasi paydo bo'lgunga qadar ko'pi bilan $0,6 \cdot 10^{-4}$ m/s, oquvchanlik chegaralaridan tashqarida esa ko'pi bilan $2,4 \cdot 10^{-4}$ m/s ga teng qilib belgilanadi.

Yuklanish P (N) va deformatsiya Δl (mm) orasidagi bog'lanishni ko'rsatuvchi sinov natijalari cho'zilish diagrammasi (2.68- *b* rasm) bo'yicha tasvirlanishi mumkin.

Yuklanish va deformatsiyaning proporsionalligidan (*Oa* qism) chekinishlar boshlanadigan *a* nuqtadagi σ_{ps} kuchlanish *proporsionallik chegarasi* deyiladi, u quyidagi tarzda aniqlanadi:

$$\sigma_{ps} = P_{ps}/S_o,$$

bunda P_{ps} — proporsionallik chegarasidagi yuklanish; S_o — ishchi qismdagi namuna ko'ndalang kesimining boshlang'ich yuzi.

Proporsionallik chegarasining yanada aniqroq ta'rifi tenzometrlash bilan amalga oshiriladi.

Yuklanishni yanada oshirish egri chiziqda yuklanishni to'la olib tashlaganda namuna qoldiq deformatsiyani sezmaydigan P_u yuklanishga mos keluvchi to'g'ri chiziqdan *b* nuqtagacha arzimas darajada og'ishni yuzaga keltiradi. Ushbu

$$\sigma_u = P_u/S_o$$

formula bo'yicha hisoblangan σ_u kuchlanish tenzometrlar yordamida aniqlanadigan *elastiklik chegarasi* deyiladi. Shuningdek, $\sigma_{0,05}$ — *elastiklikning shartli chegarasi* — kuchlanish aniqlanadi, bunda chegaraviy qoldiq uzayishi namunaning hisobdagi uzunligining 0,05% iga yetadi.

σ_{ps}; σ_u; $\sigma_{0,05}$ kattaliklar sinalayotgan metallining elastiklik xossalari to'g'risida hukm yuritishga imkon beradi.

Yuklanish yanada orttirilganda to'g'ri chiziqdan chegaraviy P_t yuklanishdan so'ng, yuklanishning ortishi yuz bermaydigan *d* nuqtagacha yanada kattaroq og'ish kuzatiladi, uzayish esa davom etadi, ya'ni metall yuklanish ortmasdan deformatsiyalanadi.

Ushbu

$$\sigma = P_t/S_o$$

formula bo'yicha hisoblangan σ_t kuchlanish *oquvchanlik chegarasi* deyiladi.

Yuklanish bundan keyin ham orttirilganda cho'zilish egri chizig'i *V* nuqtagacha ortib boradi, bu eng katta P_v kuchga muvofiq keladi. Ushbu

$$\sigma_v = P_v/S_o$$

formula bilan hisoblangan σ_v kuchlanish cho'zilishdagi *vaqtincha qarshilik* deyiladi.

Cho'zilish egri chizig'ini bundan keyin o'zgartirish shuni ko'rsatadiki, bunda sinalayotgan namuna kamayotgan yuklanishda uzunlasha borishda davom etadi, chunki namunaning ishchi qismida ko'ndalang kesim yuzining bo'yin ko'rinishidagi mahalliy kamayishi yuz beradi va *f* nuqtada namuna vaqtincha qarshilikdagidan kamroq P_k yuklanishda cho'ziladi.

P_k yuklanishning uzilish paytida S_k ko'ndalang kesim yuziga nisbati

$$\sigma_k = P_k/S_k$$

kuchlanishni beradi, u *uzilishga haqiqiy qarshilik* deyiladi. Bu kattalik vaqtincha qarshilikdan doim katta bo'ladi.

Cho'zilishga sinash, shuningdek, metallning plastik xossalarini, ya'ni uning deformatsiyalanish qobiliyatini aniqlashga imkon beradi. Namunaning qoldiq deformasiyasi Δl namunaning butun hisobdagi uzunligi Δl_1 va Δl_2 bo'yicha bir tekis uzayishidan qo'shiladi.

Nisbiy qoldiq uzayish uzilishidan so'ng

$$\delta = (l_k - l_o)/l_o \cdot 100 = \Delta l/l_o \cdot 100$$

formula bo'yicha (%) aniqlanadi, bu yerda l_k — namunaning uzilishdan keyingi uzunligi; l_0 — namunaning boshlang'ich hisobiy uzunligi.

Nisbiy torayish quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\psi = \frac{S_0 - S_k}{S_0} \cdot 100,$$

bu yerda S_0 va S_k — namunaning uzilishgacha va uzilgandan keyingi ko'ndalang kesim yuzalari.

Materiallarni statik sinashning boshqa uslubi uni buralishga sinash hisoblanadi. Bu usul buralishga ishlovchi detallar tayyorlanadigan materiallarning mexanik xossalarini baholashga, cho'zilishda mo'rt bo'lgan materiallarning plastikligini aniqlash, siljish modulini va Pusson μ koeffitsientini aniqlash imkonini beradi. Cho'zilishdan farqli o'laroq, buralishda namunaning shakli juda katta deformatsiyalarda ham amaliy jihatdan o'zgarmaydi, bu esa kuchlanishlar va deformatsiyalarni baholashni yengillashtiradi.

Buralishga, odatda, to'liq yumaloq silindrik namunalar, kamdan-kam hollarda trubosimon kesimli, ba'zan maxsus maqsadlar uchun kvadrat yoki boshqa shakldagi kesimli namunalar sinaladi.

Burash mexanik uzatmali mashinalarda, ko'pincha, chegaraviy burovchi momenti 200 N · m; 500 N · m va boshqalar bo'lgan mashinalarda amalga oshiriladi.

Burashda metallarning asosiy mexanik xarakteristikalarini aniqlash usuli DST 3565—58 bilan tartibga solinadi.

Sinashda botish jarayoni cho'zilishda qabul qilinganga o'xshashdir. Natijada buralish egri chizig'i «buralish momenti M — nisbiy buralish burchagi θ» koordinatalarda ($\theta = \varphi/l_0$, bu yerda φ — buralish burchagi radianlarda, u namuna uzunligi l_0 chetki kesimlari buralish burchaklari farqi sifatida aniqlanadi) yoki «buralish momenti M — nisbiy maksimal siljish v_{max} ($v_{max} = \theta d/2$, bu yerda α — namuna diametri).

Buralishda kichik deformatsiyalar namuna ishchi uzunligining chetki kesimlarida namunaga o'rnatiladigan optik-mexanik tenzometrlar bilan o'lchanadi yoki uning o'qiga 45° burchak ostida ikki o'zaro perpendikular yo'nalishlarda namunaga yelimlanadi.

Elastiklik chegaralarida bu uslub bilan G siljish moduli (1-toifa moduli, elastiklikning urinma moduli):

$$G = \Delta M(\Delta\theta J_\rho);$$

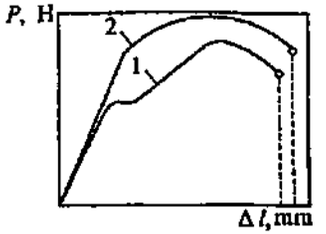
bu yerda ΔM — M ning θ ga proporsional bog'liqligi oraliqlarida burovchi momentlar ayirmasi; $\Delta\theta$ — nisbiy buralish burchaklarining ΔM ga mos ayirmasi; J_ρ — kesim inersiyasining qutb momenti (diametri $dJ_\rho = \pi d^4/32$ bo'lgan yaxlit dumaloq kesim uchun).

E materialning me'yordagi elastiklik modulini bilgan holda, buralishga sinashda topilgan G bo'yicha Puasson koeffitsiyenti μ ni aniqlash mumkin:

$$\mu = \frac{E}{2G} - 1.$$

Dinamik sinovlar — bu shunday sinovlarki, ularda yuklanish katta tezlikdagi zarba bilan beriladi. Bunday sinashlarda yuklanishni qo'yish tezligi statik sinovlardagidan ancha yuqori. Plastik sohada yuklanishni qo'yish tezligining orttirilishi materialning plastik deformatsiyaga qarshiligining ortishiga olib keladi, chunki elastik deformatsiyaning tarqalish tezligi

plastik deformatsiyanikidan ancha yuqori. 2.69- rasmda statik (1 egri chiziq) va dinamik (2 egri chiziq) yuklanishda po'latning cho'zilish diagrammasi tasvirlangan.



2.69- rasm. **Statik (*1*) va dinamik (*2*) yuklanishlarda po'latning cho'zilishi diagrammasi**

Materiallarning dinamik yuklanishlar ta'siriga qarshilik ko'rsatish qobiliyatini baholash uchun mayatnikli kopyor yordamida zarbiy bukilishga sinovlar o'tkaziladi. N · m hisobida darajalangan shkala bo'yicha yoki mayatnikning ko'tarilish burchagi bo'yicha namunani mayatnik bilan urishda buzilishga sarflangan W ish aniqlanadi.

Kopyorning tayanchlariga erkin o'rnatilgan namuna (2.70- rasm) bitta zarb bilan, kesik (konsentrator) joyiga qarama-qarshi tomondan mayatnik pichog'i bilan buzilishga majbur qilinadi.

Zarb bilan bukishga sinovlar uchun namuna DST 9454—78 ga muvofiq ma'lum o'lchamlarga va uchta ko'rinish o'rtasidagi kuchlanishlar konsentratoriga ega: 1 mm radiusli *U*-simon; 0,25 mm radiusli *V*-simon 45° burchak ostidagi *V* harfi shaklida; charchagan yoriq shaklidagi konsentratorli *T*-simon. Mos ravishda zarbiy qovushoqlik KS belgisi KSU, KSV va KST kabi belgilanadi.

Zarbiy qovushoqlik deb ish W ning konsentrator o'rnidagi ko'ndalang kesim yuziga (J/m^2) nisbatiga aytiladi:

$$KS = W/S_0.$$

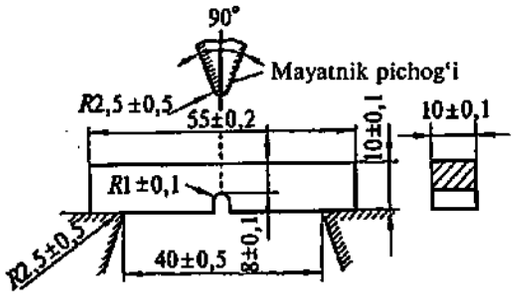
Juda mo'rt materiallar, masalan, plastmassaning zarbiy qovushoqligini baholash uchun konsentratorsiz namunalardan foydalaniladi.

Materiallarning zarbiy qovushoqligi ham me'yordagi, ham yuqori va past temperaturalar uchun aniqlanadi.

Zarbiy qovushoqlikka materiallarning kimyoviy tarkibi, ularning tuzilishi, sirtli qatlamining holati, metallardagi tolalarning yo'nalishi ta'sir qiladi.

Charchashga yoki chidamlilikka sinash. Ko'pchilik mashina va apparatlarni ishlatish jarayonida ko'pgina detallar siklik takroriy o'zgaruvchan yuklanishlar ta'siriga beriladi, ular detallar materialining charchashiga olib keladi.

Charchoqlik (charchash) deb siklik yuklanishlar ta'sirida metallarda shikastlanishlarning asta-sekin to'plana borishi jarayoniga aytiladi.



2.70- rasm. **Zarbiy bukilishga sinovlar uchun namuna chizmasi**

Chidamlilik deb metallarning charchashga qarshilik ko'rsatish xossasiga aytiladi. Charchashning ikki turi farq qilinadi: elastik sohada siklik deformatsiyada vujudga keladigan ko'p siklli charchash, bunda $\sigma_a < \sigma_{0,2}$ va kam siklli charchash. Kam siklli charchashga termik va termomexanik charchash kiradi.

Siklli yuklanishda kuchlanishlarning maksimal σ_{max}, minimal σ_{min} va amplitudaviy σ_a qiymatlari farqlantiriladi. Yuklanish sikllari simmetrik va nosimmetrik bo'lishi mumkin.

Yuklanish siklining simmetrikligi siklning asimmetrik koeffitsienti bilan belgilanadi:

$$R = \sigma_{min}/\sigma_{max}.$$

Charchashga sinashlar jarayonida *charchash chegarasi* — yuklanishlarning o'zgarishlari berilgan sonida (sikllar sonida) namuna buzilmaydigan eng katta kuchlanish aniqlanadi. Po'lat uchun charchash chegarasi 5...10 mln sikl asosida, yengil qaytishmalar uchun — 20 mln siklgacha aniqlanadi.

Dumaloq silliq namuna yuklanishlarning simmetrik siklida *elastiklik chegarasi* σ_{-1} quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\sigma_{-1} = \frac{M}{J_p} = \frac{32Pl}{\pi d^3},$$

bunda M — namunaning xavfli kesimidagi bukuvchi moment; J_p — namuna kesimining qutb momenti; P — namunaga qo'yilgan yuklanish; d — namuna diametri.

Qattiqlikka sinash. Statik bosimda metallarning qattiqligini aniqlashning standart usullari eng ko'p qo'llaniladi: po'lat sharcha bilan (Brinell bo'yicha), olmos konus bilan (Rokvell bo'yicha) va olmos piramida bilan (Vikkers bo'yicha).

Po'lat sharcha bilan qattiqlikni aniqlash uslubi (2.71- *a* rasm) ma'lum diametrdagi toblangan po'lat sharchani sinalayotgan namunaga berilgan yuklanish ostida ma'lum vaqt davomida t chuqurlikka botirishdan iborat (DST 9012—59).

Qattiqlikni Brinell va Vikkers usuli bo'yicha aniqlash uchun TPSHO universal asbobining tuzilishi 2.71- *b* rasmda keltirilgan. Indentor *1* uchun kallakda o'rnatilgan sharcha yuklanuvchi sistema *2* yordamida namuna *4* ga bosib botiriladi. Qolgan izki o'lchash optik kallak *5* yordamida bajariladi.

Qattiqlik birliklari soni NV kvadrat metrdagi nyutonlarda (N/m^2) ifodalangan o'rtacha bosim sifatida aniqlanib, quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$NV = \frac{P}{S} = \frac{P}{\pi Dl},$$

bu yerda P — bosib botirish kuchi, N, u standartlarga muvofiq o'rnatiladigan AB sirtga normal; S — sharcha izi sirti yuzi, m^2.

Amaliyotda maxsus jadvallardan foydalaniladi, unda turli diametrlarga ega va me'yordagi impulslarda olingan izlar uchun NV ning qiymatlari hisoblangan.

Bu usul bilan NV 450 dan ortiq metallar qattiqligini sinash amalga oshirilmaydi, chunki xatolik ancha ortib boradi.

Qattiqlikni olmos konus bilan aniqlash uslubi (Rokvell bo'yicha) (2.71- *d* rasm) past chiniqtirilgan toblangan po'latdan yoki qattiq qotishmalardan DST 9013—59 ga muvofiq tayyorlangan buyumlar uchun qo'llaniladi. 120° burchakli olmos konus uchida radiusi $\rho = (0,2 \pm 0,005)$ mm li yumaloqlangan qismga ega.

Qattiqlikni aniqlash sinalayotgan namunaga olmos konusni ketma-ket qo'yiladigan ikki kuch ta'sirida bosib kiritish bilan amalga oshiriladi: dastlabki 100 N va umumiy 600 yoki 1500 N lik bilan.

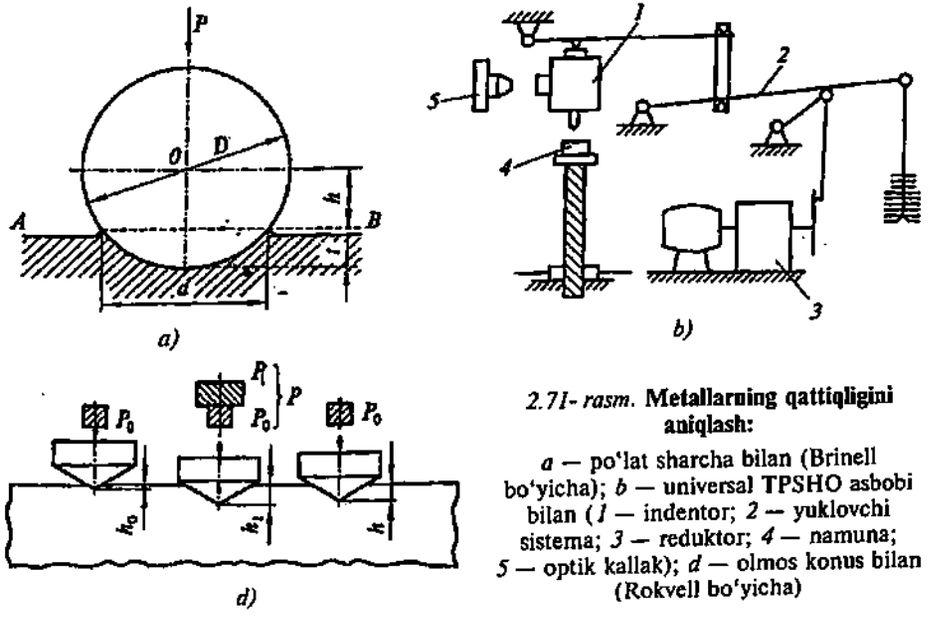
Olmos konus avval dastlabki yuklanishni (P_0) oladi, u sinalayotgan materialga juda oz chuqurlikka kiritiladi.

Keyin yuklanish

$$P = P_0 + P_1$$

kattalikkacha orttiriladi, bunda P_1 — asosiy yuklanish.

Umumiy P yuklanish 600 N ga (A shkala), 1000 N ga (B shkala) yoki 1500 N ga (D shkala) teng. Umumiy P yuklanish ta'sirida konus h_1 chuqurlikka botib kiradi. Keyin asosiy yuklanish P_1 olinadi, lekin dastlabki yuklanish P_0 qoladi. Botib kirish chuqurligi h sinalayotgan materialning qattiqligini (HR) ifodalaydi.



2.71- rasm. **Metallarning qattiqligini aniqlash:**

a — po'lat sharcha bilan (Brinell bo'yicha); *b* — universal TPSHO asbobi bilan (*1* — indentor; *2* — yuklovchi sistema; *3* — reduktor; *4* — namuna; *5* — optik kallak); *d* — olmos konus bilan (Rokvell bo'yicha)

A va D shkalalar bo'yicha o'lchashda

$$HR = 100 - e.$$

B shkala bo'yicha o'lchashda

$$HR = 130 - e,$$

bunda $e = \frac{h - h_0}{0{,}002}$.

Qattiqlik soni HR orqali belgilanib, unga sinov amalga oshirilgan shkala belgisi (B, D, A) qo'shiladi. Masalan,

HRB — 1000 N yuklanishda sharcha bilan sinash;

HRD — 1500 N yuklanishda olmos konus bilan sinash;

HRA — 600 N yuklanishda olmos konus bilan sinash.

Ko'rsatilgan shkalalar bo'yicha qattiqlikni o'lchash chegaralari 2.18-jadvalga muvofiq o'rnatiladi.

Qattiqlikni olmos piramida bilan aniqlash uslubi (Vikkers bo'yicha) (DST 2999—75) kvadrat asosga va uchidagi burchagi 136°±30° ga ega bo'lgan standart o'lchamdagi muntazam to'rt yoqli piramidani sinalayotgan materialga bosib kiritishni nazarda tutadi. Bosib kiritish 50, 100, 200, 300, 500, 1000 N yuklanish ta'sirida amalga oshiriladi.

Olmos piramida izini kvadrat diagonallari uzunligi bo'yicha o'lchab, qattiqlik biriklari soni aniqlanadi:

$$HV = 1{,}8544 \frac{P}{d^2}, \qquad (2.1)$$

bu yerda P — piramidaga ko'rsatilayotgan yuklanish kattaligi, H; d — izning ikkala diagonalining o'rta arifmetigi, m.

2.18-jadval

Qattiqlik birliklarining B, D, A shkalalar bo'yicha muvofiqligi

Belgilashlar		O'lchash chegaralari, Rokvell bo'yicha qattiqlik birliklarida	Qattiqlik sonlari taqribiy qiymatlari, Vikkers bo'yicha birliklarda
shkalalar	qattiqlik sonlari		
B	HRB	25...100	60...228
D	HRD	25...670	228...900
A	HRA	70...850	390...1170

Olingan qattiqlik soni HV yuklanish va uning qo'yilish vaqti indekslari bilan belgilanadi. Masalan: HV 100/30—500 yozuv 30 s davomida qo'yilgan 100 N yuklanish bilan sinashda hosil qilingan qattiqlik soni «500» ekanini anglatadi.

Qattiqlik soni HV amalda qattiqlik sonlari HB bilan 450 qiymatgacha mos keladi.

Mikroqattiqlikni aniqlashni mayda detallar, yupqa metall tasmalar, alohida tuzilmaviy tashkil etuvchi qotishmalar, yupqa sirtiy qotishmalar uchun bajariladi, ya'ni hajmi uncha katta bo'lmagan jismlarning qattiqligi aniqlanadi.

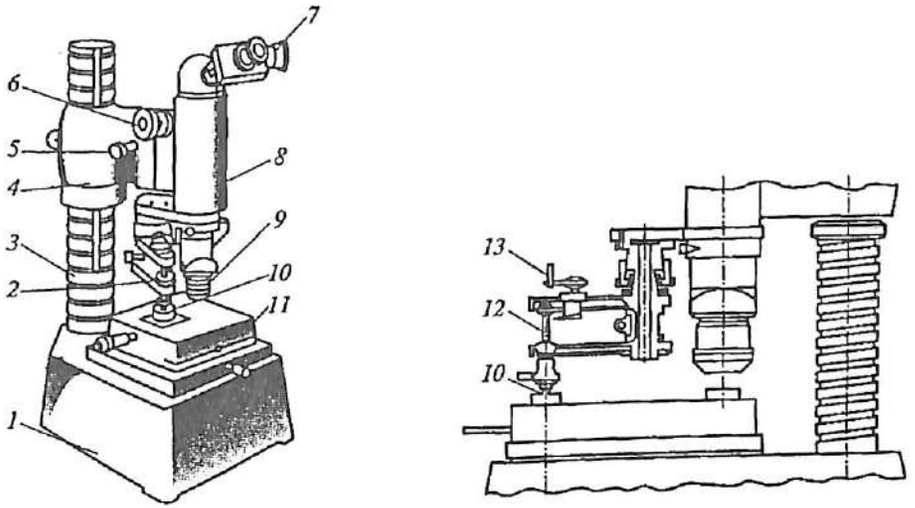
Mikroqattiqlikni o'lchash uchun mikroqattiqlik o'lchagichlar qo'llaniladi, ular izning o'lchamini aniqlash uchun olmos piramida va mikroskopni yuklash uchun qurilmani birlashtirish prinsipi bo'yicha qurilgan.

2.72- rasmda PMT-3 mikroqattiqlik o'lchagich ko'rsatilgan. Asbob vertikal ustun *3* ga ega massiv asos *1* dan iborat bo'lib, ustun bo'ylab okulyar mikrometr *7*, obyektiv *9*, yorituvchi va yuklovchi mexanizmi *2* bo'lgan o'lchov mikroskopi *8* ko'chadi.

Mikroskop fokus masofaga dag'al sozlovchi 6 va nozik sozlovchi *5* vintlar bilan ta'minlangan. Nozik sozlovchi mikrovint *5* ning bo'lim qiymati 0,002 mm ga teng.

Sinalayotgan namuna buyum stolchasi *11* ga o'rnatiladi, stolcha ikki yo'nalishda: koordinata (ikkita mikrometrik vint yordamida) va doiraviy (sharchalar ustida) 180° burchakka mustaqil ko'chish imkoniyatiga ega. Buyum stolchasining koordinat ko'chishi olmos piramida *10* ning namunaning istagan nuqtasida bosib sinashni amalga oshirish imkonini beradi. Stolcha doiraviy ko'chishi bilan namuna unga tushirilgan iz bilan o'lchash mikroskopi obyektivi ostiga olib kelinadi.

Yuklovchi mexanizm *2* olmos piramida *10* bo'lgan sterjen *12* ga ega. Ishchi yuklanish *2* dan 200 gs gacha kesiklari bo'lgan shaybalar ko'rinishidagi toshlar orqali vujudga keltirilib, bu shaybalar sterjen *12* ga o'rnatiladi. Izni hosil qilish uchun olmos piramida *10* bilan sterjen *12* ni ko'tarish va tushirish



2.72- rasm. **PMT-3 mikroqattiqlik o'lchagichi:**

1 — asos; *2* — yuklovchi mexanizm; *3* — stoyka; *4* — kulisa; *5* — nozik sozlash uchun vint; *6* —dag'al sozlash uchun vint; *7* — okulyar mikrometr; *8* — o'lchash mikroskopi; *9* — obyektiv; *10* — olmos piramida; *11* — buyum stolchasi; *12* — sterjen; *15* — dastak

dasta *13* orqali amalga oshiriladi. Yuklanish dasta *13* ni bir tekis burash bilan beriladi. To'la yuklanish 10 s atrofida tutib turiladi va keyin sekin olib qo'yiladi.

Qattiqlik birliklari soni olmos piramida bilan Vikkers bo'yicha qattiqlikni sinashdagi kabi (2.1) formula bo'yicha aniqlanadi.

Zichlikni o'lchash. Suyuq va sochiluvchan jismlarning zichligini o'lchash asboblari ishlash prinsipiga ko'ra, qalqovuchli, tarozi, manometrik, tovushli va radioizotopli turlarga bo'linadi.

Qalqovuchli zichlik o'lchagichlarda (areometrlarda) suzib yuruvchi qalqovuch prinsipidan foydalanilgan. Bu prinsip bo'yicha ishlovchi zichlik o'lchagichning sxemasi 2.73- *a* rasmda tasvirlangan. Suyuqlik quvur 10 bo'yicha bosimning doimiy bo'lib turishini ta'minlovchi quyish idishi *9* ga tushadi. Suyuqlik undan o'ng quvur 8 bo'ylab, qayta quyish qurilmasi bilan ta'minlangan o'lchash kamerasi *4* ga tushadi. Ortiqcha suyuqlik quvur *7* bo'ylab oqiziladi. Suyuqlik zichligini o'lchash qalqovuch *5* va u bilan bog'liq o'zakning vertikal bo'yicha ko'chishini vujudga keltiradi. Bu ko'chish ko'prik *1* sxemasiga kiritilgan induktiv o'zgartkich *6* yordamida o'lchanadi va ko'rsatuvchi qurilma *2* da qayd qilinadi. Temperaturaning ta'sirini kompensatsiyalash ko'prikning o'lchash sxemasiga ulangan termorezistor *3* orqali amalga oshiriladi. Qalqovichning eng katta yurishi — 200 mm.

Tarozi yoki piknometrik uslublar o'zgarmas hajmdagi suyuqlikning massasi zichlikka to'g'ri proporsional ekanligiga asoslangan. Binobarin, truboprovod orqali oqib o'tayotgan biror o'zgarmas hajmdagi moddani uzluksiz ravishda tortib turilganda, uning zichligini ham o'lchash mumkin.

2.73- *b* rasmda tarozili zichlik o'lchagichining sxemasi tasvirlangan. Asbobning sezgir elementi *U* simon naycha bo'lib, uning massasi undan oqib o'tayotgan suyuqlik bilan birga uzluksiz o'lchab turiladi. Naychaning suyuqlik bilan birga massasi sopla *3* ni yorib turuvchi to'siq *2* (zaslonka) ga va pnevmokuchaytirgich *4* orqali bir xillashtirilgan pnevmatik signal ko'rinishida asbobga uzatiladi. Naycha bo'ylab oqayotgan suyuqlikning zichligi o'zgarganda uning massasi o'zgaradi va to'siq *2* sopla *3* ga yaqinlashadi yoki undan uzoqlashadi. O'lchanayotgan suyuqlikning zichligi o'zgarishiga mos ravishda pnevmokuchaytirgich *4* ning chiqishidagi havo bosimi ham o'zgaradi. Silfon *5* yordamida teskari aloqa amalga oshiriladi va sistemada suyuqlikning o'lchanayotgan zichligiga mos muvozanat tiklanadi.

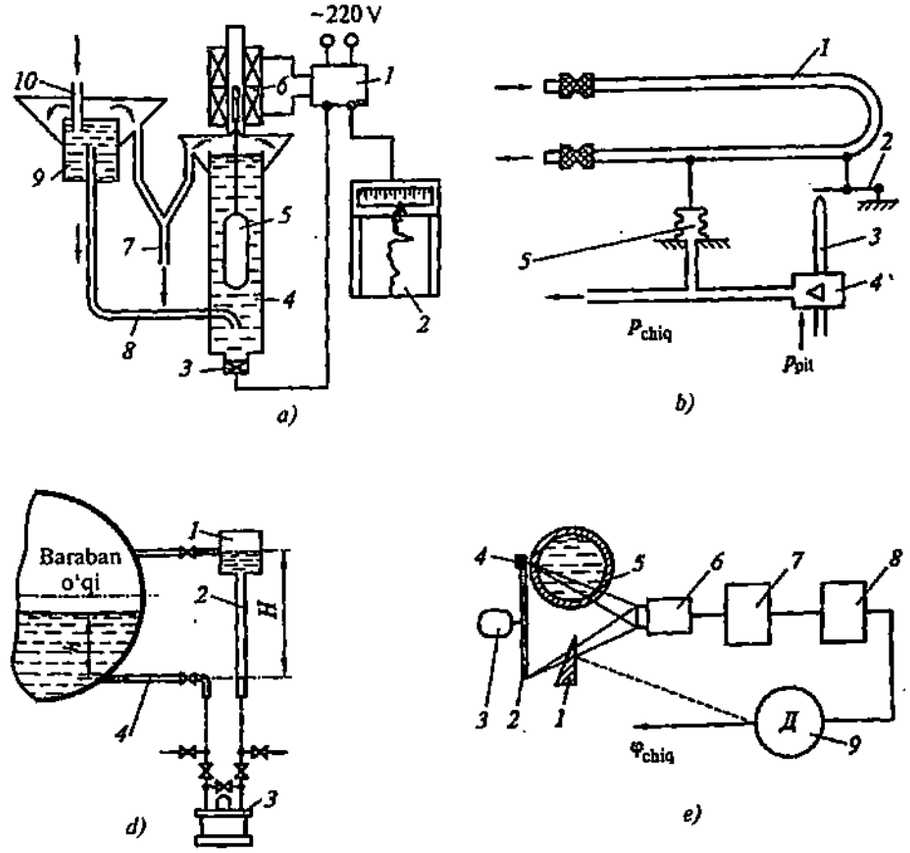
Tarozi zichlik o'lchagichlari qovushoq suyuqliklarning, suspenziyalarning va qattiq qo'shimchalari bo'lgan suyuqliklarning zichligini o'lchash uchun qo'llaniladi. Uning yordamida gazlarning zichligini ham o'lchash mumkin.

Zichlikni o'lchashning *manometrik uslublari* suyuqlikning sirtidan *H* chuqurlikdagi *r* bosimi asosining yuzi 10^{-4} m^2 bo'lgan suyuqlik ustunining massasiga tengligiga asoslangan:

$$p=\rho gH.$$

U holda

$$\rho=p/(gH).$$



2.73- rasm. **Suyuq jismlar zichligini o'lchash uslublari va vositalari:**

a — qalqovuchli zichlik o'lchagich chizmasi (*1* — ko'prik; *2* — ko'rsatuvchi qurilma; *3* — termorezistor; *4* — o'lchash kamerasi; *5* — qalqovuch; *6* — induktiv o'zgartkich; *7*, *8* va *10* — quvur; *9* — qayta quyish idishi); *b* — vaznli zichlik o'lchagich chizmasi (*1* — trubka; *2* — zaslonka; *3* — soplo; *4* — pnevmokuchaytirgich; *5* — silfon); *d* — zichlikni o'lchashning manometrik uslubi (*1* — tenglashtiruvchi idish; *2* va *4* — trubka; *3* — differensial manometr); *e* — radioizotopli zichlik o'lchagichning chizmasi (*1* — kompensatsion pona; *2* — disk; *3* — dvigatel; *4* — nurlanish manbai; *5* — truboprovod; *6* — schyotchik; *7* — integrallovchi qurilma; *8* — o'zgaruvchan tok kuchaytirgichi; *9* — dvigatel)

Suyuqlik ustunining balandligi o'zgarmas bo'lganda bosim uning zichligi o'lchovi bo'ladi. Suyuqlik ustunining bosimini o'lchash sath o'zgarmas bo'lishi sharti bilan suyuqlikning sathini manometrik satho'lchagichlar (2.73- *d* rasm) yordamida o'lchashga o'xshash amalga oshiriladi. Differensial manometr *3* ning musbat kamerasi naycha *2* orqali tenglashtiruvchi idish *1* bilan, manfiy kamerasi esa naycha *4* orqali rezervuarning suvli fazosining pastki qismi bilan tutashtirilgan. Idish *1* dagi suyuqlik sathi o'zgarmas qilib saqlab turiladi va uning zichligini difmonometr ko'rsatishlariga ko'ra aniqlash mumkin.

Ultratovushli zichlik o'lchagichlarda suyuqlikda ultratovushning tarqalish tezligining uning zichligiga bog'liqligidan foydalaniladi. Ultrotovush tebranishlarining tarqalish tezligini o'lchab, uning zichligi to'g'risida hukm yuritish mumkin.

Zichlikni o'lchashning *radioizotop uslublari* radioaktiv manbadan chiqayotgan γ-nurlanishning zichligi o'zgarishiga bog'liq ravishda o'zgaradigan modda orqali o'tganda nurlarning yutilishini o'lchashga asoslangan.

Radioizotop zichlik o'lchagichning sxemasi 2.73- *e* rasmda keltirilgan. Tekshirilayotgan suyuqlik oqib o'tayotgan quvur (truboprovod) *5* qismida nurlanish manbai *4* va schyotchik *6* o'rnatiladi. Nurlatgich sifatida ^{60}SO ning radioaktiv izotopi qo'llaniladi; γ-nurlantirgich *4* dvigatel *3* dan aylanuvchi disk *2* da joylashtiriladi. Nurlanish navbati bilan ayni bir ssintillyatsion schyotchik *6* ga tushadi: u goh truboprovod *5* orqali, goh kompensasion pona *1* orqali tushadi. Signal schyotchik *6* dan integrallovchi qurilma *7* ga va o'zgaruvchan tok kuchaytirgichi *8* ga keladi. Kuchaytirilgan signal reversiv dvigatel *9* ni boshqaradi, u kompensatsion pona *1* ni shunday ko'chiradiki, bunda ssintillyatsion schyotchikka tushadigan oqimlar teng bo'ladi. Ko'rsatuvchi asbobning strelkasi bog'liq bo'lgan ponaning ko'chish kattaligi suyuqlik zichligining o'zgarishiga proporsionaldir.

γ-nurlar bilan yoritish uslubi plitalar, beton bloklar, tuproq pulplari va shu kabilarning zichligini aniqlash uchun keng qo'llanilmoqda.

Qovushoqlikni o'lchash. Sanoat tarmoqlarining ko'pchiligidagi texnologik jarayonlarda eng muhim sifat ko'rsatkichi suyuq moddalarning qovushoqligi hisoblanadi. Suyuqliklarning qovushoqligi viskozimetrlar bilan o'lchanadi.

O'lchash usullariga ko'ra, viskozimetrlarni quyidagilarga ajratish mumkin:

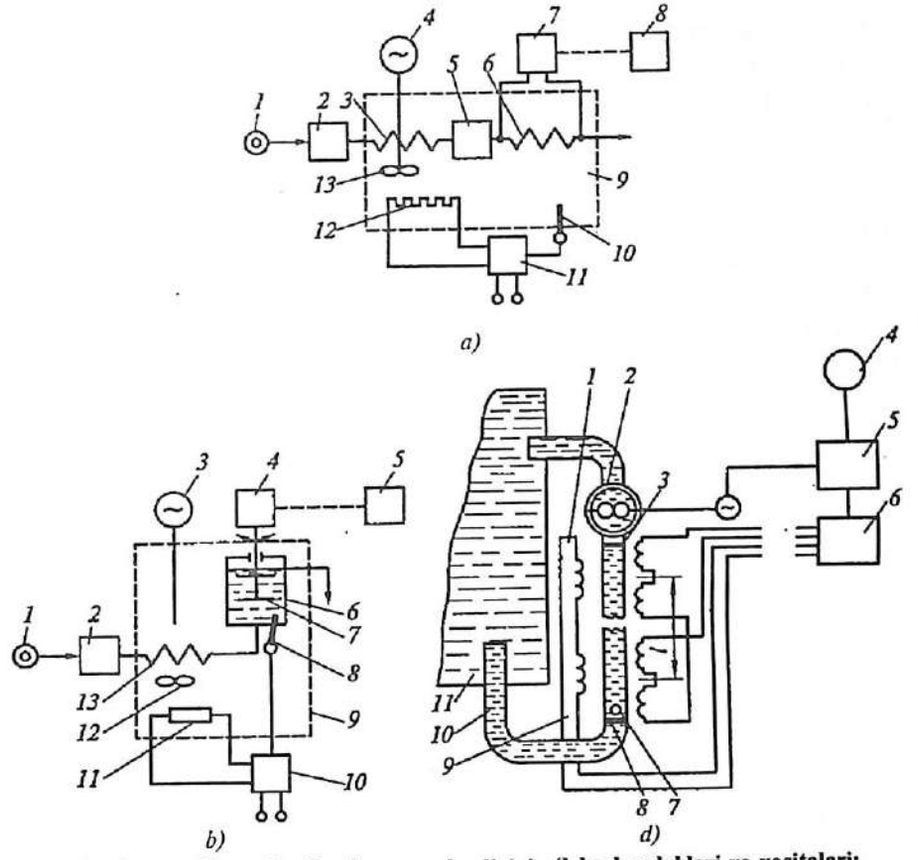
kapillyar (o'zgarmas sarf bilan suyuqlik o'tkazilayotgan kapillyarda bosimning o'zgarishini o'lchash);

rotatsion (qattiq jismning suyuqlikka aylanishida vujudga keladigan kuchlanishni o'lchash);

tushayotgan jism bilan (berilgan balandlikdagi suyuqlik qatlamida qattiq jismning tushish vaqtini o'lchash);

vibratsion (tekshirilayotgan suyuqlikda plastinaning elastik tebranishlarining so'nish tezligini o'lchash);

Kapillyar viskozimetrning sxemasi 2.74- *a* rasmda keltirilgan. Mahsulot namuna *1* ni tanlab olish nuqtasidan nasos *2* yordamida zmeevik *3* va sarf rostlagichi *5* orqali kapillyar *6* ga uzatiladi. Asbobning asosiy qismlari, odatda, yog' bilan to'ldiriladigan aralashtirgich *13* bo'lgan termostat *9* ga joylashtirilgan. Aralashtirgichni elektrodvigatel *4* ishga tushiradi. Vannadagi temperatura isitgich *12* ni boshqaruvchi regulyator (rostlagich) *11* yordamida o'zgarmas qilib tutib turiladi. Differensial manometr *7* kapillyardagi bosim o'zgarishini o'lchaydi va ko'rsatishlarni qovushoqlik birliklarida darajalangan ikkilamchi asbob *8* ga o'tkazishni amalga oshiradi.



2.74- rasm. **Suyuq jismlarning qovushoqligini o'lchash uslublari va vositalari:**

a — kapillyar viskozimetrning chizmasi (*1* — namuna olish nuqtasi; *2* — nasos; *3* — zmeevik; *4* — elektrodvigatel; *5* — sarf sozlagichi; *6* — kapillyar; *7* — differensial manometr; *8* — ikkilamchi asbob; *9* — termostat; *10* — termometr; *11* — regulyator; *12* — isitkich; *13* — aralashtirgich); *b* — rotatsion viskozimetr chizmasi (*1* — namuna olish nuqtasi; *2* — nasos; *3* — elektrodvigatel; *4* — o'lchash bloki; *5* — ko'rsatuvchi qurilma; *6* — ishchi kamera; *7* — rotor; *8* — termosezgir element; *9* — termostat; *10* — regulyator; *11* — isitkich; *12* — aralashtirgich; *13* — zmeevik); *v* — tushuvchi jism bo'lgan avtomatik viskozimetr chizmasi (*1* va *9* — g'altaklar; *2* — nasos; *3* va *8* — chegaralovchi to'r; *4* — ikkilamchi asbob; *5* — rele bloki; *6* — kuchaytirgich; *7* — sharcha; *10* — o'lchov trubkasi; *11* — rezervuar)

Asbobning xatoligi, asosan, tekshirilayotgan suyuqlik sarfini va temperaturasini tutib turish aniqligi bilan belgilanadi (temperaturaning 1° ga o'zgarishi 10% xatolik berishi mumkin).

Kapillar viskozimetrlar distillyat mahsulotlar va yog'larni 150°C da 0,12 m^2/s (15°VU) gacha qovushoqlik oralig'ida tahlil qilish uchun keng foydalaniladi. Bunday asboblarning xatoligi o'lchanayotgan qovushoqlik oralig'ining 1...2% ini tashkil etadi.

Rotatsion viskozimetrlar aylanuvchi elementning foydalanilayotgan shakli va buralish momentini o'lchash usuliga bog'liq holda farqlanadi. Aylanuvchi element sifatida plastinalar, silindrlar, parraklar, disklar to'plami va boshqalar qo'llaniladi.

Burovchi moment quyidagi usullarda aniqlanadi: aylanuvchi element yuritmasi elektrodvigateli iste'mol qiladigan tok kuchi; muvozanatlovchi torsion prujinaning burilish burchagi; uzatma elektrodvigatel statori aylanishining reaktiv momenti bilan.

2.74- *b* rasmda *rotatsion viskozimetrning* sxemasi tasvirlangan. Termosezgir element *8* bevosita ishchi kamera 6 da joylashadi. O'lchash bloki *4* rotor *7* ning uzatma uzeliga va burovchi momentni o'lchash hamda ko'rsatishlarni ko'rsatuvchi qurilma *5* ga uzatish qurilmasiga ega.

Tushuvchi jismli viskozimetrlar. Ulardan birining sxemasi 2.74- *d* rasmda keltirilgan. O'lchash siklik tarzda o'tkaziladi. Sharcha *7* ni dastlabki holatiga ko'tarish tekshirilayotgan suyuqlikning chiquvchi oqimi hisobiga yuz beradi, bu oqim shesternyali nasos *2* yordamida vujudga keltiriladi. Suyuqlik namunasi o'lchov naychasiga rezervuar *11* dan nasos yordamida olinadi. Sharcha ishchi holatda bo'lmagan holda pastki chegaralovchi to'r *8* da bo'lib, nasos ulanganda yuqori chegaralovchi to'r *3* gacha ko'tariladi. Sharcha to'r *3* ga tekkan paytida nasos avtomatik uziladi va sharcha tekshirilayotgan suyuqlikning harakatsiz muhitida pastga tushadi. Nomagnit materialdan tayyorlangan o'lchov trubkasi *10* ga g'altaklar *1* va *9* o'rnatilgan bo'lib, ularning chulg'amlari differensial-transformator sxemasiga ko'ra ulangan. Sharcha g'altaklar orqali o'tganda nazorat sxemasining kirishida balansning buzilishi signali paydo bo'ladi, uni elektron kuchaytirgich *6* kuchaytiradi. Shesternyali nasosning avtomatik ulanishi va sharcha tushishi vaqtini sanashni releli blok *5* va ikkilamchi asbob *4* amalga oshiradi. Viskozimetrning o'lchash chegaralarini g'altaklar orasidagi masofani turlicha qilib o'rnatish va sharcha o'lchamini tanlab olish orqali o'zgartirish mumkin.

Nazorat savollari

1. Moddalar va materiallar qanday asosiy mexanik xossalari bilan ifodalanadi va ular qanday birliklar bilan baholanadi?
2. Sanoatda metallarni mexanik sinashning qanday turlari bajariladi?
3. Metallar qattiqligini tekshirishning qanday vositalari qo'llaniladi?
4. Suyuq va siqiluvchan jismlarning zichligi nima bilan aniqlanadi va bunday asboblarning ishlash prinsiplari qanday?
5. Suyuq jismlarning qovushoqligi qanday aniqlanadi?

2.4. ISSIQLIK KATTALIKLARINI O'LCHASH VA NAZORAT QILISH

2.4.1. Temperaturani o'lchash va nazorat qilish uslublari hamda vositalari

Jismning issiqlik holatini ifodalovchi va jism molekulalarining o'rtacha kinematik energiyasiga proporsional statistik kattalik *temperatura* deb ataladi. Temperatura birligi uchun kelvin (K) qabul qilinadi. Temperatura Selsiy graduslarida (°C) ham ifodalanishi mumkin. Kelvin shkalasining nolga teng qiymati absolut nolga teng, shuning uchun bu

shkala bo'yicha hamma temperaturalar musbatdir. Selsiy bo'yicha t va Kelvin bo'yicha T temperaturalar o'rtasidagi bog'lanish quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$t = T - 273{,}16.$$

Temperaturani, masalan, chiziqli o'lchamlar kabi, bevosita o'lchash mumkin emas. Shuning uchun u bilvosita — termometrik deb nom olgan turli xil jismlarning fizik xossalari o'zgarishiga ko'ra aniqlanadi.

Temperaturaning o'zgarishi bilan bog'liq amaliy maqsadlar uchun xalqaro amaliy temperatura shkalasi (XATSH-68) qabul qilingan bo'lib (2.75- rasm), u barcha metrologik organlar uchun majburiydir. Ular temperaturaning aniq bir qiymatlari berilgan ayrim moddalarning qayta tiklanuvchi muvozanat holatlari (reper nuqtalari) qatoriga asoslanadi.

Temperaturani o'lchash uchun quyidagi usullar eng ko'p tarqalgan bo'lib, ular ushbularga asoslangan:

suyuq, gazsimon va qattiq jismlarning issiqlikdan kengayishi (termomexanik effekt);

temperatura o'zgarganda berk hajm ichidagi bosimning o'zgarishi (manometrik);

temperatura o'zgarganda jismlar elektr qarshiligining o'zgarishi (termorezistor);

termoelektr effekt;

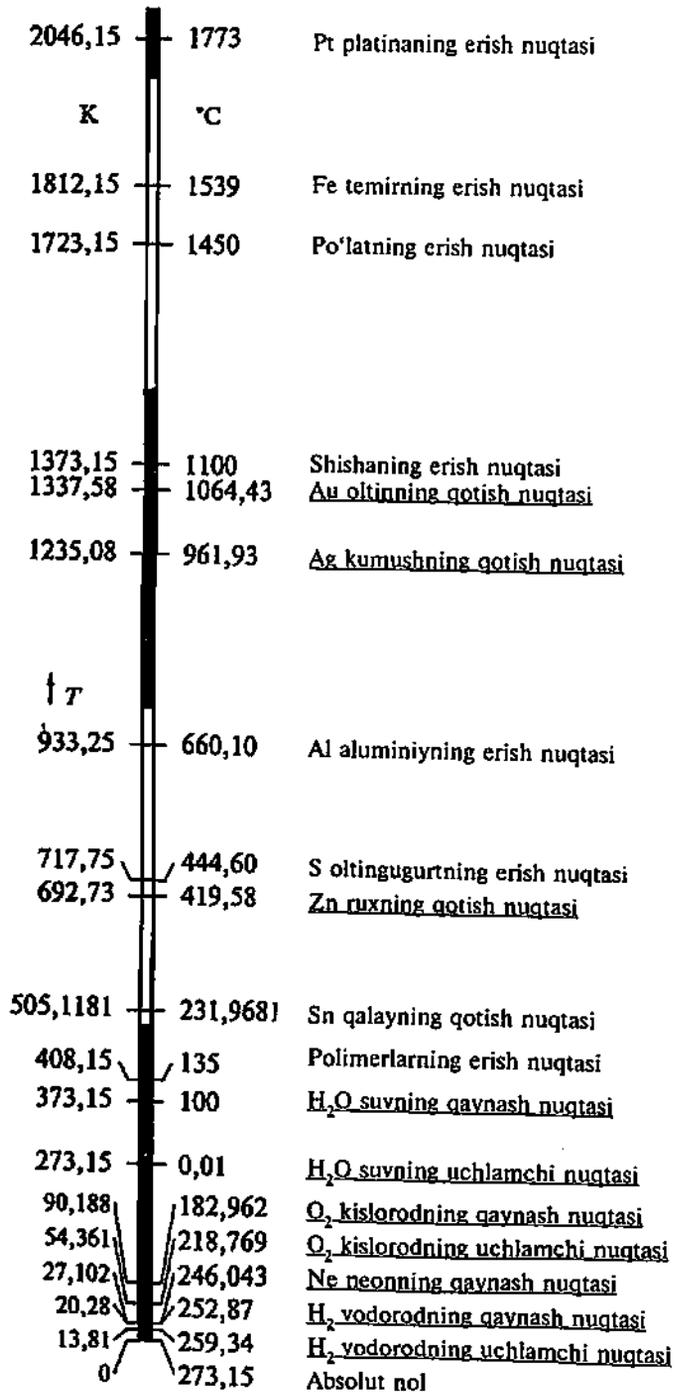
isitilgan jismlarning elektromagnit nurlanishidan foydalanish.

Temperaturani o'lchash uchun mo'ljallangan asboblar *termometrlar* deyiladi. Ular ikkita katta guruhga ajraladi: kontaktli va kontaktsiz.

Temperaturani kontaktli o'lchash. Kengayish termometrlari temperaturani kontaktli o'lchash amaliyotida keng tarqalgan. Mexanik kontaktli termometrlarning asosiy turlari, ularning metrologik xarakteristikalari, afzalliklari, kamchiliklari va qo'llanish sohasi 2.19- jadvalda keltirilgan.

Suyuqlikli shisha termometrlar tuzilishi jihatidan cho'psimon (2.76- *a* rasm) va shkalasi o'rnatilgan texnik (2.76- *b* rasm) termometrlarga bo'linadi. Ularning ishlash prinsipi shisha qobiq ichiga solingan termometrik suyuqlikning temperaturasi va hajmi orasidagi bog'lanishga asoslangan. Suyuqlikli termometr shisha qobiq *1*, kapillar naycha *3*, ehtiyot rezervuar *4* va shkala *2* dan iborat. Termometrik suyuqlik rezervuarni va kapillar naychaning bir qismini to'ldirib turadi. Kapillardagi bo'sh fazo inert gaz bilan to'ldiriladi yoki undagi havo chiqarib tashlanadi.

Termometrik suyuqlik sifatida organik to'ldirgichlar toluol, etil spirti, kerosin, pentan qo'llaniladi. Simob to'ldirilgan termometrlar keng tarqalgan. Bu simobning suyuq holatda temperaturalarning juda keng oraliqlarida bo'lishi va shishani ho'llamasligi xossasi bilan izohlanib, bu xossa kanalining diametri uncha katta bo'lmagan (0,1 mm gacha) kapillarlardan foydalanishga va o'lchashda yuqori aniqlikni ta'minlashga imkon beradi. Masalan, 1- razryadli simobli namuna termometrlar $\varepsilon = 2\sigma = (0{,}002...2)$°C ishonchli xatolikka ega.



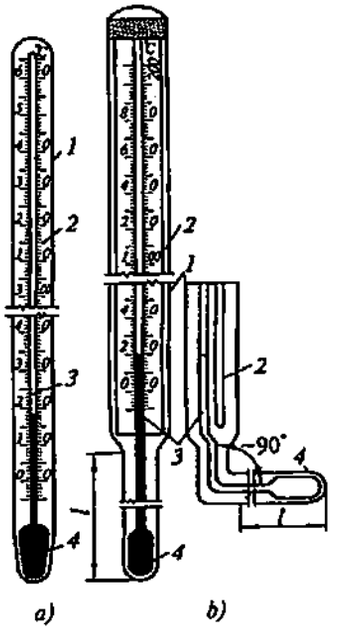
2.75- rasm. **Reper nuqtalari bo'lgan (ostiga chizilgan) Xalqaro amaliy temperatura shkalasi (XATSH-68)**

Organik to'ldirgichlar ancha past qo'llanish temperaturasiga ega ekanligi, qiymati kamligi, katta o'lchash xatoligiga egaligi bilan xarakterlanadi.

Shishali termometrlar vazifasi va qo'llanish sohasiga bog'liq holda namunali, laboratoriya, texnik, maishiy, metereologik termometrlarga bo'linadi.

Laboratoriya termometrlari 0...500°C temperaturalar oralig'ida o'lchashni ta'minlab, u to'rt oraliqqa bo'lingan, bu esa ±0,01°C (0...60°C); ±0,02°C(55...155°C); ±0,05°C (140...300°C) va ±0,1°C(300...500°C) dan oshmaydigan o'lchash xatoligini olish imkonini beradi.

Texnik termometrlar sifatida faqat shkalasi solingan termometrlar qo'llaniladi, ular ikki modifikatsiyaga ega: to'g'ri va burchakli. Yo'l qo'yiladigan xatolik, odatda, bo'lim qiymatiga teng. Texnologik agregatlarning turli nuqtalarida barqaror foydalanishda termometrlar maxsus metall himoya g'iloflarida o'rnatiladi.



2.76- rasm. **Suyuqlikli shisha termometrlar:**

a —tayoqchasimon; *b* —shkalasi ichiga qo'yilgan texnik; *1* — shisha qobiq; *2* — shkala; *3* — kapillyar trubka; *4* — zaxira rezervuar

Pozitsion rostlash va signalizatsiya vazifalarini ta'minlash uchun laboratoriya hamda sanoat qurilmalarida ikki turdagi maxsus elektr kontaktli texnik termometrlar qo'llaniladi:

kontaktlari doimiy kavsharlangan, ular bir, ikki yoki uchta oldindan berilgan temperaturada elektr zanjirlarini ulash va uzishni ta'minlaydi;

bir kontakti harakatlanuvchi (kapillar ichida magnit yordamida siljiydi) va ikkinchi kontakti harakatsiz, kapillarga kavsharlangan, u temperaturaning tanlab olingan istagan qiymatida elektr zanjirini ulash va uzishni ta'minlaydi.

Kapillarda siljuvchi simob o'zgarmas yoki o'zgaruvchan tok keltiriladigan kontaktlar orasidagi zanjirni uzadi yoki ulaydi, kuchlanish 0,3 V dan ortiq bo'lmaganda kontaktlarga yuklanish 0,5 mA dan ortmasligi kerak.

Bimetall va dilatometrik termometrlar qattiq jismlarning temperaturasi o'zgarganda o'zining chiziqli o'lchamlarini turli darajada o'zgartirish xossasiga asoslangan.

Asosan, metallar va ularning qotishmalari chiziqli kengayish temperatura koeffitsienti yuqori bo'lgan materiallarga kiradi. Masalan, jez uchun u $(18,3...23,6) \cdot 10^{-6}\,°C^{-1}$ ga, nikelli po'lat uchun $20 \cdot 10^{-6}\,°C$ ga teng. Shu bilan bir vaqtda chiziqli kengayish koeffitsienti past bo'lgan qotishmalar ham bor: invar qotishmasi — $0,9 \cdot 10^{-6}\,°C^{-1}$, eritilgan kvars — $0,55 \cdot 10^{-6}\,°C^{-1}$.

2.77- *a* rasmda bimetall termometrning tuzilishi tasvirlangan bo'lib, unda termosezgir element sifatida chiziqli kengayish koeffitsienti mutlaqo har xil

2.19-jadval

Mexanik kontaktli termometrlarning asosiy metrologik xarakteristikalari

Asbobning nomi	Asbobning turi	O'lchash chegaralari, °C	O'lchash xatoligi, %	Inersionligi	Afzalligi	Kamchiligi	Qo'llanish sohasi
Metall kengayish termometrlari	Dilatometrmik	0...1000	±5	Katta	Arzon, ishonchli, ishlab ketish vaqti kam, o'rnini almashtirish kuchlatishlari juda katta	Aniqligi kichik, inersionligi yuqori	Temperaturali o'chirgichlar
	Bimetall	0...500	±5	"	Arzon, ishonchli, o'rnini almashtirish kuchlanishlari katta	Aniqligi past	Temperaturani baholash uchun tekshirish, temperatura li o'chirgichlar
Suyuqlikli termometrlar	Suyuqlikli shishali	−55...+600	±1	"	Juda arzon	Mexanik pishiqligi kichik, distansionligi yo'q	Laboratoriya termometrlari, maishiy termometrlar
	Suyuqlikli manometrik	−30...+600	±1	"	Arzon, ishonchli, tashqi energiya manbaini talab qilmaydi, distansionligi 50 m gacha, o'rnini almashtirish kuchlanishlari katta	Tutashtiruvchi kapillyarning temperaturasi asbobning ko'rsatishiga ta'sir ko'rsatadi.	Sanoat termometrlari, termorele
	Kondensatsion manometrik	0...400	±1	Kichik	O'sha	Nochiziqli statik xarakteristika	O'sha
Gaz termometrlari	Geliy to'ldirilgan	—	—	—	O'lchash prinsipi termodinamik temperatura ta'rifiga mos keladi	Mexanik pishiqligi past, o'lchash jarayoni juda qiyin	Tekshiruv ishlari

bo'lgan metallar jez *1* va invar *2* dan iborat ikki qavatli plastinka foydalaniladi. Temperatura ortganda plastinkaning bo'sh uchi koeffitsiyenti kichik bo'lgan metall tomoniga bukiladi va shu siljish kattaligiga ko'ra, temperatura to'g'risida xulosa chiqariladi.

Qurilmalarning mazkur turi ko'pincha, signalizatsiya va avtomatik rostlash sistemasida termorele sifatida, shuningdek, o'lchash qurilmalarida temperatura kompensatorlari sifatida, masalan, radiatsion pirometrlarda, manometrik termometrlarda va shu kabilarda foydalaniladi.

2.77-*b* rasmda pnevmatik dilatometrik temperatura o'zgartkichining tuzilishi keltirilgan.

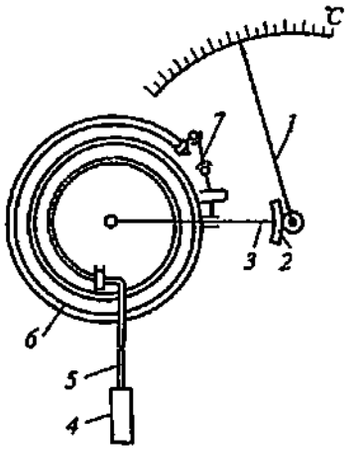
2.77-rasm. **Termometrlar:**
a — bimetall (*1* — jez; *2* — invar); *b* — dilatometrik (*1* — korpus; *2* — sterjen; *3* — trubka; *4* — sharcha; *5* — tolkatel; *6* — prujina; *7* — o'zgartkich)

Jez (zanglamas po'lat) dan yasalgan korpus *1* da trubka *3* va invar (kvars) dan qilingan sterjen *2* joylashgan. Sterjen *2* nay *3* va itargich (tolkatel) *5* orqali prujina *6* yordamida korpus *1* ning pastki uchiga doim siqib turiladi. Sharcha *4* sterjen va kompensatsion naycha orasida lyuftlar paydo bo'lishini yo'qqa chiqaradi, kompensatsion naycha ham jezdan yasalgan va issiqlik izolyatsiyasi turli qalinlikda bo'lgan obyektlarda o'rnatishda temperatura xatoligini yo'qotish uchun mo'ljallangan. O'lchanayotgan muhitning temperatura o'zgarishiga proporsional bo'lgan korpus *1* va sterjen *2* uzayishlari farqining o'zgarishi o'zgartkich *7* da pnevmatik signalga aylantiriladi, kuchaytiriladi va qayd qiluvchi asbobga keladi.

Dilatometrik o'zgartkichlar elektrik chiqish signalli qilib ham ishlab chiqariladi. Qurilmalarning aniqlik sinfi 1,5 va 2,5, o'lchanayotgan temperaturalar oralig'i 30 dan 1000°C gacha.

Suyuqlikli manometrik termometrlar (2.78- rasm) termometrning germetik berk termosistemasini to'ldiruvchi termometrik modda (gaz, suyuqlik) ning temperaturasi va bosimi orasidagi bog'lanishdan foydalanishga asoslangan. Termosistema termoballon *4*, kapillar *3* va manometrik bir yoki ko'p o'ramli prujina *6* dan iborat. Kapillar *5* termoballonni manometrik prujinaning qo'zg'almas uchi bilan tutashtiradi. Prujinaning harakatlanuvchi uchi kavsharlangan va sharnir birikma *7*, povodok *3*, sektor *2* orqali asbob *1* strelkasi bilan bog'langan.

Muhit temperaturasi o'zgarganda berk fazoda termometrik moddaning bosimi o'zgaradi, buning natijasida sezgir element (manometrik prujina) deformatsiyalanadi va uning bo'sh uchi siljiydi. Mazkur siljish qayd qiluvchi strelkaning asbob shkalasiga nisbatan burilishiga almashadi.



2.78- rasm. **Manometrik termometrning konstruksiyasi:**
1 — strelka; *2* — sektor; *3* — tasma; *4* — termoballon; *5* — kapillar; *6* — prujina; *7* — sharnirli birikma

Termometrik moddaga bog'liq holda manometrik termometrlar gazli, kondensatsion va suyuqlikli termometrlarga bo'linadi.

Gazli termometrlarda termoballon, kapillar va manometrik prujina biror inert gaz (azot, geliy va boshq.) bilan to'ldiriladi. O'lchash oralig'i juda keng va gazning kritik temperaturasidan (azot −147 °C, geliy −267 °C), termoballon materialining issiqlikbardoshligi bilan aniqlanuvchi temperaturagacha yotadi.

Kondensatsion termometrlarda past temperaturada qaynovchi ayrim suyuqliklar (atseton, metilxlorid, etilxlorid)ning to'yingan bug'lari temperatura o'zgarganda bosimini o'zgartiradi. Bu asboblarning o'lchash xatoligi ±1% bo'lganda o'lchash oralig'i 0 dan 400 °C gacha bo'ladi.

Suyuqlikli termometrlarda termosistema yaxshi kengayuvchi suyuqlik (simob, kerosin, ligroin va boshq.) bilan to'ldirilgan. O'lchash xatoligi ±1% bo'lganda bu asboblarning o'lchash oralig'i −30 dan +600 °C gacha bo'ladi.

Manometrik termometrlarning ko'rsatishlariga tashqi sharoit ancha katta ta'sir ko'rsatadi: atrofdagi havo temperaturasining o'zgarishi, termoballon va prujina joylashishining turlicha balandligi, atmosfera bosimining o'zgarishlari.

Atrofdagi havoning +5 dan +50 °C gacha temperatura oralig'ida va nisbiy namlik 80% gacha bo'lganda ishlashida manometrik termometrlarning aniqlik sinfi 1,0; 1,5; 2,5 va 4,0 bo'ladi.

Manometrik termometrlar sovituvchi suv, havo, suyuq va gazsimon yonilg'i temperaturasini, to'ldirish qurilmalarida va boshqalarda temperaturani o'lchashda qo'llaniladi.

Qarshilik termometrlari. Qarshilik termometrlari termorezistor ko'rinishidagi sezgir element, himoya g'ilofi va tutashtiruvchi kallakdan iborat.

Sezgir elementning ishlash prinsipi modda elektr qarshiligining temperaturaga bog'liqligidan foydalanishga asoslangan. Ularni tayyorlash uchun material sifatida sof metallar: platina, mis, nikel va yarim o'tkazgichlardan foydalaniladi. Platina qarshilik termometrlarini tayyorlash uchun asosiy material hisoblanadi. Yarimo'tkazgichli qarshilik termometrlarida sezgir element sifatida germaniy, mis va marganes oksidi, titan va magniy oksidi foydalaniladi.

Qarshilik termometrlarining asosiy metrologik xarakteristikalari, ularning prinsipial sxemalari, afzalliklari, kamchiliklari va qo'llanish sohasi 2.20-jadvalda keltirilgan.

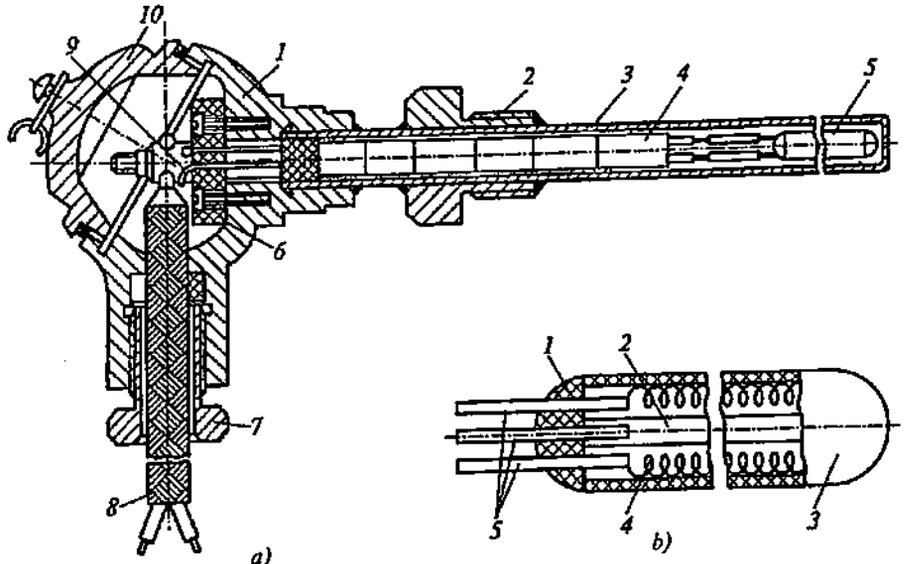
Turli xil masalalarni hal etish uchun qarshilik termometrlari etalon, namunali va ishchi termometrlarga, bular o'z navbatida laboratoriya va texnik qarshilik termometrlariga bo'linadi.

Etalon qarshilik termometrlari XATSH shkalasini 13,81...903,89 K oraliqda qayta tiklash va uzatish uchun mo'ljallangan. Yuqori aniqlikdagi etalon, namunali va laboratoriya asboblari sifatida platinali qarshilik termometrlari qo'llaniladi.

Texnik qarshilik termometrlari tuzilishiga bog'liq holda quyidagi turlarga bo'linadi: botuvchi, sirtiy va xonaki; agressiv muhit ta'siridan himoyalangan va himoyalanmagan; barqaror va ko'chma; 1-, 2- va 3-aniqlik sinfidagi termometrlar va h.k.

Suyuq va gazsimon muhitlarning temperaturasini o'lchash uchun foydalaniladigan sanoat qarshilik termometrlarining tuzilishlaridan biri 2.79-*a* rasmda keltirilgan. Termometr po'lat himoya kojuxi *3* da joylashtirilgan sezgir element *5* dan iborat bo'lib, kojuxga shtutser *2* kavsharlangan. Chinni munchoq *4* bilan armirlangan simlar *9* sezgir element *5* ning chiqish uchlarini kallak *1* korpusida joylashgan kolodka *6* klemmasi bilan tutashtiradi. Kallak *1* yuqoridan qopqoq *10* bilan berkitilgan, pastdan salnikli kirish *7* mavjud bo'lib, u orqali montaj kabel *8* ni olib kelish amalga oshiriladi.

Qarshilik termometrining sezgir elementi (2.79- *b* rasm) yo'g'onligi 0,03...0,1 mm bo'lgan induksiyasiz karkasli yoki karkasi bo'lmagan o'ramli ingichka metall simdan tayyorlangan. Platinali termometrlar uchun karkas



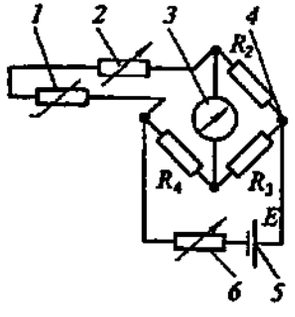
2.79- rasm. **Qarshilik termometri:**
a — termometrning konstruksiyasi (*1* — kallak korpusi; *2* — shtutser; *3* — himoya korpusi; *4* — chinni munchoq; *5* — sezgir element; *6* — klemma kolodkasi; *8* — montaj kabeli; *9* — simlar (o'tkazgichlar); *10* — qopqoq); *b* — uning sezgir elementi konstruksiyasi (*1* — glazur; *2* — fazo (bo'shliq); *3* — karkas; *4* — platina spirallar; *5* — chiqarish uchlari)

sifatida eritilgan kvars va aluminiy oksidi asosli keramika qo'llaniladi. Karkas *3* kanallarida to'rtta (yoki ikkita) ketma-ket ulangan platina spirallar *4* joylashgan. Spirallarning yuqori uchlariga platina yoki iridiyning rodiy bilan qotishmasidan tayyorlangan chiqishlar 5 kavsharlangan. Spirallar va karkas orasidagi bo'shliq *2* aluminiy oksidi kukuni bilan to'ldirilgan. Spirallar va karkasdagi chiqishlarni mahkamlash glazur *1* bilan amalga oshiriladi.

Qarshilik termometrlarini qo'llanishda temperatura haqida uning sezgir elementining elektr qarshiligining o'zgarishiga, o'zgarmas tokda undagi kuchlanishning tushishiga yoki o'zgarmas kuchlanishda tokning qiymatiga ko'ra hukm yuritish mumkin. Qarshilikning o'zgarishi temperaturaning o'lchovi bo'lib xizmat qiladigan birinchi sxema (2.80- rasm) juda keng tarqalgan. Bu holda termorezistor *1* ko'prik diagonallaridan biriga keltiruvchi simlar qarshiligining ma'lum bir qiymatiga olib kelish uchun xizmat qiluvchi rostlovchi rezistor R_y bilan ketma-ket ulanadi. Ko'prik diagonaliga ulangan galvanometr *3* ning ko'rsatishlari, shuningdek, ko'prik ta'minoti kuchlanishiga bog'liq, uning doimiyligini tutib turish uchun ta'minot zanjiriga rostlovchi rezistor ulangan.

Termoelektrik termometrlar termopara, himoya g'ilofi va tutashtiruvchi kallakdan iborat, ular sezgir elementning termoelektrik xossalariga asoslangan.

Termoelektrik usulning mohiyati, uchlari turli xil temperaturaga ega o'tkazgichda elektr yurituvchi kuchning hosil bo'lishidan iborat. Termoeyukning bitta temperatura t_2 ga bog'lanishini olish uchun t_1 temperaturani o'zgarmas darajada, odatda, 0 yoki 20°C da tutib turish zarur. O'lchanadigan muhitga joylashtiriladigan qalaylangan joy termoparaning *issiq* yoki *ishchi* uchi deyiladi, temperaturasini o'zgarmas holda tutib turiluvchi kavsharlangan joy — *sovuq* yoki *erkin* (bo'sh) uch deyiladi.



2.80- rasm. **Qarshilik termometrini ulash chizmasi:**

1 — termorezistor; *2* — tenglashtiruvchi rezistor R_A; *3* — galvanometr; *4* — R_a, R_2, R_3, R_4, R_A rezistorli o'lchash ko'priklari; *5* — ta'minot manbai; *6* — sozlovchi rezistor P_y

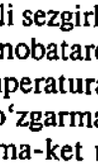
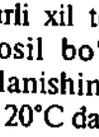
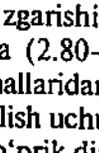
Temperaturani o'lchashning termoelektrik usuli sezgirligini oshirish uchun bir qator hollarda termobatareyadan foydalaniladi: ishchi uchlari t_2 temperaturada bo'lgan, erkin uchlari esa ma'lum va o'zgarmas t_1 temperaturada bo'lgan bir nechta ketma-ket ulangan termoparalar.

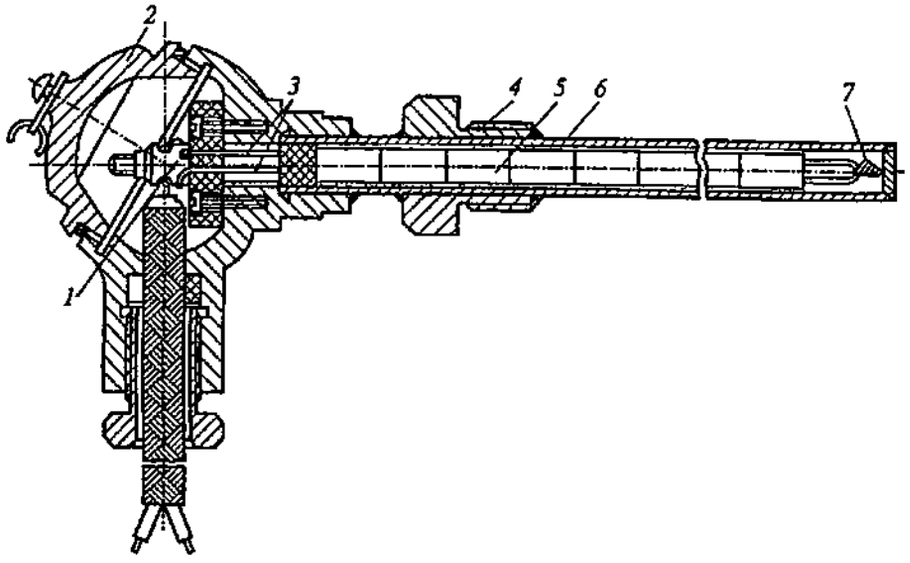
Termoelektrik termometrlarning asosiy metrologik xarakteristikalari, ularning prinsipial sxemalari, afzalliklari, kamchiliklari va qo'llanish sohasini 2.20- jadvaldan qarang.

Termoparalar (TP) sifatida rivojlantirilayotgan termoelektr yurituvchi kuchning yuqori qiymatiga, turli temperaturalarda xarakteristikalarining barqarorligiga, termoelektr yurituvchi kuchning qayta tiklanuvchanligi va temperaturaga chiziqli bog'liqligiga, qotishma joyini olish va texnologik ishlov

2.20- jadval

Elektr kontaktli termometrlarning asosiy metrologik xarakteristikalari

Xarakteristikalari	Qarshilik termometrlari			Termoelektrik termometrlar		
	metall	yarimo'tkazgichli		standart	yupqa g'ilofda	
						
O'lchash chegaralari, °C	−200...+800	−150...+450		0...1600	0...2500	
O'lchash xatoligi, %	±0,5	±(1...5)		±0,5	±0,5	
Inersionlik	Katta	Kichik		Katta	Kichik	
Afzalliklari	Aniqligi yuqori, chiziqli statik xarakteristika	Sezgirligi yuqori, nuqta o'lchash mumkin		Arzon, statik xarakteristikasi yaxshi chiziqli	Pishiq, issiqlik inersiyasi kichik, chiziqli statik xarakteristika	
Kamchiliklari	Nuqtada temperaturani o'lchash imkoni yo'q	Nochiziqli statik xarakteristika, parametrlar ko'p sochilib ketgan, vaqt bo'yicha parametrlarning barqarorligi past		Energetika, uzluksiz ishlab chiqarishlar, oziq-ovqat sanoati	Energetika, uzluksiz ishlab chiqarishlar, kimyo tibbiyot, sun'iy materiallar ishlab chiqarish	
Qo'llanish sohasi	Energetika,kimyoda uzluksiz texnologik jarayonlar, oziq-ovqat sanoati	Energetika, kimyoda texnologik jarayonlar, sun'iy materiallarni ishlab chiqarish, tibbiyot		Katta issiqlik inersiyasi	Noma'lum	



2.81- rasm. **Termoelektrik termometrning konstruksiyasi:**
1 — kontakt qurilma; *2* — kallak; *3* — termoelektrodlar; *4* — shtutser; *5* — keramik trubkalar; *6* — himoya kojuxi; *7* — termopara

berish soddaligiga ega bo'lgan materiallar kombinatsiyasi juda tez-tez qo'llaniladi, xususan: xromel-kopelli (TXK), xromel-alumelli (TXA), platinarodiy-platina (TPP), volfram-reniyli (TVR) va boshqalar. Eng anig'i TPP termoparasidir, u ishchi etalonlar hamda 1-, 2- va 3- razryadli namunali termometrlar sifatida foydalaniladi.

Termoelektrik termometrlarning asosiy xarakteristikalari 2.21- jadvalda keltirilgan.

2.81- rasmda termoelektrik termometrning tuzilishi ko'rsatilgan Termopara *7* himoya kojuxi *6* ga o'rnatilgan. Termometrning kallagi *2* da termometrning termoelektrodlar *3* ni o'lchash asbobidan termometrga qarab ketuvchi simlar bilan ulash uchun qisqichli kontakt qurilma *1* joylashgan. Termoelektrodlar butun uzunligi bo'yicha bir-biridan va korpusdan keramik naychalar *5* bilan izolyatsiyalangan. Termoelektrodlar sifatida diametri 0,3...0,5 mm bo'lgan simdan foydalaniladi. Termopara *7* ning ishchi uchidagi kavsharlangan joy payvand, kavsharlash yoki burash natijasida hosil qilinadi. Oxirgi usul, ya'ni burash usuli volfram-reniyli va volfram-molibdenli termoparalar uchun foydalaniladi.

Vujudga kelayotgan termoeyukni o'lchash uchun termopara konturiga sovuq kavshar joyiga (2.82- *a* rasm) yoki termoelektrodlardan birining yoriq joyiga *C* simlar yordamida o'lchash asbobi ulanadi. Birinchi holda (2.82- *a* rasmga qarang) sxemada uchta kavshar joy mavjud: issiq *2* va ikkita sovuq (*1* va *3*), ikkinchi holda (2.82- *b* rasmga qarang) sxemada — to'rtta kavshar joy: issiq *4*, sovuq *1* va neytral *2* hamda *3*, bunda oxirgi t_3 ning temperaturasi bir xil bo'lishi kerak.

2.21 - jadval

Termoelektr termometrlarning asosiy xarakteristikalari

Termopara	Darajalash	Termoelektrodning kimyoviy tarkibi: musbat	Termoelektrodning kimyoviy tarkibi: manfiy	Qo'llanish chegaralari, °C: quyi	Qo'llanish chegaralari, °C: yuqori	Yo'l qo'yiladigan xatolik chegaralari °C, °C temperaturada: 300	800	1500	1800	T_{EYUK}, t_2=100°C, t_1=0°C, mV
Standart darajalash										
Platinorodiy-platina(TPP)	PP—1	Platinorodiy (90%Pt+10%Rh)	Platina (100%Pt)	0	$\frac{1300}{1600}$	1,23	2,06	3,36	—	0,64±0,03
Platinorodiy-platinorodiyli (TPR)	PR30/6	Platinorodiy (70%Pt+30%Rh)	Platinorodiy (94%Pt+6%Rh)	300	$\frac{1600}{1800}$	3,20	3,51	4,31	5,17	—
Xromel-alumelli (TXA)	XA	Xromel (89%Ni+9,8%Cr+ +1%Fe+0,2%Mn)	Alumel (94%Ni+2%Al+2,5%Mn+ +1%Si+0,5%Fe)	200	$\frac{1000}{1300}$	3,9	6,5	—	—	4,10±0,16
Xromel-korelli (TXK)	XK	O'sha	Kopel (55%Cu+45%Ni)	200	$\frac{600}{800}$	2,4	5,8	—	—	6,95±0,2
Volfram reniyli (TBP)	VR5/20	Volfram-reniy (95%W+5%Re)	Folfram-reniy (80%W+20%Re)	0	$\frac{2200}{2500}$	5,00	5,00	7,40	9,60	1,33±0,03 (1,40±0,03)

Jadvalning davomi

Termopara	Darajalash	Termoelektrodning kimyoviy tarkibi		Qo'llanish chegaralari, °C		Yo'l qo'yiladigan xatolik chegaralari °C, °C temperaturada				T_{EYUK}, t_2=100°C, t_1=0°C, mV
		musbat	manfiy	quyi	yuqori	300	800	1500	1800	
Nostandart darajalash										
Volfram-reniyli	VR10/20	Volfram-reniy (90%W+10%Re)	Volfram-reniy (80%W+20%Re)	0	$\frac{2200}{2500}$	—	—	—	—	0,97±0,02
Volfram-molibdenli	VM	Volfram (100%W)	Molibden (100%Mo)	1250	$\frac{2000}{2000}$	—	—	5,00	—	0,40±0,03
	SNIICH-M—1	O'sha	Molibden-aluminiy (99,5%Mo+0,5%Al)	1000	$\frac{2000}{2400}$	—	—	—	—	—
Mis-konstantanli	MK	Mis (100%Cu)	Konstanta (42%Ni+58%Cu)	250	$\frac{350}{500}$	$\frac{0,5...}{0,1}$	—	—	—	4,10±0,16

* Suratda — uzoq muddatli davr, mahrajda — qisqa muddatli davr.

2.82- rasm. **O'lchash asbobini ulash chizmasi.**

a: *1* va *3* — sovuqlayin qalaylangan joy; *2* — issiq holda qalaylangan joy; *b*: *1* — sovuqlayin qalaylangan joy; *2* va *3* — neytral qalaylangan joy; *4* — issiqlayin qalaylangan joy

Almashtirishlarni (2.83- rasm) muvozanatlovchi sxemada termopara eyuk ini muvozanatlash dvigatel *D* bilan boshqariluvchi ko'prik sxemasidagi signal hisobiga amalga oshiriladi.

Termoelektrik termometrlarda sovuq kavshar joy temperaturasining o'zgarishi bilan bog'liq bo'lgan metodik xatoliklarni kompensatsiyalash barqarorlashgan o'zgarmas kuchlanish bilan ta'minlanuvchi termoqarshilikli ko'prik sxemalarining qo'llanilishi yo'li bilan amalga oshiriladi.

Temperaturani kontaktsiz o'lchash. Isitilgan jismning temperaturasi haqida turli uzunlikdagi elektromagnit to'lqinlardan iborat bo'lgan uning issiqlik nurlanishlari parametrlarini o'lchash asosida hukm yuritish mumkin. Ishlashi issiqlik nurlanishini o'lchashga asoslangan termometrlar *pirometrlar* deb ataladi. Ular temperaturani 100 dan 6000°C gacha va undan yuqori oraliqda o'lchashga imkon beradi.

Fizik jismlar yoki uzluksiz nurlanish spektri bilan (qattiq va suyuq moddalar), yoki aylanma (tanlab olinadigan) nurlanish spektrlari bilan (gazlar) ifodalanadi. 0,02...0,4 mkm to'lqin uzunligi oralig'idagi spektr qismi ultrabinafsha nurlanishga, 0,4...0,76 mkm qismi — ko'rinadigan nurlanishga, 0,76...400 mkm — infraqizil nurlanishga mos keladi. Integral nurlanish — bu butun to'lqin uzunliklari spektrida jism chiqaradigan yig'indi nurlanishdir.

Ma'lum bir to'lqin uzunligida chiqariladigan nurlanish *monoxromatik nurlanish* deyiladi.

2.83- rasm. **Termoelektrik termometrni ulashning umumiy chizmasi:**

$R_1...R_8$ — kompensatsion ko'prikning qarshiliklari; R_1, R_2 — termorezistorlar; R_9 R_{10} — kuchlanishni ajratuvchining qarshiliklari; TP — termoparalar; *C* — kondensator; *K* — kuchaytirgich; D — dvigatel; SQ — nurlanishning sanash qurilmasi

Nurlanish qonunlari asosida quyidagi turdagi pirometrlar ishlab chiqilgan:

yig'indi (to'liq) nurlanish, unda nurlanishning to'liq energiyasi o'lchanadi;

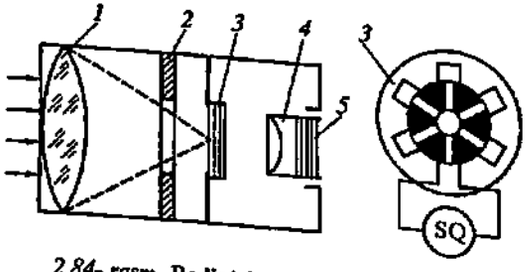
qisman nurlanish (kvazimonoxromatik), unda energiya filtr (yoki priyomnik) bilan cheklangan spektr qismida o'lchanadi;

spektral taqsimlash, bunda spektrning qayd qilingan uchastkalari (qismlari) nurlanishining intensivligi o'lchanadi.

To'liq nurlanish pirometrlarida manba nurlanishi yig'indi oqimining kamida 90%i baholanadi. Real jismning temperaturasini o'lchashda bu turdagi pirometrlar jismning haqiqiy temperaturasini emas, balki uning radiatsion temperaturasini ko'rsatadi. Shuning uchun bu pirometrlar *radiatsion pirometrlar* deyiladi. Jism qoraligining yig'indi koeffitsiyenti ma'lum bo'lganda jismning radiatsion temperaturasidan uning haqiqiy temperaturaga qayta hisob qilinishi mumkin. Shundan kelib chiqqan holda to'liq nurlanish pirometrlarini 100...3500°C oraliqlarida kuzatishning o'zgarishsiz sharoitlarida temperaturalar farqini o'lchashda foydalanish qulay. Texnik pirometrlarda asosiy yo'l qo'yiladigan xatolik temperaturani o'lchashning yuqori chegarasi ortishi bilan o'sadi. Chunki 1000°C uchun — ±12%; 2000°C uchun — ±20%.

Radiatsion pirometrda (2.84- rasm) isigan jismdan chiqayotgan nurlar linza *1* ga tushadi, u esa bu nurlarni diafragma *2* orqali nurlanish priyomnigi *3* ga yo'llaydi. Nurlanish priyomnigi juda katta sondagi termopara (termobatareya)lardan iborat bo'lib, uning issiq kavshar joylari sektorli yupqa plastinkalar ko'rinishida ishlangan. Ketma-ket ulangan termoparalardan signal sanoq qurilmasi SQ ga uzatiladi. Filtr *5* li okulyar *4* orqali pirometr o'lchash obyektiga yo'naltirilishi amalga oshiriladi. To'liq nurlanish priyomniklarining asosiy metrologik xarakteristikalari, ularning prinsipial sxemalari, asosiy afzalliklari, kamchiliklari va qo'llanish sohasi 2.22-jadvalda keltirilgan.

Ular elektrik (termobatareyalar, bolometrlar, issiqlik indikatorlari, piroelektrik kristallar), pnevmatik (Goley detektori) va optik (suyuq kristallar) priyomniklarga bo'linadi. Pnevmatik priyomniklarning sezgirligi eng katta ($10^5 V \cdot Vt^{-1}$). Elektrik priyomniklarda u 10^{-4} dan $10^3 V \cdot Vt^{-1}$ gachani tashkil etadi.

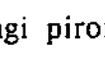


2.84- rasm. **Radiatsion pirometr chizmasi:**
1 — linza; *2* — diafragma; *3* — nurlanish priyomnigi; *4* — okulyar; *5* — filtr; *SQ* — sanoq qurilmasi

To'liq nurlanish priyomniklari shu bilan farq qiladiki, ularning spektral sezgirligi to'lqin uzunligining uzoq infraqizil sohasidan yaqin ultrabinafsha sohasigacha bo'lgan

2.22 - jadval

To'liq nurlanish priyomniklarining asosiy, metrologik xarakteristikalari

Xarakteristikalar	Elektrik					Pnevmatik	Optik
	Termobatareyalar	Bolometrlar	Issiqlik tez ta'sir indikatorlar	Piroelektrik kristallar		Goley detektori	Suyuq kristallar
							
O'lchash chegaralari	Nazariy cheklanmagan, tuzilishiga bog'liq						$10^2...10^3$K
Sezgirlik	$10^6 V \cdot Vt^{-1}$	$10^1 V \cdot Vt^{-1}$	$10^{-4} V \cdot Vt^{-1}$	$10^3 V \cdot Vt^{-1}$		$10^5 V \cdot Vt^{-1}$	10^2nmK^{-1}
Inersionlik C	10^{-2}	10^{-3}	10^{-8}	10^{-7}		10^{-2}	10^{-1}
Afzalliklari	Yuqori vaqtinchalik barqarorlik	Termobatareyalarga qaraganda sezgirligi katta	Issiqlik inersiyasi kichik	Issiqlik inersiyasi kichik, chastota diapazoni keng		Chastota diapazoni nihoyatda keng	Ajralish qobiliyati katta, (10^{-3}K)
Kamchiliklar	Bolometrlarga nisbatan inersionligi katta	Ta'mimot manbaining zarurligi, xususiy isishi	Sezgirligi kam	Kyuri nuqtasidan yuqorida qutblanishning yo'qolishi		Statik o'lchashlarning imkoni yo'q	Inersionligi yuqori
Qo'llanish sohasi	Pirometriya, spektroskopiya, radiometriya	Pirometriya, spektroskopiya, radiometriya	Lazer nurlanishni aniqlash	Pirometriya, spektrometriya, temperatura maydonlarini qayd etish		Spektrometriya	Tibbiyot, tadqiqotlar

keng oralig'ida o'zgarmasdir. Yutilish qobiliyatini oshirish uchun nurlanish priyomniklarining sezgir sirtlari qora rangda bo'ladi. Muhitga issiqlik o'tib ketmasligi uchun priyomnik vakuumlangan yoki gaz to'ldirilgan korpuslarga joylashtiriladi.

Termobatareyalar ketma-ket ulangan termoparalar (20 tagacha termopara) asosida ishlanadi. Ularning issiq kavshar joylari sirtning tor qismida joylashib, unda nurlanish qayd qilinadi.

Bolometrlar — bu qarshilik termometrlari bo'lib, ular yo o'tkazuvchi materiallar zarqog'ozidan, yoki yarimo'tkazgichlar (termistorlar) dan tayyorlanadi.

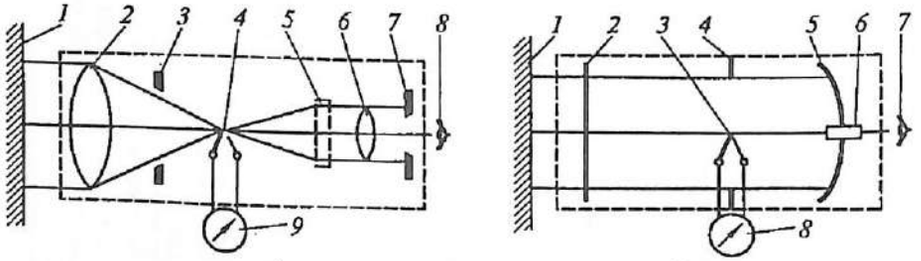
Tez ta'sir qiluvchi issiqlik indikatorlari yupqa devorli termopara yoki bolometr ko'rinishida tayyorlanib, ularda faol qatlam asos bilan juda yaxshi issiqlik kontaktiga ega. Bu tez ta'sirni oshirishga imkon beradi (tinchlanish vaqti 10^{-9} s gacha). Ular kuchli signallarni, masalan lazer nurlanishini identifikatsiyalash uchun qo'llaniladi.

Piroelektrik priyomniklar — bu ma'lum bir turdagi simmetriyaga ega kristallar bo'lib, ularda temperaturaning o'zgarishiga bog'liq holda spontan qutblanish effekti namoyon bo'ladi.

To'liq nurlanish pirometrlari optik sistemasi sindiruvchi pirometrlarga (2.85- *a* rasm) va optik sistemasi akslantiruvchi pirometrlarga bo'linadi (2.85- *b* rasm).

Birinchi holda o'lchash obyekti *1* dan chiqqan nurlanish linzali obyektiv *2* va diafragma *3* orqali to'liq nurlanish *4* priyomnigiga kelib tushadi. O'lchash obyektiga to'g'rilash uchun xira yorug'lik filtri *5* va diafragma *7* bo'lgan okulyar *6* xizmat qiladi. Millivoltmetr *9* sanoq qurilmasi hisoblanadi.

Akslantiruvchi optik sistemali pirometrlarda (2.85- *b* rasmga qarang) o'lchash obyekti *1* dan kelayotgan nurlanish himoyaviy polietilen plyonka *2*, diafragma *4* va ko'zgusimon obyektiv *5* orqali o'tgandan so'ng nurlanish priyomnigi *3* ga kelib tushadi. Nurlanish obyektiga yo'naltirish uchun ko'rish



2.85- rasm. **To'la nurlanish pirometrlarining chizmasi:**

a — sindiruvchi optik sistemali (*1* — o'lchash obyekti; *2* — obyektiv; *3* va *7* — diafragma; *4* — to'la nurlanish qabul qilgichi; *5* — yorug'lik filtri; *6* — okulyar; *8* — operator ko'zi; *9* — millivoltmetr); *b* — qaytaruvchi optik sistemali (*1* — o'lchash obyekti; *2* — polietilen plyonka; *3* — nurlanish qabul qilgichi; *4* — diafragma; *5* — ko'zgusimon obyektiv; *6* — ko'rish trubasi; *7* — operator ko'zi; *8* — millivoltmetr)

trubasi *6* xizmat qiladi. Ko'rsatishlarni sanab borish millivoltmetr shkalasi bo'yicha amalga oshiriladi. Polietilen plyonka infraqizil nurlanish uchun shaffof va pirometrning optik sistemasini havo oqimlarining ifloslashidan himoyalash uchun xizmat qiladi.

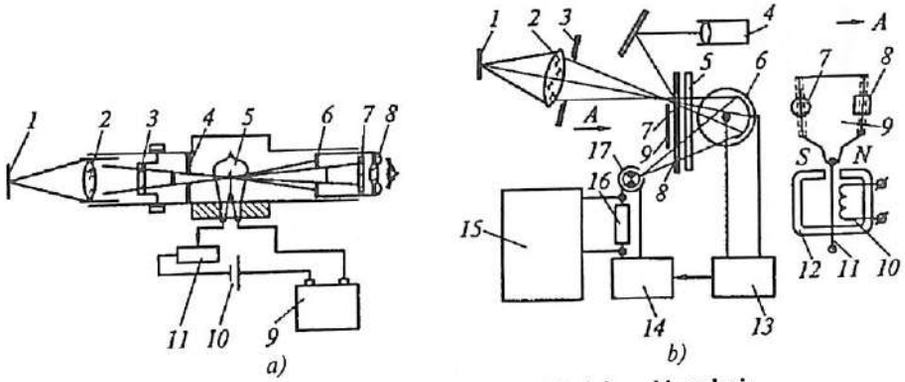
To'liq nurlanish pirometrlarining asosiy metrologik xarakteristikalari, ularning afzalliklari, kamchiliklari va qo'llanish sohalari 2.23- jadvalda keltirilgan.

Qisman nurlanish pirometrlari to'lqinlarning qisqa oraliqlarida ishlaydi, ular *kvazimonoxromatik pirometrlar* deb ataladi. Pirometrlarning mazkur turiga optik va fotoelektrik pirometrlar kiritiladi. Optik pirometrlarning turli xillariga quyidagilar kiradi: «ipi yo'qolib boruvchi» pirometr, «optik doiraviy ponali» pirametr, fotoelektrik monoxromatik pirometrlar.

2.86- *a* rasmda *«ipi yo'qolib boruvchi» optik pirometrning* sxemasi tasvirlangan bo'lib, uning ishlash prinsipi o'lchash obyekti ravshanligini va darajalangan nurlanish manbai ravshanligini aniq bir to'lqin uzunligida taqqoslashga asoslangan.

Nurlantirgich *1* ning linza *2* va pirometr obyektivining diafragmasi *4* bilan tasviri cho'g'lanish tolasi *5* ning tekisligida fokuslanadi. Operator diafragma *6*, okulyar *8* linzasi, qizigan jism fonidagi qizil yorug'lik filtri *7* orqali lampaning tolasini ko'radi. Reostat *11* ning surgichini surib, operator lampa orqali o'tayotgan tok kuchini o'zgartiradi va tola hamda nurlatgich ravshanliklarining tenglashishiga erishadi.

Obyekt fonida, tola tasvirining yo'qolish payti tola va nurlanish obyekti ravshanliklarining tengligiga mos keladi. Qayd qiluvchi asbob *9* shu paytga mos keluvchi tok kuchini qayd etadi va nurlanish obyekt temperaturasi-



2.86- rasm. **Qisman nurlanish pirometrlarining chizmalari:**

a — «yo'qoluvchi ipli» (*1* — nurlantirgich; *2* va *3* — linza; *4* va *6* — diafragma; *5* — cho'g'lanish tolasi; *7* — yorug'lik filtri; *8* — okulyar linzasi: *9* — qayd qiluvchi asbob; *10* — ta'minot manbai; *11* — reostat); *b* — fotoelektrik (*1* — nurlantirgich; *2* — linza; *3* — diafragma; *4* — okulyar; *5* — yorug'lik filtri; *6* — fotoelement; *7* va *8* — teshik; *9* — zaslonka; *10* — uyg'otish g'altagi; *11* — yakor; *12* — doimiy magnit; *13* — kuchaytirgich; *14* — fazaviy detektor; *15* — potensiometr; *16* — kalibrovka qarshiligi; *17* — lampa)

2.23 - jadval

Pirometrlarning asosiy metrologik xarakteristikalari

Asbobning nomi	Asbob turi	O'lchash chegaralari, °C	O'lchash xatoliklari %	Inersionlik, c	Afzalliklari	Kamchiliklari	Qo'llanish sohasi
To'liq nurlanish pirometrlari	Optik sistemasi sindiruvchi	100...2000	±1	0,005...5	Arzon, ishonchli	Shisha optikali, faqat yuqori temperaturalar uchun qo'llanilishi mumkin, ko'rsatishlar qoralik koeffitsientiga bog'liq	Prokat stanlari, rezina texnik buyumlar sanoati, tekstil sanoat, keramika va shisha ishlab chiqarish
	Akslantiruvchi optik sistemali	100...2000	±1	0,005...5	Juda past temperaturalar uchun qo'llanilishi mumkin	Reflektor optikali pirometrdan qimmat	Selluloza qog'oz sanoati, sun'iy materiallar ishlab chiqarish, oziq-ovqat va to'qimachilik sanoati
Kvazimonoxromatik pirometrlar (qisman nurlanuvchi)	Tolasi yo'qolib boruvchi	700...3000	0,5...1	30	Arzon, ishonchli	Asbobning ko'rsatishi qoralik koeffitsientiga bog'liq	Po'lat va shisha ishlab chiqarish
Spektral taqsimot pirometrlari	Taqqoslash pirometrlari	1000...2000	1...1,5	30	Haqiqiy va ravshanlik temperaturasi bir vaqtda o'lchanadi	Qo'lda muvozanatlanadigan qimmat asbob, operator ranglarni yaxshi ajrata olishi kerak	Domna pechlari, po'latning vatani aylanuvchi pechlar
	Spektral munosabat pirometrlari	800...2500	1...1,5	5	Avtomat asbob, uning ko'rsatishlari qoralik koeffitsientiga bog'liq	Narxi katta	O'sha

ning o'lchash natijasini o'qib olishga imkon beradi, °C. Qizil yorug'lik filtri kengligi taxminan 0,1 mkm va effektiv to'lqin uzunligi 0,65 mkm bo'lgan nurlanish sohasini o'tkazib yuboradi.

Pirometrlarning mazkur turi 700...8000°C oraliqdagi temperaturani o'lchashga imkon beradi 1200...2000°C temperatura intervallari uchun asosiy yo'l qo'yiladigan o'lchash xatoligi ±20°C ni tashkil etadi.

Optik doiraviy ponali pirometr yuqorida tavsiflangan pirometrning modifikatsiyasidir. Unda cho'g'lanma lampa tolasining ravshanlik temperaturasini o'zgarmas qilib saqlanadi, ravshanliklarni tenglashtirish esa obyektdan kelayotgan yorug'likni ko'proq yoki kamroq o'tkazuvchi optik ponaning ko'chishi bilan amalga oshiriladi. Ponaning holatiga qarab, nurlanish obyektining ravshanlik temperaturasi haqida fikr yuritish mumkin.

Fotoelektrik pirometrlar spektr to'lqin uzunliklarining tor intervalida nurlanish intensivligi (jadalligi)ning temperaturaga bog'liqligidan foydalanishga asoslangan. Mazkur pirometrlarda priyomnik (qabul qilgich)lar sifatida fotodiodlar, fotoqarshiliklar, fotoelementlar va fotoko'paytiruvchilardan foydalaniladi.

Fotoelektrik nurlanish priyomniklarining asosiy metrologik xarakteristikalari, ularning prinsipial sxemalari, afzalliklari, kamchiliklari va qo'llanish sohasi 2.24- jadvalda keltirilgan.

2.86- *b* rasmda *fotoelektrik monoxromatik pirometrning* sxemasi keltirilgan bo'lib, unda priyomnik sifatida fotoelement qo'llaniladi. Linza *2* va obyektiv diafragmasi bo'lgan nurlantirgich *1* dan chiqqan oqim yorug'lik filtri *5* ning tutqichidagi teshik *7* ga shunday tarzda fokuslanadiki, nurlantirgich sirtining belgilanayotgan uchastkasining tasvirini berilgan teshik bekitib tursin. Bu holda yorug'lik filtri *5* orqasida joylashgan foto element *6* katodiga tushayotgan yorug'lik oqimining kattaligi nurlantirgichning ravshanligi bilan, ya'ni uning temperaturasi bilan aniqlanadi. Yorug'lik filtri *5* ning tutqichida yana bitta teshik *8* joylashgan bo'lib, bu teshik orqali teskari aloqa lampasi *17* dan fotoelementga yorug'lik oqimi kelib tushadi. Nurlatgich *1* va lampa *17* dan kelayotgan yorug'lik oqimlari katodga teshik *7* va *8* lar orqali 50 Gs chastota bilan navbatma-navbat uzatiladi, bu titrovchan to'siq *9* yordamida ta'minlanadi.

Nurlatgich *1* va lampa *17* dagi yorug'lik oqimlari farq qilganda fotoelement tokida 50 Gs chastotaga va mazkur oqimlarning ayirmasiga proporsional amplitudaga ega bo'lgan o'zgaruvchan tashkil etuvchi paydo bo'ladi. Kuchaytirgich *13* o'zgaruvchan tashkil etuvchining kuchayishini, fazoviy detektor *14* esa uning keyin to'g'rilanishini ta'minlaydi. Olingan chiqish signali lampa *17* ga uzatiladi, bu esa cho'g'lanish tokining o'zgarishiga sabab bo'ladi. Bu hol ikki manbadan chiqayotgan yorug'lik oqimlari fotoelement katodida tenglashmaguncha yuz beradi. Demak, teskari aloqa lampasidagi tok o'lchash obyektining ravshanlik temperaturasi bilan bir qiymatli bog'langan.

2.24-jadval

Fotoelektrik nurlanish priyomniklarining asosiy metrologik xarakteristikalari

Xarakteristika (tavsifi)	Ichki fotoeffekt bilan					Tashqi fotoeffekt bilan	
	Fotoelement	Fotodiod	Fototranzistor	Fotorezistor	REM- detektor	Tashqi fotoeffektli fotoelement	Fotoko'-paytirgichlar
O'lchash chegaralari, K	$10^2...10^4$	$10^2...10^4$	$10^2...10^4$	$10^2...10^4$	$10^2...10^4$	$10^3...10^4$	$10^3...10^4$
Sezgirlik, A·lm-1	10^{-4}	10^{-2}	10^{-1}	10^3	—	10^{-5}	10^3
Inersionlik, c	10^{-2}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-8}	10^{-8}
Afzalliklari	Generatorli o'z-gartkich	Kichik inersionlik	Yuqori sezgirlik	Katta toklarni kommutatsiya qilish imkoni	Ichki qarshiligi kichik generatorli o'zgartkich	Yuqori sezgirlik	Juda yuqori sezgirlik
Kamchiliklari	Yuqori inersionlik	Ta'minot manbai talab qilinadi			Magnit maydon zarur	Ta'minot manbai talab qilinadi	Yuqori ta'minot kuchlanishi talab etiladi, (>1kV)
Qo'llanish sohasi	Pirometriya, axborot texnikasi		Pirometriya, yorug'likli o'lchamlar, tibbiyot, releyli sxemalar		Pirometriya	Axborot texnikasi, yorug'lik o'lchashlar	Astronomiya, yadro fizikasi

Lampa *17* ning zanjiriga kalibrli qarshilik *16* ulangan, undagi kuchlanish tushuvi tok kuchiga proporsional va temperatura shkalasi bilan ta'minlangan tez ta'sir etuvchi potensiometr *15* bilan o'lchanadi.

O'lchash chegaralari 500...1100°C bo'lgan fotoelektrik pirometrlarda kislorodli seziyli fotoelement, shkalasi 800...4000°C bo'lgan asboblarda esa — vakuumli surmali seziyli fotoelement qo'llaniladi. 2000°C gacha bo'lgan yo'l qo'yiladigan xatoliklar chegaralari ±1% dan ortmaydi.

Fotoelektrik pirometrlar kichik inersionligi bilan (10^{-3} s gacha) xarakterlanadi, shuning uchun ular tez o'tuvchi temperatura jarayonlarini qayd qilish uchun, shuningdek, kichik obyektlarning temperaturalarini o'lchash uchun foydalaniladi.

Spektral taqsimot pirometrlari obyektning rangga oid temperaturasini spektrning ikki aniq qismida nurlanish intensivliklari nisbatiga ko'ra o'lchaydi. Bunday pirometrlarning asosiy afzalliklari ular ko'rsatishlarining obyektning nurlanuvchanlik qobiliyatiga bog'liq emasligi (mustaqilligi), shuningdek, obyekt va pirometr o'rtasidagi fazoda tutun, chang va bug'lanishlarning mavjudligidan iboratdir.

Taqqoslash pirometrlarida (2.87- *a* rasm) spektral intensivliklarning nisbati ikki monoxromatik dastalarning aralashma hosil qiladigan rang tasavvuriga ko'ra subyektiv baholanadi. Nurlanish o'lchash obyekti *1* dan obyektiv *2*, neytral optik pona *3* va ikki qavatli yorug'lik filtri *4* orqali fotometrik kub *5* ga tomon yo'llanadi. Ikki qavatli yorug'lik filtri *4* ikki pona (qizil va zangori) ko'rinishida yasalgan bo'lib, ularning nisbiy harakati bilan qizil va zangori ranglar o'rtasidagi intensivliklar orasidagi nisbatni o'zgartirish mumkin. Fotometrik kubchaga, shuningdek, lampa *9* dan kelayotgan nurlanish xira shisha *10*, qizil va zangori yorug'lik filtri *11* hamda obyektiv *12* orqali tushadi. Okulyar *6* orqali operatorning ko'zi *8* o'lchash obyekti *1* va lampa *9* dan kelayotgan nurlanishga mos keluvchi, intensivligi bo'yicha turlicha nisbatdagi

a) *b)*

2.87- rasm. **Spektral taqsimot pirometrlari chizmalari:**

a — taqqoslash pirometrlari (*1* — o'lchash obyekti; *2* va *12* — obyektiv; *3* — optik pona; *4* — yorug'lik filtri; *5* — fotometrik kubcha; *6* — okulyar; *7* — diafragma; *8* — operatorning ko'zi; *9* — lampa; *10* — xira shisha; *11* — yorug'lik filtri); *b* — spektral munosabat pirometrlari (*1* — o'lchash obyekti; *2* — obyektiv; *3* — filtr; *4* — obtyurator; *5* — fotoelement; *6* — kuchaytirgich; *7* — reversiv dvigatel)

zangori va qizil ranglar aralashmasi bo'lgan ikki uchastkani ko'radi. Ikki qavat yorug'lik filtri *4* ning optik kanallarini o'zaro siljitib, o'lchash obyekti *1* ning nurlanishi va lampa *9* nurlanishi nisbati tenglashtiriladi. Ranglar nisbatini tenglash uchun obyekt va lampa nurlanishlari ravshanliklarining tengligi zarur. Bunga neytral optik pona *3* ning holatini o'zgartirish bilan erishiladi. Neytral ponaning holati muvozanatlashtirilgandan so'ng, ravshanlik temperaturasi aniqlanadi, ikki qavatli yorug'lik filtri ponalaridan birining holati esa obyektning rang temperaturasini belgilaydi.

Taqqoslash pirometri bilan ishlayotgan operator yaxshi rang sezish qobiliyatiga ega bo'lishi kerak.

Spektral nisbat pirometrlarida (2.87- *b* rasm) yorug'lik oqimi modulyatsiyasi kiritiladi. O'lchash obyekti *1* dan chiqayotgan yorug'lik oqimi fotoelement *5* ga ikki λ_1 va λ_2 to'lqin uzunligidagi nurlanishni o'tkazuvchi ikkita yorug'lik filtrli obtyurator bilan uzilib turadi. Fotoelementning chiqish signalining o'zgaruvchan tashkil etuvchisi kuchaytirgich *6* da kuchaytiriladi va reversiv dvigatel *7* ga uzatiladi, u esa muvozanatlovchi filtr *3* ni ikkala to'lqin uzunliklaridagi nurlanish intensivligi tenglashmagunga qadar siljitadi. Muvozanat holatida filtr *3* ning ko'chishi o'lchanayotgan temperatura o'lchovi bo'ladi.

Pirometrlarning spektral taqsimotining qisqa xarakteristikasini va ularning qo'llanish sohasini 2,23- jadvaldan qarang.

Nazorat savollari

1. Temperatura nima va u qanday birliklar bilan baholanadi?
2. Kengayish kontakt termometrlari qanday ishlaydi?
3. Qarshilik termometri nima va uning ishlash prinsipi qanday?
4. Termoelektrik termometrning tuzilishi va ishlash prinsipi qanday?
5. Kontaktsiz termometrlar qanday ishlaydi?
6. Pirometrlarning qanday turlari sanoatda eng ko'p tarqalgan?

2.4.2. Modda va materiallarning issiqlik-fizik xossalarini o'lchash va nazorat qilishning usullari hamda vositalari

Issiqlik-fizik xossalarni bir necha guruhga bo'lish qabul qilingan. Birinchi guruhni moddalarning holat funksiyalari hisoblangan teng muvozanatli issiqlik fizik xossalari tashkil etadi. Bu guruhga termodinamik xossalar deb ataluvchi xossalar tegishli bo'lib, ular o'z navbatida termik va kalorik xossalarga ajraladi. Termik xossalarga moddaning zichligi taalluqli (2.3.3- bo'limga qarang), kalorik xossalarga esa ichki energiya, entalpiya, entropiya, issiqlik sig'imi tegishlidir.

Moddalarning issiqlik-fizik xossalarining ikkinchi guruhiga «ko'chuvchi» xossalar, ya'ni issiqlik o'tkazuvchanlik, qovushoqlik, diffuziya kabi xossalar kiradi. Bu xossalar fizik muhitlardagi nomuvozanat jarayonlarni ifodalaydi. Issiqlik-fizik xossalarga, shuningdek, issiqlik nurlanishini yutish va chiqarish bilan bog'liq ba'zi optik xossalar kiradi.

Moddalar va materiallarning ayrim issiqlik fizik xossalarini, ularni o'lchash va nazorat qilishning usul va vositalarini qarab chiqamiz.

Issiqlik miqdori Q ning birligi joul (J) hisoblanadi. Joul — bu 1 J ga teng mexanik ishga (energiyaga) ekvivalent bo'lgan issiqlik miqdoridir. Texnikada hozircha eski (sistemadan tashqari) issiqlik miqdori birligi — kaloriya (kal) ko'pincha, qo'llanilib kelmoqda. Ular orasidagi munosabat:

1 kal = 4,1868 J;

1 J = 1Vt · s = 1N · m.

Issiqlik oqimi Φ — bu ko'ndalang kesimdan T vaqt birligida o'tadigan issiqlik miqdori:

$$\Phi = \Delta Q/\Delta T.$$

Issiqlik oqimi quvvat birliklarida (J/s) o'lchanadi, bu birliklar boshqa quvvat birliklariga o'tkazilishi mumkin:

$$1\ \text{J/s} = 1\ \text{Vt} = 1\ \text{N} \cdot \text{m/s}.$$

Dag'al amaliy hisoblashlarda 1 kkal/soat=1 Vt ni qabul qilish mumkin.

Issiqlik oqimining zichligi q sirtning birlik yuzasi (s) dan vaqt birligi ichida o'tadigan issiqlik miqdori sifatida aniqlanadi.

Issiqlik oqimi zichligini o'lchov birligi J/(s · m²) hisoblanadi:

$$q = (1/s)(\Delta Q/\Delta T).$$

Moddaning issiqlik sig'imi C (avval suv ekvivalenti deb ham atalgan) moddaning temperaturasi 1 K o'zgarganda uning issiqlik saqlashining o'zgarishini anglatadi:

$$C = \Delta Q/\Delta V.$$

Issiqlik sig'imini o'lchash birligi joul taqsim kelvin bo'ladi: $1\ \text{J} \cdot \text{K}^{-1}$ — bu jismga 1 J issiqlik berilganda uning temperaturasi 1 K ga ko'tariladigan issiqlik sig'imidir.

Kelvin (K) — bu suvning uchlamchi nuqtasi termodinamik temperaturasining 1/273,16 qismi ekanini eslatib o'tamiz.

Moddaning solishtirma issiqlik sig'imi — bu 1 kg moddani 1K ga isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdoriga teng kattalik.

Solishtirma issiqlik sig'imining birligi — joul taqsim kilogramm kelvin (J/(kg · K)).

Molyar issiqlik sig'imi — bu 1 mol moddani 1 K ga isitish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdoriga teng kattalikdir:

$$C_m = \Delta Q/\upsilon\Delta T,$$

bunda υ — mollar sonini ifodalovchi modda miqdori.

Mol — massasi 0,012 kg bo'lgan ^{12}S nuklidda mavjud atomlar nechta bo'lsa, shuncha tuzilmaviy (tarkibiy) elementga ega bo'lgan sistemaning modda miqdori.

Solishtirma issiqlik sig'imi s molyar solishtirma issiqlik sig'imi C_m bilan quyidagi munosabatga asosan bog'langan:

$$C_m = cM,$$

bunda M — moddaning molyar massasi.

Agar moddani isitish jarayonida uning hajmi yoki bosimi o'zgarmay saqlansa, o'zgarmas hajm va o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imlari farq qilinadi.

1 *mol* qattiq jismning *ichki energiyasi*

$$U_m = 3RT$$

bog'lanishdan aniqlanadi, bunda R — molyar gaz doimiysi.

Qattiq jismning (kimyoviy oddiy jismlarning) molyar issiqlik sig'imi temperaturaga bog'liq emas, J/(mol · K):

$$Cv = 3R = 25.$$

Qattiq kimyoviy birikmalarning molyar issiqlik sig'imi, J/(mol · K):

$$Cv = 3nR = 25n,$$

bu yerda n — molekuladagi atomlar soni.

Kelvin noli yaqinida jismlarning issiqlik sig'imi T^3 ga proporsionaldir. Olmos, masalan, 1800 K da 3 R ga teng issiqlik sig'imiga ega.

Agar moddaning (gaz, suyuqlik, qattiq jismning) bir sohasidagi molekulalar energiyasi boshqa qismidagiga nisbatan ko'p bo'lsa, u holda vaqt o'tishi bilan molekulalarning uzluksiz to'qnashuvi oqibatida molekulalarning o'rtacha kinetik energiyalarining tenglashishi jarayoni yuz beradi. Fazoda temperaturaning o'zgarishi temperatura gradiyenti bilan tavsiflanadi.

Moddaning issiqlik o'tkazuvchanlik kabi xossasining mavjudligi oqibatida issiqlikni uzatish doim temperaturaning kamayishi yo'nalishida yuz beradi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik — uzunlik birligida shu maydonachaga o'tkazilgan normal yo'nalishida temperaturaning o'zgarish tezligiga teng temperatura gradiyentidir.

Temperatura gradiyenti issiqlik o'tkazuvchanlik birga teng bo'lganda issiqlik oqimi zichligiga son jihatdan teng.

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti λ moddaning issiqlikni o'tkazish qobiliyatini ifodalaydi. U moddaning tabiatiga, temperaturaga va kam darajada bosimga bog'liq. O'lchov birligi — vatt taqsim metr-kelvin (Vt/m · K)).

100 K dan ortiq temperaturada issiqlik o'tkazuvchanlik quyidagi oraliqlarda o'zgaradi: gazlar uchun — 0,005...0,5 Vt/(m · K); tomchili suyuqliklar uchun — 0,08...0,7 Vt/(m · K); qattiq jismlar uchun — 0,02...400 Vt/(m · K). Qattiq jismlar uchun λ oraliqning quyi qismi (0,02...3,0 Vt/(m · K)) dielektriklarga tegishli; koeffitsiyenti 0,2 Vt/(m · K) dan kam bo'lgan materiallar issiqlik izolyatsiya materiallari sifatida foydalaniladi; λ koeffitsientning 20 dan 400 Vt(m · K) gacha bo'lgan qiymatlari metallar va qotishmalar uchun xosdir.

Issiqlik almashish koeffitsienti α qattiq sirt bilan suyuqlik (gaz) o'rtasida ham issiqlik o'tkazuvchanlik, ham konveksiya yo'li bilan bir vaqtda issiqlik

almashish jarayonini ifodalaydi. O'lchov birligi — vatt taqsim kvadrat metr-kelvin (Vt/(m² · K).

Issiqlik uzatish koeffitsienti K issiqlikni bir suyuq muhitdan ikkinchisiga ularni ajratib turuvchi qattiq devor orqali uzatish jarayonini ifodalaydi. Issiqlik uzatish koeffitsientining o'lchov birligi α koeffitsientnikiga o'xshash — Vt/(m² · K).

Chiziqli va hajmiy kengayish temperaturaviy koeffitsientlar moddalar va materiallarning issiqlik-fizik xossalarining muhim kattaliklari bo'lib hisoblanadi.

Chiziqli kengayish temperaturaviy koeffitsienti α_1 — bu uzunligi 1 m bo'lgan jismning temperaturasi 1 K o'zgargandagi o'zgarishidir. O'lchov birligi metr taqsim metr-kelvin (m/(m · K)).

Hajmiy kengayishning temperatura koeffitsienti α_2 — bu jismning temperaturasi 1 K o'zgarganda 1 m³ dagi jism (modda) hajmining o'zgarishidir. O'lchov birligi — kub metr taqsim kub metr-kelvin (m³/(m³ · K)).

Diffuziya hodisasi shundan iboratki, bunda ikki bir-biriga tegib turuvchi gazlar, suyuqliklar va qattiq jismlarning o'z-o'zidan bir-birining ichiga kirib ketishi va aralashishi yuz beradi. Diffuziya bu jismlar zarrachalari massalarining almashinuviga keltiriladi; u zichlik gradiyenti mavjud bo'lguncha yuzaga keladi va davom etadi.

Massa oqimining zichligi — modda massasi bilan aniqlanuvchi kattalik bo'lib, u vaqt birligi ichida o'qqa perpendikular bo'lgan birlik yuzacha (maydoncha) orqali diffuziyalanadi.

Diffuziya (diffuziya koeffitsienti) zichlik gradiyenti birga teng bo'lganda massa oqimi zichligiga son jihatdan tengdir.

Modda va materiallarning issiqlik-fizik xossalarini o'lchash va nazorat qilishning usul hamda vositalari yetarlicha xilma-xildir.

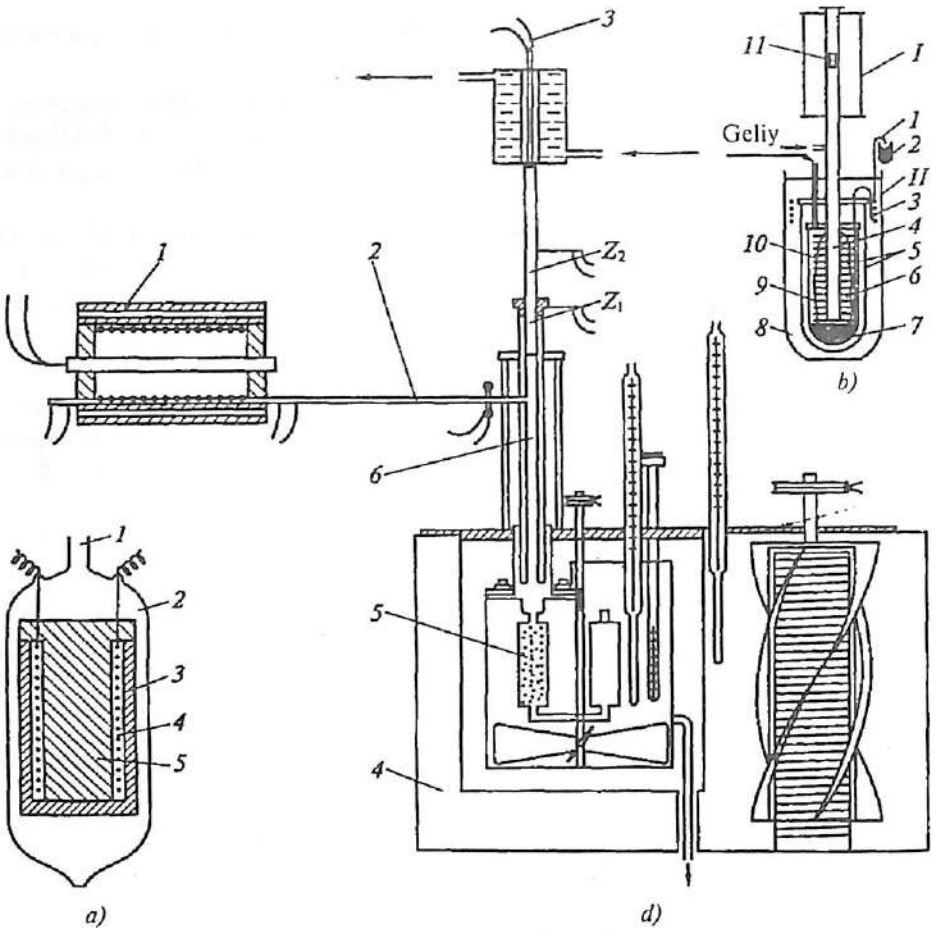
Modda va materiallarning issiqlik-fizik xossalarini o'lchashning asosiy vositasi — kalorimetrning ishlash prinsipini ko'rib chiqamiz.

Kalorimetr, odatda, shu tarzda ishlaydiki, bunda biror jarayonni tekshirishdan so'ng sinov (namuna) kalorimetrik qurilmaga biror noma'lum miqdordagi issiqlik ΔQ ni beradi yoki oladi. Bunda maxsus tadbirlar bilan kalorimetrik qurilmaning atrof-muhit bilan issiqlik almashuvi bartaraf etiladi. Kalorimetr entalpiyasining ΔQ ga o'zgarishi munosabati bilan uning temperaturasi Δt ga ortadi yoki pasayadi. Temperaturaning bunday o'zgarishi issiqlik almashuvida ishtirok etgan issiqlik miqdori ΔQ ning o'lchovi hisoblanadi. Shunday qilib, issiqlik miqdorining o'zgarishi temperaturalar farqini aniqlashga keltiriladi.

Moddalarning issiqlik sig'imi, issiqlik o'tkazuvchanligi, issiqlik uzatish koeffitsiyentlari va boshqa issiqlik-fizik xossalarini o'lchash uchun kalorimetrlar ana shu prinsipga asoslanib qurilgan. Ulardan ba'zilarini ko'rib chiqamiz.

Qattiq jismlarning issiqlik sig'imi, odatda, atmosfera bosimiga teng bosimdagi temperaturaning funksiyasi sifatida tadqiq etiladi.

Bevosita isitish usuli quyidagidan iborat. Tekshirilayotgan namuna 5 ga (2.88- *a* rasm) elektr isitkich *4* o'ralgan. Namuna o'shanday



2.88- rasm. **Qattiq jismlarning issiqlik sig'imini o'lchash:**

a — bevosita isitiluvchi kalorimetrning tuzilishi (*1* — vakuum liniyasi; *2* — idish; *3* — silindr; *4* — elektr isitkich; *5* — tekshirilayotgan namuna); *b* — muzli kalorimetrning tuzilishi (*1* — simobni uzatish uchun kapillar; *2* — idish; *3* — termostatlovchi spiral; *4* — kalorimetrning qabul qiluvchi kanali; *5* — kalorimetr; *6* — muz; *7* — simob; *8* — eriyotgan muz; *9* — suv; *10* — metall qovurg'alar; *11* — tekshirilayotgan modda joylangan ampula; *I* — elektrod; *II* — muzli kalorimetr); *v* — siljish kalorimetrining tuzilishi (*1* — pech; *2* — trubka; *3* — termopara; *4* — termostat; *5* — kalorimetr; *6* — platinali isitkich)

materialdan yasalgan silindr *3* ichiga joylangan. Isitkich bir vaqtning o'zida qarshilik termometri vazifasini ham o'taydi. Namuna vakuum liniyasi *1* bilan ulangan idish *2* ichiga osib qo'yiladi. Kalorimetr kriostatga joylashtiriladi, u yerda barqaror temperatura vujudga keltiriladi.

Namunaning isitkichni ulashdan oldingi va ulagandan keyingi temperaturalari farqini o'lchab, o'lchanayotgan namunaga isitkichning ishlashi hisobiga keltirilgan issiqlik miqdorini aniqlab, namunaning issiqlik sig'imi aniqlanadi.

Siljitish usuli shundan iboratki, pechda namuna kerakli temperaturagacha isitiladi, shundan so'ng, u pech ostiga joylashtirilgan

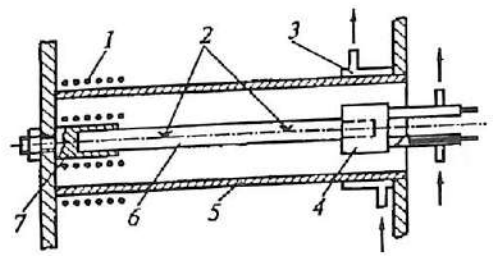
kalorimetrga tashlanadi, u yerda xona temperaturasiga yaqin temperaturagacha soviydi. Kalorimetrda namuna sovishi vaqtida bergan issiqlik o'lchanadi.

Muzdek kalorimetr (2.88- *b* rasm) suyuq moddaning issiqlik miqdorini yuqori aniqlik bilan o'lchashga imkon beradi. Elektr pechi *1* da kerakli temperaturagacha isitilgan tekshirilayotgan modda solingan ampula *11* ni muzdek kalorimetr II ga tashlanadi. Ampula bilan birga kalorimetrga kiritilgan issiqlik miqdori metall qovurg'alar *10* da muzlatilgan, erib ketgan muz *6* ning massasiga va muzning erish issiqligiga ko'ra aniqlanadi. Massani kalorimetr *5* da muz *6* — suv *9* sistemasi hajmining kamayishiga ko'ra aniqlanadi, hajmning bunday o'zgarishini esa muzning erishida simobni uzatish uchun kapillar *1* bo'yicha kalorimetr *4* ning qabul qiluvchi kanali bo'ylab kalorimetr ichiga tortilgan simob *7* ning miqdoriga ko'ra aniqlanadi. Simob *7* miqdorini tortib ko'rish usuli bilan uning idish *2* da kamayishiga ko'ra topiladi. Kalorimetr *5* tashqaridan issiqlik kelishini istisno qilish uchun eruvchi muz *8* bilan o'ralgan.

Siljish usuli ko'pincha, gazning issiqlik sig'imini aniqlash uchun qo'llaniladi. Gazlarning issiqlik sig'imini o'lchash uchun siljish kalorimetrining tuzilishi 2.88- *d* rasmda keltirilgan. Tekshirilayotgan gaz dastlab pech *1* da isitiladi. Keyin u nay *2* bo'yicha ikki konsentrik joylashgan platina naychalardan iborat asosiy platina isitkich *6* ga keladi, platina naychalar bo'ylab tok o'tkazgich Z_1 va Z_2 simlar orqali elektr toki o'tkaziladi. Pechdan chiqayotgan va kalorimetr *5* ga tushayotgan gazning temperaturasi asosiy isitkichning ichida joylashgan termopara *3* bilan o'lchanadi. Kalorimetr *5* termostat *4* ning kalorimetrik suyuqligi bilan o'ralgan bo'lib, u uzluksiz ravishda aralashtirib turiladi. Kalorimetr temperaturasining ortishi termometrlar bilan o'lchanadi. Kalorimetrdan chiqayotgan, tekshiralayotgan gaz kalorimetr temperaturasigacha sovitiladi.

Moddalarning issiqlik o'tkazuvchanligini aniqlash uchun ikki xil usullar guruhidan: barqaror va barqaror bo'lmagan usullardan foydalaniladi. Barqaror bo'lmagan usullarda barqaror usullardan farqli o'laroq vaqt o'tishi bilan ma'lum bir qonunga ko'ra o'zgaradigan temperaturaviy maydonlar qo'llaniladi.

Metallarning issiqlik o'tkazuvchanligini aniqlashning keng qo'llaniladigan usullaridan biri bo'ylama issiqlik oqimi usulidir. 2.89- rasmda shu usul asosida yasalgan qurilmaning tuzilishi tasvirlangan. Ko'ndalang kesim yuzasi berilgan uzun namuna *6* bo'ylab isitish bloki *7*



2.89- rasm. **Metallarning issiqlik o'tkazuvchanligini bo'ylama issiqlik oqimi uslubi bilan o'lchash qurilmasining tuzilishi:**

1 — qo'riqlash silindri isitkichi; *2* — termoparalar; *3* va *4* — sovitkich; *5* — qo'riqlash silindri; *6* — namuna; *7* — isitkich bloki

yoki sovutkich *4* yordamida bir tekis issiqlik oqimi vujudga keltiriladi. Namunaning ma'lum masofada joylashgan ikki kesimi orasidagi temperaturalar farqi termoparalar *2* yordamida o'lchanadi. Namunani yon tomondan issiqlik yo'qotishlardan himoyalash qo'riqlash silindri *5* yordamida amalga oshiriladi, unda qo'riqlash silindri isitkichi *1* yoki sovutkich *3* yordamida namuna maydonini takrorlovchi temperaturaviy maydon vujudga keltiriladi. Temperaturalarning o'lchangan farqiga ko'ra, namunaning issiqlik o'tkazuvchanligi aniqlanadi.

Issiqlik xo'jaligida qo'llaniladigan qattiq, suyuq va gazsimon moddalarning yonish issiqligini aniqlash uchun yonish kalorimetrlaridan foydalaniladi.

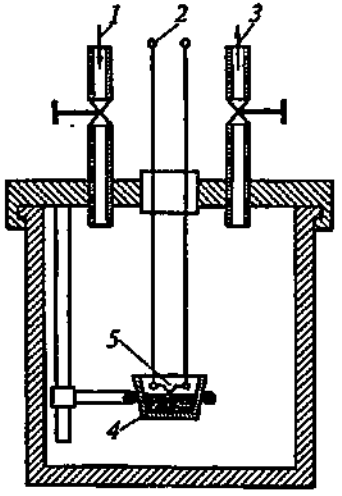
Ma'lumki, modda to'la yonganda ma'lum miqdorda issiqlik Q (yonish issiqligi) ajraladi. Agar uni m massaga (yoki normal sharoitlarda V hajmga) bo'linsa, u holda (solishtirma) yonish issiqligi hosil bo'ladi:

$$H = Q/m \text{ (J/kg)},$$

yoki

$$H_n = Q/V_n \text{ (J/m}^3\text{)}.$$

Bu ko'rsatkich turli qurilmalarda foydali ish koeffitsientini, tejamkorligini hisoblash va energiya sarfini aniqlash uchun, shuningdek, yonish jarayonini optimal boshqarish uchun kerak.



2.90- rasm. **Bertloning kalorimetrik bombasi qurilmasi:**
1 — kislorodni uzatish uchun klapan; *2* — zapal kuchlanish; *3* — yonish mahsulotlarini chiqarish uchun klapan; *4* — tekshirilayotgan modda; *5* — elektr zapalnik

Qattiq va suyuq moddalarning tez o'tuvchi yonish jarayonlari uchun kalorimetrik Bertlo bombasi (2.90- rasm) deb nomlanuvchi qurilma ishlab chiqarilgan. Kichik, aniq o'lchangan modda 4 miqdorini yondirish o'zgarmas bosimda germetik idishda =3MPa (30 atm), bosim ostida, iloji boricha toza kislorodda amalga oshiriladi.

Tekshirilayotgan modda *4* platina yoki kvars kosachalarga yoki kichik plastmassa kapsulalarga joylashtiriladi. Idish korpusiga mahkamlanadigan qopqoqda o'lchash uchun zarur quyidagi qurilmalar joylashgan: kislorod *1* ni uzatish va yonish mahsulotlari *3* ni chiqarish uchun klapanlar, sinovlar uchun tutqichlar va elektr zapalnik *5*. Elektr tokini ingichka platina simga ulash bilan yondirish amalga oshiriladi, bunda yondirish uchun olib kelinadigan issiqlik ham moddaning yonish issiqligini aniqlashda hisobga olish uchun aniq o'lchanishi kerak.

Qattiq moddalar, odatda, kichik o'lchamdagi briket (tabletka) tarzida presslanadi va

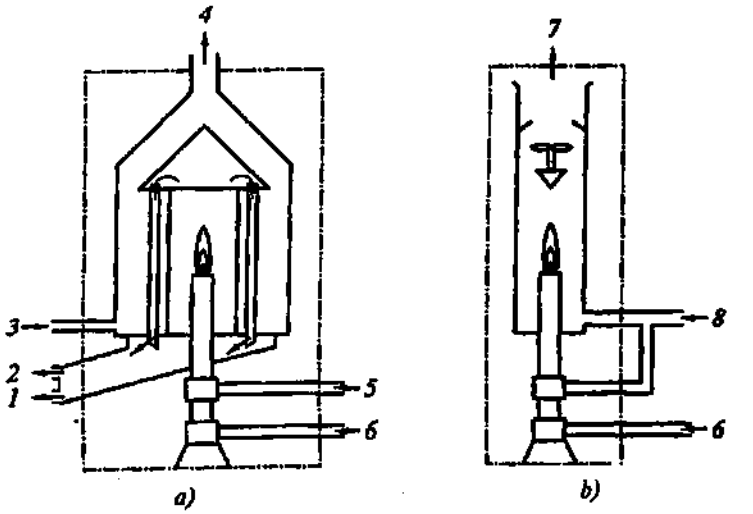
yuqori aniqlik bilan tortiladi. Yomon yonadigan moddalar yonish issiqligi ma'lum bo'lgan yaxshi yonuvchi suyuqliklar bilan aralashtiriladi.

Yonish issiqligini aniqlashda kalorimetrik bombada kimyoviy reaksiyalarda paydo bo'ladigan va yonuvchi mahsulotlarda bug'simon holatda bo'lgan suv miqdori o'lchanadi.

Gazsimon muhitlarning yonish issiqligini aniqlash uchun uzluksiz o'lchashga asoslangan nam va quruq kalorimetrlar qo'llaniladi. Ikkala holda ham mexanik aralashmalardan tozalangan va 100% gacha namlangan tekshirilayotgan gaz reduksion klapan yordamida o'rnatiladigan va tutib turiladigan o'zgarmas bosimda gorelkada uzluksiz yondiriladi Yonish vaqtida ajraladigan issiqlik issiqlik almashtirgichda sovituvchi muhit *3* ni kiritish bilan (nam yoki issiqlik almashtiruvchi kalorimetr — 2.91- *a* rasm) yoki yonish mahsulotlarini aralashtirish vositasi bilan yutiladi: sovituvchi havo va tutunli gazlar *7* ni sarflanishi ma'lum bo'lgan havo *5* oqimi bilan (quruq va aralashtiruvchi kalorimetr — 2.91- *b* rasm). Oqimlarning ommaviy sarflanishlarini va kalorimetrning kirishi hamda chiqishidagi temperaturalar farqini bilgan holda issiqlik balansi tenglamasiga ko'ra, tegishli yonish issiqligini hisoblash mumkin.

Issiqlik almashish kalorimetrlarining erishadigan aniqligi nisbatan yuqoridir. Ularning xatoligi ±(0,25...1)% dan oshmaydi. Quruq kalorimetrlar o'lchash oralig'ining yuqori chegarasidan ±(1...2)% xatolikka ega.

Kalorimetrning ideal holati uchun issiqlik balansini tenglashtirishdan og'ishni aniqlash uchun kalorimetrlarni tekshirish etalon gazda (masalan, vodorodda) bajariladi.



2.91- rasm. **Gazsimon muhitlarning yonish issiqligini aniqlash uchun kalorimetrlar qurilmasi:**
a — nam; *b* — quruq; *1* — kondensat; *2* — chiqib ketuvchi gazlar; *3* — sovituvchi muhitni kiritish; *4* — sovituvchi muhitni chiqarish; *5* — havo; *6* — gaz; *7* — sovituvchi havo va tutunli gazlar; *8* — sovituvchi havo

Issiqlik oqimlarini o'lchash amaliyotida berk tarmoqda harakatlanuvchi joriy muhitlarda issiqlik oqimlarini o'lchash usullari va vositalari muhim o'rin egallaydi.

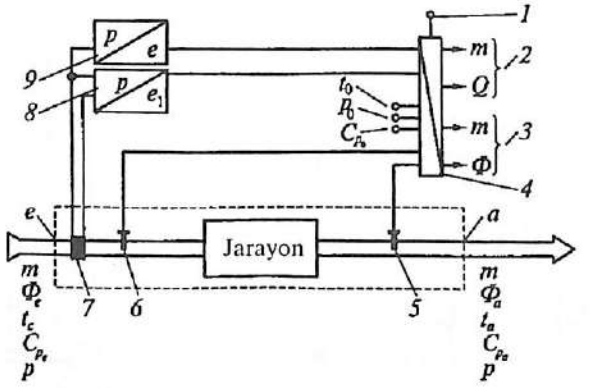
Muhit-issiqlik eltuvchi oqimi bilan uzatiladigan issiqlik oqimini tahlil qilishning ko'rsatishicha, uni o'lchash temperaturalarni va ommaviy sarflashlarni o'lchashga bevosita keltiriladi. Ko'pchilik hollarda muhit-issiqlik eltuvchining ommaviy sarfi emas, balki hajmiy sarf o'lchanadi. Bunda olingan natija issiqlik eltuvchining zichligi kattaligicha farq qiladi.

Suyuqliklar uchun issiqlik oqimi tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega: J/s:

$$\Delta\Phi = m_c(t_c - t_a),$$

bu yerda $\Delta\Phi$ — o'lchanayotgan zonaning kirishi va chiqishidagi issiqlik oqimlari farqi; m_c — issiqlik eltuvchining ommaviy sarfi; t_c, t_a — issiqlik balansi hududidagi mos holda chiqish va kirishda issiqlik eltuvchining temperaturasi.

2.92- rasmda siqiluvchi va siqilmaydigan issiqlik eltuvchi uchun issiqlik oqimini elektrik o'lchash sxemasi keltirilgan. Mazkur misolda sarfni o'lchash diafragma *7* da bosimlarning o'zgarishi bo'yicha amalga oshiriladi. Muhit-issiqlik eltuvchi *m* kirish e va chiqish a nazorat kesimlari orqali o'tadi. Bosim o'zgarishi *8* o'zgartkichi va bosim o'zgartkichi *9* bilan aniqlanadigan drossel qurilmasidagi bosim o'zgarishi Δp, absolut bosim p, shuningdek, jarayonning mos ravishda kirish va chiqishida temperaturalarning o'zgartkichlari *5* va *6* bilan o'lchanadigan t_c va t_a temperaturalar hisoblash qurilmasi (masalan, mikroprotsessor) kirishiga issiqlik miqdorining issiqlik oqimini hisoblash uchun keladi. Shu yerga materialning normal sharoitdagi (zichlik p_0 va solishtirma issiqlik sig'imi C_{p_0}) xossalari to'g'risidagi ma'lumotlar kiritiladi.

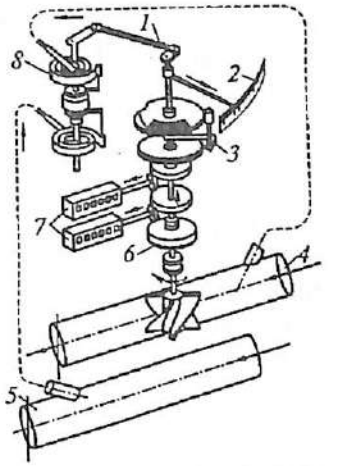


2.92- rasm. **Siqiluvchi va siqilmaydigan issiqlik eltuvchi uchun issiqlik oqimini elektrik o'lchash chizmasi:**

1 — yordamchi energiya bilan ta'minlash; *2* — signalning schyotchiklarga chiqishi; *3* — signalning ko'rsatuvchi asboblarga chiqishi; *4* — hisoblash qurilmasi; *5* va *6* — temperatura o'zgartkichi; *7* — diafragma; *8* — bosim o'zgarishini almashtirgich; *9* — bosim almashtirgich; e, *a* — kirish va chiqish tekshirish kesimlari

Elektr asboblarning xatoligi ijrosiga bog'liq holda ±0,5% dan (pretsizion asboblarda) ±1,5% gacha (oddiy ishlab chiqarish asboblari) tashkil etilishi mumkin.

O'zgartkichlar sifatida aylanuvchi sarf-o'lchagichlar (2.8.3- bo'limga qarang) yoki har bir aylanishda bitta elektr impuls yuboruvchi o'xshash sarf o'lchagichlar (schyotchiklar), shuningdek, drosselda yoki diafragmada bosimning o'zgarishga ko'ra sarfni o'lchashga va akustik prinsipga (2.7 va 2.8.3-bo'limlarni qarang) asoslangan qurilmalar foydalanilishi mumkin.



2.93- rasm. **Teplomerning tuzilishi:**

1 — uzatuvchi qurilma; *2* — ko'rsatuvchi qurilma; *3* — ko'paytirgich va integrator; *4* — chiqaruvchi truboprovod; *5* — uzatuvchi truboprovod; *6* va *7* — muhit va issiqlik miqdori schyotchiklari; *8* — trubasimon spiral termometrlar

Yordamchi energiya keltirmasdan ishlaydigan eng sodda issiqlik o'lchagichlar issiqlik oqimini mexanik o'lchagichlar hisoblanadi. 2.93- rasmda truboprovoddagi issiqlik oqimini aniqlovchi issiqlik o'lchagichning tuzilishi ko'rsatilgan. Unda uzatuvchi *5* va olib ketuvchi *4* truboprovodlardagi temperaturalar farqi naysimon spiral termometrlar *8* bilan aniqlanadi. Issiqlik eltuvchining sarfi gidrometrik parrak va schyotchik *6* bilan o'lchanadi. Sarf signallari va temperaturalar farqini ko'paytirish, shuningdek, issiqlik oqimini integrallash ko'paytirgich va integrator *3* bilan amalga oshiriladi. Uzatuvchi qurilma *1* yordamida temperaturalar farqi ko'rsatishi ko'rsatuvchi qurilma *2* da qayd qilinadi. Issiqlik miqdori schyotchik *7* da qayd qilinadi.

Bunday asboblarning xatoliklari taxminan 2% ni tashkil etadi.

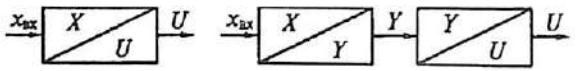
Nazorat savollari

1. Moddalar va materiallar qanday issiqlik-fizik xossalari bilan xarakterlanadi?
2. Issiqlik-fizik parametrlarni o'lchash usuli va vositasini tanlash qanday omillarga bog'liq?
3. Qattiq jismlarning issiqlik sig'imi qanday va nima bilan aniqlanadi?
4. Modda va materiallarning issiqlik o'tkazuvchanligi qanday va nima bilan aniqlanadi?
5. Issiqlik o'lchagichning ishlash prinsipi qanday?

2.5. ELEKTR VA MAGNIT KATTALIKLARNI O'LCHASH HAMDA NAZORAT QILISH

2.5.1. O'lchash vositalari va birliklari

O'lchash texnikasining rivoji qanday parametrlar — elektrik yoki noelektrik parametrlarni o'lchash ko'zda tutilishiga bog'liq bo'lmagan holda elektrik o'lchash usullaridan borgan sari kengroq foydalanish yo'lidan bormoqda. Shuning uchun o'lchashlar jarayonini o'lchash lozim bo'lgan amalda



a) b)

2.94- rasm. **O'zgartkichlarning chizmalari:**
a — bir bosqichli; *b* — ikki bosqichli.

istagan fizik kattalikni elektr asbobi bilan o'lchanishi mumkin bo'lgan elektrik kattalikka almashtirishni ta'minlovchi almashtirish blokidan iborat blok-sxema ko'rinishida ifodalash mumkin (2.94- *a* rasm). Bunday o'zgartkich (almashtirgich) ko'pincha, oddiy qilib *datchik* deb ataladi. O'lchashlarni bunday o'zgartkichning chiqishida kuchlanish yoki tokni o'lchovchi asbob yordamida o'tkazish hammasidan ham qulaydir. Masalan, avtomobilning ichki yonuv dvigatelining aylanish chastotasini o'lchash uchun o'zgarmas kuchlanishli generatordan iborat o'zgartkichdan foydalaniladi, uning kattaligi aylanish chastotasiga to'g'ri proporsional va bunday asbob — voltmetr generator chiqishiga ulanib, aylanish chastotasi birliklarida bevosita darajalanishi mumkin. Ayrim hollarda o'zgartkich konstruksiyasi (tuzilishi) ikki bosqichli bo'lishi mumkin (2.94- *b* rasm). Birinchi bosqich kuchlanish yoki tokka bevosita almashtirilishi mumkin bo'lmagan kirish kattaligini kuchlanish yoki tokka oson almashtirilishi (o'zgartirilishi) mumkin bo'lgan boshqa fizik kattalikka almashtiradi.

O'zgartkichning bunday sxemasiga atmosfera bosimini o'lchash qurilmasini kiritish mumkin, unda birinchi bosqich gofrirlangan asosli metalldan qilingan dumaloq aneroid qutidan iborat, unda kuchli siyraklanish hosil qilingan bo'ladi. Atmosfera bosimining o'zgarishi qutining siqilishiga yoki shishirilishiga olib keladi. Aneroid quti geometrik o'lchamlarining bunday o'zgarishini elektr kattalikka aylantirish mumkin, buning uchun dvijogi quti bilan mexanik ravishda bog'langan va shu bilan birga ko'chib turadigan potensiometr o'rnatish lozim. Bu potensiometr atmosfera bosimini elektr signaliga o'zgartiruvchi ikkinchi bosqichni ifodalaydi. Masalan, aviatsion balandlik o'lchagichlar ana shu prinsip asosida ishlaydi.

Elektr va magnit kattaliklar hamda ularning o'lchov birliklarini qarab chiqamiz, chunki ular bilan ko'pincha, ish olib boriladi.

2.25- jadvalda ham o'zbekcha, ham xalqaro fizik kattaliklar, birliklarning nomi va ularning shartli belgilari keltirilgan.

Elektr va magnit kattaliklarning karrali va ulushli birliklari umumiy qoidaga muvofiq, asosiy birliklarga tegishli old qo'shimchalarni qo'shish yo'li bilan hosil qilinadi (1.1- jadvalga qarang).

Masalan, radiopriyomnik kirishidagi kuchlanish uzoqdagi radiostansiyalarni qabul qilishda bir necha mikrovoltni tashkil etadi, elektron kuchaytirgichlar zanjirlaridagi kuchlanish esa o'n yoki yuz mikrovolt atrofida bo'lishi mumkin. Yaqin vaqtlargacha sig'imi bir necha farad bo'lgan kondensatorlar amalda uchramas edi. Faqat endigina, masalan, ichki yonuv dvigatellarini ishga tushirish sistemasida akkumulator batareyalari o'rniga foydalaniladigan sig'imli

ana shunday va yana kattaroq sig'imli kondensatorlar paydo bo'ldi. Qolgan hollarda ancha kichik sig'imli kondensatorlar qo'llaniladi. Jumladan, radiopriyomniklarda ko'pincha, sig'imi o'nlab va minglab pikofaradga teng kondensatorlarni, to'g'rilagichlarda esa filtrlar sxemalarida — odatda, sig'imi yuz mikrofaraddan ortiq bo'lmagan kondensatorlarni uchratish mumkin.

2.25- jadval

Elektr va magnit kattaliklar

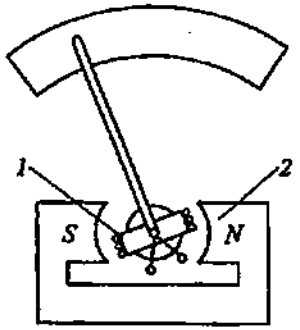
Fizik kattalik	Birlik nomi	Birlikning belgilanishi	
		xalqaro	o'zbekcha
Elektr kuchlanish, elektr potensiallar ayirmasi, elektr yurituvchi kuch	volt	V	V
Tok kuchi	amper	A	A
Aktiv quvvat	vatt	W	Vt
Elektr miqdori (elektr zaryad)	kulon	C	Kl
Elektr qarshilik	Om	Ω	Om
Elektr sig'im	farad	F	F
Induktivlik, o'zaro induktivlik	genri	H	Gn
Elektromagnit energiya	joul	J	J
Magnit oqimi	veber	Wb	Vb
Magnit induksiya	tesla	T	Tl
Magnit maydon kuchlanganligi	amper taqsim metr	A/m	A/m

Shu bilan birga elektr kattaliklarning asosiy birliklariga qaraganda ancha yirik qiymatlari bilan ish ko'rishga to'g'ri keladi. Bu qiymatlar kilo (k) va mega (M) bo'lib, bunda $k = 10^3$, $M = 10^6$. Masalan, turli stanoklarning elektrodvigatellari quvvati odatda 5...15 kVt oralig'ida yotadi, o'tkazgich simlar va kabellarning qarshiligi esa yuzlab MOm gacha yetadi.

Ayrim elektr jarayonlar yoki materiallarning parametrlari maxsus o'lchov birliklariga ega bo'lmay, ular o'lchamligi bilan ifodalanadi. Masalan, tok zichligi amper taqsim metr (A/m) bilan o'lchanadi. Bunday kattaliklarning o'lchamliklari ularni o'lchash metodikasi tavsiflanadigan bo'limlarda qarab chiqiladi.

Ayrim hollarda standart signal tushunchasidan foydalanilib, bu signal davlat yoki xalqaro metrologik organ tomonidan standart signal sifatida tasdiqlangan me'yorlangan tavsifli (parametrli) signalni ifodalaydi.

Signallar parametrlarini standartlashtirish tufayli o'lchov qurilmalarining o'zaro va boshqa qurilmalar bilan moslashuvchanligi ta'minlanadi. Xalqaro signallar sifatida, masalan, quyidagi elektr standart signallaridan foydalaniladi:



2.95- rasm. **Magnitoelektrik sistema asbobining tuzilishi:**
1 — chulg'amli ramka;
2 — magnit

tok uchun 0...5 mA, 0...20 mA;
kuchlanish uchun 0...10 V.

Standart signal tushunchasi raqamli signallarga ham taalluqlidir. Masalan, ikkili sistemada nol darajasiga (sathiga) 0 V standart signal, birning darajasiga esa 12, 24 yoki 48 V mos keladi.

Avval aytib o'tilganidek, ko'pchilik elektr (xuddi noelektr) kattaliklarni o'lchash u yoki bu darajada kuchlanish yoki tokni o'lchash bilan bog'liq.

Bu maqsadda eng ko'p foydalaniladigan o'lchash asboblarini ko'rib chiqamiz. Ulardan biri — magnitoelektrik asbob (2.95- rasm). Soddalik uchun rasmda qarshi ta'sir ko'rsatuvchi momentni vujudga keltiruvchi spiral prujina ko'rsatilmagan.

Asbob qo'zg'almas doimiy magnitdan iborat bo'lib, uning maydonida chulg'amli ramka *1* joylashadi. G'altak orqali tok o'tganda fizika qonunlariga muvofiq magnit maydonida joylashgan g'altak o'ramlariga ta'sir ko'rsatuvchi kuchlar vujudga keladi. G'altakning qarama-qarshi tomonlaridan o'ramlarga ta'sir qiluvchi kuchlar ulardagi tokning qarama-qarshi yo'nalganligi sababli turli tomonga yo'nalgani uchun aylantiruvchi moment vujudga keladi, ramkaning qo'zg'aluvchan qismi buriladi va strelkali ko'rsatkich ramka orqali o'tayotgan tok kuchining kattaligini yoki ramka chulg'amiga qo'yilgan kuchlanishning kattaligini ko'rsatadi.

Bunday magnitoelektrik asbobning nazariyasi shuni ko'rsatadiki, strelkaning og'ish burchagi α kuchlanishga yoki tokka to'g'ri proporsional bo'lar ekan:

$$\alpha = k_1 U;$$
$$\alpha = k_2 I,$$

bu yerda k_1 va k_2 — asbobning konstruktiv parametrlariga bog'liq bo'lgan proporsionallik koeffitsientlari.

Magnitoelektrik asboblarning afzalliklariga quyidagilarni kiritish mumkin:

yetarlicha yuqori aniqlik;

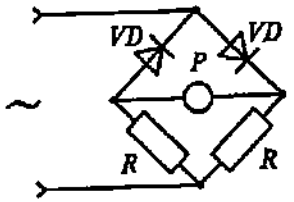
juda yuqori sezgirlik (magnitoelektrik galvanometrlar bilan voltning milliondan bir ulushlarigacha o'lchash mumkin);

tashqi magnit maydonlarning ta'siri yo'q (chunki o'zining doimiy magnitining magnit maydoni yetarlicha kuchli);

shkalaning chiziqli ekanligi (ya'ni shkala bir tekis).

Shu bilan bir vaqtda asbob kamchiliklardan ham xoli emas, ulardan asosiysi — o'zgaruvchan kuchlanishlar va toklarni o'lchashning imkoni yo'qligidir.

Magnitoelektrik asbob o'lchashlarning turli xil sxemalarida va o'zgartkichlarning chiqishida chekli indikator sifatida juda keng qo'llaniladi.

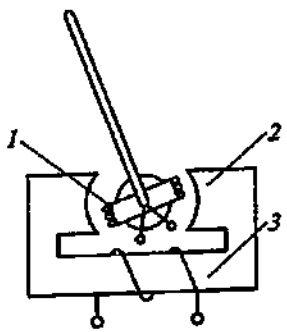


2.96- rasm. **To'g'rilagich sistemasidagi asbobning chizmasi**

O'zgaruvchan kuchlanishlar va toklarni o'lchash uchun mo'ljallangan magnitoelektr asbobning boshqacha turi — to'g'rilagich sistemasi asbobidir. U magnitoelektrik asbobning to'g'rilagich sxemasi bilan kombinatsiyasidan iborat. Ko'pincha, to'g'rilagich sifatida ko'prik sxemasidan yoki, uni ko'pincha, Gres yarimsxemasi deb ataladigan (2.96- rasm) sxemadan foydalaniladi. Unda ikkita yarim o'tkazgichli diod *VD*, ikkita rezistor *R* dan foydalaniladi. Ko'prikning bir diagonaliga o'lchanadigan o'zgaruvchan kuchlanish keltiriladi, ikkinchi diagonalga esa standart magnitoelektrik asbob ulanadi.

Ma'lumki, diodlar tokni faqat bir yo'nalishda o'tkazadi (shartli belgi strelkasi yo'nalishida) va to'g'rilagichning sxemasidan ko'rinishicha, tok, xususan, asbob orqali kirishdagi o'zgaruvchan kuchlanishning istagan qutbliligida aynan bir yo'nalishda o'tadi. To'g'rilagichli sistemadagi asbobning magnitoelektrik asbobga qaraganda sezgirligi va aniqligi kamroqdir. Bu hol yarimo'tkazgichli asbobning tavsiflari temperaturaga bog'liq va unga 0,1 V dan kam kuchlanish berilganda tok o'tkaza olmasligi bilan aloqadordir. Bundan tashqari, diodning xarakteristikasi chiziqli emas va shkalaning maqbul chiziqliligini ta'minlash uchun unga ketma-ket qilib rezistor ulanadi. Bu kamchiliklarga qaramay, to'g'rilagichli asboblar o'lchashlar texnikasida yetarlicha keng qo'llaniladi.

Asboblarning uchinchi turi sifatida ferrodinamik sistemadagi asbobning tuzilishini ko'rib chiqamiz (2.97- rasm), u quvvatni o'lchash uchun asboblar — vattmetrlar sifatida foydalaniladi. Ko'p jihatdan bunday asbobning tuzilishi magnitoelektrik asbobning tuzilishini eslatadi, lekin unda doimiy magnit o'rnida elektromagnitdan foydalaniladi, ya'ni unda magnitoprovod *2* bo'lib, unga magnit oqimini vujudga keltirish uchun chulg'am o'ralgan. Agar shu chulg'am orqali elektr toki o'tkazilsa, u holda ramkaga o'ralgan ikkinchi chulg'am magnit maydoniga tushib qoladi va agar undan magnitoelektr asbobdagi kabi tok o'tsa, aylantiruvchi moment paydo bo'ladi va asbobning qo'zg'aluvchan ramka bilan bog'liq bo'lgan strelkasi ma'lum bir burchakka ko'chadi. Farqi faqat shundan iboratki, ikkala g'altakka o'zgaruvchan tok o'tkazilganda ramkadagi g'altakdagi tok yo'na-

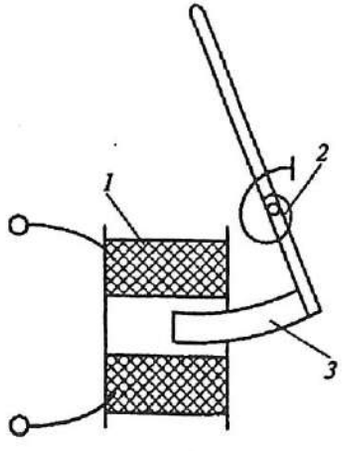


2.97- rasm. **Ferrodinamik sistemadagi asbobning tuzilishi:**
1 — chulg'amli ramka;
2 — magnito'tkazgich;
3 — chulg'am

lishi va magnitoprovodda chulg'am vujudga keltiradigan magnit maydonning yo'nalishi bir vaqtda o'zgaradi. Shuning uchun aylantiruvchi momentning yo'nalishi doim aynan bir tomonga yo'naladi, ya'ni ferromagnit asbob ham o'zgarmas, ham o'zgaruvchan tokda ishlay oladi.

Ferrodinamik asbob yetarlicha katta sezgirlikka ega, lekin uning aniqligi magnitoelektrik turdagi asbobga qaraganda pastroq, ayniqsa, o'zgarmas tokda ishlayotganda, chunki magnitoprovod bu holda magnitlanib qolishi mumkin va bu asbobning ko'rsatishlariga qo'shimcha xatoliklar kiritishi mumkin.

Sanoatda elektromagnit sistemali asbob keng qo'llanilmoqda (2.98- rasm). Bu asbob, eng sodda va arzon asboblardan bo'lib, bundan tashqari u katta yuklanish qobiliyatiga va katta mexanik pishiqlikka ega. Tuzilishi jihatidan u qo'zg'almas g'altak *1* va ferromagnit o'zak *3* dan iborat bo'lib, u g'altakning magnit maydoni ta'sirida unga kuchlanish uzatilganda g'altakning ichiga tortiladi. Ferromagnit o'zak *3* asbob strelkasi bilan bog'langan, qo'zg'almas g'altak *1* ning chulg'amlari bo'ylab qancha katta tok o'tsa, magnit maydoni shunchalik kuchli bo'lgani uchun strelkaning og'ishi qo'yilgan kuchlanishning kattaligiga yoki g'altak orqali o'tayotgan tokning kattaligiga bog'liq bo'ladi. Ferromagnit o'zak *3* ning g'altak ichiga tortilishi undagi tokning yo'nalishiga bog'liq bo'lmaydi va binobarin, asbob ham o'zgarmas, ham o'zgaruvchan tokda ishlashi mumkin. Baxtga qarshi, elektromagnit asbob bir qator kamchiliklarga ega. Uning sezgirligi uncha katta emas, aniqligi ham past, ayniqsa o'zgarmas tokda ishlashda. Undan tashqari, uning shkalasi nochiziqli, bu esa o'lchash natijalarini o'qishni ma'lum darajada qiyinlashtiradi.

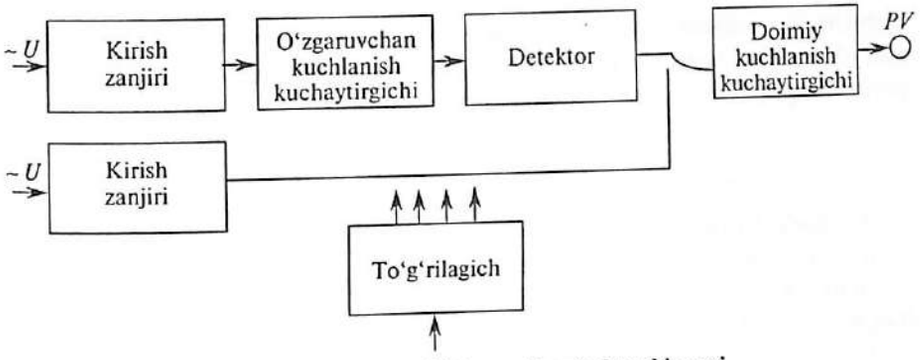


2.98- rasm. Elektromagnit sistemadagi asbobning tuzilishi:
1 — qo'zg'almas g'altak; *2* — prujina; *3* — ferromagnit o'zak

Bu kamchiliklarga qaramay, elektromagnit sistemali asbob sexlarda, transportda kuchlanish va toklarni bevosita o'lchash uchun, shuningdek titrashlar, silkinishlar va hatto zarbalar sharoitida asboblarning yuqori ishonchlilik bilan ishlashi talab qilingan joylarda yanada keng foydalaniladi.

Ko'rib chiqilgan barcha o'lchov asboblari strelka tarzidagi harakatlanuvchi indikatorli qismga ega bo'lgan analogli tur deb ataluvchi turga kiradi. Elektronikaning rivojlanishi o'lchov asboblarining tavsifinigina yaxshilab qolmay, balki ularni o'lchash natijalarini raqamli indikator bilan ta'minlab, sifat jihatdan o'zgartirishga imkon berdi. Bunday asboblar, odatda, raqamli yoki diskret turdagi asboblar deyiladi.

Analogli indikatorli elektron asbob — elektron voltmetrni (2.99- rasm) ko'rib chiqamiz. Uning kirishida kirish qurilmasi bo'lib, u voltmetrning o'lchash zanjirini amalda

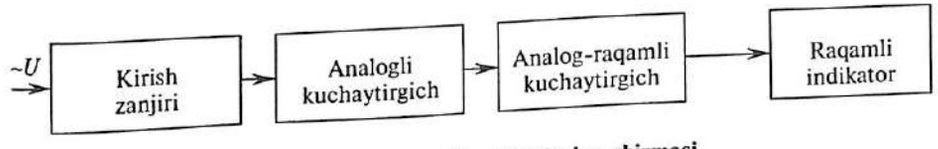


2.99- rasm. **Analogli elektron voltmetrning chizmasi**

yuklantirmaydigan juda katta kirish qarshiligini ta'minlaydi. (Elektromexanik asboblardan farqli o'laroq, elektron asboblar o'z ishi uchun o'lchanayotgan zanjirning energiyasiga muhtoj emas, chunki o'z ishi uchun yo elektr tarmog'idan, yoki avtonom ta'minot manbalaridan foydalanadi.) Kirish signalining kuchayishi o'zgaruvchan kuchlanishni o'lchashda ham o'zgaruvchan, ham o'zgarmas tokda amalga oshirilishi mumkin yoki o'zgarmas kuchlanishni o'lchash faqat o'zgarmas tokda amalga oshirilishi mumkin. O'zgaruvchan kuchlanishni o'lchashda o'zgarmas tok kuchaytirgichining ishlashini ta'minlash uchun ko'pincha, detektor deb nomlanuvchi to'g'rilagich qo'llaniladi. Asbobning chiqishida odatdagi magnitoelektrik asbob o'rnatilib, unga ko'ra o'lchash natijalarini sanash amalga oshiriladi.

Raqamli voltmetr (2.100- rasm) kirish signalini analogli kuchaytirgichlar bilan kuchaytirilgandan so'ng, analogli signalni raqamlarga almashtiruvchi analogli-raqamli o'zgartkichlardan (ARO') foydalanadi, raqamlar raqamli indikatorga uzatilishi mumkin bo'lib, u yerda o'lchash natijalari bevosita raqam ko'rinishida akslanadi. Nisbatan yaqin vaqtlarda ham raqamli asboblar gabarit o'lchamlariga ko'ra katta bo'lgan edi, unga ko'pgina tranzistor va sxemalarning boshqa elementlari kirar edi. Mikroelektronikaning rivojlanishi, yangi mikrosxemalarning yaratilishi raqamli asboblarning gabarit o'lchamlarini, sxemalari murakkabligini va qiymatini sezilarli darajada kamaytirishga imkon berdi. Masalan, ARO' uncha katta bo'lmagan mikrosxemadan iborat bo'ldi.

Shuni nazarda tutish kerakki, raqamli asboblar tez o'zgaruvchi kattaliklarni o'lchashda noqulay, chunki indikatorda turli raqamlarning yonib-o'chib turishi o'lchash apparaturasi nazorat qiladigan jarayonlarning tavsifini



2.100- rasm. **Raqamli voltmetrning chizmasi**

tushunishga imkon bermaydi. Shu bilan birga raqamli asboblar o'lchash natijalarini o'lchash majmualarida borgan sari keng qo'llanilayotgan kompyuterlarga oddiygina kiritishga imkon beradi.

2.5.2. Elektr zanjirlarda o'lchash metodikasi

O'zgarmas va o'zgaruvchan kuchlanishni o'lchash. Ham o'zgaruvchan, ham o'zgarmas kuchlanishlar tegishli turdagi kuchlanishlarda ishlash uchun mo'ljallangan voltmetrlarda bevosita amalga oshiriladi. Voltmetr mo'ljallanganidan kattaroq kuchlanishni o'lchash zarur bo'lgan hollarda unga ketma-ket qilib qo'shimcha rezistor ulash kerak. Bunda o'lchanayotgan kuchlanishning bir qismi qo'shimcha rezistorga, boshqa bir qismi esa asbobga tushadi. Qo'shimcha rezistorning qarshiligini tanlab olib, katta kuchlanishlarni o'lchash imkoniyatlarini keng chegaralarda kengaytirish mumkin. Agar voltmetrning qarshiligi R_{pr} ma'lum bo'lsa va kengayish chegaralarining kengayish koeffitsienti tanlangan bo'lsa:

$$n = U_x / U_{pr},$$

bu yerda U_x — sxema kirishida o'lchanishi kerak bo'lgan maksimal kuchlanish; U_{pr} — bevosita voltmetr bilan o'lchanadigan maksimal chegaralar.

Qo'shimcha rezistor qarshiligining kattaligi quyidagi formula bo'yicha topilishi mumkin:

$$R_{qo'sh} = R_{pr}(n-1).$$

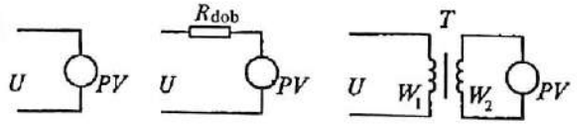
Odatda, hisoblashlarni amalga oshirish qulay bo'lishi uchun n ni 2; 5 yoki 10 ga karrali qilib tanlanadi.

O'zgaruvchan yuqori kuchlanishlarni o'lchash uchun o'lchovchi kuchlanish transformatorlari deb atalgan asboblardan foydalanish mumkin.

Ular pasaytiruvchi transformatorlardan iborat, ya'ni voltmetr ulanadigan ikkilamchi chulg'ami W_2 dagi o'ramlar soni birlamchi chulg'am W_1 dagi o'ramlar sonidan kamdir. O'lchash chegaralarining kengayish koeffitsienti $n = W_1/W_2$. Kuchlanishni o'lchash uchun voltmetrlarni ulash sxemalari 2.101- rasmda keltirilgan.

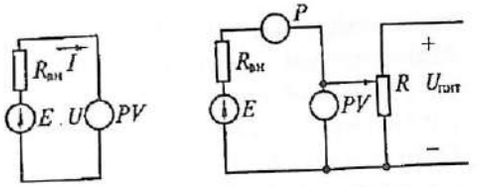
Elektr yurituvchi kuch (EYuK) ***E* ni o'lchash** o'z xususiyatlariga ega. Elektr yurituvchi kuchni o'lchash uchun eyuk manbaiga voltmetrni ulashda u orqali doim tok o'tadi, har qanday eyuk manbai ichki qarshilik R_{ichki} ga ega bo'lgani uchun bunday manbadagi kuchlanish

$$U = E - IR_{ichki}$$



2.101- rasm. **Kuchlanishni o'lchash chizmalari**

bo'ladi va voltmetr eyuk E dan kichik bo'lgan kattalikni o'lchaydi.

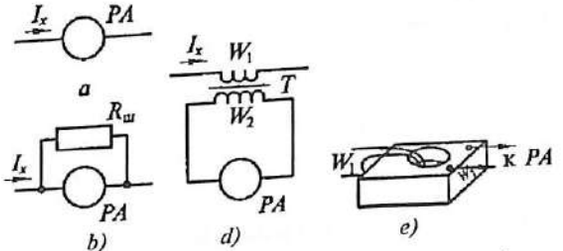


2.102- rasm. **EYuKni o'lchash chizmalari**

Agar eyukni o'lchashning yuqori aniqlikda bo'lishiga talab bo'lmasa, u holda tokni kamaytirish uchun ichki qarshiligi katta bo'lgan voltmetrdan, masalan, elektron voltmetrdan foydalanish mumkin. Bunday holda o'lchangan kuchlanishni $U = E$ deb hisoblash mumkin. Eyukni o'lchashning yanada aniq usullari kompensatsion sxemalardan foydalanish bilan bog'liq (2.102- rasm). Ularda voltmetr PV bilan o'lchanadigan, o'zgaruvchan rezistor R dan olinadigan kuchlanish eyuk manbaidagi kuchlanish bilan taqqoslanadi. O'zgaruvchan rezistor (potensiometr) chiqishidagi kuchlanishni o'zgartirib, shunday sharoitga erishish mumkinki, bunda o'lchov asbobi P tokning yo'qligini eyuk manbai orqali ko'rsatadi. Bu holda voltmetrning ko'rsatishlari manba eyukning kattaligiga aniq mos keladi, ya'ni $U = E$.

Tokni o'lchashni o'lchanayotgan zanjirning uzilishiga ulangan ampermetr bilan bevosita amalga oshirish mumkin (2.103- *a* rasm). Ampermetrning o'lchash chegaralarini kengaytirish zarurati tug'ilganda ampermetrga parallel holda rezistor ulash zarur (2.103- *b* rasm), uni ko'pincha, oddiygina *shunt* deb ataladi. Shunda ampermetr orqali tokning faqat bir qismi o'tadi, qolgan qismi esa shunt orqali o'tadi. Ampermetrlarning qarshiligi, odatda, uncha katta bo'lmagani sababli o'lchash chegaralarini muhim kengaytirish uchun shuntning qarshiligi uncha katta bo'lmasligi kerak. Odatda, bu omning ulushlaridir. Shuntning qarshiligini hisoblash formulalari mavjud, ammo, odatda, amalda tokni etalon ampermetr bilan nazorat qilib, uning qarshiligini qo'lda moslashtirishga to'g'ri keladi.

Katta o'zgaruvchan toklarni o'lchash uchun ko'pincha, tok o'lchash transformatorlaridan foydalaniladi (2.103- *d* rasm). Ularda o'lchanayotgan zanjirning uzilish joyiga ulanadigan birlamchi chulg'amning o'ramlari soni W_1 ikkilamchi chulg'am o'ramlari soni W_2 dan kam, ya'ni transformator



2.103- rasm. **Tok kuchini o'lchash chizmalari**

kuchlanish bo'yicha kuchaytiruvchi, tok bo'yicha esa pasaytiruvchi bo'ladi. Ampermetr tok transformatorining ikkilamchi chulg'ami chiqishiga ulanadi. Ko'pincha, laboratoriya tok transformatorlari oldindan tayyorlangan birlamchi chulg'amga umuman ega bo'lmaydi, ularning korpusida keng farron (ochiq) teshik bo'lib, u orqali tajriba o'tkazuvchining o'zi zarur sondagi o'ramlarni o'rab chiqadi (2.103- *e* rasm). Ikkilamchi chulg'am o'ramlari sonini bilgan holda (u, odatda, tok transformatorining korpusida ko'rsatiladi) transformatsiya koeffitsiyenti $n = W_1/W_2$ ni tanlab olish va o'lchanayotgan tok I_x ni ampermetr I_{pr} ning ko'rsatishlari bo'yicha quyidagi formulaga ko'ra aniqlash mumkin:

$$I_s = I_{pr}/n.$$

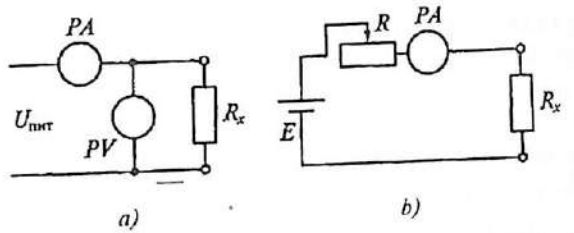
Elektron sxemalarda toklarni o'lchash mutlaqo boshqacha amalga oshiriladi, bunday sxemalar, odatda, kavsharlangan, bosma platalardan tayyorlangan bo'ladi; ularda biror xil uzilishni amalga oshirish amaliy jihatdan mumkin emas. Odatda, toklarni o'lchash uchun bunday sharoitlarda voltmetrlardan (odatda, asbobning elektron sxema ishga ta'sirini bartaraf qilish uchun ichki qarshiligi katta bo'lgan elektron voltmetrlardan) foydalaniladi, ular kattaliklari yoki ma'lum, yoki oldindan o'lchanishi mumkin bo'lgan sxema rezistorlariga ulanadi. Om qonunidan foydalanib, tok kuchini aniqlash mumkin:

$$I = U/R.$$

Qarshiliklarni o'lchash. Ko'pincha, elektr qurilmalar bilan ishlashda yoki elektron sxemalarni sozlashda turli xil qarshiliklarni o'lchash zarur bo'ladi. Qarshiliklarni o'lchashning eng sodda usuli ikki o'lchov asboblari: ampermetr va voltmetrdan foydalanishga asoslangan. Ular yordamida ta'minot manbaiga ulangan qarshilik R dagi kuchlanish va tok o'lchanadi va Om qonuniga ko'ra izlanayotgan qarshilikning kattaligi topiladi:

$$R = U/I.$$

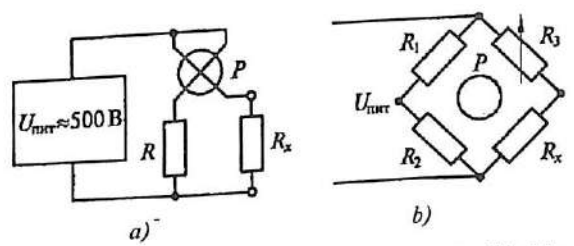
Biroq qarshiliklarni hisoblashning bu usuli o'lchash natijalarini yuqori aniqlikda olishga imkon bermaydi, chunki o'lchash natijalariga ampermetr va voltmetrning xususiy ichki qarshiliklari ta'sir ko'rsatadi. Masalan, 2.104- *a* rasmda keltirilgan sxemadagi ampermetr faqat qarshilik orqali o'tuvchi toknigina emas, balki voltmetr orqali o'tuvchi tokni ham o'lchaydi, bu bilan o'lchashlarga metodik xatolik kiritiladi. Maxsus asboblar — ommetrlar bo'lmagan hollarda, odatda, bunday usul bilan o'lchashlar amalga oshiriladi. Ommetrning mumkin bo'lgan sxemalaridan biri (2.104- *b* rasm) — ketma-ket sxema bo'lib, u avtonom ta'minot manbai E, o'zgaruvchan rezistor R va magnitoelektrik turdagi milliampermetr PA dan iborat. Ta'minlash manbai sifatida, odatda, quruq elementlar yoki 1,4...4,5 V kuchlanishli batareyalardan foydalaniladi. Agar asbobning chiqishlariga kattaligi aniqlanishi lozim bo'lgan qarshilik R_x ulansa, u



2.104- rasm. **Ampermetr va voltmetr uslubi bilan qarshiliklarni o'lchash chizmasi (*a*) hamda ommetr chizmasi (*b*)**

holda zanjir bo'ylab kattaligi qarshilikning kattaligiga bog'liq bo'lgan tok o'tadi. Milliampermetr bu tokni o'lchagani uchun uning shkalasi omlarda bevosita darajalanishi mumkin. Bunday ommetrning shkalasi teskari bo'lib, unda nol shkalaning o'ng qismiga joylashgan, chunki kirishda nolga teng bo'lgan kuchlanishda (qisqa tutashuv rejimi), ampermetr orqali maksimal tok oqib o'tadi. Agar tashqi zanjir uzilgan bo'lsa (bu kirishda cheksiz katta qarshilikka mos keladi), u holda milliampermetr strelkasi shkalaning eng chapki qismida, ∞ belgi turgan joyda joylashadi. Bunday ommetrning shkalasi keskin nochiziqli, bu ma'lum darajada natijalarni o'qishni qiyinlashtiradi. Ommetrning o'zgaruvchan rezistori asbobni u bilan ishlashni boshlashdan oldin nolga o'rnatish uchun xizmat qiladi. Buning uchun ommetrning chiqishlari qisqa tutashtiriladi va o'zgaruvchan rezistor dastasini aylantirib, asbobning nol ko'rsatishiga erishiladi. Ta'minlash elementi eyuk vaqt o'tishi bilan razryad hisobiga kamaygani uchun bunday nol qurilmasini davriy ravishda nazorat qilish zarur. Shunga o'xshash ommetrlar yordamida qarshiliklarni Om ning birliklaridan bir necha yuzlab kOm gacha qarshiliklarni o'lchash mumkin.

100 MOm gacha katta qarshiliklarni o'lchash, odatda, megometrlar yordamida (2.105- *a* rasm) amalga oshiriladi. O'zining klassik ko'rinishida u avtonom ta'minlash manbai va o'lchov asbobi — logometrning kombinatsiyasidan iborat bo'ladi. Logometr — magnitoelektrik asbobning bir turi bo'lib, unda bitta ramka o'rniga bir-biri bilan ma'lum bir burchak ostida bikir birlashtirilgan ikkita ramka mavjud bo'ladi. Odatdagi magnitoelektrik asbobdagi kabi ular bilan asbobning strelkasi bog'liq va ular doimiy magnitning magnit maydonida bo'ladi. Ramkalar chulg'amla-



2.105- rasm. **Megometr (*a*) va elektr ko'prik (*b*) chizmalari**

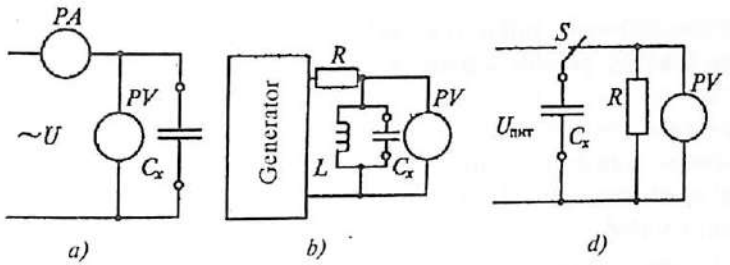
ri orqali tok o'tkazilganda ular qarama-qarshi ishoralarning aylanish momentini vujudga keltiradi, buning natijasida strelkaning holati ramkalardagi tokning nisbatiga bog'liq bo'ladi. Ramkalardan birining zanjiriga rezistor R ulangan, ikkinchisining zanjiriga esa kattaligi aniqlanishi kerak bo'lgan qarshilik R_x ulangan. Logometrning qo'llanilishi shu bilan izohlanadiki, uning ko'rsatishlari ramkalardagi toklarning faqat nisbati bilan aniqlanadi va ta'minlovchi kuchlanish $U_{ta'm}$ ning o'zgarishiga bog'liq bo'lmaydi. Megometr uchun kuchlanish manbai sifatida yoki operatorning qo'li bilan aylantiriladigan induktor, yoki kuchlanishni elektron o'zgartkichli akkumulator batareyasidan foydalaniladi. Bunday ta'minlash sistemasi shu bilan belgilanadiki, bunda asbobning ishlashi uchun 500 V atrofidagi katta kuchlanishlar talab etiladi, chunki undan kam kuchlanishlarda asbob chulg'amlaridagi toklar uning me'yorida ishlashi uchun juda kamlik qilar edi. Avtonom ta'minlash manbaidan foydalanish shu bilan taqozo etiladiki, megometr bilan ko'pincha, kabellarning izolyatsiyasi qarshiligi o'lchanadi; bunda, tabiiyki, ularda kuchlanish uzilgan bo'ladi. Bundan tashqari, uning yordamida ko'pincha, elektr tarmog'i bo'lmagan xonalardan tashqarida o'lchashlar o'tkaziladi.

Kichik qarshiliklarni (1 Om dan kichik) o'lchash, shuningdek, boshqa qarshiliklarni qiymatlarning keng oralig'ida yuqori aniqlikda o'lchash elektr ko'priklar yordamida amalga oshirilishi mumkin. Elektr ko'prik (2.105- *b* rasm) halqali sxema bo'yicha ulangan to'rtta qarshilikdan (ulardan biri R_x o'lchanishi lozim) iborat. Qarshiliklarning har biri ko'prikning yelkasini tashkil etadi. Ko'prikning bir diagonaliga ta'minotning o'zgarmas kuchlanishi $U_{ta'm}$ uzatiladi, ikkinchi diagonaliga o'lchash asbobi — galvanometr P ulanadi. U shkalasining o'rtasida noli bo'lgan yuqori sezgir magnitoelektr asbobdan iborat. Uning vazifasi tok bo'lmaydigan paytni qayd qilishdir. Bunga o'xshash asboblarni ko'pincha, nol-indikatorlar deyiladi. Ko'prik yelkalaridagi bitta yoki ikkita qarshilik o'zgaruvchan qilinadi, aynan shular bilan asbobning nol ko'rsatishlariga erishiladi. Bunda ko'prik balanslangan deb hisoblanadi. Elektr ko'priklar nazariyasining ko'rsatishicha, balans shartiga qarama-qarshi yelkalarning qarshiliklari ko'paytmasi teng bo'lganda, ya'ni $R_1R_x=R_2R_3$ bo'lganda erishiladi. Binobarin, ko'prik balanslangandan so'ng, barcha qarshiliklarning kattaliklarini bilgan holda, noma'lum qarshilikning qiymatini aniqlash mumkin:

$$R_x = \frac{R_2}{R_1}R_3 \quad \text{ёки} \quad R_2 = NR_3,$$

bunda $N=R_2/R_1$ — ko'paytuvchi.

O'zgarmas tok ko'priklari yordamida o'lchash aniqligi juda yuqori bo'ladi. Qarshilikning natijaviy qiymatlari beshdan ortiq qiymatli raqamga ega bo'lishi mumkin. Shu bilan bir vaqtda ko'prik o'lchashlarni operativ amalga oshirishga imkon bermaydi, chunki balanslash jarayoni ma'lum vaqtni va operatorning ko'nikmaga ega bo'lishini talab qiladi.



2.106- rasm. **Sig'imni o'lchash chizmasi**

Sig'imlarni o'lchash. Kondensatorning sig'imini yoki sig'imiy xarakterga ega boshqa qurilmalarning sig'imini aniqlash turli xil usullar bilan ham amalga oshirilishi mumkin. Ulardan eng soddasi ampermetr — voltmetr usulidir (2.106- *a* rasm). U ko'p jihatdan qarshiliklarni o'lchashning xuddi shunday usuliga o'xshash, faqat farqi shundaki, bunda sxema o'zgaruvchan sinusoidal kuchlanishni past yoki yuqori chastotali generatordan (yoki tarmoqdan) oladi. Kondensatorning sig'imiy qarshiligi quyidagi formulaga ko'ra aniqlanadi:

$$x_C = (1/2\pi fC),$$

bu yerda f — o'zgaruvchan kuchlanish chastotasi.

Sig'imiy qarshilik asboblarning ko'rsatishi bo'yicha Om qonuniga ko'ra topiladi:

$$x_C = U/I.$$

Kattaligiga ko'ra kichikroq bo'lgan sig'imlarni o'lchash rezonans usuli bilan amalga oshirish qulayroqdir (2.106- *b* rasm). O'lchanadigan kondensator C_x tebranish konturini vujudga keltirib, ma'lum induktivlik L ga ulanadi. Konturga generatordan sinusoidal kuchlanish uzatiladi. Elektron voltmetr yordamida konturdagi kuchlanish o'lchanadi. Rezonans vaqtida u maksimumga yetadi. Ma'lumki, konturning rezonansli chastotasi quyidagi formula bilan ifodalanishi mumkin:

$$f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC_x}).$$

Demak, konturdagi induktivlikning ma'lum kattaligida va voltmetrning maksimal ko'rsatishlari bo'yicha aniqlangan rezonans chastotasida sig'imning izlanayotgan qiymati C_x ni topish mumkin.

Katta sig'imlarni (masalan, elektrolit kondensatorlar sig'imini) o'lchashni kondensatorni ma'lum qarshilik R ga zaryadsizlantirish yo'li bilan amalga oshirish osondir. Ma'lumki, kondensator zaryadsizlanishi (razryadi) zanjirining o'zgarmas vaqtiga teng vaqtda uning kuchlanishi e marta kamayadi, bunda $e = 2,71...$ — natural logarifmning asosi. Kondensator razryadi zanjirining rezistorga o'zgarmas vaqti

$$\tau = RC$$

munosabat bilan aniqlanadi.

Sig'imni shu usul bilan o'lchash sxemasi (2.106- *d* rasm) rezistor qarshiligi *R* ning, pereklyuchatel *S* ning, elektron voltmetr *PV* ning va kondensatorni ulash klemmalarining kattaligiga ko'ra ma'lum bo'lgan o'zgarmas ta'minot kuchlanishi manbaidan iborat. Pereklyuchatel *S* yordamida kondensator C_x ta'minlash manbai kuchlanishigacha zaryadlanadi, kondensatorni zaryadsizlantirishga ulangandan so'ng sekundomer yordamida kondensator $U_{ta'm}/e$ kuchlanishgacha zaryadsizlanishiga ketadigan *t* vaqt o'lchanadi. Kondensator sig'imi

$$C=t/R$$

formulaga ko'ra aniqlanadi.

Kondensatorlarning sig'imini, shuningdek, o'zgaruvchan tok ko'priklari yordamida o'lchash mumkin.

Induktivliklarni o'lchash ancha qiyin. Bu istagan g'altak, transformator chulg'ami va shu kabilar induktivlikdan tashqari rezistiv qarshilikka ega bo'lishi bilan bog'liq. Shuning uchun ko'pgina hollarda dastlab induktivlik g'altagining to'la qarshiligi o'lchanadi:

$$z=\sqrt{R^2+x_L^2}.$$

U ampermetr va voltmetr uslubi bilan $z=U/I$ o'zgaruvchan kuchlanishdagi sxemaning o'lchov asboblari yordamida kuchlanish va tokni o'lchash yo'li bilan aniqlanishi mumkin (2.107- *a* rasm). Sxemaga o'zgarmas kuchlanish berilganda (2.107- *b* rasm), yuqorida qarab chiqilganidek, *R* g'altakning rezistiv qarshiligini aniqlash mumkin. U holda

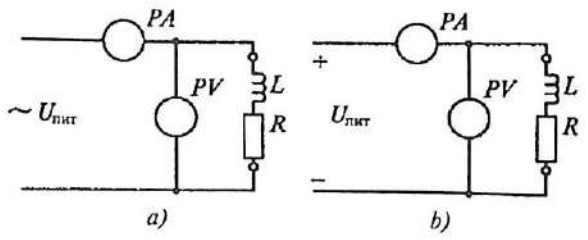
$$x_L=\sqrt{z^2-R^2}.$$

O'z navbatida induktiv qarshilik:

$$x_L=2\pi fL.$$

Ta'minot kuchlanishining chastotasi *f* ning qiymati ma'lum bo'lganda induktivlikning izlanayotgan qiymatini topish oson:

$$L_x=\frac{x_L}{2\pi f}.$$



2.107- rasm. **Induktivlikni o'lchash chizmalari**

Induktivlikning kichik qiymatlarida (masalan, radioelektron qurilmalarning kontur g'altaklarida) rezonans usuli bilan sig'imni aniqlash sxemasiga o'xshash rezonans sxemadan foydalanish mumkin.

Induktivlikni o'lchash uchun, shuningdek, o'zgaruvchan tok ko'priklaridan, faqat induktivlik kattaligini emas, balki g'altakning foydaliligi va g'altakning elektron sxemalarda ishlash sifatini ifodalovchi xarakteristikalarini ham aniqlashga imkon beruvchi maxsus o'lchov asboblari — kumetrlardan foydalanish mumkin.

Elektr zanjirlarda **quvvatni o'lchashni** o'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlari uchun alohida ko'rib chiqqan qulayroqdir.

O'zgarmas tokda quvvatni aniqlash uchun asosiy formulalar quyidagilardir:

$$P=UI;$$
$$P=U^2/R;$$
$$P=RI^2.$$

Keltirilgan formulalarga muvofiq yuklanish *R* ning birorta qarshiligidagi quvvatni uchta usul bilan o'lchash mumkin: voltmetr va ampermetr yordamida (2.108- *a* rasm), faqat voltmetr bilan (2.108- *b* rasm) va faqat ampermetr bilan (2.108- *d* rasm). Barcha hollarda asboblardan ko'rsatishlar olingandan so'ng, xususan, quvvatni aniqlash uchun matematik hisoblashlarni o'tkazish zarur.

Agar quvvatni o'lchash uchun maxsus asbob vattmetrdan foydalanilsa (2.108- *e* rasm), bundan qutulish mumkin. Odatda, sanoatda ishlab chiqariladigan vattmetrlar ferrodinamik asbob asosida tayyorlanadi (2.97- rasm). Vattmetrlarda ikkita chulg'am va mos ravishda to'rtta chiqarish bor. Chulg'amlardan biri tokli bo'lib, u orqali tok yuklanishi o'tadi, undagi sarflanadigan quvvat o'lchanishi lozim, ikkinchi chulg'am — kuchlanish chulg'amidir. U ta'minot manbaiga bevosita ulanadi.

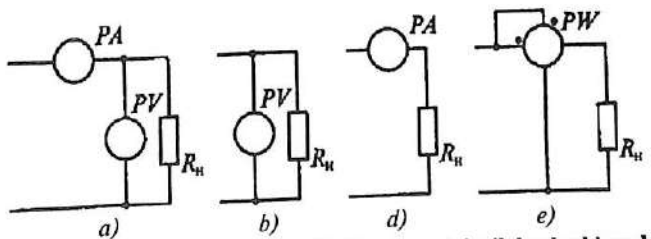
O'zgaruvchan tokda quvvatni o'lchash o'z xususiyatlariga ega. Birinchidan, bu yerda uchta turli xil quvvat mavjud:

to'la quvvat

$$S=UI;$$

aktiv quvvat

$$P=UI\cos\varphi;$$



2.108- rasm. **O'zgarmas tok zanjirlarida quvvatni o'lchash chizmalari.**

reaktiv quvvat

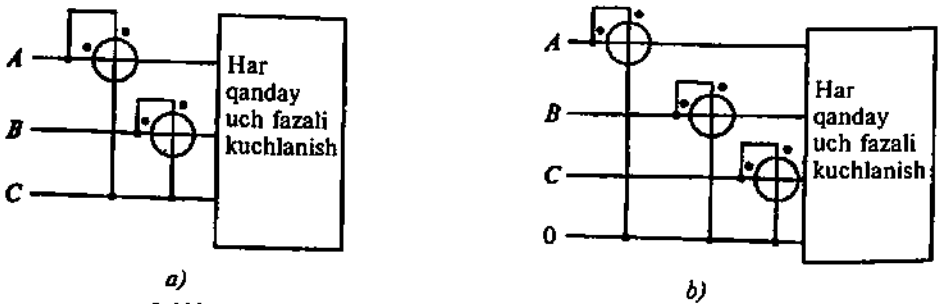
$$Q = UI\sin\varphi.$$

Bu formulalarda φ — tok va kuchlanish o'rtasidagi faza bo'yicha siljish burchagi.

Ko'pincha, to'la va aktiv quvvatlar qiziqish uyg'otadi. To'la quvvatni bilish toklarni yuklanishda hisoblash, simlar va saqlagichlar kesimlarini tanlash uchun zarur. Aktiv quvvat shuning uchun ham muhimki, aynan u yuklanishda issiqlikka, yorug'likka, tovushga va h. k. larga aylanadigan quvvatni ifodalaydi.

To'la quvvatni o'lchash, odatda, kuchlanish va tokni voltmetr hamda ampermetr bilan o'lchab, olingan qiymatlarni ko'paytirib amalga oshiriladi. Aktiv quvvat ko'pincha, ferrodinamik vattmetrlar bilan o'lchanadi, ular kuchlanish va tokdan tashqari quvvat koeffitsienti deb ataluvchi $\cos\varphi$ koeffitsiyentni ham hisobga oladi. Vattmetr chulg'amlari yuklanishga ulanganda, o'zgarmas kuchlanishda bo'lgani kabi vattmetr aktiv quvvatni bevosita o'lchashni amalga oshiradi.

O'zgaruvchan tokda ko'pincha aktiv quvvatni uch fazali zanjirlarda o'lchash masalasini hal etishga to'g'ri keladi. Uch fazali zanjirlar ikki xil bo'lishi mumkin: uch o'tkazgichli va to'rt o'tkazgichli. Uch o'tkazgichli zanjirlarda yuklanishga *A*, *B*, *C* harflari bilan belgilanuvchi uchta sim keltiriladi. Bunday zanjirda aktiv qarshilikni o'lchash uchun yuklanish elementlarini simlarga ulashning istagan variantida faqat ikkita vattmetrni 2.109- rasmda ko'rsatilgandek ulash yetarli. Bunda vattmetrlarni ulashning ma'lum qoidalariga rioya qilish zarur. Vattmetr korpusida yulduzchalar bilan belgilangan uning chulg'amlaridagi chiqish uchlari energiya manbai tomoniga qaratilgan bo'lishi kerak. Shuning uchun ham bu chiqish uchlari generatorniki degan nomni olgan (ular generatordan kelayotgan simlarga ulanadi). Bunday uch fazali sistemaning yig'indi aktiv quvvati ikkita vattmetr ko'rsatishlarining algebraik yig'indisi sifatida topiladi. Bunda bir vattmetrning ko'rsatishlari manfiy bo'lishi, ya'ni strelka chapga tomon ketishi mumkin bo'lgan variant ham uchrashi mumkin. Bunday vattmetrdan



2.109- rasm. **O'zgaruvchan tokda quvvatni o'lchash chizmalari:**
a — uch o'tkazgichli sistema; *b* — to'rt o'tkazgichli sistema.

ma'lumotlarni yozib olish uchun chulg'amlardan istaganiga kelayotgan simlarning o'rinlarini almashtirish, o'lchash natijasini o'qish, lekin formulaga manfiy ishora bilan yozish zarur.

Aktiv quvvatni to'rt o'tkazgichli zanjirlarda o'lchash uchta vattmetrdan foydalanishni talab qiladi. Har bir vattmetrning chiqish uchlaridan biri bu yerda, odatda, nolinchi sim deb ataluvchi to'rtinchi simga ulanadi. Bu yerda hamma vattmetrlarning ko'rsatishlari faqat musbat bo'lishi va uch fazali zanjir iste'mol qiladigan yig'indi aktiv quvvat har bir vattmetr o'lchaydigan quvvatlarning yig'indisiga teng bo'ladi:

$$P_\Sigma = P_1 + P_2 + P_3.$$

Elektr miqdorini o'lchashning eng oddiy usullaridan biri — ballistik galvanometr yordamida o'lchash usulidir. U harakatlanuvchi qismi atayin og'irlashtirilgan (inersiya momenti katta) magnitoelektrik sistemadagi asbobdan iborat (2.95- rasmga qarang). Agar shunday ballistik galvanometrning kirishiga qisqa muddatli kuchlanish impulsi berilsa, u holda asbobning harakatlanuvchi qismi, go'yoki impulsli aylantiruvchi momentni olib, harakatlana boshlaydi, bunda kirish impulsi tugagandan so'ng, bu harakat davom etaveradi va asbob strelkasi inersiya bo'yicha harakatlanib, shkalaning biror qiymatiga og'adi, keyin esa dastlabki nol holatiga qaytadi. Bunday asbobda sanoq sifatida strelkaning «ballistik trayektoriya» bo'yicha harakatlanishi vaqtida kuzatilgan strelkaning nol qiymatdan maksimal og'ishi α_{max} ni belgilash zarur. Bunday ballistik galvanometr nazariyasi shuni ko'rsatadiki, strelkaning maksimal og'ishiga ko'ra bunday sanoq bu asbob ramkasi orqali o'tgan elektr miqdoriga proporsional bo'ladi, ya'ni

$$\alpha_{max} = Q/C_b,$$

bunda C_b — galvanometrning konstruktiv xususiyatlariga bog'liq ballistik doimiy.

Oldindan zaryadlangan kondensatorning qoplamalarida elektr miqdori Q ni o'lchash uni ballistik kondensator orqali zaryadsizlab va uning strelkasining maksimal og'ishiga ko'ra izlanayotgan elektr miqdorini topishni amalga oshirish mumkin:

$$Q = C_b \cdot \alpha_{max}.$$

Elektrotexnik zanjirlarda foydalanish uchun mo'ljallangan yangi qotishmalarni ishlab chiqishda ularning solishtirma qarshiliklarini aniqlash zaruriyati paydo bo'ladi. Solishtirma qarshilik deganda kesimi 1 mm² va uzunligi 1 m bo'lgan o'tkazgichning qarshiligi tushuniladi. Bunday solishtirma qarshilik ρ mos ravishda Om (mm²/m) birliklarida o'lchanadi. Uni o'lchash uchun kesimi uncha katta bo'lmagan o'tkazgich bo'lagi tanlanadi va yuqorida qarab chiqilgan usullarning istalgani bilan uning qarshiligi o'lchanadi. Shundan so'ng hisoblash yo'li bilan bu qarshilikning kattaligi 1 mm² kesimga va 1 m

uzunlikka keltiriladi hamda solishtirma qarshilik qiymati hosil qilinadi. O'lchashda kattaroq aniqlik olish uchun o'tkazgichning uzunligini iloji boricha katta qilib olish kerak.

Ko'pgina izolyatsion materiallar uchun ularning dielektrik singdiruvchanligi ε ni aniqlash ma'lum ahamiyatga ega. Uni o'lchashning eng sodda usullaridan biri bilvosita o'lchash, keyin dielektrik singdiruvchanlik kattaligini hisoblash usulidir. Ma'lumki, bir-biridan δ masofada joylashgan S yuzli ikkita bir xil plastinalardan iborat, plastinalar orasidagi butun fazosi dielektrik bilan to'ldirilgan eng sodda kondensatorning sig'imi

$$C = \varepsilon \frac{S}{\delta}$$

formula bo'yicha aniqlanadi, bu yerda ε — plastinalar orasidagi materialning dielektrik singdiruvchanligi.

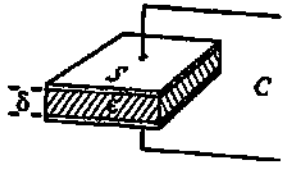
Materialning dielektrik singdiruvchanligini o'lchashni sinalayotgan material plastinalari orasiga joylashtirilgan kondensator yordamida (2.110-rasm), shuningdek, shunday elementar kondensatorning sig'imini yuqorida tavsiflangan usullardan istalgani bilan amalga oshiriladi. Dielektrik singdiruvchanlikning son qiymati

$$\varepsilon = C_0/S$$

formulaga ko'ra aniqlanadi.

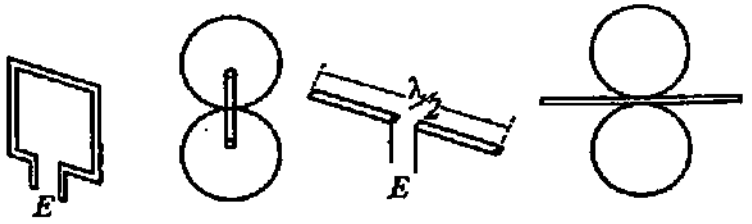
Radioelektronika va mashinasozlik materiallariga yuqori chastotali ta'sir ko'rsatish qurilmalarining rivojlanishi shunga olib keldiki, amalda butun fazo elektromagnit to'lqinlar bilan to'ldi.

Jahonda millionlab uzatuvchi radiostansiyalar ishlaydi, ularning ko'pchiligi ancha ko'p miqdorda quvvat nurlantiradi (masalan, uzoqni aniqlovchi radiolokatsion stansiyalar, eshittiruvchi radiostansiyalar va shu kabilar). Elektromagnit to'lqinlarni baholash uchun ko'pincha, ularning sathini (darajasini) aniqlash zarurati vujudga keladi. Odatda, elektromagnit to'lqinlarning sathi to'g'risida elektr maydonning kuchlanganligi bo'yicha hukm yuritiladi, uning kattaligi analitik jihatdan elektromagnit maydonning quvvati deb sanalishi mumkin. Elektr maydonning kuchlanganligi juda ko'p hollarda ramkali antenna (2.111- rasm) yordamida o'lchanadi, u birorta dielektrikdan yasalgan karkasga o'ralgan yassi g'altakni ifodalaydi. (Rasmda soddalik uchun faqat bitta o'ram tasvirlangan.)



2.110- rasm. **Izolyatsiya materiallari dielektrik doimiysini o'lchash chizmasi**

Bunday antenna yo'nalganligi diagrammasi qabul qilinayotgan nurlanishning maksimumi g'altak o'ramlari tekisligida yotuvchi tomondan kelishini ko'rsatadi. Bu faqat elektr maydon kuchlanganligini o'lchashni amalga oshiribgina qolmay, balki yuqori chastotali nurlanishlar man-



2.111- rasm. **Elektr maydon kuchlanganligini o'lchash**

baiga yo'nalishni ramkaning chiqishida uning vertikal o'qqa nisbatan burilishlaridagi kuchlanishning maksimal kattaligiga ko'ra aniqlashga imkon beradi. Elektr maydon kuchlanganligi ramka chiqishidagi kuchlanishning kattaligiga ko'ra, quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi, V/m:

$$E = \frac{3 \cdot 10^8 U}{2\pi f n S},$$

bunda U — ramka chiqishidagi kuchlanish, V; f — qabul qilinayotgan signalning chastotasi, Gs; n — ramkadagi o'ramlar soni; S — ramkaning yuzi, m².

Odatda: ramkaning geometrik o'lchamlariga maydon kuchlanganligi aniqlanayotgan signalning chastotasiga bog'liq holda ma'lum cheklashlar qo'yiladi. Xususan, 30 MGs dan ortiq chastotalarda, agar ramka antennasi o'rniga o'rtasidan bo'lingan to'lqin uzunligining yarmiga teng uzunlikdagi o'tkazgichdan iborat yarim to'lqinli dipoldan foydalanilsa, yanada aniqroq natijalar olinadi. Dipoldan kuchlanish markaziy qirqilgan qismidan olinadi. Elektr maydon kuchlanganligining qiymatini quyidagi formulaga ko'ra aniqlash mumkin:

$$E = \frac{\pi f U}{3 \cdot 10^8},$$

bu yerda f — chastota, Gs; U — dipolning chiqishidagi kuchlanish, V.

Dipol, xuddi ramka singari signal kelayotgan yo'nalishni aniqlashga imkon beradi, chunki ma'lum bir yo'nalganlikka ega, bu yo'nalganlik diagrammasidan ko'rinadi. Qabul qilinayotgan signallarning maksimum qiymati dipol tekisligiga o'tkazilgan perpendikular bilan aniqlanadi. Televizion antennalar televizion minoraga nisbatan aynan shunday mo'ljallangan.

Ramka yoki dipol chiqishidagi kuchlanishni bevosita kuchli signallarda yoki elektron kuchaytirgichlarni qo'llanib, elektron voltmetr yordamida o'lchash mumkin. Bu holda kuchaytirgichlarning selektiv xossalaridan foydalanib, ma'lum chastotali elektr maydon kuchlanganligi darajasini aniqlash mumkin. Ramka va qisman dipol chiqishidagi signalning darajasi turli manbalardan (uzatkichlardan) qabul qiluvchi qurilmaning joylashishi hududida fazoda mavjud elektromagnit maydonlarning katta sonidan yig'ilishini (qo'shilishini) hisobga olish kerak.

Yuqori chastotali signalning chastotasini aniqlash zarur bo'lganda, agar u kuchli bo'lsa, elektron chastotamerni ramka yoki dipol chiqishiga bevosita

ulab amalga oshirish mumkin. Signallar kuchsiz bo'lganda va kuchaytirgichlardan foydalanilganda ularning chastotaviy sozlanishiga ko'ra ramka yoki dipolda to'g'rilangan signallarning chastotasini aniqlash mumkin, ya'ni xuddi radiopriyomnik shkalasi bo'yicha, odatda, to'lqin uzunligini yoki qabul qilinayotgan stansiyaning chastotasini aniqlash mumkin bo'lgandek.

2.5.3. Magnit kattaliklarni o'lchash metodikasi

Magnit kattaliklarni o'lchash amalda elektr kattaliklarni o'lchashdan kam uchraydi. Turli xil, birinchi navbatda elektrotexnik buyumlarni ishlab chiqishda uchrashi mumkin bo'ladigan sof magnit kattaliklarga, odatda, magnit induksiya B, magnit oqimi Φ va magnit maydon kuchlanganligi N_m kiradi. Bu kattaliklarning hammasi bir-biri bilan funksional bog'langan Vakuum uchun va amalda havo uchun ular orasidagi munosabatlar quyidagicha:

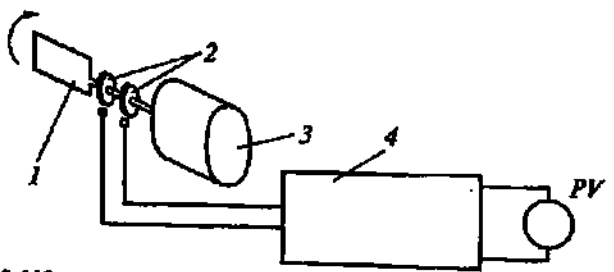
$$B = \mu_0 H_m;$$
$$\Phi = sB,$$

bu yerda $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Gn/m — magnit doimiy; s — magnit oqimi o'tadigan kesim (magnito'tkazgichning kesimi).

Magnit kattaliklarning funksional bog'lanishlari tufayli ulardan birini eksperimental yo'l bilan aniqlash yetarli, qolganlarini esa hisoblash usuli bilan aniqlash mumkin. Ularni o'lchashning juda ko'p xilma-xil usullari mavjud, ko'p hollarda bu maqsadlarda ishlatiladigan asboblar yetarlicha murakkab. Amaliy jihatdan ularning barchasi oldindan magnit kattaliklarni elektr kattaliklarga aylantiradi, keyin esa elektr asboblar yordamida ularni o'lchash amalga oshiriladi.

Magnit induksiyani o'lchaydigan eng sodda asbob — teslometr bo'lib (2.112- rasm), u elektrodvigatel *3* ning valiga mahkamlangan nomagnit material *1* dan yasalgan, ramkaga o'ralgan o'lchash g'altagidan iborat, bunda, elektrodvigatel g'altakni qat'iy o'zgarmas chastota bilan aylantiradi.

Ma'lumki, agar aylanayotgan g'altak orqali magnit oqimi o'tsa, u holda unda shu magnit oqimi qancha katta bo'lsa, shuncha katta eyuk paydo



2.112- rasm. **Magnit induksiyani o'lchash asbobining chizmasi:**
1 — nomagnit materialdan ramka; *2* — kontakt halqalar; *3* — elektrodvigatel vali; *4* — to'g'rilagich

bo'ladi. (Amalda barcha elektrogeneratorlar ana shu prinsip asosida ishlaydi.) Binobarin, g'altakdagi eyukning kattaligiga ko'ra magnit induksiya V ning kattaligi haqida fikr yuritish mumkin.

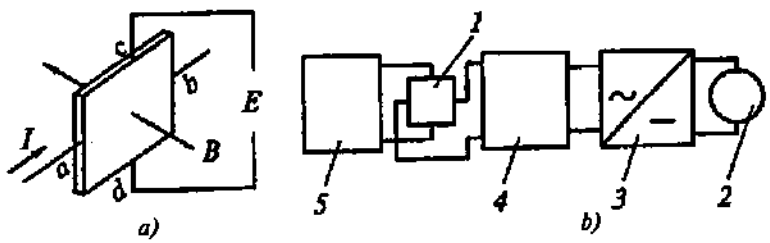
Uni o'lchash uchun dvigatel valining o'qida kontakt halqalar *2* o'rnatiladi. Qo'zg'almas cho'tkalar yordamida g'altakdagi o'zgaruvchan kuchlanish to'g'rilagich 4 ga keladi, uning chiqishidan esa ko'pincha, magnitoelektr sistemadagi elektr asbobiga keladi. Bu asbob magnit induksiya kattaliklarida bevosita darajalanishi mumkin. O'lchov g'altaklarining diametrlari, odatda, 1,5...2,5 mm oraliqlarda yotadi. Kichik diametrli g'altaklar magnitoprovodlarning juda tor havo oraliqlariga sig'ishi mumkin. Qarab chiqilgan asbob yetarli darajada sodda bo'lsa-da, bitta katta kamchiligi bor: harakatlanuvchi qismlari mavjud. Magnit induksiyasini o'lchash uchun Xoll effektidan foydalanadigan asbob bunday kamchilikdan xoli.

Bunday asbobning ishlash prinsipini tushunish uchun Xoll effektining fizikasini qarab chiqish zarur (2.113- *a* rasm). Agar n turidagi yarimo'tkazgichdan tayyorlangan (ya'ni elektron o'tkazuvchanlikka ega) plastina olinsa va a hamda b yoqlariga o'zgarmas kuchlanish berilsa, u holda zanjirda yarimo'tkazgichning erkin elektronlari harakati hisobiga I tok vujudga keladi. Agar bunda yarimo'tkazgichli plastina orqali magnit oqimi o'tsa, u holda bu oqim elektronlar oqimini tomonlardan biriga (magnit oqimining ishorasiga bog'liq holda c yoki d tomonga) surishga harakat qiladi, bu esa c va d yoqlar orasida eyukning paydo bo'lishiga olib keladi. Bu eyukning kattaligi B magnit induksiya bilan

$$E = R_x \frac{IB}{h}$$

munosabat orqali bog'langan, bu yerda R_x — yarimo'tkazgichning materialiga bog'liq bo'lgan Xoll doimiysi; I — zanjirda a va b yoqlar orasidagi tok; B — magnit induksiya; b — yarimo'tkazgichli plastinaning qalinligi.

Agar plastinaga o'zgaruvchan kuchlanish berilsa, u holda boshqa yoqlarda ham o'zgaruvchan eyuk paydo bo'ladi, chunki plastinada tok yo'nalishining o'zgarishi sababli undagi elektronlar oqimi turli tomonlarga og'a boshlaydi.



2.113- rasm. **Xoll effekti (*a*) va unga asoslangan magnit induksiya o'lchagichi:**
1 — Xoll datchigi; *2* — magnitoelektr indikator; *3* — to'g'rilagich; *4* — o'zgaruvchan kuchlanish kuchaytirgichi; *5* — o'zgaruvchan kuchlanishni ta'minlash manbai

Xoll effektiga oid asbobning soddalashtirilgan sxemasi 2.113-b rasmda keltirilgan. U o'zgaruvchan kuchlanish bilan ta'minlash manbai (ko'pincha 1000 Gs atrofidagi chastota bilan), Xoll datchigi *1*, o'zgaruvchan kuchlanish kuchaytirgichi *4*, to'g'rilagich *3* va magnitoelektrik indikator *2* dan iborat. Yarim o'tkazgichli plastinaning qalinligi *1* mm dan oshmagani uchun bunday asbob yordamida magnit induksiyani elektr mashinalarning juda ham tor oraliqlarida aniqlash mumkin.

Yangi elektrotexnik mashinalarni, ya'ni elektr mashinalar, transformatorlar, elektromagnit rele kabilarni ishlab tayyorlashda bu buyumlarda foydalaniladigan ferromagnit materiallarning asosiy xarakteristikalarini aniqlash zarur bo'ladi. Yangi xossaga ega va xarakteristikalari yanada sifatli bo'lgan ferromagnit materiallarning yangi qotishmalarini yaratishda ham xuddi shunga o'xshash vazifalar yuzaga keladi. Bunday xarakteristikalarni aniqlash oddiy jarayon bo'lmay, balki murakkab va qimmatbaho apparatura bo'lishini talab etadi. Ferromagnit materiallarni aniqlashning o'zgaruvchan magnit maydonlarda foydalaniladigan eng oson usuli induksiyaning asosiy egri chizig'idir. Uni aniqlash uchun tekshirilishi lozim bo'lgan materialdan toroidal halqa tayyorlash va unga ikkita chulg'am o'rab tayyorlash zarur. Ulardan biri — birlamchi g'altak — halqa ko'rinishidagi o'zakda magnit oqimini vujudga keltirish uchun xizmat qiladi (2.114- rasm). Agar bu chulg'amdagi tok I o'lchansa va undagi o'ramlar soni W_1 bilib olinsa, u holda magnit maydon kuchlanganligi amplitudasining qiymatini

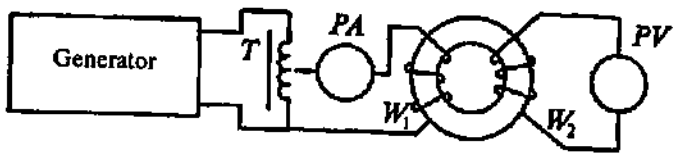
$$H_m = \frac{\sqrt{2}IW_1}{l_{o'rt}}$$

formula bo'yicha aniqlash mumkin, bunda I — birlamchi g'altakdagi o'zgaruvchan sinusoidal tokning amaldagi qiymati, $l_{o'rt}$ — magnito'tkazgich magnit liniyasining o'rtacha uzunligi.

Yanada aniqroq natijalar olish uchun birlamchi g'altak toroidal magnitoprovodning butun uzunligi bo'yicha bir tekis sim o'rab chiqiladi. O'ramlari soni W_2 bo'lgan ikkilamchi chulg'am magnitoprovodning istagan qismida ixcham joylashadi. Bu chulg'amdagi kuchlanish U_2 ni o'lchash toroidal o'zakda magnit induksiyaning maksimal amplituda qiymatini aniqlashga imkon beradi:

$$B_m = \frac{U_{2o'rt}}{4fW_2S},$$

bunda $U_{2o'rt}$ — ikkilamchi g'altakdagi kuchlanishning o'rtacha qiymati; W_2 — ikkilamchi chulg'amdagi o'ramlar soni; S — toroidal magnito'tkazgich kesimi.



2.114- rasm. **Magnitlashning dinamik egri chizig'ini olish chizmasi.**

Magnitlanishning yuqorida tavsiflangan dinamik egri chizig'ini olish sxemasi 2.114- rasmda keltirilgan. Unda sinusoidal kuchlanish manbai, birlamchi chulg'amda tokni rostlash uchun avtotransformator, toroidal o'zak, ikki chulg'am bilan va ikkita o'lchov asbobi: ampermetr va voltmetr ko'zda tutilgan. Oxirgi o'lchov asboblari quyidagi mulohazaga ko'ra tanlab olinishi kerak: ampermetr tok kuchining amaldagi qiymatlarini o'lchasin, voltmetr esa o'zgaruvchan kuchlanishning o'rtacha qiymatini o'lchasin. Sxemada faqat ikkita asbob foydalanilgani uchun bu usulning o'zi ampermetr va voltmetr usuli deb nomlandi. O'zgaruvchan kuchlanish generatorining chastotasi taxminan sinalayotgan materialdan qilingan buyumlarda qanday foydalanilsa, xuddi shunday bo'ladi. Agar u sanoat chastotasida ishlasa, u holda ta'minlash manbai sifatida odatda 50 Gs chastotali sanoat (shahar) tarmog'idan foydalaniladi.

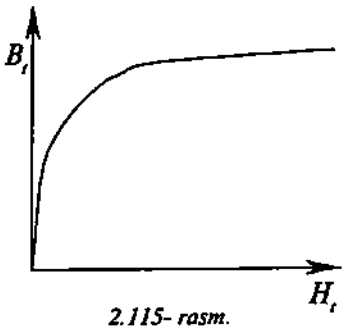
Xarakteristikani olish jarayoni birlamchi chulg'amdagi tokni ketma-ket oshirib berishdan va ampermetr hamda voltmetr ko'rsatishlarini yozib borishdan iborat. Bu qiymatlarni magnit maydon kuchlanganligi va magnit induksiya kattaliklariga qayta hisoblangandan so'ng tegishli $R_m = f(H_m)$ bog'lanish yasaladi, uning ko'rinishi 2.115- rasmda keltirilgan. Hosil qilingan qiymatlar, shuningdek amplitudali magnit singdiruvchanlikning absolut qiymatini aniqlashga imkon beradi:

$$\mu_m = R_m / H_m.$$

Zarur bo'lganda turli hisoblashlarda foydalaniladigan $m_m = f(H_m)$ bog'lanishni shunga o'xshash yasash mumkin.

Hisoblashlarda ko'pincha berilgan materialning magnit singdiruvchanligi vakuumning magnit singdiruvchanligidan necha marta katta ekanini ko'rsatuvchi nisbiy magnit singdiruvchanlik bilan qiziqishadi:

$$\mu_r = \mu_m / \mu_0.$$



2.115- rasm.
Magnitlanganlikning dinamik egri chizig'i

Magnit materiallarni tadqiq etish o'lchashlar va boshqa parametrlarni o'tkazishni talab etadi, ammo ular ko'pchilik hollarda murakkab, faqat maxsus laboratoriyalarda, ba'zan yagona nusxada yaratiladigan noyob apparatura bilan qo'llaniladi va shuning uchun ham bu usullarning tavsiflarini asosan fizika sohasidagi adabiyotlarda topish mumkin.

Nazorat savollari

1. Elektr o'lchov asboblarining qanday asosiy sistemalari mavjud?
2. Kuchlanishni o'lchash uslubi elektr yurituvchi kuchni o'lchash uslubidan nima bilan farq qiladi?
3. Voltmetrga qo'shimcha rezistor va ampermetrga shunt, ularning o'lchash chegaralarini kengaytirish uchun qanday ulanadi?
4. Havoda magnit induksiyani o'lchash uchun o'lchov asbobi qanday prinsip asosida ishlaydi?
5. O'lchashning kompensatsion uslubi prinsipi nimadan iborat va u qayerda qo'llaniladi?

2.6. OPTIK NURLANISH KATTALIKLARINI O'LCHASH

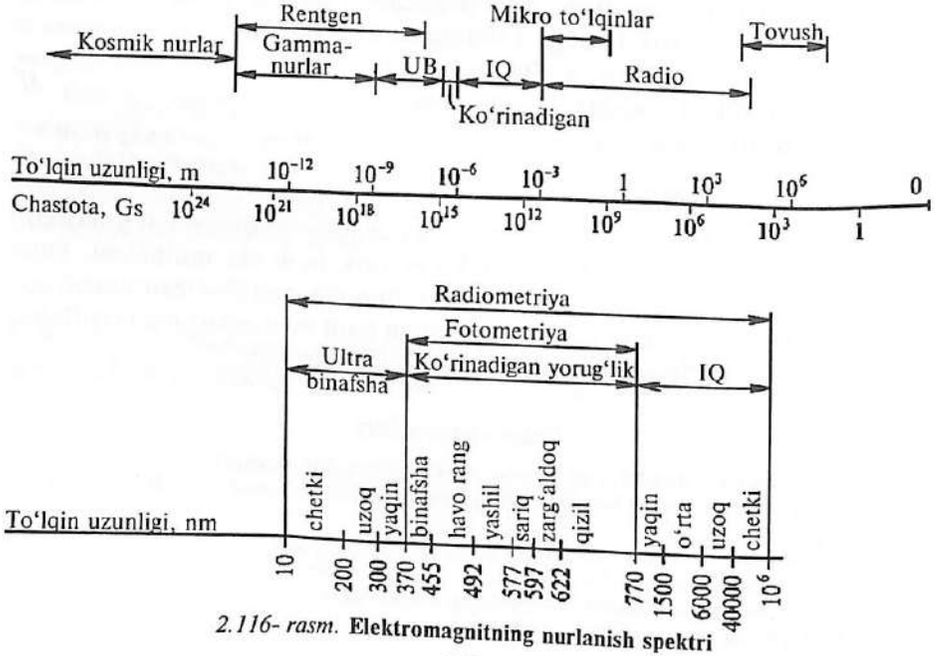
2.6.1. Asosiy tushunchalar

Optik nurlanish kattaliklarini o'lchash, nazorat qilish, baholash metrologiyaning eng keng tarqalgan yo'nalishlaridandir. Inson tomonidan ko'z singari o'lchash va nazorat qilishning optik vositasidan kunda foydalanish unga turli xil tabiiy hodisalarni, buyumlarni va jarayonlarni baholashga, payqashga, ajrata olishga, yorug'lik texnikasi parametrlarini va h.k.larni aniqlashga imkon beradi. Optik nurlanish parametrlarini aniqlashda texnik vositalardan foydalanish, ko'zning elektromagnit nurlanishlarni qabul qilish va o'lchash imkoniyatlarini kengaytiradi.

2.116- rasmda hozirgi zamon faniga ma'lum bo'lgan elektromagnit nurlanishning to'liq spektri ko'rsatilgan. Optik nurlanish spektrning juda oz qismini tashkil etadi, ko'rinadigan nurlanish esa uning yana ham kichik qismini tashkil etadi.

Optik spektr 10 dan 10^6 nm (nonometr) gacha oraliqqa cho'zilgan va uchta asosiy sohaga bo'linadi: ultrabinafsha (UB), ko'rinadigan va infraqizil (IQ).

Spektrning ko'rinadigan sohasi 370 dan 770 nm (0,37...0,77 mkm) gacha to'lqin uzunliklari oraliqlarida yotadi. Bunday to'lqin uzunlikdagi nurlanishlarni o'rtacha ko'rish qobiliyatiga ega bo'lgan odam ko'zi ko'radi. Bu soha, o'z navbatida, standart kuzatuvchi idrok qilishi (ko'rishi) mumkin bo'lgan ranglarga bo'linadi Spektrning ko'rinadigan sohasidagi asosiy ranglar quyidagilar: bi-



2.116- rasm. **Elektromagnitning nurlanish spektri**

nafsha (370...455 nm), ko'k (havo rang) (455...492 nm), yashil (492...577 nm), sariq (577...597 nm), to'q sariq (597...622 nm), qizil (622...770 nm).

Barcha turdagi elektromagnit to'lqinlarning erkin fazoda tarqalish tezligi, shu jumladan, yorug'lik to'lqinlarining tezligi ham o'zgarmas bo'lib, taxminan $2{,}99 \cdot 10^8$ m/s ga teng.

Nurlanishning turli xillariga turlicha chastotalar mos keladi, binobarin,

$$f = c/\lambda$$

bog'lanishga muvofiq turlicha to'lqin uzunliklari ham mos keladi, bu formuladagi f — chastota, Gs; s — yorug'lik tezligi; λ — to'lqin uzunligi, m.

Odatda, yorug'lik dastasi bir qator chastotali nurlanishlarga ega, ammo agar u bir chastotali yoki amalda juda tor chastotalar oralig'ini egallasa, bunday dasta monoxromatik dasta deyiladi. Agar, bundan tashqari, dastani tashkil etgan ayrim to'lqinlar bir-biri bilan bir fazoda joylashgan bo'lsa, u holda ular kogerent to'lqinlar deyiladi.

Elektromagnit maydon tebranishlari yorug'lik dastasining tarqalish yo'nalishiga perpendikular tekislikda yuz beradi. Odatda, tebranishlar bu tekislikda turli xil yo'nalishlarda yuz beradi. Bunday yorug'lik *qutblanmagan yorug'lik* deyiladi. Agar dastani maydon tebranishlari faqat bitta yo'nalishda tarqalish yo'nalishiga perpendikular tekislikda yuz beradigan qilib almashtirsak, u holda yorug'lik chiziqli qutblangan bo'lib qoladi.

Agar yorug'lik ikki muhitni ajratuvchi chegara orqali o'tsa va bunda yorug'likning tushish burchagi 90° ga teng bo'lmasa, dastaning yo'nalishi o'zgaradi. Bu hodisa *yorug'likning sinishi* deyiladi. Muhitning sindirish ko'rsatkichi tushish va sinish burchaklari sinuslarining nisbati bilan aniqlanadi va materialning tarkibiga hamda yorug'lik to'lqinining uzunligiga bog'liq holda 1 dan 3 gacha o'zgaradi.

Yorug'lik dastasi tekislikka tushganda yorug'likning bir qismi qaytadi, bir qismi yutiladi, yana bir qismi esa muhit orqali o'tadi. Qaytish va yutilish koeffitsientlari sirtning xossalari va tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligiga bog'liq holda o'zgaradi. Masalan, qaytish koeffitsienti 98% dan (magniy oksidi bilan qoplangan tekislik uchun) kamida 1% gacha (qurum bosgan sirt uchun) qiymatlarni qabul qilishi mumkin. Yutilish koeffitsienti, shuningdek, deyarli 0% dan (sof kvars shisha uchun) to 99% dan ortiqroqqacha (qurum uchun) o'zgarishi mumkin.

Yorug'likning turli xil muhitlarda tarqalishida uning tezligi va intensivligi muhitning xarakteristikasi hamda nurlanishning to'lqin uzunligiga bog'liq holda o'zgaradi. Masalan, kondensatsiyalangan muhitlarda tezlik havodagidan kam. Yorug'lik tezligining to'lqin uzunligiga bog'liq holda o'zgarishi *dispersiya* deb ataladi. Yorug'likning bir qismi sochiladi va bir qismi yutiladi, bunda, yutilgan yorug'lik issiqlikka aylanadi.

O'tkazish koeffitsienti muhitning sirtiga tushayotgan yorug'likning ma'lum bir qismining muhit ichiga o'tishi hodisasini ifodalaydi. Real muhitlarda yorug'likning o'tish chuqurligi 0 dan 75% gacha o'zgaradi.

Istalgan muhit uchun qaytgan, yutilgan va o'tgan yorug'lik qismlari nisbatlarining yig'indisi bir xil kattalik bo'lib, u birga teng.

Hamma to'lqin uzunliklarini o'z ichiga olgan optik nurlanishning kattaliklarini o'lchash *radiometriya* deb ataladi (2.116- rasmga qarang), ko'rinadigan yorug'likning parametrlarini u hosil qilgan ko'rish sezgisiga ko'ra o'lchash *fotometriya* deyiladi. Fotometrik o'lchashlar inson ko'zi asosiy sezgir element hisoblangan sohalarda qo'llaniladi. Fotometriyada turli prinsiplardan, usullardan va uslublardan, shuningdek, optik nurlanishning ko'rinadigan spektrining parametrlarini aniqlash uchun asboblar va o'lchash uslublaridan foydalaniladi.

2.6.2. Optik yorug'lik kattaliklar va ularning birliklari

Radio va fotometrik sistemalarda qo'llaniladigan o'lchov birliklari 2.26-jadvalda keltirilgan.

Yorug'lik o'lchovlarining asosiy kattaligi yorug'lik kuchi J hisoblanadi. U nuqtaviy manba nurlayotgan energiya bilan ifodalanadi va kandela (Kd) da yoki lumen taqsim steradian (lm/sr) da o'lchanadi.

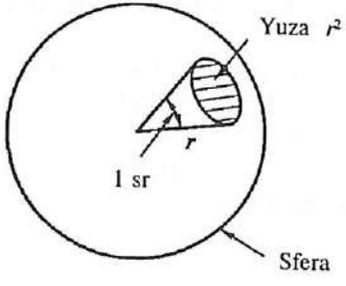
Nuqtaviy manba tushunchasi shartli hisoblanadi, chunki manbalardan birortasi ham amalda nuqtaviy bo'lmaydi. Biroq, agar manbaning diametri nurlanish manbaidan qabul qilgichgacha bo'lgan masofaning 0,1 qismidan kichik bo'lsa, uni nuqtaviy deb hisoblash mumkin, deb qabul qilingan edi.

Kandela $540 \cdot 10^{12}$ Gs chastotali monoxromatik nurlanish chiqaruvchi manbaning berilgan yo'nalishdagi yorug'lik kuchiga teng bo'lib, uning bu yo'nalishdagi yorug'ligining energetik kuchi 1/683 Vt/sr ni tashkil etadi.

Fotometrik sistemada quvvatning asosiy birligi — lumen (lm). U *yorug'lik oqimi* (φ_v) deb ataladi. Lumen — nuqtaviy manbaning 1 kd yorug'lik kuchida 1 sr jismoniy burchakda chiqarayotgan yorug'lik oqimi.

Steradian (sr) — sferaning sirtida r^2 yuzani kesib oluvchi, uchi radiusi r ga teng sferaning markazida bo'lgan jismoniy burchak o'lchovi (2.117- rasm).

Nurlanishning *yorug'lik energiyasi — bu* yorug'lik to'lqinning lumen-sekund (lm · s) hisobidagi energiyasi. Lumen-sekund — 1 lm yorug'lik oqimida 1 s davomida chiqariluvchi yoki nurlanuvchi yorug'lik energiyasi.



2.117- rasm. **Steradian**

Sirtga tushayotgan yorug'lik energiyasining zichligi *yoritilganlik* (E_v) deyiladi va luks hisobida (lk) o'lchanadi. Luks — 1 lm ga teng nurlanishning 1 m² yuzali sirtga tushayotgan yorug'lik oqimida shu sirtning yoritilganligidir. Tabiiy yoritish sharoitida yoritilganlik qiymatlariga misollar sifatida quyidagilarni keltirish mumkin (lk):

2.26- jadval

Radio va fotometrik birliklar

Parametr	Radiometrik birliklar			Fotometrik birliklar			
	Belgisi	Fizik kattalik	Birlikning nomi (belgilanishi)	Belgisi	Fizik kattalik	Birlikning nomi (belgilanishi)
Nurlanish energiyasi	—	Nurlanish energiyasi	Joul (J)	—	Yorug'lik energiyasi	Lumen-sekund (lm·s)
Vaqt birligidagi nurlanish energiyasi	φ_e	Nurlanish oqimi, nurlanish quvvati	vatt (Vt)	φ_e	Yorug'lik oqimi	Lumen (lm)
Birlik jismoniy burchakda nuqtaviy manbadan chiqayotgan energiya	I_e	Yorug'likning energetik kuchi (nurlanish kuchi)	vatt taqsim steradian (Vt/sr)	J	Yorug'lik kuchi	Kandela (kl) yoki lumen taqsim steradian (lm/sr)
Sirtda nurlanish oqimi (berilgan yo'nalishda)	L_e	Energetik ravshanlik (nurlilik)	vatt taqsim steradian kvadrat metr (Vt/sr·m²)	L_v	Ravshanlik	Kandela, taqsim kvadrat metr (kg/m²)
Sirt birligiga tushayotgan nurlanish oqimi	E_e	Energetik yoritilganlik (nurlanganlik)	vatt taqsim kvadrat metr (Vt/m²)	E_v	Yoritilganlik	Luks (ms)
Sirt birligidan chiqayotgan nurlanish oqimi	M_e	Energetik yorituvchanlik (nurlanuvchanlik)	vatt taqsim kvadrat metr (Vt/m²)	M_v	Yorituvchanlik	Lumen taqsim kvadrat metr (lm/m²)

Ravshan quyosh yorug'ligi ..... 10^5
Bulut orasidan o'tgan quyosh nuri ..... 10^3
Quyosh botishi ..... 10^1
Oy yorug'ligi ..... 10^{-1}
Yulduzlar yorug'ligi ..... 10^{-3}

Sirtdan tarqaluvchi, undan o'tuvchi yoki unga berilgan yo'nalishda tushuvchi yorug'likning intensivligini baholash uchun manbaning ravshanligi (α_o) tushunchasi kiritilgan. Fotometrik ravshanlikni kandela taqsim kvadrat metrlarda (kd/m²) o'lchanadi. Kandela taqsim kvadrat metr — yorug'lik kuchi 1 kd bo'lganda sirtga perpendikular yo'nalishida 1 m² yuzali bir tekis yoritilgan yassi sirtning ravshanligidir (etalon nurlantirgich).

Turli xil manbalar ravshanligining taxminiy darajalari (kd/m²):

Atom bombasi portlashi ..... $2 \cdot 10^{12}$
Chaqmoq ..... $7 \cdot 10^{10}$
Ko'mirli yoy ..... $2 \cdot 10^7$
Quyosh, Yerdan turib ..... $2 \cdot 10^4$
Luminessent lampa ..... $7 \cdot 10^3$
Oy, Yerdan turib ..... $3 \cdot 10^3$

Sirt nurlantiradigan energiya *yorituvchanlik* deyiladi. U birlik sirt nurlantirayotgan yorug'lik oqimidan iborat va lumen taqsim kvadrat metr (lm/m²) bilan o'lchanadi.

2.6.3. Fotometrik o'lchashlarning tamoyillari

Optik nurlanish kattaliklarini o'lchash va nazorat qilishning turli xil vositalarini o'lchash va yasash asosida yotadigan yorug'lik texnik o'lchamlarning asosiy tamoyillari sifatida fiziologik va fizik tamoyillar qarab chiqiladi.

Yorug'lik texnik o'lchashlarning fiziologik tamoyillari. Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, elektromagnit nurlanish 370...770 nm to'lqin uzunliklari oraliqlarida fotometrik baholanadi, ya'ni inson ko'zi sezgirligining fiziologik taqsimlanishiga muvofiq baholanadi.

Ko'zning to'rpardasi turli xil retseptor elementlardan (kolbacha — kunduzi ko'rish uchun va tayoqchalar — kechasi ko'rish uchun) iborat bo'lgani uchun uning nurlanish to'lqin uzunliklariga nisbatan spektral sezgirligi turlichadir. Ko'zning kunduzgi ko'rishdagi maksimal spektral sezgirligi 555 nm to'lqin uzunligiga mos keladi, g'ira-shira (kechasi) vaqtlardagi spektral sezgirligi 507 nm to'lqin uzunligiga mos keladi.

Ko'zning sezgirligidan tashqari yorug'lik texnik o'lchashlarning fiziologik prinsiplari (tamoyillari) sifatida quyidagilar qabul qilinadi: adaptatsiya (moslashish), kontrast (keskin) sezgirlik, ko'rib idrok qilish inersiyasi, ravshanlikni sezish, rangni sezish, bir vaqtli rang kontrasti va boshqalar.

K o ' z a d a p t a t s i y a s i hodisasi shundan iboratki, yorug'likka adaptatsiyalangan ko'zga go'yoki bir xil och rangda bo'lib tuyulgan har xil

bo'lgan sirtlar ravshanligi bo'yicha farqlanadi. Agar u 3 kd/m² dan past qiymatlarni qabul qilsa, rangni idrok qilish yo'qoladi. Spektrning qisqa to'lqinli oraliqlaridagi ranglarga (yashil, ko'k, binafsha) bo'yalgan sirtlar spektrning uzun to'lqinli oraliqlaridagi ranglarga (sariq, to'q sariq, qizil) bo'yalgan sirtlarga qaraganda ochroq ko'rinadi.

Och-to'qni ajratishning mezoni k o n t r a s t s e z g i r l i k hisoblanadi. Turli xil ravshanlikka ega bo'lgan yonma-yon joylashtirilgan ikkita maydonni kuzatganda, ularning farqi ma'lum bir chegara (ostona) kattalikka yetgandagina ular idrok qilinadi. Ravshanliklarning (0,6...60) 10^3 kd/m² oraliqlarida kontrast sezgirlikning qiymati taxminan doimiy bo'lib qoladi.

K o ' r i b i d r o k q i l i s h i n e r s i y a s i shu bilan ifodalanadiki, bunda ko'z qisqa muddatli, davriy va uzoq vaqt oraliqlaridan keyin yuz beradigan yorug'lik qo'zg'atuvchi sabablarni idrok qiladi. Yorug'lik qo'zg'atuvchi sabablar navbatma-navbat kelganda yarqirash vujudga keladi. Chegaraviy chastota 20 Gs dan ortuvchi chastotada doimiy ravshanlikni idrok qilish vujudga keladi, undan keyingi chastota ortishida u o'zgarmaydi.

R a v s h a n l i k n i s e z i s h. Ko'z to'rpardasining qo'shni qismlariga tushayotgan ikkita bir xil dasta turli xil ravshanlik sezgisini uyg'otadi. Bu subyektiv ravshanlik dastaning markaziy holatida eng katta va dastaning ko'z o'qidan masofasi ortishi bilan kamayib borishga moyil.

R a n g n i s e z i s h. Ko'z to'rpardasining qo'shni qism (uchastka)lariga tushayotgan ikkita bir xil monoxromatik dasta, agar qorachiqning o'rtasidan yoki chetidan o'tsa, turli xil rang sezgilarini vujudga keltiradi. Bundan tashqari rang sezgilarining farqlanishi kuzatishning davomiyligiga bog'liq.

B i r v a q t d a y u z b e r a d i g a n r a n g k o n t r a s t i — bu ko'rish kontrasti bo'lib, u yorug' obyekt qorong'i fonda yanada yorug'roq tuyulganda, aynan bir xil rang esa uni o'rab turgan fonning rangiga bog'liq holda turli tusga ega bo'ladi.

Fotometrik o'lchashlarning fizik tamoyillari. Fotometrik o'lchashlar va fotoelektron o'zgartkichlarni yasashning asosiy fizik tamoyillari quyidagilardir: tashqi fotoeffekt, ichki fotoeffekt, berkituvchi qatlamli fotoelementlarda fotoeffekt, termorezistiv effekt, termoelektrik effekt va bir qator boshqa effektlar.

T a s h q i f o t o e f f e k t fotonlar emissiyasiga asoslanadi (2.118- *a* rasm). Alohida fotonlardan tashkil topgan yorug'lik yorug'sezgir metall qatlami (fotokatod) *3* ga tushadi. Har bir foton energiyaga ega:

$$E = h\nu,$$

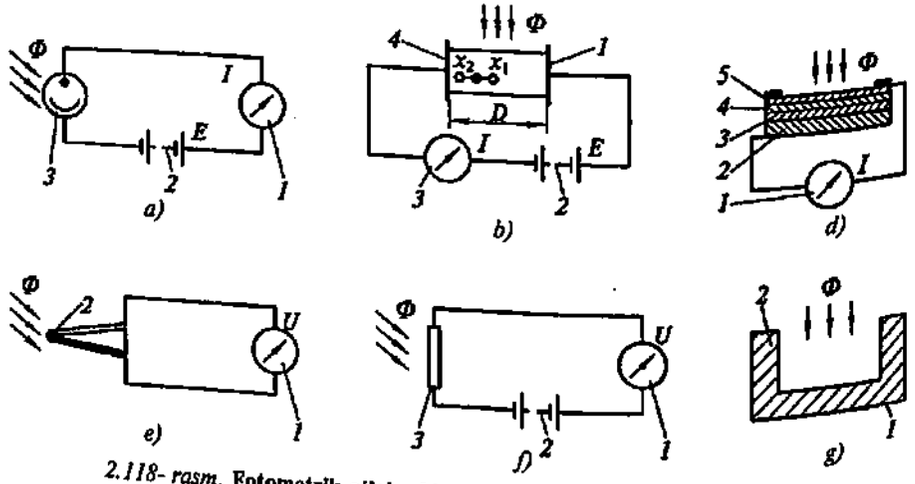
bu yerda $h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ J · s — Plank doimiysi; ν — nurlanish chastotasi.

Tashqi fotoeffekt energiyasi boshlang'ich kinetik energiyadan iborat elektronlarning chiqishini vujudga keltiradi. Erkin elektronlar musbat anod kuchlanishi bilan kuchlanish manbai *2* yordamida anodga tomon yo'nalish bo'yicha tezlashtiriladi va tashqi zanjirda ampermetr *1* yordamida

baholanadigan elektr tokini vujudga keltiradi. Bu zanjirda tok kuchining qiymati yorug'lik-texnik kirish kattaligi o'lchovi hisoblanadi.

Tashqi fotoeffekt fotoelementlarda va fotoko'paytirgichlarda foydalaniladi. Ularning asosiy metrologik xarakteristikalari (tavsiflari), prinsipial (asosiy) sxemalari, afzalliklari va kamchiliklari 2.27- jadvalda keltirilgan. Jumladan, gaz to'ldirilgan elementlarning o'lchash chegaralari 10...10^4 lm ni, ularning sezgirligi 10^{-5} A/lm ni tashkil etadi. Ular yuqori sezgirlikka ega, biroq ularning faoliyat ko'rsatishi uchun qo'shimcha kuchlanish zarur bo'ladi. Fotoko'paytirgichlar uchun o'lchash chegaralari juda yuqori 10^{-3} A/lm sezgirlikda va ishlab ketish inersionligi 10^{-3} s bo'lganda 10^{-3}...10 lm qiymatlar hisoblanadi. Qo'shimcha yuqori kuchlanishning (1 kVt dan ortiq) mavjud bo'lishi zarurligi fotoko'paytirgichlarning qo'llanish sohasini cheklaydi.

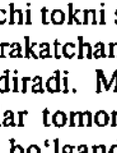
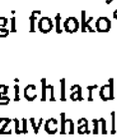
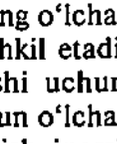
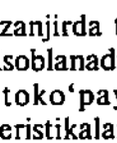
Ichki fotoeffekt yoki yarimo'tkazgichlarda fotoeffekt yarimo'tkazgichlarda va izolatorlarda fotoo'tkazuvchanlik hodisasiga asoslangan (2.118- *b* rasm). (x_1, x_2) yorug'likni yutishda bo'shaydigan fotoelektronlar yarimo'tkazgichda qoladi va birlamchi tokni shakllantiradi. Ular xususiy harakatchanligi fotoelektronlarning harakatchanligidan kichik bo'lgan musbat fazoviy zaryadlar «teshiklar» qoldiradi. Musbat fazoviy zaryadni to'ldirishda elektronlar *1* va *4* elektrodlar tomonidan «tortib» olinadi. Ma'lum miqdordagi «teshiklar» paydo bo'lganda ikkilamchi fotooqim yuzaga keladi, uni ampermetr *3* qayd etadi.



2.118- rasm. **Fotometrik o'lchashlarning fizik prinsiplari chizmalari:**
a — tashqi fotoeffekt (*1* — ampermetr; *2* — kuchlanishlar manbai; *3* — fotoelektron fotoelektr o'zgartkich); *b* — ichki fotoeffekt (*1* va *4* — elektrod; *2* — kuchlanish manbai; *3* — ampermetr; D — elektrodlar orasidagi masofa; x_1, x_2 — musbat yoki manfiy zaryadning siljishi); *d* — berkituvchi qatlamli fotoelementlarda fotoeffekt (*1* — ampermetr; *2* — elektrod; *3* — r-qatlam; *4* — n-qatlam; *5* — elektrod); *e* — termoelektr harakatlantiruvchi kuch effekti (*1* — voltmetr; *2* — kontakt joyi); *f* — termorezistiv effekt (*1* — voltmetr; *2* — kuchlanish manbai; *3* — bolometr); *g* — optik zichlikning o'zgarishi (qorayishi) (*1* — gardishi; *2* — tarkibi; bromli kumush — jelatin)

2.27- jadval

Fotoelektron o'zgartkichlarning asosiy metrologik xarakteristikalari

Xarakteristikalar	Tashqi fotoeffekt		Ichki fotoeffekt				Berkitib turuvchi qatlamli element
	Gaz to'ldirilgan fotoelement	Fotoko'paytirgich	Fotoelement	Fotodiod	Fototranzistor	Fotorezistor	Fotoelement
							
O'lchash chegaralari, lm	10^1...10^4	10^{-3}...10^{-1}	10^1...10^9	10^2...10^9	10^{-1}...10^6	10^{-2}...10^5	10^1...10^9
Sezuvchanlik, A·lm^{-1}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-2}	10^{-1}	10^3	10^{-4}
Inersionlik, c	10^{-4}	10^{-8}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-4}	10^{-8}	10^{-2}
Afzalliklari	Sezgirligi yuqori	Sezgirligi juda ham yuqori	Qo'shimcha kuchlanishning yo'qligi	Inersionlikning yo'qligi	Sezgirligi	Yuqori	Qo'shimcha kuchlanishning yo'qligi
Kamchiliklar	Qo'shimcha kuchlanish	Qo'shimcha yuqori kuchlanish (>1kV)	Inersionligi yuqori	Qo'shimcha kuchlanish			Inersionligi yuqori

Elektronlar yetarlicha uzatilmaganda fotoo'tkazuvchanlik pasayadi va fotoelektrik charchoqlik paydo bo'ladi, u tushayotgan nurlanishning intensivligi ortishi bilan va nurlanishning to'lqin uzunligiga bog'liq ravishda kuchayadi.

Ichki fotoeffekt fotoelementlarda, fotodiodlarda va fotorezistorlarda foydalaniladi. Ularning asosiy metrologik xarakteristikalari, prinsipial sxemalari, afzalliklari va kamchiliklari 2.27-jadvalda keltirilgan.

Berkitib turuvchi qatlamli fotoelementlarda foto-effekt metallyarimo'tkazgich sistemasida vujudga keladi (2.118-*d* rasm). Material va yarimo'tkazgich orasida unipolyar zaryadlangan berkitib turuvchi qatlam bo'ladi. Metall yarimo'tkazgichga tekkanda elektronlar metallning o'tkazuvchi qatlamidan yarimo'tkazgichga o'tadi va akseptorlarda to'planadi. Metallga tekkan qismida musbat zaryadlarning ko'p bo'lishi, yarimo'tkazgichda esa manfiy zaryadlarning ko'p bo'lishi kuzatiladi. Bu elektr maydon elektronlar va «teshiklar»ning bundan keyingi ko'chishiga to'sqinlik qiladi.

Yorug'lik manfiy berkitib turuvchi qatlamga tushganda erkin fotoelektronlar paydo bo'ladi. Ular yarimo'tkazgichning o'tkazuvchi qatlami orqali metallga o'tadi va musbat fazoviy zaryadni kompensatsiyalaydi. Shu bilan bir vaqtda hosil bo'ladigan «teshiklar» yarimo'tkazgichdagi manfiy zaryadni kompensatsiyalaydi.

Yarimo'tkazgichning ikkinchi tomoni metall qatlami bilan chegaradosh. Bu yerda bo'lgan berkitib turuvchi qatlam nurlanmaydi va buzilmagan holda qoladi. Buzilgan va buzilmagan berkitib turuvchi qatlamlar orasida fotokuchlanish vujudga keladi. Agar plastina — asos va yopma (ustki) qatlam bir-biri bilan birlashtirilgan bo'lsa, u holda tashqi zanjirda elektr tok paydo bo'ladi. Tok kuchi sistema kirishida yorug'lik oqimining o'lchovi bo'ladi.

Berkitib turuvchi qatlamli fotoelementlarda fotoeffekt o'lchash chegaralari 10 dan 10^8 lm gacha, sezgirligi 10^{-4} A/li bo'lgan fotoelementlarni tayyorlashda foydalaniladi. Ular yuqori inersionlikka ega (10^{-2} s gacha). Bunday fotoelementlarning afzalligi shundaki, ular qo'shimcha kuchlanish manbaini talab etmaydi (2.27-jadvalga qarang).

Termoelektr yurituvchi kuch effekti. Termoelektrik fotoo'zgartkichlarda (2.118-*e* rasm) kontakt joyi *2* qorayadi, u tushayotgan nurlanishni yutadi. Buning natijasida kavsharlangan uch temperaturaning o'zgarishi tushayotgan nurlanishga proporsional. Yagona konturga bog'langan ikki turli xil o'tkazgichlarning ulanish joylari temperaturalarining teng emasligi potensiallar ayirmasini vujudga keltiradi, u temperaturalar farqining, binobarin, nurlanish kattaligining ham o'lchovi bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Termorezistiv effekt 2.4.1-bo'limda qarab chiqilgan edi, u shundan iboratki, tushayotgan nurlanish ingichka metall simni yoki ingichka metall tasmani (2.218-*f* rasm) isitadi. Natijada birlamchi o'lchov o'zgartkichi — bolometr 3 ning elektr qarshiligi o'zgaradi, bu hol voltmetrda qayd qilinadi. Qarshilikning o'zgarishi tushayotgan nurlanishning xarakteristikasi hisoblanadi. Ko'rib chiqilgan effekt fotobolometrlarda qo'llaniladi.

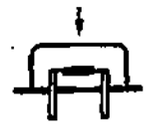
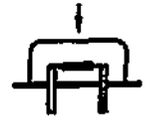
Yorug'lik energiyasi fotografik plyonka va plastinalarning optik zichligini o'zgartirish (qoraytirish) uchun foydalanilishi mumkin (2.118-*g* rasm). Plyonka va plastinalarning fotografik emulsiyasi bromli kumush va jelatin asosida bajarilgan. Yorug'lik nurlanishi tushganda bromli kumush donlari kumushga va bromga ajraladi. Kumush zarrachasi fotografik ochiltirilgandan so'ng qorayib qoladi. Shu yo'l bilan hosil qilingan negativning optik zichlik darajasi yoki qorayish darajasi yorug'lik ekspozitsiyasi o'lchovi hisoblanib, kinoapparatura bilan suratga olish ana shunga asoslangan.

Fototermoelementlar, fotobolometrlar va fotoapparatlarning asosiy metrologik xarakteristikalari, ularning prinsipial sxemalari, afzalliklari va kamchiliklari 2.28-jadvalda keltirilgan. Ko'rib chiqilgan sxemalarning o'lchov chegaralari nazariy jihatdan cheklanmagan va asosan o'lchov o'zgartkichlarining tuzilishiga bog'liq.

Fotobolometrlarning sezgirligi (10^1 V/Vt) fototermoelementlarning sezgirligi (10^0 V/Vt) dan biroz yuqori, fototermoelementlarning inersionligi (10^{-2} s) esa fotobolometrlarning inersionligi (10^{-3} s) dan kam.

2.28-jadval

Fotoelektron o'lchov o'zgartkichlarining asosiy metrologik xarakteristikalari

Xarakteristikalari	Termoelektr yurituvchi kuch effekti	Termorezistiv effekt	Qorayishi, optik zichlikning o'zgarishi
	Fototermo-element	Fotobolometr	Fotoapparat, obyektivi bilan
			
O'lchash chegaralari	Nazariy jihatdan cheklanmagan, tuzilishiga bog'liq		
Sezgirlik, $V \cdot Vt^{-1}$	100	10^1	—
Inersionlik, c	10^{-2}	10^{-3}	10^{-3}
Afzalliklari	Vaqt doimiysi katta	Sezgirligi fotoelementlarning sezgirligidan ortiq	Nurlanishning kuchsiz va qisqa impulslarini qamrab oladi
Kamchiliklari	Inersionlik fotobolometrning inersionligidan ortiq	Qo'shimcha kuchlanish, xususiy qizdirish	O'lchash aniqligi juda kam, o'lchashni o'tkazish xarajatlari katta

2.6.4. Vizual usullar va fotometriya vositalari

Yorug'lik kuchi, ravshanlik, yorug'lik oqimi, yoritilganlik va yorug'lik energiyasi kuchlarini ko'rib fotometrik o'lchashlarning barchasi ko'rinadigan ravshanliklarni ko'rib taqqoslashga asoslangan. Ravshanlikning absolut qiymatini ko'z bilan ko'rib baholash — mumkin emas. Ko'z bilan kuzatib, faqat ikki sirt taxminan bir xil ravshan deb belgilash mumkin.

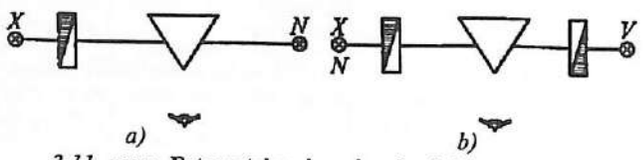
Umuman ko'z bilan ko'rish uslublarining ikki turi mavjud: to'g'ri uslub va o'rnini bosish uslubi. O'lchashning to'g'ri uslubini amalga oshirishda ko'z bilan ko'riladigan fotometrda ikkita fotometrik maydon ko'zda tutilgan (2.119- *a* rasm). Fotometr maydonining ravshanligi nurlanish manbai *X* ning o'lchanayotgan parametrining funksiyasi bo'ladi. Fotometrning boshqa maydoni yorug'lik-texnik parametrlari ma'lum bo'lgan namunaviy nurlanish manbai *N* bilan yoritiladi. Fotometrning ikkala maydoni ravshanliklari ko'z bilan chamalab idrok qilinadi. Nurlanish manbai *X* dan tushayotgan yorug'lik kompensatsion element yordamida ko'z bir xil ravshanlikdagi fotometrik maydonlarni ko'rmaguncha o'zgartiriladi.

O'rnini bosish usulini amalga oshirishda tekshirilayotgan nurlanish manbai *X* dan va namunaviy nurlantirgich *N* dan tashqari qo'shimcha ravishda taqqoslash nurlantirgichi *V* kiritiladi (2.119- *b* rasm). Avval nurlanish manbalari *X* va *V* oqimlarini fotometrik taqqoslash o'tkaziladi. Keyin nurlanish manbai *X* nurlanish manbai *N* bilan almashtiriladi va nurlanish manbalari *N* hamda *V* oqimlarini fotometrik taqqoslash o'tkaziladi. Nurlanish manbai *X* ning izlanayotgan yorug'lik-texnik parametri nurlanish manbai *N* parametrlarining ma'lum qiymatlaridan va nurlanish oqimlarini taqqoslash natijalaridan kelib chiqib aniqlanadi.

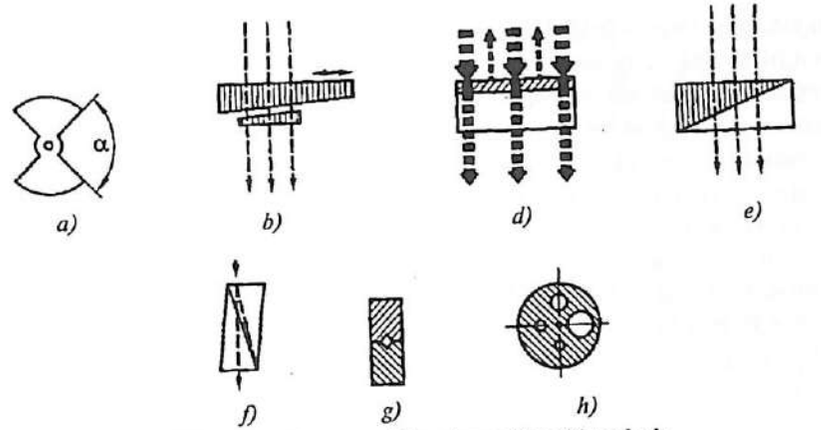
Kompensatsion element sifatida dag'al yoki nozik kompensatsiyani bajarishga imkon beruvchi turli xil qurilmalar qo'llaniladi (2.120- rasm).

Yorug'lik oqimi parametrlarini ko'z bilan ko'rish usulida o'lchash va nazorat qilish vositalari vizual (ko'z bilan ko'rish) fotometrlari deb ataladi. Yorug'lik kuchini o'lchash uchun «fotometrik kursi», Bexshtaynning universal fotometri, Veber fotometri va bir qator boshqa asboblar qo'llaniladi.

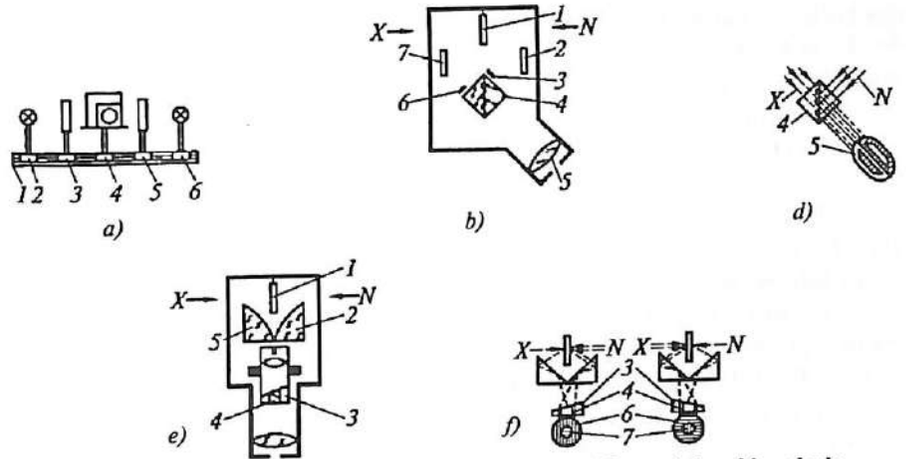
«Fotometrik kursi» universal o'lchash vositasidan iborat bo'lib, u fotometrik laboratoriyalar uchun mo'ljallangan. Yorug'lik kuchini o'lchash bevosita usul va o'rnini bosish usuli bilan amalga oshiriladi. O'rnini bosish usulini amalga oshirishda yo'naltiruvchi *1* da (2.121- *a* rasm) nurlanish manbai *2* (*X*) yoki nurlanish manbai *6* (*N*), ekran *3* va ekran *5* orqali nurlanish



3.11- rasm. **Fotometriyaning vizual uslublari chizmalari:**
a — to'g'ri uslub; *b* — o'rnini bosish uslubi



2.120- rasm. **Kompensatsion elementlar chizmalari:**
a — aylanuvchi sektorli disk; *b* — ikkita kul rang pona; *d* — yarimshaffof ko'zgu; *e* — kul rang shisha ponalar kombinatsiyasi; *f* — Nikolya prizmasi; *g* — «mushuk ko'zi» turidagi diafragma; *h* — diafragmali revolver kallagi



2.121- rasm. **Yorug'lik kuchini o'lchash uchun vizual fotometrlar chizmalari:**
a — «fotometrik kursi» (*1* — yo'naltiruvchi; *2* — nurlanish manbai X ; *3* va *5* — ekranlar; *4* — fotometrik kallak; *6* — nurlanish manbai N (V)); *b*, *d* — Lummer-Brodxunning fotometrik kallagi (*1* — gips ekran; *2* va *7* — ko'zgu; *3* va *6* — kontrast (xira) plastina; *4* — fotometrik kubcha; *5* — ko'rish maydoni; *N* — namunali yorug'lik nurlanishi; X — o'lchanadigan yorug'lik nurlanishi); *e*, *f* — Bexshtaynning miltillovchi fotometri (*1* — xira shishadan plastina; *2* va *5* — og'diruvchi prizma; *3* — tashqi shisha pona; *4* — ichki shisha pona; *6* va *7* — halqasimon sirtlar)

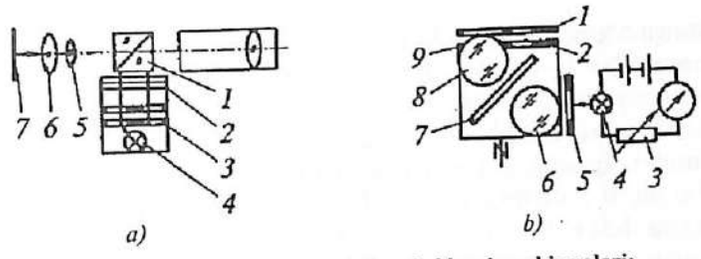
manbai *6* (*V*) bilan bikir bog'langan fotometrik kallak *4* joylashtirilgan. Bu kombinatsiya maydonlar ravshanligi teng bo'lguncha nurlanish manbalari *2* (*X*) yoki *6* (*N*) ga nisbatan suriladi. Fotometrik kallaklar sifatida Lummer — Brodxun va Bexshtayn konstruksiyalari keng tarqalgan.

Maydonlarning ravshanliklarini Lummer — Brodxun fotometrik kallagi bilan tenglashtirishda (2.121- *b* rasm) nurlanish manbalari *X* va *N* dan

chiqayotgan taqqoslanadigan ikkala oqim ekran *1* ning oq, diffuz akslantiruvchi sirtlariga tushadi. Qaytgan yorug'likning bir qismi ko'zgu orqali Lummer — Brodxun fotometrik kubchasi *4* ga tushadi. Bu kubcha o'zining gipotenuzali yoqlari bilan optik kontaktda bo'lgan ikkita to'g'ri to'rtburchak prizmalardan iborat. Bu sirtlarning birida tasvir maydonida ko'rinuvchi, masalan, trapetsiya shaklidagi belgilar kuydirilgan. Nurlanish manbalari *X* yoki *N* dan kelayotgan yorug'lik oqimi gipotenuzali yoqlari bo'lgan uchastkalardan o'tadi va kuzatuvchining ko'rish maydoni *5* ga tushadi. Kubchaning kuydirilgan qismlarida yorug'lik oqimi to'liq qaytadi. Xuddi shunga o'xshash operatsiya nurlanish manbai *V* bilan ham bajariladi. Kuydirilgan qismdan to'liq qaytgan yorug'lik oqimi ko'rish maydoniga tushadi. Bunda optik kontaktda bo'lgan qismdan (uchastkadan) o'tgan yorug'lik kuzatuvchining ko'rish maydoniga tushmaydi. Natijada ko'rish maydoniga nurlanish manbalari *X* yoki *N* ning chap trapetsiyasi va o'ng foni, shuningdek, nurlanish manbai *V* dan o'ng trapetsiya va chap fon tushadi. Tenglashtirishda fon va trapetsiyaning ravshanligi bir xil bo'lib boradi. Kuzatuvchining ko'rish maydonida ikkala nurlanish manbaidan tushayotgan yorug'lik bir xil rangga ega bo'lgan shartda bir tekis yoritilgan sirt mavjud bo'ladi.

Teng kontrastli maydonlari bo'lgan usulni amalga oshirishda (2.121- *d* rasm) fotometrik kubcha *4* ning prizmasi oldiga ikkita kontrast plastina *3* va *6* o'rnatiladi. Tenglashtirishda ikkala trapetsiya bir xil ravshanlikka ega, lekin ularning kontrasti bir tekis yoritilgan fondan 8% yuqori. Ikkala trapetsiya atrofdagi fonga nisbatan teng kontrastli bo'lishi ko'z bilan qarab o'rnatiladi. Ranglardagi farq juda oz bo'lganda ravshanliklarni taqqoslashdagiga qaraganda ancha yuqori aniqlikka erishiladi.

Bexshtaynning o'chib-yonib turuvchi fotometri yordamida navbatma-navbat taqqoslanadigan manbalar bilan yoritiladigan maydonlarni taqqoslashda (2.121- *e*, *f* rasm) *X* va *N* nurlanish manbalaridan kelayotgan, xira shisha *1* dan yasalgan diffuz qaytaruvchi plastina orqali yo'naltiriluvchi va *2* hamda *5* prizmalarni aylanuvchi shisha ponalar *3* va *4* ning blokiga og'diruvchi ikki oqimni tadqiq etish amalga oshiriladi. Tashqi *3* va ichki *4* shisha ponalarning sindirish burchaklari bir xil. Ularning sindiruvchi sirtlari o'zaro qarama-qarshi yo'nalishlarda og'gan. Ko'rish maydoni konsentrik halqasimon sirtlar *6* va *7* ni tashkil etadi. Ikkilangan ponalar bloki aylanganda taqqoslanayotgan nurlanish manbalari maydonlarining tezda almashishi yuz beradi. Aylanish natijasida miltillab ko'rinish effekti yuz beradi. Nurlanish ranglari har xil bo'lganda ko'z maydonlar almashishining uncha katta bo'lmagan chastotasida ranglarning miltillab ko'rinishini idrok etadi. Maydonlar almashinuvi chastotalari katta bo'lganda maydonlarning miltillab ko'rinishi yo'qoladi. Ranglarning o'zgarishiga ko'z ravshanlikning o'zgarishiga qaraganda yomonroq ta'sirlanadi. Shuning uchun ko'z faqat ravshanligi bo'yicha farq qiladigan maydonlarni ajratadi. Ravshanliklarning qo'shilib ketish chegaraviy chastotasiga ikkala nurlanishlarning ravshanliklari bir xil bo'lgandagina erishiladi.



2.122- rasm. **Vizual fotometrik asboblarning chizmalari:**

a — ravshanlikni o'lchash uchun (*1* — fotometrik kubcha; *2* — xira shisha plastina; *3* — kompensator; *4* — lampa; *5* va *6* — obyektiv; *7* — o'lchanadigan obyekt); *b* — yoritilganlikni o'lchash uchun (*1* — yopma plastina (qopqoq); *2* va *5* — diafragma; *3* — rezistor; *4* — taqqoslash lampasi; *6* va *8* — xira shishadan yasalgan shar; *7* — shisha plastina; *9* — burish silindri)

Aniqlikni oshirish uchun maydonlarning almashish chastotasi (miltillab ko'rinishi) shunday tanlanadiki, bunda miltillash yo'qolsin, lekin ravshanlik ozgina o'zgarganda yana paydo bo'lsin.

Ravshanlikni o'lchash uchun ravshanlik o'lchagichlar, masalan, sxemasi 2.122- *a* rasmda keltirilgan Bekning ravshanlik o'lchagichi qo'llaniladi. Asbob o'lchashning bevosita usulini amalga oshiradi. O'lchanayotgan obyekt *7* ning ravshanligi ikkita fotometrik maydon: biri shu obyekt hosil qilgan maydon, ikkinchisi ma'lum yorug'lik texnik parametrli lampa *V* (*4*) taqqoslash yo'li bilan aniqlanadi. Yorug'lik dastasi o'lchanayotgan obyekt *7* dan chiqib, *5* va *6* obyektivlar orqali fotometrik kubcha *1* ga tushadi va uning bir qismi kuzatuvchining obyektiviga tushib, birinchi maydonni hosil qiladi. *V* (*4*) lampadan tushgan yorug'lik kuzatuvchining obyektiviga tushib, birinchi maydonni vujudga keltiradi. *V* (*4*) lampadan chiqqan yorug'lik kompensator *3* va xira shisha plastina *2* orqali o'tib, shuningdek, fotometrik kubcha *1* ga tushadi va ikkinchi maydonni vujudga keltiradi. Kompensator yordamida yorug'lik dastasini o'zgartirib, ikkala maydon ravshanliklarining teng bo'lishiga erishiladi.

Tenglik payti qayd qilinadi va unga ko'ra tekshirilayotgan obyektning ravshanligi aniqlanadi. Shunga o'xshash ravshanlik o'lchagichlarning o'lchash chegaralari $10^{-1}...10^{6}$ kd/m² oraliqda yotadi. Kontrast sezgirlik tasvir maydoni ravshanligiga nochiziqli bog'liq va taxminan quyidagini tashkil etadi: 10^{-2} kd/m² ravshanlik uchun −10; 10^{0} kd/m² ravshanlik uchun −40; 10^{2} kd/m² ravshanlik uchun −60. Asboblar katta inersionlikka egaligi, ishlatishda qulayligi, o'lchash yuzasi nisbatan kichik bo'lganda juda kichik ravshanliklarni o'lchash imkoniga egaligi bilan ajralib turadi. Ravshanlik o'lchagich kichik obyektlarning ravshanligini laboratoriya sharoitida va undan tashqarida 1,5 m dan ortiq masofada o'lchash uchun mo'ljallangan.

Yoritilganlikni o'lchash o'rnini bosish usuli bilan amalga oshiriladi. OSRAM luksometrida (2.122- *b* rasm) burilish silindri *9* da xira shisha *6* va *8* dan yasalgan ikki shar hamda bitta shisha plastina *7* joylashgan. O'lchanadigan yorug'lik dastasi shar *8* da L_{YX} ravshanlikdagi yorug' dog'ni hosil

qiladi. Shunga o'xshash yorug'lik sirti xira *6* shishali boshqa sharda taqqoslash dastasi tomonidan hosil qilinadi. Almashinuvchi diafragma *5* orqali $V(4)$ taqqoslash lampasidan chiqayotgan yorug'lik oqimi ham yo'naltiriladi, u shar sirtida L_v ravshanlikda yorug' dog' hosil qiladi. Rezistor *3* yordamida lampa V ning o'zgarmas tok kuchi o'rnatiladi. Shisha plastina *7* fotometrik maydon bo'lib, u *2* diafragmali darcha orqali ko'z bilan kuzatiladi. Shisha plastina ikkita shisha shar orasidagi optik o'qqa 45° burchak ostida joylashgan va tor tasmalarga bo'lingan. Har bir juft tasma qisman qaytaruvchi qatlam bilan qoplangan, har bir toq tasma esa nurlanishni to'la o'tkazadi. Qisman qaytaruvchi tasmalar orqali bitta shisha sharni ko'rish mumkin, qolgan tasmalar orqali esa — boshqa shisha sharni ko'rish mumkin. Fotometrik tenglashtirish buruvchi silindr *9* ni aylantirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Diafragma *5* ning teshigini o'zgartirish taqqoslash oqimining o'zgarishiga sabab bo'ladi. Tenglashtirishda shisha plastina *7* bir tekis yoritilgan.

Luksometrning ko'rib chiqilgan konstruksiyasi $10^{-1}...10^{4}$ lk o'lchash chegaralariga, kontrast sezgirlikning tasvirning ravshanligidan nochiziqli bog'liqligiga, katta inersionlikka, uncha katta bo'lmagan aniqlikka, murakkab konstruksiyaga, tayyorlashda va yig'ishda yuqori aniqlikni ta'minlash zarurligiga ega. U laboratoriyalarda va laboratoriyadan tashqarida foydalaniladi.

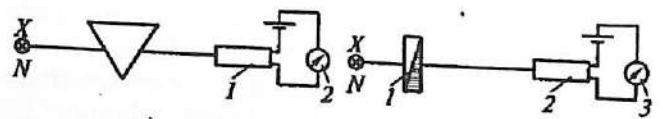
Ayrim ko'z bilan ko'riladigan fotometrik o'lchash va nazorat qilish vositalarining asosiy metrologik xarakteristikalari, afzalliklari, kamchiliklari va qo'llanish sohasi 2.29- jadvalda keltirilgan.

2.6.5. Yorug'lik-texnik parametrlarni o'lchash va nazorat qilishning fizik fotometrik usullari va vositalari

Yorug'lik kuchi, ravshanligi, yorug'lik oqimi, yoritilganlik va yorug'lik energiyasini o'lchashning hamma fizik fotometrik uslublari birlamchi o'lchov o'zgartkichi tekisligida yoritilganlikni aniqlashga asoslangan. Bunda fizik fotometrlarda yorug'lik energiyasi energiyaning boshqa shakllariga yoki kimyoviy reaksiyalar energiyasiga almashadi.

Bevosita sanash va kompensatsiya usullari farq qilinadi.

Bevosita sanash usuli (2.123- *a* rasm) shunisi bilan ajralib turadiki, nurlanish manbalari X va N fotoelektrik o'zgartkich *1* dan bir xil masofada joylashishlari kerak. Bunda qabul qilgich (priyomnik) ga o'lchov oqimi va taqqoslash oqimi yo'llanadi.



a) *b)*

2.123- rasm. **Yorug'lik-texnik parametrlarni o'lchash va tekshirishning fizik fotometrik uslublarining chizmalari:**

a — to'g'ri sanoq (*1* — fotoelektrik o'zgartkich; *2* — ampermetr); *b* — kompensatsion (*1* — kompensatsion element; *2* — birlamchi o'zgartkich; *3* — ampermetr)

2.29- jadval

Ko'z bilan ko'riladigan fotometrik sistemalarning asosiy metrologik xarakteristikalari

Asbobning vazifasi	Asbob turi	O'lchash chegaralari	Kontrast sezgirlik	Inersion-lik	Afzalliklari	Kamchiliklari	Qo'llanish sohasi
Yorug'lik kuchini o'lchash uchun	Fotometrik kallakli «fotometrik kursi»	$10^{-3}...10^{6}$ kd·m^{-2}	L=0,01 kd·m^{-2} uchun $\frac{L}{\Delta L}\approx 10$	Katta	Universalligi, aniqligi katta	Barqaror o'lchov sistemasi	Laboratoriyalar uchun universal asbob
Ravshanlikni o'lchash uchun (ravshanlik o'lchagichlar)	Bek ravshanlik o'lchagichi	$10^{-1}...10^{6}$ kd·m^{-2}	L=1 kd·m^{-2} uchun $\frac{L}{\Delta L}\approx 40$	"	O'lchashlarni o'tkazish xarajatlari kam, ishlatish uchun qulay, ko'chma turda, o'lchash yuzasi kichik bo'lganda kichik ravshanliklarni o'lchash mumkin	Tetoxrom o'lchashlarni o'tkazishda operatorga yuqori talablar qo'yilishi	Kichik obyektlarning ravshanligini laboratoriyada va undan tashqarida 1,5 m dan ortiq masofada o'lchash uchun
Yorug'lik oqimini o'lchash uchun (lumenmetrlar)	Fotometrikshar	$10^{-2}...10^{6}$ lm	L=100 kd·m^{-2} uchun $\frac{L}{\Delta L}\approx 60$	"	Fotopriyomnikning qabul qiluvchi sirti loka sezgirligiga bog'liq emasligi, tezkorligi, soddaligi	Ta'sir qiluvchi omillar ko'p, ma'lum shartlarni bajarish zarurligi	Ishlab chiqarish sharoitlarida o'lchashlar uchun
Yoritilganlikni hisoblash uchun (luksmetrlar)	OSRAM luksmetrlari	$10^{-1}...10^{3}$ lk	L=10000 kd·m^{-2} uchun $\frac{L}{\Delta L}\approx 50$	"	Ko'chma asbob	Aniqligi kichik, konstruksiyasi murakkab, yig'ishda yuqori aniqlik zarur	Laboratoriyalarda va undan tashqarida foydalaniladi

Yoritilganlik qiymatlarining hosil qilingan nisbatida va nurlanish manbai N ning ma'lum yorug'lik-texnik parametrlaridan kelib chiqib, nurlanish manbai N ning parametri izlanayotgan qiymati topiladi. Agar yoritilganliklar ampermetr *2* bilan aniqlanadigan tok kuchining tegishli qiymatlariga proporsional bo'lsa, u holda yoritilganlik nisbati o'rniga tok kuchlari nisbatidan foydalanish mumkin.

Kompensatsion usulni amalga oshirishda (2.123- *b* rasm) nurlanish manbalari X va N ni navbatma-navbat birlamchi o'zgartkichi *2* oldiga o'rnatiladi. Bunda o'lchanadigan oqim va taqqoslash oqimi kompensatsion element *1* yordamida shu tarzda o'zgartiriladiki, bunda shakllanadigan toklar bir xil qiymatlarga ega bo'lsin.

Nurlanish manbai X ning yorug'lik-texnik parametrining izlanayotgan qiymati nurlanish manbai N ning ma'lum parametrini tegishli koeffitsientga ko'paytirish yo'li bilan aniqlanadi.

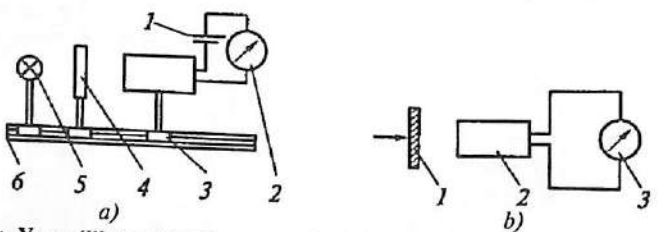
Yorug'lik-texnik parametrlarni o'lchashning fizik fotometrik vositalariga quyidagilar kiradi: kremniyli fotoelementi bo'lgan «fotometrik kursi» (yorug'lik kuchini o'lchash uchun), fotoko'paytirgichli fotometr (ravshanlikni o'lchash uchun), yorug'lik kuchining taqsimlanishini kremniyli element bilan o'lchash asbobi, fotoelementli fotometrik shar (yorug'lik oqimini o'lchash uchun), kremniyli fotoelementli luksmetr (yoritilganlikni o'lchash uchun), Lemt va Vren asbobi (yorug'lik energiyasini o'lchash uchun) va boshqalar.

Bu o'lchash vositalarining asosiy metrologik xarakteristikalari, ularning afzalliklari, kamchiliklari va qo'llanish sohasi 2.30 va 2.31- jadvallarda keltirilgan.

Ulardan ba'zilarining sxemalari va ishlash prinsiplarini ko'rib chiqamiz.

«Fotometrik kursi» yordamida (2.124- *a* rasm) yorug'lik kuchini bevosita sanash usuli va kompensatsion usul bilan o'lchash amalga oshiriladi.

Bevosita sanash usulini amalga oshirishda yo'naltiruvchi *6* da nurlanish manbalari X yoki N (5), ekran *4* va birlamchi o'zgartkich *3* turadi (masalan, kremniyli fotoelement). Birlamchi o'zgartkich *3* dan bir xil masofada o'rnatilgan X va N manbalar o'zgartkichning qabul qiluvchi maydonchasida navbatma-navbat E_{vX} va E_{vN} yoritilganlikni yuzaga keltiradi. Fotoelementda yuzaga keladigan fototok I_{FX} yoki I_{FN} yoritilganlik E_{vX} va E_{vN} ga proporsional. Tok kuchi I_{vX} quyidagi bog'lanish bo'yicha aniqlanadi:



2.124- rasm. **Yorug'lik texnikasi parametrlarini o'lchashning fizik fotometrik vositalari:**

a — kremniyli fotoelementi bo'lgan «fotometrik kursi» (*1* — ta'minlash kuchlanishi manbai; *2* — ampermetr; *3* — birlamchi o'zgartkich (kremniyli fotoelement); *4* —ekran; *5* — nurlanish manbai X yoki N, *6* — yo'naltiruvchi); *b* — ixcham luksmetr (*1* — xira shisha plastina; *2* — o'lchash o'zgartkichi; *3* — ampermetr)

2.30- jadval

Fizik fotometrik asboblarning asosiy metrologik xarakteristikalari

Asbob turi	Asbobning vazifasi	O'lchash chegaralari, kd/m²	Sezgirlik, A·lm⁻¹	Inersionlik, c	Afzalliklari	Kamchiliklari	Qo'llanish sohasi
«Fotometrik kursi», kremniyli fotoelement bilan	Yorug'lik kuchini o'lchash uchun	$10^{-3}...10^{8}$	10^{-3}	10^{-2}	Universallik, yuqori aniqlik	Barqarorlik	Fotometrik laboratoriyalar uchun universal asbob
Fotoko'paytirgichli fotometr	Ravshanlikni o'lchash uchun (yorug'lik o'lchagich)	$10^{-4}...10^{8}$	10^{2}	10^{-2}	Sezgirligi yuqori, V(λ) ni baholash, apertura burchagi 6'...20°, juda kichik maydonlarni o'lchash mumkin.	Yuqori aniqlikda sozlash zarurligi, sezilarli davriy darajalash	Laboratoriyalarda va undan tashqarida o'lchashlar mumkin
Yorug'lik kuchining taqsimlanishini o'lchash uchun kremniyli elementli asbob	Yorug'lik kuchining taqsimlanishini o'lchash uchun	$10^{-2}...10^{1}$	10^{-3}	10^{-2}	Aniqligi yuqori, nurlanish istagan yo'nalishda bo'lishi mumkin	Yorug'lik manbaining fotosezgir priyomnikdan masofasi fotometrik chegaraviy masofadan kam	Kichik o'lchamdagi nurlanish manbalaridan foydalanishda yorug'lik kuchini, ravshanligini, to'la yorug'lik oqimini o'lchash

2.31-jadval

Fizik fotometrik sistemalarning asosiy metrologik xarakteristikalari

Asbob turi	Asbobning vazifasi	O'lchash chegaralari	Sezgirlik, $A \cdot lm^{-1}$	Inersionlik, c	Afzalliklari	Kamchiliklari	Qo'llanish sohasi
Seziy oksidi asosidagi fotoelementli fotometrik shar	Yorug'lik oqimini o'lchash uchun	$10^{-1}...10^{6}$ lm	10^{-2}	10^{-8}	Fotoelement qabul qiluvchi sirtining lokal sezgirligiga bog'liq emas, oddiylik, tez ishlashi	Tashqi omillarga bog'liq jiddiy xatoliklar	Odatdagi kundalik va ishlab chiqarish o'lchashlari
Kremniyli fotoelementi bo'lgan kichik o'lchamli luksmetr	Yoritilganlikni o'lchash uchun	$10^{1}...10^{4}$ lk	10^{-3}	10	Kosinus qonuniga muvofiq baholash, o'lchashga kam xarajat sarflash, asbob ko'chma turda, arzon	O'lchash aniqligi cheklangan, asbobni davriy darajalab turish zarur	Laboratoriya sharoitida va undan tashqarida odatdagi o'lchashlar
Seziy oksidi asosidagi fotoelementli o'lchash qurilmasi	Yorug'lik energiyasini o'lchash uchun	$10^{-1}...10^{8}$ lms	10^{-3}	10^{-6}	Yorug'lik energiyasi va potensial orasidagi proporsional bog'lanish	Fotopriyomnik xarakteristikalari $V(\lambda)$ egri chiziqqa mos kelishi zarur	Fotokimyoviy, fotografik jarayonlarda o'lchash, impulsli yorug'lik manbalari yorug'lik kuchlarini taqsimlanishini o'lchashlar

$$I_{vX} = I_{vN}(I_{FX}/I_{FN}).$$

Ixcham luksmetrda (2.124- *b* rasm) yoritilganlik bevosita sanash usuli bilan o'lchanadi.

Xira shisha plastina *1* da E_{vX} yoritilganlikni yuzaga keltiruvchi yorug'lik oqimi o'lchash o'zgartkichi *2* ga tushadi (masalan, kremniyli fotoelement). Fototok kuchi I_{FX} yoritilganlik F_{vX} ga proporsional. Ampermetr *3* namunaviy nurlanish manbai *N* ning yoritilganligi E_{vN} ga ko'ra darajalanadi. Tekshirilayotgan obyektning yoritilganligi E_{OX} ni luksmetrning shkalasi bo'yicha bevosita sanash mumkin. Ampermetr *3* namunaviy nurlanish manbai *N* ning yoritilganligi E_{vN} ga ko'ra darajalanadi.

Tekshirilayotgan obyektning yoritilganligi E_{vX} ni luksmetr shkalasi bo'yicha bevosita sanash mumkin.

2.6.6. Tolali optika asoslari va tolali-optik o'lchash vositalari

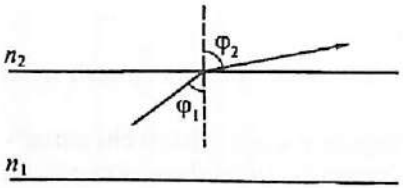
Qattiq jism fizikasi, kvant elektronikasi, optika, shisha kimyosi sohasidagi nazariy va eksperimental tadqiqotlar keyingi o'n yillarda asboblarning yangi sinfi — tolali-optik funksional qurilmalarning (masalan, demultipleksorlar, yo'naltirilgan tarmoqlagichlar va shu kabi), fizik kattaliklarning tolali-optik o'zgartkichlarining, tolali-optik aloqa liniyalarining va axborotni uzatish sistemalarining ishlab chiqilishiga va yaratishishiga olib keldi.

Tolali-optika aloqa sohasida ayniqsa keng tarqaldi. Tolali-optik kabellarning mis simdan yasalgan odatdagi kabellardan afzalligi uzatilayotgan axborot hajmining juda katta ortishida o'lchami va massasi kichik bo'lishidan, yashin razryadlari va elektr mashinalari vujudga keltiradigan elektr va magnit maydonlari xalaqitlariga sezgir bo'lmaslikdan iborat. Ular shuningdek, qarama-qarshi xalaqitlardan ta'sirlanmaydi, chunki agar hatto shikastlangan kabeldan yorug'lik chiqayotgan bo'lsa ham, u qo'shni kabelga tushmaydi. Tolali-optik kabeldan tarmoqlanish qilish qiyin, shuning uchun tashqaridan aralashuvni kooksiol kabellardan farqli ravishda aniqlash oson, koaksial kabellarda tarmoq chiqarish murakkab emas, lekin uni topish juda qiyin. Shuning uchun tolali-optik kabellar ishonchliligi juda yuqori bo'lgan aloqa sistemalarida borgan sari keng qo'llanilmoqda. Bu afzallik-lar EHM ni birlashtiruvchi mahalliy, mintaqaviy va umumiy hisoblash tarmoqlarini yaratishda foydalaniladi, masalan, Internet.

Tolali-optik o'zgartkichlar fan va texnikaning turli sohalarida, jumladan, mashinasozlikda qulay avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish aviatsiyada, kemasozlikda, yadro fizikasi va ko'pgina boshqa sohalarda boshqarish va nazorat qilish sistemalarida borgan sari keng qo'llanilmoqda.

Tolali-optik sistemalarning asosiy elementlari yorug'lik manbai, tolali yorug'lik eltgich va priyomnik (qabul qilgich) hisoblanadi.

Yorug'lik manbai sifatida ko'pincha yorug'lik diodlari va yarimo't-kazgichli lazerlardan, qabul qilgichlar sifatida esa yarim o'tkazgichli fotodiodlardan foydalaniladi.



2.125- rasm. **Yorug'lik dastasining sinishi.**

Tolali yorug'lik eltgich bitta yoki ko'p simli (tomirli) tolalardan iborat bo'lib, ular, o'z navbatida, shishali, kvars yoki polimer qobiq bilan o'ralgan, diametri 4...100 mkm bo'lgan shisha yoki kvars o'zakdan iborat. Tolaning tashqi diametri 100—200 mk ni tashkil etadi.

Optik tolalarning ishlash prinsipi yorug'lik dastasining to'la ichki qaytishidan iboratdir. Uni ko'rib chiqamiz.

Agar yorug'lik dastasi (2.125- rasm) sindirish ko'rsatkichlari n_1 va n_2 bo'lgan ikki muhitning bo'linish chegarasini kesib o'tsa, u sinadi. Ayrim tushish burchagi φ_1 da dasta to'liq ichki qaytadi. Bu o'rinli bo'lsa, u holda quyidagi tengsizliklar bajariladi:

$$n_2<n_1,$$
$$\varphi_1>\arccos(n_2/n_1).$$

To'la ichki qaytish kuzatiladigan eng kichik burchak *kritik burchak* deyiladi:

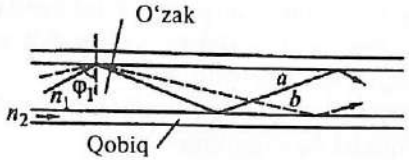
$$\varphi_c=\arccos(n_2/n_1).$$

Bu shartlar bajarilishi uchun amalda optik tola ikki qismdan iborat qilib tayyorlanadi, ya'ni o'zak va qobiqdan iborat bo'lib, ularning n_2 va n_1 qiymatlari turlicha bo'ladi.

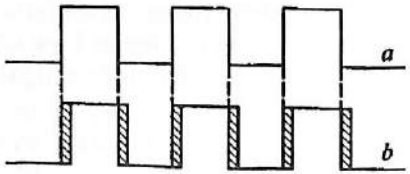
2.126- rasmda tolaning o'zagi va qobig'i orasidagi chegarada sindirish ko'rsatkichi bosqichli o'zgaruvchi tolada yorug'likning tarqalishi ko'rsatilgan. To'la ichki qaytishda qaytish koeffitsienti kumushlangan sirtli ko'zgulardan qaytgandagi 80...90% ga qaraganda 99,9% dan ortadi.

Tolali-optik aloqa uchun foydalaniladigan nurlanishning to'lqin uzunligi 800...1600 nm ni tashkil etadi, shu bilan birga 850 nm va 1300 nm to'lqin uzunliklari eng keng qo'llaniladi. Yanada uzun to'lqinlar yo'qotishlarning kamayishini va o'tkazishning keng polosada bo'lishini ta'minlaydi, lekin bunday to'lqin uzunliklarida ishlaydigan manbalar va qabul qilgichlar juda qimmat bo'ladi.

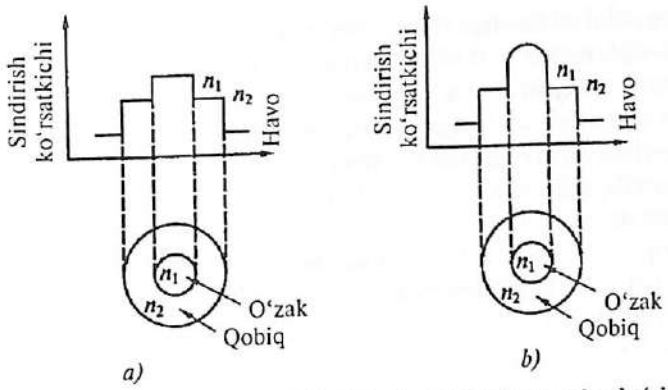
Tolali yorug'lik eltgich bo'yicha bir necha mod optik nurlanish, ya'ni turli xil uzunlikdagi bir necha to'lqin tarqalishi mumkin. Lekin bu chiqishda



2.126- rasm. **Sindirish ko'rsatkichi bosqichli o'zgaruvchi tolada yorug'likning tarqalishi**



2.127- rasm. **Yorug'lik impulslarining tolada tarqalishida buzilishi**



2.128- rasm. **Optik tolalarda sindirish ko'rsatkichining yondan ko'rinishi:**
a — bosqichli o'zgarish; *b* — silliq o'zgarish

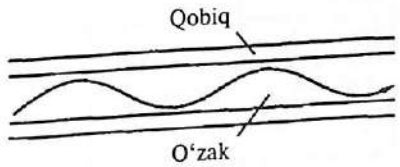
signalning buzilishiga olib keladi (2.127- rasm). Agar yorug'lik eltgichdagi yorug'lik to'lqini ikki mod *a* va *b* dan iborat bo'lsa, u holda *a* dasta *b* dastaga qaraganda ancha uzunroq yo'l o'tishi ravshan. Bu impulslarning kengayishiga olib keladi. Gradiyentli tolalardan foydalanilganda (sindirish ko'rsatkichini silliq o'zgartirib) bunday buzilishlarni kamaytirish mumkin. Bunday tolada o'zakning sindirish ko'rsatkichi uning o'qidan chegaralariga qarab asta-sekin pasayib boradi. 2.128- rasmda pog'onali va tekis o'zgaruvchi tolalar uchun sindirish ko'rsatkichlarining profili ko'rsatilgan.

Natijada yorug'lik dastasining trayektoriyasi parabolik shaklga ega bo'ladi (2.129- rasm) va impulslarning buzilishlari taxminan 200 marta kamayadi. Bu o'tkazish polosasining kengayishi bilan birga amalga oshadi. Optik tolalar shisha o'zak va qobiqdan, kvars o'zak va plastmassa qobiqdan yoki plastmassa o'zak va qobiqdan iborat bo'ladi. Plastmassali tolalar boshqa qurilmalarga mustahkamroq va osonroq ulanadi, ammo yutilish darajasi yuqori. Shisha o'zakli va qobiqli tolalar yutilish bo'yicha eng yaxshi xarakteristikalarga ega bo'lsa ham, ularning mustahkamligi kam.

Shisha tolalar yangi tortilgan shisha o'zakka birlamchi himoya qoplama deb ataluvchi birinchi yumshoq qobiqni o'tkazish bilan hosil qilinadi. Keyin ikkinchi qobiq, undan so'ng esa mustahkam tashqi qobiq (nay) o'tkaziladi.

Tolali-optik kabellar o'z afzalliklari tufayli, o'lchashlar va sinashlarni masofadan turib amalga oshirishga yordam berib, o'lchash texnikasida borgan sari kengroq qo'llanilmoqda.

Fizik maydon xarakteristikalarining qiymatlarini (masalan, maydon kuchlanganligi, induksiya, chastota, tarqalish yo'nalishi) tola bo'yicha tarqaluvchi yorug'lik to'lqinining bitta yoki bir necha parametrlariga (amplituda, faza,



2.129- rasm. **Yorug'likning gradiyent tolada tarqalishi**

qutblanishga) almashtirishga imkon beruvchi fizik kattaliklar o'zgartkichlari tolali-optik sistemalar o'rtasida borgan sari keng tarqalmoqda. Hozirgi vaqtda akustik maydonlarni o'lchash uchun tolali-optik o'zgartkichlar (TOO') keng ishlab chiqilgan: mikrofonlar, gidrofonlar, giroskoplar. Temperaturalar, elektr va magnit maydonlar, chiziqli siljish va tezlanish, kimyoviy tarkib, suyuqlik sathi, radioaktiv nurlanish va h. k. o'zgartkichlari jadal ishlab tayyorlanmoqda.

Tolali-optik o'zgartkichlar tolali-optik texnika uchun xos bo'lgan ko'pgina afzalliklarga ega bo'lib, ko'pchilik hollarda an'anaviy asboblarning o'xshash ko'rsatkichlaridan yaxshidir.

Bunday o'zgartkichlarning asosiy afzalliklari elektrik massivligi, termik barqarorligi va koroziyaga chidamliligi, elektromagnit xalaqitlarga va radiatsion ta'sirlarga mustahkamligi, o'zgartkichlarning geometrik shakllari va o'lchamlarining har xilligi hisoblanadi.

2.32- jadval

O'zgartkichlarning turlari

O'lchanadigan fizik kattalik	Datchik turi			Eslatma
	intensivlik modulatsiyasi bilan	fazaviy	qutblanuvchan	
Akustik bosim	+	+	+	Yoki mexanik deformatsiyalar, yoki akustik bosimlar ostida vujudga keladigan optik xossalarning o'zgarishlari o'lchanadi
Temperatura	+	+	–	Isitish oqibatidagi optik xossalar va geometrik o'lchamlarning o'zgarishi o'lchanadi
Siljish	+	+	+	Optik sxema elementlarining mexanik siljishi ta'sirida yorug'lik to'lqini parametri o'zgarishlari o'lchanadi.
Magnit maydon kuchlanganligi	–	+	+	Yoki magnitostriksion deformatsiyalar, yoki qutblanish tekisligining faradivcha aylanishi o'lchanadi.
Elektr maydon kuchlanganligi	–	–	+	Kerr va Pokkelning elektrooptik effektlaridan, shuningdek teskari pezoelektrik effektdan foydalaniladi.
Elektr toki	–	+	+	Tokning magnit maydoni o'lchanadi
Tezlanish	+	+	–	Inersial elementlarning mexanik siljishlari o'lchanadi.
Aylanma harakat parametrlari	–	+	–	Sanyak effektidan foydalaniladi.

Ishlash prinsipiga ko'ra fizik kattaliklarning hamma TOA tola bo'yicha tarqalayotgan optik to'lqinning parametrlaridan qaysi biri o'zgarayotgan fizik ta'sir to'g'risidagi axborotni olish uchun foydalanilishiga mos holda to'rtta sinfga bo'linadi: elektr maydon E amplitudasi (amplituda o'zgartkichlari yoki intensivlikni modulyatsiya qiluvchi o'zgartkichlar), elektr vektori r ning holati va qutblanish yo'nalishi (qutblovchi o'zgartkichlar) yoki chastota ω (chastotaviy o'zgartkichlar). 2.32- jadvalda o'zgartkichlarning asosiy turlari keltirilgan.

Tolali-optik o'zgartkichlarning qo'llanilishi mumkin bo'lgan sohalar:

Konveyer liniyalari ..... siljish, qalinlik datchiklari, uzilishlar schotchigi

Yuqori tezlikli bosish qurilmalari ... siljish, holat datchiklari, uzilish schotchigi

Texnologik nazorat ..... temperatura, bosim, oqim datchiklari

Avtomobilsozlik ..... temperatura, bosim datchiklari, uzilishlar schotchigi

Aviatsiya ..... temperatura, oqim, bosim, holat, suyuqlik sathi, kuchlanish, aylanish datchiklari

Neftni qayta ishlash ..... suyuqlik sathi datchiklari, gaz sizib chiqishi detektori

Energetika ..... elektr va magnit maydon, elektr toki, temperatura, bosim, vibratsiya datchiklari, uzilishlar schotchigi

Kemasozlik ..... bosim, titrash, magnit maydon, suyuqlik sathi datchiklari

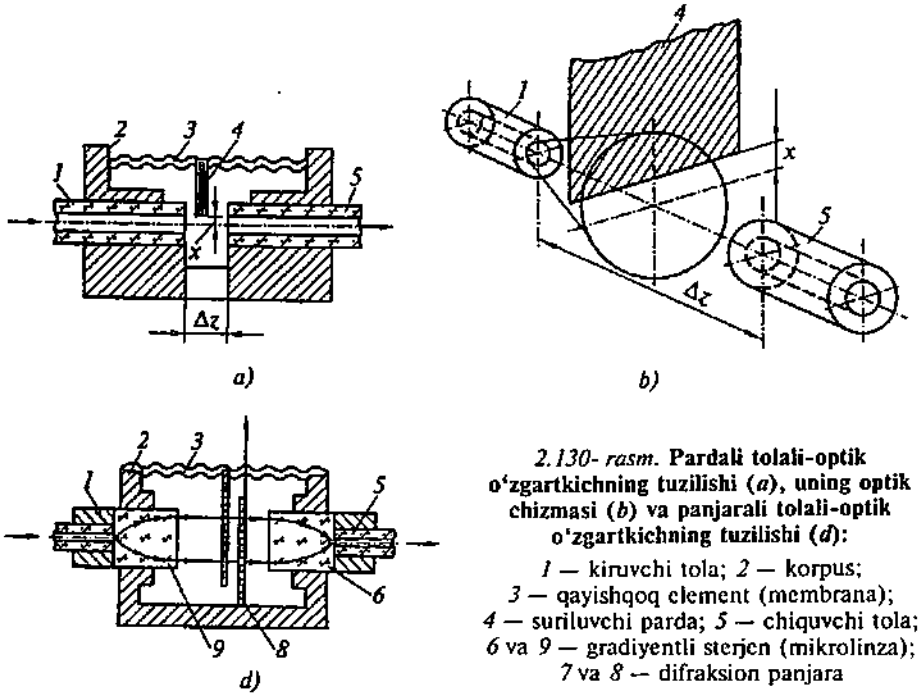
Ayrim o'zgartkichlarning prinsipial sxemalarini ko'rib chiqamiz.

Intensivlik modulyatsiyali akustik maydonlar o'zgartkichlari ikki kichik sinfga ajraladi: uzilishli va uzilishsiz. Uzilishli o'zgartkichlarda optik tola o'zgartkich sohasida uzilishga ega va o'lchanadigan akustik tebranishlar membrananing mexanik ko'chishlariga almashadi, ular esa, o'z navbatida, o'zgartkichning kirishi va chiqishida yorug'lik oqimi o'tkazilishining o'zgarishiga olib keladi.

2.130- *a* rasmda pardali tolali-optik o'zgartkichning konstruksiyasi, 2.130- *b* rasmda esa uning optik sxemasi keltirilgan. Bu asbobning ishlash mexanizmi shundan iboratki, kiruvchi tola *1* dan kiruvchi tola *1* va chiquvchi tola *5* ning uchlari orasidagi fazoga chiquvchi yorug'lik oqimi o'zgartkichning korpusi *2* da bikir mahkamlangan harakatlanuvchi parda *4* bilan qisman berkitib turiladi. Membrana tebranganda parda chiquvchi tolaga tushayotgan yorug'lik to'lqini intensivligini modullaydi.

Panjarali tolali-optik o'zgartkichda (2.130- *d* rasm) parda o'rniga difraksion panjaralar *7* va *8* o'rnatilgan bo'lib, ulardan biri membrana *3* da mahkamlangan, ikkinchisi esa korpus *2* da mahkamlangan. Gradiyentli sterjenlar (mikrolinzalar) *6* va *8* nurlarning panjaralar sistemasi orqali chiqish tolasi *5* ning o'zagiga o'tgan qismini yaratishga va fokuslashga imkon beradi.

Minimal o'lchanadigan ko'chish x pardali o'zgartkichlar uchun $6 \cdot 10^{-2}$ nm ni va chastotali diapazoni 20 dan 1000 Gs gacha bo'lgan panjarali o'zgartkichlar uchun esa $3 \cdot 10^{-3}$ nm ni tashkil etadi.



2.130- rasm. **Pardali tolali-optik o'zgartkichning tuzilishi (*a*), uning optik chizmasi (*b*) va panjarali tolali-optik o'zgartkichning tuzilishi (*d*):**

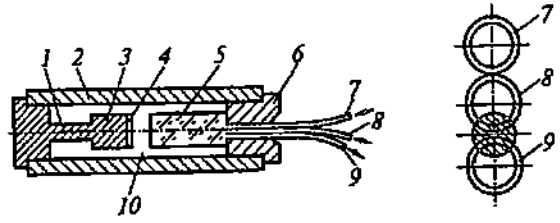
1 — kiruvchi tola; *2* — korpus; *3* — qayishqoq element (membrana); *4* — suriluvchi parda; *5* — chiquvchi tola; *6* va *9* — gradiyentli sterjen (mikrolinza); *7* va *8* — difraksion panjara

Intensivlik modulyatsiyali mexanik ko'chishlar va tezlanishlar o'zgartkichlari asosan, akustik TOO' kabi prinsip asosida yasalgan bo'lib, ularda o'zgartkichning harakatlanuvchi elementlarining ko'chishlari va deformatsiyalari qayd etiladi.

2.131- *a* rasmda tezlanish kattaliklarini aniqlash uchun mo'ljallangan, tebranuvchi ko'zguli yuqori sezgir tolali akselerometrning konstruksiyasi keltirilgan. Ko'zgu *4* to'g'ri to'rtburchak kesimning elastik sterjeni *1* ning uchida joylashgan, birlashtirilgan massa *3* ning ko'chishlariga muvofiq vertikal tezlanishlar vujudga keltirgan harakatlarni amalga oshiradi. Kirish tolasi *7* va ikkita chiqish tolalari *8* va *9* gradiyent sterjen *5* ning uchida shu tarzda yustirlanganki, kiruvchi tola *7* uchi (cheti) ning tasviri ko'zgudan qaytish va gradan orqali ikki marta o'tishi natijasida chiquvchi tolalar uchlari (chetlari) ning orasida o'rtada quriladi (2.131- *b* rasm). Ko'zgu *4* ning burchak siljishlari yorug'lik dog'ining vertikal siljishlariga hamda *8* va *9* tolalarda signallarning mos o'zgarishlariga olib keladi. Tolalarning chiqishlarida joylashgan fotopriyomniklarning signallariga operatsion kuchaytirgich bilan ishlov beriladi. Akselerometr 5...500 Gs chastotalar diapazonida taxminan $2 \cdot 10^{-6}$ g sezgirlik bo'sag'asiga va 80 dB atrofidagi dinamik diapazonga ega.

Fazoviy o'zgartkichlar turli xil tolali-optik o'zgartkichlar orasida eng sezgiri bo'lib, ularning asosida yorug'lik oqimi fazasining tashqi omillar (masalan, bosim, temperatura) ta'sirida o'zgarishi yotadi.

Yorug'lik oqimi fazalarining farqini aniqlash vositalarining vakillaridan biri tolali-optik interferometr bo'lib, uning sxemasi 2.132- rasmda keltirilgan.



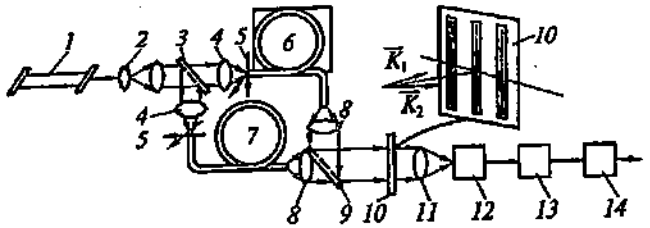
2.131- rasm. **Tolali akselerometrning tuzilishi (*a*) va tola chetlari tekisligida yorug'lik dastasi intensivligining taqsimlanishi (*b*):**

1 — qayishqoq sterjen; *2* — korpus; *3* — biriktirilgan massa; *4* — ko'zgu; *5* — gradiyentli sterjen; *6* — ajratkich; *7* — kiruvchi tola; *8* va *9* — chiquvchi tola; *10* — oraliq

Yarimo'tkazgichli yoki gaz lazeri *1* ning nurlanishi sistema — kollimotor *2* — sistemasi bilan kollimatsiyalanadi va yarimshaffof plastina *3* (yoki yorug'lik ajratuvchi kubcha) ga uzatiladi. Mikroobyektivlar *4* optik oqimlarni bir modali tolalarning ishchi *6* va tayanch *7* kirish chetlariga fokuslaydi. Tolalarga nurlanishni samarali kiritishni ta'minlash uchun mikropozitsionerlar *5* ko'zda tutilgan (uch koordinatorli surilgichlar, ularni o'rnatish aniqligi 1 mkm). Ishchi tola *6* ning katta qismi tekshirilayotgan hajmga joylashtirilgan, unda u yoki bu fizik kattalik aniqlanadi. O'lchanayotgan fazaning ko'chishini bartaraf etish yoki kamaytirish uchun tayanch tola *7* barqaror tashqi sharoitlarda bo'ladi.

Tekshirilayotgan tashqi omillar, masalan, temperatura, bosim va sh. k.lar ta'sirida ishchi tola *6* materialining optik xossalarini o'zgartirish munosabati bilan (materialning zichligini o'zgartirish sindirish ko'rsatkichini, tola o'zagi ko'ndalang kesimi diametrini va sh. k. larni o'zgartirishga olib keladi) ishchi tola chiqishida yorug'lik to'lqini fazasining o'zgarishi yuz beradi, ya'ni *6* va *7* tolalar chiqishida turli faza xarakteristikasiga ega optik signallar mavjud.

Yorug'lik ajratkich *9* ning chiqish obyektivlari 8 yordamida filtrlash tekisligi *10* ga ikkala yorug'lik oqimlari tushadi. Fotodetektor *12*, kuchaytirgich *13* va ishlov berish bloki *14* vujudga kelayotgan polosalarni va binobarin, yorug'lik oqimlari fazalarining farqini interferension o'lchashlar o'tkazishga imkon beradi.



2.132- rasm. **Tolali optik interferometrning chizmasi:**

1 — lazer; *2* — kollimotor; *3* — yarimshaffof plastinka; *4* — mikroobyektiv; *5* — mikropozitsioner; *6* — ishchi tola; *7* — tayanch tola; *8* — obyektiv; *9* — yorug'likni ajratuvchi; *10* — filtrlash tekisligi; *11* — yig'uvchi linza; *12* — fotobo'lgich; *13* — kuchaytirgich; *14* — ishlov berish bloki

Tolali-optik interferometrlar tekshirilayotgan kattalikning o'zgarishini o'lchashning amaliy inersionsizligiga ($-10^{-7}...10^{-6}$ s), murakkab ko'p nurli sxemalarsiz (10^{-8} rad gacha) ancha katta sezgirlikka, dinamik diapazonining past qiymatiga (70 dB gacha), tuzilishi sodda va kichik massaga ega. Magnit maydonning interferometrik tolali-optik o'zgartkichlarining qo'llanilishi rekord sezgirlikka (10^{-11} A/m atrofida) erishishga imkon beradi, uni faqat o'ta o'tkazuvchanlik asosidagi magnitometrlarning sezgirligi bilan taqqoslash mumkin.

Nazorat savollari

1. Elektromagnit nurlanishning optik spektri nima bilan ifodalanadi va uni o'lchash birligi qanday?
2. Yorug'lik-texnik o'lchashlarning asosiy tamoyillari va ularning mohiyati qanday?
3. Mashinasozlikda fotometriyaning qanday ko'z bilan ko'riladigan uslublari va vositalari qo'llaniladi?
4. Sanoatda yorug'lik texnik parametrlarning qanday fizik fotometrik uslublari va o'lchash hamda nazorat qilish vositalari qo'llaniladi?
5. Tolali-optik o'lchash vositalarining afzalliklari va qo'llanish sohasi qanday?
6. Tolali-optik sistemalarning asosiy elementlari qanday?
7. Tolali yorug'lik eltgichning ishlash prinsipi qanday?

2.7. AKUSTIK KATTALIKLARNI O'LCHASH

2.7.1. Asosiy tushunchalar

Akustik hodisalar inson hayotida va uning faoliyatida katta ahamiyatga ega. Inson eshitish hisobiga axborotning katta ulushini oladi. Odamlar o'rtasidagi muloqot, aloqa liniyalari bo'yicha so'zlashuvlar — bularning hammasi tovush to'lqini hisobiga amalga oshiriladi. Inson qulog'i — noyob akustik qabul qilgich bo'lib, u uchib ketayotgan chivinning tovushini ham, samolyotning reaktiv dvigatellari na'rasini ham eshitishga imkon beradi. Inson qabul qiladigan chastotalar oralig'i keng: 16 Gs dan to 16...18 kGs gacha. Tovush to'lqinlari yordamida dengiz va okeanlarning chuqurligi aniqlanadi, bunda signalning tubgacha borish va qaytish uchun ketgan vaqtini o'lchashdan foydalaniladi. Ko'rshapalaklar to'liq ko'rmaslik sharoitida to'siqni aniqlash uchun tovush lokatsiyasi prinsipidan foydalanadi. Ko'rlar uchun atrofdagi narsalarni sezish apparatlarini yaratish uchun ana shu usullardan foydalanila boshlandi. Ultratovush sanoatda metall quymalarida brakni aniqlash, turbinalarning ishlashidagi buzilishlarni topish uchun keng qo'llaniladi. Ichki yonuv dvigatellarining ishlashiga salbiy ta'sir ko'rsatuvchi detonatsiyalarni qayd etish uchun dvigatelga maxsus akustik datchiklar o'rnatiladi. Akustik usullardan foydalanish sohalarining ro'yxatini davom ettirish ham mumkin, lekin keltirilgan misollar akustika sohasida turli xil o'lchashlar o'tkazishning dolzarbligini tushunish uchun yetarlidir.

Akustikada o'lchanadigan asosiy parametrlarga tovush bosimini, tovush intensivligini, tebranishlar chastotasi va davrini kiritish mumkin. Tovush

to'lqinining turli muhitlarda tarqalish tezligini, qaytish va yutilish koeffitsientlarini o'lchash masalalari amaliyot uchun katta qiziqish uyg'otadi. Tovush bosimi yanada muhim xarakteristika hisoblanadi. Bu birinchi navbatda shu bilan bog'liqki, odam qulog'i bosim tebranishlarini sezadi. Shu bilan barcha tovush bosimi o'lchashga oson beriladi.

Akustikada foydalaniladigan asosiy kattaliklarning nomlari va o'lchamliklarini keltiramiz (2.33-jadval).

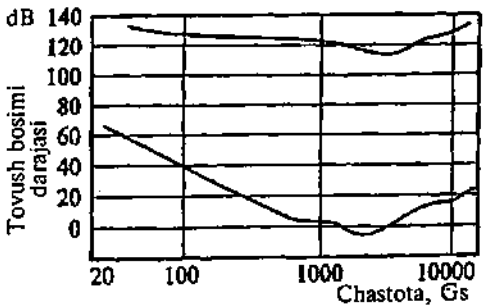
2.33-jadval

Akustik kattaliklarning asosiy kattaliklari va birliklari

Kattalikning nomi	Birlikning nomi	Birlikning belgilanishi
Tovush bosimi	paskal	Pa
Tovush intensivligi	vatt taqsim metr kvadrat	Vt/m^2
Tovush energiyasi zichligi	joul taqsim metr kub	J/m^3
Tovushning balandligi darajasi (sistemadan tashqari o'lchovsiz birlik	fon	F

Bosimni va boshqa parametrlarni o'lchaydigan muhim asboblar mikrofonlar (gaz uchun) va gidrofonlar (suyuqlik uchun) ning har xil turlaridan iboratdir. Akustik o'lchashlarni amalga oshirishda eng katta qiyinchilik o'lchashlarning o'zi bilan emas, balki ularni darajalash bilan bog'liq bo'lib, bu shunday maqsadlar uchun murakkab, ko'pincha noyob apparaturalardan maxsus jihozlangan xonalarda foydalanish bilan izohlanadi (masalan, tovush maydonini vujudga keltiruvchi akustik nurlangichlar).

Odamning eshitishiga oid xarakteristikalarini aniqlash ma'lum qiziqish uyg'otadi, chunki odam qulog'i tovush signallarini juda keng intensivlik oraliqlarida qabul qilibgina qolmay, balki ularning chastotalarini ham yaxshi farqlaydi. Amalda har bir kishi o'ziga xos, faqat unga xos bo'lgan chastotalar spektriga ega. Bu, xususan, ovozning chastotaviy tashkil etuvchilarini tahlil qilishning maxsus uslublarini o't-kazib, aniq bir individ tovushining yozuviga ko'ra o'zini topishga imkon beradi, bu kriminalistikada barmoq izlarini ko'chirib olishni to'ldiradi. 2.133- rasmda odam qulog'ining tovushni qabul qilish diagrammasi keltirilgan. Unda vertikal bo'yicha tovush intensivligi darajasi nisbiy birliklarda — detsibellarda (dB), gorizontal bo'yicha esa chastota gers



2.133- rasm. **Inson qulog'ining tovushni eshitish diagrammasi**

(Gs) larda qo'yilgan. Tovush intensivligini detsibellarda o'lchash shunga asoslanganki, og'riq beradigan eng qattiq tovushning odam qulog'i eshita oladigan eng past tovushga nisbati 10^{14} ni tashkil etadi. Agar tovushlarning intensivligi I bilan belgilansa, u holda ularning nisbati detsibellarda quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

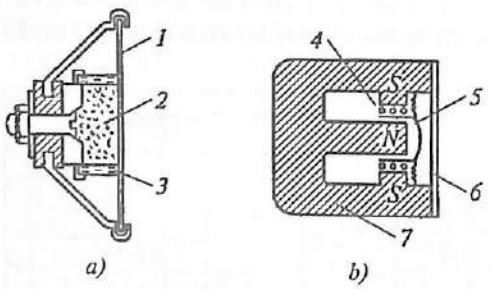
$$K = 10 \lg \frac{I_2}{I_1}.$$

Odatda, tovush intensivligi detsibellarda odam qulog'ining eshitish chegarasiga nisbati bo'yicha o'lchanadi.

Diagrammada yuqoridagi egri chiziq og'riq sezuvchi ta'sirlar beradigan eng qattiq tovushlarga, pastkisi esa — eshitish chegarasiga mos keladi. Ko'rinadiki, yuqori chegara ham, ayniqsa pastki chegara ham chastotaga bog'liq. Odam 2000...3000 Gs sohasidagi chastotalarni hammadan ko'ra yaxshiroq qabul qiladi.

2.7.2. O'lchash vositalari

Gaz (havo) muhitida akustik parametrlarni o'lchashning asosiy vositasi mikrofonlar hisoblanadi. Ishlash prinsipiga ko'ra ularni bir necha guruhga bo'lish mumkin. Ulardan eng oddiysi ko'mirli mikrofon hisoblanadi (2.134- *a* rasm). Uning asosini mikrofon kapsulasida joylashgan ko'mir kukuni tashkil etadi. Kukunga ingichka metall plastina — membrana zich qilib siqilgan. U kukun bilan bevosita kontaktda bo'lib, u bilan yana mikrofonning chiqishlaridan biri bog'langan. Ikkinchi chiqish uchi kapsulaning orqa tomonida joylashgan. Mikrofonning ichki qarshiligi ko'mir kukunining membrana bilan orqa chiqish uchi orasidagi fazodagi qarshiligi bilan aniqlanadi. Tovush to'lqinlari zarrachalari bir-biriga turlicha siqilgan ko'mir kukuniga ta'sir ko'rsatuvchi membranani tebranishga majbur qiladi. Bunda mikrofonning ichki qarshiligi unga bo'lgan tovush ta'siriga mos ravishda o'zgaradi. Ko'mirli mikrofon taxminan 10...12 kGs ga teng chastotalargacha ishlashi mumkin, lekin ko'mir kukuni zarrachalarining tartibsiz kontaktlari hisobiga uning qarshiligi ham xuddi shunday tartibsiz o'zgaradi, bu esa «shovqin» paydo bo'lishga olib keladi, u foydali signal ustiga qo'shiladi va mikrofonning sezgirligini cheklaydi.

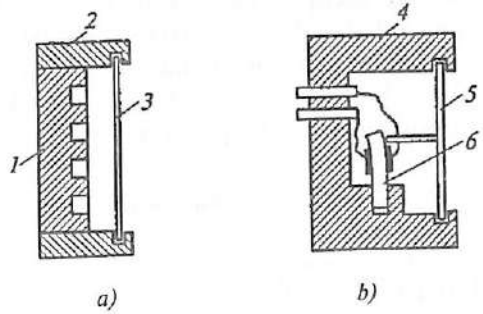


2.134- rasm. **Ko'mirli (*a*) va elektrodinamik (*b*) mikrofonlar:**

1 va *5* — membrana; *2* — ko'mir kukuni; *3* — namat halqa; *4* — tovush g'altagi; *5* — himoya to'ri; *7* — magnit

Elektrodinamik turdagi mikrofon eng yaxshi xarakteristikalarga ega (2.134- *b* rasm). U doimiy magnit *7* dan iborat bo'lib, uning havo oralig'iga membrana *5* bilan mexanik bog'langan tovush g'altagi *4* joylashtirilgan. Tovush to'lqinlari ta'sirida membrana *5* ning tebranishlari tovush g'altagi *4* ga uzatiladi, unda magnit maydonda doimiy magnitning ko'chishi hisobiga eyuk hosil bo'ladi. Eyuk ning kattaligi va uning chastotasi tovush ta'sirining amplitudasi va chastotasi bilan aniqlanadi. Ko'mirli mikrofondan farqli o'laroq elektrodinamik mikrofon qaytuvchandir, ya'ni u tovush to'lqinlarini faqat qabul qiluvchi bo'lib emas, balki ularning manbai bo'lib ham xizmat qilishi mumkin. Buning uchun tovush g'altagi *4* ga kuchlanish berish zarur, bunda membrana *5* tovush to'lqinlari paydo qilib, qo'yilgan kuchlanish chastotasida tebranadi. Radioapparatura va televizorlardagi amalda hamma dinamik kallaklar (karnaylar) shu prinsipda ishlaydi. Faqat ularda membrana o'rnida g'altak bilan bog'langan diffuzordan foydalaniladi, u odatda qalin kartondan tayyorlanadi.

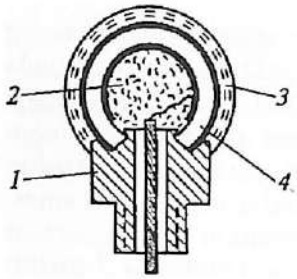
Kondensatorli mikrofon (2.135- *a* rasm) kondensatordan iborat bo'lib, unda bir plastina qo'zg'almas va mikrofonning korpusi *1* ga mahkamlangan, ikkinchisi esa ko'pincha aluminiydan tayyorlangan bo'lib, membrana *3* hisoblanadi. Membrana *3* ga ta'sir qiluvchi tovush to'lqinlari uni tebranishga majbur qilib, plastinalar orasidagi masofani o'zgartiradi. Oqibatda, kondensatorning sig'imi membrana *3* ga qo'yilgan tovush bosimiga mos ravishda o'zgaradi. Pyezoelektrik mikrofon (2.135- *b* rasm) pyezoeffektga asoslangan bo'lib, unga muvofiq kvars yoki segnet tuzi kristallidan yasalgan ingichka plastina deformatsiyalanganda (bukilganda) uning tomonlarida potensiallar ayirmasi paydo bo'ladi. Plastinaga o'zgaruvchan mexanik ta'sirlarda undan o'zgaruvchan kuchlanish olish mumkin, bu kuchlanish mexanik ta'sirlarning amplitudasi va chastotasiga bog'liq bo'ladi. Bunday mikrofon tovush to'lqinlarini qabul qiluvchi yupqa membranadan iborat bo'lib, kvars plastina bilan membrananing tebranishlari uning deformatsiyasini vujudga keltiradi. Pyezoelektrik mikrofonlar eng arzon mikrofonlar guruhiga kirib, shu bilan bir vaqtda yetarlicha yaxshi xarakteristikalarga ega. Ular, xususan, ultratovush diapazonida yaxshi ishlaydi va elektrodinamik mikrofon kabi qaytuvchan, ya'ni tovush manbai sifatida foydalanilishi mumkin.



2.135- rasm. **Kondensatorli (*a*) va pyezoelektrik (*b*) mikrofonlar:**

1 — korpus; *2* — izolyatsiya shaybasi; *3* va *5* — membrana; *4* — izolyatsion materialdan korpus; *6* — pyezoelement

Suyuq muhitda (masalan, suvda) tovush to'lqinlarini o'lchash uchun gidrofonlardan foydalaniladi, ulardan birining tuzilishi 2.136- rasmda keltirilgan. U, boshqa turdagi gidrofonlarning ko'pchiligi kabi, pyezoeffektdan foydalanib ishlaydi. Undagi pye-



2.136- rasm. **Gidrofonning tuzilishi:**

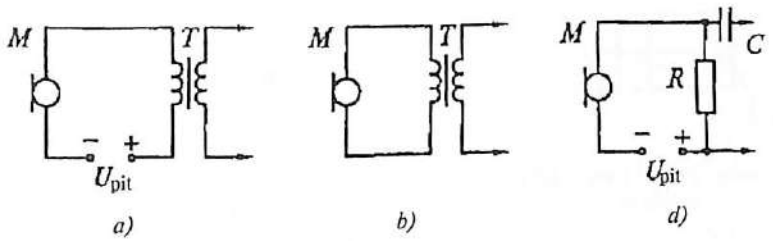
1 — korpus; *2* — kastorka moyi; *3* — rezina; *4* — pyezoelement

zolelement *4* yarimsfera ko'rinishida ishlangan. Changlatilgan metalldan tayyorlangan tashqi va ichki qoplama pyezokeramikadan eyukni olish elementlarini tashkil etadi. Gidrofon tashqi tomondan pyezoelementning ishiga suyuqlik (suv) ning ta'sirini yo'q qilish uchun yupqa rezina *3* qatlami bilan qoplangan. Ba'zi turdagi gidrofonlarda ichki bo'shliq pyezoelement *4* ning u ishlayotgan muhitning statik bosimdan deformatsiyalanishini bartaraf etish maqsadida kastorka moyi to'ldiriladi. Qarab chiqilgan konstruksiya amalda hamma tomonga yo'naltirilgan, tovush bosimini hamma tomondan bir xilda qabul qiladigan bo'ladi. Gidrolokatsiyada pyezoeffektdan foydalanib ishlaydigan, lekin suv ostidagi nishonga (suv osti va suv usti kemalari, baliq galalari, qoyalar va shu kabilarga) yo'nalishni aniqlash uchun ma'lum bir yo'naltirilganlik diagrammasiga ega bo'lgan tovush qabul qilgichlaridan foydalaniladi.

Ultratovush sohasida ishlash uchun magnitostriksiya prinsipida ishlovchi tovush to'lqinlari qabul qilgichlari va nurlatgichlari keng qo'llaniladi. Magnitostriksiya — magnit maydon ta'sirida ayrim metallardan (ulardan asosiysi nikel) yasalgan buyumlarning geometrik o'lchamlarining o'zgarishi bilan bog'liq hodisadir. Agar nikeldan yasalgan sterjenga g'altak o'ralsa va undan tok o'tkazilsa, u holda g'altakning magnit maydoni ta'sirida sterjenning uzunligi o'zgaradi. Agar g'altakdan o'zgaruvchan tok o'tkazilsa, u holda sterjenning uzunligi ham g'altakka berilgan kuchlanishning chastotasida ko'ndalang tebranishlarni amalga oshiradi, buning natijasida u o'zining uchi bilan tovush yoki ultratovush to'lqinlarini vujudga keltiradi. Bunday sistema prinsip jihatdan qaytuvchan, ya'ni agar sterjenga tovush to'lqini tushsa, u holda o'zgaruvchan tovush bosimi ta'sirida sterjen tebrana boshlaydi (goh kengayib, goh torayib), bu esa sterjenga o'ralgan g'altakda tovush tebranishlari chastotasiga teng eyuk hosil qiladi. Magnitostriksion generatorlar va ultratovush signallarini qabul qiluvchilar gidrolokatsiyada, exolotlarda, shuningdek, radioelektronikada tutilish ultratovush liniyalarini vujudga keltirish uchun (rangli televizorlarda foydalaniladi) va ko'pgina boshqa qurilmalarda qo'llaniladi.

2.7.3. Akustik o'lchashlarni o'tkazish metodikasi

Akustikada o'lchanishi lozim bo'lgan asosiy va eng muhim parametrlardan biri paskalda (Pa) o'lchanadigan tovush bosimi hisoblanadi. Texnik o'lchashlarda bu maqsad uchun mikrofon xizmat qiladi. Tovush bosimining son qiymatlarini olish uchun foydalaniladigan mikrofon kalibrlangan bo'lishi kerak, ya'ni uning chiqish kuchlanishi kattaligi tovush bosimi qiymatlari bilan mustahkam bog'langan bo'lishi kerak. Bunday kalibrlash maxsus laboratoriyalarda amalga oshiriladi va u yetarlicha murakkabdir. Mikrofonning chiqishidagi



2.137- rasm. **Mikrofonlarni ulash chizmalari:**

a — ko'mirli; *b* — elektrodinamik; *d* — kondensatorli

kuchlanish voltmetr bilan bevosita o'lchash uchun juda kichik bo'lishi mumkin bo'lgani sababli, bunday hollarda mikrofon chiqishidagi kuchlanish elektron kuchaytirgichga kuchaytirishning qat'iy qayd etilgan koeffitsienti bilan uzatiladi. Mikrofonning turiga bog'liq holda uning o'lchov asbobi yoki kuchaytirgichga ulash sxemasi turlicha bo'lishi mumkin (2.137- rasm). Pyezoelektrik mikrofon, odatda, kuchaytirgichning kirishiga bevosita ulanadi.

Tovush tebranishlari chastotasi mikrofonlar yordamida ham o'lchanadi, ularning chiqishiga (yoki kuchaytirgichlardan so'ng) chastotani o'lchash natijalarini analogli signal ko'rinishida (strelkaning shkala bo'ylab ko'chishi) yoki bevosita raqamli qiymat ko'rinishida beruvchi elektron o'lchov asbobini ifodalaydigan chastotomer ulanadi.

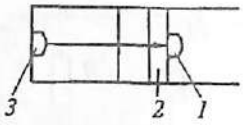
Tovushning har qanday muhitda tarqalish tezligi ko'pincha, tovush impulsining (qisqa vaqtli yuborishning) uning manbaidan qabul qilgich — mikrofongacha o'tish vaqti bo'yicha aniqlanadi. Vaqtni o'lchash radioelektronikada keng qo'llaniladigan elektron usullar bilan amalga oshiriladi.

Tovush manbaidan qabul qiluvchi mikrofongacha bo'lgan masofani bilgan holda tovush to'lqinining tarqalish tezligini aniqlash mumkin 2.34-jadvalda misol tariqasida tovushning 20°C temperaturada turli xil muhitlarda tarqalish tezliklari keltirilgan.

2.34-jadval

Turli muhitlarda tovushning tarqalish tezligi

Muhit	Muhitning zichligi kg/m³	Tezlik, m/s
Havo	1,21	344
Geliy	0,167	1005
Kislorod	1,34	326
Distillangan suv	1000	1492
Spirt	790	1150
Benzin	750	1190



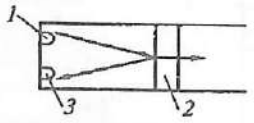
2.138- rasm. **Tovushning yutilishini aniqlash;**

1 — mikrofon; *2* — sinalayotgan material; *3* — tovush manbai

Shovqinni kamaytirish materiallarini ishlab chiqishda, u yoki bu material xonada, transportda, sexlarda va h.k. larda tovush shovqinlari darajasini qanchalik pasaytirishiga qiziqilganda mazkur materiallarning tovushni yutish koeffitsientlarini o'lchashni amalga oshirish zarur. Buning uchun tovush tebranishlarini ma'lum qalinlikdagi sinalayotgan material orqali o'tkaziladi va mikrofon yordamida tovush bosimi darajasi aniqlanadi. Shundan so'ng materialning qalinligi ma'lum kattalikka orttiriladi va yana tovush bosimi darajasi aniqlanadi (2.138-rasm). Ikki o'lchash farqi sinalayotgan materialning berilgan qo'shilgan qalinligida tovushning yutilishini aniqlashga imkon beradi; olingan qiymatlarni qalinlik birligiga keltirib, yutilish koeffitsientini aniqlash mumkin. Bunday o'lchashlar tovush to'lqinlarining o'rnatilgan namunadan o'tmasdan, uni aylanib o'tib ketishini istisno qiluvchi maxsus kameralarda o'tkazilishi kerak.

Tovush to'lqinini qaytarish koeffitsientini aniqlash. Muhit tomon qisqa tovush impulsi yuborilib, undan qaytgan tovush o'lchanadi va tovush manbai yonida joylashtirilgan qabul qilgich yordamida qaytaruvchi sirtdan qaytgan qaytarilgan signalning darajasi qayd qilinadi (2.139- rasm). Agar qabul qiluvchi qurilma yuborilgan impulsning qaytganini qayd qilmasa, u holda qaytarish koeffitsienti nolga teng. Qaytgan signalning kuchiga ko'ra tekshirilayotgan materialning, muhitning va h.k. ning qaytarish qobiliyati haqida fikr yuritish mumkin. Holbuki, nazariy jihatdan bunday o'lchashlar jiddiy qiyinchiliklar tug'dirmasa ham, amalda qaytarish koeffitsienti aniqlanadigan muhit orqasida joylashgan buyumlardan signallarning qaytishini istisno qiluvchi maxsus chora-tadbirlar ko'rilishi kerak. Bundan tashqari, tovush to'lqinining o'lchanayotgan muhitga qarab, undan qaytishidagi harakatlanish qismida signalning susayish va boshqa ko'pgina omillar hisobga olinishi kerak.

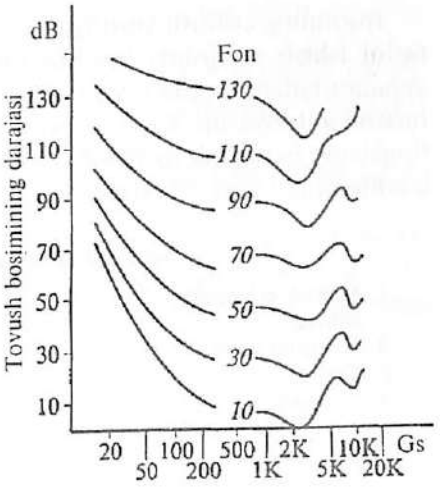
Qaytgan tovush to'lqinlaridan foydalanish texnikada keng qo'llaniladi. Tovushning qaytishi amalda turli xil zichlikka ega bo'lgan har qanday muhitlarning ajralish chegarasidan qaytishi hisobga olinadi. Masalan, agar ultratovush ichida bo'shliqlari bo'lgan metall (masalan, quymadagi brak tufayli) buyumga qarab yo'llansa, u holda bu bo'shliq chegaralaridan qaytgan tovushni qayd etish mumkin. Ultratovushli defektoskoplar ana shu prinsipga asosan qurilgan. Ular yordamida aviatsiya va kosmik texnika uchun mas'ul buyumlarning sifati tekshiriladi. Ultratovush metall buyumlardagi yoriqlardan ham qaytadi, ularni ham aniqlash mumkin.



2.139- rasm. **Qaytish koeffitsientini aniqlash;**

1 — tovush manbai; *2* — qaytaruvchi material; *3* — mikrofon

Ultratovush tebranishlari manbalari va qabul qilgichlari yuqori yo'naltiruvchanlikka ega bo'lishi mumkin (200 m gacha masofada bo'lgan ayrim kishilarning gaplarini tanlab eshitish mumkin). Bu xossadan ultratovush signallari manbai sifatida ham, qabul qilgichi sifatida ham foydalanib, nurlanish sohasida turgan turli xil obyektlarning tasvirini hosil qilish mumkin. Kemalarning ultratovushli lokatorlari ana shu prinsipga asoslangan bo'lib, ularning ekranida turli obyektlarni; qoyalarni, toshlarni, suvosti kemalarining tasvirini hosil qilish (va ularning azimutlarini qayd qilish) mumkin.



2.140- rasm. **Tovush darajasining uning chastotasiga bog'liqligi egri chiziqlari**

Kemada ultratovush nurini pastga yo'naltirib, uning ostidagi chuqurlik o'lchanadi. Albatta, bu yerda ultratovush impulsining dengiz tubigacha va undan kemaga qaytish yo'lini o'tishi uchun ketgan vaqtni o'lchash zarur. Ultratovushning qaytishidan foydalanib, xona devorlari orqasidagi obyektlarni ko'rish mumkin.

Tovush intensivligi $J(\text{Vt} \cdot \text{m}^2)$ o'lchangan tovush bosimi p ga ko'ra, quyidagi formula bo'yicha aniqlanishi mumkin:

$$J = p^2/(\rho c),$$

bu yerda ρ — muhit (material) zichligi; c — tovushning tarqalish tezligi.

Tovush maydoni energiyasining zichligi ε (u J/m^3 bilan o'lchanadi)

$$\varepsilon = J/c$$

formula bilan aniqlanadi.

Fizikada tovushning balandligi N fon deb nom olgan birliklarda aniqlanadi, lekin radiotexnikada ko'pincha, detsibellardan foydalaniladi. Agar 1000 Gs chastotali tovush nazarda tutilsa, ular bir xil bo'ladi. Tovush balandligining qiymatini quyidagi formula bo'yicha aniqlash mumkin:

$$N = 20 \lg \frac{p}{p_0},$$

bu yerda p — tovush bosimi, Pa; p_0 — odamning eshitish chegarasidagi tovush bosimi, Pa.

Barcha o'lchashlar qayd qilingan 1000 Gs chastotada o'tkaziladi.

2.140- rasmda tovush darajasining uning chastotasiga bog'liqligi egri chiziqlari ko'rsatilgan. Undan ko'rinishicha, past chastotalarda tovushning balandlik darajasi tovush bosimi darajasidan ancha past.

Insonning eshitish xususiyatlaridan tovushni qayta eshittirish apparaturasini ishlab chiqishda hisobga olishga to'g'ri keladi. Masalan, bunday apparaturadagi barcha tovush balandligini rostlagichlar chiqish signali darajasini antilogarifmik qonun bo'yicha o'zgartiradi. Bu faqat shu holdagina tinglovchi balandlik rostlagichi dastasini bir tekis aylantirganda tovush balandligining sekin o'zgarishini sezishi uchun zarurdir.

Nazorat savollari va topshiriqlari

1. Akustik o'lchashlarda qanday asosiy tovush signallari qabul qilgichlaridan foydalaniladi?
2. Tovushni idrok qilish bo'yicha insonning eshitish xususiyatlari qanday?
3. Tovush to'lqinining tarqalish tezligi qanday o'lchanadi?
4. Akustikaning texnikada qo'llanilishiga misollar keltiring.
5. Akustikada logarifmik birliklardan foydalanish nima bilan bog'liq?

2.8. GAZ VA SUYUQLIKLARNING BOSIMI, MIQDORI VA SARFINI O'LCHASH

2.8.1. Umumiy ma'lumotlar

Bosim sanoatning turli xil sohalarida texnologik jarayonlarning kechishini ifodalovchi muhim parametr hisoblanadi. Materialning molekular-kinetik nazariyasiga muvofiq, bosim deganda termodinamik sistemada modda molekulalarining uni chegaralovchi sirtning birligiga ko'rsatayotgan kuchi tushuniladi. Bunda molekulalarning harakati barcha yo'nalishlarda teng ehtimolli deb faraz qilinadi.

Bosimning kattaligini aniqlashda mutlaq, atmosfera, ortiqcha va vakuummetrik bosimlarni farqlash qabul qilingan.

Mutlaq (absolut) bosim (p_v) — absolut noldan boshlab sanaladigan gaz, bug' yoki suyuqlik ostida bo'lgan biror sistema ichidagi bosimdir.

Atmosfera bosimi (p_a) yer atmosferasi havo ustuni massasi bilan vujudga keltiriladi. U joyning dengiz sathidan balandligiga, geografik kenglikka va meteorologik sharoitga bog'liq bo'lgan o'zgaruvchan kattalikka ega.

Ortiqcha bosim absolut (mutlaq) bosim (p_a) bilan atmosfera bosimi (p_v) o'rtasidagi farq bilan aniqlanadi.

$$p_{ort} = p_a - p_v$$

Vakuum (siyraklanish) deganda gazning shunday holati tushuniladiki, bunda uning bosimi atmosfera bosimidan kam bo'ladi. Miqdoriy jihatdan *vakuummetrik* bosim vakuum sistemasi ichidagi atmosfera bosimi va absolut bosim o'rtasidagi farq bilan aniqlanadi:

$$p_{vak} = p_v - p_a$$

2.3.2- bo'limda aytib o'tilganidek, Xalqaro birliklar sistemasi SI da bosim birligi uchun *paskal* (Pa) deb ataluvchi bosim qabul qilingan. Paskal

keng qo'llanilayotgan birliklar (rasman bekor qilingan) bilan quyidagi munosabatlar bilan bog'langan:

1 kgs/sm^2 = 735,563 mm.sim.ust = 10^4 mm. suv. ust. = 9,80665 · 10^4 Pa.

O'rta va yuqori bosimlarni o'lchash, uchun karrali birliklar: kilopaskal (kPa), megapaskal (MPa) va boshqalar qo'llaniladi.

Harakatdagi muhitlarda bosimni o'lchashda bosim tushunchasi ostida statik va dinamik bosim tushuniladi.

Statik bosim — bu gazli yoki suyuqlikli muhitning potensial energiyasi zaxirasiga bog'liq bo'lgan bosimdir; statik bosim bilan aniqlanadi. U ortiqcha yoki vakuummetrik bo'lishi mumkin, xususiy holda atmosfera bosimiga teng bo'lishi mumkin.

Dinamik bosim — bu gaz yoki suyuqlik oqimining harakat tezligiga sabab bo'lgan bosim. U tezlikli (dinamik) bosim orqali quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$p_d = \rho\vartheta^2/2,$$

bu yerda p_d — dinamik bosim; ρ — harakatlanuvchi moddaning zichligi: ϑ — harakatlanuvchi oqimning tezligi.

Harakatdagi muhitning *to'la bosimi* (p_t) statik (p_{st}) va dinamik (p_d) bosimlar yig'indisidan iborat.

$$p_t = p_{st} + p_d.$$

Suyuqliklar, gaz yoki bug'ning miqdori va sarfini o'lchash sanoatda texnologik jarayonlarni nazorat qilish, tartibga solish va boshqarishda muhim bo'g'in hisoblanadi.

Truboprovodning ko'ndalang kesimi yuzidan vaqt birligida o'tadigan modda miqdori hajmiy Q_o yoki massa Q_m ko'rsatkichlari (sarf) bilan o'lchanadi, ular mos ravishda m^3/soat, m^3/s, l/s yoki kg/s, kg/soat, t/soat bilan ifodalanadi. Hajm yoki massaning minutga nisbati bilan ifodalanadigan birliklarga ruxsat etiladi: m^3/min, kg/min va h.k.

Truboprovodning ko'ndalang kesimi orqali ma'lum vaqt oralig'ida o'tadigan modda miqdori hajm birliklari G_o(m^3, l) yoki massa birliklari G_m(t, kg) dagi miqdor ko'rsatkichlari bilan o'lchanadi.

Suyuqlik yoki gazni bir onda sarflashni aniqlash ifodasi quyidagicha:

$$V = Sv;$$

$$q = \rho Sv,$$

bu yerda V — hajmiy sarf; q — massa sarfi; ρ — modda zichligi; S — truboprovodning ko'ndalang kesimi; v — moddaning ko'chish tezligi.

Suyuqlik yoki gaz sarfini o'lchashni ρ, S va v ni o'lchashga keltirish mumkinligi ifodalardan kelib chiqadi. Ko'pchilik hollarda S yoki ρ doimiy bo'lib qoladi, u holda sarfni o'lchashni o'zgarmas S yuzada v ni o'lchashga yoki aksincha o'lchashga keltirish mumkin.

Miqdor va sarfni o'lchashlarning taqqoslanadigan natijalarini hosil qilish uchun o'lchangan hajm me'yordagi sharoitlarga keltiriladi va keltirilgan hajm Q_n deb ataladi. Sanoat amaliyotida me'yordagi sharoitlar deb $t_n = +20°C$ temperatura, $p_n = 101325$ Pa bosim, $\varphi = 0$ gazning nisbiy namligi hisoblanadi.

2.8.2. Bosimni o'lchash va nazorat qilish usullari hamda vositalari

Texnologik jarayonlarda bosimdan, uning o'zgarishidan va siyraklanishidan keng foydalanish bosimni o'lchash va nazorat qilishning turli xil usullari hamda vositalarining qo'llanish zarurligini taqozo etadi.

Bosimni o'lchash usullari o'lchanayotgan bosim kuchlarini quyidagi kuchlar bilan o'lchashga asoslangan:

tegishli balandlikdagi suyuqlik (simob, suv) ustunining bosimi;

elastik elementlar (prujinalar, membranalar, manometrik va aneroid qutilar, silfonlar va manometrik trubkalar) deformatsiyalanganda vujudga keladigan;

yuklar og'irligi;

ayrim materiallar deformatsiyasida yuzaga keladigan va elektrik effektlar vujudga keltiradigan elastik kuchlar.

Parametrlarni o'lchash vositalarining ko'rsatib o'tilgan usullariga muvofiq, bosimlarni suyuqlikli, deformatsion, yuk porshenli va elektrik bosimlarga ajratish mumkin. Deformatsion o'lchash vositalari sanoatda eng ko'p tarqalgan. Qolganlari, asosan, laboratoriya sharoitida namuna sifatida yoki tadqiqot olib borish uchun qo'llaniladi.

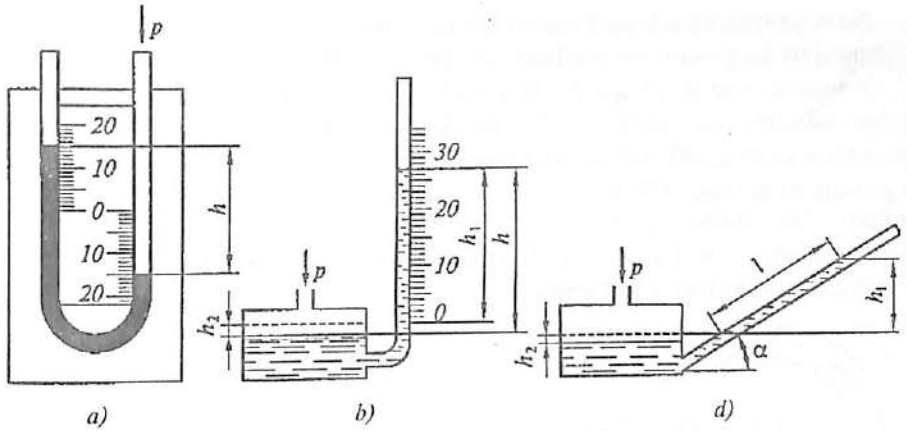
Bosimni o'lchash vositalari barometrlarga (atmosfera bosimini o'lchash uchun), manometrlarga (ortiqcha bosimni o'lchash uchun), vakuummetrlarga (vakuummetrik bosimni o'lchash uchun), manovakuummetrlarga (ortiqcha va vakuummetrik bosimni o'lchash uchun), absolut bosim manometrlariga (absolut noldan boshlab sanaladigan bosimni o'lchash uchun), differensial manometrlarga (bosim farqini (o'zgarishini) o'lchash uchun) bo'linadi.

Bosimni o'lchashning suyuqlikli vositalari. Suyuqlikli o'lchash vositalarining ishlashi gidrostatik prinsipga asoslangan, bunda o'lchanayotgan bosim berkituvchi (ishchi) suyuqlik ustuni bosimi bilan muvozanatga keltiriladi. Suyuqlikning zichligiga bog'liq holdagi sathlarning farqi bosim o'lchovi hisoblanadi.

Bosimni yoki bosimlar farqini o'lchaydigan eng oddiy asbob ikki naychali (yoki U-simon) manometr hisoblanib (2.141- *a* rasm), u ishchi suyuqlik (simob yoki suv) bilan to'ldirilgan, bukilgan shisha naychadan iborat bo'lib, shkalali panelga mahkamlangan. Naychaning bir uchi atmosferaga, ikkinchi uchi esa bosimi o'lchanadigan obyektga ulanadi. Uning qiymati

$$p = h\rho g$$

ifodadan aniqlanadi, bu yerda p — o'lchanadigan bosim, Pa; h — suyuqlik sathlari farqi, m; ρ — suyuqlikning zichligi, kg/m³; g — og'irlik kuchi tezlanishi, m/s².



2.141- rasm. **Suyuqlikli manometrlar:**
a — U-simon; *b* — idishli; *d* — mikromanometr

Ikki nayli manometrning yuqori o'lchash chegarasi keltirilgan o'lchash xatoligi 0,2...2% bo'lganda 1...10 kPa ni tashkil etadi. Bu vosita bilan bosimni o'lchash aniqligi h kattilikni hisoblash aniqligi, ishchi suyuqlik zichligi ρ ni topish aniqligi bilan belgilanadi va naychaning kesimiga bog'liq bo'lmaydi.

Bosimni o'lchashning yanada qulay vositasi bir naychali (pallali) manometr (2.141- *b* rasm) hisoblanadi, unda naychalardan biri idish bilan almashtirilgan bo'lib, uning diametri, odatda, naycha diametridan 20 marta katta bo'ladi. Manometrning ishlash prinsipi yuqorida qarab chiqilganga o'xshash, biroq bosim yoki siyraklanish ushbu

$$p = h\rho g(1 + d^2/D^2) = h\rho g(1 + f/F)$$

formulaga ko'ra aniqlanadi, bu yerda d, D — mos ravishda naycha va keng idishning diametrlari, m; f, F — naycha va keng idishning kesimlari, m².

Naycha va idish diametrlari yoki kesimlarining nisbati katta bo'lgani uchun bosimning o'zgarishida h_2 sathning tushishini hisobga olmasa ham bo'ladi va sanoqni faqat shisha naycha bo'yicha, ya'ni h_1 bo'yicha olib borish mumkin.

Bir naychali manometrlarning yuqori o'lchash chegarasi 1,6...10 kPa, keltirilgan o'lchash xatoligi 0,25... 0,4% ni tashkil etadi.

2.141- *d* rasmda kichik bosim kattaliklarini (2 kPa gacha) o'lchash uchun qo'llaniladigan prinsipga asoslangan bir naychali mikromanometr ko'rsatilgan. Bu manometrda shisha naycha gorizontga nisbatan α burchak ostida joylashgan. Bunda o'lchash aniqligi bir necha marta ortadi.

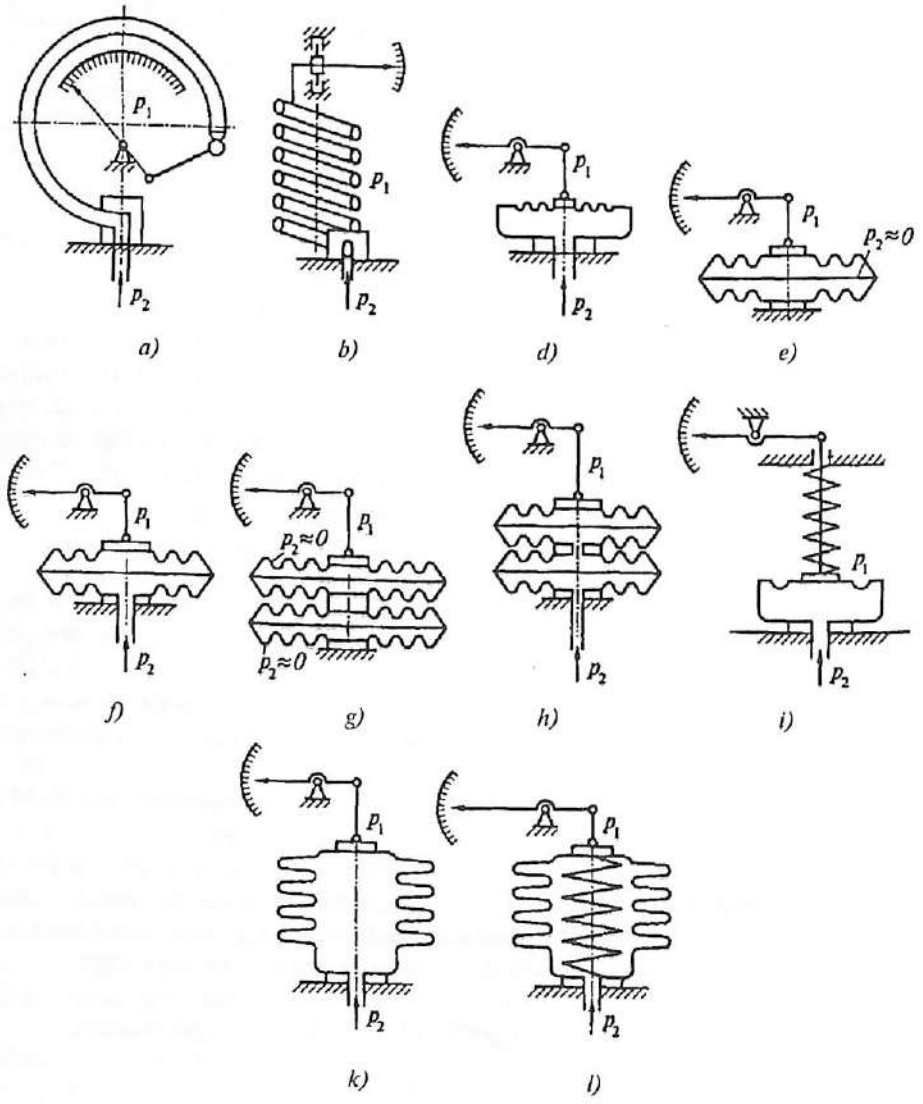
$h_1 = l \sin\alpha$ ni hisobga olgan holda va f/F kattalikning juda kichik ekanligidan, uni e'tiborga olmagan holda, o'lchanayotgan bosimni

$$p = l\rho g \sin\alpha$$

ifodaga ko'ra aniqlash mumkin.

Naychaning og'ish burchagini kamaytirish bilan manometrda o'lchash chegaralari kamayadi va o'lchash aniqligi ortadi.

Yuqorida qarab chiqilgan bosimni o'lchashning suyuqlikli vositalari ko'rsatishlarni masofadan turib uzatishning yo'qligi, o'lchash chegaralari kichikligi va mustahkamligi pastligi bilan ajralib turadi. Shu bilan bir vaqtda o'zining soddaligi, arzonligi va o'lchash aniqligining nisbatan yuqoriligi tufayli ular laboratoriyalarda keng va sanoatda esa ayrim o'lchashlarda hamda boshqa turdagi o'lchash vositalarini tekshirishdagi onda-sondagi o'lchashlarda kamroq foydalaniladi.



2.142- rasm. **Bosimni o'lchash vositalarining deformatsion sezgir elementlari**

Bosimni o'lchashning deformatsion vositalari turli xildagi elastik elementlarning elastik deformatsiya kuchlari tomonidan sezgir elementga tekshirilayotgan muhitning bosimi yoki vakuumi vujudga keltirayotgan kuchni muvozanatlashga asoslangan. Chiziqli yoki burchakli ko'chishlar ko'rinishidagi bu deformatsiya qayd qiluvchi (ko'rsatuvchi yoki o'ziyozar) qurilmaga uzatiladi yoki masofadan turib uzatish uchun elektr (pnevmatik) signalga aylantiriladi.

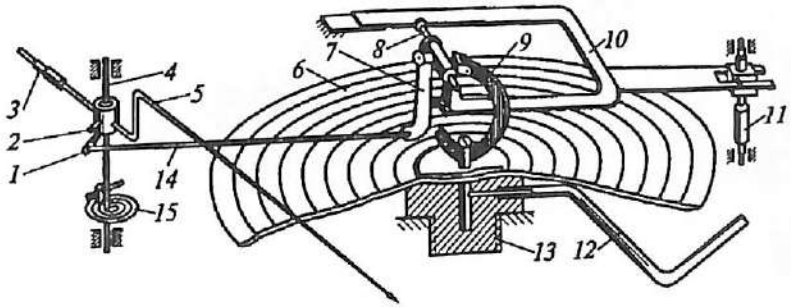
Sezgir elementlar sifatida bir o'ramli naysimon prujinalar (2.142- *a* rasm), ko'p o'ramli naysimon prujinalar (2.142- *b* rasm), elastik membranalar (2.142- *d* rasm), elastik membrana qutilari (2.142- *e, f* rasmlar), ikki qavatli elastik membrana qutilari (2.142- *g, h* rasm), egiluvchan membranali prujinali-membranali (2.142- *i* rasm), silfonli (2.142- *k* rasm) va prujinali — silfonli (2.142- *l* rasm) asboblardan foydalaniladi.

Membranalar, silfonlar va naychali prujinalarni tayyorlash uchun yetarlicha yuqori elastiklikka, korroziyaga bardoshlikka ega, parametrlarining temperatura o'zgarishiga bog'liqligi kam bo'lishi bilan ajralib turadigan bronza, jez, xrom nikelli qotishmalar qo'llaniladi.

Bosimni o'lchashning ba'zi deformatsion vositalarini mufassalroq ko'rib chiqamiz.

Membranali asboblar neytral gaz muhitlarining uncha katta bo'lmagan (40 kPa gacha) bosimlarini o'lchash uchun qo'llaniladi. Mazkur asboblarning aniqlik sinflari 2,5.

2.143- rasmda profil shkalasi 250 dan 25 000 Pa gacha bo'lgan membranali vakuummetrning konstruksiyasi ko'rsatilgan. O'zgaruvchi muhit bilan nay *12* yordamida ulangan membrana qutisi *6* sezgir element vazifasini bajaradi. Membrana asbob korpusiga shtuser *13* yordamida mahkamlangan. O'lchanayotgan muhit bosimining o'zgarishi membrana qutisi *6* egilishining mos holda o'zgarishiga sabab bo'ladi. Bunda membrana qutisi *6* ning yuqori qismiga mahkamlangan tasma *9* o'q *8* da o'rnatilgan richag

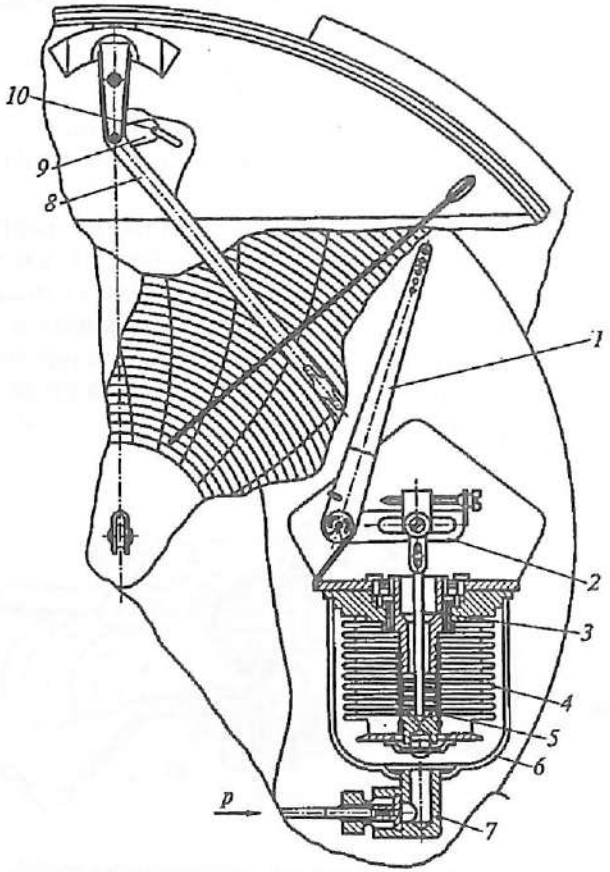


2.143- rasm. **Profil shkalali membranali vakuummetrning tuzilishi:**
1 va *7* — richag; *2* — tirgak vinti; *3* — posangi; *4* va *8* — o'q; *5* — ko'rsatkich strelka; *6* — membrana qutisi; *9* — tasma; *10* — yassi prujina; *11* — nolni to'g'rilash vinti; *12* — trubka; *13* — shtutser; *14* — tortqi; *15* — spiral prujina

7 ni buradi. Elastik sistemaning bikirligini orttirish uchun o'q *8* yassi prujina *10* ga mahkamlangan. Richag *7* ning burilishi tortqi *14* va o'q *4* o'rnatilgan richag *1* ning ko'chishiga sabab bo'ladi. Shu o'qning o'zida stopor vint *2* yordamida posangi *3* bilan ko'rsatkich strelka *5* mahkamlangan. Ko'rsatkich strelka *5* ning uchi gorizontal profil shkala bo'ylab ko'chadi. Spiral prujina *15* richagli mexanizm bo'g'inlaridagi oraliqlarning ta'sirini bartaraf qilish uchun xizmat qiladi. Strelkali shkalaning boshlang'ich belgisiga o'rnatish uchun nol korrektori vinti *11* xizmat qiladi.

Silfonli asboblar o'lchash chegaralari 40 kPa gacha, 400 kPa gacha (manometrlar sifatida), 100 kPa gacha (vakuummetrlar sifatida), — 100...+300 kPa oraliqda (manovakuummetrlar sifatida) noagressiv gazlarning ortiqcha va vakuummetrik bosimini o'lchash uchun mo'ljallangan.

Bu asboblarning sezgir elementi silfon bo'lib, (2.142- *a* rasm), u ko'ndalang gofrirovkali yupqa devorli silindrik idishdan iborat, gofr uning



2.144- rasm. **Silfonli o'ziyozar manometrning tuzilishi:**
1, *2* va *9* — richag; *3* — shtift; *4* — silfon; *5* — prujina; *6* — kamera; *7* — shtutser; 8— strelka; *10* — tortqi

ichida va tashqarisida bosimlar o'zgarganda o'zining chiziqli o'lchashlarini o'zgartiradi. Silfonlar fosforli bronzadan, zanglamaydigan po'latdan yoki mis nikelli qotishmadan tayyorlanadi.

Diametri 8...150 mm, devorining qalinligi 0,1...0,3 mm, to'lqin soni *4; 6; 10* va *16* bo'lgan silfonlar qo'llaniladi.

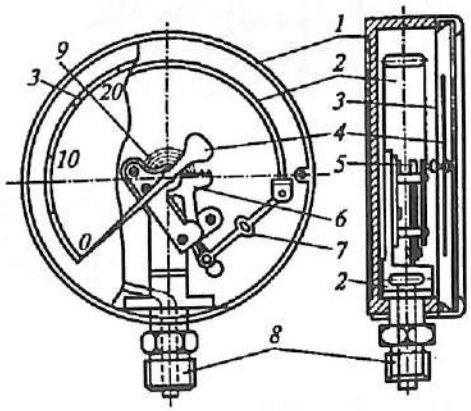
Ko'rilayotgan turdagi asboblar konstruktiv jihatdan ikki qismdan iborat: silfonli blok va qayd qiluvchi blok (ko'rsatuvchi yoki o'ziyozar). Ikkala blok yagona korpusga o'rnatilgan. O'ziyozar asboblarning aniqlik sinfi 1 yoki 1,5.

2.144- rasmda silfonli o'ziyozar manometrning konstruksiyasi ko'rsatilgan. O'lchanayotgan bosim shtutser *7* orqali silfon *4* joylashgan kamera *6* ga uzatiladi, silfon *4* ning ichki sohasi atmosfera bilan tutashadi. Silfon *4* ichida uning siqilishiga qarshi ta'sir ko'rsatuvchi prujina *5* o'rnatilgan. Silfon *4* ning tubiga shtift *3* tiralib turadi, u silfon *4* dan ko'chishni richag *1* ga uzatuvchi richag *2* bilan ulangan. Bu richag tortqi *10* yordamida richag *9* bilan ulangan bo'lib, u uchiga pero o'rnatilgan strelka *8* ga harakatni uzatadi. Peroli strelkaning harakatlanish izi soat mexanizmi yoki sinxron dvigatel bilan silkitiluvchi diagrammaga yoziladi.

Truba (naycha) prujinali asboblar eng ko'p tarqalgan manometrlar, vakuummetrlar va manovakuummetrlar qatoriga kiradi.

Trubasimon (naychasimon) prujina aylana yoyi bo'yicha bukilgan, yupqa devorli naychadan (bitta yoki ko'p o'ramli) iborat bo'lib, uning bir uchi kavsharlanib, u mis qotishmalaridan yoki zanglamaydigan po'latdan tayyorlanadi. Nay ichidagi bosim ortganda yoki kamayganda prujina ma'lum burchakka yoyiladi yoki siqiladi.

2.145- rasmda eng oddiy prujinali manometrning tuzilishi keltirilgan. U korpus *1* dan iborat; doira bo'yicha 270° ga bukilgan shaklda ishlangan ko'ndalang oval kesimli, ichi bo'sh naycha *2* bir tomoni bo'sh va zich yopilgan, ikkinchi tomondan esa tutqichga kavsharlangan bo'lib, tutqich o'lchanayotgan bosim manbaiga shtuser *8* yordamida ulangan. Naychaning berk uchi tasma *7* yordamida tishli sektor *6* bilan tutashtirilgan, tishli sektor esa ko'rsatuvchi strelka *4* bilan bitta o'qqa o'rnatilgan shesternya *5* bilan tishlashadi. Ortiqcha bosim ta'sirida naycha egiladi, uning bo'sh uchi siljiydi va tasma *7* ni tortadi, u esa unga bog'langan tishli sektor *6* ni buradi. Tishli sektor *6* shesternya *5* ni va



2.145- rasm. **Prujinali manometr qurilmasi:**
1 — korpus; *2* — ichi bo'sh trubka; *3* — shkala; *4* — strelka; *5* — shesternya; *6* — tishli sektor; *7* — tasma; *8* — shtutser; *9* — prujina

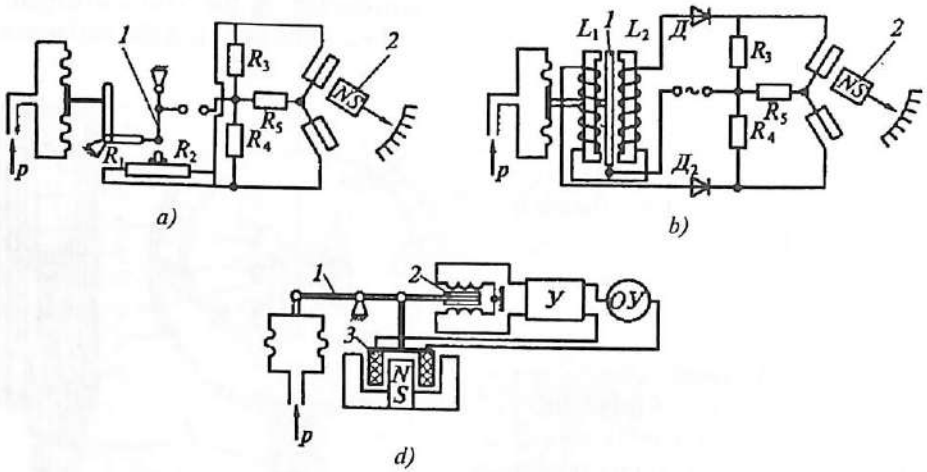
o'lchanayotgan bosimning kattaligini shkala *3* bo'yicha ko'rsatuvchi strelka *4* ni aylantiradi. Sektor va shesternya tishlari orasida bo'sh yurishni bartaraf etish uchun spiral prujina *9* qo'llanilgan.

Ko'rib chiqilgan turdagi manometrlar yuqori o'lchash chegaralari 60...160 kPa uchun ishlab chiqariladi. Vakuummetrlar 0...100 kPa qiymatli shkalali qilib chiqariladi. Manovakuummetrlarning o'lchash chegaralari — 100 kPa dan +(60 kPa...2,4 MPa) gacha. Ishchi manometrlar uchun aniqlik sinfi 0,6...4, namuna manometrlar uchun esa 0,16; 0,25; 0,4.

Yuqorida ko'rib chiqilgan bosimni o'lchashning hamma deformatsion vositalari deformatsiyani ko'rsatuvchi qurilmaga keladigan signalga to'g'ridan-to'g'ri aylantirish prinsipiga asoslangan nodistansion (masofadan turib emas) sxemalarga kiradi.

Distansion (masofadan) turdagi juda ko'p sxemalar mavjud bo'lib, ularda elastik element (membrana, silfon, prujinali naycha va shu kabilar)ning deformatsiya signali o'zgartkich (elektr, induktiv va shu kabi) elementini ko'chirish uchun foydalaniladi, o'zgartkichning signali ko'rsatuvchi qurilmada qayd etiladi (2.146- rasm).

Masalan, 2.146- *a* rasmda elastik element (membrana) ning deformatsiya signali potensiometr harakatining ko'chishi uchun foydalaniladi. Potensiometr ko'prikning ikki yelkasi (R_1 va R_2)ni tashkil etadi, boshqa ikki yelka esa R_3 va R_4 rezistorlardan tuzilgan. Manometrda ko'rsatkich sifatida qo'zg'almas ramkali (g'altakli) va qo'zg'aluvchi *2* magnitli ikki g'altakli logometr qo'llaniladi.



2.146- rasm. **Bosimni o'lchashning deformatsion vositalarini masofadan ulash chizmalari:**

a — manometrni potensiometrik o'zgartkich bilan (*1* — ikki g'altakli logometr; *2* — qo'zg'aluvchan magnit); *b* — manometrni induktiv o'zgartkich bilan (*1* — induktiv o'zgartkich; *2* — qo'zg'aluvchan magnit); *v* — manometrni kuchlanish kompensatsiyasi bilan (*1* — richag; *2* — signallarni o'zgartkich; *3* — elektromagnit; *K* — kuchaytirgich; SQ — sanoq qurilmasi)

Manometrik quti bo'shlig'ida bosimning o'zgarishi quti deformatsiyasini vujudga keltiradigan kuchga aylanadi. Quti deformatsiyasi cho'tkaning potensiometr bo'ylab ko'chishini ta'minlaydi, binobarin, ko'prik diagonalida qarshiliklar va kuchlanishlar farqining o'zgarishini vujudga keltiradi. Ikki g'altakli lagometr *1* ramkalaridagi toklarning nisbati ko'rsatuvchi strelkaning holatini belgilaydi.

Cho'tkaning potensiometrga kontaktli ishqalanishini bartaraf etish maqsadida kontaktsiz o'zgartkichlar: induktiv yoki sig'imli o'zgartkichlar qo'llaniladi. Induktiv differensial o'zgartkichli manometrda (2.146- *b* rasm) yakor membrananing bikir markazi bilan bog'langan. Induktiv o'zgartkich *1* dan olinadigan deformatsiya signali bilan amplitudasiga ko'ra, modullangan o'zgaruvchan tok signallari diod *D* yordamida to'g'rilanadi va ko'rsatkichning qo'zg'aluvchi *2* magnitli ikki g'altakli logometrga o'lchanayotgan bosimga proporsional bo'lgan detektirlangan signallar keladi.

Muvozanatlovchi almashtirishlari bo'lgan sxemalar ham qo'llaniladi: statik (kuch kompensatsiyasi) va astatik (kuzatuvchi sistemalar).

Statik muvozanatlash sxemasida (2.146- *d* rasm) silfon deformatsiyasi uchida signallar o'zgartkichi *2* o'rnatilgan richag *1* ning ko'chishiga almashadi. O'zgartkichdan signallar kuchaytirgich *K* da kuchaytirilgandan so'ng sanash (hisoblash) qurilmasi SQ ga va yakori richag *1* bilan bog'langan kuch elektromagniti *3* ning g'altagiga keladi. G'altakdagi toklarning doimiy magnitning magnit maydoni bilan o'zaro ta'sirlashuvida silfon vujudga keltirgan kuchni muvozanatlovchi va richag *1* ning ko'chishiga to'sqinlik qiluvchi kuch paydo bo'ladi. Bunda o'lchanayotgan bosim qancha katta bo'lsa, g'altaklardagi tok kuchi ham shuncha katta bo'ladi. Shunday qilib, richag statik xatolikkacha aniqlik bilan o'rtacha holatda bo'ladi, asbobning g'altaklardagi tok kuchiga proporsional bo'lgan ko'rsatishlari esa asbobga uzatilayotgan bosimning o'lchovi bo'ladi.

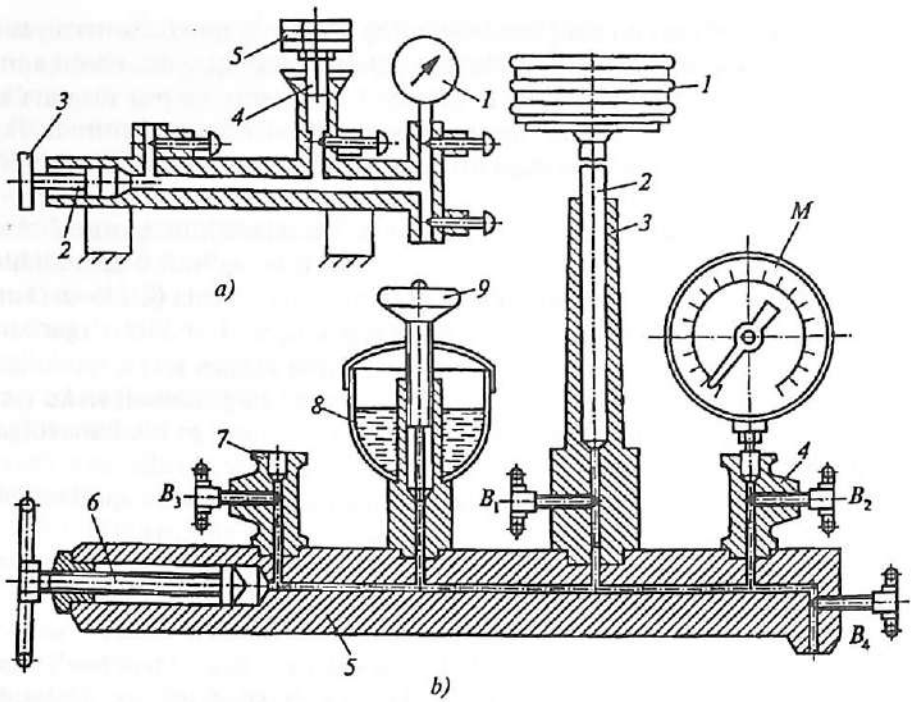
Yuk porshenli manometrlar (2.147- *a* rasm) o'rta va yuqori bosimli mexanik nazorat qilish va namunaviy manometrlarni tekshirish qurilmasi sifatida qo'llaniladi. Ulardagi bosim porshen 4 ga joylashtiriladigan kalibrlangan yuklarga ko'ra aniqlanadi. Ishchi suyuqlik sifatida kerosin, transformator moyi yoki kastorka yog'i ishlatiladi. Yuk porshenli manometrlarning ko'rsatishlarini

$$\Delta p = (g/9{,}8066 - 1)$$

formuladan foydalanib, og'irlik kuchi g ning doimiy bo'lmasligiga ko'ra tuzatib turish zarur.

Yuk porshenli manometrlarning aniqlik sinfi 0,05 va 0,02%.

2.147- *b* rasmda yuk porshenli manometrlarni ishlash prinsipiga asoslangan manometrlarni tekshirish qurilmasining konstruksiyasi keltirilgan. U o'lchash ustuni *3* mahkamlanadigan korpus *5* dan iborat. Ichki bo'shliq voronka *8* va ignali klapan *9* orqali moy bilan to'ldiriladi. Bunda nasos vinti korpus *5* dan burab olinadi va voronka *8* dan moyni so'rib oladi. Korpus *5* dagi kanal *4* va



2.147- rasm. **Yuk porshenli manometrlar:**

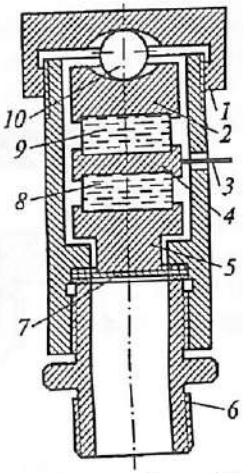
a — manometrning tuzilishi (*1* — tekshirilayotgan manometr; *2* — shturval; *3* — yordamchi porshen; *4* — porshen; *5* — kalibrlangan yuklar); *b* — manometrlarni tekshiradigan qurilmaning tuzilishi (*1* — yuklarni o'rnatish uchun tarelka; *2* — porshen; *3* — o'lchash kolonkasi; *4* va *7* — shtutser; *2* — porshen; *5* — korpus; *6* — nasos; *8* — voronka; *9* — ignasimon klapan)

7 shtutserlar bilan tutashtiriladi, ular mos ravishda nazorat manometri va tekshirilayotgan manometrlarni o'rnatish uchun xizmat qiladi. Ichida porshen *2* va yuklarni o'rnatish uchun taqsimchasi bo'lgan o'lchov kolonka *3* ham o'sha kanal bilan ulangan. B_1 va B_2 ventillar ochiq bo'lganda namuna yuk ortilgan porshen *2* ta'sir ko'rsatadigan suyuqlikning bosimi tekshirilayotgan manometrga uzatiladi. Suyuqlikning bu bosimini manometrning ko'rsatishlari bilan taqqoslab, uning xatosi aniqlanadi.

Elektr manometrlari va vakuummetrlari. Yarim o'tkazgichli texnika va mikroelektronikaning rivojlanishi bosimni o'lchashning yanada mukammal vositalarini juda keng kattaliklar oraliqlarida ishlab chiqishga va yaratishga imkon beradi. Bu guruhdagi asboblarning ishlashi ayrim materiallarning o'z elektrik parametrlarini bosim ta'sirida o'zgartirishi xossasiga asoslangan.

Pyezoelektrik manometrlar mexanizmlarda yuqori chastotali pulsatsiyalanuvchi bosimni sezgir elementga $8 \cdot 10^3$ GPa gacha yo'l qo'yilgan yuklanish bilan o'lchashda qo'llaniladi. Pyezoelektrik manometrlarda mexanik kuchlanishlarni elektr toki tebranishlariga o'zgartiruvchi sezgir element qalinligi bir necha millimetr bo'lib, kvars, bariy titanati yoki QST (qo'rg'oshin sirkonat-titanati) turidagi keramikadan yasalgan silindrik yoki to'g'ri to'rtburchak shaklidagi plastinalar bo'ladi.

Pyezoelektrik manometr o'zgartkichining tuzilishi 2.148- rasmda ko'rsatilgan. O'lchanayotgan bosim membrana *7* orqali pyezoelementlar *8* va *9* ga ta'sir qiladi, Bu pyezoelementlar shunday joylashganki, ularning metall qistirma *4* ga tegib turuvchi ichki yoqlarida bir ismli zaryadlar hosil bo'ladi. Plastinkalarning ichki yoqlaridagi potensial qistirma *4* ga birlashtirilgan izolyatsiyalangan o'tkazgich *3* bilan olib tashlanadi, pyezoelementlarning tashqi yoqlaridan esa korpus va metall qistirmalar *2* va *5*, membrana *7* va sharcha *10*, qopqoq *1* orqali olib qo'yiladi. Membrana *7* ni siqib turuvchi shtutser *6* sezgir elementni o'lchash obyektiga birlashtirish uchun xizmat qiladi.



2.148- rasm. **Pyezoelektrik manometr o'zgartkichining tuzilishi:**

1 — qopqoq; *2, 4* va *5* — metall qistirma; *3* — o'tkazgich; *6* — shtutser; *7* — membrana; *8* va *9* — pyezoelement; *10* — sharcha

Elektr zaryadining kattaligi bosimga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$q = kpS,$$

bu yerda q — zaryad, Kl; k — pyezoelektrik doimiy, Kl/N; r — bosim, Pa; S — plastinalar sirtining yuzi, m^2.

Zaryadni o'lchash elektron sxema yordamida bajariladi.

Tenzometrik manometrlar kichik gabarit o'lchamlarga, oddiy tuzilishga, yuqori aniqlikka ega va ishlatishda ishonchli. Ko'rsatishlarining yuqori chegarasi 0,1...40 MPa, aniqlik sinfi 0,6; 1 va 1,5. Murakkab ishlab chiqarish sharoitlarida qo'llaniladi.

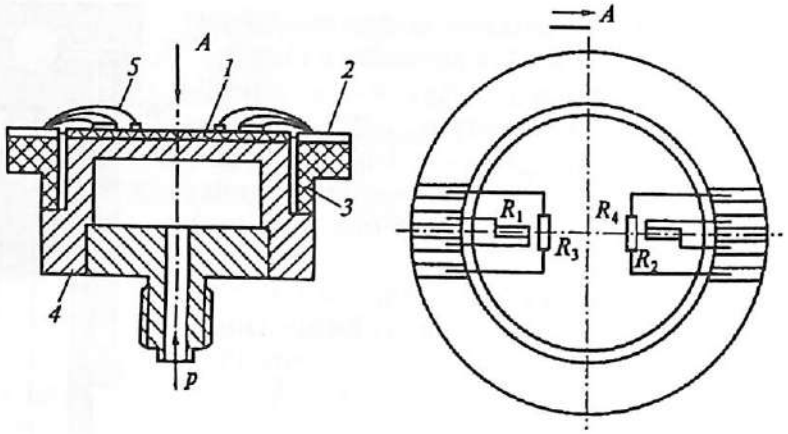
Tenzometrik manometrlarda sezgir element sifatida tenzorezistorlar qo'llaniladi, ularning ishlash prinsipi deformatsiya ta'sirida qarshilikning o'zgarishiga asoslangan.

Tenzometrik manometrning tuzilishi 2.149- rasmda keltirilgan. Manometr silindr korpus *4* ga ega bo'lib, u yuqori qismida elastik membranadan, pastki qismida esa o'lchanayotgan p bosimni keltirish uchun shtutserdan tashkil topgan. Membranaga dumaloq sapfir plastina *1* kavsharlangan bo'lib, uning sirtiga monokristallik kremniydan tayyorlangan yupqa plyonkali yarimo't-kazgichli tenzorezistorlar $R_1 ... R_4$ o'rnatilgan.

Tenzorezistorlar ularga kavsharlangan chiqarish simlari *5* yordamida dielektrik *3* dan tayyorlangan halqada mahkamlangan yig'ma plastinkalar *2* bilan birlashtirilgan.

Manometrdagi bosim yelkalari $R_1 ... R_4$ tenzorezistorlar bo'lgan, muvozanatlanmagan ko'prik sxemasi bilan o'lchanadi.

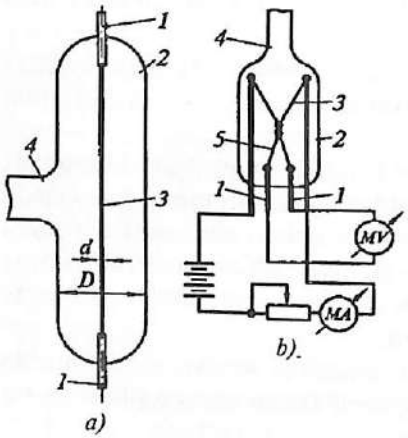
Sapfir plastinka *1* li va tenzorezistorli membrananing deformatsiyasi natijasida ko'prikning kuchlanish ko'rinishidagi muvozanat buzilishi yuzaga



2.149- rasm. **Tenzometrik manometrning tuzilishi:**
1 — sapfir plastina; *2* — yig'ma plastinkalar; *3* — dielektrik halqalar; *4* — korpus; *5* — chiqarish simlari

keladi, bu kuchlanish kuchaytirgich yordamida o'lchanayotgan bosimga proporsional chiqish signaliga aylanadi.

Issiqlik vakuummetrlarining ishlash prinsipi (2.150- rasm) gaz muhiti issiqlik o'tkazuvchanligining uning siyraklanish darajasiga bog'liqligiga asoslangan. Ikkala sxemada vakuum ballon *2* da joylashgan elektr tokini o'tkazish yo'li bilan qizigan platina tola *3* hisoblanadi. Muhitning siyraklashishi orttirilganda uning issiqlik o'tkazuvchanligi kamayadi, demak, qizigan platina tola vakuum ballon *2* devorlariga issiqlikni yomonroq beradi, buning natijasida uning temperaturasi ortadi. Tolaning temperaturasini o'lchab, vakuumning mavjudligi to'g'risida fikr yuritish mumkin. Tolaning qizish temperaturasi nur chiqarish hisobiga issiqlik uzatish bo'lmasligi uchun +100°C atrofida bo'lishi kerak.



2.150- rasm. **Issiqlik vakuummetrlari:**
a — qarshiliklar; *b* — termoparali: *1* — elektr kirishlar; *2* — vakuum ballon; *3* — platina tola; *4* — tutashtiruvchi trubka; *5* — termopara

Termoparali issiqlik vakuummetrida temperaturani xromel-kopeldan tayyorlangan va ingichka simdan yasalgan ilmoq yordamida tola bilan tutashtirilgan termopara *5* bilan o'lchanadi. Tolaning temperaturasi elektr kirish uchlari *1* orqali ulanadigan millivoltmetr bilan o'lchanadi.

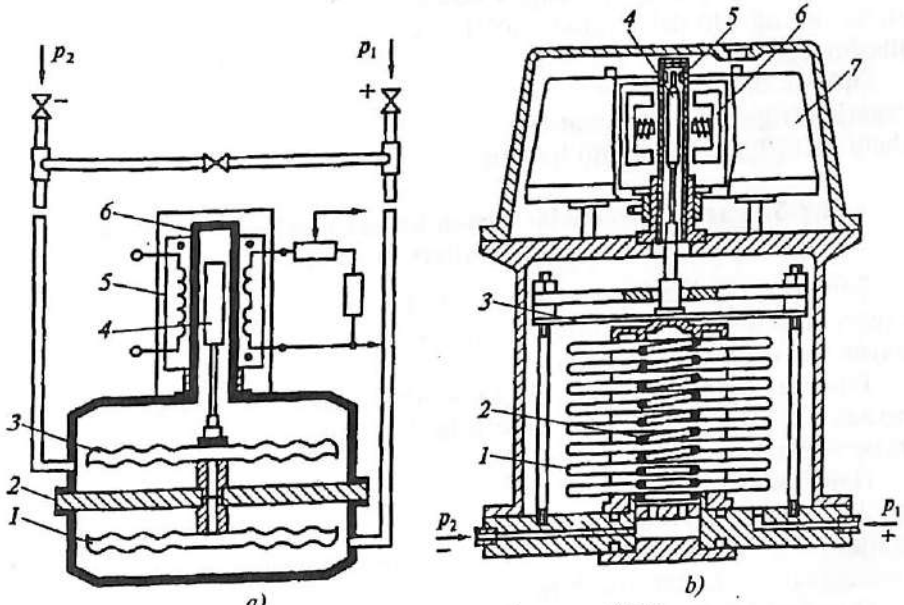
Issiqlik vakuummetrlari juda kichik miqdordagi bosimlarni (vakuumda) o'lchash uchun qo'llaniladi.

Differensial manometrlar suyuqlik va gazlarning bosimlari farqini (o'zgarishini) o'lchash uchun qo'llaniladi. Ular gaz va suyuqliklarning sarfini, suyuqlik sathini o'lchash uchun, shuningdek, kichik ortiqcha va vakuummetrik bosimlarni o'lchash uchun foydalanilishi mumkin.

Keyingi vaqtlarda sanoatda membranali va silfonli differensial manometrlar juda keng tarqaldi.

Membranali differensial manometrlar noagressiv muhitlar bosimini o'lchash uchun mo'ljallangan shkalasiz birlamchi o'lchov asboblari bo'lib, ular o'lchanadigan kattalikni o'zgarmas tok 0...5 mA ning bir xil shaklga keltirilgan analog signaliga, o'zaro induksiya 0...10 mGn ning o'zgaruvchan toki yoki bosimi 20... 100 kPa bo'lgan pnevmatik signalga aylantiradi.

Differensial-transformatorli o'zgartkichli DM turidagi membranali differensial manometrning sxemasi 2.151- *a* rasmda tasvirlangan. Bu manometrning sezgir elementi, korpus *2* da mahkamlangan ikki membrana qutisidan iborat membrana bloki *1* va *3* hisoblanadi. Membrana qutilari nomagnit xromnikel qotishmasidan ishlangan gofrirlangan membranalardan tayyorlangan. Qutilarning ichki bo'shliqlari distillangan suv bilan to'ldirilgan va to'siqdagi teshik orqali bir-biri bilan tutashadi. Yuqori membrananing markazi bilan differensial-transformatorli o'zgartkich *5* ning o'zagi *4* bog'langan. O'zak *4* nomagnit po'latdan ishlangan bo'luvchi nay *6* ning ichida ko'chadi. Differensial manometrning kameralariga p_1 va p_2 bosim berkituvchi ventillar



2.151- rasm. **Differensial manometrlar:**
a — DM turidagi membranali (*1* va *3* — membrana qutisi; *2* — korpus; *4* — o'zak; *5* — o'zgartkich; *6* — ajratuvchi trubka); *b* — silfonli (*1* — silfon; *2* — prujina; *3* — prujinali osma; *4* — magnitli o'zak; *5* — ajratuvchi trubka; *6* — o'zgartkich; *7* — tranzistorli kuchaytirgich)

orqali naylar bilan olib kelinadi, bunda p_1 bosim p_2 bosimdan katta. O'lchanayotgan bosimlar ayirmasi $(p_1 - p_2)$ ta'sirida pastki membrana qutisi *1* siqiladi va undagi suyuqlik yuqoridagi membrana qutisi *3* ga oqib o'tib, yuqori qutining markazini shu bilan birga o'zgartkichning o'zagi *4* ni membrana blokiga qo'yilgan bosimlar farqidan vujudga kelgan kuchlanish membrana qutilarining elastik kuchlari bilan muvozanatga kelmaguncha ko'chishga undaydi. O'zak *4* ning ko'chishi chiqish signali kuchlanishining o'lchanayotgan bosimlar o'zgarishiga proporsional ravishda o'zgarishiga olib keladi.

DM turidagi differensial manometrlar bosimning 1,6...630 kPa chegaralarda o'zgarishiga mo'ljallab ishlab chiqariladi.

Silfonli differensial manometrlar. 2.151- rasmda magnit o'zgartkichli silfonli differensial manometrning tuzilishi ko'rsatilgan. Differensial manometrning o'lchov bloki silfon *1* dan iborat bo'lib, unga prujina *2* o'rnatilgan, uning bikirligi o'lchanayotgan bosimlar o'zgarishi oralig'ini belgilaydi. Silfon *1* yassi prujinali osma *3* bilan bikir biriktirilgan bo'lib, unga magnit o'zak *4* bog'langan. Magnit o'zak *4* nomagnit po'latdan yasalgan ajratuvchi naycha *5* ning ichida bo'lib, unga magnit kompensatsiyali o'zgartkich *6* o'rnatilgan. Uning yonida tranzistorli kuchaytirgich *7* joylashgan. Differensial manometr kameralariga p_1 va p_2 bosimlarni keltirish impuls naychalar orqali amalga oshiriladi. Bosimlar farqi $(p_1 - p_2)$ ta'sirida silfon *1* siqilib, uning tubini ko'chishga majbur qiladi. Bunda o'zgartkich *6* ning magnit o'zagi *4* ko'chib, magnit kuchaytirgichga ta'sir qiladi, uning chiqish signali qo'shimcha ravishda kuchayadi va bir xillashtirilgan 0...5 mA signal ko'rinishida ikkilamchi asbobga keladi.

Silfonli differensial manometrlar bosimning 1...4 kPa chegaraviy o'zgarishlariga moslab chiqariladi, ular 25 kPa chegaraviy yo'l qo'yilgan ishchi ortiqcha bosimga mo'ljallangan.

2.8.3. Gaz va suyuqliklar sarfini hamda miqdorini o'lchash, nazorat qilish usullari va vositalari

Truboprovodning ko'ndalang kesimidan ma'lum vaqt oralig'ida oqib o'tgan moddaning miqdorini aniqlovchi o'lchash vositalari *miqdor schyotchigi* (sanagichi) deyiladi.

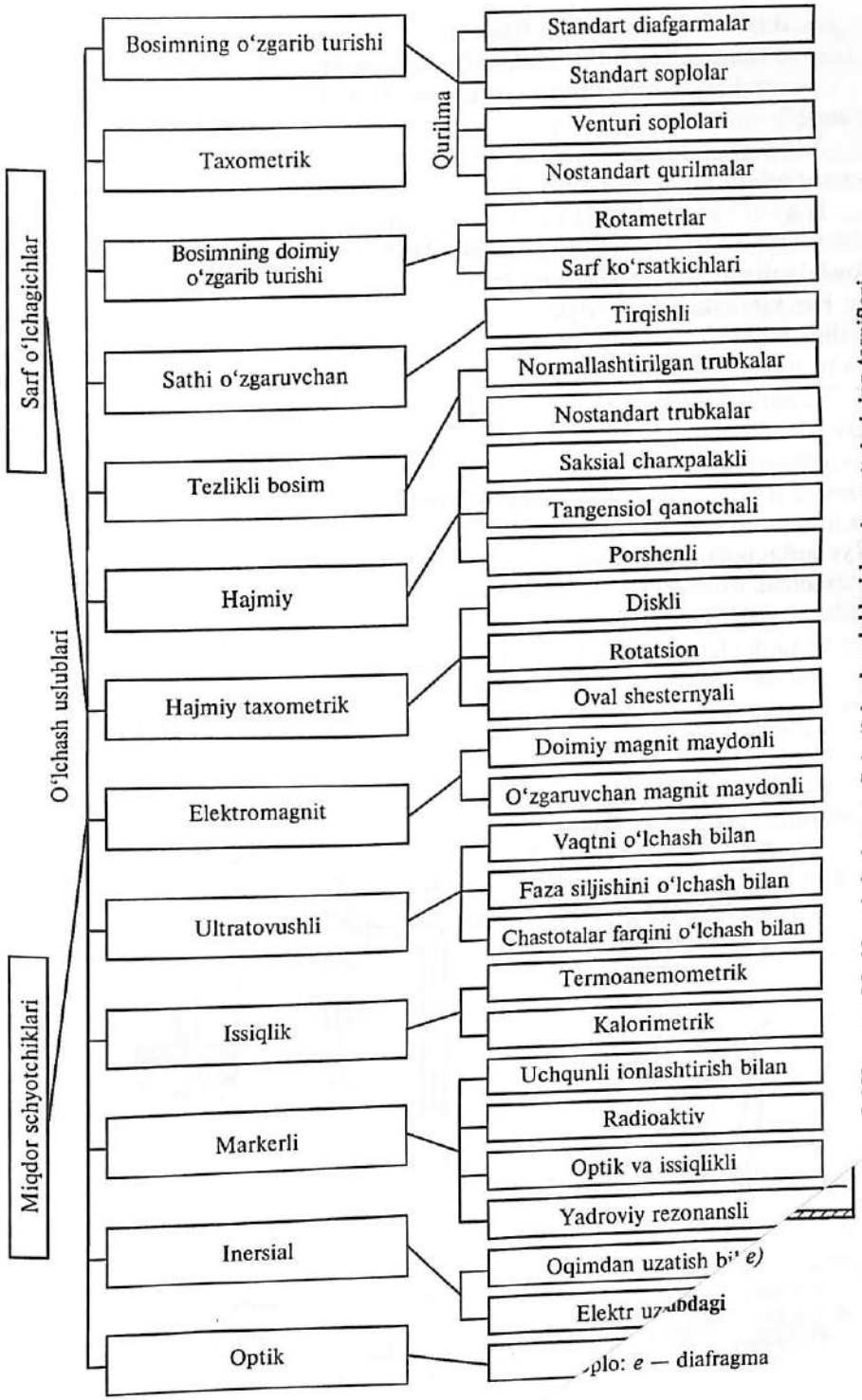
Truboprovodning ko'ndalang kesimidan vaqt birligida oqib o'tadigan modda miqdorini aniqlovchi o'lchash vositalari *sarf o'lchagichlar* (rasxodomer) deyiladi.

Hajm va massani o'lchash uchun schyotchiklar va rasxodomerlar bilan taqdim etilgan barcha qurilmalarni bo'lishdan tashqari ularni o'lchash usullarining shu qurilmalarning ishlash prinsipi asosida yotuvchi fizik qonunlar bo'yicha tasniflash mavjud.

Quyidagi o'lchash usullari mavjud:

— hajmiy;

— bosimning o'zgaruvchan va o'zgarmas tushishi (drossellovchi qurilmalar va chetlab o'tuvchi rasxodomerlar);



2.152- rasm. **Modda miqdori va sarfini o'lchash uslublari hamda vositalarining tasniflari**

— tezkor bosimli (bosim naylari);

— o'zgaruvchan sathli (tirqishli rasxodomerlar);

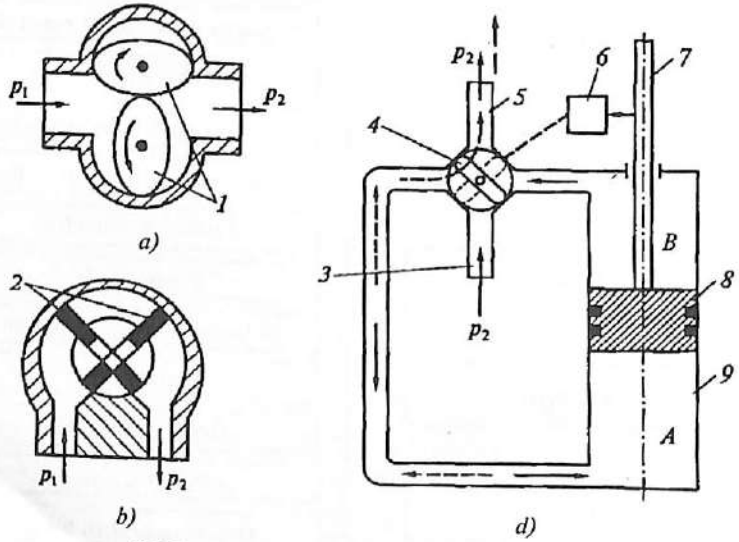
— issiqlikli, ultratovushli, elektromagnit, taxometrik, inersial optik, markerli va boshq.

2.152- rasmda gaz, suyuqlik va bug' sarfini va miqdorini o'lchash usullari va vositalarining tasnifi keltirilgan.

Hajmiy uslubdan foydalanilganda qaytaruvchi nasoslar: shesternyali (2.153- *a* rasm), kurakli (2153- *b* rasm) va boshqa nasoslardan foydalaniladi. Nasosga bosim o'zgarishini uzatishda rotor aylana boshlaydi va har bir aylanishda suyuqlik porsiyasini uzatadi. Sarfni o'lchash vaqt birligi ichida o'tuvchi suyuqlik porsiyalari sonini aniqlashga keltiriladi, ya'ni nasos rotorining aylanish chastotasini o'lchashga keltiriladi.

Suyuqlik miqdorini hajmiy hisoblashning boshqa bir vakili bir porshenli nasos bo'lib, uning ishlash prinsipi 2.153- *d* rasmda keltirilgan. Suyuqlik kirish patrubkasi *3* bo'ylab taqsimlovchi to'rt yo'lli kran *4* orqali porshen *8* ostiga kamera *A* ga yo'naladi. *B* kameradagi modda porshen *8* bilan siqib chiqariladi va to'rt yo'lli kran *4* orqali patrubok *5* dan iste'molchi tomon ketadi. Porshen *8* yuqorigi holatiga yaqinlashganda porshenning shtoki *7* bilan maxsus ulanish mexanizmi *6* orqali bog'langan to'rt yo'lli kran *4* punktir chiziq bilan ko'rsatilgan holatga o'tadi. Endi suyuqlik *B* kameraga tushadi, *A* kameradan esa kran orqali siqib chiqariladi. Sikllar ko'p marta takrorlanadi.

Schyotchik (hisoblagich) orqali o'tgan suyuqlik miqdori porshen shtiki *7* bilan harakatga keltiriluvchi sanoq mexanizmi orqali aniqlanadi.



2.153- rasm. **Qaytuvchi nasoslarning tuzilishi:**

a — shesternyali; *b* — kurakli; *d* — bir porshenli; *1* — oval kuraklar; *2* — chiqariluvchi kuraklar; *3* — kiruvchi patrubka; *4* — to'rt yo'lli kran: *5* — patrubka; *6* — qayta ulanish mexanizmi; *7* — porshen shtoki; *8* — porshen; *9* — korpus; *A*, *B* — kamera

Bosimning o'zgaruvchan tushishi uslubi drossellashga, ya'ni truboprovod bo'ylab harakatlanuvchi modda oqimining torayib borishiga asoslangan. Oqimning torayishi oqim o'rtacha tezligining ortishiga, binobarin, uning kinetik energiyasining ortishiga va energiyaning saqlanish qonuniga muvofiq potensial energiyasining kamayishiga olib keladi. Mos ravishda torayish joyida statik bosim kamayadi va oqimning torayguncha hamda toraygan kesimdagi bosimlarining farqi (o'zgarish) yuzaga keladi. Sarfni o'lchash suyuqlik yoki gaz oqimining tezligi bilan bog'liq bosim o'zgarishini o'lchashga keltiriladi. Oqim tezligiga proporsional bo'lgan o'zgaruvchan bosimlar farqini hosil qilish uchun bosim naychasi, Venturi naychasi, soplo va diafragma qo'llaniladi.

Bosim trubkasi (naychasi) (2.154- *a* rasm) truboprovodga oqimga qarshi joylashtiriladi, buning natijasida trubkaning chiqishidagi bosim statik bosim va tezlik bosimi yig'indisidan iborat bo'ladi.

Bosim trubkasi uchun suyuqlik siqilmaydigan bo'lgan holda quyidagi bog'lanishlarni hosil qilish mumkin:

hajmiy sarf

$$V = S\sqrt{2(p_2 - p_1)/\rho}\,;$$

ommaviy sarf

$$q = S\sqrt{2(p_2 - p_1)/\rho}\,,$$

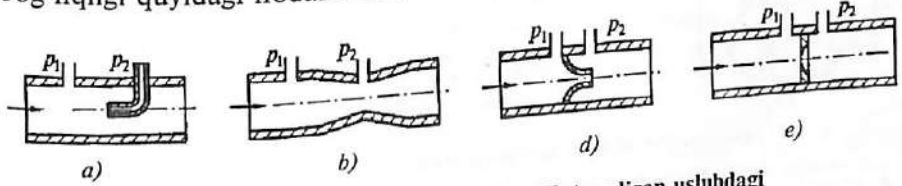
bu yerda p_1 — tezlik bo'lmagandagi bosim; ρ — suyuqlikning zichligi.

Venturi trubkasi (nayi) (2.154- *b* rasm) o'zaro tor qismlar bilan tutashtirilgan ikki konussimon naycha (trubka)dan iborat. Keng qismlarining diametrlari suyuqlik oqadigan yoki gaz harakatlanadigan truboprovod diametriga teng.

Soplo (2.154- *d* rasm) drossel elementi sifatida havo va gazlarning sarfini o'lchashda qo'llaniladi. Soplolarning parametrlari standartlashtirilgan.

Diafragma (2.154- *e* rasm) truboprovodga konsentrik aylanasi bo'lgan yupqa dumaloq diskdan iborat. Suyuqlik kiradigan tomonda teshikning chetlari o'tkir bo'lib, ichkari tomoni esa 45° li konusdan iborat.

Siqilmaydigan suyuqlikning hajmiy va ommaviy sarflarining drossellovchi qurilmalar (Venturi trubkasi, soplo, diafragma) uchun bosimlar farqiga bog'liqligi quyidagi ifodalar bilan aniqlanadi:



2.154- rasm. **Bosimning tez-tez o'zgarib turadigan uslubdagi sarf o'lchagichlarning tuzilishi:**

a — bosim trubkasi; *b* — Venturi trubkasi; *d* — soplo: *e* — diafragma

$$V = (\lambda S / \rho)\sqrt{2\rho(p_2 - p_1)};$$

$$q = (\lambda g S)\sqrt{2\rho(p_2 - p_1)},$$

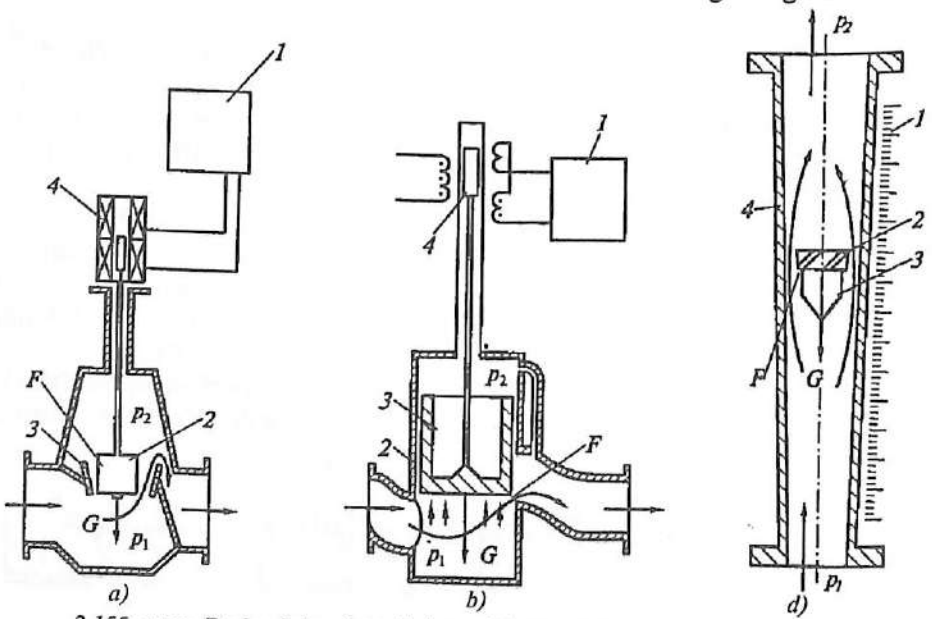
bu yerda λ — suyuqlikning qovushoqligiga, drossel turi va o'lchamiga, oqim xarakteriga va h.k. larga bog'liq bo'lgan sarf koeffitsienti; g — og'irlik kuchi tezlanishi.

Agar suyuqlik va gaz siqiladigan bo'lsa (bu ko'pincha, uchraydi), u holda λ koeffitsient bosimlar nisbati (p_1/p_2) ga bog'liq bo'ladi.

Bosimning doimiy o'zgarishi uslubini amalga oshirishda baholanayotgan oqimning tezligi doimiy bo'ladi. Bosimlar farqi muhit tor kesim orqali o'tayotganda vujudga keladi, bunda o'tish kesimining yuzi sarfning o'zgarishiga bog'liq holda o'zgarib turadi. Toraygan joyda yuzaga keladigan doimiy bosim farqi oqimda o'zining holatini o'zgartiruvchi harakatchan sezgir element bilan yuzaga keltiriladi va asosan shu elementning massasi bilan aniqlanadi. Sarfni o'lchash chegaralari 0,00025 dan 10 000 m³/soatgacha bo'ladi.

Amalda bosimning doimiy farqi rasxodomer (sarf o'lchagich)larining uch turidan foydalaniladi: qalqovichli, porshenli va rotametrlar.

Ulardan eng oddiysi *qalqovichli sarf o'lchagich* (rasxodomer) bo'lib (2.115-*a* rasm), uning sezgir elementi oqim bilan konussimon egar 3 ga nisbatan



2.155- rasm. **Bosim doim o'zgarib turuvchi sarf o'lchagichlarning tuzilishi:**

a — qalqovichli (*1* — qayd qiluvchi asbob; *2* — qalqovich; *3* — konussimon egar; *4* — o'zgartkich); *b* — porshenli (*1* — qayd qiluvchi asbob; *2* — korpus; *3* — porshen; *4* — o'zgartkich); *d* — rotametr (*1* — shkala; *2* — vintsimon kesik; *3* — qalqovich; *4* — konusli trubka)

vertikal yo'nalishda erkin ko'chuvchi qalqovich *2* ko'rinishida ishlangan. Qalqovich *2* ning ko'tarilishi ko'ndalang kesim *F* yuzini, binobarin, oqib o'tayotgan modda miqdorini ham orttiradi. Qalqovich *2* ning ko'tarilish balandligi unga qarama-qarshi ta'sir ko'rsatuvchi kuchlarning: qalqovichning og'irlik kuchi va harakatdagi oqimning o'zi aniqlovchi kuchlarning muvozanat payti bilan belgilanadi. Ko'tarilish kattaligi o'zgartkich *4* tomonidan qayd qilinadi va qayd qiluvchi asbob *1* ga uzatiladi.

Porshenli sarf o'lchagichda (2.155- *b* rasm) oqim p_1 bosim ostida korpus *2* da o'rnatilgan porshen *3* ostiga erkin kiradi, uni ko'taradi va porshen *3* berkitib turadigan to'g'ri to'rt burchakli teshik *F* orqali ketadi. Porshen *3* ning oqimdagi muvozanat holati sharti qalqovichning muvozanat shartiga o'xshash. Porshen *3* ko'tarishni o'zgartirish va qayd qilish sistemasi bilan mahkam bog'langan.

Bu turdagi sarf o'lchagichlar qovushoq suyuqliklarning (60...85 sSt) bosim 1,6 MPa dan ortiq bo'lmaganda va temperatura +100°C gacha bo'lganda sarflarini o'lchashga imkon beradi. O'lchash chegaralari xatolik 2,5% dan ortiq bo'lmaganda — 0,5...4,0 m³/soat.

Rotametr (2.155- *d* rasm) bosimning doimiy o'zgarishining eng keng tarqalgan asbobi hisoblanadi. U uzun vertikal joylashgan va yuqoriga tomon kengayib boruvchi konus trubka *4* dan iborat bo'lib, uning ichida o'lchash chegaralariga bog'liq holda turli materiallar (po'lat, ftoroplast, dyur aluminiy va shu kabilar)dan tayyorlanadigan qalqovich *3* erkin suzib yuradi. Oqim ichida qalqovich holatini markazlashgan qalqovichning gardishida maxsus vintsimon kertik *2* ni qo'llash bilan erishiladi.

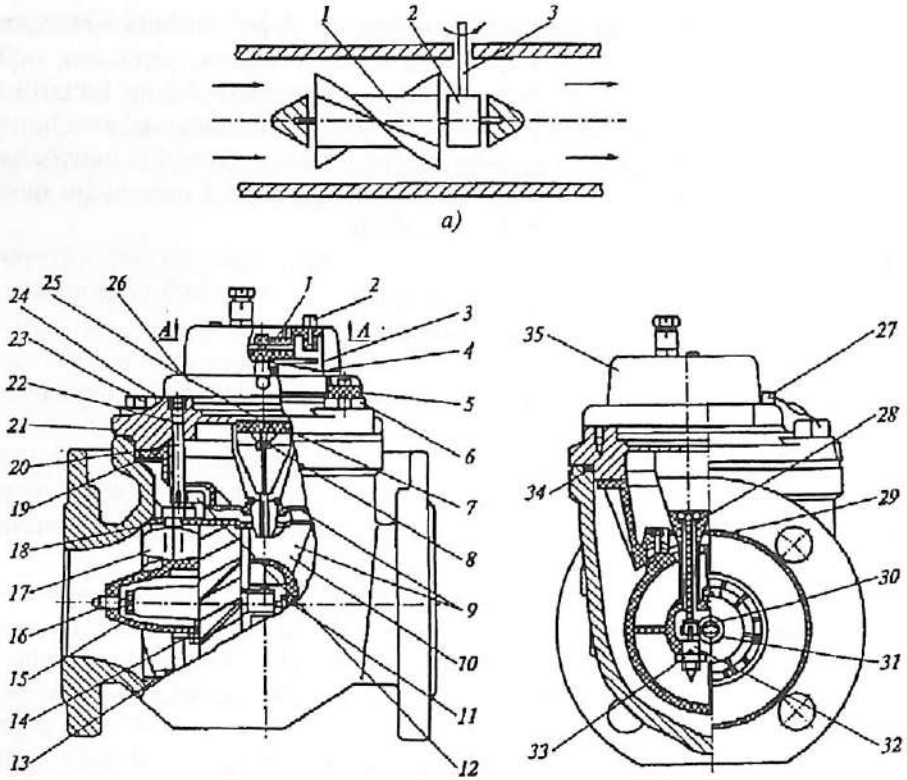
Trubka ichida qalqovichning holati sarf bilan bog'liq va korpusda (shisha rotametr) chizilgan shkala *1* ga ko'ra bevosita aniqlanishi mumkin yoki o'zgartkich yordamida qayd qiluvchi qurilmaga uzatiladi.

Bunday rotametrlar uchun o'lchash chegaralari eng katta ortiqcha bosim 0,6 MPa gacha bo'lganda havo bo'yicha 40 m³/soat gacha, suv bo'yicha 3 m³/soat gacha.

Tezlikli bosim uslubi. Suyuqlik miqdorini tezlikli (tezkor) hisoblagich (schotchik)lari oqimga joylashtirilgan aylanuvchi elementning ma'lum bir vaqt oralig'idagi aylanishlar sonini qo'shishdan iborat. Aylanuvchi element oqimning o'zining kinetik energiyasi hisobiga harakatga keltiriladi. Aylanish tezligi oqib o'tuvchi suyuqlikning o'rtacha tezligiga, binobarin, sarfga ham proporsionaldir.

Sezgir elementning konstruktiv ijrosiga ko'ra, bu schotchiklar aksial va tangensial turlarga bo'linadi. Aksial hisoblagichlarni ko'pincha turbinali, tangensial hisoblagichlarni esa qanotli hisoblagichlar deyiladi. Aksial ishchi organ gorizontal ravishda, tangensiali esa vertikal ravishda joylashtiriladi. Bunday asboblar *3* dan 13000 m³/soatgacha bo'lgan suyuqlik miqdori sarfini o'lchashga imkon beradi.

Tezlikli (turbinali) sarf o'lchagich (2.156- *a* rasm), xususan, ko'p yo'lli (4...6) kirish parragini tashkil etuvchi turbinacha *1* ning o'zi, chervyakli



2.156- rasm. **Turbina turidagi sarf o'lchagichlar:**

a — umumiy chizmasi (*1* — turbinaga (charxpalak), *2* — chervyakli uzatma; *3* — valik); *b* — VST turidagi suv schyotchigi (hisoblagichi)ning tuzilishi (*1* — datchik uzeli; *2* va *27* — maxsus vint; *3* — sanash qurilmasining kojuxi; *4* — sanoq qurilmasi; *5* — siquvchi halqa; *6, 13, 22, 34* va *37* — zichlashtiruvchi halqa; *7* — podshipnik toshi; *8* — magnitli yarimmufta; *9* — kronshteyn flanes bilan; *10* — o'lchash kamera — kronshteyni; *11* — turbinachaning o'qi; *12* — sozlagich richagi; *14* — turbinacha; *15* — oqimni to'g'rilagich; *16* — oqim to'g'rilagich o'qi; *17* — sozlagich kuragi; *18* — sozlagich sterjeni; *19* — kronshteyn flanesi; *20* — sozlagich shtoki; *21* — o'lchash bloki; *23* — sirpanuvchi shayba; *24* — sozlagich gaykasi; *25* — podshipnik vtulkasi; *26* — himoyalovchi halqa; *28* — aylanishni uzatuvchi mexanizm; *29* — chervyakli g'ildirak vali; *30* — konusli shtift; *31* — chervyakli g'ildirak; *32* — sirpanma podshipnik; *33* — podshipnik vinti; *35* — magnitli ekran; *36* — qistirma; *38* — muftaning kojuxi; *39* — sirpanuvchi halqa; *40* — magnit g'ilofi; *41* — magnit)

uzatma *2* va oqimda turbinachaning aylanish tezligini o'lchov asbobiga yoki o'zgartkichga uzatuvchi valik *3* dan iborat.

Tezlikli suyuqlik sarf o'lchagichining aniq konstruksiyasiga misol sifatida VST turidagi suv hisoblagichi konsturksiyasini ko'rib chiqamiz.

Turbina turidagi suv hisoblagichi (2.156- *b* rasm) uchta asosiy qismdan yig'iladi: korpus, o'lchov bloki *21,* sanash qurilmasi *4.* O'lchov bloki *21* kronshteyn *19* flanesidan iborat bo'lib, unga o'lchov kamera-kronshteyn *10,* regulator, aylanishni uzatish mexanizmi *28* montaj qilinadi. O'lchov kamera-kronshteyni *10* suv oqimi tezligini turbinacha *14* ning aylanishiga o'zgartirish uchun mo'ljallangan. U sanash qurilmasi bilan bir paytda o'rnatiladi va mahkamlanadi hamda u oqim to'g'rilagich *15,* o'lchov kamera-kronshteyni *10,* turbinacha *14* (o'qi *11* bilan)dan iborat. Oqim to'g'rilagich *15* oqimni tekislash va uni turbinachaning parraklariga yo'naltirish uchun mo'ljallangan.

Vintli parraklari bo'lgan aksial turbinacha *14* sirpanish podshipniklari *32* da aylanuvchi o'q *11* bilan bikir bog'langan.

Aylanishni uzatish mexanizmi turbinacha valiga mustahkam o'tkazilgan, plastmassali chervyakli g'ildirak *31* dan, yuqori uchida magnitli yarimmufta *8* bikir mahkamlangan chervyakli g'ildirak *29* ning vertikal validan iborat.

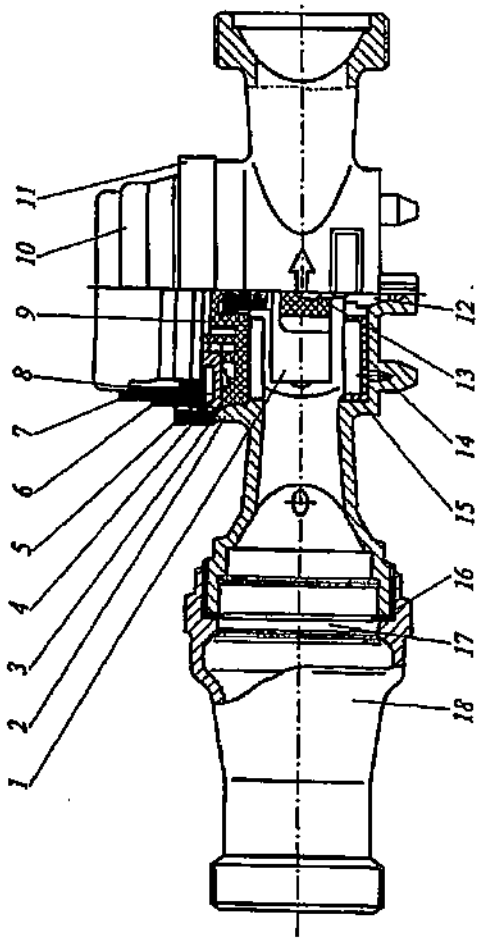
Sanoq qurilmasi *4* kojux *3,* magnitli ekran *35,* magnitli yarim mufta *8,* reduktor, oltita raqamli roliklar, ikki to'rtta strelkali indikatorlar, magnit *41* va datchik uzeli *1* dan iborat.

Vertikal val *29* aylanishining burchak tezligi magnitli yarim muftalar va yetakchi tishli g'ildirak orqali reduktorga uzatiladi, u esa raqamli roliklarni, siferblat strelkalarini va magnitboshqariluvchi kontakt magniti *41* ni harakatga keltiradi, bu magnit esa ijrochi organlarga uzatilayotgan signallarni shakllantiradi.

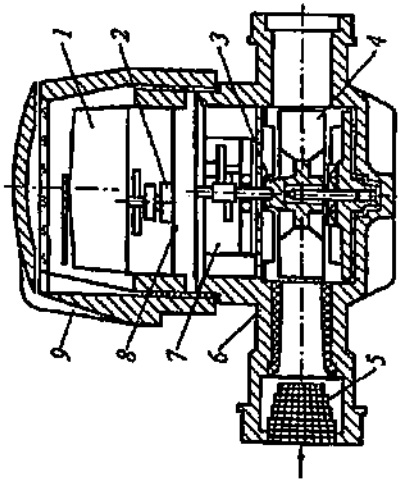
Qarab chiqilgan konstruksiyadagi schyotchiklar tarmoq suvini SNiP 2.04.07—86 bo'yicha va issiqlik ta'minotining berk va ochiq sistemalari teskari yoki tushuvchi truboprovodlarida, sovuq va issiq suv ta'minoti sistemalarida 1,6 MPa gacha bosimda, 5...150°C temperaturada, 0,01...8 m^3/soat sezgirlik bo'sag'asi bilan 0,03...1200 m^3/soat suv sarfida (sarfga bog'liq holda) oqib o'tuvchi ichimlik suvini DST 2874—82 bo'yicha o'lchash uchun qo'llaniladi.

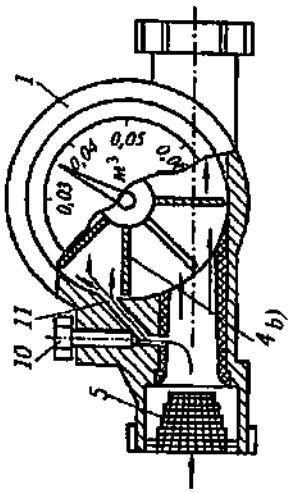
2.157- *a* rasmda gorizontal truboprovodlarda sarflar nisbatan uncha katta bo'lmaganda (0,15...12,6 m^3/soat), bosim 1,0 MPa gacha va o'lchanayotgan suyuqlikning temperaturasi 90°C gacha bo'lganda yig'indi suyuqlik miqdorini o'lchovchi bir oqimli qanotli schyotchik keltirilgan.

U korpus *6,* qopqog'i ochiluvchi va gaykali kojux *9;* agatali nuqtaviy tayanchli vertikal o'qda aylanuvchi yulduzsimon shakldagi qanotcha *4;* magnit muftasi *3* orqali tutashtiriluvchi reduktor *7;* rolikli va strelkali ko'rsatkichlari, to'siq *8* bo'lgan siferblatga ega sanoq mexanizmi *1* dan iborat. Schyotchik asbobni tarirovka qilish uchun regulatorlar *10* va *11* bilan ta'minlangan.



a)





b)

2.157- rasm. **Qanotli turdagi sarf o'lchagichlar:**

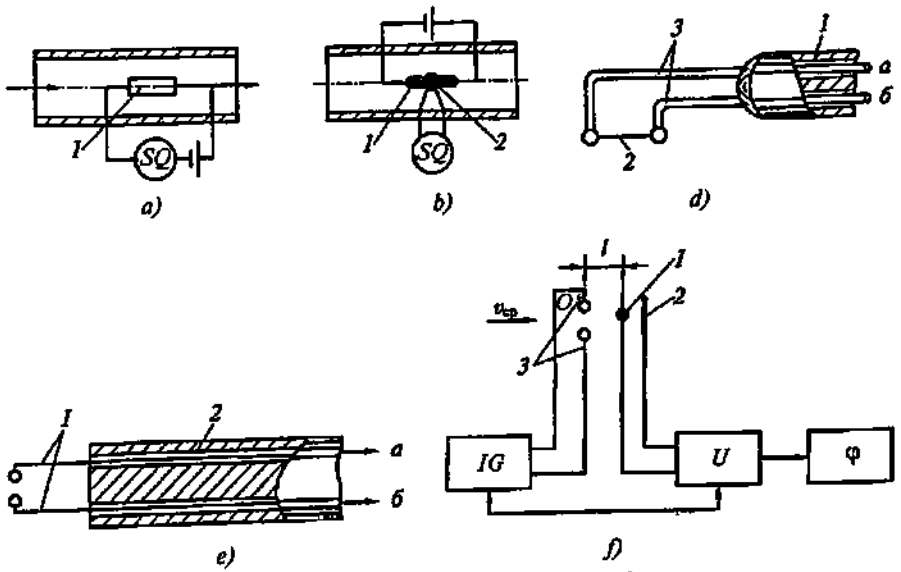
a — umumiy chizmasi (*1* — sanash mexanizmi; *2* — mufta; *3* — magnit mufta; *4* —qanotcha; *5* — filtr; *6* — korpus; *7* — reduktor; *8* — to'siq; *9* — kojux; *10* va *11* — sozlagich); *b* — VSX, VST turidagi suv hisoblagichlarining tuzilishi (*1* — qanotcha; 2, 3, *6* va *16* — zichlashtiruvchi halqa; *4* — siquvchi halqa; *5* — sanash qurilmasi; *7* — suriluvchi halqa; *8* — sanash qurilmasining korpusi; *9* — yuqori plata; *10* — himoyalovchi halqa; *11* — olinuvchi halqa; *12* — qanotchalar podshipnigi; *13* — qanotcha o'qi; *14* — vint; *15* — jez korpus; *17* — filtr; *18* — filtr korpusi)

Truboprovoddan suyuqlik filtr *5* orqali qanotchaning kuraklariga keladi, uni aylantiradi va reduktor *7* hamda mufta *2* vositasida bu harakatni sanoq mexanizmiga uzatadi, bu mexanizmning ko'rsatishlari bo'yicha oqib o'tayotgan suyuqlikning miqdori aniqlanadi.

VSX, VSG turidagi qanotli suv schotchigining konstruksiyasi 2.157- *b* rasmda keltirilgan. U jez korpus *15*, qanotcha *1* va sanoq qurilmasi *5* dan yig'ilgan. Bu schyotchiklarning qo'llanish shartlari va ularning ekspluatatsion ko'rsatkichlari turbinali schyotchiklarning qo'llanilish sharoitlari va xarakteristikalariga o'xshash.

Issiqlik uslubi asosan ikki variantda amalga oshiriladi. Agar sarf o'lchagichning sezgir elementini qarshilikning temperatura koeffitsienti katta bo'lgan materialdan ingichka tola *1* ko'rinishida (2.158- *a* rasm) ishlansa va tolani tok bilan qizitilsa, u holda tolaning temperaturasi, binobarin, qarshiligi ham oqimning tezligiga bog'liq bo'ladi. Tezlik (sarf) o'lchovi tok kuchi yoki tolaning qarshiligiga ko'ra kuchlanishning tushishi bo'ladi.

Agar tola *1* ning qarshiligini temperatura koeffitsienti nolga teng bo'lgan materialdan yasalsa va tolani tok bilan qizdirilsa, u holda oqim tezligiga bog'liq bo'lgan tolaning temperaturasini termopara *2* yordamida (2.158- *b* rasm) o'lchash mumkin.



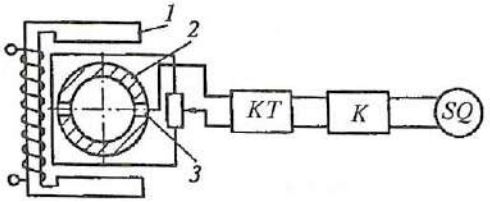
2.158- rasm. **Issiqlik sarf o'lchagichlari:**

a — termoqarshilikli sarf o'lchagich chizmasi (*1* — ip, *SQ* — sanoq qurilmasi); *b* — termoparali sarf o'lchagich chizmasi (*1* — ip; *2* — termopara; *SQ* — sanoq qurilmasi); *d* — termoanemometr (*1* — keramik trubka; *2* — ip; *3* — tok olgichlar); *g* — gazli qarshilikli termoanemometrlar (*1* — platinali elektrodlar; *2* — tutqich); *e* — uchqunli razryadnik chizmasi (*1* — priyomnik (qabul qilgich); *2* — ekran; *3* — elektrodlar; O' — o'zgartkich; IG — yakka impulslar generatori; U — tovush chastotasini kuchaytirgich; *φ* — chastotomer)

Birinchi sxema bo'yicha *termoanemometrlar* ishlaydi (2.158- *d* rasm). Ularning sezgir elementi keramik nay *1* da mahkamlanadigan, kumush tok oluvchi *3* orasida tortilgan, diametri 5 mkm va uzunligi *1* dan *10* mm gacha bo'lgan volfram yoki platinadan yasalgan tola *2* dan iborat. Bunday qurilmalar changlanmagan oqimlarda 150 m/s tezlikkacha ishlaydi. 10 m/s tezlik bilan harakatlanuvchi suyuqliklar sarfini o'lchash uchun plyonkali sezgir elementlar qo'llaniladi. Ular termik shishadan tor ponadan iborat bo'lib, uning o'tkir uchiga ko'prikli o'lchash sxemasiga qarshilik ko'rinishida ulanadigan yupqa (1 mkm gacha) platina plyonka tortilgan.

Katta kesimli kanallarda (mo'rilarda, ventillatsiya kanallarida va h.k.) issiq gaz oqimlarining o'rtacha tezligini o'lchash gaz qarshilikli termoanemometrlar (2.158- *e* rasm) bilan amalga oshiriladi, ular boshqa termoanemometrlardan ancha yuqori sezgirlikka ega bo'lishi bilan farq qiladi (1 m/s tezlikka 1 V to'g'ri keladi, shu bilan bir vaqtda bu qolganlarda 1 m/c ga 0,01 V dan ortmaydi). O'zgartkichning sezgir elementi tutqich *2* da mahkamlangan ikki sferik platina elektrod *1* dan iborat.

Elektrodlar orasida elektr toj razryadi yondiriladi yoki uchqun razryadi yordamida (2.158-*f* rasm) gaz oralig'i ionizatsiyasi amalga oshiriladi. O'zgartkich O' uyg'otgich va qabul qilgichdan iborat. O'zgartkich bazasi (masofa 1) taxminan 200 mm ni tashkil etadi. Ionlarning harakati harakatlanuvchi oqimning tezligiga qisman bog'liq. Shuning uchun ikki elektrod *3* hosil qilgan uchqun oralig'i va qabul qilgich *1* oqimda harakatdagi muhit bo'yicha joylashadi. Qabul qilgich *1* — silindrik ekran *2* bilan o'ralgan, diametri *8* mm bo'lgan sharcha tovush chastotasi kuchaytirgichi *K* ning yuqori omli kirishiga ulangan bo'lib, uning chiqishi uchqun razryadnigini ta'minlovchi birlik impulslar generatori IG ni ishga tushirish zanjiri bilan ulangan. Kuchaytirgichning chiqishiga chastotalar φ ulangan. Razryadnikni ishga tushirish buyrug'i 1 Gs chastotali vaqt relesi orqali amalga oshiriladi. Sistemada tebranishlar vujudga kelishi bilan, ishga tushirish o'chiriladi. Oqim tezligi chastotomer ko'rsatishlari bilan $v_{o'r} = \varphi l$ bog'lanish orqali bog'langan, bu yerda: φ — asbobning ko'rsatishi, Gs; l — baza, m (harakatsiz oqimda chiqqan signal uyg'otkichdan qabul qilgichga o'tmaydi). O'lchanadigan tezliklar oralig'i 4...500 m/s.



2.159- rasm. **Sarfni o'lchashning elektromagnit uslubi chizmasi:**

1 — elektromagnit; *2* — truboprovod; *3* — olinuvchi elektrodlar; KT — katodli takrorlagich; K — kuchaytirgich; SQ — sanoq qurilmasi

Ultratovushli uslubni amalga oshirishda sarfni o'lchashni signallarning nurlanish va qabul qilish vaqtlari farqini, ultratovushli to'lqinlarning (15 kGs dan yuqori chastotali) harakatlanayotgan oqim yo'nalishi bo'yicha va unga qarshi o'tishidagi fazalar farqi va chastotalar farqini aniqlashga keltirish kerak.

Ultratovushli sarf o'lchagichlar harakat tezligi 10 m/s gacha va truboprovod diametri 2 m gacha bo'lganda o'lchanayotgan qiymatdan 0,5% dan ortiq bo'lmaydigan o'lchash xatoligini ta'minlaydi.

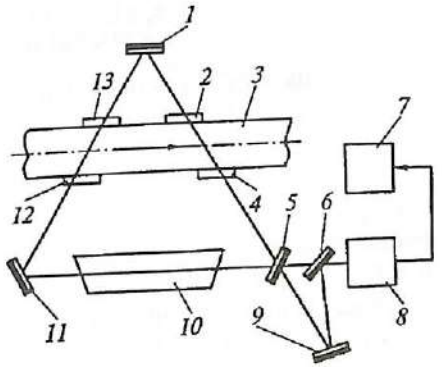
Sarfni o'lchashning elektromagnit uslubi −40...+180°C temperaturada 10^5 Om · sm^{-3} dan ortiq bo'lmaydigan solishtirma elektr qarshilikka ega bo'lgan agressiv, zaharli, alangalanuvchi va boshqa xavfli suyuqliklar uchun qo'llaniladi. Magnit maydonini kesib o'tuvchi elektr o'tkazuvchi suyuqlikning harakatlanishida elektromagnit induksiya prinsipi asosida qurilgan sarf o'lchagichlarning afzalligi ularning konstruksiyalarida harakatdagi oqimga kirituvchi birorta qo'zg'almas yoki harakatsiz va tezlikka ta'sir ko'rsatishga, suyuqlikning qovushoqligidan va zichligidan bosimni yo'qotishga, ko'rsatishlarning mustaqil bo'lishiga qodir elementlarning yo'qligi hisoblanadi.

Induksion sarf o'lchagichning funksional sxemasi (2.159- rasm) harakatdagi oqimda o'zgaruvchan magnit maydonni yo'naltiruvchi elektromagnit *1* ni, truboprovod *2* da o'rnatilgan yechib olinuvchi elektrodlar *2* ni o'z ichiga olib, ulardan kelayotgan signallar simmetrik katodli takrorlagich *KT* ga, kuchaytirgich *K* ga va keyin sanoq qurilmasi *SQ* ga boradi.

Elektromagnit sarf o'lchagichlarda elektromagnitning o'zgaruvchan magnit maydoni vujudga keltirgan xatoliklar yuzaga keladi. Bu xatoliklarni bartaraf etishga elektrodlar *3* dan birini past omli kuchlanish ajratkichiga tutashtirish va potensiometr dvijogini suyuqlikning tezligi nolga teng bo'lganda asbobdan signal chiqmaydigan holatini tanlash bilan erishiladi.

Ishlab chiqarilayotgan mazkur turdagi sarf o'lchagichlar 2,5 MPa gacha bo'lgan ortiqcha bosimga moslangan va 0,6 dan 1,6 gacha aniqlik sinfiga ega. Ular suyuqlik harakatining 10 m/s dan oshmaydigan o'rtacha tezliklarida, diametri 3...1000 mm bo'lgan truboprovodlarda 1...25000 m^3/soat oraliqdagi sarflarni o'lchashni ta'minlaydi.

Optik sarf o'lchagichlar shaffof gaz va suyuqliklar o'lchagichlarini Dopler effektidan foydalanish asosida yasashga imkon beruvchi optik kvant generatorlarini (lazerlarni) ishlab chiqish bilan paydo bo'ldi. Ularning afzalliklari — sezgirligi yuqori, inertligi kam, kontaktsiz o'lchash usuli, oqayotgan muhitning fizik xossalariga bog'liq bo'lmagan o'lchanayotgan tezliklarning cheksiz oralig'i (lazer nurlantirayotgan to'lqinlar diapazonida uning shaffofligiga talablar bundan mustasno), oqim yo'nalishiga nisbatan invariantlik.



2.160- rasm. **Sarfni o'lchashning optik uslubi chizmasi:**

1, 5, 6, *9* va *11* — ko'zgu; 2, 4, *12* va *13* — shaffof oyna; *3* — truboprovod; *7* — o'lchash asbobi; *8* — fotopriyomnik; *10* — lazer

Sarfni o'lchashning optik uslubini amalga oshiruvchi qurilmaning sxemasi 2.160- rasmda keltirilgan. Lazer *10* ko'zgular 1, 5 va *11* tashkil etgan berk optik yo'l bo'yicha bir-biriga qarab yuguruvchi ikki qarama-qarshi to'lqinlarni generatsiyalaydi. Shaffof darchalari *2*, *4*, *12* va *13* bo'lgan truboprovod *3* orqali biror uchastkada harakatlanuvchi suyuqlik yoki gaz oqimi zavq effekti oqibatida (shaffof harakatlanuvchi muhitda yorug'lik tezligining o'zgarishi) nurlar tebranishlarining turli chastotalarini hosil qiladi, ular *3* va *9* ko'zgularda yig'ilib, interferension manzarani hosil qiladi. Uning tasviri fotoqabul qilgich *8* ga yo'naladi, uning signalini o'lchov asbobi *7* qayd qiladi. Bu signal nur uzunligi bo'yicha integrallanuvchi oqim tezligiga proporsional bo'lib, chiziqli xarakterga ega. Lazer sarf o'lchagichlarning xatoligi 0,5% atrofida topiladi.

Nazorat savollari

1. Bosim nima va uning qanday turlari farqlanadi?
2. Suyuqlik, gaz, bug' sarfi va miqdori qanday kattaliklar bilan aniqlanadi?
3. Bosim kattaliklarini o'lchash uslublari nimaga asoslangan?
4. Sanoatda bosim parametrlarini o'lchashning qanday vositalari qo'llaniladi?
5. Bosimni o'lchashning deformatsion vositalarining ishlash va tuzilish prinsiplari qanday?
6. Elektr manometrlar va vakuummetrlarning ishlash va tuzilish prinsiplari qanday?
7. Differensial manometrlar nima va ularning ishlash prinsiplari qanday?
8. Suyuqlik va gazning sarfi o'lchashlar va nazorat qilishning qanday uslub hamda vositalari bilan aniqlanadi?
9. Rotametrning ishlash va tuzilish prinsipi qanday?
10. Suyuqlik miqdorini hisoblashning tezlikli schyotchiklarining ishlash va tuzilish prinsiplari qanday?

Laboratoriya ishi: «Bosim, modda sarfi va miqdori parametrlarini o'lchash va nazorat qilish».

2.9. SUYUQLIK SATHINI O'LCHASH VA SIGNALIZATSIYA VOSITALARI

Suyuqlik sathini o'lchash, nazorat qilish va signalizatsiya qilish texnikada, ayniqsa, suyuqlikni uzluksiz uzatuvchi va tortib oluvchi texnik sistemalarga xizmat ko'rsatishda katta ahamiyatga ega.

Suyuq muhit sathini o'lchash vositasi *sath o'lchagichlar* deyiladi. Ular transport vositalari — uchish apparatlari, avtomobillar, kemalarning baklaridagi yonilg'i miqdorini o'lchash uchun keng qo'llaniladi (ular yonilg'i o'lchagich deb ataladi); yonilg'i saqlanadigan joylarda yonilg'i sathini o'lchash uchun, qozon agregatlarida, suyuqlik (suv) bosimi sistemalarida va h.k. joylarda suyuqlik (suv) sathini o'lchash uchun keng qo'llaniladi.

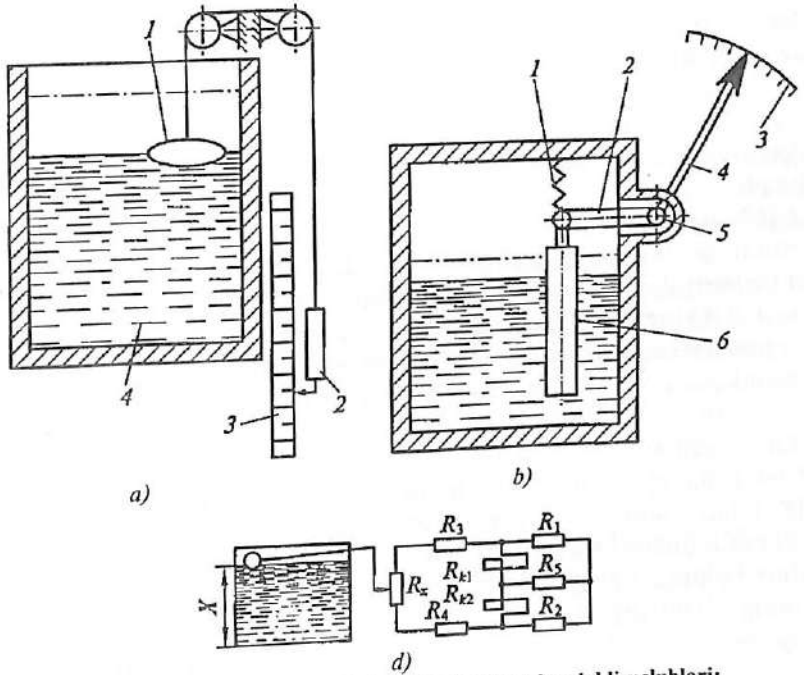
Suyuqlik sathini o'lchashning quyidagi uslublari mavjud: qalqovichli, manometrik, sig'imli, ultraakustik, radiatsion, radiochastotali va boshq.

Qalqovichli uslub. Rezervuarda atmosfera bosimi ostida bo'lgan suyuqlikning sathini nazorat qilish uchun qo'llaniladigan eng oddiy sath o'lchagichlar qalqovichli sath o'lchagichlar hisoblanadi. 2.161- *a* rasmda suyuqlik *4* ning sirtida suzuvchi qalqovich *1* bo'lgan mexanik sath-

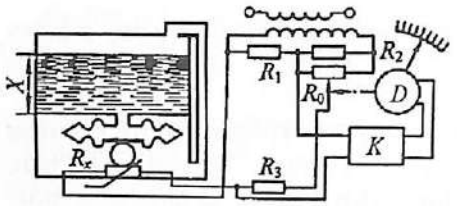
o'lchagichning tuzilishi keltirilgan. Qalqovichning, va binobarin, u bilan bog'liq bo'lgan muvozanatlovchi yuk *2* ning shkala *3* ga nisbatan holati suyuqlikning sathini belgilaydi.

Ko'pincha, suyuqlikka qisman botib turadigan cho'kuvchi qalqovich-buylar qo'llaniladi (2.161- *b* rasm). Buycha *6* richag *2* va prujina *1* ga osilgan bo'ladi. Suyuqlikning sathi o'zgarganda buychaning botish darajasi, va binobarin, prujinaning cho'zuvchi kuchlanishi ham o'zgaradi. Shu tufayli har bir sathga buychaning ma'lum holati mos keladi. Buychaning ko'chishi richag *2* orqali o'q *5* ga uzatiladi, unda esa shkala *3* da suyuqlikning sathini ko'rsatuvchi strelka *4* o'rnatilgan. Chiziqli yoki burchakli ko'chishga aylanadigan buycha yoki qalqovichning ko'chishi ko'rsatuvchi asbobga uzatilishi mumkin yoki masofadan uzatish uchun elektr signalga almashtirilishi mumkin.

2.161- *d* rasmda qalqovichli elektr sath o'lchagichning sxemasi keltirilgan. Unda suyuqlikning ma'lum bir sathi *X* qalqovich va o'lchov ko'prigi $R_1 \ldots R_4$ ning o'zgartkichi R_x potensiometri yordamida qarshiligi R_{k1} va R_{k2} bo'lgan magnitoelektrik logometrda qayd etiladi. Sath o'lchagich o'zgartkichi ko'prik sxemasiga shunday ulanadiki, bunda ko'prikning ikki qo'shni yelkasi bir vaqtda o'zgaradi. Bunday sxemada temperatura kompensatsiyasiga erishiladi.



2.161- rasm. **Suyuqlik sathini o'lchashning qalqovichli uslublari:**
a — qalqovichli sath o'lchagichning tuzilishi (*1* — qalqovich; *2* — muvozanatlovchi yuk; *3* — shkala; *4* — suyuqlik); *b* — cho'kuvchi qalqovich-buyli sath o'lchagichning tuzilishi (*1* — prujina, *2* — richag, *3* — shkala; *4* — strelka: *5* — o'q; *6* — buy); *d* — qalqovichli elektr sath o'lchagichning chizmasi (*X* — suyuqlik sathi; $R_1 \ldots R_4$ — ko'prik yelkalarining qarshiligi; R_x — o'zgartkich qarshiligi; R_{k1} va R_{k2} — logometr qarshiligi)



2.162- rasm. **Manometrik sath o'lchagichning chizmasi:**

$R_0...R_3$ — ko'prik yelkalarining qarshiligi; D — dvigatel; K — kuchaytirgich; R_x — tenzorezistor

Sathni o'lchashning manometrik uslubidan foydalanishda rezervuardagi suyuqlik ustunining bosimi aniqlanadi. Bug' generatorlari barabanlari, qozon-utilizatorlar va bug'lanib sovitish sistemalaridagi suyuqlikning sathini o'lchash uchun sath birliklarida darajalangan membranali difmanometrlar keng qo'llaniladi.

2.162- rasmda signalni o'zgartirishning elektr sxemasi qo'llanilgan manometrik sath o'lchagich sxemasi ko'rsatilgan. Manometrning bikir markazi shar orqali ko'prik yelkasiga ulanadigan tenzorezistor R_x ni bosadi. Suyuqlikning sathi X o'zgarganda tenzoqarshilik ham o'zgaradi, bu esa ko'prik balansining buzilishiga olib keladi. Ko'prikdan olinadigan muvofiqlikning buzilish signali kuchaytirgich K da kuchaytiriladi va dvigatel D ga uzatiladi. U esa ko'prikni muvozanatlaydi va reduktor orqali ko'rsatuvchi yoki signal beruvchi qurilmaning strelkasini suradi.

Sathni o'lchashning sig'im uslubi suyuqlik quyilgan rezervuarda o'rnatilgan maxsus kondensatorning elektr sig'imi suyuqlikning sathiga bog'liqligiga asoslangan.

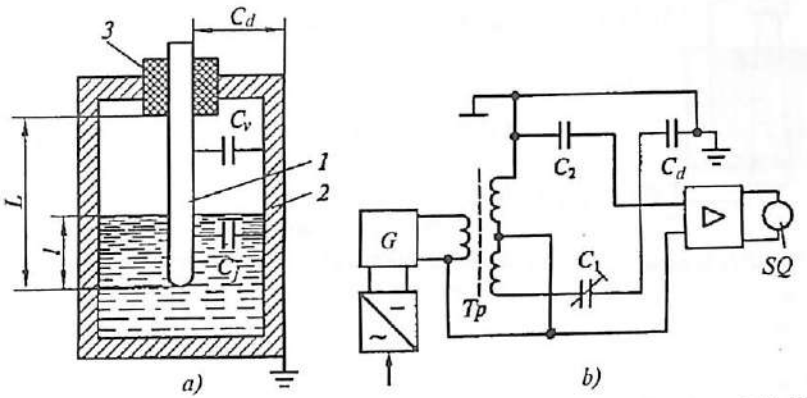
Sathi sig'im uslubi bilan o'lchanadigan suyuqlikning elektr xarakteristikalariga bog'liq holda elektro'tkazmaydigan va elektro'tkazuvchilarga bo'linadi.

2.163- *a* rasmda elektro'tamaydigan suyuqlikning sathini o'lchash uchun sig'imli o'zgartkichning tuzilishi ko'rsatilgan. Muhitga korpusdan vtulka *3* bilan izolatsiyalangan elektrod *1* tushirilgan. O'zgartkichning yerga ulangan korpusi *2* ikkinchi elektrod vazifasini o'taydi. Shunday qilib, o'zgartkich ikkita parallel ravishda tutashtirilgan kondensatorlardan iborat: elektrodning bir qismi va sathi o'lchanadigan dielektrik suyuqlikdan tashkil topgan kondensator C_c hamda elektrodning qolgan qismi va dielektrik — havodan tashkil topgan kondensator C_h.

Elektr sig'im C_d ni o'lchash transformator T_p ning ikkita ikkilamchi chulg'amlari induktivliklaridan, kondensatorlar C_1 va C_2 hamda sig'im C_d dan iborat induktiv- sig'imli ko'prik (2.163- *b* rasm) bilan amalga oshiriladi. O'lchov ko'prigi 100 Gs chastotali generator G dan ta'minlanadi. Suyuqlik sathining o'zgarishi bilan elektrodning botish chuqurligi ham o'zgaradi, bu esa sig'im C_d ning o'zgarishiga va ko'prikning balansi buzilishiga olib keladi.

Suyuqlik sathiga proporsional bo'lgan balans buzilishi signali kuchaytirgichning kirishiga uzatiladi, uning chiqish kuchlanishi ikkilamchi asbob IA (potensiometr yoki milliampermetr) bilan o'lchanadi.

O'lchash oralig'i elektrodning turi, uning uzunligi, o'lchanayotgan suyuqlikning xarakteristikasiga bog'liq.



2.163- rasm. **Elektr o'tkazmaydigan suyuqlikning sathini o'lchash uchun sig'imli o'zgartkich qurilmasi (*a*) va uning elektr chizmasi (*b*);**

1 — elektrod; *2* — o'zgartkich korpusi; *3* —vtulka

Ultraakustik uslub. Ultraakustik sath o'lchagichlar (2.164- rasm) toksik va portlash xavfi bor bo'lgan muhitlardan, shuningdek, yuqori temperaturalar va bosimlar sharoitida bo'ladigan muhitlardan foydalanish bilan bog'liq texnologik jarayonlarda qo'llaniladi.

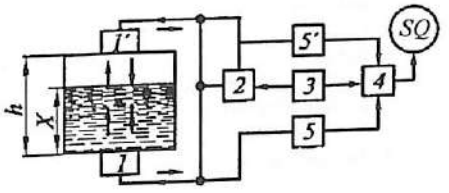
Bu turdagi sathni o'lchash va nazorat qilish vositalarining ishlashi ultratovush tebranishlarining rezervuarlarning amalda istalgan qalinlikdagi metall devorlari orqali o'tish va muhitlarning bo'linish chegaralaridan qaytish xossasiga asoslangan. Bu xossa ikki variantda amalga oshadi.

Birinchi variantida ultraakustik to'lqinning havo — suyuqlik bo'linish chegarasining havo tomonidan qaytishi usulidan foydalaniladi. Ikkinchi variantida impuls signallarning suyuqlik — havo bo'linish chegarasining suyuqlik tomonidan qaytishi usulidan foydalaniladi.

Suyuqlik sathi X ning o'lchovi ultratovushning pyezoelektrik o'zgartkich *1* dan chegaragacha va qaytib kelishi uchun o'tgan vaqt bo'ladi.

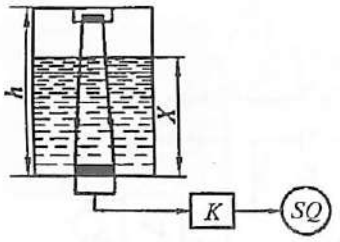
Ikkala usulni amalga oshirish uchun pyezoelektrik o'zgartkich *1'* yoki *1* ni rezervuarning yuqori yoki pastki qismiga o'rnatiladi. O'zgartkich suyuqlik ustidagi fazoga (yoki suyuqlikka) impulslar dastasini yuboradi. Suyuq (yoki gaz) chegaradan qaytgan signal yana o'sha o'zgartkich tomonidan qabul qilib olinadi.

Pyezoelektrik o'zgartkich *1'* yoki *1* ga uzatilayotgan elektr signallari yuqori chastotali impulslar generatori *2* tomonidan shakllantiriladi. Qisqa muddatli impulslarni shakllantirish uchun paketlar generatori *3* xizmat qiladi, u bir vaqtning o'zida impulslar generatori *2* ni va o'lchash



2.164- rasm. **Ultraakustik sath o'lchagichning umumiy chizmasi:**

1' va *1* — pyezoelektrik o'zgartkich; *2* — impulslar generatori; *3* — paketlar generatori; *4* — o'lchash chizmasi; *5'* va *5* — qabul qilgich-kuchaytirgichlar



2.165- rasm.

sxemasi *4* ni boshqaradi. Ko'rsatkich *SQ* ga uzatilayotgan chiqish signali *t* signalning davomiyligini — dastaning nurlantirgichdan bo'linish sirtigacha va yana qaytishda tarqalish vaqtini avtomatik kuzatish yo'li bilan shakllantiriladi. Pyezoelektrik o'zgartkichlar *1'* va *1* nurlanish — qabul qilish rejimida ishlagani sababli impulslar dastasi uzatilgandan so'ng ularning o'zi qaytgan signallarni qabul qila boshlaydi. Tovush tezligi havo temperaturasiga bog'liq bo'lgani uchun suyuqlikning sathini o'lchashda yuzaga keladigan temperatura xatoliklari uchun temperatura kompensatsiyasi qo'llaniladi.

Ultraakustik sath o'lchagichlar xatoligi 2,5% dan ortiq bo'lmaganda *1* dan 15 m gacha o'lchash oralig'iga ega.

Suyuqlik sathini o'lchashning radiatsion uslubining ishlash prinsipi 2.165- rasmda keltirilgan. Radioizotopli manba *Iz*, masalan, kobaltli ^{80}Co rezervuarning yuqori qismiga joylashtiriladi, bir nechta plastmassali ssintillyatorlardan, yorug'lik kollektorlaridan va umumiy qayd qiluvchi qurilmadan iborat detektor *Det* esa rezervuarning pastki qismiga joylashtiriladi. Detektordan chiqqan signallar kuchaytirgich *K* va sanash qurilmasi *SQ* ga keladi.

Suyuqlikning hajmi *X* o'zgarishi bilan detektor qabul qilib oladigan sekundiga impulslar soni o'zgaradi.

Bu uslubda ishlovchi sath o'lchagichlar uncha katta bo'lmagan xatoliklarga ega (2...3% dan ortiq emas), biroq ular nurlanishdan himoyalanishni talab qiladi. Ular turli xil suyuqliklar, shu jumladan, eritilgan metallar va plastmassalarning sathini uzluksiz kontaktsiz masofadan o'lchash uchun mo'ljallangan.

Nazorat savollari

1. Mashinasozlikda suyuqliklarning sathini o'lchash va signalizatsiya qilishning qanday uslublari va vositalari qo'llaniladi?
2. Qalqovichli sath o'lchagichlarning qanday afzalliklari va kamchiliklari mavjud?
3. Sathni o'lchashning manometrik vositalarining tuzilishi va ishlash prinsipi qanday?
4. Sig'imli, ultraakustik va radiatsion sath o'lchagichlarning sathni o'lchash vositalarining ishlash prinsipi va sxemasi qanday?

Laboratoriya ishi: «Suyuqlik sathini o'lchash va nazorat qilish».

2.10.1. Asosiy tushunchalar va ta'riflar

Gaz va suyuqliklarning tarkibini yoki fizik-kimyoviy xossalarini avtomatik tahlil qilish sohasida quyidagi asosiy tushuncha va ta'riflardan foydalaniladi.

Analizator — tahlil qilinayotgan moddaning tarkibi yoki fizik-kimyoviy xossalari to'g'risidagi axborotni olish uchun qurilma. Tahlil qilinayotgan moddaning agregat holatlariga bog'liq ravishda gazoanalitik (gazoanalizatorlar), suyuqlik analizatorlar va qattiq jism analizatorlari farq qilinadi.

Tahlil qilinayotgan modda — tarkibi va fizik-kimyoviy xossalarini aniqlash maqsadida tahlil qilish lozim bo'lgan bir necha kimyoviy moddalar (komponentlar) aralashmasidir.

Aniqlanadigan komponent — konsentratsiyasi analizator bilan o'lchanadigan tahlil qilinayotgan modda komponenti.

Konsentratsiya — tahlil qilinayotgan moddadagi aniqlanayotgan komponentning hajmiy yoki vazniy ulushi bo'lib, u hajm bo'yicha yoki kg/m³ da, shuningdek, bunga karrali birliklarda o'lchanadi.

Gazlarning konsentratsiyasini o'lchashning hajmiy va vazniy birliklari orasida quyidagi munosabatlar mavjud (kg/m³):

$$\text{hajm bo'yicha } 1\% = 21{,}385\ Mr/T,$$

bunda M — gazning nisbiy molekular massasi; r — bosim, Pa; T — temperatura, K.

Gazdagi bug'ning miqdori xarakteristikasi uchun ko'pincha, quyidagi kattaliklar qo'llaniladi.

Absolut namlik a bug' gaz aralashmasining hajm birligi V da mavjud bo'lgan suv bug'i massasi m ga teng (g/m³ yoki kg/m³):

$$a = m/V.$$

Suv bug'ining bug' gaz aralashmasidagi *parsial bosimi e* (elastikligi) uning absolut namligini ifodalaydi; parsial bosim absolut namlik bilan quyidagi munosabat orqali bog'langan:

$$a = 289\ e/T\ (\text{mm sim. ust.}/K) = 38{,}53 \cdot 10^3\ e/T\ (\text{Pa}/K),$$

bunda T — gazning temperaturasi, K.

Nisbiy namlik φ haqiqiy namlikning berilgan temperaturadagi tahlil qilinayotgan gazning imkoni boricha maksimal namligiga nisbatiga teng (%):

$$\varphi = 100\ e/E,$$

bunda E — suv bug'ining T temperaturadagi to'yinish elastikligi, Pa.

Hajmiy namlik miqdori X suv bug'i hajmining bug' gaz aralashmasining umumiy hajmiga nisbatiga teng. Bu kattalik tahlil qilinayotgan gazdagi suv bug'ining hajmiy konsentratsiyasiga o'xshash va o'shanday birliklarda o'lchanadi (foiz taqsim hajm).

Shudring nuqtasi temperaturasi τ (°C) tahlil qilinayotgan bug‘ gaz aralashmasi suvning tekis sirti ustida to‘liq to‘yinishgacha izobarik sovitilganda oladigan temperaturaga aytiladi.

Gaz yoki suyuqlik analizatorining sifati, har qanday o‘lchash vositasiniki kabi, quyidagi asosiy ko‘rsatkichlar bilan ifodalanadi:

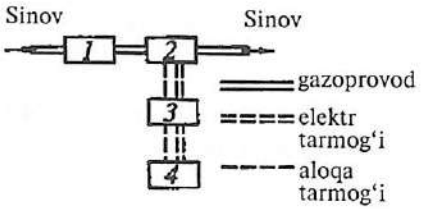
Metrologik ko‘rsatkichlar:
o‘lchashlar chegaralari;
aniqlik sinfi va yo‘l qo‘yilgan asosiy keltirilgan xatolik chegarasi;
yo‘l qo‘yilgan qo‘shimcha keltirilgan xatoliklar chegaralari;
ko‘rsatishlar variatsiyalari;
barqarorlik va boshqalar.
Dinamik ko‘rsatkichlar:
ta’sirlanish boshlangan vaqt;
o‘tish jarayoni vaqti;
jarayonni o‘rnatish vaqti;
vaqt doimiysi va boshqalar.
Ishonchlilik ko‘rsatkichlari:
— ma’lum vaqt mobaynida to‘xtovsiz ishlash ehtimoli;
— to‘xtab qolishlar oqimining intensivligi va boshqalar.

Analizatorlarning yuqorida sanab o‘tilgan ko‘rsatkichlarining ta’riflari 1.6.4. va 1.6.5- bo‘limlarda keltirilganlarga o‘xshashdir. Bu ko‘rsatkichlar analizatorlarning har bir vakili uchun standart va texnik shartlar bilan me’yorlanadi.

Tahlil qilinayotgan moddalarning xilma-xilligi va ular konsentratsiyalarini o‘lchashning juda keng oralig‘i turli xil fizik-kimyoviy hodisalar va moddalarning xossalaridan foydalanishga asoslangan o‘lchashlarning ko‘p sondagi va nihoyatda turli-tuman uslub va vositalarining qo‘llanilishiga sabab bo‘ldi.

Sanoatda avtomatik analizatorlar juda keng miqyosda qo‘llanila boshladi.

Tuzilishi jihatidan avtomatik analizator yagona qurilma ko‘rinishida yoki funksional bloklar to‘plami ko‘rinishida ishlanishi mumkin. 2.166-rasmda avtomatik analizator sxemasi keltirilgan. Unga sinov tayyorlov stansiyasi *1*, sezgir elementli birlamchi o‘zgartkich *2*, o‘lchov o‘zgartkichi *3*, qayd qiluvchi qurilma *4* kiradi.



2.166- rasm. **Avtomatik analizatorning chizmasi:**
1 — namuna tayyorlovchi stansiya; *2* — birlamchi o‘zgartkich; *3* — o‘lchash o‘zgartkichi; *4* — qayd qiluvchi qurilma

Ko‘rib chiqilayotgan sxemada maxsus sinov tayyorlov stansiyasining mavjudligi uning o‘lchash vositalarining an’anaviy sxemalaridan farq qiladigan jihatidir. Sinov tayyorlov stansiyasi parametrlarni tahlil uchun talab qilingan qiymatlarga keltirish, analizatorning sezgir elementigacha transportirovka qilish va tahlil bajarilgandan so‘ng evakuatsiya qilish maqsadida texnologik apparatdan, truboprovoddan yoki atrof-muhitdan namunani tanlab olish uchun yordamchi qurilmalar komplektidan iborat.

Sanoat avtomatik analizatorlariga qo‘yiladigan umumiy texnik talablar DST 13320—69 va DST 14833—69 da tartibga solingan.

2.10.2. Gaz va suyuqliklarning avtomatik analizatorlari tasnifi

Avtomatik suyuqlik gazoanalizatorlariga qo‘yiladigan texnik talablarga muvofiq ular o‘lchash chegaralari va oraliqlariga, aniqlik sinflariga, yo‘l qo‘yilgan og‘ish burchagiga, barqarorligiga, dinamik xossalariga va qizish vaqtiga ko‘ra tasniflanadi.

Gazoanalizatorlar uchun o‘lchash chegaralari tartibga solinmagan, ammo o‘lchashlarning yuqori chegarasiga bog‘liq holda gazoanalizatorlar quyidagi xillarga ajraladi: makrokonsentratsiyalar (hajm bo‘yicha yuqori chegarasi 10^{-2} dan 100% gacha), mikrokonsentratsiyalar (hajm bo‘yicha 10^{-4} dan 10^{-2}% gacha) va ultramikrokonsentratsiyalar (hajm bo‘yicha 10^{-4}% dan kam).

Suyuqlik analizatorlari uchun o‘lchashlarning yuqori va pastki chegaralarini R10 qator bo‘yicha afzal sonlarning me’yordagi qatoridan tanlab olinadi.

Avtomatik analizatorlarning aniqlik sinfi quyidagi qatorga taalluqli bo‘lishi kerak:

gazoanalizatorlar uchun — 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 4,0; 5,0; 6,0; 10,0; 15,0; 20,0;

suyuqlik analizatorlari uchun — 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,4; 0,5; 0,6; 1,0; 1,5; 2,0; 2.5; 4,0; 6,0; 10,0; 15,0.

Bunda gazoanalizatorlar uchun minimal aniqlik sinfi o‘lchash oraliqlariga bog‘liq. Hajm bo‘yicha 2% dan ortiq o‘lchash oralig‘i uchun aniqlik sinfi 4,0 dan past bo‘lmasligi kerak; hajm bo‘yicha 1...2% oraliq uchun — 6,0; hajm bo‘yicha 10^{-2}...1% — 10,0; hajm bo‘yicha 10^{-2}...10^{-4}% — 10,0; hajm bo‘yicha 10^{-4}% gacha 20,0 dan past bo‘lmasligi kerak.

Analizatorning me’yordagi holatidan og‘ish burchagining yo‘l qo‘yilgan qiymatiga bog‘liq holda asboblar mustaqil (yo‘l qo‘yilgan burchak 5° dan yuqori, gazoanalizatorlar uchun — 20° gacha), bog‘liq (burchagi 5° gacha) va og‘ishga yo‘l qo‘ymaydigan (sath o‘lchov asbobi aniqligi chegaralarida) turlarga bo‘linadi.

Barqarorligiga ko‘ra avtomatik gazoanalizatorlar yo‘l qo‘yiladigan asosiy keltirilgan xatolikda ko‘rsatishlar doimiyligini saqlash vaqtiga bog‘liq holda beshta guruhga bo‘linadi. Masalan, SP—1 guruhi uchun ko‘rsatishlarning saqlanish vaqti 30 sutkadan ortiq, SP—2 uchun — 15...30 sutka, MP—5 uchun — 1...3 sutka.

Avtomat analizatorlar dinamik xossalariga ko‘ra tez ta’sir qiluvchi (o‘tish jarayoni vaqti 10 s dan ortiq emas), kaminersion (10...30°C), inersion (gazoanalizatorlar uchun — 30...60°C, suyuqlik analizatorlari uchun — 30—80°C); inersionligi katta (gazoanalizatorlar uchun — 60—120°C); sekin ta’sir etuvchi (gazoanalizatorlar uchun — 120°C dan yuqori, suyuqlik analizatorlari uchun — 180°C dan yuqori) turlarga ajraladi.

Analizatorlar uchun muhim dinamik ko'rsatkichlardan biri qizish vaqti, shuningdek, asbobning issiqlik muvozanatini o'rnatish hisoblanadi. Bu ko'rsatkich bo'yicha gazoanalizatorlar uch guruhga bo'linadi: amalda dastlabki qizitishni talab etmaydigan asboblar (qizitish vaqti — 10 minutdan ortiq emas); dastlabki qizitish amalga oshiriladigan asboblar (60 min gacha); uzoq vaqt qizitiladigan asboblar (180 min gacha).

Avtomatik gazoanalizatorlar tahlil qilinayotgan gazning aniqlanmaydigan qismining tarkibi o'zgarishlarining ta'siri darajasiga ko'ra ikki guruhga bo'linadi:

birinchi guruh — saylanishga ko'ra oddiy asboblar, ularda aniqlanmaydigan komponentlardan biri konsentratsiyasining chegaraviy yo'l qo'yilgan o'zgarishi uni boshqa aniqlanmaydigan komponent bilan almashtirishda hajm bo'yicha 10% dan oshmaydi;

ikkinchi guruh — yuqori saylanuvchanlikdagi asboblar, ularda aniqlanmaydigan komponentlardan birining konsentratsiyasi chegaraviy yo'l qo'yilgan o'zgarishi hajm bo'yicha 10% dan ortadi.

Chegaraviy yo'l qo'yilgan deb aniqlanmaydigan komponentlarning shunday o'zgarishi hisoblanadiki, u yo'l qo'yilgan asosiy chegaraviy xatolik chegarasiga teng qo'shimcha xatolikni vujudga keltiradi.

Gaz va suyuqliklarning turli xil fizik-kimyoviy hodisalari va xossalaridan foydalanishga asoslangan uslublarga bog'liq holda gazoanalizatorlar quyidagi turlarga ajraladi: mexanik (hajmiy-yutuvchi, hajmiy-kimyoviy, pnevmatik), termokonduktometrik, termokimyoviy, magnitli (termomagnitli), infraqizil yutilishli (optik-akustik), fotokolorimetrik (suyuqlikli, tasmali), gigrometrlar — namlik o'lchagichlar (shudring nuqtasi, kulonometrik, psixrometrik), xromatograflar, mass-spektrometrlar.

Suyuqlik analizatorlari quyidagilardir: xromatograflar, konduktometrlar, potensiometrik analizatorlar, fotometrik analizatorlar, refraktometrik analizatorlar, viskozimetrlar, zichlik o'lchagichlar.

Ulardan ba'zilarining ishlash prinsipi va xarakteristikalarini ko'rib chiqamiz.

Gazlar analizatorlari. Mexanik gazoanalizatorlar tahlil qilinayotgan aralashmaning holati yoki xossalarining molekular-mexanik parametrlarining o'zgarishiga asoslangan. Bunday asboblarda ma'lum bir komponentning konsentratsiyasini ifodalovchi kattaliklar quyidagilar bo'ladi:

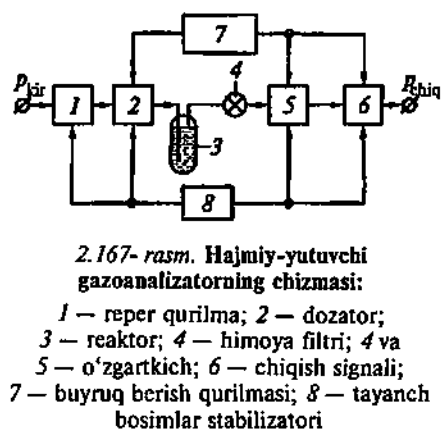
— ma'lum bir komponentga kimyoviy ta'sir natijasida gaz aralashmasi (doimiy hajm yoki bosimda) namunasining hajmi yoki bosimining o'zgarishi;

— gaz aralashmasining qovushoqligi;

— gaz aralashmasining zichligi va zichlikka bog'liq bo'lgan ayrim xossalar, masalan, tovush va ultratovushning tarqalish tezligi, diffuziya tezligi.

Mexanik gazoanalizatorlarga, masalan, oltingugurt kislotasi bilan o'zaro ta'sirlashishga qodir bo'lgan komponentlarga ega bo'lmagan, gaz aralashmalaridagi ammiakning konsentratsiyasini siklik o'lchash uchun mo'ljallangan *hajmiy yutuvchi gazoanalizatorlar* (2.167- rasm) kiradi.

Tahlil qilinayotgan gaz reper qurilma *1* orqali dozator 2 kirishiga keladi, dozator doimiy hajmdagi namunani diskret tanlab oladi va uni ma'lum tezlik bilan reaktor *3* orqali damlaydi, u yerda aniqlanayotgan komponent yutkich bilan ta'sirlashadi va yutiladi. Yutilmay qolgan gaz reaktordan chiqishda himoya filtri *4* tomonidan yutkichdagi bug'lardan tozalanadi va o'zgartkich *5* tushadi, undan namunaning yutilmagan qismi yutilmagan gazni ma'lum hajmdagi idishga siqib chiqarish yo'li bilan bosimga almashadi.



2.167- rasm. **Hajmiy-yutuvchi gazoanalizatorning chizmasi:**
1 — reper qurilma; *2* — dozator; *3* — reaktor; *4* — himoya filtri; *4* va *5* — o'zgartkich; *6* — chiqish signali; *7* — buyruq berish qurilmasi; *8* — tayanch bosimlar stabilizatori

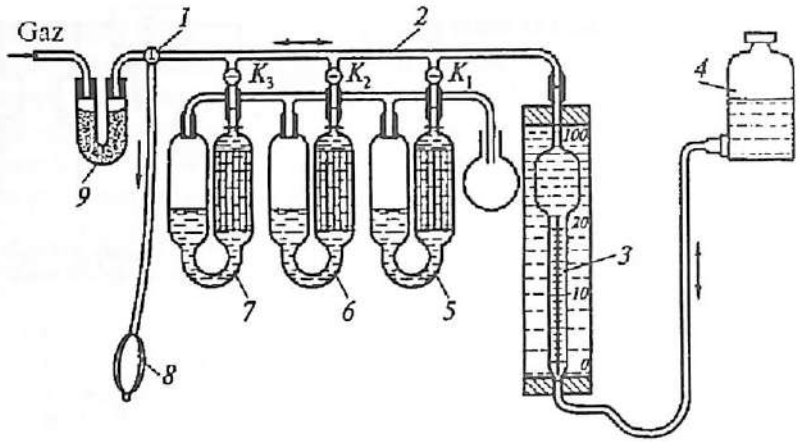
Chiqish signalini mashtablashtirish va xotirlash uzelida o'zgartkichdan chiqish signali bosimiga ma'lum koeffitsient bilan almashuvchi gazning yutilmagan namunasi hajmining bir qismi tanlab olinadi, u tahlilning navbatdagi sikli vaqtida xotirlab qolinadi.

Gazoanalizatorning barcha uzellarining sinxron ishi diskret boshqaruvchi signallarni shakllantiruvchi komanda qurilmasi *7* bilan ta'minlanadi. Gazogenerator ishi uchun zarur tayanch bosimlar tayanch bosimlar stabilizatori *8* tomonidan beriladi.

Hajmiy-kimyoviy gazoanalizatorlar guruhidan eng ko'p tarqalgani gazlarni uchta komponentda: SO_2, O_2 va SO tahlil qilish uchun qo'llaniladigan ko'chma gazoanalizatorlar bo'ldi. Ularning ishlashi kimyoviy reaksiyalar o'tkazishda gazning tahlil qilish uchun olingan namunasidan tahlil qilinayotgan komponentlarni ketma-ket yo'qotishga asoslangan.

Bunday yo'qotish ma'lum bir komponentning tegishli reaktiv tomonidan yutilishi bilan amalga oshiriladi. CO_2 ni yutish uchun reaktiv sifatida hidli kaliy KON eritmasi xizmat qiladi; O_2 uchun — hidli kaliyning pirogalla kislota bilan aralashmasi $C_3H_3(OH)_3$; CO uchun — yarim-xlorli mis $CuCl_2$, navshadil spirti NH_4Cl va ammiak NH_3 eritmasi xizmat qiladi.

GXP-3 turidagi kimyoviy yutilish mexanik ko'chma gazoanalizatorning konstruksiyasi (tuzilishi) 2.168- rasmda keltirilgan. Asbob uchta yutuvchi idish *5, 6* va *7*, o'lchov byuretkasi *3*, tutashtiruvchi taroq *2* va bosimli harakatlanuvchi banka *4* dan iborat. 100 sm^3 sig'imli o'lchov byuretkasi o'lchash aniqligini oshirish uchun (temperaturani tenglash) suv to'ldirilgan silindrga joylangan. Tahlil qilinayotgan gaz bilan reaktiv o'rtasida tegishish sirtini oshirish uchun yutuvchi idishlar *5; 6* va *7* shisha naychalar bilan to'ldirilgan. Taroq *2* ni tahlil qilinadigan gazni rezina nok *8* yordamida keltiradigan nay (trubka) bilan tutashtiruvchi uch yo'lli kran *1* keladigan gazni changdan tozalash uchun xizmat qiluvchi filtr *9* bilan ham ulangan.



2.168- rasm. **Kimyoviy yutish gazoanalizatorining tuzilishi:**
1 — uch yo'lli kran; *2* — grebyonka (taroq); *3* — o'lchash byuretkasi; *4* — qo'zg'aluvchi banka; *5, 6* va *7* — yutuvchi idish; *8* — nok; *9* — filtr

CO_2; CO; O_2; NH_3 lar qatori yonuvchi tashkil etuvchilar (masalan, H_2; CH_4 va boshqalar) bo'lgan gazlarni tahlil qilish uchun tahlil qilinayotgan gaz aralashmasidagi yonuvchi komponentlarni kuydiruvchi moslama bilan ta'minlangan yanada murakkab konstruksiyali mexanik asboblar qo'llaniladi.

Termokonduktometrik gazoanalizatorlarning ishlash prinsipi tahlil qilinayotgan gaz aralashmasining issiqlik o'tkazuvchanligini o'lchashga asoslangan bo'lib, u shu gazdagi aniqlanayotgan komponentning konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi. Gazlarning issiqlik o'tkazuvchanligining absolut qiymatlari nihoyatda kichik bo'lgani va ularni bevosita o'lchash qiyinchilik tug'dirgani uchun termokonduktometrik gazoanalizatorlarda tahlil qilinayotgan gaz aralashmalarining issiqlik o'tkazuvchanliklarining o'zgarishlarini nisbiy o'lchash amalga oshiriladi. Zamonaviy asboblarda issiqlik o'tkazuvchanlikni yuqori aniqlikda nazorat qilish mumkin bo'lmoqda (xatolik 0,1...0,5%).

Tahlil qilinayotgan gaz aralashmasi tarkibini elektr signaliga birlamchi almashtirish amalga oshiriladigan termokonduktometrik gazoanalizatorning sezgir elementi (2.169- rasm) yuqori issiqlik o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan shisha korpus *1* dan iborat. Silindr o'qi bo'yicha metall tola[2] (odatda, diametri 0,02...0,05 mm bo'lgan platinadan) joylashgan bo'lib, undan elektr toki oqadi. Tola bir vaqtning o'zida isitish elementi va qarshilik termometri vazifasini bajaradi (platinaning qarshilik koeffitsienti $3,9 \cdot 10^{-30}$ C^{-1} temperaturani o'lchashda yuqori sezgirlikni talab qiladi).

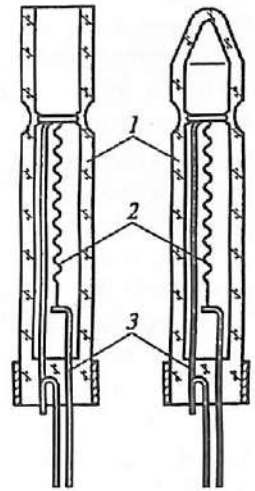
Tolaning temperaturasi (o'zgarmas tok kuchida) atrof- muhitga issiqlik berish sharoitlariga bog'liq. Tahlil qilinayotgan gaz muhitining aniqlanayotgan komponenti konsentratsiyasining o'zgarishi bilan uning issiqlik o'tkazuvchanligi o'zgaradi, bu esa tola temperaturasining o'zgarishiga olib keladi va oqibatda, uning qarshiligi o'zgarishiga sabab bo'ladi. Shunday

qilib, sezgir element qarshiligining o'zgarishi aniqlanayotgan komponent konsentratsiyasining o'zgarishiga proporsional ekan.

Sezgir elementlar gazoanalizatorning umumiy massiv korpusida me'yorlangan vertikal silindr kanallar ko'rinishida yasalgan kameralarga o'rnatiladi. Kameralarning diametri 4...10 mm, uzunligi esa 100 mm dan oshmaydi.

Ichiga sezgir element o'rnatilgan kamera o'lchov uyasini tashkil etadi. Vazifasiga ko'ra o'lchov uyalari ishchi (ular orqali tahlil qilinayotgan gaz aralashma o'tadi) va taqqoslash uyalariga (doimiy (ma'lum) tarkibdagi gaz to'ldirilgan) bo'linadi.

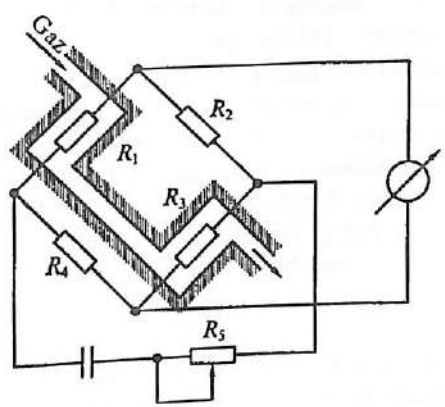
Ishchi va taqqoslash (nisbiy) o'lchov uyalarining qarshilik termometrlari vazifasini bajaruvchi sezgir elementlari ko'prikli o'lchov sxemalariga kiritiladi. Ularning eng oddiysi muvozanatlanmagan o'zgarmas tok sxemasi hisoblanadi (2.170- rasm) R_1 va R_3 qarshiliklar tahlil qilinayotgan gaz aralashmasi ketmaket o'tadigan ikkita ishchi o'lchov uyasining sezgir elementi hisoblanadi. R_2 va R_4 qarshiliklar ikkita taqqoslash o'lchov ularining sezgir elementi hisoblanadi. Ko'prikning o'lchov diagonalida tok kuchini yoki kuchlanishni nazorat qiladigan o'lchov asbobining shkalasi aniqlanayotgan komponentning konsentratsiyasi birliklarida darajalanishi mumkin.



a) b)

2.169- rasm. **Ochiq spiralli olinuvchi sezgir elementlarning tuzilishi:**
a — ishchi; *b* —taqqoslanuvchi; *1* — shisha korpus; *2* — metall ip; *3* — tokeltgich

Ko'rib chiqilgan qoidaga ko'ra, yasalgan TP turidagi gazoanalizatorlari binar va ko'p komponentli gaz aralashmalarining quyidagi komponentlardan birining konsentratsiyasini o'lchash uchun mo'ljallangan: vodorod, geliy, azot, metan va uglerod ikki oksidi. Tahlil qilinayotgan gaz aralashmasi tanlab olinadigan joyida: namlik miqdori — kamida 15 g/sm³; mexanik aralashmalar miqdori — ko'pi bilan 0,001 g/m³; temperatura 5...50°C; bosim — ko'pi bilan 10^5...$4 \cdot 10^5$ Pa bo'lishi kerak. Asboblarning aniqlik sinfi o'lchash chegaralariga bog'liq (hajm bo'yicha 0...100%) holda 2,5 dan 10 gacha. Ko'rib chiqilgan gazoanalizatorlarning o'lchash xatoligi tahlil qilinayotgan komponent va o'lchash chegaralariga bog'liq hamda 1,5...10% ni tashkil etadi.



2.170- rasm. **Ko'prikli o'lchash chizmasi**

Tahlil qilishning termokimyoviy uslubi tahlil qilinayotgan

aralashmaning aniqlanayotgan komponent ishtirok etayotgan katalitik oksidlanish reaksiyasining issiqlik effektini o'lchashga asoslangan. Bu uslub ortiqcha kislorodda yonuvchi gazlarning (vodorod, metan va boshq.) konsentratsiyasini o'lchashda, shuningdek, kislorod ishtirokidagi uglerod oksidi konsentratsiyasini va ortiqcha yonuvchi gazlarda kislorod konsentratsiyasini o'lchashda keng tarqaldi.

Termokimyoviy gazoanalizatorlar ikki asosiy turda ishlab chiqariladi:

— birinchi turiga katalitik oksidlash reaksiyasi qattiq granulalangan katalizatorda yuz beradi, bunda reaksiyaning foydali issiqlik effekti katalizator qatlamidagi temperaturaning o'zgarishiga ko'ra, qarshilik termometri yoki boshqa termosezgir element bilan o'lchanadi;

— ikkinchi turiga aniqlanayotgan komponentning katalitik oksidlanish reaksiyasi uning foydali issiqlik effektini o'lchash uchun bir vaqtda termosezgir element bo'lib hisoblangan qizitilgan katalitik aktiv tolaning sirtida yuz beradigan asboblar kiradi.

SGP—IXL4 turidagi neft va neft mahsulotlari yonuvchi bug'lari signalizatori misolida tahlil qilishning termokimyoviy uslubida qurilgan gazoanalizatorlarning ishlash prinsipini qarab chiqamiz.

Bunday signalizator xonalarning havosida portlash xavfi bo'lgan aralashmalarning uchinchi toifasiga tegishli neft va neft mahsulotlari bug'larining mavjudligi to'g'risida signal berish uchun mo'ljallangan. U quyidagi moddalar juftliklariga kalibrlangan bo'lishi mumkin: nam neft; kerosin; A-76, A-92, A-96 benzinlari va boshqa mahsulotlar.

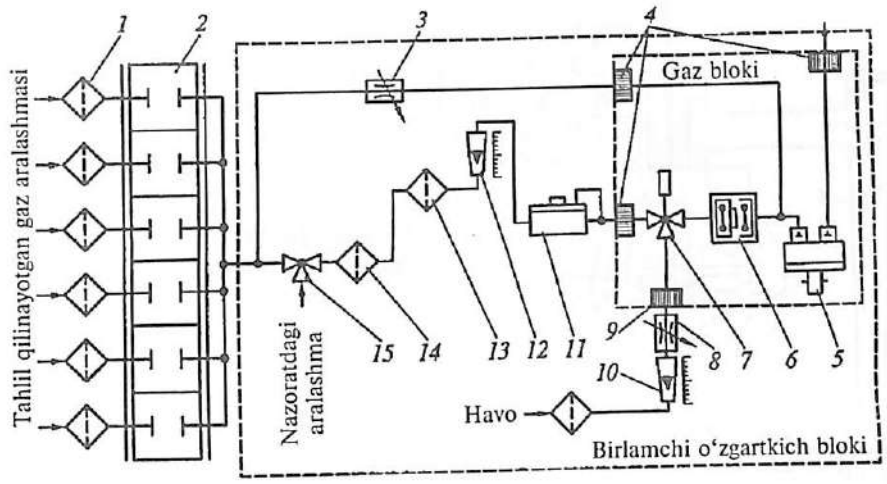
Signalizatorga kirishdagi tahlil qilinadigan havo platina guruhidagi katalizatorlar, shuningdek, mexanik kirishmalar uchun zahar hisoblangan agressiv kirishmalarga ega bo'lmasligi kerak. Signalizator nisbiy namlik 80% gacha va atmosfera bosimi 122...153 Pa bo'lganda ishlash uchun mo'ljallangan.

Signalizatorning ishlash prinsipi katalitik aktiv platina spiralida aniqlanayotgan modda bug'larining issiqlik effektini o'lchashga asoslangan.

Asbobning gaz sxemasi 2.171- rasmda keltirilgan. U quyidagi rejimlarning birida ishlashi mumkin: ishchi (kran pereklyuchatel *15* «Tahlil qilish» holatida turibdi); kalibrovkali (kran pereklyuchatel «Kalibrlash» holatida turibdi) va nolni tekshirishlar (rejimlarni elektropnevmatik rejimlar pereklyuchateli *7* sezgir elementga toza havo berayapti). Istagan rejimda gazning birlamchi o'zgartkich orqali harakatlanishi sarfni uyg'otuvchi *5* yuzaga keltiradigan siyraklanish birlamchi o'zgartkich hisobiga amalga oshiriladi.

Ishchi rejimda tahlil qilinayotgan aralashma gaz blokiga filtr *1* lardan biri, gaz pereklyuchateli *2*, kran pereklyuchatel *15*, etillashtirilgan benzin *14* bug'lari filtri, nozik tozalash filtri *13*, rotometrlar *10* va *12* hamda sarf rostlagichi *11* orqali tushadi.

Gaz blokida tahlil qilinayotgan havo yoki nazorat qilinuvchi aralashma (kalibrovka rejimida) portlashdan himoyalanish qurilmalari *4* va *9*, rejimlar pereklyuchateli *7* orqali o'tadi va sezgir elementlar bloki *6* ga tushadi, u yerdan sarf uyg'otkichi *5* orqali atmosferaga chiqib ketadi.



2.171- rasm. **Yonuvchi bug'lar signalizatorining gaz chizmasi:**

1 — filtr; *2* — gaz pereklyuchateli; *3* — drossel; *4* va *9* — portlashdan himoyalovchi qurilma; *5* — sarf uyg'otgichi; *6* — sezgir elementlar bloki; *7* — rejimlar pereklyuchateli; *8* — drossel; *10* va *12* — rotametr; *11* — sarf rostlagichi; *13* — nozik tozalash filtri; *14* — etillangan benzin bug'lari filtri; *15* — kran-pereklyuchatel

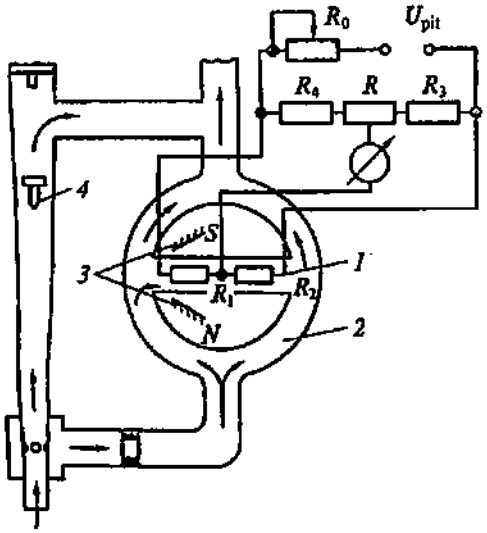
Agar tahlil qilinayotgan havoda yonuvchi komponent bo'lsa, u holda o'lchovchi sezgir elementda (platina spirali) uning oksidlanishi (yonishi) yuz beradi. Bunda temperatura ortadi, sezgir element ulangan o'lchov elektr ko'prigining muvozanati buziladi va uning diagonalida aniqlanayotgan komponentning konsentratsiyasiga proporsional kuchlanish yuzaga keladi.

Neft mahsulotlari bug'lari konsentratsiyasi chegaraviy kattalikka (21% NPV) yetganda xonani majburiy ventilatsiyasi ulanadi, u 9% NPV gacha kamayganda ventilatsiya o'chiriladi.

SVK turidagi portlash xavfi bo'lgan konsentratsiyalar signalizatorlari shunga o'xshash sxema bo'yicha yasalgan bo'lib, ular berk xonalar havosida portlash havfi bo'yicha 1...3 toifalarga tegishli bo'lgan yonuvchi gazlar, bug'lar va ularning aralashmalari, masalan, asetilen, atseton, butan, vodorod, dioksan, izobutan, metan, toluol va boshqa moddalarning mavjudligi haqida avtomatik signalizatsiyalash uchun mo'ljallangan.

Termomagnit gazoanalizatorlar magnit qabul qiluvchanlik kattaligi bilan baholanadigan turli gazlarning magnit xossalari asosida qurilgan. Paramagnit gazlar (O_2; NO; havo) ularning magnit qabul qiluvchanligi — musbat kattalik (gaz magnit tomonidan tortilish qobiliyatiga ega), diamagnit gazlar uchun (N_2; H_2; CH_4; CO_2) magnit qabul qiluvchanlik — manfiy kattalik (gaz magnitdan itariladi).

Termomagnit analizatorning asosiy uzeli — o'lchash yacheykasidir. Issiqlik almashish usuliga bog'liq holda ichki va tashqi konveksiyali o'lchash yacheykalari farq qilinadi.



2.172- rasm. **Termomagnit gaz analizatori o'lchash zanjirining chizmasi:**

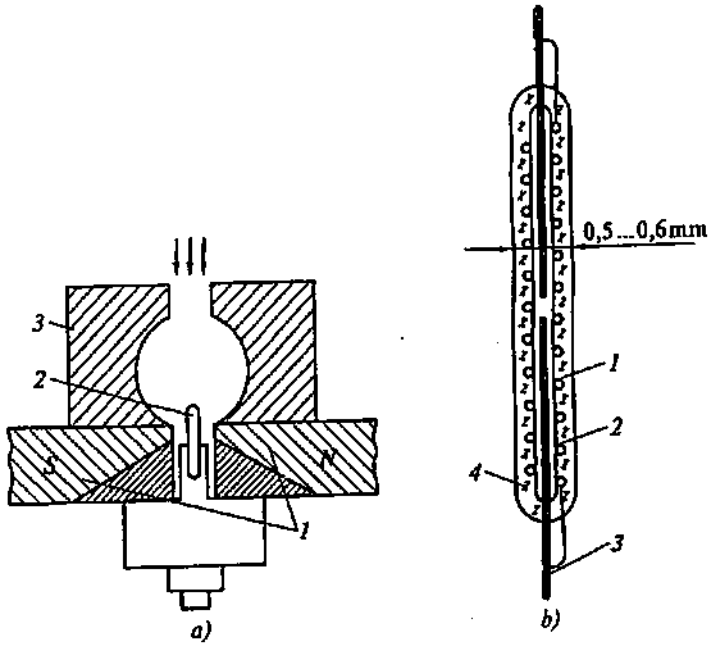
1 — kanal; *2* — kamera; *3* — doimiy magnit maydoni; *4* — rotametr

2.172- rasmda ichki konveksiyali o'lchov zanjiri va halqali kameraning (termomagnit gazoanalizatorning) sxemasi tasvirlangan. Kamera *2* yupqa devorli nay ko'rinishidagi diametral kanali *1* bo'lgan ichi bo'sh metall halqadan iborat bo'lib, unda ko'prikli o'lchov sxemasiga kiritilgan va elektr toki bilan isitiladigan yupqa platina simdan tayyorlangan termoelementlar R_1 va R_2 joylashgan. Termoelement R_1 doimiy magnit *3* maydonida joylashgan. Halqasimon kamera orqali tahlil qilinayotgan gaz damlab o'tkaziladi, bunda uning sarfi doimiy rotametr *4* tomonidan quvvatlanib turiladi.

Tahlil qilinayotgan gaz aralashmasidagi kislorodning paramagnit xossalari tufayli magnit maydon ta'sirida gaz ko'ndalang trubkaga tortiladi. Isitiladigan chap termoelement sohasiga tushgan kislorod qiziydi va uning magnit xossalari kamayadi. Buning natijasida qizigan gaz zarrachalari magnit maydondan sovuq gaz bilan uzluksiz itarilib chiqarib turiladi va ko'ndalang trubkada chapdan o'ngga yo'nalgan gaz oqimi paydo bo'ladi. Natijada termomagnit konveksiya hosil bo'ladi. Tahlil qilinayotgan aralashmadagi kislorod miqdoriga bog'liq holda ko'ndalang trubkadagi gaz harakati tezligi o'zgaradi, binobarin, termoelementlar bilan gaz orasidagi issiqlik almashinuvi ham o'zgaradi. Chap termoelement R_1 soviydi, o'ng termoelement R_2 esa isiydi. Termoelementlar temperaturasining o'zgarishi ko'prik muvozanatining buzilishiga olib keladi, muvozanatning buzilish darajasi kislorodning tahlil qilinayotgan gaz aralashmasidagi miqdoriga bog'liq. O'lchov asbobi muvozanat buzilishining kattaligini qayd etadi.

Tahlil qilinayotgan gazda kislorod bo'lmaganda ko'ndalang trubkada gaz oqimi ham bo'lmaydi va termoelementlar qarshiliklari R_1 va R_2 dan, doimiy qarishliklar R_3 va R_4 dan, tok kuchini o'rnatish qarshiligi R_0 dan va nolni o'rnatish qarshiligi R dan iborat ko'prik muvozanatda bo'ladi.

Tashqi konveksiyali o'lchov yacheykalari issiqlik va termomagnit induksiya oqimlarining yo'nalishiga bog'liq holda uchta guruhga bo'linadi. Birinchi guruhga shu oqimlarning yo'nalishlari mos tushadigan yacheykalar kiradi (2.173- *a* rasm). Ikkinchi guruh o'lchov yacheykalarida oqimlarning yo'nalishlari o'zaro perpendikular, uchinchi guruhda — termomagnit konveksiya oqimi temperaturaviy konveksiya oqimiga qarshi yo'nalgan.



2.173- rasm. **Termomagnit gazoanalizator:**

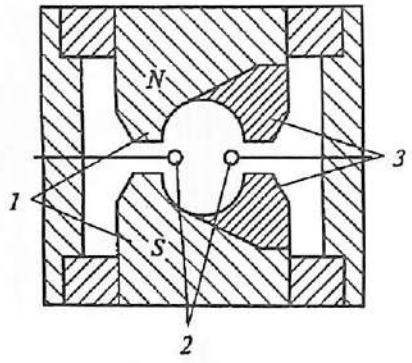
a — birinchi guruhdagi tashqi konveksiyali o'lchash yacheykasi (*1* — magnit qutblari; *2* — sezgir element; *3* — kamera korpusi); *b* — sezgir element (*1* — platina simdan yasalgan spiral; *2* — shisha kapillar; *3* — tok o'tkazgichlari; *4* — shisha qobiq)

O'lchov yacheykalarining tuzilishi gorizontal silindrik bo'shliqdan iborat bo'lib, unda doimiy magnitning qutb uchliklari joylashgan, ular orasiga sezgir element o'rnatiladi.

Birinchi guruh yacheykalari uchun sezgir element (2.173- *b* rasm) diametri 20 mkm bo'lgan platina simdan yasalgan spiraldan iborat bo'lib, u ikkita kavsharlangan tok keltiruvchilari *3* bo'lgan shisha kapillarga o'ralgan va usti yupqa shisha *4* qatlami bilan qoplangan. Bunday yacheykalarda gaz almashuvi kameraning yuqori qismidagi teshik orqali diffuziya hisobiga yuz beradi.

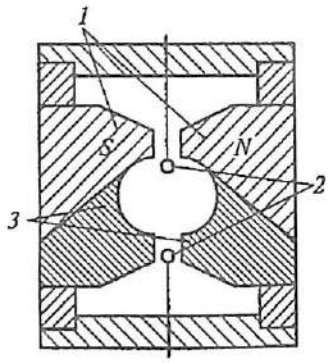
Ikkinchi (2.174- rasm) va uchinchi (2.175- rasm) guruhdagi o'lchov yacheykalarida tahlil qilinayotgan gaz oqimi doimiy magnit *1* qutblari orasida va yolg'on qutblari *3* orasida paydo bo'lgan tirqish teshiklar bo'yicha o'tadi. Sezgir elementlar *2* silindr yasovchisi bo'ylab joylashgan: biri — magnit qutblari yaqinida, ikkinchisi esa — yolg'on (soxta) qutblar atrofida. Kislorod miqdori bo'lgan tahlil qilinayotgan gaz qutblar orasidagi tirqishga tortiladi va shu yerda joylashgan sezgir elementga tegib, qiziydi. Natijada termomagnit konveksiya oqimi yuzaga keladi, bu oqim issiqlikni bir sezgir elementdan ikkinchisiga ko'chiradi.

Sanoatda ishlatiladigan avtomatik gazoanalizatorlarda o'lchashlar, odatda, differensial uslubda amalga oshiriladi. Buning uchun gazoanalizatorning o'lchov sistemasi ikki juft yacheykadan komplektlanadi: biri — tahlil



2.174- rasm. **Ikkinchi guruhdagi tashqi konveksiyali o'lchash yacheykasi:**

1 — magnit qutblari; *2* — sezgir elementlar; *3* — yolg'on qutblar



2.175- rasm. **Uchinchi guruhdagi tashqi konveksiyali o'lchash yacheykasi:**

1 — magnit qutblari; *2* — sezgir elementlar; *3* — yolg'on qutblar

qilinadigan gaz aralashmasi o'tadigan ishchi yacheykalar, va ikkinchisi — havo o'tkaziladigan taqqoslama yacheyka. Ikkinchi guruh yacheykalari bo'lgan termomagnit gazoanalizatorning o'lchov sxemasi 2.176- rasmda keltirilgan.

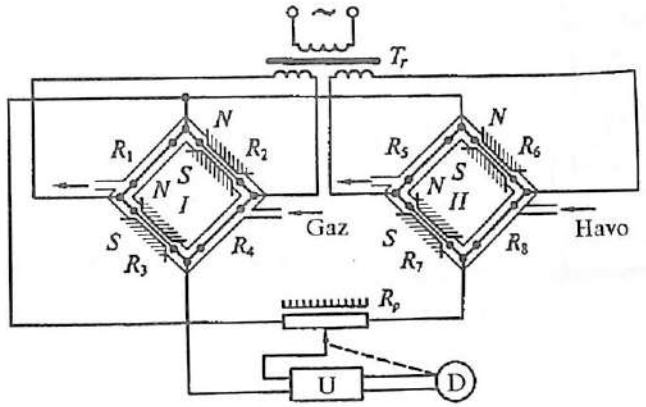
MN turidagi magnitli gazoanalizatorlarning kislorod miqdorini o'lchash oralig'i juda keng: 0...0,5; 0...10 dan to 98...100% gacha. O'lchash xatoligi o'lchash chegaralariga bog'liq holda 2...10% ni tashkil etadi.

Infraqizil nurlarni yutuvchi gazoanalizatorlar absorbsion optik gazoanalizatorlar guruhiga kiradi. Ularning ishlash prinsipi tahlil qilinayotgan modda qatlami orqali o'tayotgan elektromagnit nurlanish energiyasining yutilish darajasini o'lchashga asoslangan. Har bir gaz faqat ma'lum, o'ziga xos bo'lgan spektr sohasidagina infraqizil nurlarni yutadi. Masalan, uglerod oksidi nur energiyasini spektrning to'lqin uzunligi 4,7 mkm bo'lgan infraqizil sohasida yutadi; uglerod ikki oksidi esa — 2,7 va 4,3 mkm; metan — 3,3 va 7,6 mkm va h.k.

2.177- rasmda infraqizil yutilishni bevosita o'lchaydigan avtomatik gazoanalizatorning o'lchash sxemasi keltirilgan.

Nurlantirgichlar *2* dan 700...1000°C temperaturagacha isitilgan ochiq nixromli, xromnikelli spiral va obtyurator *3* tomonidan *5* Gs chastota bilan davriy ravishda uzib turiladigan kelayotgan infraqizil nurlanish oqimlari ishchi va taqqoslama optik kanallarga keladi. Ishchi kanalda tahlil qilinayotgan gaz oqimi o'tadigan ishchi kamera *4* va germetik berk filtrlovchi kamera *5* joylashgan. Taqqoslama kanalda taqqoslama kamera *10* va filtrlovchi kamera *9* joylashtirilgan. Taqqoslama kamera *10* dagi gaz tarkibi tahlil qilinayotgan gazdagi aniqlanmaydigan komponentlarning o'rtacha miqdoriga mos keladi, filtrlovchi kameralar *5* va *9* esa yutilish polosalari aniqlanayotgan komponentning yutilish polosalari bilan qisman ustma-ust tushadigan tahlil qilinayotgan gazning aniqlanmaydigan komponentlari bilan to'ldirilgan.

Ishchi optik kanal chiqishida nurlanish oqimi quvvati tahlil qilinayotgan gazdagi aniqlanayotgan komponentning konsentratsiyasiga bog'liq ravishda



2.176- rasm. **Ikkinchi guruhdagi yacheykali termomagnit gazoanalizatorning o'lchash chizmasi:**

T_r — transformator; $R_1 ... R_8$ —qarshiliklar, R_p — reoxord; *U* — elektron kuchaytirgich; *D* — reversiv elektrodvigatel; *I* — ishchi ko'prik; *II* — taqqoslash ko'prigi

o'zgaradi, taqqoslama kanalning chiqishidagi nurlanish oqimi quvvati esa o'zgarmas qoladi. Ularning farqi optik-akustik o'zgartkich *6* bilan elektr signaliga aylantiriladi, u tahlil qilinayotgan komponent konsentratsiyasining o'lchovi hisoblanadi. Kuchaytirgich *8* da kuchaytirilgandan va to'g'rilangandan so'ng signal ikkilamchi asbob *7* ga keladi, bunday asbob milliampermetr va potensiometr bo'lishi mumkin. Elektr sxemani ta'minlash kuchlanish stabilizatori *12* orqali amalga oshiriladi.

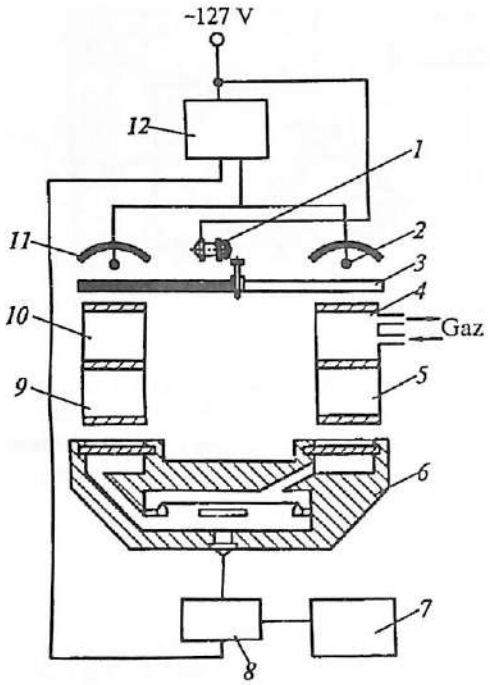
O'lchashlar aniqligini oshirish uchun turli xil sxemalar, shu jumladan, kompensatsiyalovchi sxemalar ham qo'llaniladi, ularda gaz kompensatsiyasi, optik kompensatsiya va boshqalar ko'zda tutiladi.

Sanoatda yuqori o'lchash chegarasidan 2,5...5% asosiy xatolik bilan tahlil qilinayotgan komponentning hajmi bo'yicha 0...0,01 dan 0...100% gacha oraliqlar uchun gazlarni CO_2, CO, CH_4, N_2H_2 va NH_3 tashkil etuvchilarga tahlil qilish uchun OA va GIP turidagi infraqizil yutilish gazoanalizatorlari ishlab chiqariladi.

Fotokalorimetrik gazoanalizatorlarning ishlash prinsipi tahlil qilinayotgan gaz aralashmasining aniqlanayotgan komponenti bilan maxsus reagent-indikator o'rtasidagi tanlanma reaksiyaga asoslangan. Natijada bo'yalgan birikma hosil bo'lib, uning konsentratsiyasi yorug'likning yutilish darajasiga ko'ra aniqlanadi. Analizatorlar suyuqlikli va tasmali analizatorlarga bo'linadi.

Fotokalorimetrik suyuqlikli gazoanalizatorlarda tahlil qilinayotgan gaz ma'lum vaqt mobaynida indikatorli eritma qatlami orqali barbotlanadi. Bo'yalgan eritmaning optik zichligi aniqlanayotgan komponent konsentratsiyasining o'lchovi bo'ladi. U differensial optik sxemalar yordamida fotoqarshiliklardan fotoelektrik sezgir elementlar sifatida foydalangan holda aniqlanadi.

Fotokalorimetrik tasmali gazoanalizatorlarning ishlash prinsipi quyidagicha. Indikatorli eritma shimdirilgan qog'ozli yoki ip-gazlamali tasma tahlil qilina-



2.177- rasm. **Bevosita o'lchovchi infraqizil yutilishli avtomatik gazoanalizatorning o'lchash chizmasi:**

1 — sinxron elektrodvigatel; *2* — nurlatgich; *3* — obtyurator; *4* — ishchi kamera; *5* va *9* — filtrlovchi kamera; *6* — optik-akustik o'zgartkich; *7* — ikkilamchi asbob; *8* — kuchaytirgich; *10* — taqqoslash kamerasi; *11* — qaytargich; *12* — kuchlanish stabilizatori

yotgan gazga tegib turadi, uning aniqlanayotgan komponenti indikator bilan bo'yalgan birikma hosil qiladi. Aniqlanayotgan komponentning konsentratsiyasiga bog'liq bo'lgan tasma bo'yalishining intensivligi fotoelektrik sezgir element yordamida tasma sirtidan qaytgan yorug'lik oqimining susayish darajasiga ko'ra o'lchanadi.

FL turidagi *fotokalorimetrik gazoanalizatorlar* texnologik gazlarda va ishlab chiqarish xonalari havosidagi ozon, azot ikki oksidi, oltingugurtli gaz, serovodorod ammiak yoki xlorning mikrokonsentratsiyalarini o'lchash uchun mo'ljalangan. Ular o'lchash chegaralari kg/m³ da 0...0,0001; 0...0,0005; 0...0,02; 0...0,1 aniqlik sinfi 20,0 bilan ishlab chiqariladi.

Gigrometrlar — suv bug'lari miqdorini o'lchash uchun mo'ljallangan gaz analizatorlari.

Hozirgi paytda quyidagi gigrometrlar qo'llaniladi: shudring nuqtasi (kondensatsion), kulonometrik, isitiluvchi elektrolitik sezgir elementlar bilan (gidrometrik muvozanat), elektrolitik sezgir elementli, psixrometrik.

Shudring nuqtasi gigrometrlari. Bu turdagi gigrometrlarning ishlash prinsipi to'yinmagan gazni o'zgarmas bosimda to'yingan holatgacha sovitishga va to'yinish boshlangandagi (namlik tomchilarining tushishi) temperaturani o'lchashga asoslangan. Amalda kondensatsiya shudring nuqtasi temperaturasi ta'rifidan kelib chiqishi lozim bo'lgani kabi suv sirti ustida yuz bermasdan, balki tahlil qilinayotgan nam gazning atmosferasida sovitiladigan tekis metall sirt ustida yuz beradi.

AGK turidagi avtomatik gigrometrlarda tahlil qilinayotgan havo oqimi elektrisitkich va termoelektrik sovituvchi element bilan kontaktda bo'lgan metall plastinkani yuvadi. Agar plastinkaning temperaturasi atrofidagi havoning shudring nuqtasi temperaturasidan past bo'lsa, u holda uning sirtida kondensat plyonka hosil bo'lib, uning qalinligi plastinkaning temperaturasi qanchalik past bo'lsa, shuncha katta bo'ladi.

Gigrometrda plastina sirtida undan izolyatsiyalangan ikkita parallel palladiy-kumush elektrod o'rnatilgan, ular kondensat plyonkasi qalinligining sezgir elementi vazifasini bajaradi. Agar plastinaning sirti quruq bo'lsa, u holda elektrodlar zanjiri uzilgan bo'ladi. Kondensat plyonka qancha qalin bo'lsa, elektrodlar orasidagi qarshilik shuncha kichik bo'ladi.

Bu turdagi gigrometrlar foydalanishning quyidagi sharoitlarida qo'llaniladi:

Atrofdagi havoning temperaturasi, °C	5...35
Nisbiy namlik, %	30...80
Atmosfera bosimi, MPA	0,98...1,05
Shudring nuqtasi temperaturasini o'lchash chegaralari, $°C_{sh.n}$	-20...+50
Yo'l qo'yiladigan asosiy absolut xatolik, $°C_{sh.n}$	±0,5

Kulonometrik gigrometrlarning (namlik o'lchagichlarning) ishlash prinsipi tahlil qilinayotgan gaz namligini aniq dozalangan gaz hajmidan gidrofil modda (fosfor besh oksidi) plyonkasi tomonidan uzluksiz yutilishga va fosforli kislotaning aylanuvchi eritmasini bir vaqtda elektroliz qilishga asoslangan. Namlik o'lchovi sifatida elektrolizning tok kuchi xizmat qiladi, u ikkilamchi asbob tomonidan qayd etiladi.

Nam o'lchagichlarning bosh uzeli kulonometrik sezgir element hisoblanadi (2.178- rasm). U diametri uncha katta bo'lmagan qalin devorli shishanaycha *4* dan tashkil topgan bo'lib, uning ichki sirtiga ikkita spiral platinali elektrodlar *3* joylashtirilgan. Elektrodlar va ular orasidagi masofa fosfor angidridning yupqa plyonkalari *1* va *2* bilan qoplangan, ular quruq holda katta qarshilikka va namni yutganda kichik qarshilikka ega bo'ladi.

Tahlil qilinayotgan gazni doimiy tezlik bilan uzluksiz ravishda nay orqali o'tkazib turiladi. Bunda ikki jarayon uzluksiz yuz beradi:

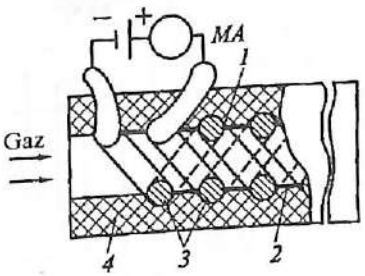
$$P_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HPO_3;$$

$$2HPO_3 \rightarrow H_2 + 0{,}5\ O_2 + P_2O_5.$$

Mikroampermetr bilan o'lchanadigan elektroliz toki tahlil qilinayotgan gazdagi namlik o'lchovi bo'ladi.

Kulonometrik gigrometrlar hajm bo'yicha 10^{-4} dan 10% gacha ±(5...10)% xatolik bilan gazlarda namlik mikrokonsentratsiyasini o'lchash uchun mo'ljallangan.

Psixrometrik gigrometrlar gaz muhiti temperaturasini, biri nam lattaga o'ralgan ikki termometr bilan o'lchashga asoslangan. Bu ikki termometrning ko'rsatishlari har xil bo'ladi. Nam termometr temperaturasining pasayishi atrof muhitga suyuqlikni bug'lantirish uchun issiqlik sarflash natijasida



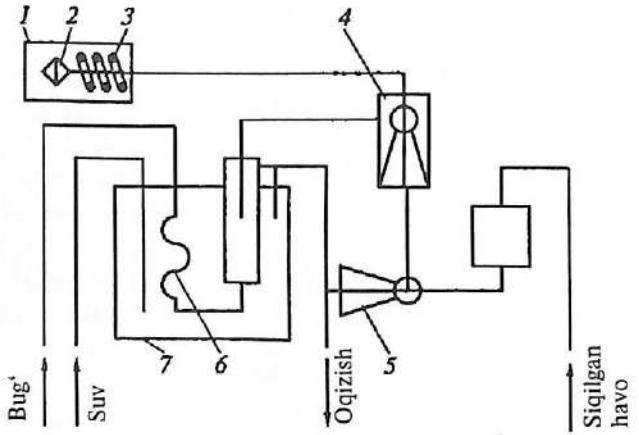
2.178- rasm. **Kulonometrik nam o'lchagich chizmasi:**

1 va *2* — fosforli angidrid plyonkasi; *3* — platinali elektrodlar; *4* — shisha trubka

yuz beradi. Atrof-muhit temperaturasi qanchalik past bo'lsa, nam termometr sirtidan namlikning bug'lanishi shunchalik jadal bo'ladi. Demak, o'lchanayotgan nuqtadagi namlik qancha past bo'lsa, quruq va ho'l termometrlar ko'rsatishlaridagi farq shunchalik katta bo'ladi. Psixrometrik farq deb ataluvchi temperaturalar farqi ($t_q - t_{nam}$) ga ko'ra va quruq termometrning temperaturasi t_q ga ko'ra jadvallar (namlikni dastaki usulda aniqlashda) yoki tegishli elektron sxemalar (avtomatik aniqlash holida) yordamida tahlil qilinayotgan gazning namligi to'g'risida bilib olish mumkin.

2.179- rasmda APG turidagi gigrometrning pnevmogidravlik sxemasi keltirilgan. Tahlil qilinadigan havo nazorat qilish nuqtasida havo elektrodi *5* vujudga keltirayotgan siyraklanish hisobiga namuna tanlab olish qurilmasi *1* yordamida tanlab olinadi. U mexanik qo'shimchalardan filtr *2* tomonidan tozalanadi va elektr isitkich *3* ga tushadi, u yerda o'zgarmas +80°C temperaturaga ega bo'ladi. Bu shuning uchun qilinganki, psixrometrik uslub tahlil qilinayotgan havoning temperaturasi +100°C dan ortiq bo'lganda qo'llanilmaydi va gigrometrda yuqorida ko'rsatilgan temperaturagacha quruq sovitishga to'g'ri keladi. Keyin tahlil qilinayotgan havo o'lchov yacheykasi *4* ga tushadi, u yerda «ho'l» va uchta «quruq» termometr o'rnatilgan. O'lchov yacheykasining temperaturasi barqarorlashadi. «Ho'l» termorezistorni ho'llash uchun kondensator *7* da hosil bo'ladigan bug' kondensatidan foydalaniladi. Kondensatni purkash tahlil qilinayotgan havoni o'lchash yacheykasida o'rnatilgan ejektor yordamida amalga oshiriladi.

Psixrometrik gigrometrlar bilan absolut namlik miqdorini o'lchash chegaralari quyidagilarni tashkil etadi: birinchi o'lchash oraliqlari uchun 40,2...64,4°$C_{t.r.}$ da 50...200 g/kg va ikkinchi o'lchash oraliqlari uchun — 59,5...77°$C_{sh.n}$ da 150...450 g/kg. Asosiy yo'l qo'yilgan absolut o'lchash xatoligi ±1°$C_{sh.n}$ ni tashkil etadi.



2.179- rasm. **APG-203 gigrometrining pnevmogidravlik chizmasi:**
1 — namuna olish qurilmasi; *2* — filtr; *3* — elektr isitkich; *4* — o'lchash yacheykasi; *5* — ejektor; *6* — zmeyavik; *7* — kondensator

Xromatograflar gazlar, bug'lar va bug'lanadigan suyuqliklar aralashmalarining miqdoriy tarkibini aniqlash uchun mo'ljallangan. Xromatograflar boshqa tarkib analizatorlaridan ikkita o'zgartkichga egaligi bilan farq qiladi: biri murakkab aralashmaning alohida komponentlarga bo'linishini (xromatografik ustuncha), ikkinchisi esa har bir komponent miqdorini aniqlashni (detektorlash sistemasi) ta'minlaydi. Bu o'zgartkichlardan har birining xossalarini tanlab olib, ko'pgina ishlab chiqarish aralashmalari tarkibini ajratish va aniqlash mumkin.

Masalan, to'rtta komponent *A*, *B*, *C* va *D* dan iborat tahlil qilinayotgan gazning xromatografik ajratish prinsipi 2.180- rasmda ko'rsatilgan. Tahlil qilinayotgan gaz namunasi xromatografik ustuncha *1* ga kiritiladi va gaz-eltuvchi tomonidan ustuncha to'ldirgichi (sorbent) qatlami orqali ko'chadi. Agar gaz aralashmasining *A*, *B*, *C* va *D* komponentlari ustuncha to'ldirgichiga nisbatan turlicha yutiluvchanlikka ega bo'lsa, u haqda bu komponentlarning siljish tezliklari ham har xil bo'ladi. Eng yutiluvchan komponent eng kichik tezlik bilan harakatlanadi. Ma'lum vaqtdan so'ng eng kam yutiluvchan sifatida *B* komponent oldinga o'tib ketadi, uning ketidan *D* va nihoyat, ko'proq yutiluvchanlari va shu sababli sekinroq harakatlanuvchi *A* va *C* komponentlar ketadi. Ularning bundan keyingi harakatlanishida komponentlar butunlay bo'linadi, natijada xromatografik ustunchadan gaz aralashmasining tashkil etuvchi komponentlari alohida yoxud gaz-eltuvchi, yoki binar aralashma gaz-eltuvchi — komponent chiqadi.

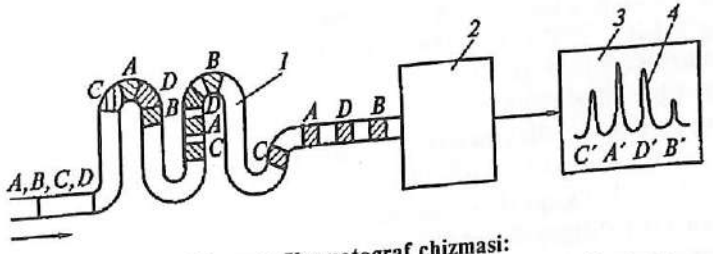
Gaz-eltuvchi sifatida sorbentga nisbatan inert gaz qo'llaniladi (havo, azot, vodorod, argon, geliy).

Gazoadsorbsion xromatografiyada sorbent sifatida g'ovak moddalar: aktivlashtirilgan ko'mir, silikatel, aluminiy oksidi va boshqalar qo'llaniladi.

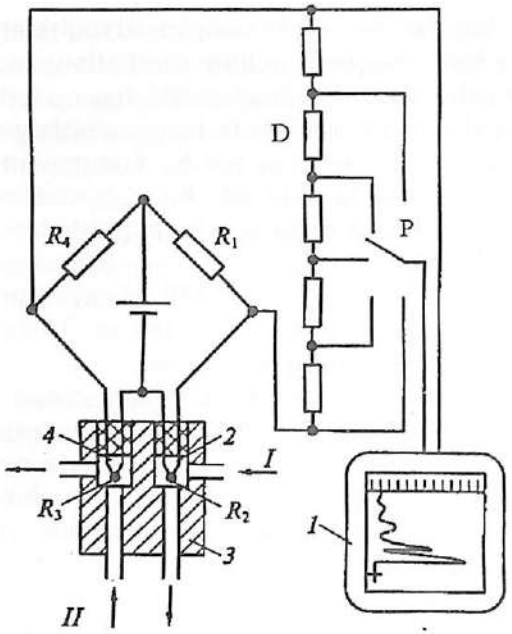
Ustunchaning chiqishida detektor *2* o'rnatiladi, u bo'lingan komponentlarni ularning chiqish tartibida aniqlaydi. Qayd qiluvchi asbob *3* detektor signalini diagramma (xromotogramma) *4* ga yozadi.

O'lchov ustunchalari ichki diametri 4...8 mm, uzunligi 1...3 m bo'lgan spiral yoki U-simon naychalar ko'rinishida ishlanadi.

Detektor sifatida termoelektrik, ionizatsion va boshqa o'zgartkichlardan foydalaniladi. Detektor xromatografik ustunchadan chiqayotgan gaz



2.180- rasm. **Xromatograf chizmasi:**
1 — xromatografik kolonka; *2* — detektor; *3* — qayd qiluvchi asbob; *4* — diafragma (xromatogramma)



2.181- rasm. **Termoinduktometrik detektorning chizmasi:**

1 — potensiometr; *2* — taqqoslash kamerasi; *3* — metall korpus; *4* — ishchi kamera; *I* — gaz-eltkich; *II* — gaz komponentlari; *D* — dvigatel; P — shkalalar pereklyuchateli; R_1 va R_4 — doimiy rezistorlar; R_2 va R_3 — termorezistorlar

tarkibining miqdoriy o'zgarishini elektr signaliga almashtiradi. 2.181- rasmda termokonduktometrik detektorning sxemasi berilgan. Taqqoslash kamerasi *2* orqali uzluksiz ravishda toza gaz-eltuvchi *1* o'tadi. Ishchi kamera *4* orqali xromatografik ustunchadan keyingi gaz *II* ning komponentlari o'tadi. Kameralar metall korpus *3* ga joylashgan. Tegishli kameralarda joylashgan R_2 va R_3 termorezistorlar hamda R_1 va R_4 doimiy rezistorlar o'zgarmas tokning o'lchov ko'prigi yelkalari hisoblanadi. Detektorning ikkala kamerasi orqali bir xil tarkibdagi gaz o'tganda issiqlik uzatish shartlari bir xil bo'ladi, termorezistorlarning temperaturasi ham bir xil bo'ladi, binobarin, o'lchov ko'prigi barqarorlashgan bo'ladi. Gaz-eltgichda issiqlik o'tkazuvchanligi sof gaz-eltgich issiqlik o'tkazuvchanligidan farqli bo'lgan komponent paydo bo'lganda, ishchi kameradagi termoelementning temperaturasi, demak, qarshiligi ham o'zgaradi. Ko'prik sxemasi chiqishida signal paydo bo'ladi, uni potensiometr *1* qayd qiladi.

Masshtablarni o'zgartirish uchun ko'prikning o'lchov diagonaliga shkalalar pereklyuchateli *II* bo'lgan dvigatel *D* ulangan.

Termoelement sifatida diametri 5 mkm bo'lgan platina, volfram yoki nikel tolalar xizmat qilishi mumkin.

XP turidagi sanoat xromatograflari analizator termostatlashning keng oralig'i (20...200°C), yetarlicha yuqori sezgirligi (aniqlanayotgan konsentratsiyaning eng kichik qiymati hajm bo'yicha 0,1 dan $5 \cdot 10^{-3}$% gacha) bilan ifodalanadi.

Suyuqliklar analizatorlari. Bevosita texnologik qurilmalarda suyuqliklar aralashmalarining miqdoriy tarkibini aniqlash uchun avtomatik xromatograflar keng qo'llaniladi, ularning ishlash prinsipi gaz xromatografiyasidan farq qilmaydi. Tahlil qilinayotgan suyuqlik namunasi bug'lanish temperaturasigacha yetkaziladi va o'zgargan agregat holatida (gazsimon) u gaz eltuvchi oqimi tomonidan xromatografik kolonkaga olib kiriladi.

Konduktometrlar elektrolit eritmalari (tahlil qilinayotgan suyuqliklar) elektr o'tkazuvchanligini o'lchashga asoslangan. Ular agressiv va noagressiv suyuq muhitlar (tuzsizlangan va distillangan suv, tuz eritmalari, kislotalar va ishqorlar, konsentratsiyalangan va iflоslangan elektrolitlar va h.k.) ning konsentratsiyasini yoki solishtirma elektr o'tkazuvchanligini o'lchash uchun qo'llaniladi.

Sezgir element (o'lchov yacheykasi) ning turiga ko'ra solishtirma elektr o'tkazuvchanlikni o'lchash uslublari kontaktli va kontaktsiz turlarga bo'linadi. Eng sodda sezgir element ikki elektrodli yacheyka hisoblanib (2.182- *a* rasm), u o'lchanayotgan parametrni — eritmaning solishtirma elektro'tkazuvchanligini — qarshilikka aylantiradi:

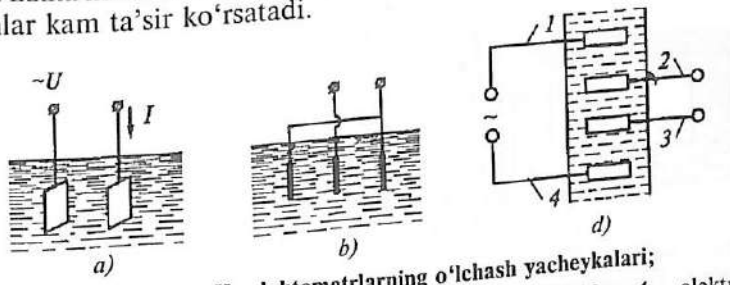
$$R = 1/(\sigma k) = U/I,$$

bu yerda R — qarshilik, Om; σ — solishtirma elektr o'tkazuvchanlik, Om/m; k — o'lchov yacheykasi doimiysi, m; U — elektrodlarga qo'yilgan kuchlanish, V; I — elektrodlar zanjiridagi tok kuchi, A.

Ikki elektrodli yacheyka doimiysi k elektrodlar sirtining yuziga va ular orasidagi masofaga bog'liq. Elektr o'tkazuvchanligi past bo'lgan eritmalar uchun doimiysi katta bo'lgan yacheykalar (masofa kichik bo'lganda katta yuza), elektr o'tkazuvchanligi katta bo'lgan suyuqliklar uchun — doimiysi kichik bo'lgan yacheykalar qo'llaniladi.

Elektrodlar orqali elektr tok oqib o'tayotgandagi o'lchash jarayonida ular qutblanadi va yacheyka qarshiligi o'zgaradi. Avtomatik konduktometrlarda qutblanishni kamaytirish uchun o'lchashlar o'zgaruvchan tokda amalga oshiriladi. Elektrodlarning qutblanishidan xatoliklar eritma konsentratsiyasi ortgan sari ortadi, shuning uchun ikki elektrodli yacheykalar elektr o'tkazuvchanligi 10^{-1} sm/m dan yuqori bo'lmagan sof suyultirilgan eritmalarni tahlil qilish uchun qo'llaniladi. Bundan tashqari, ular yuqori o'lchash aniqligini talab etmaydigan elektr o'tkazuvchanlik signalizatorlarida foydalaniladi.

Uch elektrodli yacheykada (2.182- *b* rasm) tashqi elektrodlar ulangan bo'ladi (odatda, ular yerga ulanadi), shuning uchun, asosan, u parallel ulangan ikkita ikki elektrodli yacheykadan iborat. Bunday yacheykada tashqi qoplashlar kam ta'sir ko'rsatadi.



2.182- rasm. **Konduktometrlarning o'lchash yacheykalari;**

a — ikki elektrodli; *b* — uch elektrodli; *d* — to'rt elektrodli (*1* va *4* — elektrod; *2* va *3* — ichki elektrod)

To'rt elektrodli yacheykada (2.182- *d* rasm) ikkita chetki «tokli» elektrodlar *1* va *4* ga o'zgaruvchan kuchlanish keltiriladi va ular orasida eritmada tok oqadi. Ikkita ichki elektrod *2* va *3* kuchlanishning tushishini o'lchash uchun zond bo'lib xizmat qiladi, bu kuchlanish eritmaning elektrodlar orasiga olingan qismida tok hosil qiladi. To'rt elektrodli o'lchov yacheykalari bo'lgan avtomatik konduktometrlar solishtirma elektr o'tkazuvchanligi 10^{-2} dan 10 Sm/m gacha bo'lgan toza eritmalarni tahlil qilish uchun qo'llaniladi.

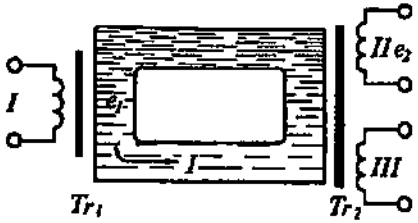
Elektr o'tkazuvchanlikni o'lchashning kontaktsiz uslublari zarralar, kolloidlarni o'z ichiga olgan texnologik eritmalarni tahlil qilishda, shuningdek, plyonka hosil qilishga, kristallanishga va yog'in tushirishga moyil bo'lgan eritmalarni tahlil qilishda qo'llaniladi.

Past chastotali kontaktsiz konduktometr o'lchov yacheykasining ishlash prinsipini 2.183- rasmda keltirilgan sxema izohlaydi. Tahlil qilinayotgan eritma ikki toroidsimon transformatorlar Tr_1 va Tr_2 o'rnatilgan trubani (nayni) to'ldiradi. Uyg'otuvchi transformator Tr_1 ning birlamchi chulg'amidagi tok uning o'zagida magnit oqimini yuzaga keltiradi, u esa o'tkazuvchi eritmaning berk o'ramida (suyuqlikli o'ramda) eyuk e_1 ni hosil qiladi. Tr_1 transformator uchun suyuqlikli o'ram ikkilamchi chulg'am hisoblanadi. Eritmada oqayotgan tok kuchi *I* uning elektr o'tkazuvchanligiga proporsional.

O'lchov transformatori Tr_2 uchun suyuqlikli o'ram birlamchi o'ram bo'lib hisoblanadi, shuning uchun uning ikkilamchi chulg'ami II da hosil qilinadigan e_2 eyuk tok kuchi I ga, ya'ni tahlil qilinayotgan eritmaning elektr o'tkazuvchanligiga bog'liq bo'ladi. e_2 kattalikni, odatda, kompensatsion uslub bilan o'lchov transformatori Tr_2 ning qo'shimcha chulg'amidan foydalangan holda o'lchanadi. Bu chulg'am uning magnitoprovodida suyuqlikli chulg'am oqimiga nisbatan qarshi magnit oqimini vujudga keltiradi. To'liq kompensatsiya bo'lganda, ya'ni $e_2=0$ bo'lganda chulg'am *III* dagi tok kuchi tok kuchi *I* ga proporsional.

Kontaktsiz avtomatik konduktometrlar solishtirma elektr o'tkazuvchanligi 10 dan 10^2 Sm/m gacha bo'lgan eritmalarni tahlil qilish uchun qo'llaniladi.

Umuman sanoatda qo'llaniladigan avtomatik konduktometrik analizatorlar (AKK, KNCh, AK, SAR va boshqa turdagi) aniqlik sinfi 0,4; 0,6; 1,0; 2,5; 4,0; 6,0 bo'lgan sezgir elementning turiga bog'liq holdagi o'lchash chegaralari bilan ishlab chiqariladi (masalan, ikki yoki uch elektrodli yacheykali AKK—1 asbobi uchun o'lchash chegaralari 10^{-6} dan 10^{-1} Sm/m gachani tashkil etadi, to'rt elektrodli yacheykali AKK—3 asbobi uchun — 10^{-2} dan 10 Sm/m gacha, kontaktsiz o'lchash uslubiga ega AKK—9 asbobi uchun — 10 dan 10^2 Sm/m gacha).



2.183- rasm. **Past chastotali kontaktsiz konduktometr o'lchash yacheykasining ishlash prinsipi**

Tahlil qilinayotgan eritmaning temperaturasi qovushoqlik 0,2 Pa·s dan

ortiq bo'lmaganda va bosim 0,05 MPa dan ortiq bo'lmaganda 1...110°C ni tashkil etishi mumkin. O'lchashning asosiy yo'l qo'yiladigan keltirilgan xatoligi ±(1...5)% ni tashkil etadi.

Potensiometrik analizatorlar elektrolitlar eritmalarida ionlarning aktivligini aniqlash prinsipiga, shuningdek, turli xil muhitlarning oksidlovchi-tiklovchi potensialini o'lchashga asoslangan. Ular ko'pincha suvli eritmalarning kislotali yoki ishqorli xossalarini aniqlash uchun, shuningdek oqava suvlarning tozalanishini nazorat qilish uchun qo'llaniladi.

Fotometrik analizatorlar nurlanish spektrining biror sohasidagi eritilgan modda bilan aniqlanadigan tanlanma yutilish oqibatida nurlanishning susayishini o'lchashga asoslangan.

Bunday tahlillar uslubi yana absorbsion spektral tahlil nomiga ega. Spektrofotometrik (monoxromatik nurlanishda) va fotometrik (nurlanish biror spektral oraliq bilan chegaralanganda) tahlil uslublari farqlanadi.

Suyuqliklarning tarkibini baholash uchun eng ko'p analitik qo'llanishga spektrning ultrabinafsha (200...400 nm) va ko'rinadigan sohalari (400...800 nm) egadir.

Spektrning ultrabinafsha yoki ko'rinadigan sohalaridagi nurlarni yutish molekulalarning elektron sistemasini uyg'otadi. Ortiqcha energiya u yoki bu shaklda ajraladi. Masalan, nurlanish kimyoviy aylanishlarga (fotokimyoviy jarayonlar) olib kelishi yoki ikkilamchi nurlanish (luminessensiya) ni vujudga keltirishi mumkin.

Ko'pgina hollarda uyg'onish energiyasi issiqlik harakatiga aylanib, ayrim energetik tebranish darajalariga taqsimlanadi. Aynan shu jarayon, yorug'likni yutish kattaligiga ko'ra modda konsentratsiyasini o'lchash uchun asos bo'ladi.

Turli suyuq muhitlarda moddalar konsentratsiyasini eritma optik zichligining eritilgan moddaning konsentratsiyasiga bog'liqligiga asoslangan o'lchash vositalari fotometrlar degan nomni olgan.

Yasalish prinsipiga ko'ra fotometrlarning katta qismi ikki guruhga bo'linishi mumkin: bir nurli va ikki nurli nokompensatsion; optik yoki elektr kompensatsiyali ikki nurli.

Eritmada erigan moddaning konsentratsiyasini aniqlash uchun mo'ljallangan fotometrlar qatori erimagan moddalar (mikrozarrachalar) ning konsentratsiyasini aniqlovchi fotometrik asboblar muhim ahamiyatga ega va keng tarqalgan. Aralashmagan zarrachalar analizatorlari yordamida suvning tiniqligi nazorat qilinadi, yonilg'ilarning, inyeksion eritmalarning, filtrlash qurilmalarining samaradorligi tahlil qilinadi va h.k.

Dispers sistemalarni tahlil qilish uslublarining katta qismi optik hodisalarga, xususan, yorug'likning mikrozarrachalarga ajralishi effektiga asoslangan yoyilgan (qaytgan) yorug'likning intensivligi tarqatuvchi zarrachalar sonining ortishi bilan ortadi. Moddalar konsentratsiyasini aniqlashning turdosh uslublari: nefelometriya va turbidimetriya shu hodisaga asoslangan.

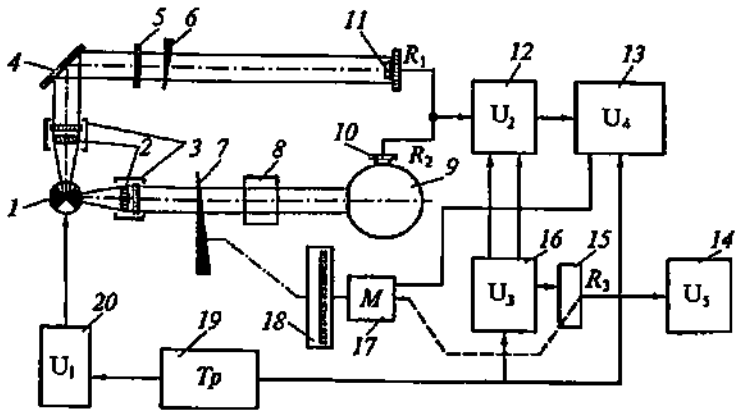
2.184- rasmda kommunal xo'jalik, sanoatning neftkimyoviy, kimyo va boshqa tarmoqlari korxonalarining oqava suvlarni biologik tozalash stansiyalarida mikrobiologik suspenziyaning (aktiv loyqaning) optik zichligini o'lchash uchun mo'ljallangan fotometrning funksional sxemasi tasvirlangan.

Ishchi kanalni yoritish lampasidan kelayotgan yorug'lik oqimi linzalar *2* yordamida parallel dastaga fokuslanadi. Umumiy spektrdan rangli filtrlar *3* yordamida zarur spektral soha 700...800 nm ajratiladi. So'ngra yorug'lik dastasi optik pona *7*, o'lchash kamerasi *8* dan o'tadi va yorug'likni qabul qilgich *10* o'rnatilgan integrallovchi fotometrik shar *9* ga tushadi.

Shunga o'xshash lampa *1* dan kelayotgan taqqoslama kanal yorug'lik oqimi linzalar *2* va filtrlar *3* dan o'tib, neytral yorug'lik filtri *5* va optik pona *6* orqali o'tib, ko'zgu *4* yordamida qaytadi va yorug'lik qabul qilgich *11* ga tushadi.

Dastlabki holatda ishchi va taqqoslama kanallarning yorug'lik qabul qilgichlari *10* va *11* ga tushayotgan yorug'lik oqimlari muvozanatlangan bo'ladi.

O'lchanayotgan muhitning optik zichligi o'zgarganda o'lchash kamerasi *8* da yorug'lik oqimlarining muvozanati buziladi va bu bilan ishchi kanali yorug'lik qabul qilgichi *10* ning yoritilganligi o'zgaradi. Buning natijasida asbobning o'lchash sxemasi muvozanati buzilganligining elektr signali paydo bo'ladi, bu signal yuqori omli o'lchov sxemasini reversiv kuchaytirgich *13* ning past omli kirishi bilan muvofiqlashtirishni ta'minlovchi muvofiqlashtiruvchi kuchaytirgich *12* ga keladi. Kuchaytirgich dvigatel *17* ni aylantiradi, uning valiga o'lchov optik pona *7*, asbob shkalasi *18* va kalibrlangan signal manbaining reostati *15* mahkamlangan.



2.184- rasm. **Fotometrning funksional chizmasi:**

1 — lampa; *2* — linzalar; *3* — filtrlar; *4* — ko'zgu; *5* — neytral yorug'lik filtri; *6* va *7* — optik ponalar; *8* — o'lchash kamerasi; *9* — fotometrik shar; *10* va *11* — yorug'lik qabul qilgich; *12, 13, 14, 16* va *20* — kuchaytirgich; *15* — reostat; *17* —dvigatel; *18* — asbob shkalasi; *19* — transformator

Elektrodvigatel o'lchov optik pona *7* ni ishchi va taqqoslash kanallaridagi yorug'lik oqimlari muvozanatlashmaguncha aylantiradi. Optik pona *7* ning burilish burchagi asbob shkalasi *18* bo'yicha optik zichlik birliklarida qayd etiladi.

Refraktometrik analizatorlar tahlil qilinayotgan eritmaning sindirish ko'rsatkichi uning tarkibiga bog'liqligiga asoslangan.

Tor yorug'lik dastasi φ burchak ostida ikki muhit *1* va *2* ning bo'linish chegarasiga tushganda dastaning bir qismi bo'linish chegarasidan $\psi=-\varphi$ burchak ostida qaytadi (2.185- rasm), uning boshqa qismi esa muhit *1* dan muhit *2* ga γ burchak ostida o'tadi, shu bilan birga

$$\sin\varphi/\sin\gamma=n_2/n_1.$$

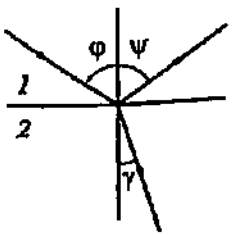
Bu yerda n_1 va n_2 — mos ravishda 1 va 2 muhitlarning sindirish ko'rsatkichlari.

Ma'lum bir $\gamma>\gamma_{cheg}$ burchakda (bunda $\gamma_{cheg}=\arcsin n_1/n_2$ — chegaraviy burchak) singan dasta bo'lmaydi va bu dasta muhitlar chegarasidan qaytadi.

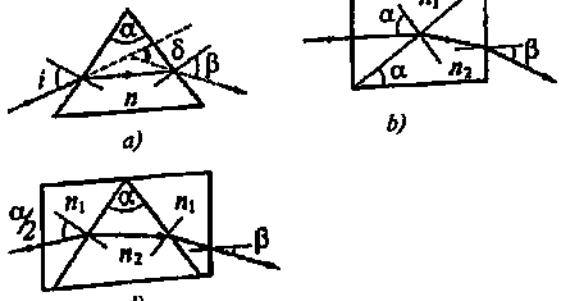
Chegaraviy burchak sinish burchagining qiymatlari turli xil usullar bilan aniq belgilanishi mumkin, ulardan ba'zilari laboratoriya va sanoat refraktometrlarining asosini tashkil etadi.

Shaffof suyuqliklarning sindirish ko'rsatkichini o'lchash uchun ko'pincha prizma usulidan foydalaniladi, u quyidagidan iborat: yorug'lik dastasi shaffof prizmadan o'tayotib β burchakka og'adi (2.186- *a* rasm), bu burchakning kattaligi prizma moddasining sindirish ko'rsatkichiga bog'liq. Ichi bo'sh prizmani tekshirilayotgan suyuqlik bilan to'ldirib, bu suyuqlikning sindirish ko'rsatkichini o'lchash mumkin.

Sanoat refraktometrlarini tuzishda ikki (2.186- *b* rasm) yoki uchta (2.186- *d* rasm) prizmalar sistemasidan o'tuvchi yorug'lik dastasining og'ishini o'lchash uslubi eng keng tarqaldi. Bunday refraktometrlar differensial refraktometr deb nom oldi.



2.185- rasm. **Ikki muhitning (*1* va 2) bo'linishi tekis sirtida yorug'lik dastasining qaytishi va sinishi**



2.186- rasm. **Prizmalar yordamida sindirish ko'rsatkichini aniqlash:**

a — nurlarning prizmada sinishi; *b* — ikki qo'shni prizmadan iborat sistema orqali o'tayotgan nurlarning yo'li

Og'ish burchagi β:
ikki prizmadan iborat sistema uchun

$$\beta = \Delta n \operatorname{tg}\alpha,$$

uchta prizmadan iborat sistema uchun

$$\beta = 2\Delta n \operatorname{tg}\alpha/2,$$

bunda $\Delta n = n_1 - n_2$.

Prizmalardan birining, masalan, n_2 ning sindirish ko'rsatkichining qiymatini bilgan holda va og'ish burchagi β ni o'lchab, n_1 ning qiymatini hisoblash oson.

Viskozimetrlar — bu suyuq mahsulotlarning qovushoqligini yoki ichki ishqalanishini o'lchash vositasi. Qovushoqlikni aniqlash uslublari va vositalari 2.3.3- bo'limda qarab chiqilgan edi.

Zichlik o'lchagichlar (plotnomerlar) — bu suyuq moddalarning zichligini o'lchash vositasi. Moddalarning zichligini o'lchash uslublari va vositalari 2.3.3- bo'limda ko'rib chiqilgan edi.

2.10.3. Neft va neft mahsulotlari tarkibi hamda fizik-kimyoviy xossalari analizatorlari

Neftni qayta ishlash va neftkimyoviy sanoatda umumsanoat maqsadlari uchun ishlatiladigan avtomatik analizatorlar qatori neft va neft mahsulotlarining tarkibini hamda fizik-kimyoviy xossalarini tahlil qilish uchun maxsuslashtirilgan asboblar qo'llaniladi.

Chaqnash temperaturasi analizatorlari. *Chaqnash temperaturasi* deb shunday temperaturaga aytiladiki, bunda neft mahsulotlari bug'larining havo bilan aralashmasi alanga manbai mavjud bo'lganda yonadi va suyuqlik alangalanmasdan bug' havo aralashmasining portlashi yuz beradi. Bu parametr neft mahsulotlarida yengil uchuvchi komponentlar mavjudligini ifodalaydi.

AVN turidagi analizatorlar portlash temperaturasining va uning bir xillashtirilgan elektrik yoki pnevmatik signalga aylanishining qayd etilishini ta'minlaydi.

Analizator atrofdagi havo temperaturasi 5...50°C, nisbiy namlik 30...80% bo'lganda ishlash uchun mo'ljallangan. Uning asosiy texnik xarakteristikalari:

O'lchash chegaralari, °C ..... 0...150; 150...300
Asosiy yo'l qo'yiladigan absolut o'lchash xatoligi, °C ..... ±(1...3)
Asosiy xatolik ulushlaridagi qo'shimcha yo'l qo'yiladigan
o'lchashlar xatoligi ..... 0,5...0,6

Tahlil qilinadigan modda namuna olinadigan joyda quyidagi parametrlarga ega bo'lishi kerak:
Temperatura 150°C dan keyingi eng kichik miqdorgacha, °C:
20°C temperaturada qovushoqligi 4sSt dan bo'lgan moddalar uchun 5

100°C temperaturada qovushoqligi 10 sSt
gacha bo'lgan moddalar uchun 80
Bosim, MPa ..... 1...5
Suv miqdori, % ..... 5 gacha
Mexanik qo'shimchalarning miqdori, kg/m³ ..... 2 gacha
100°C temperaturada qovushoqlik, sSt ..... 10 dan ortiq emas.

Analizator komplektiga birlamchi o'zgartkich, namunani tayyorlash bloki, me'yorlovchi o'zgartkich, potensiometr va kuchlanish stabilizatori kiradi.

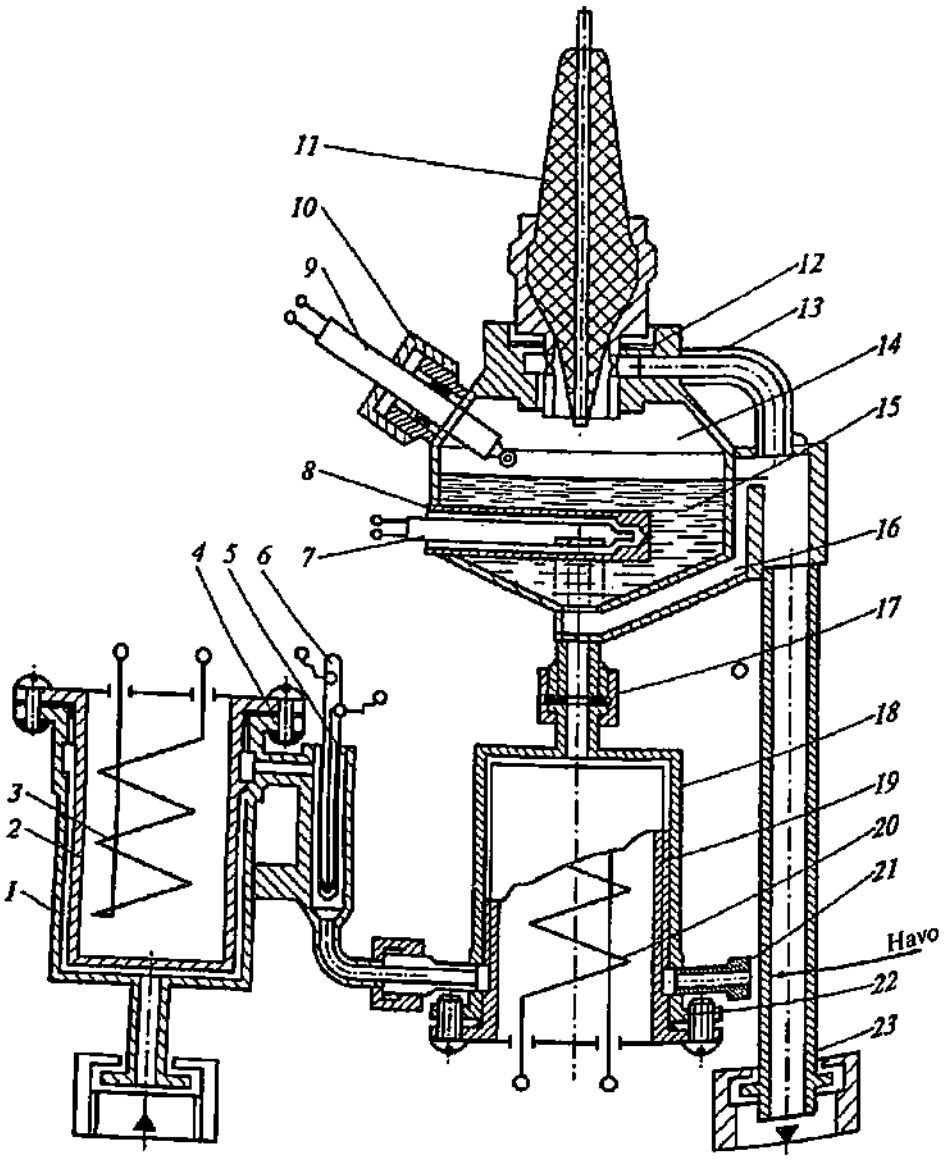
Analizator asosiy bloklarining ishlash prinsipini ko'rib chiqamiz.

Mexanik qo'shimchalardan oldindan tozalangan tahlil qilinayotgan mahsulot namunani tayyorlash blokining kirishiga tushadi. Namunani tayyorlash bloki tahlil qilinayotgan mahsulotni sovitish yoki isitish va birlamchi o'zgartkich kirishiga uzatiladigan neft mahsulotlari hamda havo sarflarini qo'lda berish uchun mo'ljallangan. 2.187- rasmda birlamchi o'zgartkich texnologik blokining 20°C temperaturada qovushoqligi 4 sSt gacha bo'lgan mahsulotlarda 24...100°C chegarasida chaqnash temperaturasini o'lchash konstruksiyasi tasvirlangan.

Bu blokning ishlashi quyidagi tarzda kechadi. Tahlil qilinayotgan mahsulot ketma-ket yordamchi isitish elementi *3*, asosiy isitish elementi *20*, chaqnash kamerasi *14* dan o'tadi va yig'ish idishiga atmosfera bosimi ostida bo'lgan oqizish trubkasi *23* bo'yicha o'zi oqib tushadi. Elektr ta'minoti ulanganda isitish elementlari *3* va *20* mahsulotni isita boshlaydi. Chaqnash kamerasi *14* dagi svecha *11* ga davriy ravishda generator tomadan quvvatlab turiladigan elektr uchqun uzatib turiladi. Yordamchi isitish elementi *3* undan o'tayotgan neft mahsulotini to chiqishdagi temperatura simobli termokontaktor *6* tomonidan berilgan darajaga yetmaguncha isitib turadi. Oldindan isitilgan neft mahsulotiga zarur miqdordagi havo shtutser *21* bo'yicha dozalanadi. Aralashma asosiy isitish elementi *20* ga tushadi, isitiladi va chaqnash kamerasi *14* ga uzatiladi. Agar kameraga tushgan mahsulotning temperaturasi chaqnash temperaturasiga yetgan bo'lsa, u holda bug' havo aralashmasining elektr uchqundan chaqnashi yuz beradi. Chaqnash alangasining mavjudligini termopara *9* qabul qiladi. Termopara *9* dan kelgan signal asosiy isitish regulatorining kirishiga uzatiladi, u esa asosiy isitish elementi *20* ning elektr ta'minotini uzadi. Agar bir nechta chaqnash ketma-ket yuz bersa, asosiy isitish elementi bu vaqtda o'girilgan holda qoladi. Yana ulanish chaqnash yuz bermaydigan birinchi uchqundan keyin yuz beradi.

Chaqnash yuz beradigan eng kichik darajada chaqnash kamerasi *14* orqali oqib o'tadigan, tahlil qilinadigan neft mahsulotining temperaturasini rostlash ana shunday tarzda amalga oshiriladi. Chaqnash kamerasi *14* dagi mahsulotning temperaturasi termopara *7* bilan o'lchanib, uning signali elektron potensiometr — chaqnash temperaturasini qayd qiluvchining kirishiga uzatiladi.

Kislotalik soni avtomatik analizatorlari. *Kislotalik soni* deb sinalayotgan 1 g neft mahsulotini neytrallash uchun zarur bo'lgan, mg hisobida ifodalangan o'yuvchi kaliy (KOH) miqdoriga aytiladi.



2.187- rasm. **Chaqnash temperaturasini o'lchash uchun AVN-70 analizatori texnologik bloki tuzilishi:**

1 — yordamchi isitkich korpusi; *2* va *19* — isitish elementi vkladishi; *3* — yordamchi isitish elementi; *4, 12, 17* va *22* — qistirma; *5* — simobli termokontaktor cho'ntagi; *6* — simobli termokontaktor; *7* — termopara o'lchagichi; *9* — termoparaning o'lchash cho'ntagi; *10* — termoparaning zichlashtirish uzeli; *11* — svecha; *13* — gazlarni chiqarish kanali; *14* — chaqnash kamerasi; *15* — tahlil qilinayotgan neft mahsuloti; *16* — neft mahsulotini chiqarish kanali; *18* — asosiy isitkich korpusi; *20* — asosiy isitish elementi; *21* — havo keltirish uchun shtutser; *23* — chiqarish trubasi

AK4 turidagi avtomatik analizatorlar sintetik yog'li kislotalarni ishlab chiqarish jarayonida oksidlangan parafin (oksidat)ning kislotalik sonini aniqlash uchun mo'ljallangan. Bunday asboblarning asosiy xarakteristikalari:

KOH/g ning o'lchash chegaralari, mg ..... 0...100
Asosiy yo'l qo'yiladigan keltirilgan o'lchash xatoligi, % 4
Kirishda tahlil qilinayotgan moddaning parametrlari:
zichligi (90°C da), kg/m³ ..... 776...820
temperatura, °C ..... 90...105
bosim, MPa ..... 0,5...1,5

Asbobning ishlash prinsipi yog'li kislotalarni ishqor eritmasi bilan neytrallashning ekzotermik reaksiyasidan foydalanishga va miqdori kislotalik soniga proporsional bo'lgan reaksiya natijasida ajralgan issiqlikni aniqlashga asoslangan.

Bug'larning elastikligi analizatorlari. Bug'larning elastikligi (to'yingan bug'larning bosimi) och rangdagi neft mahsulotlarining sifat xarakteristikasi hisoblanadi. Benzinli fraksiyali elastik bug'larga eng jiddiy talablar qo'yiladi, chunki bu parametr mahsulotdagi past qaynovchi fraksiyalarning mazmunini bilvosita aks ettirib, benzinlarning barqarorlashish sifatini aks ettiradi.

Tarkib indikatori (IS turidagi) rektifikatsiya jarayonlarining avtomatik rostlash sistemalarida binar aralashmalar tarkibini aniqlash uchun mo'ljallangan. U etalon suyuqlik elastikligi bilan rektifikatsion kolonkadagi absolut bosim o'rtasidagi farqni o'lchashni ta'minlaydi.

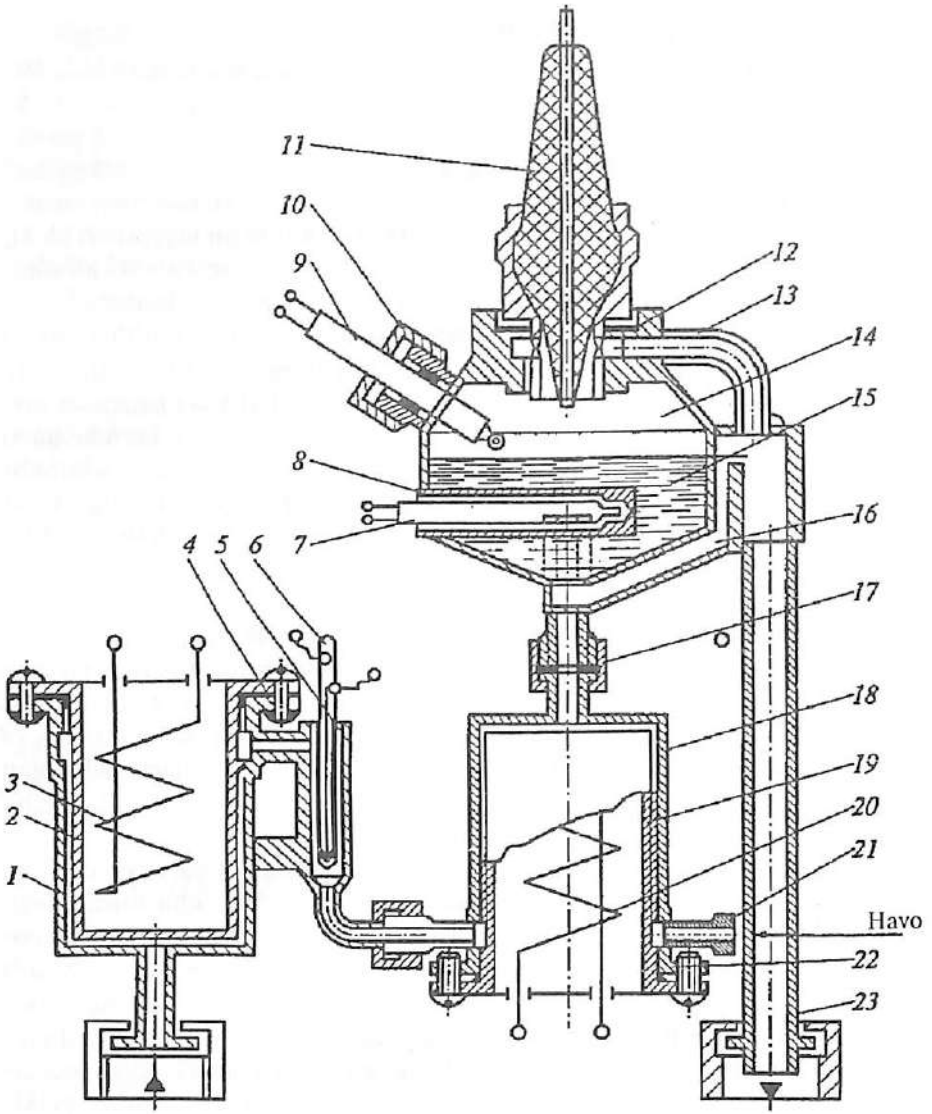
Bug'larning elastikligi datchigi (DU turidagi) benzin bug'larining elastikligini o'lchash va uni bir xillashtirilgan pnevmatik 0,2...1 MPa signalga almashtirish uchun mo'ljallangan.

Uning asosiy texnik xarakteristikalari:
O'lchash chegaralari, Pa ..... $3{,}3 \cdot 10^4 ... 8{,}7 \cdot 10^4$
Asosiy yo'l qo'yiladigan absolut o'lchash xatoligi, Pa ..... $\pm 0{,}2 \cdot 10^4$

Benzin birlamchi o'zgartkichga kirishda quyidagi xarakteristikalarga ega bo'lishi kerak:
Temperatura, °C ..... 105 gacha
Bosim, MPa ..... 6...12
Sarf, l/min 0,8

Asbobning ishlash prinsipi tahlil qilinadigan benzin oqib o'tadigan oqim nasosining soplo oralig'idagi fazoda hosil bo'ladigan vakuum va termostatlash temperaturasi 38°C bo'lganda, uning bug'lari bosimi orasidagi dinamik muvozanatni vakuummetr bilan o'lchashga asoslangan. Vakuumning tekshirilayotgan benzin bug'lari bilan kompensatsiyalash darajasi uning bug'lari elastikligiga bog'liq.

Asbobning birlamchi o'zgartkichi konstruksiyasi 2.188- rasmda keltirilgan. Texnologik qurilmadan tahlil qilish uchun tanlab olinadigan benzin dag'al tozalash filtri *1* ga keladi. Benzinning bir qismi filtr orqali o'tadi, mexanik qo'shimchalardan tozalanadi va oldindan sovib, sovutkich



2.187- rasm. **Chaqnash temperaturasini o'lchash uchun AVN-70 analizatori texnologik bloki tuzilishi:**

1 — yordamchi isitkich korpusi; *2* va *19* — isitish elementi vkladishi; *3* — yordamchi isitish elementi; *4, 12, 17* va *22* — qistirma; *5* — simobli termokontaktor cho'ntagi; *6* — simobli termokontaktor; *7* — termopara o'lchagichi; *9* — termoparaning o'lchash cho'ntagi; *10* — termoparaning zichlashtirish uzeli; *11* — svecha; *13* — gazlarni chiqarish kanali; *14* — chaqnash kamerasi; *15* — tahlil qilinayotgan neft mahsuloti; *16* — neft mahsulotini chiqarish kanali; *18* — asosiy isitkich korpusi; *20* — asosiy isitish elementi; *21* — havo keltirish uchun shtutser; *23* — chiqarish trubasi

AK4 turidagi avtomatik analizatorlar sintetik yog'li kislotalarni ishlab chiqarish jarayonida oksidlangan parafin (oksidat)ning kislotalik sonini aniqlash uchun mo'ljallangan. Bunday asboblarning asosiy xarakteristikalari:

KOH/g ning o'lchash chegaralari, mg ..... 0...100
Asosiy yo'l qo'yiladigan keltirilgan o'lchash xatoligi, % 4
Kirishda tahlil qilinayotgan moddaning parametrlari:
zichligi (90°C da), kg/m³ ..... 776...820
temperatura, °C ..... 90...105
bosim, MPa ..... 0,5...1,5

Asbobning ishlash prinsipi yog'li kislotalarni ishqor eritmasi bilan neytrallashning ekzotermik reaksiyasidan foydalanishga va miqdori kislotalik soniga proporsional bo'lgan reaksiya natijasida ajralgan issiqlikni aniqlashga asoslangan.

Bug'larning elastikligi analizatorlari. Bug'larning elastikligi (to'yingan bug'larning bosimi) och rangdagi neft mahsulotlarining sifat xarakteristikasi hisoblanadi. Benzinli fraksiyali elastik bug'larga eng jiddiy talablar qo'yiladi, chunki bu parametr mahsulotdagi past qaynovchi fraksiyalarning mazmunini bilvosita aks ettirib, benzinlarning barqarorlashish sifatini aks ettiradi.

Tarkib indikatori (IS turidagi) rektifikatsiya jarayonlarining avtomatik rostlash sistemalarida binar aralashmalar tarkibini aniqlash uchun mo'ljallangan. U etalon suyuqlik elastikligi bilan rektifikatsion kolonkadagi absolut bosim o'rtasidagi farqni o'lchashni ta'minlaydi.

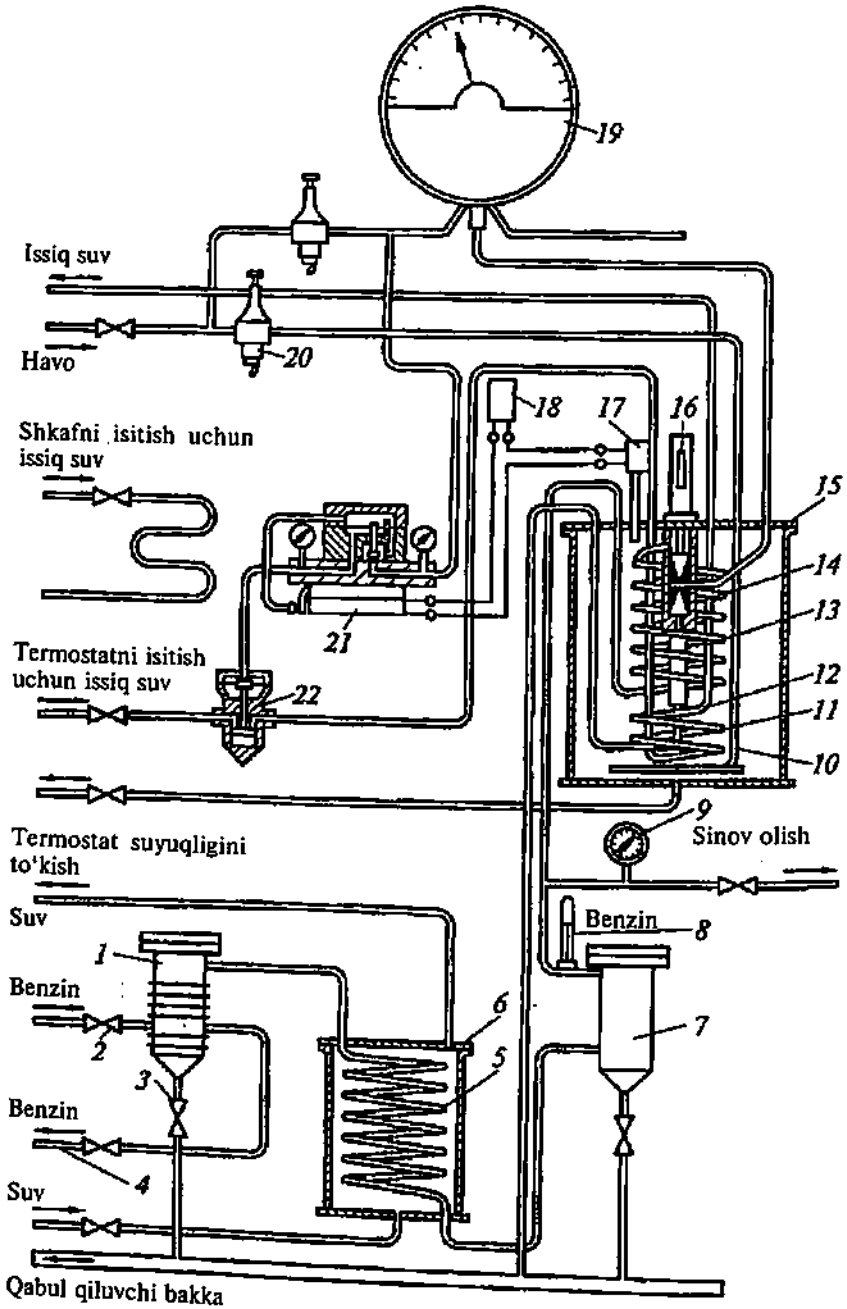
Bug'larning elastikligi datchigi (DU turidagi) benzin bug'larining elastikligini o'lchash va uni bir xillashtirilgan pnevmatik 0,2...1 MPa signalga almashtirish uchun mo'ljallangan.

Uning asosiy texnik xarakteristikalari:
O'lchash chegaralari, Pa ..... $3{,}3 \cdot 10^4 ... 8{,}7 \cdot 10^4$
Asosiy yo'l qo'yiladigan absolut o'lchash xatoligi, Pa ..... $\pm 0{,}2 \cdot 10^4$

Benzin birlamchi o'zgartkichga kirishda quyidagi xarakteristikalarga ega bo'lishi kerak:
Temperatura, °C ..... 105 gacha
Bosim, MPa ..... 6...12
Sarf, l/min 0,8

Asbobning ishlash prinsipi tahlil qilinadigan benzin oqib o'tadigan oqim nasosining soplo oralig'idagi fazoda hosil bo'ladigan vakuum va termostatlash temperaturasi 38°C bo'lganda, uning bug'lari bosimi orasidagi dinamik muvozanatni vakuummetr bilan o'lchashga asoslangan. Vakuumning tekshirilayotgan benzin bug'lari bilan kompensatsiyalash darajasi uning bug'lari elastikligiga bog'liq.

Asbobning birlamchi o'zgartkichi konstruksiyasi 2.188- rasmda keltirilgan. Texnologik qurilmadan tahlil qilish uchun tanlab olinadigan benzin dag'al tozalash filtri *1* ga keladi. Benzinning bir qismi filtr orqali o'tadi, mexanik qo'shimchalardan tozalanadi va oldindan sovib, sovutkich



2.188-rasm. **DU-1M benzini bug'larining qayishoqligi birlamchi o'zgartkichining tuzilishi:** *1* — dag'al tozalovchi filtr; *2* — ignali ventil; *3* — muftali ventil; *4* — truboprovod; *5*, *11* va *13* — zmeyevik: *6* — sovutkich: *7* — nozik tozalash filtri; *8* va *16* — termometr; *9* — manometr; *10* — barbotajor; *12* — sifonli trubka; *14* — oqim nasosi; *15* — termostat; *17* — simobli kontakt termometri; *18* — elektr ta'minlash bloki; *19* — vakuummetr; *20* — havo filtr — reduktori; *21* —rele bloki; *22* — kesuvchi pnevmatik klapan

6 ga tushadi. Benzinning qolgan (asosiy) qismi truboprovod *4* bo'ylab texnologik liniyaga qaytib keladi. Sovutkichning oqar suv bilan yuviladigan zmeyeviki *5* orqali o'tib, benzin 25...35°C temperaturagacha soviydi, so'ng nozik tozalash filtri *7* ga va undan so'ng termostat *15* ga tushadi.

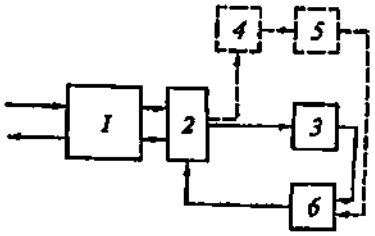
Tahlil qilinayotgan benzin termostat suyuqligiga joylashtirilgan zmeyevik *13* bo'ylab o'tib, termostatlash temperaturasi +38°C gacha isiydi va oqim nasosi *14* ga keladi. Benzin oqimi, oqim nasosi soplosi orqali o'tib, soplo atrofida siyraklanishni (vakuumni) hosil qiladi, u benzin bug'lari bilan to'ladi. Siyraklanish vakuummetr *19* bilan o'lchanadi va uning tomonidan o'zgartkichning pnevmatik chiqish signaliga aylantiriladi. Oqim nasosi *14* dan benzin sifon trubka *12* orqali o'zi oqib borib, qabul qiluvchi bakka qayta foydalanishga tushadi. Tahlil qilinayotgan benzinning zarur temperaturasini ta'minlovchi termostatlash sistemasi termostat *15*, simobli kontakt termometr *17*, kesiluvchi pnevmatik klapan *22*, rele bloki *21* va elektr ta'minot bloki *18* dan iborat. Termostat suyuqlik temperaturasi o'zgarganda kontakt termometr rele bloki yakori ta'minotining elektr zanjirini ulaydi yoki uzadi, u havo soplosining to'sig'i sifatida foydalaniladi. Shunday qilib, termokontaktordan chiqqan elektr signal pnevmatik signalga aylanadi. Kuchaytirilgan pnevmosignal rele blokidan ijrochi pnevmoklapanga keladi, u issiqlik eltuvchining isitish zmeyevigiga uzatilishini ochadi yoki yopadi. Benzinning nozik tozalash filtridan keyingi va termostatdagi temperaturasi mos ravishda *8* va *16* termometrlar bilan o'lchanadi. Ko'rib chiqilgan asbobni darajalash va tekshirish tahlil qilinayotgan moddaning nazorat namunalarini laboratoriya tahlili natijalariga ko'ra amalga oshiriladi.

Neftni qayta ishlashda va neft kimyosida **suyuq muhitlar namligi analizatorlari** atsetonda, metil, etil, butil spirtlarida, izoprenda, toluolda va boshqa neft mahsulotlarini qayta ishlash mahsulotlarida namlik miqdorini o'lchash uchun mo'ljallangan.

Bu analizatorlardagi o'lchov o'zgartkichlarining ishlash prinsipi suyuq namlikning maksimumlari 1,89; 1,91; 2,7 mkm bo'lgan ma'lum bir xarakteristik polosada nurlanish energiyasining yutilish darajasini o'lchashga asoslangan. Asboblarning o'lchash chegaralari neftni qayta ishlashda foydalaniladigan (hajm bo'yicha 0...10%) suyuq materiallar namligining o'zgarish oraliqlariga mos keladi. Asosiy yo'l qo'yilgan, keltirilgan xatolik o'lchash chegaralariga bog'liq holda ±(2,5...6)% ni tashkil etadi.

Analizatorlarni darajalash laboratoriya tahlili orqali namlik miqdori attestatsiyadan o'tkazilgan nazorat aralashmalari yordamida amalga oshiriladi. Tekshirish analizator ko'rsatishlarini nazorat namunalarining laboratoriya tahlili natijalari bilan taqqoslab bajariladi.

Neft mahsulotlari rangdorligi indikatorlari texnologik oqimda neft mahsulotlari va boshqa suyuqliklar rangi me'yorlarining og'ishi to'g'risida signal berish uchun mo'ljallangan. Eng ko'p tarqalgan rangdorlik indikatorlarining ishlash prinsipi mahsulotning optik zichligini (rangini) spektrning ko'rinadigan sohasida 450...700 nm diapazonda yorug'likni yutishini



2.189- rasm. **AKTK neft mahsulotlari fraksion tarkibi analizatorining tuzilish chizmasi:**
1 — namuna tanlash va tayyorlash bloki; *2* — o'lchash o'zgartkichi; *3* — potensiometr; *4* — me'yorlovchi o'zgartkich; *5* — milliampermetr; *6* — blokirovka paneli

aniqlash yo'li bilan o'lchashga asoslangan. AFIT turidagi indikatorlarda birlamchi o'zgartkich sifatida bitta nurlanish manbai va bitta nurlanishni qabul qilgichi bo'lgan ko'rsatishlarni bevosita sanovchi bir nurli fotometr qo'llaniladi.

Fraksion tarkib analizatorlari. Fraksion tarkib — neftni qayta ishlash mahsulotlari sifatining asosiy parametri. Neft turli kimyoviy tarkibdagi uglevodorodlarning murakkab aralashmasidan iborat. Neft mahsulotlarini haydash yo'li bilan alohida qismlarga ajratiladi, ulardan har biri murakkabligi kamroq bo'lgan aralashmadir. Bunday qismlarni fraksiyalar yoki distilyatlar deb atash qabul qilingan. Neft fraksiyalari doimiy qaynash temperaturasiga ega emas. Ular ma'lum bir temperaturalar oraliqlarida qaynaydi, ya'ni qaynashning boshlanish va tugashi temperaturalariga ega bo'lib, ular fraksiyaning kimyoviy tarkibiga bog'liq.

Neft mahsulotlarining fraksion tarkibi laboratoriya sharoitlarida ularni haydash yo'li bilan aniqlanadi. Och rangdagi neft mahsulotlarida qaynash yoki chaqnash temperaturasi bo'yicha ayrim fraksiyalar miqdorini aniqlash uchun neft mahsulotlari fraksion tarkibi analizatorlarining agregatlangan majmualari AKTK qo'llaniladi. AKTK agregatlangan kompleksining tuzilish sxemasi 2.189- rasmda tasvirlangan.

Tahlil qilinayotgan mahsulot tahlil qilish uchun namunani tanlash va tayyorlash (filtrlash, suvini yo'qotish, bosimni barqarorlashtirish, dozalash va sovutish) vazifasini bajaradigan texnologik majmuaning kirishiga kelib tushadi. Texnologik majmuaning funksional bloklari orqali o'tib, namuna o'lchov o'zgartkichi *2* ga tushadi, u yerda uzluksiz ravishda qaynash temperaturasi yoki chaqnash temperaturasini aniqlash bo'yicha tahlil qilish ishlari avtomatik tarzda bajariladi. Bunda o'lchanayotgan kattalik termopara eyuk iga almashadi, u o'lchov o'zgartkichining chiqish signali hisoblanadi. Bu signal ikkilamchi asbob — elektron potensiometr *3* yoki me'yorlovchi o'zgartkich *4* orqali elektron milliampermetr *5* ga uzatiladi.

Nazorat savollari

1. Analizator nima va u qanday ko'rsatkichlarni baholaydi?
2. Gaz va suyuqliklarning tarkibi va fizik-kimyoviy xossalari nima bilan tavsiflanadi?
3. Avtomatik analizator qanday bloklarni o'z ichiga oladi?
4. Sanoatda qanday gaz analizatorlari qo'llanilmoqda?
5. Kimyoviy yutilish mexanik gazoanalizatorining ishlash prinsipi va sxemasi qanday?
6. Moddalarni tahlil qilishning termokimyoviy uslubi nimadan iborat?
7. Infraqizil yutilish gazoanalizatorining ishlash prinsipi va tuzilishi qanday?

III bob

O'LCHASH VA NAZORAT QILISHNI AVTOMATLASHTIRISH VOSITALARI

Ishlab chiqarish samaradorligini har tomonlama oshirishni ta'minlash va mahsulot sifatini yaxshilash masalalarini hal qilishda o'lchash texnikasi muhim ahamiyatga ega bo'lib, u mahsulot sifati to'g'risidagi obyektiv ma'lumotlar olish bilan birga nazorat qilish operatsiyalarida mehnat unumdorligini oshirishga va shu tufayli korxonalarda nazoratchilar sonini qisqartirishga imkon beradi.

Mashinasozlik sanoatida muhim yo'nalish nazorat qilishdan tayyor bo'lgan mahsulotni yaroqli va yaroqsizga ajratish vositasi sifatida emas, balki berilgan qo'yimdagi o'lchamni olish maqsadida avtomatik tarzda yoki metall qirqish stanoklari operatori yordamida boshqarish vositasi sifatida, shuningdek, ishlov berilayotgan sirtning sifati yuqori bo'lganda va tegishli qo'yimlar chegarasida to'g'ri geometrik shakldan og'ishlarda yuqori unumdorlikni ta'minlovchi optimal ishlov berish rejimlarini o'rnatish vositasi sifatida foydalanishdan iboratdir. Bunday o'lchov vositalari *aktiv nazorat qilish vositalari* deyiladi.

Aktiv va avtomatlashtirilgan nazorat vositalarining qo'llanilishi mashinasozlikda texnologik jarayonlarning samaradorligini oshirishga va ishlab chiqarilayotgan mahsulot sifatini yaxshilashga imkon beradi.

3.1. UMUMIY QURISH PRINSIPLARI

3.1.1. O'lchamlarni nazorat qilishning avtomatik va avtomatlashtirilgan vositalarining tasnifi

Jarayonni avtomatlashtirish darajasiga ko'ra, o'lchamlarni nazorat qilish vositalari quyidagilarga bo'linishi mumkin:

avtomatlashtirilgan moslamalar (odatda, svetofor turida), ularda yuklash operatsiyasi, va odatda, yechib olish operatsiyasi qo'lda bajariladi, o'lchov vositasi esa nazorat qilish natijalari to'g'risida signal beradi;

yarimavtomat sistemalar, ularda yuklash operatsiyasi qo'lda, qolgan barcha operatsiyalar esa avtomatik amalga oshiriladi;

avtomatik sistemalar, ularda butun ish sikli avtomatlashtirilgan;

o'zi rostlanuvchi sistemalar, ularda sozlash sikli avtomatlashtirilgan.

Texnologik jarayonga ta'sir etishiga ko'ra o'lchamlarni nazorat qilishning avtomatik va avtomatlashtirilgan vositalarini quyidagilarga bo'lish mumkin:

nazorat qilish vositalariga bog'liq holda detallarni faqat guruhlarga ajratishni amalga oshiruvchi passiv nazorat qilish vositalari;

aktiv nazorat qilish vositalari, ular nazorat qilinayotgan kattalikning ma'lum darajada o'zgarishida texnologik jarayonning borishini avtomatik o'zgartiradi va ishlov berishning berilgan aniqligini ta'minlaydi.

O'lchov impulsini o'zgartirish usuliga ko'ra avtomatik nazorat qilish vositalari mexanik, pnevmatik, gidravlik va elektrik usullarga bo'linadi.

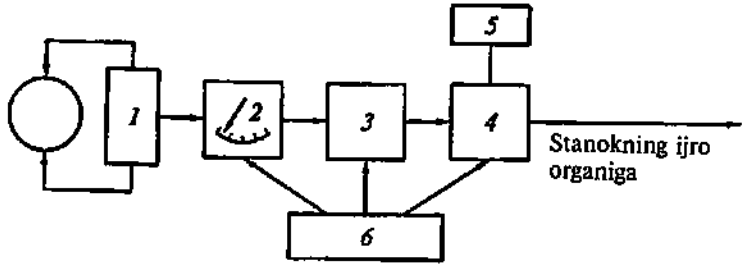
Avtomatik va avtomatlashtirilgan nazorat qilish qurilmalarining ko'pgina konstruksiyalarida ishlash prinsipi o'lchov impulsini almashtirishning sanab o'tilgan vositalarining turli xil qo'shilishiga asoslangan.

3.1.2. Aktiv va avtomatlashtirilgan nazorat qilish vositalarida foydalaniladigan asboblarning yasalish prinsiplari

Aktiv nazorat qilish vositalari berilgan o'lchamdagi ishlov berilayotgan detalning haqiqiy o'lchamini taqqoslash uchun zarur bo'lgan barcha operatsiyalar yig'indisini bajaradi va bu taqqoslash natijalariga bog'liq ravishda texnologik jarayonni boshqaradi.

Texnologik jihozlarga bog'liq bo'lmagan holda aktiv nazorat qilish vositalari umumiy ko'rinishda (3.1- rasm) ma'lum bir masalalarni hal etish uchun mo'ljallangan ayrim uzellardan iborat yagona prinsipial sxema bo'yicha quriladi.

O'lchov moslamalari *1* skobalar, prizmalar, richagli qurilmalar va h.k. lar ko'rinishidagi zarur shup mexanizmlarini o'z ichiga oladi, ularning harakatlanuvchi mexanizmlari nazorat qilinayotgan o'lchamning o'zgarishlarini qabul qiladi va ularni o'zining bitta yoki bir nechta zvenolarini (bo'g'inlarini) bundan keyingi o'lchashlar uchun qulay bo'lgan ko'chishlarga almashtiradi. Bu almashtirishlar odatda kuchlanishsiz bajariladi, ayrim hollarda esa hatto sezgirlikni pasaytirib bajariladi. O'lchov jihozlariga, shuningdek, nazorat qilinadigan joyga shup qurilmalarini olib kelish va olib qo'yish mexanizmlari, shuningdek, bu qurilmalarni stanok bilan bog'lash mexanizmlari kiradi. Bunday mexanizmlarning asosiy vazifasi — nazorat qilish natijalariga nazorat qilinayotgan detalning stanok uzellariga nisbatan kesish, ishqalanish kuchlari va issiqlik hodisalari vujudga keltiradigan tasodifiy ko'chishlarning ta'sirini minimal darajada kamaytirishdan iborat.



3.1- rasm. **Aktiv tekshirish vositalari chizmasi:**
1 — o'lchash moslamasi; *2* — o'lchash asbobi; *3* — buyruq berish qurilmasi; *4* — buyruq signallarini kuchaytirish bloki; *5* — signalizatsiya bloki; *6* — ta'minot bloki

Nazorat qilinayotgan parametrning holati to'g'risidagi axborotni shkaladagi ko'rsatishlar ko'rinishida hosil qilish uchun o'lchov jihozlari bo'g'inlarining ko'chishlari qabul qilingan o'lchov birliklarida darajalangan shkala ko'rsatkichi ko'chishlariga almashtiriladi. Bu vazifani o'lchov asbobi *2* bajaradi.

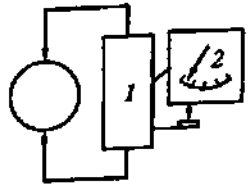
O'xshash signal ko'rinishidagi o'lchov axborot diskret elektr signal-buyruqqa almashtiriladi. Ma'lum kattalikdagi nazoratdagi o'lchamga erishilganda, signal-buyruqlar yordamida texnologik jarayonni avtomatik boshqarish amalga oshiriladi.

Ayrim hollarda aniqlikni va ishonchlilikni oshirish uchun o'lchash axborotining ko'rinishini o'zgartirmasdan diskret signal olinadi, masalan, pnevmatik asboblarda, unda o'lchov axboroti siqilgan havo bosimi bo'ladi. Maxsus qurilmalar yordamida o'lchov axborotini bosim sakrashi ko'rinishidagi diskret signalga aylantiriladi va faqat shundan keyingina bu signal elektr diskret signal-buyruqqa almashtiriladi. Diskret signal-buyruqni olish vazifasini buyruq qurilmasi *3* bajaradi.

Stanoklarda asbob buyruqlari stanokning ijro organlarini harakatga keltiruvchi stanokning quvvatli elektr zanjirlarini kommutatsiya qilish yo'li bilan bajariladi, shuning uchun asbobning elektr signal buyrug'i kuchaytiriladi, tashqi chiqish elektr zanjirlari kommutatsiyasini elektromagnit rele yordamida amalga oshiriladi. Bularning hammasi birgalikda buyruq signallar kuchaytirgichi bloki *4* ni tashkil etadi. Buyruq ijro etilganligidan xabardor qilish uchun signalizatsiya bloki *5* xizmat qiladi.

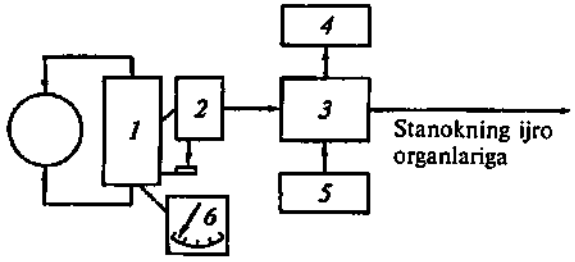
Aktiv nazorat vositasi manbaga, ayrim hollarda esa ikkita ta'minlash manbaiga ega bo'lishi kerak (pnevmatik asboblar). Berilgan parametrlarni saqlab qolish uchun maxsus ta'minlash bloklari *6* qo'llaniladi.

Aktiv nazorat qilish vositalarini yasashning ko'rib chiqilgan sxemasi qo'yilgan barcha masalalar majmuini hal etadi. Ammo ayrim hollarda, masalan, kam seriyali ishlab chiqarishda, ya'ni texnologik qurilma buyruqlarni idrok qilish va ularni amalga oshirish uchun moslashtirilmaganda, barcha masalalarni bajarish talab etilmaydi. Nazorat qilish vositasi ayrim uzellarni olib tashlash hisobiga soddalashtiriladi. Aktiv va avtomatlashtirilgan nazorat qilish vositalarini alohida mustaqil uzellardan yasash iqtisodiy jihatdan foydali va qulaydir.



3.2- rasm. **Mexanik asbobi bo'lgan o'lchash vositasining chizmasi:**
1 — o'lchash moslamasi; *2* — mexanik shkalali asbob

Aktiv va avtomatlashtirilgan nazorat qilish vositalarida keng foydalaniladigan o'lchov asboblari sifatida mexanik, elektrokontaktli, pnevmatik, induktiv va boshqa asboblar qo'llaniladi. U yoki bu asbobni tanlash aktiv nazorat qilish vositasi hal qiladigan masalalarga, shuningdek, detalga ishlov berish uchun texnologik qurilmalarga bog'liq. Mexanik asbobli o'lchash vositasi (3.2- rasm) ishlov berilayotgan detal o'lchamining holati haqida shkala bo'yicha ko'rsatishlar ko'rinishida faqat axborot berish uchun mo'ljallangan. Mexanik shkalali



3.3- rasm. **Elektrkontaktli o'zgartkichli o'lchash vositasi chizmasi:**
1 — o'lchash moslamasi; *2* — elektrkontaktli o'zgartkich; *3* — buyruq signallarini kuchaytirish bloki; *4* — signalizatsiya bloki; *5* — ta'minlash bloki; *6* — mexanik shkalali asbob

asbob *2* o'lchov asbobi bilan bikir bog'langan. Texnologik jarayonni boshqarish asbob ko'rsatishlarining natijalariga ko'ra qo'lda amalga oshiriladi.

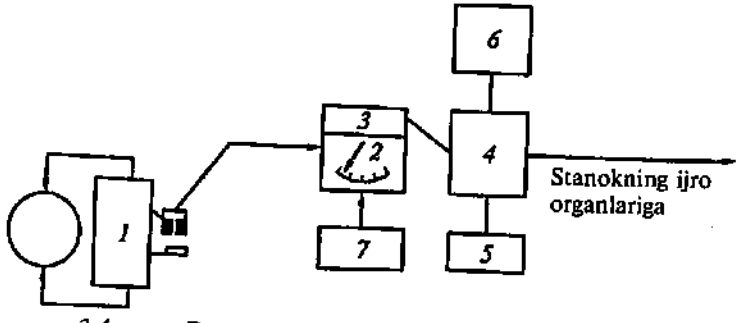
Elektrokontakt o'zgartkichli o'lchash vositasi (3.3- rasm) detallarni 7...8 kvalitetdan yuqori bo'lmagan aniqlikda nazorat qilish uchun qo'llaniladi.

Asbobda shkala bo'lmagani tufayli o'lchov vositasi mexanik shkalali asbob *6* bilan to'ldirilgan. Elektrokontaktli ikki buyruqli o'zgartirgichni o'z ichiga olgan mexanik shkalali asboblar ham ishlab chiqariladi.

Buyruq signallarini kuchaytirish bloki *3*, signalizatsiya bloki *4*, ta'minot bloki *5* seriyali sanoat miqyosida ayrim bloklar ko'rinishida ham, bu uch blokni birlashtiruvchi yagona korpus ko'rinishida ham ishlab chiqariladi.

Elektrkontaktli o'zgartirgichli o'lchash vositasining kamchiliklari qo'pol ishlangani va o'lchash jihozi *1* konstruksiyasining nisbatan murakkabligi, titrashlarga sezgirligi hisoblanadi, shu sababli, demp firlovchi qurilmalarning qo'yilishi zaruriyati vujudga keladi. Undan tashqari, elektr kontaktli o'zgartirgich *2* ning ishlov berish zonasida bo'lishi mumkin bo'lgan o'lchov jihozi *1* bilan bevosita aloqasi o'zgartirgichni ishonchli tarzda germetizatsiyalashni talab qiladi.

Pnevmatik asbobli o'lchash vositasi (3.4- rasm) yuqori aniqlikka ega (detallarni 6...7 kvalitet aniqlik bilan nazorat qilishni ta'minlaydi), kontaktsiz



3.4- rasm. **Pnevmatik asbobli o'lchash vositasi chizmasi:**
1 — o'lchash moslamasi; *2* — shkalali pnevmatik asbob; *3* — buyruq berish qurilmasi; *4* — buyruq signallari kuchaytirgichi; *5* — ta'minot va signalizatsiya bloklari; *6* — elektr ta'minot bloki; *7* — siqilgan havoli ta'minlash bloki

o'lchashlar olib borishga imkon beradi va muhimi seriyalab ishlab chiqariladigan me'yorlangan bloklardan qurilishi mumkin. Bu o'lchash vositasi elektr kontaktli o'zgartirgich ko'rinishidagi buyruq (komanda) qurilmasi *3* ni o'z ichiga oladi, shuning uchun elektr kontaktli o'zgartkichli o'lchov vositalari uchun qo'llanilganidek buyruq signallari kuchaytirgichi *4*, ta'minot va signalizatsiya bloklari *5*, elektr ta'minot bloki *6* qo'llaniladi.

Siqilgan havoli ta'minot bloki *7* bosim stabilizatori va havoni tozalash filtridan iborat, ular alohida uzel ko'rinishida ham, birlashgan blok ko'rinishida ham ishlab chiqariladi.

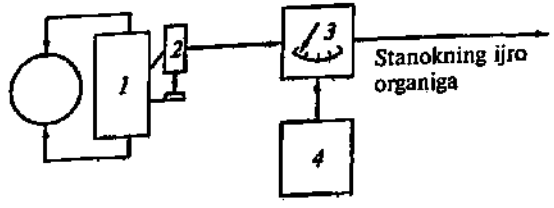
Aktiv nazorat qilish vositasining to'la sxemasini tuzuvchi bloklarni o'z ichiga olgan pnevmatik asboblar mavjud.

Shkala *2* li pnevmatik asbob eng oddiy va kichik o'lchamli o'lchov jihozi *1* ni yaratishga imkon beradi, bu esa nisbatan qo'l yetish qiyin bo'lgan joylarda nazorat qilishda juda muhimdir. Bu hol o'lchov jihozi *1* bilan faqat asbobning chiqish soplosi bog'lanishi bilan izohlanadi. Bundan tashqari, bu asboblar titrashga sezgir emas va maxsus germetizatsiyalashni talab qilmaydi. Kamchiliklariga esa siqilgan havoni tayyorlashni ta'minlovchi barcha qurilmalarni foydalanish jarayonida maxsus kuzatish zarurligini kiritish mumkin.

Induktiv o'zgartkichli o'lchash vositasi (3.5- rasm) yuqori aniqlikka, titrashlarga sezgirligi kam, o'lchov jihozining tashqi o'lchamlari elektrkontaktli o'zgartkichli jihozning o'lchamlaridan ancha kichik. Induktiv asbobni yagona uzel ko'rinishida ishlab chiqariladi, unga yuqorida ko'rib chiqilgan barcha zarur funksional bloklar kiradi. Mazkur vosita yuqori malakali xizmat ko'rsatilishini talab etadi.

3.1.3. O'lchash va nazorat qilishning avtomatlashtirilgan vositalari metrologik xarakteristikalarining xususiyatlari

Mashinasozlikda foydalaniladigan o'lchash va nazorat qilishning avtomatlashtirilgan va avtomatik vositalari, xuddi universal vositalar kabi, me'yorlanadigan metrologik xossalarga ega. Ko'pchilik asboblar uchun umumiy bo'lgan ko'rsatkichlar yuqorida ko'rib chiqilgan (shkalaning bo'lim qiymati, shkala bo'limi oralig'i, ko'rsatishlar diapazoni, o'lchashlar



3.5- rasm. **Induktiv o'zgartkichli o'lchash vositasi chizmasi;**
1 — o'lchash moslamasi; *2* — induktiv o'zgartkich; *3* — buyruq beruvchi-ko'rsatuvchi asbob; *4* — ta'minlash bloki

diapazoni, xatoliklar: absolut, nisbiy, muntazam, tasodifiy va h.k.). Xuddi shunga o'xshash o'lchash uslublari ham ko'rib chiqilgan edi (to'g'ri bevosita), bilvosita, absolut, nisbiy, kontaktli, kontaktsiz va h.k.).

Bu bo'limda nazorat qilishning avtomatik vositalari uchun faqat ayrim, eng o'ziga xos ko'rsatkichlarida to'xtalamiz:

asbobning sezgirligi — o'lchov asbobi chiqishidagi signal o'zgarishining o'lchanayotgan kattalikning o'zgarishini keltirib chiqarishiga nisbati;

ishlab ketish xatoligi — nazorat qilinayotgan o'lchashning berilgan kattaligiga erishilganda yoki nazorat qilinayotgan detalga stanokda ishlov berish jarayoni to'xtatilganda asbob berayotgan buyruqning (diskret signalning) xatoligi;

sozlashning siljish xatoligi — asbobning barqaror ishlashi bilan ifodalanuvchi va ma'lum sondagi ishlashidan so'ng uning sozlanishi siljishi bilan aniqlanadigan xatolik;

sozlash xatoligi — sozlash uzelining va sozlovchining malakasi mukammal emasligi hisobiga ishlab ketishlarning sozlash o'lchamiga nisbatan ma'lum darajada siljishi bilan ifodalanuvchi xatolik;

orqaga (teskari) yurish xatoligi — asbobning uchligini u to'g'ri va teskari yo'nalishda ko'chganda ham aynan bir holatga o'rnatilganda asbob ko'rsatishlarining farqi;

darajalovchi xarakteristika — o'lchash vositasining chiqishi va kirishida o'lchash natijalarini aniqlashtirish uchun aniqlanadigan kattaliklarning qiymatlari o'rtasidagi bog'lanish.

Asboblar uchun sanab o'tilgan xarakteristikalardan tashqari ko'pincha me'yordagi ish sharoitlari pisanda qilib o'tilib, bunda olinadigan natijalarning aniqligiga ta'sir qiluvchi kattaliklar minimal qiymatga ega (temperatura, namlik, bosim, va h.k.). Ko'rsatilgan xatoliklar kattaliklarini hisoblash maxsus metodikalar bo'yicha o'tkaziladi.

3.1.4. Avtomatik nazorat qilish vositalarining o'lchash o'zgartkichlari

O'lchash va nazorat qilishning avtomatlashtirilgan va avtomatik vositalarida asosan o'zgartkichlarning quyidagi turlari qo'llaniladi.

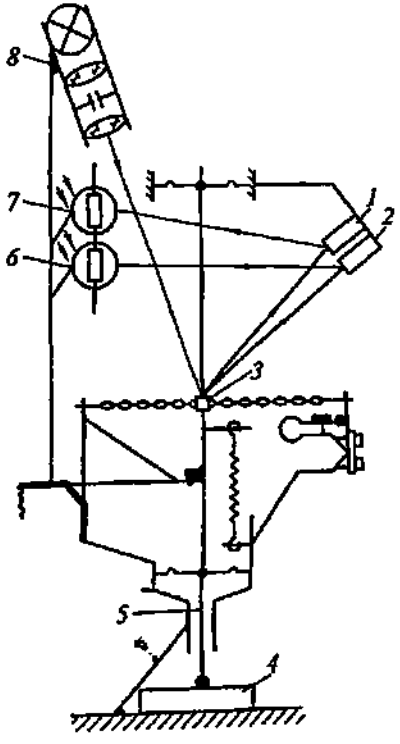
Fotoelektrik o'zgartkichlar. Yorug'liksezgir elementlar bilan to'ldirilgan optikator *fotoelektrik navlarga ajratuvchi o'zgartkich* deyiladi. Buralgan tasmaning harakatlanuvchi ko'zgusida aks etgan yorug'lik nuri bir vaqtda asbob shkalasini va tegishli yorug'liksezgir elementni yoritadi. Bu elementlarning yorug'lik kommutatsiyasi boshqarish buyruqlarini olish uchun foydalaniladi. Bunday o'zgartkichlar yuqori chastotali nazorat-saralash avtomatlarini yasashda qo'llaniladi.

Kichik o'lchamli fotoelektrik o'zgartkich (3.6- rasm) buyruqlarni chiqarib berish chegaralarini sozlash mexanizmiga ega. U shkalaning ±0,025 mm diapazondagi istagan qiymatiga mos keluvchi ikkita buyruqni olishga imkon beradi.

O'lchanayotgan ko'chish sterjen *5* tomonidan qabul qilinadi va keyin, optikatordagiga o'xshash prujinali mexanizm tomonidan ko'zgu *3* ning aylanishiga almashtiriladi.

Yorituvchi *8* yorug'lik dastasini ko'zgu *3* ga yo'naltiradi (bu yo'nalish doimiy), bu yorug'lik dastasi ko'zgudan qaytib, o'lchov sterjenining ma'lum bir holatida silindrik (halqasimon) ko'zguli sektorlar *1* yoki *2* ga tushishi mumkin. Bu sektorlarning vaziyati maxsus tishli mexanizm yordamida rostlanadi va detal *4* ning nazorat qilinayotgan o'lchamiga dopusk (qo'yim) kattaligiga bog'liq holda o'rnatiladi. Yorug'lik dastasi sektor *2* dan qaytib, fotorezistor *6* ni yoritadi, sektor *1* ning yorug'lik nuri fotorezistor *7* ni yoritadi. Ko'zgusimon sektorlarning ishchi sirtlari va shkalalar ko'zgu *3* ning aylanish o'qi bilan o'qdoshdir.

Agar ikkala fotorezistor yoritilgan bo'lsa, detal yaroqli hisoblanadi; faqat bitta fotorezistor yoritilganda detal «Brak+» yoki «Brak−» guruhiga kiritiladi. Yorug'lik indeksi nazorat qilinayotgan o'lchamga mos keluvchi holatga o'rnatilgandan so'ng fotorezistorlarga elektr toki uzatiladi.

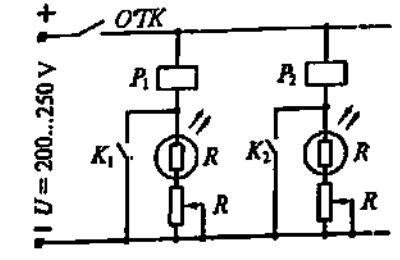


3.6- rasm. **Chegaraviy fotoelektr o'zgartkich chizmasi:**

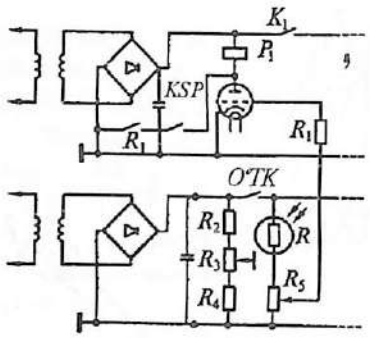
1 va *2* — ko'zguli sektor; *3* — ko'zgu; *4* — detal; *5* — sterjen; *6* va *7* — fotorezistor; *8* — yorituvchi

Fotoelektrik o'zgartkichlar buyruqlari ikki turdagi elektr sxemalar yordamida elektromagnit releni fotorezistorlarga bevosita ulash bilan yoki kuchaytirgich orqali shakllantiriladi.

Birinchi turdagi sxemalarda g'altagi ma'lum qarshilikli qilib ishlangan elektromagnit releдan foydalaniladi. FSK — 4a (PFS o'zgartkichi) uchun optimal yuklanish 31 kOm qarshilik ekanini hisobga olib, releni shunday qarshilik bilan ishlab chiqariladi va uning g'altagi 80 000 ta o'ramga ega. Fotorezistorning bunday ulanishining prinsipial sxemasi 3.7- rasmda ko'rsatilgan. *R* fotorezistor-



3.7- rasm. **Elektromagnit releni o'zgartkich fotorezistoriga bevosita ulash bilan buyruqni shakllantirish chizmasi**



3.8- rasm. **Elektron fotorele yordamida buyruqni shakllantirish chizmasi**

ni yoritishda uning qarshiligi keskin kamayadi, zanjirdagi elektr tokining kuchi ortadi, $P_1(P_2)$ rele ishlab ketadi. Fotorezistorlarning sezgirligi katta oraliqlarda o'zgargani uchun bir xil yoritishda relening ishlab ketishi uchun o'zgaruvchan qarshilik R kiritiladi. Buyruq tutashuvchi kontakt $K_1(K_2)$ orqali xotirlanadi. R fotorezistorga tok o'lchov toki kontakti O'TK orqali uzatiladi. Relening ishlab ketish vaqti 60 ms.

3.8- rasmda kuchaytiruvchi elektron lampali fotorele keltirilgan, uning anod zanjiriga elektromagnit rele P_1 ulangan (ikkinchi turdagi sxema).

R fotoqarshilik qorong'ilashtirilganda R_2, R_3, R_4 bo'luvchilardan va R_1 hamda R_5 qarshiliklardan lampa to'riga uzatilayotgan siljish ko'chishi uni berkitadi — rele P_1 toksizlanadi. R fotorezistori yoritilganda to'r potensiali keskin o'zgaradi, lampa ochiladi, anod toki vujudga keladi, rele P_1 ishlab ketadi (buyruq signali paydo bo'ldi). Rele sxemasi buyruqni tutashuvchi kontakt va o'zini ta'minlash kontakti (O'TK) orqali elektromagnit rele P_1 ning g'altagi ta'minoti hisobiga ma'lum vaqtga xotirada saqlanishini ta'minlaydi. Shunday qilib, elektromagnit relening ishlab ketishi shu relening g'altagi yangi ta'minot zanjirining paydo bo'lishi uchun foydalaniladi. Yorug'lik nurining ma'lum bir vaziyatida relening ishlab ketishini sozlash P_5 qarshilik yordamida amalga oshiriladi. Sxema dastlabki holatiga O'TK kontaktlarini qisqa muddatga uzib qaytariladi.

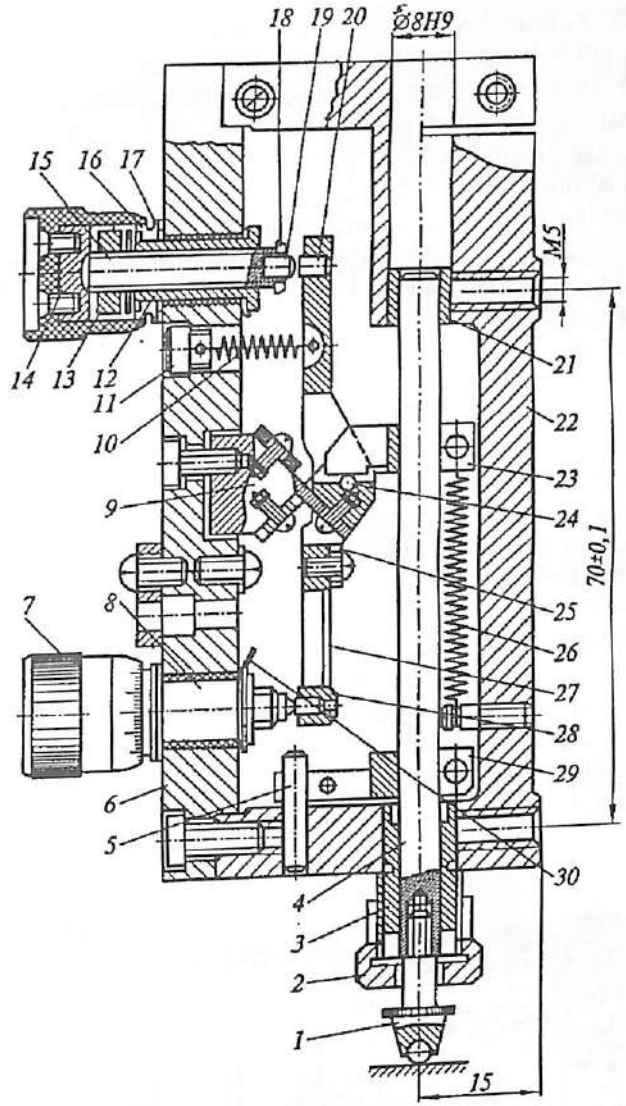
Fotorezistorlarga tok o'lchov tokining kontaktlari yordamida asbobning harakatlanuvchi asboblar sistemasi muvozanat holatida bo'lgandagina va faqat shunda, ya'ni detalni o'lchash pozitsiyasiga o'rnatilgandan keyin o'tgan ma'lum vaqt oralig'idan so'ng uzatiladi.

Elektrkontaktli o'zgartkichlar. Elektrkontaktli o'zgartkich — bu chiziqli ko'chishlarni diskret elektr signali — buyruqqa (komondaga) elektr kontaktlarni ulash yoki uzish hisobiga o'zgartiruvchidir.

O'zgartkichlar chegaraviy va amplitudali o'zgartkichlarga ajratiladi. Chegaraviy o'zgartkichlar berilgan chegaraviy kattalikdagi nazorat qilinuvchi o'lchamga erishilganda signal-buyruqlarni berish uchun mo'ljallangan, ikkinchisi — detalning muntazam geometrik shaklidan og'ishlar kattaligi nazorat qilinayotgan o'lcham kattaligiga bog'liq bo'lmagan holda berilgan kattalikka yetganda signal-buyruq berish uchun mo'ljallangan.

Aktiv nazorat qilish vositalarida chegaraviy o'zgartkichli elektrkontaktli asboblardan, avtomatlashtirilgan asboblarda amplitudali o'zgartkichli asboblardan foydalaniladi.

228-modeldagi elektrkontaktli o'zgartkichlarda (3.9- rasm) nazorat qilinadigan ko'chish o'lchov sterjeni *4* ning uchligi *3* tomonidan qabul



3.9- rasm. **228-modelidagi elektrkontaktli o'zgartkichning tuzilishi:**
1 — uchlik; *2* va *13* — gayka; *3* va *21* — bronza vtulka; *4* — o'lchash sterjeni; *5* — shtift; *6* — planka; *7* — baraban; *8*, *19*, *20* va *28* — volfram kontakt; *9* — sharnir; *10* — cho'zilish prujinasi; *11* — tutqich; *12* — mikrometrik gayka; *14* — prujinali shayba; *15* — vint; *16* va *17* — tekstolit vtulka; *18* — halqa; *22* — korpus: *23* — pichoq; *24* — korund shtift; *25* — richag; *26* — prujina; *27* — yassi prujina; *29* — vilka; *30* — yaproqchalar

qilinadi va keyin qiyin eruvchan pichoq *23* va korundli shtift *24* orqali richag *25* ga uzatiladi, uning kontaktlari ko'chishning ma'lum qiymatida tegishli volframli kontaktlar jufti *19*, *20* yoki *8*, *28* orqali o'tuvchi elektr zanjirini ulaydi yoki uzadi.

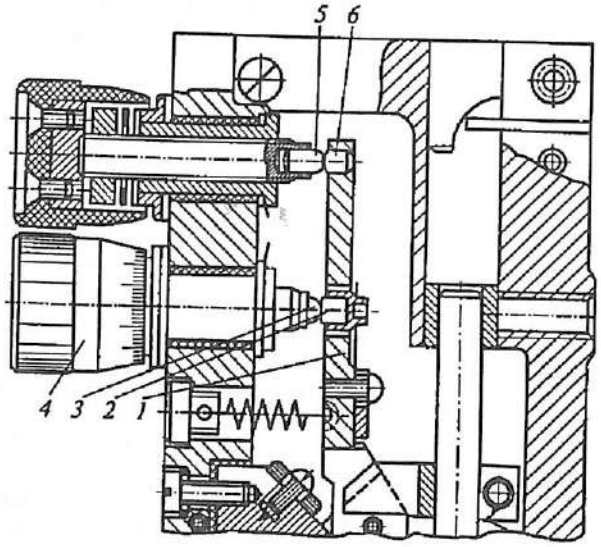
O'lchov sterjenining bronza vtulkalar *3* va *21* dagi ko'chishi shtift *5* ni burish hamda eni bo'yicha rostlanuvchi pazli vilka *29* bilan chegaralanadi. O'lchov kuchlanishi *2* prujina *26* bilan, elektr kontaktlarning ma'lum kuchlanish kattaligi cho'zilish prujinasi *10* va yassi prujina *27* tomonidan ta'minlanadi. Tutashishning katta kuchlanishi kontaktlarning juda katta mexanik yeyilishini vujudga keltiradi.

Kontaktlarning ulanish sxemalari bilan elektrik aloqasi mis yaproqlar *30* yordamida amalga oshiriladi. Berilgan nazorat qilinayotgan kattalikda signalni berishga o'zgartkichni sozlash sozlovchi vintlar *15* bilan amalga oshiriladi, ular mikrometrik gayka *12* va baraban *7* bilan ulangan (ularning shkalasi bo'lim qiymati 2 mkm bo'lgan uzunlik birliklarida darajalangan) hamda planka *6* dan tekstolitli vtulkalar *16* va *17* bilan izolyatsiyalangan. Vintlarning ko'chishi halqa *18* bilan cheklanadi.

Vint *15* ning o'q lyufti prujinali shayba *14* bilan bartaraf etiladi, uning kuchlanishi kattaligini gayka *13* rostlab turadi. Richag *25* korpus *22* va planka *6* dan korundli shtift *24*, prujinali xochsimon sharnir *9* asosi ostiga o'rnatilgan tekstolit qistirmalar va tekstolit tutqich *11* bilan izolyatsiyalangan. Mikrouzatish gaykasi *2* o'zgartkichni mikrometr shkalasi bo'yicha (diametri 8N9 teshikka mahkamlanadigan) sozlashda o'lchov sterjenini ko'chirish uchun xizmat qiladi, mikrometrning uchligi o'lchov sterjeni *4* ning yuqori chetiga tiraladi.

O'zgartkich istalgan vaziyatda ishlashi mumkin. Uni mahkamlash uchun ikkita rezbali teshik M5 xizmat qiladi.

229- modelidagi elektrkontaktli o'zgartkich (3.10- rasm) 228- modeldagi o'zgartkichdan ikkinchi juft kontaktlarining mavjudligi bilan farq qiladi. O'lchov sterjeni yuqoriga ko'chganda richagga yassi prujina *1* da osilgan kontakt *2*

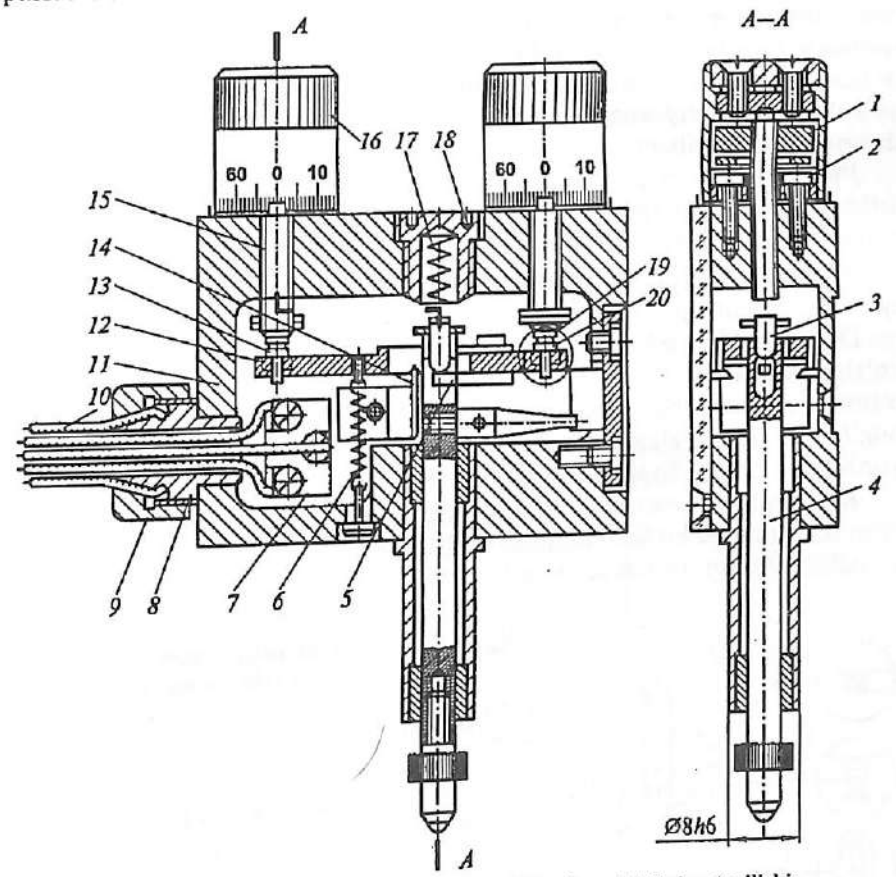


3.10- rasm. **229-modelidagi elektrkontaktli o'zgartkichning tuzilishi:**
1 — prujina; *2*, *5* va *6* — kontakt, *3* — sferik kontakt; *4* — vint

qo'shimcha sozlovchi vint *4* da mahkamlangan sferik kontakt *3* bilan ulanadi. O'lchov prujinasining bundan keyingi ko'chishida prujina *1* egiladi, berilgan o'lchamga erishilganda kontaktlar *5* va *6* ulanadi. Yana bir juft kontaktlarning mavjudligi uchta o'lchovli buyruqlarni chiqarishga imkon beradi.

233- modeldagi elektrkontaktli o'zgartkichda (3.11- rasm) nazorat qilinayotgan ko'chishni o'lchov sterjeni *4* qabul qiladi va sterjenning yuqori qismiga mahkamlangan korund tirak *3* va planka *5* orqali harakatlanuvchi richagga uzatiladi, uning prizmasi o'zgartkichning korpusi *11* ga mahkamlangan pichoqsimon tayanchga tiraladi.

Harakatlanuvchi richag plankasi *5* ning o'lchov sterjeni bilan kinematik aloqasini cho'zilish prujinasi *6* ta'minlaydi. O'lchov sterjenining o'z o'qiga nisbatan burilishi o'zgartkichning korpusiga mahkamlangan kolodkaning pasida ko'chuvchi shtift bilan cheklanadi.



3.11- rasm. **233- modelidagi elektrkontaktli o'zgartkichning tuzilishi:**
1 — gayka; *2* — shayba; *3* — tirgak; *4* — o'lchov sterjeni; *5* — planka; *6* — cho'zilish prujinasi; *7* — kolodka; *8* — shtutser; *9* — zichlashtiruvchi gayka; *10* — trubka; *11* — korpus; *12* — plastmassa vtulka; *13* — kontakt; *14* — tayanch; *15* — sozlovchi vint; *16* — baraban; *17* — siqish prujinasi; *18* — rezbali vtulka; *19* va *20* — elektr kontakt

O'lchash kuchlanishini rezbali vtulka *18* ga mahkamlangan qisilish prujinasi *17* vujudga keltiradi. O'lchov sterjeni yuqoriga siljiganda kontakt *13* sozlovchi vint *15* ning sferik kontakti bilan uziladi (baraban *16* ning bo'lim qiymati 1 mkm). Sterjenning bundan keyingi harakatida elektr kontaktlar *19* va *20* ning ulanishi ro'y beradi.

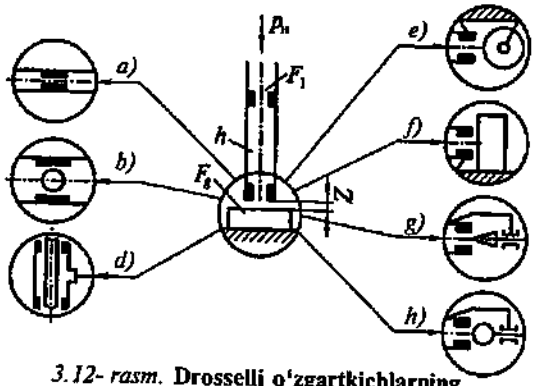
Vintlar *15* ning o'q lyufti prujinali shaybalar *2* va gaykalar *1* yordamida bartaraf etiladi, ularni sozlash natijasida o'q tortimining talab qilinadigan kattaligi o'rnatiladi. Rostlovchi vintlarning ko'chishi gaykalar yordamida cheklanadi.

Elektr kontaktlar palladiyli-kumushli qotishma PdSr-40 dan tayyorlangan. Yassi kontaktlar korpusdan plastmassa vtulkalar *12* yordamida izolyatsiyalangan. Kontaktlardan chiqarilgan uchlar o'tish kolodkasi *7* ga kavsharlab qo'yilgan, undan esa shtutser *8* va zichlashtiruvchi gayka *9* orqali umumiy jgutda himoya trubkasi *10* da datchikdan chiqarilgan. Mikrovintlarga presslangan kontaktlar elektr aloqasi ulanish sxemasining shu tarzda umumiy nuqtasi hisoblangan o'zgartkich korpusi orqali amalga oshiriladi. Umumiy nuqta o'zgartkichdan o'sha jgutda joylashgan maxsus sim orqali chiqarilgan.

Pnevmatik o'zgartkichlar. O'zgartkichning sezgir elementi orqali havo sarfini bosimga aylantirish uslubi pnevmatik o'zgartkichlarning asosiy tasnifiy belgisi hisoblanadi. Bundan kelib chiqqani holda mavjud birlamchi o'zgartkichlarni quyidagi sinflarga bo'lish mumkin: drosselli, drosselli-ejektorli, oqimli, pnevmochastotali va boshq.

Drosselli o'zgartkichlar. Bu sinfga drossellovchi kanal ko'rinishidagi sezgir elementli o'zgartkichlar kiradi, uning eng kichik o'tuvchi yuzi nazorat qilinayotgan chiziqli kattalikka bevosita yoki bilvosita bog'liq bo'ladi, u element orqali havo sarfini bosimga aylantirish drossel yordamida (kirish soplosi) yordamida amalga oshiriladi.

Kanalining geometrik shaklining ko'rinishiga ko'ra drosselli o'zgartkichlarni ikki guruhga bo'lish mumkin: birinchi guruh — gaz oqimi harakatining yo'nalishini o'zgartirmasdan kanal orqali o'zgartirish; ikkinchi guruh — kanal orqali gaz oqimi harakatining yo'nalishini o'zgartirish.



3.12- rasm. **Drosselli o'zgartkichlarning chizmalari**

Birinchi guruh o'zgartkichlari kichik teshiklarni (3.12- *a* rasm), simni (3.12- *d* rasm), vtulka-val qo'shilishida hosil bo'lgan halqali tirqishlarni, «silindrik teshik — shar» ko'rinishidagi (3.12- *b* rasm) va shakli bo'yicha boshqa kanallarni nazorat qilishda hosil bo'ladi.

Ikkinchi guruh o'zgartkichlari silindrik detallarni (3.12- *e* rasm), tekis sirtli detallarni (3.12- *f* rasm), kontaktsiz nazorat qilishda, shuningdek, konussimon yoki sharsimon to'siqqa ega bo'lgan kontaktli o'zgartkichlarni qurishda (3.12- *g*, *h* rasm) hosil bo'ladi, ya'ni bu guruhga soplo — to'siq turidagi drossellovchi elementi bo'lgan o'zgartkichlar kiradi.

Drossellovchi kanalda (soplo — to'siq turidagi kanal) oqim harakati yo'nalishining bunday effekt bo'lmagan kanallardagiga qaraganda o'zgarishi oqimni drossellash tabiiy manzarasini ham tubdan o'zgartirib yuboradi. Shuning uchun ularni hisoblash va bu guruh o'zgartkichlari parametrlarini tanlash asoslari turlichadir.

Konstruktiv parametrlarga kirish, o'lchash soplolarining, sharning (3.12- *b*, *h* rasmga qarang) diametrlari, to'siqlarning, kiritmalarning (3.12- *d*, *g* rasmga qarang) konstruktiv elementlari kiradi.

Pnevmatik o'zgartkichlarning metrologik xarakteristikalarini ko'rib chiqish uchun 3.13- rasmda ortiqcha o'lchash bosimi *h* ning o'lchanayotgan kanal F_g ning o'tish maydoniga bog'liqligi grafigi keltirilgan bo'lib, uni bundan keyin *o'zgartkichning statik xarakteristikasi* deb ataymiz. Pnevmatik asboblar ishlayotganda nochiziqligi darajasi berilgan kattalikdan oshmasligi kerak bo'ladigan xarakteristikaning to'g'ri chiziqli qismidan foydalaniladi. Bu qism grafikda $F_{g\min}$ va $F_{g\max}$ nuqtalar bilan chegaralangan.

Pnevmatik o'zgartkichning metrologik xarakteristikalariga odatda quyidagi kattaliklar kiradi:

1) o'lchash oralig'i:

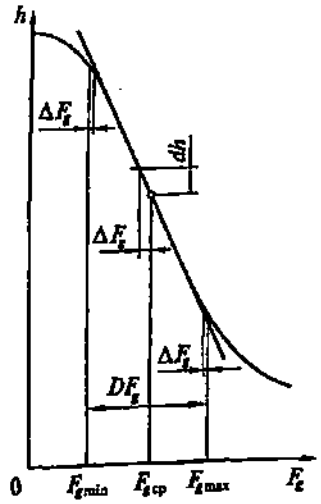
$DF_g = F_{g\max} - F_{g\min}$.

2) chiziqli uchastkaning o'rtasiga tegishli bo'lgan o'lchov drossellovchi kanalning yuzi:

$F_{g\,o'rt} = (F_{g\min} + F_{g\max})/2$;

3) o'lchov kanali yuzi (oralig'i)ning yuza (uzunlik) birligi ichida o'zgarishda o'lchash bosimining o'zgarish kattaligini ifodalovchi $K(F_g) = dh/dF_{g\,o'rt}$ o'zgartkich sezgirligi. Sezgirlik chiziqli uchastkaning o'rtasida maksimaldir va ana shu qiymat hisoblashlarda qabul qilinadi;

4) xarakteristikaning nochiziqli ekanligi $\delta F_g = (\Delta F_g/\Delta F_g)\,100\%$, bunda ΔF_g — bu $h = f(F\Delta)$ egri chiziq bilan uni linearizatsiyalovchi to'g'ri chiziq orasidagi farq. Linearizatsiyalovchi to'g'ri chiziq burchak koeffitsienti maksimal sezgirlikka teng bo'lgan chiziqli qismning o'rtasidan o'tadi.



3.13- rasm. **Drosselli o'zgartkichning statik xarakteristikasi**

Drosselli-ejektorli o'zgartkichlar. Bu sinfga drossellovchi kanal ko'rinishidagi sezgir elementi bo'lgan o'zgartkichlar kiradi, uning minimal o'tuvchan yuzasi nazorat qilinayotgan chiziqli kattalikka

bevosita yoki bilvosita bog'liq, bu element orqali gaz sarfining bosimga aylanishi oqim apparati — ejektor yordamida amalga oshiriladi.

Bu o'zgartkichlar mutlaqo katta o'lchash oralig'iga, ancha yuqori unumdorlikka, ta'minot bosimi tebranishi vujudga keltiradigan ancha kichik xatolikka ega.

Drosselli-ejektorli o'zgartkichlarni prinsipial jihatdan ikki guruhga bo'lish mumkin:

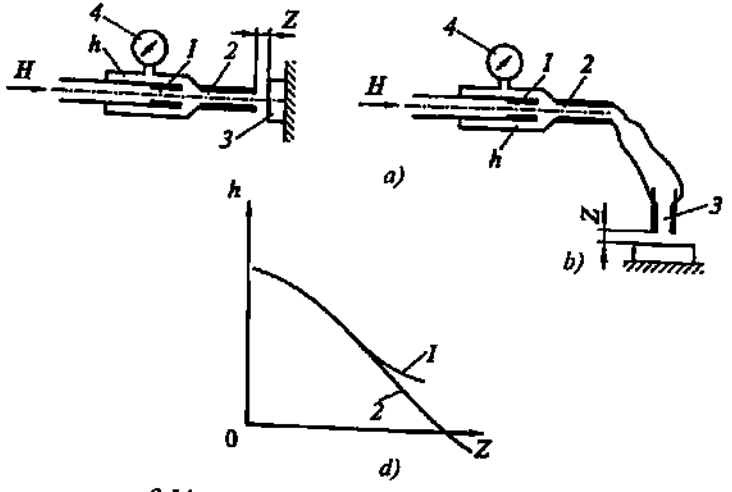
1) chiziqli ko'chishlarni qabul qiluvchi drossellovchi o'lchash elementi ejektorning ajralmas qismi hisoblangan o'zgartkichlar, bunday o'zgartkichlarni *drossel eliktorli* deb ataymiz;

2) drossellovchi elementi mustaqil uzel bo'lgan va ejektor bilan faqat truboprovod orqali bog'langan o'zgartkichlar; bu o'zgartkichlarni *soplosi tashqariga chiqariluvchi drossel-ejektorli o'zgartkichlar* deb ataymiz.

3.14- *a* rasmda birinchi guruhga tegishli drossel-ejektorli o'zgartkichning sxemasi keltirilgan. Siqilgan havo *H* ta'minotning o'zgarmas bosimi ostida kirish soplosi *1* dan drossellovchi element *2* ning soplosiga bevosita oqadi. Mazkur soplolar jufti oqish apparati — ejektorni tashkil etadi.

Oraliq *Z* ga bog'liq holda, ya'ni drossellovchi element orqali havo sarfi kattaligiga bog'liq holda o'lchash kamerasida ma'lum bir o'lchash bosimi *h* o'rnatiladi, bu bosim detal *3* chiziqli o'lchamining o'lchash axborotini eltuvchisi sifatida foydalaniladi va uzunlik birliklarida darajalangan manometr *4* bilan o'lchanadi.

3.14- *b* rasmda nazorat qilinayotgan detalning sirti bilan drossellovchi kanalni hosil qiluvchi chiqarilgan *3* soploli o'zgartkichning sxemasi



3.14- rasm. **Drosselli-ejektorli o'zgartkich:**
a — birinchi guruhdagi (*1* — kirish soplosi; *2* — drossellovchi element soplosi; *3* — detal; *4* — manometr); *b* — ikkinchi guruhdagi — chiqariluvchi soploli (*1* va *2* — soplo; *3* — chiqariluvchi soplo; *4* — manometr); *d* — o'lchash bosimining oraliq (zazor) kattaligiga bog'liqligi (*1* va *2* — egri chiziqlar)

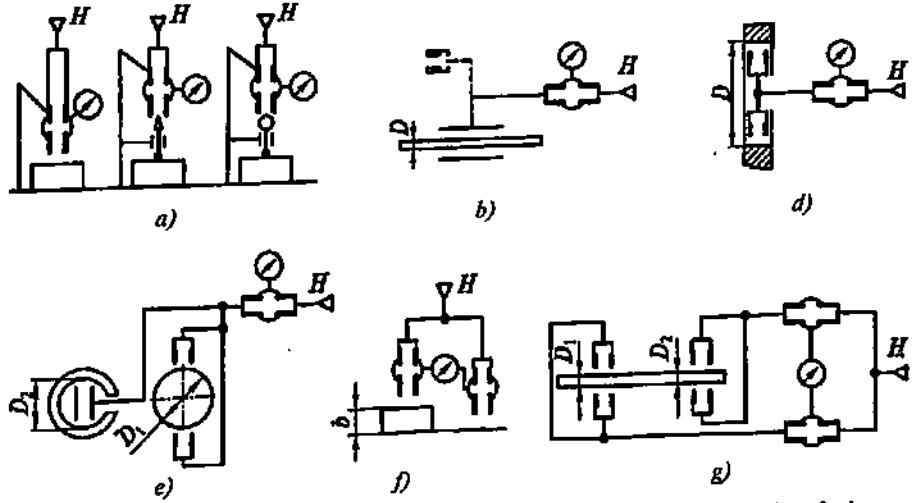
ko'rsatilgan. Oraliq *Z* ning kattaligiga bog'liq holda *1* va *2* soplolar tashkil etgan ejektor kamerasida manometr *4* bilan aniqlanadigan ma'lum o'lchov bosimi *h* o'rnatiladi.

$h = f(Z)$ bog'lanish (3.14- *d* rasm) o'zgartkichning xarakteristikasi hisoblanadi. Drosselli-ejektorli o'zgartkich xarakteristikasining to'g'ri chiziqli qismi (*2* egri chiziq) bir xil sezgirlikda drosselli o'zgartkichnikiga qaraganda ancha katta. Katta oraliqlarda ejeksiya hodisasi hisobiga berilgan o'zgartkichning o'lchov bosimi hatto manfiy qiymatlarga yetishi mumkin, bu *2* egri chiziq bilan belgilangan.

Drosselli-ejektorli o'zgartkichlar turli xil metrologik masalalarni ancha qulay yechishga imkon beradi. 3.15- rasmda mazkur o'zgartkichlar yordamida umumiy o'lchash vositalarini yasash sxemasi keltirilgan. Detalning qalinligi kontaktli yoki kontaktsiz usul bilan qo'zg'almas bazadan to'siqli o'zgartkichlar (3.15- *a* rasmga qarang) yordamida o'lchanadi. *D* diametrni ikki chiqariluvchi soploli o'zgartkich bilan o'lchashning 3.15- *b* rasmda ko'rsatilgan sxemasi ma'lum chegaralarda o'lchash natijalaridan o'lchash chizig'i bo'yicha detalning tasodifiy ko'chishlarini istisno qiladi.

Chiviq, simning *D* diametrini yoki teshikning o'tuvchi kesimi yuzini bilvosita o'lchash sxemasi 3.15- *d* rasmda ko'rsatilgan. Simning diametrini uni sudrash jarayonida nazorat qilishni avtomatlashtirishda sim bilan soplolarning ichki sirti orasida nisbatan katta halqasimon tirqishni bir vaqtda o'zgartkichning yuqori sezgirligi bilan ta'minlash juda muhim hisoblanadi. Bu shart soplosi chiqariladigan drosselli-ejektorli o'zgartkich yordamida yanada to'liqroq qanoatlantiriladi.

Avtomatik kompleks yig'ish yoki kompleks ishlov berish uchun soplosi chiqariluvchi drosselli-ejektorli o'zgartkichdan foydalanib o'lchash vositasi sxemasi 3.15- *e* rasmda ko'rsatilgan. Parametrlar to'g'ri tanlanganda o'lchov



3.15- rasm. **Drosselli-ejektorli o'zgartkichli o'lchash vositalarining chizmalari.**

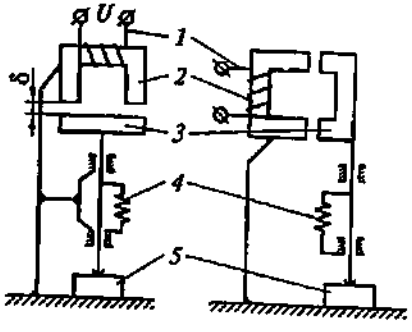
vositasi asbobning aynan bir xil ko'rsatishida (h=const) nazorat qilinayotgan detallarning nominal o'lchamlaridan qat'iy nazar, D_2-D_1=const hosil bo'lishini ta'minlaydi.

Detalning qalinligini (b o'lchami) nazorat qilish natijalaridan bazaviy sirt tasodifiy ko'chishlarini avtomatik yo'qotish o'lchov kameralari differensial manometrining qarama-qarshi tarmoqlariga ulangan ikkita o'zgartkichlar bilan amalga oshiriladi (3.15-f rasmga qarang). Ikki o'lcham D_1 va D_2 ning ayirmasini nazorat qilish uchun mo'ljallangan shunga o'xshash sxema 3.15-g rasmda ko'rsatilgan.

Induktiv o'zgartkichlar. Induktiv asboblarda induktivlik L ning kattaligini belgilovchi uning ba'zi parametrlari o'zgarishida g'altakning o'z reaktiv qarshiligini o'zgartirishi xossasidan foydalaniladi.

Iloji boricha katta induktivlikni hosil qilish uchun g'altakni ferromagnit materialdan qilingan magnit o'tkazgichdan ishlanadi (3.16- rasm). Magnito'tkazgichning elementlaridan biri (yakor *3*) harakatlanuvchi qilinadi va uning magnito'tkazgich *2* ning qo'zg'almas qismiga nisbatan vaziyati zanjirning magnit qarshiligining o'zgarish kattaligini belgilaydi, binobarin, o'zgartkich *1* g'altagi induktivligini ham belgilaydi.

O'zgartkich *1* g'altagi induktiv qarshiligining o'zgarishi uning to'la qarshiligi Z ning mos ravishda o'zgarishiga olib keladi. Shunday qilib, yakor *3* ning ko'chishini U=const bo'lganda o'lchanayotgan kattalik bilan bog'lasak, u holda δ bilan elektr parametr L o'rtasida funksional bog'lanish: $L=f(\delta)$ vujudga keladi.



a) *b)*

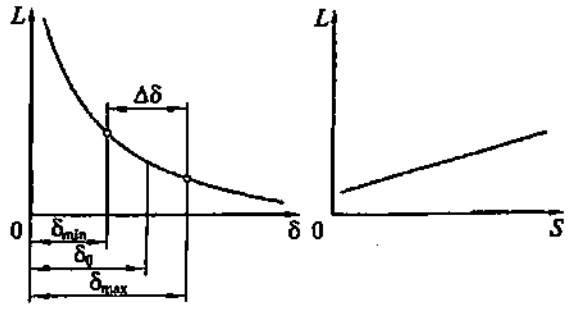
3.16- rasm. **Induktiv o'zgartkichlarning chizmalari:**

a — o'lchanadigan kattalik havo oralig'i uzunligining o'zgarishiga olib keladi; *b* — o'lchanadigan kattalik havo oralig'i yuzining o'zgarishiga olib keladi; *1* — o'zgartkich g'altagi; *2* — magnitoprovod; *3* — o'zgartkich yakori; *4* — o'lchash kuchlanishni vujudga keltiruvchi prujina; *5* — tekshirilayotgan detal

Chiziqli ko'chishlarni yuqorida ko'rib chiqilgan g'altak yordamida elektr signalga aylantiradigan qurilma *induktiv o'zgartkich* deyiladi.

Hozirgi paytda qo'llanilayotgan induktiv o'zgartkichlarda chiziqli o'lchashlar uchun induktivlikni δ_0 kattalikni (3.17- a rasm) yoki S_0 yuzani (3.17- b rasm) o'zgartirish vositasida o'zgartiriladi.

O'zgaruvchan $L=f(\delta)$ oraliqli induktiv o'zgartkichning xarakteristikasi (tavsifi) 3.17- a rasmda, o'zgaruvchan yuzali o'zgartkichning tavsifi esa 3.17- b rasmda keltirilgan. 3.17- a rasmdan ko'rinadiki, o'zgaruvchan oraliqli o'zgartkichning tavsifi nochiziqli, lekin yuqori sezgir o'lchov sistemasini olishga imkon beradi. O'zgartkichning sezgirligini oshirish uchun havo oralig'i kattaligini kamaytirish lozim. O'zgartkichning sezgirligini berilgan aniqlik



a) *b)*

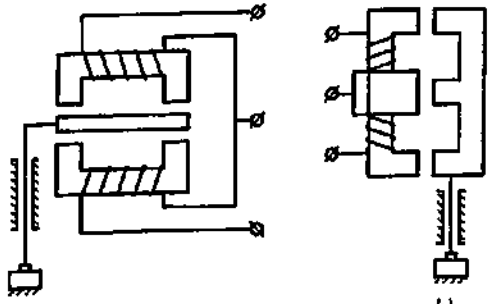
3.17- rasm. **Induktiv o'zgartkichlarning tavsiflari:**

a — havo oralig'ining kengligi o'zgaruvchi; *b* — havo oralig'ining yuzi o'zgaruvchi

darajasida doimiy kattalik deb hisoblash mumkin bo'lsa, o'zgartkichning uzunligi $\Delta\delta=\delta_{max}-\delta_{min}$ uzunlikdagi ishchi uchastkani yo'l qo'yilgan δ_{max} va δ_{min} oraliqlar bilan cheklash zarur, bunda havo oralig'ining minimal kattaligi o'lchash jarayonidagi oraliq o'zgarishi diapazoni qanchalik katta bo'lsa, shuncha katta bo'lishi kerak.

$\Delta\delta/\delta_0$ nisbat qancha kichik bo'lsa, o'zgartkich tavsifining nochiziqligi kattaligi shuncha kichik bo'ladi. $\Delta\delta$ kattalikni kamaytirmasdan yanada chiziqliroq bog'lanishni olish uchun induktiv o'zgartkichlar qo'llaniladi, ularning ishlash prinsipi 3.18- a rasmda ko'rsatilgan. O'zgartkich umumiy yakorli ikkita magnitli zanjirga ega. O'lchanayotgan kattaliklar ta'sirida ikkala oraliq (zazor) bir xil, ammo turli ishoralar bilan o'zgaradi. Bunday o'zgartkichlar *differensial o'zgartkichlar* deyiladi.

Differensial o'zgartkichlar uchun tavsifining nochiziqligi 1% bo'lganda $\Delta\delta/\delta_0$=0,15...0,20 bo'ladi. O'lchash oralig'i va boshlang'ich oraliqning bunday nisbatida nodifferensial o'zgartkich tavsifining nochiziqliligi 10% dan ortiq bo'ladi. O'lchash sxemasiga ikkala g'altakni mos ravishda ulanganda (masalan, ko'prik sxemasining qo'shni yelkalariga) differensial o'zgartkich nodifferensialliliga qaraganda taxminan ikki marta ortiq sezgirlikka ega, atrof temperaturasining tebranishlariga, ta'minlovchi kuchlanishga va uning chastotasiga sezgirligi kam. Shuning uchun differensial o'zgartkichlar chiziqi o'lchashlar uchun mo'ljallangan asboblarda keng qo'llaniladi.

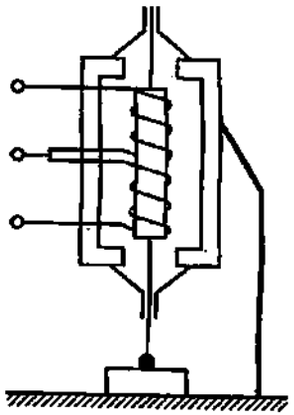


a) *b)*

3.18- rasm. **Induktiv o'zgartkichlarning chizmalari:**

a — havo oralig'i o'zgaruvchi differensial; *b* — havo oralig'i yuzi o'zgaruvchi differensial

Havo oralig'i o'zgaruvchan yuzli induktiv o'zgartkichlar $L=f(S_0)$ chiziqli xarakteristikaga ega (3.17- b rasmga qarang), le-



3.19- rasm. **Solenoid turidagi differensial o'zgartkich turi**

kin sezgirligi uncha yuqori emas, katta ko'chishlarni o'lchash uchun foydalaniladi. Berilgan turdagi o'zgartkichning differensial sxemasi (3.18- *b* rasm) shunga o'xshash afzalliklarga ega.

Katta ko'chishlarni o'lchash va xarakteristikasining chiziqliligi yuqori darajada bo'lgan kichik gabaritli o'zgartkichlarni yasash uchun solenoid turidagi differensial o'zgartkichlar qo'llaniladi (3.19- rasm). O'zgartkich ikkita g'altakdan iborat, ularning ichiga ferromagnit o'zak (yakor) joylashtirilgan. Yakorni g'altaklar ichida ko'chirilganda ularning induktivligi o'zgarmaydi. Sezgirlikni oshirish uchun g'altaklar ferromagnit ekran orasiga olingan. Solenoidli o'zgartkichning xarakteristikasi chiziqli, o'lchash kuchlanishi uncha katta emas.

Bu o'zgartkichlar 5...10 kGs chastotali kuchlanish bilan ta'minlanadi va ±(0,001...6) mm o'lchov uchun bo'lim qiymati 0,02...50 mkm bo'lgan asboblar yasashga imkon beradi.

Talab qilingan sezgirlikni hosil qilish uchun o'zgartkichning magnitli zanjirini to'g'ri tanlash ayniqsa muhimdir.

Induktiv o'zgartkichlarning magnit zanjirlari quyidagi talablarni ta'minlashi kerak:

— elektromexanik kuchlarning o'lchov sterjeniga bo'lgan minimal ta'sirini;
— parametrlarning temperaturaga minimal bog'liqligini;
— magnit sistemaning minimal o'lchamlarini;
— ishlov berish va yig'ishning eng sodda texnologiyasini hamda magnit sistema konstruksiyasining harakatlanuvchi yakorli o'lchov sterjeni osmasi konstruksiyasi bilan eng samarali qo'shilishni ta'minlovchi magnit zanjiri shaklini belgilaydi.

Bu talablarga eng ma'qul tarzda differensial o'zgartkichlar javob beradi.

O'zgartkich g'altaklari odatda chastotasi va amplitudasi bo'yicha barqarorlashgan 1...10 V kuchlanish bilan ta'minlanadi. Ta'minot manbai chastotasi qiymatini tanlash yetarlicha sezgirlikni olish zaruriyati va o'lchashlarning dinamik xatoliklarining kamaytirilishi bilan aniqlanadi. O'zgartkichning sezgirligi ta'minlovchi kuchlanishning chastotasi ortishi bilan ortadi, ammo shu bilan bir vaqtda o'zakdagi yo'qotishlar ham ortadi, va binobarin, o'zgartkich g'altagining aktiv qarshiligi ortadi. Ma'lum bir ta'minot chastotasida o'zgartkichning sezgirligi o'z maksimumiga erishadi.

Mavjud aniqligi yuqori bo'lgan asboblar 3...10 kGs chastotali kuchlanishdan ta'minlanadi.

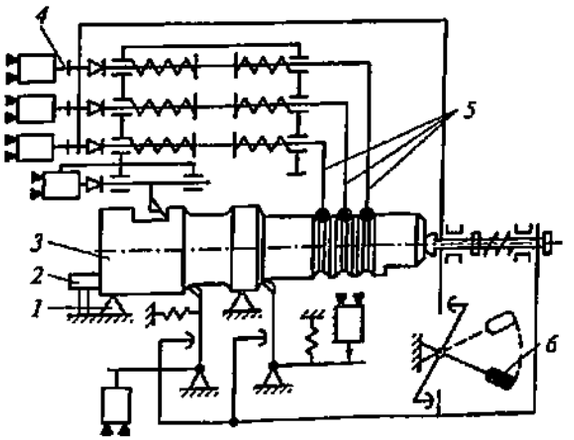
Induktiv o'zgartkichlarning magnitli zanjirlari uchun materialni tanlash gisterezis va uyurmali toklarga qilinadigan minimal yo'qotishlar shartidan aniqlanadi.

3.1.5. Avtomatlashtirilgan nazorat qilish qurilmalari

Avtomatlashtirilgan nazorat qilish qurilmalariga nazorat qilish natijalari to'g'risida signal beruvchi datchikli yoki boshqaruvchi ijro mexanizmli svetoforli va yarimavtomat qurilmalar kiradi. Bu qurilmalar xususiy, kichik seriyali va kamdan kam yirik seriyali ishlab chiqarishda keng foydalaniladi. Odatda, bunday qurilmalarda o'lchash pozitsiyasidan detallarni qo'lda yuklash va olib qo'yishdan foydalaniladi. Bunday qurilmalarning afzalliklari ularning qiymati avtomatlarga nisbatan pastligi, mexanizatsiyalashgan moslamalarga nisbatan unumdorligi yuqoriligi (ayniqsa ko'p o'lchovli nazoratda), aniqligi yuqoriligi, o'lchash natijalarining obyektivligi va elektr sxemalarning tipaviy elementlarini qo'llanish mumkinligidir. Svetoforli moslamalar buyumning haqiqiy o'lchamlarini o'lchashni emas, balki chegaraviy og'ishlarni nazorat qilinishinigina ta'minlaydi. Svetoforli qurilmalarni murakkab buyumlarni (ikkidan ortiq o'lchamlarni bir vaqtda o'lchashda), masalan, porshen, porshen halqalari, tirsakli vallar, dvigatel klapanlari va h. k. shu kabi buyumlarni nazorat qilishda qo'llanish afzaldir.

Yig'ma nazorat qilish moslamalarida T-simon pazli tayanch plitasida bazalovchi elementlar (prizmalar, markazlar, opravkalar, stolchalar), mustahkamlovchi elementlar (patronlar, dastaklar, qisqichlar), o'lchash pozitsiyalarigan buyumlarni o'rnatish va ulardan yechib olish elementlari, uzatish qurilmalari (shtoklar, richaglar, shayinlar, qisqich osmalar), datchiklar va ko'rsatuvchi asboblar, svetofor tablosi, ekranlar, raqamli indikatsiyali bloklar ko'rinishidagi ijrochi qurilmalar, buyumlarni burish va ko'chirish qurilmalari, bo'sag'a sxemalari va elektron relesi bo'lgan kuchaytiruvchi-o'zgartiruvchi elementlar montaj qilinadi.

3.20- rasmda nazorat qilish xatoligi 0,025 mm dan ortiq bo'lmagan, gabarit o'lchamlari 410×207×319 mm bo'lgan vallar va polzunlarning olti



3.20- rasm. **BV—7221 ko'p o'lchovli moslamaning o'lchash pozitsiyasi chizmasi:**
1 — bazalovchi prizma; *2* — tirgak; *3* — tekshirilayotgan detal; *4* — datchik; *5* — o'lchash uchliklari; *6* — dasta.

o'lchamgacha nazorat qilish uchun mo'ljallangan BV-7221 ko'p o'lchovli moslamaning o'lchash pozitsiyasi sxemasi keltirilgan. Nazorat qilinadigan detal *3* ni bazalovchi prizma *3* ga qo'lda joylanadi va tirak *2* ga siqiladi. Datchikli skoba *4* arretirlovchi mexanizmning dastasi *6* ni burib, detalga to'g'rilanadi, o'lchov uchliklari *5* esa detalning o'yiqlariga (teshiklariga) kiradi. Brak turi va yaroqliligiga bog'liq holda yoritish tablosida yashil, oq yoki qizil lampochka yonadi.

3.1.6. O'lchamlarni passiv nazorat qilish uchun avtomatik sistemalar

Ommaviy ishlab chiqarishda buyumlarni nazorat qilish deganda faqat ularning haqiqiy o'lchamlarining chegaraviy o'lchamlariga mosligini aniqlashni emas (kalibrlash, namuna detallar bilan taqqoslash va h.k.), balki o'lchamlarni umuman o'lchash tushunilgani sababli, brakka ajratuvchi (nazorat qilish jarayonida yaroqli va brak buyumlar guruhini tashkil etuvchi) va navlarga ajratuvchi (buyumlarni o'lchamlari va shakliga ko'ra guruhlarga ajratuvchi) avtomatik sistemalar farq qilinadi. Shuningdek, yig'ma birliklarga kiruvchi detallarning o'lchamlariga bog'liq holda bunday birliklarni to'plovchi komplektlovchi sistemalar va texnologik operatsiyalardan so'ng nazorat operatsiyalari bajariladigan nazorat o'rnatilgan sistemalar farq qilinadi. Buyumlarni nazorat qilish operatsiyalari bilan qamrab olish darajasiga ko'ra, yalpi (100% li) va tanlanma nazorat qilish farq qilinadi.

Nazorat qilish jarayonida buyumning holatiga bog'liq ravishda (tinch yoki harakatda bo'lishga qarab) buyumlarni davriy va uzluksiz ko'chirish sistemalari farq qilinadi. Nazorat qilish impulsi o'zgartkichlarining buyumga ta'sir ko'rsatish darajasiga ko'ra ikki guruh sistemalar farq qilinadi: kontaktli va kontaktsiz ta'sirli. Nazorat qilish pozitsiyalari soniga ko'ra sistemalar bitta va ko'p pozitsiyali sistemalarga bo'linadi.

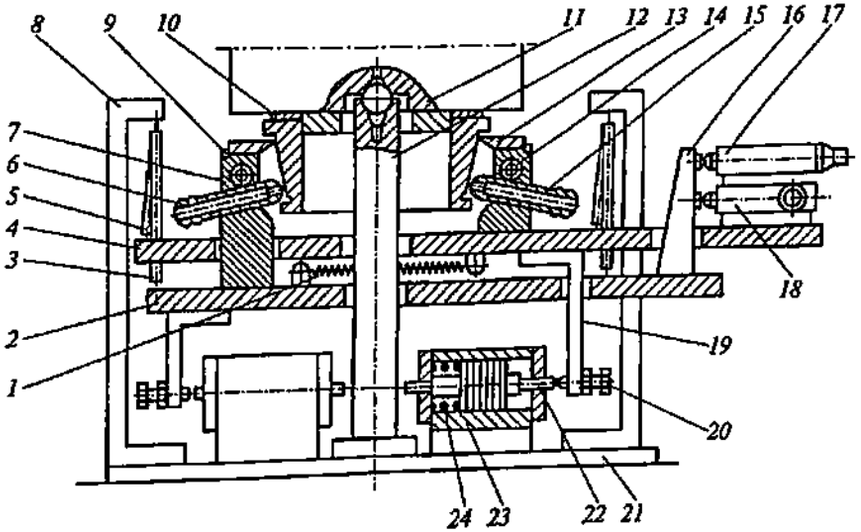
O'lchamlarni passiv nazorat qilish vositalarining aniqligi va aniqlikli ishonchliligi g'alayonlantiruvchi ta'sirlarning kattaliklari (kiruvchi va xususiy tebranishlar, harakatdagi massalarning urilishlari, markazdan qochma kuchlar, temperatura tebranishlari va boshq.), nazorat qilish uslubini tanlash, nazorat qilish impulsi o'zgartkichi turi va uning buyumga ta'sir ko'rsatish darajasi, nazorat qilish pozitsiyalarining instrumental xatoliklari va sistemaning bikirligi, nazorat qilinayotgan buyumlarning xossalari (sirtning g'adir-budurligi, ifloslanganlik darajasi, bikirlik va sh.k.) bilan aniqlanadi. O'lchamlarni passiv nazorat qilish vositalarining kompleksli chegaraviy xatoligi kattaligi sanab o'tilgan omillarning qo'shilishiga bog'liq holda ±(0,25...10) mkm dan boshlab tashkil etadi.

Passiv nazorat qilish sistemalari xili. Nazorat qilinayotgan buyumlar sirtining shakliga va nazorat qilinadigan o'lchamlarga bog'liq holda passiv nazorat qilish sistemalari quyidagi xillarga bo'linadi: aylanish jismlari xilidagi detallarning (tishlar, roliklar, sharlar, halqalar va boshq.) diametrlari va shakllarini nazorat qilish uchun; uzunlik, chuqurlik va qalinliklarni nazorat

qilish uchun; rezbali detallarni nazorat qilish uchun; tishli g'ildiraklarni nazorat qilish uchun; buyumlar sifati parametrlarini nazorat qilish uchun.

Aylanish jismlari xilidagi detallarning diametrlari va shakllarini nazorat qilish sistemalari. Mazkur nazorat uchun chizg'ichlari qiya joylashgan, shiberli, disklari tashiluvchi, richagi og'uvchi, ponasimon kalibrli, chizg'ichlari va roliklari suriluvchi; rotorli va boshqa sistemalar qo'llaniladi.

3.21- rasmda konussimon rolikopodshipnikning ichki halqasi tebranish yo'lchasining diametrini, ovalligini va konuslik burchagini nazorat qilish amalga oshiriladigan BV-471 avtomatining pozitsiyasi (birinchi) keltirilgan. O'lchash qurilmasi staninada asos *21* da o'rnatilgan. Sharchali ustun *12* magnit patroni *11* ni markazlash uchun xizmat qiladi, unga rolikopodshipnikning halqasi mahkamlangan. *8* ustunchalarga yassi prujinali osmalar *3* va *5* da prujina *1* bilan tutashtirilgan suzuvchi ramkalar *2* va *4* mahkamlangan, ularga qattiq qotishmali uchliklari *13* bo'lgan kronshteynlar *7* va *14* o'rnatilgan. Nazorat qilinayotgan halqaning bazaviy tayanchlari *10* bilan patron *11* ga o'rnatishda uchliklar *13* halqa tebranishi yo'lakchasi sirtiga nazorat qilish paytiga tayanadi. Pastki ramka *2* da yuqorigi ramka *4* ga mahkamlangan o'zgartkichlar *17* va *18* ning o'lchash uchliklari bilan o'zaro ta'sirlashuvchi tirgaklari bo'lgan kronshteyn *16* o'rnatilgan. Elektr kontaktli chegaraviy o'zgartkich *17* yo'lakcha diametrini nazorat qiladi, amplitudali o'zgartkich *18* halqa tebranishi yo'lakchasining ovalligini na-

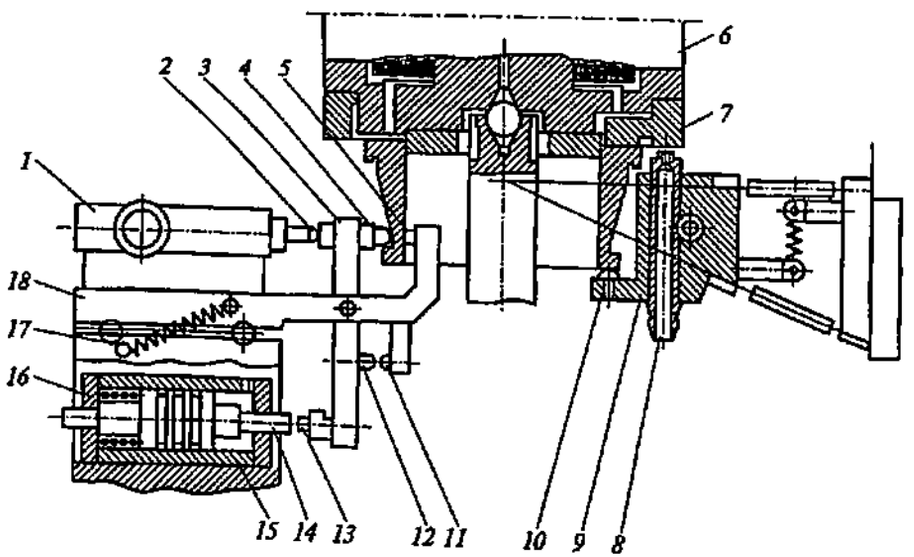


3.21- rasm. **Rolikli podshipniklarning halqalarini tekshirish uchun BV-471 avtomatning pozitsiyasi (birinchi):**

1 — prujina; *2* va *14* — suzuvchi ramka; *3* va *5* — prujinali osma; *6* va *15* — soplo; *7* va *14* — kronshteyn; *8* — stoyka (ustun); *9* — vint; *10* — asosiy tayanch; *11* — magnitli patron; *12* — ustun; *13* — uchlik; *16* va *19* — kronshteyn; *17* va *18* — o'zgartkich; *20* — sozlovchi vint; *21* — asos; *22* — shtok; *23* — arretir; *24* — prujina

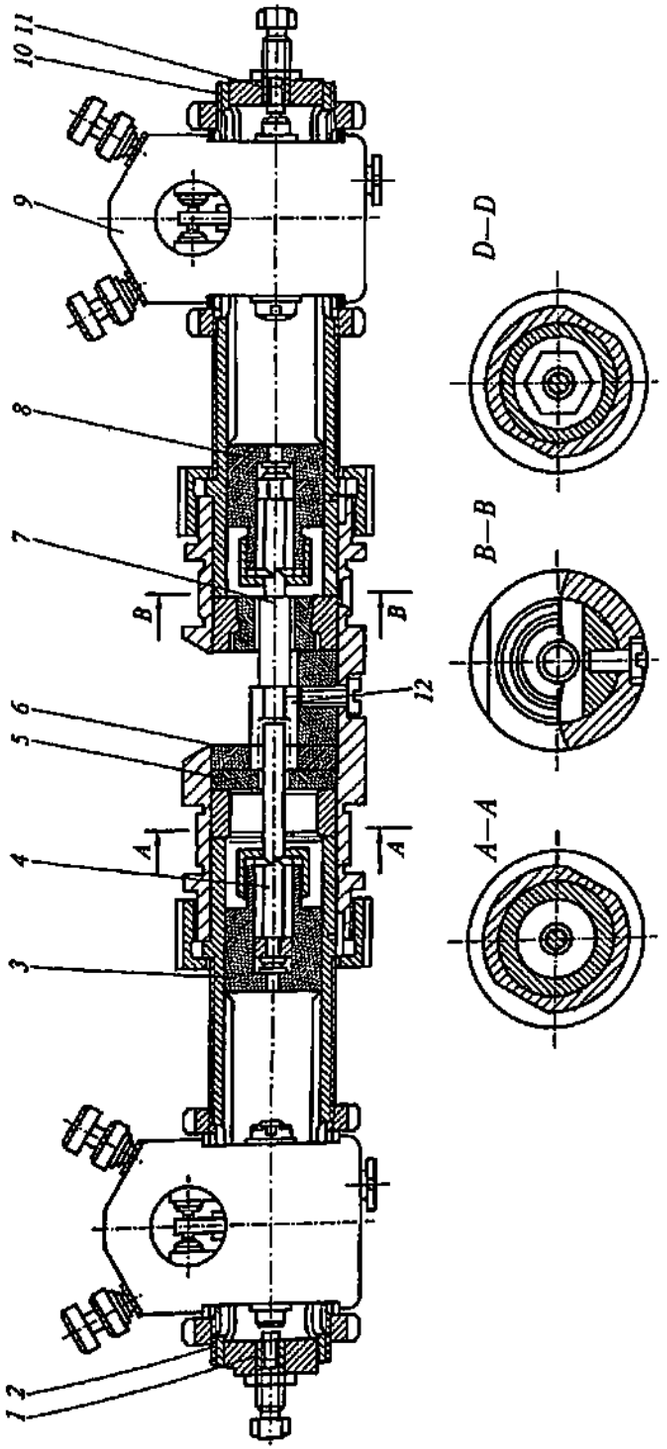
zorat qiladi. Kronshteynlar *7* va *14* da o'rnatilgan vintlari *9* bo'lgan soplolar *6* va *15* ma'lum bir uzunlikda yo'lkalar diametrlarining farqini o'lchaydi, ya'ni konus burchagining og'ishini o'lchaydi. Bu soplolar pnevmoo'zgartkichning tayanch silfoniga ulangan, u ikkala soplolar chetlaridagi yig'indi oraliqning o'zgarishidan ta'sirlanadi. Ramkalar *2* va *4* ni halqadan surish uchun uni o'rnatishda yoki olib tashlashda pnevmatik arretirlar *23*, prujinalar *24* xizmat qiladi, ularni shtoklar *22* ko'chiradi va sozlovchi vintlar *20* hamda kronshteynlar *19* vositasida ramkalar pozitsiya markazidan chetga suriladi. Nazorat qilishda arretir *23* silindri bo'shlig'iga siqilgan havo kiradi va porshenni shtoki *22* bilan markazga ko'chirib, ramkani bo'shatadi.

Ikkinchi pozitsiyada (3.22- rasm) konussimon rolikopodshipnikning ichki halqalarining turlichaligi va balandligi nazorat qilinadi. Devorining har xilligini nazorat qilish karetka *18* da o'rnatilgan, elektrokontakt xilidagi amplitudali o'zgartkich *1* bilan amalga oshiriladi. Halqaning radial urilishi xatoligi karetka *18* ni sharli yo'naltiruvchilarga o'rnatish vositasida yo'qotiladi. Karetkaning bazaviy tayanchi *5* halqaning ichki sirti bilan prujina *17* ning kuchi ta'sirida tiralib turadi. Halqaning tashqi sirti bilan richag *3* ning uchligi *4* tegib turadi, u karetkaga o'rnatilgan va o'q atrofida tebranib turishi mumkin. Uchlik *4* halqaning sirtiga o'zgartkich *1* halqaning sirtiga o'zgartkich *1* shtoki *2* ning o'lchash kuchi ta'sirida siqilib turadi. Nazorat tugagandan so'ng uchlik *4* ni arretirlash pnevmosilindr *15* ning shtoki *14* tomonidan amalga oshiriladi, pnevmosilindr *15* ning o'ng bo'shlig'ida bosim



3.22- rasm. **Rolikli podshipniklarning halqalarini tekshirish uchun BV-471 avtomatining pozitsiyasi (ikkinchi):**

1 — o'zgartkich; *2* va *14* — shtok; *3* — richag; *4* — uchlik; *5* — asosiy tayanch; *6* — patron; *7* — halqa; *8* — pnevmosoplo; *9* — kolodka; *10*, *11*, *12* va *13* — tirgak; *15* — pnevmosilindr; *16* va *17* — prujina; *18* — karetka

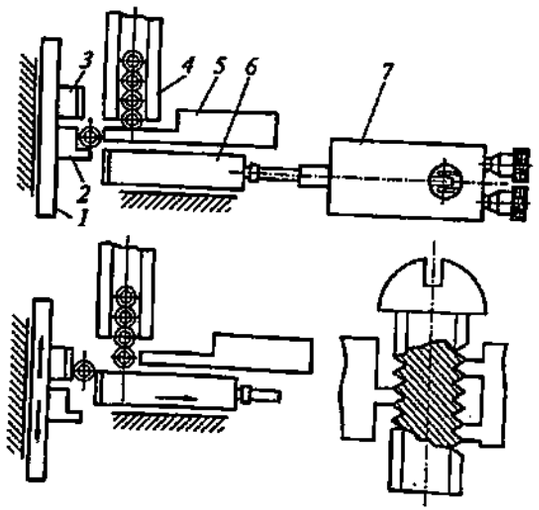


3.23- rasm. **Yo'nish chuqurligini, stakanchaning bo'yi va tashqi diametrini tekshirish bloki:**

1 va *11* — tirgak; *2* va *10* — o'lchash kallagi; *3* va *8* — shtok; *4* va *7* — tekshirish anjomi; *5* — asosiy halqa; *6* — o'tuvchi halqa; *9* — o'zgartkich; *12* — stakancha.

atmosfera bosimigacha kamaygan vaqtda, shtok *14* prujina *16* ning ta'sirida o'ng tomonga suriladi. Bunda shtok *14* richag *3* ning tirgaklari *13* va *12* orqali karetka *18* ning tayanchi *11* ga ta'sir qiladi, buning oqibatida nazorat qilinayotgan halqa tirgak *5* ning bosimidan ozod bo'ladi. Halqa balandligini nazorat qilish pnevmosoplo *8* bilan amalga oshiriladi, undagi havo bosim ostida soploning yuqori cheti bilan patron *6* ning halqasi *7* ning pastki bazaviy tekisligi orasidagi oraliqqa keladi. Yassi prujinalardan yasalgan osmaga o'rnatilgan kolodka *9* ning tirgagi *10* halqaning pastki cheti tekisligiga tegib turadi, bu tekislik o'qdoshlik va balandlikdan og'ishni nazorat qilishda o'z o'qi atrofida aylanadi.

Uzunliklar, chuqurliklar va qalinliklarni nazorat qilish sistemalari. 3.23- rasmda rotor sistemasining nazorat bloki keltirilgan bo'lib, unda yo'nish chuqurligi, metall stakanchaning uzunligi va tashqi diametri nazorat qilinadi. Blok korpusiga ikki tomondan elektr kontaktli richagli o'zgartkichlari *9* bo'lgan o'lchash kallaklari *2* va *10* ulangan. Kallaklarning shtoklari *3* va *8* da nazorat asbobi *4* va *7*, shuningdek, o'zgartkichlar *9* ning o'lchash sterjenlari bilan o'zaro ta'sirlashuvchi tirgak *1* va *11* lar mahkamlangan. Nazorat qilishda stakancha *12* o'z cheti bilan bazaviy halqa *5* ga siqiladi, bunda o'lchash kallagi *2* yo'nish chuqurligini, o'lchov kallagi *10* esa stakanchaning uzunligini va tashqi diametrni nazorat qiladi. Tashqi diametr o'tuvchi halqa *6* bilan nazorat qilinadi. Agar stakancha halqaga kirmasa, o'lchov kallagi *10* uni uzun sifatida brakka chiqaradi.



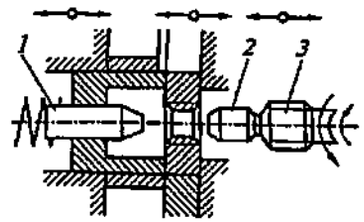
3.24- rasm. **Tashqi rezbani tekshiruvchi avtomatning tuzilishi:**

1 — polzun; *2* — fiksator: *3* — harakatlanuvchi planka; *4* — lotok; *5* — otsekatel; *6* — qo'zg'almas planka; *7* — elektrokontaktli o'zgartkich

Rezbali detallarni nazorat qilish sistemasi. Tashqi rezbalarni (boltlarni) nazorat qilish uchun tekis plashkalar buyumni prokatlamasdan (aniq sinfli rezbalarni bitta o'q kesimda keltirilgan o'rtacha diametr bo'yicha tekshirish), tekis plashkalar buyumni prokatlash bilan (kichik o'lchamli buyumlarni tekshirish), rezba ramkalari va qirqma segment kalibrlardan foydalaniladi. Ichki rezbalar probkalarning surilma yoki chegaraviy kalibrlari vositasida tekshiriladi.

M3...M8 vintlar rezbalarini tekshirish sistemasi avtomatining konstruksiyasi 3.24-rasmda ko'rsatilgan. Yuklanish qurilmasidan vintlar ta'minot

oqimi *4* ga tushadi, u yerdan esa ular navbati bilan tekshirish pozitsiyasiga keladi. Tekshirish pozitsiyasi polzun *1* da mahkamlangan harakatlanuvchi plashka *3* ko'rinishida ishlangan, u qaytma-ilgarilanma harakat qiladi, yana harakatsiz plashka *6* mavjud bo'lib, u elektrokontaktli o'zgartkich *7* bilan bog'langan. Tekshirilayotgan vint otsekatel *5* bilan fiksator (qayd qilgich) *2* ga uzatiladi. Polzun *1* pastga harakatlanganda plashkalar *3* va *6* vintni tutib oladi va prokatlaydi. Vint rezbasining keltirilgan o'rtacha diametrining o'lchamiga bog'liq holda o'zgartkich *7* ning kontaktlaridan biri ulanadi, bunda brakka ajratuvchi qurilmaga (tuzatiladigan brak, yaroqli, tuzatib bo'lmaydigan brak) tegishli elektr impulsi uzatiladi. Sistemani sozlash ikkita chegaraviy rezba kalibr-probka bo'yicha amalga oshiriladi.

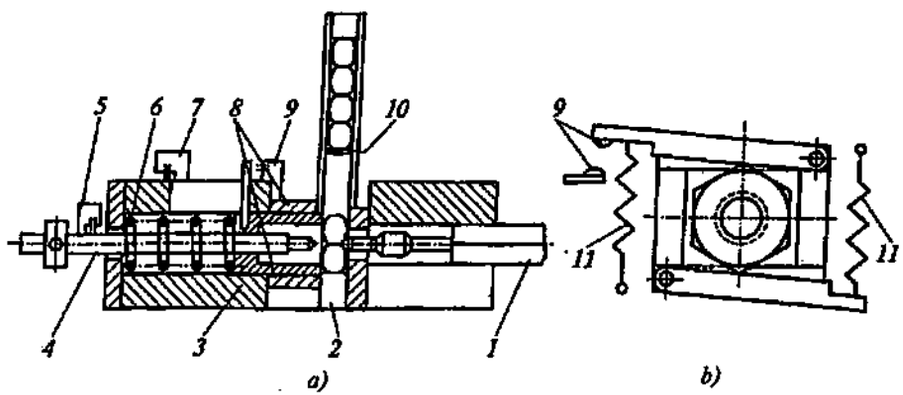


3.25- rasm. **Ichki rezbani tekshirish chizmasi:**

1 — silliq o'tmaydigan kalibr; *2* — silliq o'tuvchan kalibr: *3* — rezbali o'tuvchan kalibr

Ichki rezbalarni (3.25- rasm) tekshirishning eng keng tarqalgan uslublardan biri oldin silliq o'tuvchi kalibr *2* bilan, keyin rezbali o'tuvchi kalibr *3* bilan va nihoyat silliq o'tmaydigan kalibr *1* bilan tekshirish hisoblanadi. Silliq va rezbali kalibrlar kombinatsiyalangan kalibr ko'rinishida ishlangan va qaytma-ilgarilanma hamda aylanma harakatlar uzatmasi bilan ta'minlangan. Silliq o'tmaydigan kalibr qaytma-ilgarilanma harakat yuritmasiga ega.

3.26- *a* rasmda gaykalarning ichki diametrini mazkur uslub bilan tekshiruvchi avtomatning konstruksiyasi ko'rsatilgan. Gaykalar magazindan donalab otsekatel (ajratib oluvchi) *10* yordamida o'lchash pozitsiyasi *2* ga

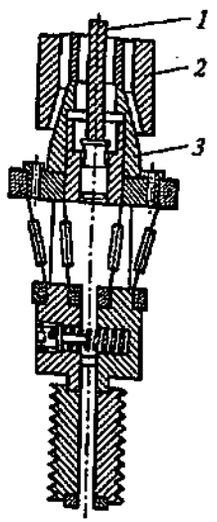


3.26- rasm. **Gaykalarning rezbasini tekshiruvchi avtomatning tuzilishi (*a*) va tekshirish pozitsiyasi (holati) chizmasi (*b*):**

1 — kombinatsiyalangan o'tuvchi kalibr; *2* — o'lchash pozitsiyasi; *3* — qistirma; *4* — o'tmaydigan kalibr; 5, *7* va *9* — kontakt; *6* va *11* — prujina; *8* — yuzlar; *10* — otsekatel

uzatiladi. Kombinatsiyalangan o'tuvchi kalibr *1* shpindelda mahkamlangan va reversli qaytma hamda qaytma-ilgarilanma harakat qiladi. Avval gaykaga silliq o'tuvchi kalibr kirib, rezbaning ichki diametrini tekshiradi va rezba o'qini rezba kalibri o'qi bilan solishtiradi. Agar rezbaning o'lchami kichik bo'lsa, u holda gayka kalibrda tiqilib qoladi va prujinalar *11* ni cho'zib, yuzlar (chekkalar) *8* da aylana boshlaydi (3.26- *b* rasm). Bunda brakka ajratuvchi qurilmada buyruqli signal uzatuvchi kontakt *9* uziladi. Kalibr harakati reversivlanganda, u gaykadan buralib chiqadi, chunki gaykani yuzalar *8* da tutib turuvchi kuch buralib chiqishda prujina *11* lar ta'siridan hosil bo'lgan momentning saqlanib qolishida yuzalar yelkasining kamayishi hisobiga keskin ortib ketadi. O'tuvchi kalibr burab yechilgandan va chiqqandan so'ng o'tmaydigan kalibr *4* bilan tekshirish lozim. Agar u rezbaning ichki diametriga kirsa, brakka ajratuvchi qurilmani boshqaruvchi kontakt *5* uziladi. Bu diametrga silliq o'tuvchi kalibr *1* kirmagan hollarda u gaykani qistirma *3* bilan birga itaradi, buning oqibatida prujina *6* siqiladi va brakka ajratuvchi qurilma bilan ham bog'langan kontakt *7* uziladi.

3.27- rasmda ichki rezbalarni tekshirish uchun kallakning konstruksiyasi tasvirlangan. Rezbali kalibr-tiqin o'zaro bog'liq bo'lgan ikkita yarimtadan iborat bo'lib, ular tekshirilayotgan rezbali teshikka siqilgan holda butun kallakni to'g'ri chiziqli surish bilan kiritiladi. Shundan keyin rezbali tiqin ochiladi va tekshiralayotgan detalning aylanishi natijasida rezbaga buralib kiradi. Rezba o'lchamlarida og'ishlar bo'lsa, brakka ajratuvchi qurilmaga signal beruvchi me'yorida ulangan kontakt uziladi. Rezba bo'yicha tiqinni o'z-o'zini o'rnatish va uning bo'ylama ko'chishi konus *3* ning konus teshigi *2* dan chiqishi va tekshirish paytida butun kallakning rezina shnur *1* da osib qo'yish hisobiga amalga oshiriladi.



3.27- rasm. **Ichki rezbalarni tekshiruvchi kallakning tuzilishi:**

1 — rezina shnur; *2* — konusli teshik; *3* — konus

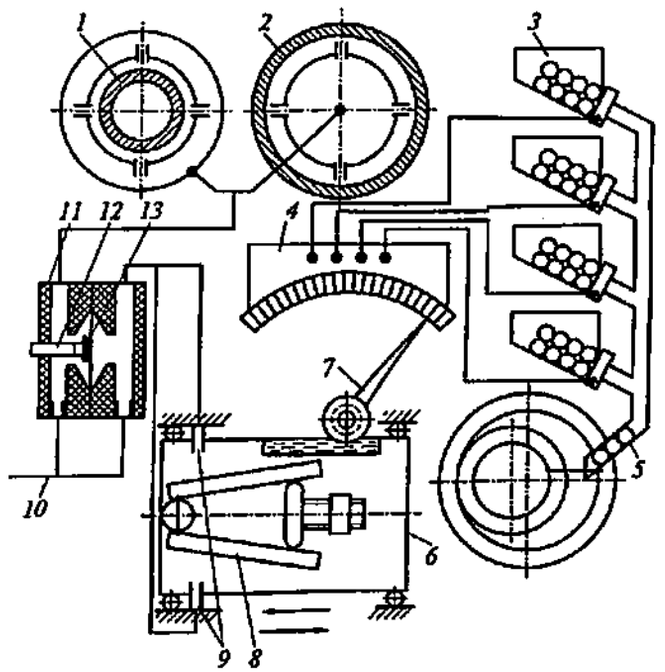
Selektiv yig'ishda avtomatik tekshirish va komplektlash sistemalari. Selektiv yig'ish uchta asosiy usul bilan amalga oshirilishi mumkin:

— buyumlarning tarkibiy qismlari bilan o'lchash guruhlariga ajratilgan sistemani keyinchalik berilgan dastur bo'yicha komplektlab yuklash bilan;

— guruhlar bo'yicha dastlabki navlarga ajratishsiz juft tarkibiy qismlarni tanlab olish bilan;

— ikki yoki bir necha qo'shilgan qismlardan faqat bitta tarkibiy qismni guruhlarga keyinchalik navlarga ajratilmagan tarkibiy qismlarni tekshirish va ularni ma'lum o'lcham guruhidagi navlarga ajratilgan tarkibiy qismlar bilan komplektlab navlarga ajratish bilan.

Oxirgi usul sharikli va rolikli podshipniklarni yig'ishda yig'ilgan podshipniklarning me'yorlangan kattaliklar chegarasida radial va o'q oraliqlarini (oraliqlarini) olish maqsadida qo'llaniladi. Sharikli podshipniklarni selektiv yig'ishda avtomatik tekshirish va komplektlash sistemasining tuzilishi 3.28- rasmda keltirilgan. Sistemaning o'lchash pozitsiyalarida podshipnikning ichki *1* va tashqi *2* halqalarining yugurish yo'lakchalarining o'rtacha diametrlari bir vaqtda o'lchanadi. Har bir o'lchash stansiyasida bir-biriga nisbatan 90° ostida joylashgan to'rttadan pnevmosoplo o'rnatilgan. Bu tarnovning o'lchamini diametrning o'rtacha qiymati bo'yicha baholashga imkon beradi. Sakkizta soploning hammasi pnevmatik membranali o'zgartkich *11* ning bitta tarmog'iga ulangan. Tashqi halqa tarnovining diametri qanchalik kichik bo'lsa va ichki halqa tarnovining diametri qanchalik katta bo'lsa, ularning farqi va o'zgartkich membranasining chap tomonidagi bosim bog'liq bo'ladigan soplolarning yig'indi oralig'i (oraliq) shunchalik kichik bo'ladi. Membrananing o'ng tomonidagi bosim soplolar *9* va pona *8* orasidagi oraliq bilan belgilanadi. Pona *8* oraliqning kamayib borish tomoniga siljiydi va membrananing shkala tomonidagi bosim tenglashganda elektr kontaktlar *12* va *13* ning ulanishi yuz beradi. Ulanish paytida surilma karetka *6* ning reykasi kommutatorning cho'tkasi *7* ni ma'lum bir holatga o'rnatadi, bunda sharchalarning o'lcham guruhini komplektlash uchun talab qilina-



3.28- rasm. **Sharikopodshipniklarni selektiv yig'ishda avtomatik tekshirish va komplektlash sistemasining tuzilishi:**

1 — podshipnikning ichki halqasi; *2* — podshipnikning tashqi halqasi; *3* — bunker; *4* — rele; *5* — sharchalar komplekti; *6* — suriluvchi karetka; *7* — cho'tka; *8* — pona; *9* — soplolar; *10* — kirish; *11* — membranali o'zgartkich; *12* va *13* — elektr kontakt

diganga mos keluvchi kommutator kontakti ulanadi. Ko'p seksiyali rele *4* ma'lum bir bunker *3* dan sharchalar komplekti *5* ni berishga (olib chiqarishga) buyruq beradi. Mazkur sistemada barqarorlashgan bosimdagi siqilgan havo kirish *10* ga, shuningdek, o'lchash soplolarini arretirlash qurilmasiga elektromagnit bilan boshqariluvchi zolotnik vositasida beriladi.

Nazorat savollari va topshiriqlari

1. Avtomatlashtirish darajasiga ko'ra, o'lchamlarni tekshirishning avtomatik va avtomatlashtirilgan vositalari qanday bo'linadi?
2. Avtomatlashtirilgan tekshirish vositalari tuzilmasiga qanday asosiy elementlar kiritilgan?
3. Avtomatlashtirilgan tekshirish vositalarining asosiy metrologik tavsiflarini aytib o'ting.
4. Avtomatik va avtomatlashtirilgan tekshirish asboblarida qanday turdagi o'lchash o'zgartkichlari qo'llaniladi? Ularning afzalliklarini va kamchiliklarini aytib bering.
5. Passiv tekshirish avtomatik sistemalari tasniflanadigan belgilarni ayting.

3.2. AKTIV TEKSHIRISH VOSITALARI

Ishlov berish jarayonida aktiv tekshirish vositalari ishlov berilayotgan o'lcham ishlov berish vaqtida uzluksiz o'lchanishi va olinadigan axborot ishlov berish rejim (tartib) larini avtomatik yoki dastaki o'zgartirish uchun foydalanilishi hamda uning ishlov beruvchi tomonidan berilgan qiymatdagi o'lchamga yetganda to'xtatilishi bilan ifodalanadi. Bu vositalar ishlov berilayotgan o'lcham kesuvchi asbobning o'rnatilgan bazalar yoki ishlov berilayotgan detalga nisbatan ishlov berilayotgan o'lchamining o'zgarishi yo'nalishida ishchi sirtining ko'chishi (uzatilishi) hisobiga ishlov berish jarayonida o'zgargan hollarda foydalaniladi. Ishlov berishning bunday turlariga, masalan, ichki jilvirlash, yumaloq tashqi o'yuvchi jilvirlash, xoninglash, jilvirlovchi doiraning (charxning) ishlov berilayotgan sirt bo'yicha ko'p marta o'tib tekis jilvirlash, o'yma charxlash va h.k.lar kiradi.

Ishlov berilgandan so'ng aktiv tekshirish vositalari, shuningdek, sozlashdan oldingi tekshirish vositalari deb ham aytiladi, ular berilgan o'lchamni olish kesuvchi asbobning ishchi sirtini «o'lchamga moslab» o'rnatish bilan, ya'ni o'rnatish bazasidan yoki ishlov berilayotgan detalning aylanish o'qidan, yoki ishlov berayotgan asbobning aylanish o'qidan ma'lum bir masofada o'rnatish bilan ta'minlanadigan hollarda qo'llaniladi. Aktiv nazorat vositasidan olinadigan va ishlov berilgan o'lcham qo'yim (dopusk) maydonida joylashganliligi, shuningdek, bu o'lcham dopusk maydoniga yaqinlashayaptimi-yo'qmi to'g'risidagi ma'lumotga ega bo'lgan axborotdan kesuvchi asbobning ishchi sirti vaziyatini o'zgartirish, ishlov berishni to'xtatish yoki ishlov berayotgan qurilmani to'xtatish va sozlovchini chaqirish uchun signal berish uchun foydalaniladi. Ishlov berishning bunday turlariga, masalan, «o'tib ketishga» markazsiz doiraviy jilvir qilish, charxlar, shu jumladan, olmosli charxlash, charxlab yedirish, «bir o'tishda» tekis jilvirlash, razvyortkalash va h.k.lar kiradi. Aktiv tekshirish vositalari

ishlov bergandan so'ng ba'zan va detallar ishlov berilayotgan o'lchamning o'zgarishi yo'nalishida ko'chuvchi asbob bilan ishlov berayotganda, ammo tasodifiy ishlov berish xatoliklari qo'yimga nisbatan uncha katta bo'lmaganda, shuningdek, asta-sekin ta'sir qiluvchi muntazam xatoliklarning ta'siri bartaraf etilganda, masalan, tashqi markazsiz o'yib kiruvchi doiraviy jilvirlash doiraviy charx toshning yeyilishi oqibatida qo'llaniladi.

Aktiv tekshirish vositasining asosiy vazifasi ishlov berilayotgan o'lchamga SMAD (stanok — moslama — asbob — detal) sistemasida muntazam va tasodifiy tarzda ta'sir qiluvchi turli omillarni, masalan, kesuvchi asbobning eyilishi, temperatura deformatsiyalari, ishlov berilayotgan materialning pripuski va mexanik xossalarining barqaror emasligi tufayli yuzaga keladigan SMAD sistemasidagi elastik kuch deformatsiyalari, shuningdek, kesuvchi asbobning o'tmaslashuvini bartaraf etish hisoblanadi. Ba'zan aktiv tekshirish vositalari ishlov berish tamom bo'lgan paytda ishlov berilayotgan detalning temperaturasi bir xil bo'lmasligidan vujudga keladigan temperaturaviy xatolikni yo'qotishga imkon beradi. Bu holda aktiv tekshirish vositalari ishlov berilayotgan detalning temperaturasini barqarorlashtirish uchun ishlov berish tugashi paytiga kelib, ishlov berish rejimini barqarorlashtiradi yoki bu temperaturani ishlov berilayotgan detalning temperatura deformatsiyalari bo'yicha shu temperaturani aniqlaydi yoki o'z sozlashiga bevosita tuzatish kiritadi.

Aktiv tekshirish vositalaridan foydalanishning iqtisodiy samaradorligiga brakni qisqartirish va bartaraf etish, ko'pstanokli xizmat ko'rsatishda ishlov berish unumdorligini oshirish, optimal rejimlarni qo'llab-quvvatlash va stanokni to'xtatish hamda sinov o'lchashlarga vaqtni sarflashni bartaraf etish, ishlab chiqarilayotgan mahsulot sifatini oshirish hisobiga erishiladi.

Hozirgi vaqtda aktiv tekshirish vositalarini qo'llashning asosiy sohasi detallarga eng so'nggi abraziv ishlov berish, birinchi navbatda, jilvirlash va xoninglash hisoblanadi. Bu ishlov berish aniqligiga bo'lgan yuqori talablar va bir qator hollarda kesuvchi asbobning nisbatan kichik mustahkamligi bilan izohlanadi. Aktiv tekshirish vositalari yo'nib o'yish ishlarida kam, tokarlik ishlarida esa undan ham kam foydalaniladi.

Aktiv tekshirish vositalarini yaratishda zamonaviy yo'nalish bu stanoklarni avtomatik boshqarish hisoblanadi. Buning sababi shundaki, sanoatda avtomatik va avtomatlashtirilgan stanoklar parki ancha o'sdi, aktiv tekshirish vositalaridan foydalanish ko'zda tutilgan yangidan loyihalanayotgan stanoklarning hammasi ulardan olinayotgan buyruqlar yordamida bu vositalar bilan avtomatik aloqa va boshqarishga mo'ljallangan. Bikir kalibrlardan aktiv tekshirish vositalari sifatida foydalanish qisqarmoqda, chunki ularning qo'llanilishi stanokni boshqarish uchun olish mumkin bo'lgan buyruqlar sonini cheklaydi, sozlash darajasini aniq rostlashga, analog (o'xshash) shaklda o'lchanayotgan o'lchashning qiymati to'g'risidagi signalni olishga imkoni bermaydi, kalibrning o'lchash sirtlarining muqarrar yeyilishi kompensatsiyasini qiyinlashtiradi, ishlov berishning borishini ko'z yordamida kuzatishga imkon bermaydi.

diganga mos keluvchi kommutator kontakti ulanadi. Ko'p seksiyali rele *4* ma'lum bir bunker *3* dan sharchalar komplekti *5* ni berishga (olib chiqarishga) buyruq beradi. Mazkur sistemada barqarorlashgan bosimdagi siqilgan havo kirish *10* ga, shuningdek, o'lchash soplolarini arretirlash qurilmasiga elektromagnit bilan boshqariluvchi zolotnik vositasida beriladi.

Nazorat savollari va topshiriqlari

1. Avtomatlashtirish darajasiga ko'ra, o'lchamlarni tekshirishning avtomatik va avtomatlashtirilgan vositalari qanday bo'linadi?
2. Avtomatlashtirilgan tekshirish vositalari tuzilmasiga qanday asosiy elementlar kiritilgan?
3. Avtomatlashtirilgan tekshirish vositalarining asosiy metrologik tavsiflarini aytib o'ting.
4. Avtomatik va avtomatlashtirilgan tekshirish asboblarida qanday turdagi o'lchash o'zgartkichlari qo'llaniladi? Ularning afzalliklarini va kamchiliklarini aytib bering.
5. Passiv tekshirish avtomatik sistemalari tasniflanadigan belgilarni ayting.

3.2. AKTIV TEKSHIRISH VOSITALARI

Ishlov berish jarayonida aktiv tekshirish vositalari ishlov berilayotgan o'lcham ishlov berish vaqtida uzluksiz o'lchanishi va olinadigan axborot ishlov berish rejim (tartib) larini avtomatik yoki dastaki o'zgartirish uchun foydalanilishi hamda uning ishlov beruvchi tomonidan berilgan qiymatdagi o'lchamga yetganda to'xtatilishi bilan ifodalanadi. Bu vositalar ishlov berilayotgan o'lcham kesuvchi asbobning o'rnatilgan bazalar yoki ishlov berilayotgan detalga nisbatan ishlov berilayotgan o'lchamining o'zgarishi yo'nalishida ishchi sirtining ko'chishi (uzatilishi) hisobiga ishlov berish jarayonida o'zgargan hollarda foydalaniladi. Ishlov berishning bunday turlariga, masalan, ichki jilvirlash, yumaloq tashqi o'yuvchi jilvirlash, xoninglash, jilvirlovchi doiraning (charxning) ishlov berilayotgan sirt bo'yicha ko'p marta o'tib tekis jilvirlash, o'yma charxlash va h.k.lar kiradi.

Ishlov berilgandan so'ng aktiv tekshirish vositalari, shuningdek, sozlashdan oldingi tekshirish vositalari deb ham aytiladi, ular berilgan o'lchamni olish kesuvchi asbobning ishchi sirtini «o'lchamga moslab» o'rnatish bilan, ya'ni o'rnatish bazasidan yoki ishlov berilayotgan detalning aylanish o'qidan, yoki ishlov berayotgan asbobning aylanish o'qidan ma'lum bir masofada o'rnatish bilan ta'minlanadigan hollarda qo'llaniladi. Aktiv nazorat vositasidan olinadigan va ishlov berilgan o'lcham qo'yim (dopusk) maydonida joylashganliligi, shuningdek, bu o'lcham dopusk maydoniga yaqinlashayaptimi-yo'qmi to'g'risidagi ma'lumotga ega bo'lgan axborotdan kesuvchi asbobning ishchi sirti vaziyatini o'zgartirish, ishlov berishni to'xtatish yoki ishlov berayotgan qurilmani to'xtatish va sozlovchini chaqirish uchun signal berish uchun foydalaniladi. Ishlov berishning bunday turlariga, masalan, «o'tib ketishga» markazsiz doiraviy jilvir qilish, charxlar, shu jumladan, olmosli charxlash, charxlab yedirish, «bir o'tishda» tekis jilvirlash, razvyortkalash va h.k.lar kiradi. Aktiv tekshirish vositalari

ishlov bergandan so'ng ba'zan va detallar ishlov berilayotgan o'lchamning o'zgarishi yo'nalishida ko'chuvchi asbob bilan ishlov berayotganda, ammo tasodifiy ishlov berish xatoliklari qo'yimga nisbatan uncha katta bo'lmaganda, shuningdek, asta-sekin ta'sir qiluvchi muntazam xatoliklarning ta'siri bartaraf etilganda, masalan, tashqi markazsiz o'yib kiruvchi doiraviy jilvirlash doiraviy charx toshning yeyilishi oqibatida qo'llaniladi.

Aktiv tekshirish vositasining asosiy vazifasi ishlov berilayotgan o'lchamga SMAD (stanok — moslama — asbob — detal) sistemasida muntazam va tasodifiy tarzda ta'sir qiluvchi turli omillarni, masalan, kesuvchi asbobning eyilishi, temperatura deformatsiyalari, ishlov berilayotgan materialning pripuski va mexanik xossalarining barqaror emasligi tufayli yuzaga keladigan SMAD sistemasidagi elastik kuch deformatsiyalari, shuningdek, kesuvchi asbobning o'tmaslashuvini bartaraf etish hisoblanadi. Ba'zan aktiv tekshirish vositalari ishlov berish tamom bo'lgan paytda ishlov berilayotgan detalning temperaturasi bir xil bo'lmasligidan vujudga keladigan temperaturaviy xatolikni yo'qotishga imkon beradi. Bu holda aktiv tekshirish vositalari ishlov berilayotgan detalning temperaturasini barqarorlashtirish uchun ishlov berish tugashi paytiga kelib, ishlov berish rejimini barqarorlashtiradi yoki bu temperaturani ishlov berilayotgan detalning temperatura deformatsiyalari bo'yicha shu temperaturani aniqlaydi yoki o'z sozlashiga bevosita tuzatish kiritadi.

Aktiv tekshirish vositalaridan foydalanishning iqtisodiy samaradorligiga brakni qisqartirish va bartaraf etish, ko'pstanokli xizmat ko'rsatishda ishlov berish unumdorligini oshirish, optimal rejimlarni qo'llab-quvvatlash va stanokni to'xtatish hamda sinov o'lchashlarga vaqtni sarflashni bartaraf etish, ishlab chiqarilayotgan mahsulot sifatini oshirish hisobiga erishiladi.

Hozirgi vaqtda aktiv tekshirish vositalarini qo'llashning asosiy sohasi detallarga eng so'nggi abraziv ishlov berish, birinchi navbatda, jilvirlash va xoninglash hisoblanadi. Bu ishlov berish aniqligiga bo'lgan yuqori talablar va bir qator hollarda kesuvchi asbobning nisbatan kichik mustahkamligi bilan izohlanadi. Aktiv tekshirish vositalari yo'nib o'yish ishlarida kam, tokarlik ishlarida esa undan ham kam foydalaniladi.

Aktiv tekshirish vositalarini yaratishda zamonaviy yo'nalish bu stanoklarni avtomatik boshqarish hisoblanadi. Buning sababi shundaki, sanoatda avtomatik va avtomatlashtirilgan stanoklar parki ancha o'sdi, aktiv tekshirish vositalaridan foydalanish ko'zda tutilgan yangidan loyihalanayotgan stanoklarning hammasi ulardan olinayotgan buyruqlar yordamida bu vositalar bilan avtomatik aloqa va boshqarishga mo'ljallangan. Bikir kalibrlardan aktiv tekshirish vositalari sifatida foydalanish qisqarmoqda, chunki ularning qo'llanilishi stanokni boshqarish uchun olish mumkin bo'lgan buyruqlar sonini cheklaydi, sozlash darajasini aniq rostlashga, analog (o'xshash) shaklda o'lchanayotgan o'lchashning qiymati to'g'risidagi signalni olishga imkoni bermaydi, kalibrning o'lchash sirtlarining muqarrar yeyilishi kompensatsiyasini qiyinlashtiradi, ishlov berishning borishini ko'z yordamida kuzatishga imkon bermaydi.

Keyingi vaqtda o'lchashning elektron prinsipi keng tarqaldi. Bunga tez ta'sir, signalni kerakli shaklga aylantirish imkoniyati, asbobni yaratish uchun yaxshi rivojlangan element bazasi, shuningdek, oraliq almashtirishlar va sanoq signal hamda talab qilingan shakldagi buyruqlarni olish uchun standartlashtirilgan ikkilamchi qurilmalarning mavjudligi imkon berdi.

O'lchashning elektron prinsipidan foydalanish zamonaviy ishlov berish uslublariga va mos metall qirqish stanoklariga bo'lgan aktiv tekshirish vositalarining qo'llanish sohalarini kengaytirishga imkon berdi.

Aktiv tekshirish elektron asboblari tezkor va kuch bilan jilvir qilish stanoklarida foydalanilib, unda butun ishlov berish vaqti bir necha daqiqani tashkil etadi. Bunday asboblar kesuvchi asbobning kuzatuvchi uzatishini amalga oshirishga imkon berib, SMADning yetarlicha bikir emasligi yoki boshqa sabablarga ko'ra odatdagi uzatish mexanizmlari yordamida bajarish mumkin bo'lmaganda, stanoklarda berilgan chegaralarda real uzatishni qo'llab-quvvatlaydi.

Jilvirlash doirasi shpindelining bikirligi kichik bo'lgan ichki jilvirlash stanoklarida ishlov berish aniqligi va unumdorlik bo'yicha eng yaxshi natijalarni uzatmani adaptiv boshqarish sistemasi deb ataluvchi sistemada olishga erishiladi, bunda aktiv tekshirish elektron asbobi faqat ishlov berilayotgan o'lchamning kattaligini kuzatib qolmay, balki uning o'zgarish tezligini pripuskning har bir uchastkasi uchun ma'lum darajada tutib turib, tezlik o'zgarishini ham kuzatadi. Bu holda asbob o'lchamning o'zgarish tezligini defferensial qurilma yordamida o'lchamdan vaqt bo'yicha olingan hosila sifatida aniqlaydi.

Jilvirlash (yo'nish) va tokarlik guruhlaridagi SDB li stanoklarda bu stanok mo'ljallangan ishlov berishning butun diapazonida ishlov berilayotgan (yoki ishlov berilgan) sirtning absolut o'lchamini aniqlashga imkon beruvchi, o'lchash oraliqlari katta bo'lgan aktiv tekshirish asboblari zarur. Bu asboblar stanokni dasturli boshqarish sistemasi bilan bog'langan bo'lishi, bu sistemadan topshiriladigan buyruqlarni bajarishi va o'z navbatida, bu sistemaga o'lchanayotgan o'lchamning qiymati to'g'risida signallar uzatishi kerak.

Avtomatik liniyalarda va qulay ishlab chiqarish sistemalarida (QICHS) aktiv tekshirish vositalari keng tarqalib, ularning bu vositalarsiz muvaffaqiyatli ishlashi mumkin bo'lmas edi: aktiv tekshirish vositalari jilvirlash stanoklarining uzatish mexanizmlarini boshqaradi, nozik yo'nishdan yoki razvyortkalashdan so'ng teshiklarning diametrlarini o'lchaydi va asbobni sozlashga yoki uni almashtirish uchun stanokni to'xtatishga signallar beradi, xoninglash stanogini boshqaradi, «o'tishga» ishlovchi tokarlik, markazsiz jilvirlash va tekis jilvirlash stanoklarini sozlashga buyruqlar beradi).

Aktiv avtomatik tekshirish vositalari mashinasozlik mahsulotlari sifatini tartibga solish uchun eng samarali qurilmalardan biri hisoblanadi. Ularning qo'llanilishi metall qirqish stanoklarida ishlov berishning optimal rejimlarining qo'llab-quvvatlanishini ishonchli ravishda ta'minlashga, ishlov berilgan o'lchamlarni kerakli aniqlikda olishga imkon beradi.

3.2.1. Jilvirlash stanoklari uchun o'lchov jihozlarini yasash prinsiplari

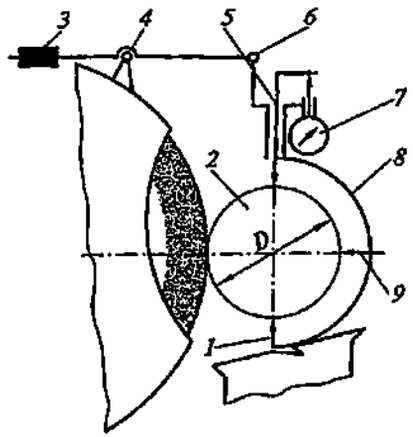
Doiraviy jilvirlash markazli stanoklarida ishlov berilayotgan detalning tashqi diametrini tekshirish qurilmalari juda keng tarqalgan. Jilvirlanayotgan chetning holatini, chetlar orasidagi masofani yoki detalli stolni jilvirlash doirasiga nisbatan uning cheti bo'yicha ma'lum tarzda o'rnatishni tekshirish qurilmalari kamroq qo'llaniladi.

Diametrni o'lchash uchun ishlov berilayotgan sirt bilan tegishib turgan o'lchov va bazaviy uchliklar soniga ko'ra, farqlash qabul qilingan sxemalar qatoridan foydalaniladi. Uch kontaktli sxema asosida ishlovchi qurilmalarda (3.29- rasm) skoba *8* u bilan bikir bog'langan o'lchov *1* va bazaviy *9* uchliklar bilan ta'minlangan bo'lib, ular ishlov berilayotgan sirtga tayanadi va ishlov berilayotgan detal *2* hamda skoba *8* o'qining qat'iy aniqlangan o'zaro joylashuvini ta'minlaydi.

Ikkinchi o'lchov uchligi sterjen 5 bilan bog'langan bo'lib, u skoba 8 ga nisbatan ko'chishi mumkin. Ishlov berilayotgan detalning diametri *D* ning o'zgarishi sanoq qurilmasi 7 yoki shu qurilmaning skoba bilan bikir bog'langan sezgir elementi (induktiv o'zgartkich, o'lchov soplosi) tomonidan qabul qilinadi.

Ko'pchilik hollarda skoba maxsus mexanizm bilan jilvirlash doirasining kojuxiga mahkamlangan bo'ladi. Bu detalni o'rnatishda va yechib olishda qulaydir, chunki jilvirlash doirasining babkasi undan ancha katta masofaga surib qo'yiladi. Bunday mahkamlash, shuningdek, bitta doira bilan ishlov berilayotgan detalning bir nechta bo'yinchalarini ketma-ket jilvirlashda ham qulay.

Bo'ylama uzatmali jilvirlashda skobani o'rnatish qurilmasini skoba va detalning o'lchash aniqligiga ta'sir ko'rsatuvchi uning o'qi bo'yicha nisbiy ko'chishini bartaraf qilish uchun stanok stolida oldingi yoki keyingi babkada mahkamlanadi. Bu yerda ishlov berilayotgan detalning diametri uning o'qi bo'yicha bitta kesimda o'lchanadi. Stanokda uch kontaktli skobani o'rnatish qurilmasining konstruksiyasi sharnirlar *4* va *6* ning mavjudligi tufayli detal sirtida uni o'rnatish uchun zarur erkinlik darajasini ta'minlaydi. Uchliklar *1* va *9* ni detal sirtiga qisish yuk *3* bilan yoki maxsus prujina yordamida amalga oshiriladi.



3.29- rasm. **Uch kontaktli o'lchash skobasining chizmasi:**

1 — o'lchash uchligi; *2* — ishlov beriladigan detal; *3* — yuk; *4* va *6* — sharnir; *5* — sterjen; *7* — sanash qurilmasi; *8* — skoba; *9* — asosiy uchlik

Katta o'lchamdagi detallarni tekshirishda, ayniqsa, ishlov berish lyunetlarda olib boriladigan detallarni tekshirishda prizmali («chavandozlar») o'lchov jihozlari qo'llaniladi.

Bu turdagi mavjud qurilmalar ikkita turli xil o'lchov sxemalari bo'yicha yasaladi. 3.30- *a* rasmda prinsipial sxema keltirilgan bo'lib, unda val diametrini bilvosita o'lchash prizma *2* ning tayanch sirtlari tashkil qilgan burchak bissektrisasi bo'yicha o'lchov kallagi *1* bilan amalga oshiriladi.

Bu sxemaning muhim kamchiligi shundan iboratki, muntazam geometrik shakldan (ovallik, ogranka) og'ishlarga uzatish munosabati val diametrining o'zgarishiga qaraganda ancha katta bo'lar ekan. Shuning uchun ovallik, masalan, qo'yimning diametrga nisbatiga teng bo'lganda, ishlov berilayotgan diametrni amalda aniq tekshirish mumkin emas.

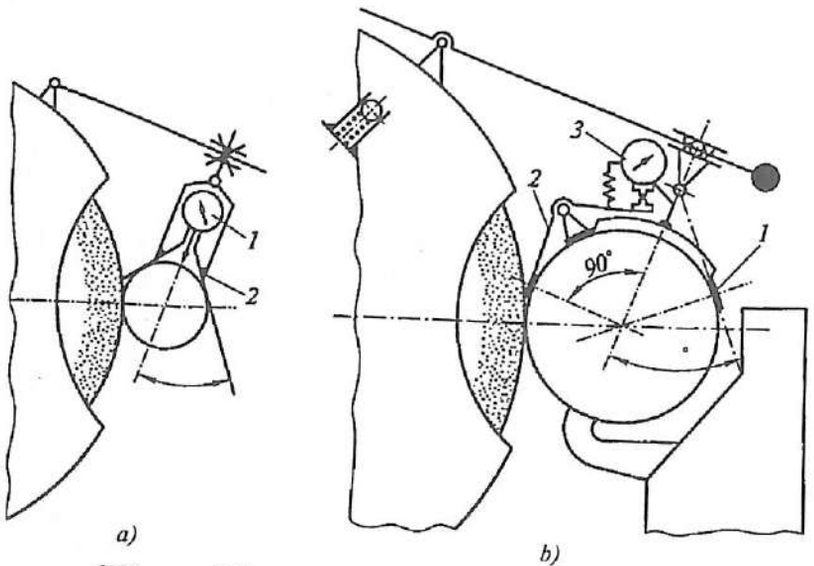
Tekshirilayotgan valning diametrini o'lchashda sxemaning uzatish nisbati:

$$K_d = 1/2\ (1/\sin\alpha - 1).$$

Ovallikni o'lchashda sxemaning uzatish nisbati:

$$K = 1 - \frac{(1-5\sin\alpha)(1+2\sin\alpha)}{2\sin\alpha}.$$

Shunday qilib, agar chegaraviy o'lchamlari aynan bir qo'yimga mos keluvchi, lekin ulardan ba'zilari muntazam silindrik shaklga, boshqalari oval shaklga ega bo'lgan, detallar tekshirilsa, u holda kallak o'lchov sterjenining dastlabki sozlanuvchi holatidan ko'chishlari bu ikki guruh detallar uchun har xil bo'ladi. Masalan, val diametri (3.31- rasm) $\Delta D = D - d$ ga o'zgarganda datchik sterjenining ko'chishi $\Delta S = AC - BD$ ni tashkil etadi.



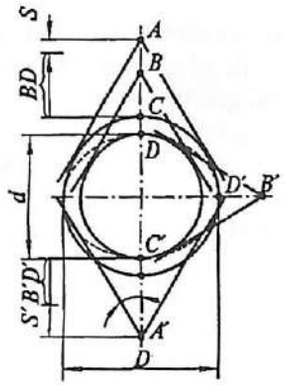
3.30- rasm. **Prizmali o'lchash qurilmasining chizmasi:**

a — prizma burchagining bissektrisasiga ko'ra valni o'lchash (*1* — o'lchash kallagi; *2* — prizmaning tayanch sirtlari); *b* — prizma burchagi bissektrisasiga perpendikulyar holda valni o'lchash (*1* — prizmaning tayanch sirtlari; *2* — uzatuvchi richag; *3* — o'lchash kallagi)

Minimal o'lchami *d* ga teng, maksimal o'lchami esa *D* ga teng bo'lgan oval detal tekshirilganda, o'lchov sterjenining ko'chishi $\Delta S' = AC - B'D'$ bo'ladi. Rasmdan ko'rinadiki, $\Delta S'$ ko'chish ΔS dan ancha katta. Bu farq

$$K_0/K_d = 1 + 2\sin\alpha$$

nisbat bilan aniqlanadi.



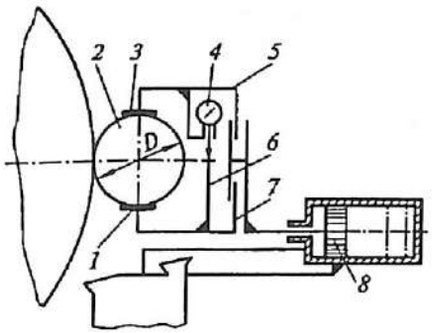
3.31- rasm. **Prizmaning uzatuvchi munosabatlarini aniqlash chizmasi.**

Boshqa bir sxemada (3.30- *b* rasm) diametrni bilvosita o'lchash prizma *1* ning tayanch sirtlari, uzatuvchi richag *2* yordamida o'lchov kallagi *3* orasidagi burchak bissektrisasiga perpendikulyar chiziq bo'yicha amalga oshiriladi. Bunday sxemaning ovallikka, ogrankaga uzatish nisbati amaliy jihatdan val diametrini o'lchashda uzatish nisbatiga teng. Shuning uchun sxema ancha yuqori metrologik ma'lumotlarga ega.

Bo'ylama uzatmadan ishlov beriladigan uzun detallarni tekshirishda yoki bir nechta ishlov beriladigan bo'yinli detallarni tekshirishda «chavandoz» turidagi o'lchash qurilmalari odatda jilvirlaydigan doiraning kojuxiga mahkamlanadi. O'lchov qurilmasi detalning butun jilvirlanadigan bo'yi bo'yicha tekshirish olib boradi. Boshqa hollarda qurilmalar stanok stoliga yoki stanokning oldingi babkasiga mahkamlanadi.

Sxemada sanoq qurilmalari sifatida nisbatan oddiy o'lchash kallaklari va mexanik uzatmali indikatorlar foydalanilishi mumkin, chunki skoba (prizma)ning konstruksiyasi (tuzilishi) alohida qiyinchiliklarsiz bu kallaklarning tozaligini va ko'rsatishlarini sanash qulayligini saqlash uchun bu kallaklarni ishlov berish hududidan olib chiqib ketishga imkon beradi.

Sxemaning kamchiliklariga quyidagilar kiradi: o'lchash skobasini ishchi holatiga kiritishni va undan chiqarishni avtomatlashtirish murakkabligi, stanokda ishlov berilayotgan detallarni o'rnatish va yechib olish uchun skobani kiritishda va chiqarishda katta yo'l zarurligi, jilvirlash doirasi kojuxida skobani odatdagicha mahkamlashda bo'ylama uzatmali ishlov berishda qiyinchiliklar.



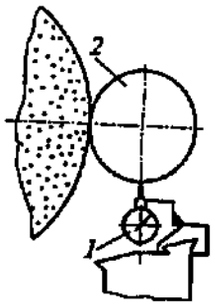
3.32- rasm. **Ikki kontaktli o'lchash skobasining chizmasi:**

1 va *3* — o'lchash uchligi; *2* — ishlov beriladigan detal; *4* — sanash qurilmasi; *5* va *7* — karetka (richag); *6* — tirgak; *8* — olib keluvchi qurilma

Ikki kontaktli sxema bo'yicha ishlovchi qurilmalarda (3.32- rasm), o'lchov uchliklari *1* va *3* detal *2* ning ishlov berilayotgan o'lchami *D* ning

o'zgarishini kuzatishga imkon beradigan karetkalar (richaglar) *5* va *7* ga mahkamlangan. Karetkalardan biriga sanoq qurilmasi *4* bog'langan yoki bu qurilmaning sezgir elementi bog'langan, ikkinchi karetkaga esa tirgak *6* bog'langan.

Bunday sxemada detalning kesish kuchlari yoki issiqlik hodisalari bilan vujudga keltirilgan o'lchov chizig'i bo'yicha tasodifiy ko'chishlari tekshirish natijalariga ta'sir etmaydi. Detal ko'chishlarining o'lchash chizig'iga perpendikular ta'siri o'lchash uchliklarining parallelligi hisobiga ma'lum darajada bartaraf etiladi. Ikki kontaktli skobalar keltiruvchi qurilma *8* yordamida stanok stoliga mahkamlanadi va shu skobalar yordamida detal bitta kesimda tekshiriladi. Qurilmaning kirish va chiqishining to'g'ri chiziqli trayektoriyasi bu harakatlarni eng oddiy tarzda avtomatlashtirishga imkon beradi. Ikki kontaktli o'lchov sxemalari avtomatlashtirilgan stanoklarda eng ko'p tarqalgan.



3.33- rasm. **Bir kontaktli o'lchash qurilmasining chizmasi:**

1 — sanash qurilmasi (yoki uning sezgir elementi); *2* — ishlov beriladigan detal

Bir kontaktli o'lchash sxemasida (3.33- rasm) sanoq qurilmasi (yoki uning sezgir elementi) *1* odatda, stanok stoliga mahkamlanadi va detalning ishlov berilayotgan sirtining stol sirtidan masofasi o'lchanadi. Ishlov berish jarayonida markazlar balandligini doimiy deb faraz qilib, detalning radiusi — markazlar o'qidan buyumning ishlov berilayotgan sirtigacha masofa o'lchanadi deb, hisoblash mumkin.

Bir kontaktli sxema tuzilishiga ko'ra sodda, o'lchov qurilmasini kiritish va chiqarishga zaruriyat yo'q, ishlov berilayotgan detalni o'rnatishda va yechib olishda xalaqitlar yo'q.

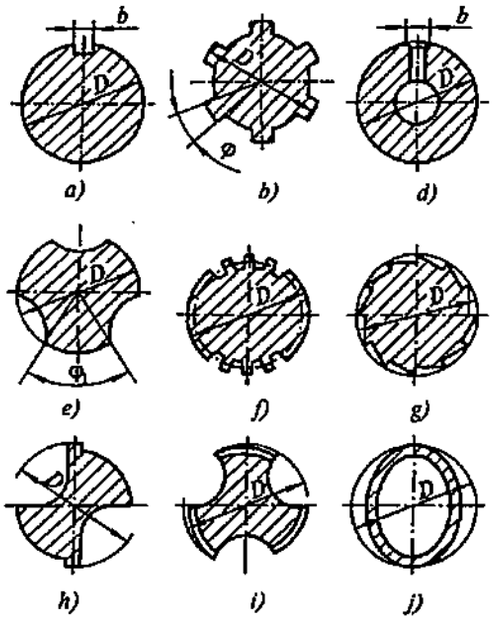
Bu sxemaning kamchiliklari quyidagilar: o'lchash zanjiriga stanok uzellari (stol, orqa va oldingi babka va h.k.) kiradi va sanoqning aniqligiga bu uzellarning kuch hamda temperatura deformatsiyalari to'liq ta'sir etadi. Undan tashqari, detal radiusining o'zgarishi tekshiriladi, bu ham o'lchashlar aniqligini pasaytiradi. Biroq ishlov berishning yetarlicha barqaror rejimlarida bir kontaktli sxemaning qo'llanilishi *7...8* kvalitetdagi detallarni olishga imkon beradi.

3.2.2. Sirti uzlukli bo'lgan detallarni tekshirish usullari

Doiraviy tashqi jilvirlashda sirtida uzilishlar bo'lgan detallarni tekshirishga to'g'ri keladi. Bunday hollarda asbobning o'lchash uchliklari ishlov berilayotgan detal sirtida davriy ravishda bo'ladi va undan tushadi.

Doiraviy jilvirlashda uchraydigan uzlukli sirtga ega detallarning (vallarning) kesimlari quyidagicha bo'ladi: shponkali (3.34- *a* rasm) va shlitsali vallar (3.34- *b* rasm), moylash teshigi bo'lgan val (3.34- *d* rasm), uchta moylash ariqchasi bo'lgan val (3.34- *e* rasm), tishli g'ildirak (3.34- *f* rasm),

razvyortkalar va frezalar (3.34- *g* rasm), spiral parma (3.34- *h* rasm), metchik (3.34- *i* rasm) va ichki yonuv dvigatelining oval porsheni (3.34- *j* rasm).



3.34- rasm. **Dumaloq jilvirlashda uchraydigan uzlukli sirtli vallarning kesimlari**

Aktiv tekshirish asbobini tanlashda uzlukli sirtning ba'zi xarakteristikalarini bilish zarur. Uning muhim xarakteristikasi o'lchov uchliklari uzilishga tushmaydigan yoy uzunligi L hisoblanadi. Agar detal sirtidagi chiqiqlar bir tekis joylashgan bo'lsa va ularning soni juft bo'lsa (3.34- *b, d, e, j* rasmlarga qarang), L yoyning uzunligini bir va ikki kontaktli asbob uchun

$$L = D/2\varphi$$

formula bo'yicha aniqlanadi, bunda D — ishlov berilayotgan sirtning tashqi diametri, mm; φ — uzluksiz uchastka (qism)ning markaziy burchagi, rad.

Asbobning vaqtincha va dinamik xarakteristikalarini aniqlash uchun tekshirilayotgan sirtning harakatlanish tezligi V(mm/s)ni topish zarur:

$$V = \pi Dn/60,$$

bu yerda n — ishlov berilayotgan detalning bir minut ichidagi aylanishlar soni.

Asbobning eng muhim xarakteristikasi o'lchov uchligining o'lchanayotgan sirtda mavjud bo'lish vaqti t(c) hisoblanadi:

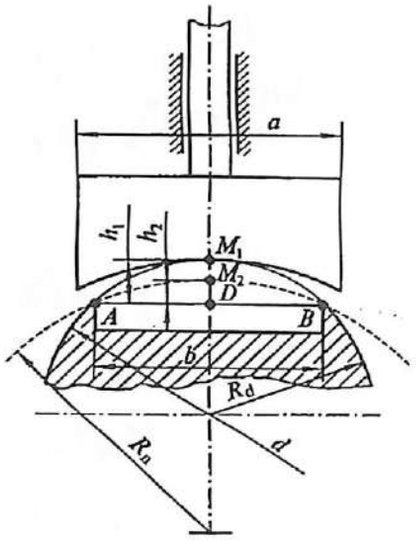
$$t = L/V.$$

Asbobning prinsipial sxemasi va konstruktiv xususiyatlari ko'p jihatdan t ning qiymatiga bog'liq.

O'lchov uchligi ostida bir yo'nalishda bir xil tezlik bilan ko'chuvchi ishlov berilayotgan uzlukli sirt xarakteristikasi uchun L yoy uzunligining (yoki φ burchakning) uzilish yoyi uzunligi m ga (yoki tegishli ω burchakka) nisbatidan foydalaniladi, u *uzilish koeffitsienti* deb ataladi:

$$K = L/m = \varphi/\omega.$$

Uzlukli sirtli detallarni o'lchab, asbob konstruksiyasiga o'lchov uchliklari sirt uzilishlariga tushganda ularni sinishdan himoyalovchi maxsus qurilmalar kiritiladi. Bunday qurilmalar yolg'on boshqaruvchi buyruqlar berishning oldini oladi va sanoq qurilmasi strelkasining tebranishlarini kamaytiradi.



3.35- rasm. **Yoysimon uchlik bilan tekshirish chizmasi ($R_y > R_d$)**

Doiraviy jilvirlashda uzlukli sirtni tekshirish uchun eng oddiy qurilma detalning radiusi R_d ga yaqin bo'lgan radius R_y ga ega va sirtning uzilishlarini qoplovchi yoysimon uchliklar hisoblanadi (3.35- rasm).

Yoysimon uchlikning tinch va zarbasiz ishlashi uchun uning eni

$$a = (2{,}2...2{,}5)b$$

ni tashkil etishi kerak, bunda b — pazning eni, uning radiusi $R_y > R_d$, shu bilan birga R_y odatda, pripuskli ishlov berilayotgan detalning radiusiga teng.

Yoysimon uchlikli asboblar kamida 0,015...0,020 mm bo'lgan ishlov berish aniqligini ta'minlashi mumkin, shuning uchun hozirgi vaqtda bunday asboblar juda kam foydalaniladi.

Shponka ariqchalari va teshiklari bo'lgan detallar $K > 2$ bo'lganda o'zgartkichning chiqish signali tebranishlarini kamaytirish yo'li bilan tekshiriladi. Pnevmatik asboblarda buning uchun o'lchash kamerasining chiqishida diametri 0,4...0,5 mm bo'lgan drossel o'rnatiladi. Drosselning mavjudligi sanoq qurilmasi silfonlaridagi bosim tebranishlarini jiddiy pasaytiradi, bunga mos ravishda asbobning elektr kontaktli karetkasi va strelkasi tebranishlari kamayadi.

Elektron asboblarda chiqish signali tebranishlarining pasayishiga chiqish kaskadlarida *RC* zanjirini o'rnatib erishiladi. Bu usulning qo'llanilishi drosselni yoki *RC* zanjirni to'g'ri tanlab olinganda yaxshi natijalarni beradi. Asboblarning inersionligining ortishi bilan bog'liq, qo'shimcha ravishda vujudga keladigan dinamik xatoliklar uncha katta emas. Sirtning uzilish joyi ostidan o'tayotganda o'lchov uchliklari tormozlanuvchi asboblar konstruksiyasining va sozlanishining murakkabligi sababli hozirgi vaqtda qo'llanilmaydi.

Razvyortka, frezalar va boshqa shunga o'xshash chiqiqlari davomiyligi kichik bo'lgan detallarni tekshirishda murakkab induktiv asboblar qo'llaniladi, ularda o'lchash richaglari ularning o'lchanayotgan sirtdan uzilishini istisno qiluvchi samarali gidravlik dempferlar bilan bog'langan, elektron sanoq qurilmasi esa sirt uzilishining o'lchash uchliklari ostidan o'tish vaqtida chiqish signalini tutib turuvchi xotira bloki bilan ta'minlangan.

Uziluvchan sirtni tekshirishda o'lchash uchliklarining tekshirilayotgan sirtdan uzilishi va asbob inersionligining ortishi oqibatida qo'shimcha dinamik xatoliklar muqarrar vujudga keladi. O'lchash uchliklarining uzilishiga ikki usul bilan erishiladi: o'lchash kuchlanishini orttirish va gidravlik dempferlarni qo'llanish. Biroq o'lchash kuchlanishi orttirilganda o'lchash richaglari va ularni osish elementlarining deformatsiyalaridan xatoliklar yuzaga kelishi mumkin. Dempferlarning qo'llanilishi yaxshi natijalar beradi, biroq o'lchash kuchlanishini to'g'ri tanlashni va dempferning o'lchash richaglarining tebranishlarini ishlov berishning har bir aniq holida pasaytirish qobiliyatining aniq tanlanishini talab qiladi.

3.2.3. BV-4100 aktiv tekshirish induktiv o'lchash sistemasi

Ta'sir etishning elektron prinsipiga asoslangan o'lchash sistemasi markaziy dumaloq jilvirlash stanoklarida detallarga ishlov berishning avtomatik siklini boshqarish uchun mo'ljallangan. O'lchash sistemasining parametrlari va xarakteristikalari DST 8517—70 va DST 18272—72 ga muvofiqdir.

Doiraviy jilvirlashda aktiv tekshirishning zamonaviy vositalariga qo'yiladigan keng doiradagi talablarni qanoatlantirish uchun o'lchash sistemasini tipaviy funksional uzellar gammalarining turli birikmalarida komplektlanadi.

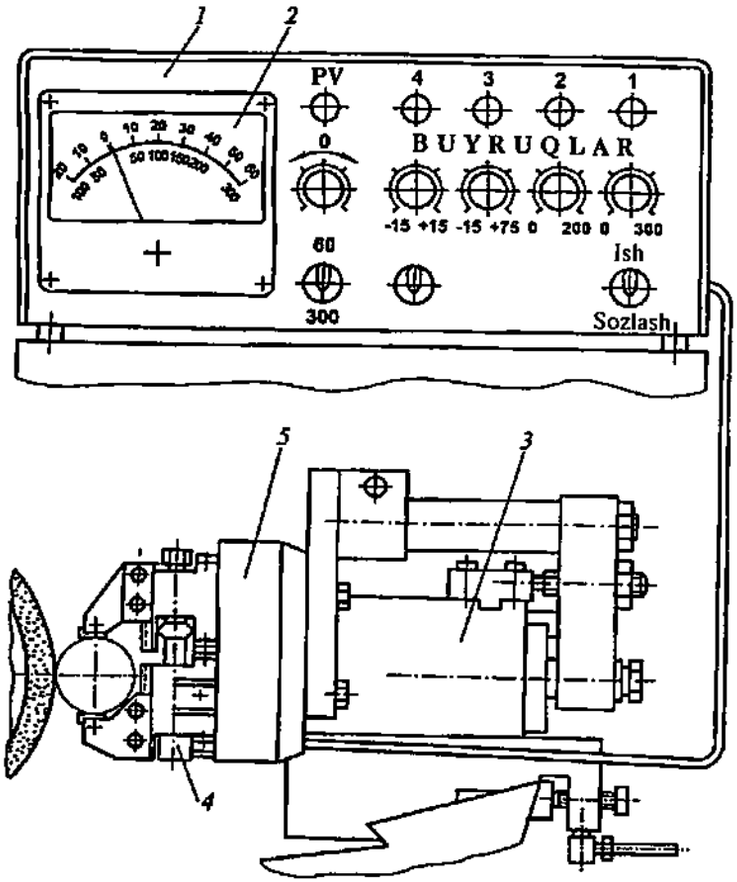
O'lchov sistemasi ijrosining 30 xil varianti ko'zda tutilgan. Har bir ijro tashqi zanjirga mos ravishda to'rtta yoki ikkita boshqaruvchi buyruq chiqaruvchi BV-6119-01 yoki BV-6119-02 turidagi elektron, sanoqli-buyruq beruvchi qurilma bilan komplektlanadi.

Silliq vallarni va shponka pazlari bo'lgan vallarni doiraviy jilvirlash avtomatlarida va yarim avtomatlarida qirqib kirish yoki bo'ylama uzatish uslublari bilan ishlov berish jarayonida BV-3152-40, BV-3152-80, BV-3152-125 va BV-3152-200 turidagi stol usti induktiv skobalari bilan ta'minlanadi.

Bu skobalarning o'lchash diapazonlari mos ravishda 2,5...40, 10...80, 35...125 va 125...200 mm. Skobalar BV-6067 turidagi induktiv o'zgartkich bilan ta'minlangan.

O'lchash skobasining ko'chishlarini va uni jilvirlanuvchi zagotovkaga nisbatan mo'ljallashni avtomatlashtirish BV-3102 T turidagi gidravlik keltiruvchi qurilma bilan ta'minlanadi. Keltiruvchi (moslovchi) qurilmaning to'liq komplektini yetkazib berish bilan bir qatorda stanokning aniq bir modeliga qo'shimcha qilinuvchi detallarsiz faqat gidrosilindrlarni yetkazib berish variantlari ko'zda tutilgan.

BV-4100 o'lchov sistemasi yordamida (3.36- rasm) qirqib kirish uslubi bilan jilvirlashning ishchi sikli quyidagi tarzda amalga oshiriladi. Siklning boshlang'ich fazasida stol skobasi *5* va jilvirlash babkasi dastlabki holatini egallaydi. Yolg'on buyruqlar chiqib qolmasligini bartaraf etish uchun skobaning notinch holatida stanok sxemasidan o'lchash sistemasiga boshqarish buyruqlarini berish zanjirlarining blokirovkasini (to'sishni) ta'minlovchi signal keladi. Zagotovkani ishlov berish pozitsiyalariga o'lchash sistemasining ishtirokisiz mahkamlagandan so'ng, jilvirlash babkasini tezkor keltirish va yalpisiga yoki xomaki uzatishga o'tish amalga oshiriladi.



3.36- rasm. **BV-4100 o'lchash sistemasi:**
1 — sanash-buyruq berish qurilmasi; *2* — ko'rsatuvchi asbob; *3* — gidrosilindr; *4* — induktiv o'zgartkich; *5* — stol skobasi

Pripuskning xomaki qismini olib tashlashdan oldin stanokning gidrosistemasi gidrosilindr *3* ga kelib tushayotgan moy oqimini reverslaydi. Shu tufayli o'lchash skobasi zagotovka tomon tekis harakatlanadi. Shu bilan bir paytda boshqarish buyruq berish zanjirlarini blokirovkadan olib tashlash uchun stanok sxemasi sanoq buyruq berish qurilmasi *1* dagi elektron vaqt relesini ishga tushiruvchi signalni shakllantiradi. Vaqt relesi skobaning ishlamaydigan holatida yolg'on buyruqlar berilishini istisno etadi, stanok sxemasidan o'lchash sistemasiga boshqarish buyruqlarini chiqarish zanjirlarini to'sishni ta'minlovchi signal keladi.

Ishlov berish jarayonida induktiv o'zgartkichning shtoki *4* skobaning o'lchov karetkalarining ko'chishini qabul qiladi. Jilvirlanayotgan val o'lchamining o'zgarishiga proporsional bo'lgan o'zgartkichning chiqish signali elektron sxema tomonidan kuchaytirilgandan so'ng ko'rsatuvchi

asbob *2* uchun o'xshash (analog) signalga va stanokning ijrochi organlari uchun diskret buyruqlarga almashadi.

Dastlabki buyruqlar jilvirlash doirasini xomaki va tozalab ishlov beruvchi (pardozlovchi) uzatmalarga tezda olib borishni ta'minlaydi. Siklning yakunlovchi bosqichida toza yoki yetkazib jilvirlash rejimida zagotovkadan pripuskning qolgan qismi olib tashlanadi. Berilgan o'lchamga erishish paytida jilvirlash babkasi va o'lchash skobasini dastlabki vaziyatiga tezda olib ketish uchun natijaviy buyruq shakllanadi.

Uzlukli sirtli detallarni tekshirish uchun qurilmaning elektr sxemasi uchli detektor bilan ta'minlangan bo'lib, u elektron xotira elementlari bilan birgalikda qurilmaning sanash-buyruq berish qismiga jilvirlanayotgan sirtning chiqiqlari o'lchamlariga mos keluvchi foydali signallarni o'tkazadi va o'lchash uchliklari shu sirtdagi uzilishlarga tushib qolganda yolg'on axborot o'tishini bartaraf etadi.

Bo'ylama uzatish uslubi bilan vallarga ishlov berishda o'lchov sistemasidan keladigan boshqarish buyruqlari stanokning elektravtomatika sxemasi tomonidan stolning bo'ylama yurishi oxirida qabul qilinadi.

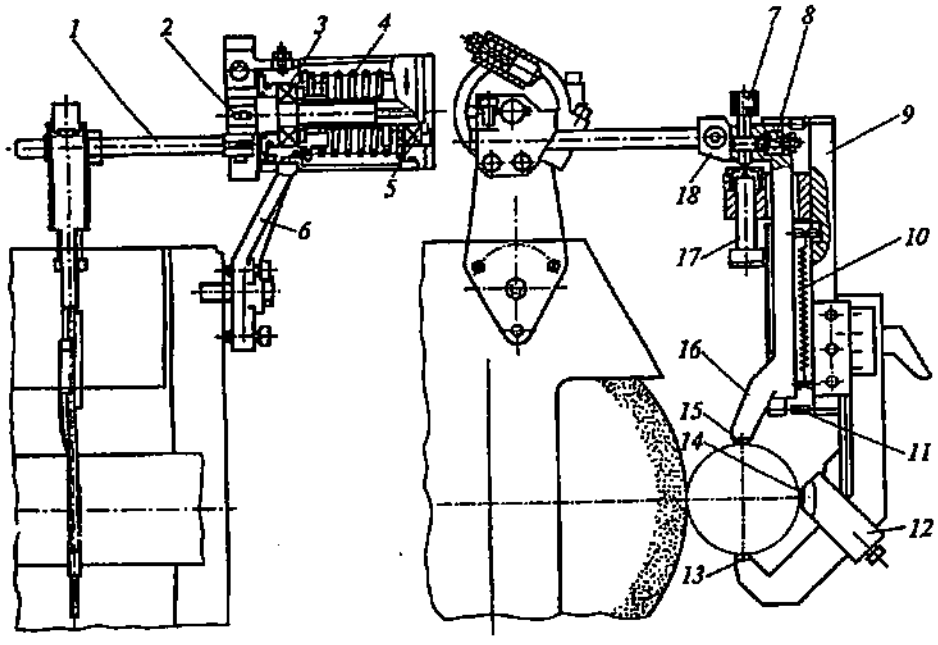
Stol usti skobalari bilan komplektlanuvchi BV-4100 o'lchov sistemasi 5-kvalitetdagi silliq vallarning olinishini, uzlukli sirtli vallarning 6—7-kvalitetlarda olinishini ta'minlaydi.

Doiraviy jilvirlash yarim avtomatlarida yoki universal stanoklarida kesib kirish uslubi bilan ishlov berish jarayonida silliq vallarni tekshirish BV-4100 o'lchov sistemasi bilan ta'minlanadi, bu sistema BV-3154-40, BV-3154-80, BV-3154-125 va BV-3154-200 turidagi osma uch kontaktli induktiv skobalar to'plami bilan jihozlangan (3.37- rasm). Bu skobalarning o'lchash diapazonlari mos ravishda 4...40, 10...80, 40...125 va 80...200 mm ni tashkil etadi. Skobalar BV-6067 turidagi induktiv o'zgartkichlar *17* bilan komplektlanadi.

Skoba *9* stanokda, odatda, jilvirlash doirasi kojuxiga mahkamlanadigan BV—3221 turidagi bir xillashtirilgan kronshteyn *6* yordamida o'rnatiladi. Bo'ylama uzatma bilan ishlov berishda skobali kronshteynni babkalardan biriga yoki jilvirlash stanogi stoliga o'rnatish tatbiq qilinadi. Osma skobani mahkamlashning ikkala usuli jilvirlanayotgan detalning diametrini bitta kesimda o'lchashni ta'minlaydi.

Osma skobali o'lchash sistemasidan foydalanishda doiraviy jilvirlash yarim avtomatining ishchi sikli stol usti skobali jilvirlashning yuqorida tavsiflangan sikliga o'xshashdir. Farqi faqat shundaki, bunda vaqt relesi VRni ishga tushirish tashqi zanjirlar bilan emas, balki xususiy elektrosxema elementlari bilan o'lchash uchliklarini pripuskka ega bo'lgan zagotovkaga o'rnatish paytida yuzaga keladigan induktiv o'zgartkich signali bo'yicha amalga oshiriladi.

Bu signalning BV-6119 sanoq-buyruqli qurilmada ishlab ketish darajasi 15 mkm nuqtaga to'g'ri keladi. Osma skobani tekshirilayotgan holatga o'rnatish va dastlabki vaziyatiga qaytarish qo'lda amalga oshiriladi.



3.37- rasm. **BV-3154 induktiv osma skobaning tuzilishi:**

1 — skoba *9* ning korpusini sharnirli osish uchun skalka; *2* — tebranish podshipniklari *3* va *5* ga o'rnatilgan o'q; *4* — skobani dastlabki holatiga keltirish uchun aylanuvchi momentni vujudga keltiruvchi va pastki o'lchash uchligi *13* da o'lchash kuchlanishni ta'minlovchi spiral prujina; *6* — jilvirlash babkasining kojuxiga mahkamlangan kronshteyn, *7* — induktiv o'zgartkich *17* ning o'lchash uchligi bilan o'zaro ta'sirlashuvchi mikrometrik vint; *8* va *11* — o'lchash shtoki *16* ni osish uchun yassi parallel prujinalar; *10* — yuqori o'lchash uchligi *15* da o'lchash kuchlanishni ta'minlovchi spiral prujina; *12* — yon *14* uchlikli dvijok; *18* — skoba korpusini osish uchun sharnir

Osma uch kontaktli skobalar bilan jihozlangan BV-4100 o'lchov sistemasi IT7 aniqlikdagi silliq vallarni olishni ta'minlaydi.

BV-4100 o'lchov sistemasining texnik xarakteristikalari:

Ishlash prinsipi	elektronli
O'lchash oraliqlari, mm	2,5...200
Ko'rsatishlar oraliqlari, mm:	
bo'lim qiymati 0,001 mm bo'lgan shkala bo'yicha	0,080(−0,020...+0,060)
bo'lim qiymati 0,005 mm bo'lgan shkala bo'yicha	0,400(−0,100...+0,300)
Boshqaruvchi bo'yruqlar soni	2 va 4
Nolni elektrik to'g'rilash oralig'i, mm	±0,060
O'lchov kuchlanishi, N:	
silliq vallarni tekshirishda	6,0±1
sirti uzlukli vallarni tekshirishda	10,0±2
Buyruqlarning ishlab ketishi xatoligi, mm:	
oxirgi	0,0003
dastlabki	0,0005
Ta'minlash kuchlanishi, V	110; 127; 200.

3.2.4. Qo'shma jilvirlash asboblari

Birikmalarda, masalan, yonilg'i apparaturasi detallarida berilgan kichik oraliqlar (oraliqlar)ni hosil qilish uchun birikmadagi (ko'pincha valdagi) boshqa bir detalni o'lchash natijalariga ko'ra detallardan birini qo'shma ishlov berish qo'llaniladi.

Bunday hollarda asbob ishlov berilayotgan valni tekshiruvchi o'lchov skobasidan; ishlov berilgan teshikning diametrini o'lchovchi o'lchash qurilmasidan; ikkala o'lchash vositalaridan va stanokning ishlov berish siklini boshqaruvchidan keladigan signallarni yig'uvchi sanash-buyruq berish qurilmasidan iborat.

Aniq qo'shilishlarga, odatda, qisman o'zaro almashuvchanlik sharoitida teshikli detallarni va nisbatan keng, iqtisodiy jihatdan foydali dopusklar (qo'yimlar) bilan ishlov berilgan vallarni o'lchami bo'yicha selektiv guruhlarga saralash hisobiga, keyin esa bir ismli selektiv guruhlardagi qo'shiladigan detallarni yig'ish hisobiga erishiladi. Bunda bunday guruhlardan har biri ichida to'liq o'zaro almashuvchanlik amalga oshiriladi.

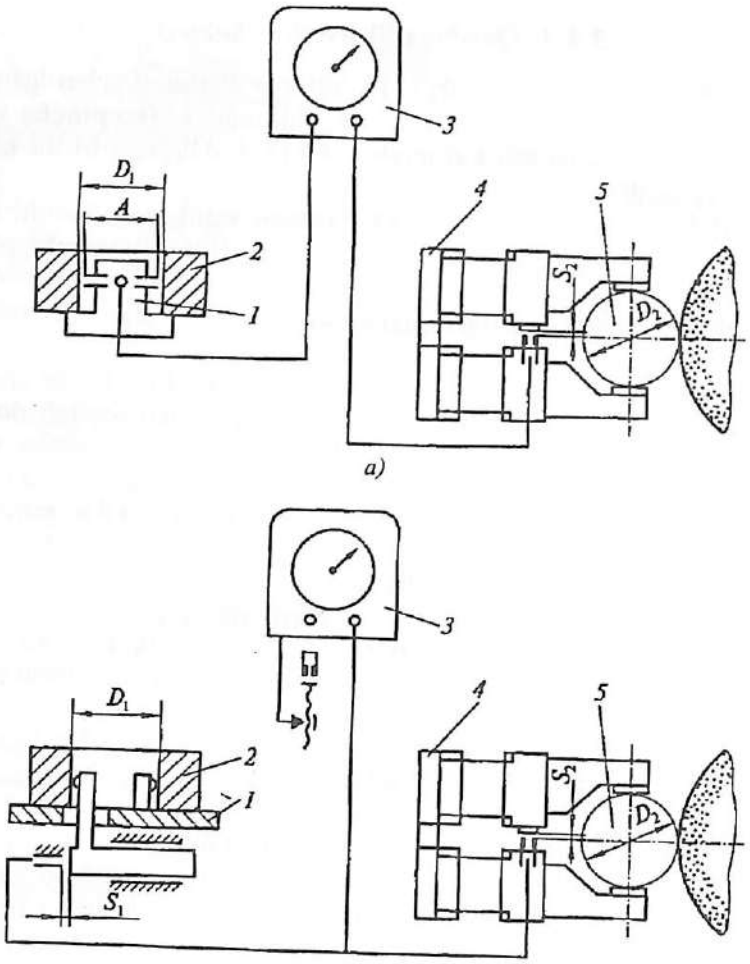
Selektiv yig'ishni qo'llanish detallar miqdori yetarlicha bo'lgan, shu jumladan, bir ismli guruhdagi detallar yetarlicha miqdorda bo'lgan, faqat ommaviy yoki yirik seriyali ishlab chiqarishda mumkin. Xususiy ishlab chiqarishda bunday aniqlikdagi tutashmani olish ko'p mehnat talab qiladigan va qimmat turadigan qo'lda yetkazish ishi bilan erishiladi.

Qo'shma jilvirlash uchun aktiv tekshirish asbobining qo'llanilishi seriyali va mayda seriyali ishlab chiqarishda foydali hamda yuqori aniqlikdagi silindrik tutashmalarni qo'lda yetkazib ishlay olishga imkon beradi. Bunda zaruriy shart bo'lib dumaloq jilvirlash stanoklariga o'lchamni olish aniqligini, to'g'ri geometrik shaklni va tutashmada oraliqqa (tortuvga) qo'yimga mos keluvchi ishlov berilayotgan detal sirtining g'adir-budurligini ta'minlash hisoblanadi.

Qo'shma jilvirlash uchun asboblar standart pnevmatik, induktiv va sig'imli asboblar asosida tayyorlanadi.

BV-4009 pnevmatik asbobi. Differensial turdagi BV-4009 D asbobi (3.38-*a* rasm) bo'lim qiymati 0,5 mkm bo'lgan BV-6060 turidagi sanash-buyruq berish qurilmasidan iborat bo'lib, unda bosimga qarshi uzeli o'rniga vtulka *2* ning teshigi diametri D_1 ni va BV-3153-80 turidagi o'lchash skobasi *4* ni o'lchash qurilmasi *1* kiritilgan, uning yordamida moslanadigan val *5* ning diametri D_2 o'lchanadi. Diametr D_1 ga bog'liq bo'lmagan holda sanash-buyruq berish qurilmasi *3* oraliq (yoki tortim) o'zgarmas kattalikka (D_1 – D_2 = const) erishganda valga ishlov berishni tugatish buyrug'ini berishi uchun o'lchash sxemasining ikkala tarmog'ining sezgirligi teng bo'lishi zarur.

Bu holda navbatdagi vtulkaning D_1 o'lchami ortganda, ya'ni oraliq ma'lum bir kattalikka ortganda sanash qurilmasi buyrug'i o'sha kattalikka orttirilgan oraliq S_2 da, ya'ni jilvirlanayotgan valning diametri D_2 ning katta qiymatida chiqariladi. Shunday qilib, tutashtirilayotgan juftlikdagi oraliq o'zgarmasligicha qoladi.



3.38- rasm. **Qo'shma jilvirlash uchun BV-4009 pnevmatik asbobining chizmalari:**
a — differensial turdagi (*1* — diametrni o'lchash qurilmasi: *2* — vtulka; *3* — sanash-buyruq berish qurilmasi; *4* — o'lchash skobasi; *5* — keltiriluvchi val); *b* — differensial bo'lmagan turdagi (*1* — o'lchash stansiyasi; *2* — vtulka; *3* — sanoq-buyruq berish qurilmasi; *4* — o'lchash skobasi; *5* — jilvirlanadigan val)

3.38- *b* rasmda nodifferensial sxema bo'yicha ishlovchi BV-4009 ND asbobining sxemasi ko'rsatilgan. Asbob BV-6060 turidagi sanash-buyruq berish qurilmasi *3* dan, BV-3153-80 turidagi o'lchov skobasi *4* dan (uning yordamida jilvirlanayotgan val *5* ning D_2 diametri o'lchanadi) va o'lchash stansiyasi *1* dan iborat (uning yordamida vtulka *2* ning oxirgi ishlov berilgan teshigining D_1 diametri o'lchanadi). Differensial asbobdan farqi shundaki, o'lchash skobasi *4* ning va o'lchash stansiyasi *1* ning o'lchash soplolari pnevmatik sistemaning bitta tarmog'iga ulangan. Bu holda oraliq (tortim)ning doimiyligi $D_1 - D_2 = \text{const}$ ushbu $S_1 + S_2 = \text{const}$ shartda ta'minlanadi.

Sxemadan ko'rinadiki, D_1 o'lchash orttirilganda oraliq S_1 kamayadi, shuning uchun asbob buyrug'i oraliq S_2 ortganda beriladi, binobarin, diametr D_2 o'sha kattalikka ortganda beriladi. Shunday qilib, tutashtirilayotgan juftda oraliq doimiy bo'lib qoladi.

Nodifferensial va differensial asboblarning aniqlik va ekspluatatsion tavsiflari amaliy jihatdan bir xildir. Chuqur teshiklarni o'lchashda kontaktsiz pnevmatik tiqinsi bo'lgan differensial asbobni qo'llash afzalroqdir, shu bilan birga nodifferensial asbob universal vazifani bajaruvchi ancha sodda o'lchash stansiyasiga ega bo'lishga imkon beradi.

BV-4009 asbobi ±30 mkm chegaralaridagi tutashuvlarni amalga oshirishga imkon beradi. Texnologik asoslangan rejimlarda oraliq (tortim)larni hosil qilish aniqligi 1...2 mkm ni tashkil etadi.

BV-4180 induktiv o'lchov sistemasi. Sistema talab qilinadigan oraliq yoki tortim bilan tutashtirilayotgan yakuniy ishlov berilgan vtulka teshigiga moslab kiritiladigan silliq valni jilvirlashning avtomatik siklini boshqarish uchun mo'ljallangan.

O'lchash sistemasi ijrosining 23 varianti ko'zda tutilgan bo'lib, ularning farqi ishchi siklini boshqarish buyruqlari soniga, o'lchashlar diapazoniga va shkala bo'limi qiymatiga nisbatan talablar bilan, shuningdek, stanoklarning turli modellariga bog'lanish xususiyatlari bilan belgilanadi.

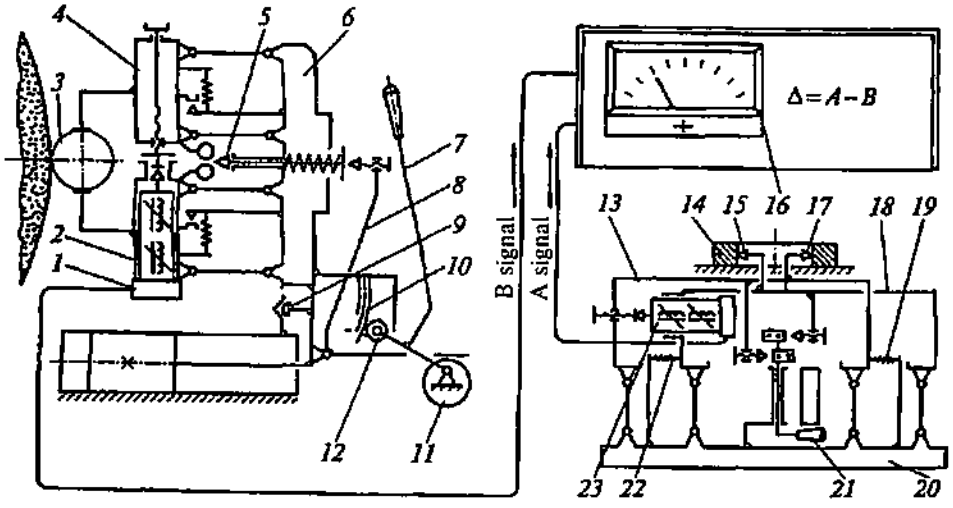
O'lchash sistemasi komplektiga umumiy funksional uzellar kiradi: BV-6119 sanash-buyruq berish qurilmasi, stol ustida turadigan BV-3152 yoki BV-3232 induktiv skoba gidravlik yoki dastaki ishlovchi keltiruvchi qurilmasi bilan va teshiklarni o'lchash uchun BV-3111 qurilmasi.

Arretirlash mexanizmi va dastaki ishlatiluvchi keltiruvchi qurilmasi bo'lgan stol ustida turuvchi skoba bilan jihozlangan o'lchash sistemasining ishchi sikli quyidagi tarzda amalga oshiriladi (3.39- rasm).

Siklning boshlang'ich fazasida jilvirlash babkasi va stol usti skobasi *6* dastlabki vaziyatda bo'ladi. Val bilan tutashtirish uchun mo'ljallangan vtulka *14* teshiklar *20* ni o'lchash uchun qurilmaning asos elementlariga o'rnatiladi. Karetkalar *13* va *18* ga o'rnatilgan arretirlash mexanizmining dastagi *21* burilganda o'lchash uchliklari *15* va *17* o'lchash kuchlanishni vujudga keltiruvchi prujinalar *19* va *22* ta'sirida nazorat qilinayotgan detalga tegadi. Teshikning o'lchami bilan belgilanuvchi karetkalar *13* va *18* ning o'zaro vaziyati induktiv o'zgartkich *23* bilan tekshiriladi. Tekshirilayotgan teshikning diametriga proporsional bo'lgan o'zgartkichning chiquvchi elektr signali *A* sanash-buyruq berish qurilmasi *16* ga keladi.

Stanokning markazlarida tutashtirilayotgan val *3* zagotovkasi mahkamlangandan so'ng jilvirlash babkasini tezkor keltirish va pripuskning xomaki qismini olib tashlash amalga oshiriladi.

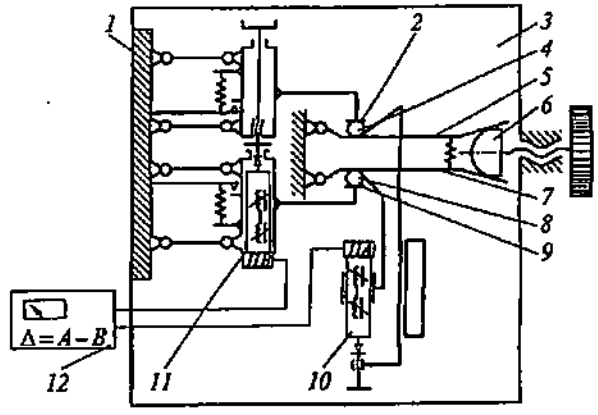
Skoba *6* ning jilvirlanayotgan zagotovka tomon ko'chishi richag *7* ning soat strelkasiga qarshi burilganda ressora *10* bilan o'zaro ta'sirlashuvchi rolik *12* bilan ta'minlanadi. Ressora *10* ning ishchi yurishi oxirida deformatsiyasi



3.39- rasm. **BV-4180 o'lchash sistemasining kinematik chizmasi:**

1 — induktiv o'zgartkich shtoki; *2* va *4* — o'lchash karetkasi; *3* — qo'shiladigan val zagotovkasi; *5* — plunjer; *6* — stol usti skobasi; *7* — richag; *8* — oraliq richag; *9* — sferik tirgak; *10* — ressor; *11* — kulachok; *12* — rolik; *13* va *18* — karetka; *14* — vtulka; *15* va *17* — o'lchash uchligi; *16* — sanash-buyruq berish qurilmasi; *19* va *22* — prujina; *20* — teshiklarni o'lchaydigan qurilmaning asosiy elementlari; *21* — dastak; *23* — induktiv o'zgartkich

hisobiga sferik tirgak *9* ning bazalovchi prizmaning yoqlari o'rtasidagi kuch kontakti ta'minlanadi. Shu tufayli skoba tekshirilayotgan zagotovkaga nisbatan barqaror oriyentirlanadi. Keltiruvchi qurilma o'lchash uchliklarining arretirlash mexanizmi bilan jihozlangan. Skobaning boshlang'ich vaziyatida va uning harakatlanishi jarayonida kulachok *11* ning chiqig'i bilan o'zaro ta'sirlashuvchi oraliq richag *8* dan ko'chirishni qabul qilib, konussimon plunjer *5* o'lchov karetkalari *2* va *4* ni tekshirilayotgan detalga tomon suradi. Skobaning ishchi yurishi oxirida richag *8* ning gorizontal yelkasi kulachok *11* ning ishchi profili chuqurchasiga tushadi. Shu tufayli konussimon plunjer *5* qaytaruvchi prujina ta'sirida o'ngga tomon harakatlanadi va bo'shagan o'lchash uchliklari jilvirlanayotgan val sirtiga tegadi. Skobaning o'lchash karetkalarining o'zaro ko'chishlari induktiv o'zgartkich *1* shtoki tomonidan qabul qilinadi. Valning joriy o'lchamiga proporsional bo'lgan o'zgartkichning chiqish signali *V* sanash-buyruq berish qurilmasi *16* ga keladi, u yerda vtulka *14* dagi teshekning o'lchamiga proporsional bo'lgan *A* signaldan ayiriladi. Tutashuvchi juftdagi oraliq yoki tortimning kattaligini ifodalovchi-natijalovchi signal $K = A - B$ elektron sxema tomonidan o'zgartirilgandan so'ng, mikrometrlarda darajalangan ko'rsatuvchi asbob shkalasi bo'yicha hisoblanadi. Stanokning ishchi siklini avtomatik boshqarish oldindan belgilangan kattalik *K* ga erishilganda tashqi elektr zanjirlarga keladigan o'lchov sistemasi buyruqlari bilan amalga oshiriladi.



3.40- rasm. **Yig'indining xatosini aniqlash chizmasi:**

1 — stol usti skobasi; *2* va *9* — o'lchash uchligi; *3* — teshikni o'lchash qurilmasi; *4* va *8* — uchlik; *5* va *7* — richag; *6* — mikrometrik vint; *10* va *11* — induktiv o'zgartkich; *12* — ko'rsatuvchi asbob

Dastlabki buyruqlar, stanokning ijro organlariga ta'sir ko'rsatib, jilvirlash babkasi uzatmalari tezligini o'zgartiradi. Oxirgi buyruq tutashuvchi juftdagi oraliq yoki tortimning berilgan kattaligi olingan paytda ishlov berish siklini to'xtatadi.

O'lchash sistemasini sozlash uchun talab qilingan oraliqli qilib moslangan val va vtulkani qo'llanish tavsiya etiladi, bunda teshikning o'lchami uni tayyorlashga mo'ljallangan qo'yim maydoni o'rtasiga muvofiq kelishi, teshik va val o'lchamlarining farqi esa tutashmadagi berilgan oraliqning o'rtacha qiymatiga teng bo'lishi maqsadga muvofiqdir.

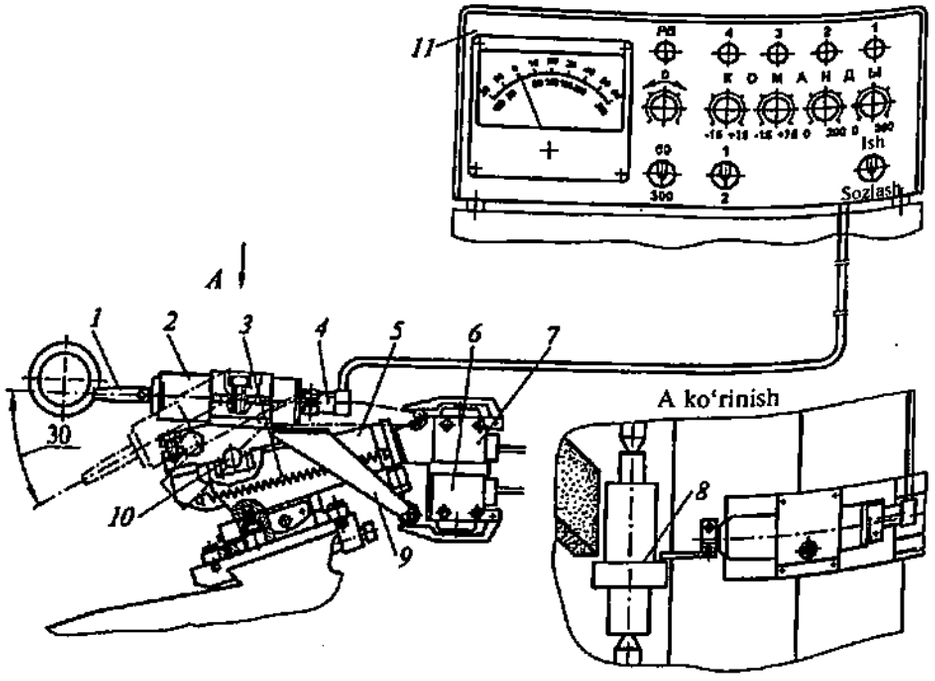
O'lchash sistemasini moslash va foydalanish jarayonida induktiv o'zgartkichlar chiqish signallarining ko'lamini kelishib olish va ularning yig'indisi xatosini aniqlash zarur. Tekshirish metodikasi quyidagidan iborat (3.40-rasm). Stol usti skobasi *1* teshiklarni o'lchash qurilmasi *3* ga shunday tarzda mahkamlanadiki, bunda uning o'lchash uchliklari *2* va *9* teshiklarni tekshirish uchun uchliklar *4* va *8* ga tegib tursin. Uchliklar *4* va *8* mikrometrik vint *6* sferasi bilan ochilishiga qodir bo'lgan richaglar *5* va *7* bilan korpusga mahkamlangan kontaktga kiritiladi. Vintni aylantirib, yig'indi sxemasi bo'yicha ulangan induktiv o'zgartkichlar *10* (PA) va *11* (PV) ga qiymati bo'yicha teng va yo'nalishi bo'yicha qarama-qarshi ko'chishlarni uzatadi. O'zgartkichlar *A* ning natijalovchi chiqish signali o'z qiymatini faqat qo'shishning yo'l qo'yilgan xatoligi chegarasida o'zgartirishi mumkin. BV—4180 o'lchash sistemasi uchun bu xatolik ±120 mkm yig'indi uchastkasida 0,5 mkm ni va ±200 mkm yig'indi (qo'shish) uchastkasida *1* mkm ni tashkil etadi. Agar ko'rsatuvchi asbob *12* strelkasining og'ishiga qarab aniqlanadigan yig'indi xatoligi yo'l qo'yilgan qiymatdan ortiq bo'lsa, u holda chiquvchi elektr signallar, induktiv o'zgartkichlar ko'lamini sanash-buyruq berish qurilmasining orqa paneliga joylashtirilgan potensiometrlar yordamida muvofiqlashtirish lozim.

3.2.5. BV-4116 ning o'q oriyentatsiyasi uchun o'lchash sistemasi

BV-4116 sistemasi (3.41- rasm) detalning abraziv doirasi kesuvchi qirrasiga nisbatan chetki sirtlarini o'q oriyentatsiyasi uchun mo'ljallangan. Sistema detalni markazlar chizig'i bo'ylab avtomatik ko'chirish mexanizmlari bilan jihozlangan va detallarning silindrik hamda chetki sirtlarini qirqib kirish usuli bilan birgalikda ishlov beruvchi chetki doiraviy jilvirlash stanoklarida qo'llaniladi. Ishlov berish natijasida ko'p bosqichli vallarning diametral va o'qdagi o'lchamlari ta'minlanadi.

O'q oriyentatsiyasining zarurligi zagotovkalarni markazlash chuqurliklarining turlicha ekanligi sababli o'rnatiluvchi bazalarning doimiy emasligi bilan bog'liq. Bunday zagotovkalarni stanokning markazlarida mahkamlashda ularning abraziv asbobning kesuvchi qirralariga nisbatan bir qiymatli o'q vaziyati ta'minlanmaydi.

O'lchash kallagi jilvirlash stanogining yuqori stoliga o'rnatiladi. O'q oriyentatsiyasining ishchi sikli quyidagi tarzda amalga oshiriladi. Sikl boshida jilvirlash babkasi dastlabki holatga surilgan bo'ladi. O'lchash kallagi *2* prujina *3* ning kuchi bilan shtrixpunktir chiziq bilan ko'rsatilgan dastlabki holatda tutib turiladi.

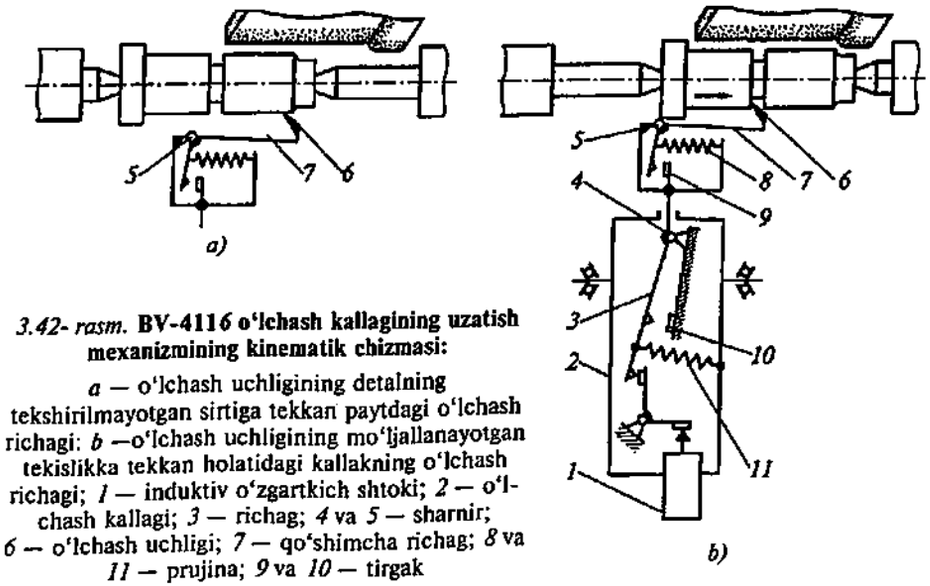


3.41- rasm. **BV-4116 o'q mo'ljalini olish uchun o'lchash sistemasi:**
1 — o'lchash richagi; *2* — o'lchash kallagi; *3* — prujina; *4* — induktiv o'zgartkich; *5* — gidrosilindr; *6* va *7* — mikroviklyuchatel; *8* — chetki sirt; *9* — richag; *10* — o'q; *11* — ko'rsatuvchi asbob

Stanok markazlarida mahkamlangandan so'ng zagotovka o'q yo'nalishida o'lchash richagi *1* ni o'rnatish uchun zonani bo'shatishga va shu tarzda uni yaqinlashtirishda shikastlanishini bartaraf etish uchun suriladi.

O'lchash kallagini ishchi holatiga burish stanok gidrosistemasidan gidrosilindr *5* ning ishchi bo'shlig'iga moy uzatish orqali ta'minlanadi. O'q *10* atrofida amalga oshirilayotgan burish oxirida richag *9* mikroviklyuchatel *6* ga ta'sir ko'rsatadi, buning natijasida markazlarning zagotovka bilan birgalikdagi berilgan yo'nalishda o'qdagi ko'chishining boshlanishi uchun signal ishlab chiqariladi. O'q bo'yicha tezkor harakatda oriyentatsiya qilinayotgan (mo'ljallanayotgan) chekka sirt *8* o'lchov richagi *1* bilan uchrashadi. Ko'chish induktiv o'zgartkich *4* shtokiga uzatiladi. Tores (chet)ning o'q vaziyatiga proporsional bo'lgan o'zgartkichning chiqish signali elektron sxema tomonidan kuchaytirilgandan so'ng, zagotovkaning tezkor harakatidan sekin harakatlanishiga o'tish uchun birinchi buyruqni beradi. Chetki sirt *8* berilgan vaziyatga erishgan paytda ko'rsatuvchi asbob *11* ning strelkali ko'rsatkichi shkalaning nol belgisi bilan ustma-ust tushadi va stanok sxemasiga o'q oriyentatsiyasini tugallash uchun ikkinchi buyruq keladi. Shu buyruqqa ko'ra stanokning gidrosistemasi gidrosilindr *5* ning ishchi bo'shlig'idan moyni to'kib tashlanishini ta'minlaydi va o'lchash prujinasi prujina *3* ning kuchi bilan mikroviklyuchatel *7* tomonidan tekshirib turiladigan dastlabki holatiga buriladi. Mikroviklyuchatelning signaliga ko'ra avtomatik siklning yakuniy fazasiga o'tish detalni aktiv tekshirish o'lchash sistemasining buyrug'iga binoan detalni o'yib kirib, jilvirlash amalga oshiriladi, masalan, BV-4100.

Yuqorida tavsiflab o'tilgan o'lchash kallagi ochiq chetki sirtlarga ega bo'lgan detallarni o'q bo'yicha oriyentatsiyalashni ta'minlaydi. Tor



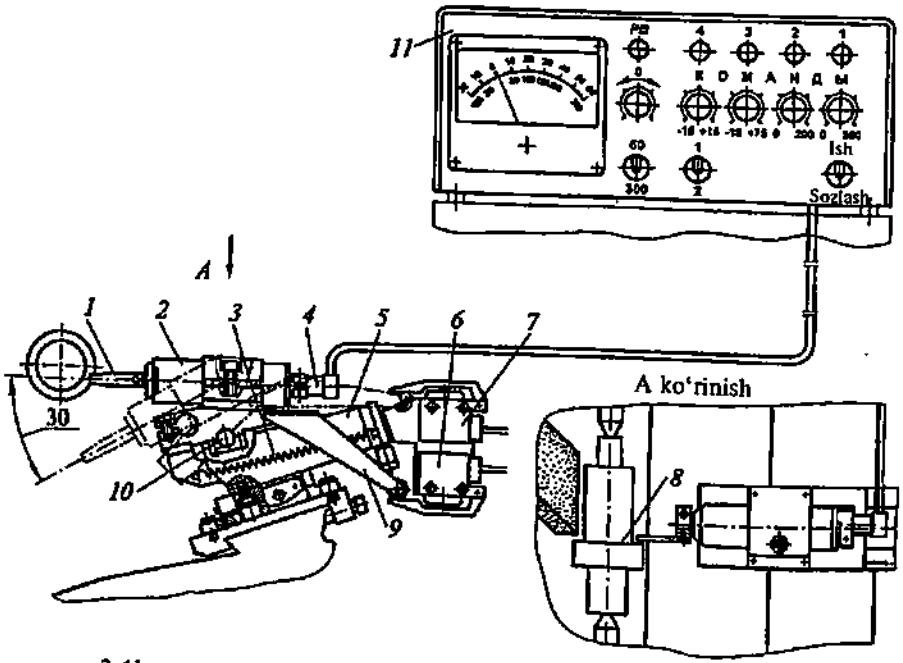
3.42- rasm. **BV-4116 o'lchash kallagining uzatish mexanizmining kinematik chizmasi:**
a — o'lchash uchligining detalning tekshirilmayotgan sirtiga tekkan paytdagi o'lchash richagi; *b* —o'lchash uchligining mo'ljallanayotgan tekislikka tekkan holatidagi kallakning o'lchash richagi; *1* — induktiv o'zgartkich shtoki; *2* — o'lchash kallagi; *3* — richag; *4* va *5* — sharnir; *6* — o'lchash uchligi; *7* — qo'shimcha richag; *8* va *11* — prujina; *9* va *10* — tirgak

3.2.5. BV-4116 ning o'q oriyentatsiyasi uchun o'lchash sistemasi

BV-4116 sistemasi (3.41- rasm) detalning abraziv doirasi kesuvchi qirrasiga nisbatan chetki sirtlarini o'q oriyentatsiyasi uchun mo'ljallangan. Sistema detalni markazlar chizig'i bo'ylab avtomatik ko'chirish mexanizmlari bilan jihozlangan va detallarning silindrik hamda chetki sirtlarini qirqib kirish usuli bilan birgalikda ishlov beruvchi chetki doiraviy jilvirlash stanoklarida qo'llaniladi. Ishlov berish natijasida ko'p bosqichli vallarning diametral va o'qdagi o'lchamlari ta'minlanadi.

O'q oriyentatsiyasining zarurligi zagotovkalarni markazlash chuqurliklarining turlicha ekanligi sababli o'rnatiluvchi bazalarning doimiy emasligi bilan bog'liq. Bunday zagotovkalarni stanokning markazlarida mahkamlashda ularning abraziv asbobning kesuvchi qirralariga nisbatan bir qiymatli o'q vaziyati ta'minlanmaydi.

O'lchash kallagi jilvirlash stanogining yuqori stoliga o'rnatiladi. O'q oriyentatsiyasining ishchi sikli quyidagi tarzda amalga oshiriladi. Sikl boshida jilvirlash babkasi dastlabki holatga surilgan bo'ladi. O'lchash kallagi *2* prujina *3* ning kuchi bilan shtrixpunktir chiziq bilan ko'rsatilgan dastlabki holatda tutib turiladi.

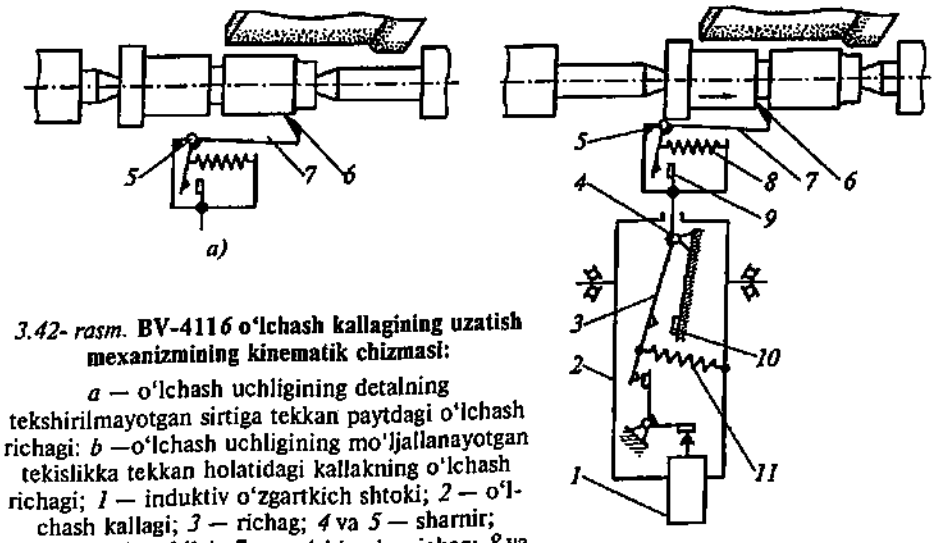


3.41- rasm. **BV-4116 o'q mo'ljalini olish uchun o'lchash sistemasi:**
1 — o'lchash richagi; *2* — o'lchash kallagi; *3* — prujina; *4* — induktiv o'zgartkich; *5* — gidrosilindr; *6* va *7* — mikroviklyuchatel; *8* — chetki sirt; *9* — richag; *10* — o'q; *11* — ko'rsatuvchi asbob

Stanok markazlarida mahkamlangandan so'ng zagotovka o'q yo'nalishida o'lchash richagi *1* ni o'rnatish uchun zonani bo'shatishga va shu tarzda uni yaqinlashtirishda shikastlanishini bartaraf etish uchun suriladi.

O'lchash kallagini ishchi holatiga burish stanok gidrosistemasidan gidrosilindr *5* ning ishchi bo'shlig'iga moy uzatish orqali ta'minlanadi. O'q *10* atrofida amalga oshirilayotgan burish oxirida richag *9* mikroviklyuchatel *6* ga ta'sir ko'rsatadi, buning natijasida markazlarning zagotovka bilan birgalikdagi berilgan yo'nalishda o'qdagi ko'chishining boshlanishi uchun signal ishlab chiqariladi. O'q bo'yicha tezkor harakatda oriyentatsiya qilinayotgan (mo'ljallanayotgan) chekka sirt *8* o'lchov richagi *1* bilan uchrashadi. Ko'chish induktiv o'zgartkich *4* shtokiga uzatiladi. Tores (chet)ning o'q vaziyatiga proporsional bo'lgan o'zgartkichning chiqish signali elektron sxema tomonidan kuchaytirilgandan so'ng, zagotovkaning tezkor harakatidan sekin harakatlanishiga o'tish uchun birinchi buyruqni beradi. Chetki sirt *8* berilgan vaziyatga erishgan paytda ko'rsatuvchi asbob *11* ning strelkali ko'rsatkichi shkalaning nol belgisi bilan ustma-ust tushadi va stanok sxemasiga o'q oriyentatsiyasini tugallash uchun ikkinchi buyruq keladi. Shu buyruqqa ko'ra stanokning gidrosistemasi gidrosilindr *5* ning ishchi bo'shlig'idan moyni to'kib tashlanishini ta'minlaydi va o'lchash prujinasi prujina *3* ning kuchi bilan mikroviklyuchatel *7* tomonidan tekshirib turiladigan dastlabki holatiga buriladi. Mikroviklyuchatelning signaliga ko'ra avtomatik siklning yakuniy fazasiga o'tish detalni aktiv tekshirish o'lchash sistemasining buyrug'iga binoan detalni o'yib kirib, jilvirlash amalga oshiriladi, masalan, BV-4100.

Yuqorida tavsiflab o'tilgan o'lchash kallagi ochiq chetki sirtlarga ega bo'lgan detallarni o'q bo'yicha oriyentatsiyalashni ta'minlaydi. Tor



3.42- rasm. **BV-4116 o'lchash kallagining uzatish mexanizmining kinematik chizmasi:**
a — o'lchash uchligining detalning tekshirilmayotgan sirtiga tekkan paytdagi o'lchash richagi: *b* —o'lchash uchligining mo'ljallanayotgan tekislikka tekkan holatidagi kallakning o'lchash richagi; *1* — induktiv o'zgartkich shtoki; *2* — o'lchash kallagi; *3* — richag; *4* va *5* — sharnir; *6* — o'lchash uchligi; *7* — qo'shimcha richag; *8* va *11* — prujina; *9* va *10* — tirgak

oraliqlarda (halqa ariqchalarida) joylashgan berk chetki sirtlarni o'q bo'yicha oriyentatsiyalash hollarida o'lchash richagini tekshirish holatiga o'rnatishga oriyentatsiyalanayotgan tores (chet) yaqinida joylashgan detalning silindrik sirti to'sqinlik qiladi. Bu turdagi detallarni o'q bo'yicha oriyentatsiyalash uchun o'lchash kallagining uzatish mexanizmi (3.42- rasm) almashinuvchi uzel bilan — asosiy ikki yelkali richag *3* bilan sharnir orqali birlashtirilgan qo'shimcha richag *7* bilan jihozlangan. Richaglarning kinematik bog'lanishi uchun prujina *8* va tirgak *9* ko'zda tutilgan.

Bu holda o'qdagi oriyentatsiya sikli quyidagi tarzda amalga oshiriladi. Stanokning markazlarida o'rnatilgan detal chetki chap holatga ko'chadi (3.42- *a* rasm). Gidravlik mexanizm yordamida o'lchash kallagi *2* tekshirish holatiga buriladi. O'lchash uchligi tekshirilmayotgan silindrik sirtga tegadi, qo'shimcha richag esa sharnir *5* atrofida buriladi. Detalning 3.42- *b* rasmda strelka bilan ko'rsatilgan oriyentatsiya yo'nalishidagi o'q bo'ylab harakatida o'lchash uchligi *6* detalni tashkil etuvchi bo'yicha o'tib ketadi, richag *3* esa prujina *11* ning ta'sirida tirgak *10* bilan belgilanuvchi o'zining boshlang'ich vaziyatini saqlaydi. Detalning bundan keyingi harakatlanishida o'lchash uchligi prujina *8* ta'sirida detalning chuqurchasiga tushib qoladi, qo'shimcha richag esa tirgak bilan asosiy o'lchash richagi *3* ga siqilib, u bilan bir butunlikni tashkil etadi. O'lchash uchligining oriyentatsiya qilinayotgan chetki sirt bilan tegib ketishida asosiy o'lchash richagi *3* sharnir *4* atrofida burilib, tirgak *10* dan ajraladi va induktiv o'zgartkich *1* ning shtokini og'diradi.

Detalning o'q oriyentatsiyasi aniqligi stanok-asbob sistemasining dinamik xarakteristikalariga bog'liq. O'q oriyentatsiyasi aniqligiga quyidagi omillar asosiy ta'sir ko'rsatadi: v — harakatni to'xtatishga yakuniy buyruq berish paytida detalning o'q bo'ylab ko'chishi tezligi; Δv— tezlik v ning doimiy emasligi; t_u — yakuniy buyruqni stanok avtomatikasi organlari tomonidan ijro etish vaqti; $\Delta t_u - t_u$ ning nobarqarorligi; t_0 — asbob vaqti doimiysi.

O'q bo'yicha oriyentatsiyaning muntazam dinamik xatoligi

$$\delta_{\Delta c} = v(t_0 + t_u)$$

bog'lanish bilan aniqlanadi.

v = 5 mm/min bo'lganda t_0 = 0,05 s va t_u = 0,2 c, $\delta_{\Delta v}$ =0,02 mm. Bu xatolikni yakuniy buyruqning sozlash darajasini siljitish bilan yo'qotish mumkin.

Dinamik xatolikning tasodifiy tashkil etuvchilari quyidagi bog'lanishlar bilan aniqlanadi:

$$\delta_{\Delta v} = \Delta_v t_0;$$

$$\delta_{\Delta t} = \Delta v \Delta t_u.$$

Δv = 0,5 mm/min bo'lganda v = 5 mm/min, t_0 = 0,05 va Δt_u = 0,06 c, $\delta_{\Delta v}$ =0,0004 mm, $\delta_{\Delta t}$ = 0,005 mm.

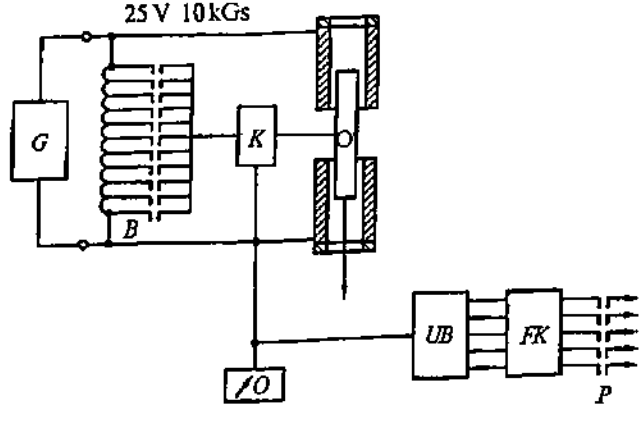
3.2.6. SDB stanoklari uchun keng diapazonli XIII-9 asbobi

XIII-9 asbobi (3.43- rasm) pog'onali vallarning diametrlarini ularga SDB li dumaloq jilvirlash stanoklarida ishlov berish jarayonida tekshirish uchun mo'ljallangan. Asbob keng diapazonli o'lchash skobasi, jilvirlash babkasining vaziyatini nazorat qilib turuvchi keng diapazonli datchik va sanash-buyruq berish qurilmasidan iborat.

O'lchash sistemasi ko'chishlarning sig'imiy chiziqli o'zgartkichi O^c va kuchlanishlarni pretsizion bo'luvchi B dan iborat bo'lib, ular o'zgaruvchan tokning muvozanatlangan ko'prigiga ulangan. Ko'prik kuchlanishi 25 V, chastotasi 10 kGs bo'lgan ta'minlash bloki G dan ta'minlanadi. Sig'imiy differensial o'zgartkich O^c havo oraliqli silindrik koaksial kondensator bo'lib, u yetaklovchi va olinuvchi vtulkalardan iborat. Vtulka chetlarida kondensator maydonining buzilishi himoya halqalarini o'rnatish bilan amalda bartaraf etiladi.

Beshdekadali kuchlanish bo'luvchisi B maxsus o'ramli halqali ferrit o'zaklardan ishlangan transformatorlarga ega. Transformatorlar yuqori aniqlikdagi bo'lishni ta'minlaydi. O'lcham ko'prikli o'lchash sxemasi B ning ikki transformatorli yelkalari nisbatini o'zgartirish yo'li bilan beriladi, uning boshqa ikki elkasiga esa ko'chishning sig'imiy o'zgartkichi O^c ulangan bo'ladi. Yelkalarning nisbati 1:100 000 oralig'ida beshta o'nli xonalar bilan xonama-xona o'zgaradi. Bo'luvchining har bir xonasi keltirilgan kuchlanishni transformatorlar yordamida *10* qismga bo'ladi, kerakli harf kommutatsiyasi rele kontaktlari yoki tranzistorli kalit bilan amalga oshiriladi.

Ta'minlash kuchlanishi bo'luvchi transformatorning birlamchi chulg'amiga uzatiladi. Yuqori xona bo'luvchisi ikkilamchi g'altakning *10* ta seksiyasini tashkil etadi va ularda bir xil kuchlanishlar paydo bo'ladi. Agar kuchlanish U ni yuqori xonadagi bo'luvchining ketma-ket ulangan seksiyalarida bazaviy (asosiy) sifatida qabul qilinsa, u holda bo'luvchining



3.43- rasm. **XIII-9 o'lchash asbobining chizmasi.**

har bir seksiyasi *U*/10 kuchlanishga ega bo'ladi. Izolyatsiyalangan chulg'amlardan biridan *U*/10 kuchlanish ikkinchi bo'luvchi transformatorning *10* ta seksiyasiga uzatiladi va shunday qilib keyingi xona bo'luvchisi hosil bo'ladi, uning har bir birligiga yuqori xona kuchlanishiga qo'shiladigan *U*/10^2 kuchlanish mos keladi. Shunday qilib, avvalgi xonaning 1/10 kuchlanishi keyingi xonada *10* ga bo'linadi. Kichik tartibli birlikka (1 mkm) *U*/10^5 kuchlanish mos keladi.

O'zgartkich *O'* ning yetaklovchi vtulkalariga uzatiladigan ta'minlash kuchlanishini va olinuvchi vtulkaning uzunligini shunday tanlab olinadiki, bunda bo'luvchining yuqori xonasi birligiga olinuvchi vtulkaning (o'zgartkich shtokining) 10 mm ga teng ko'chishi, kichik xona birligiga esa 1 mkm ga teng ko'chish mos kelsin.

Sistema quyidagi tarzda ishlaydi. Topshiriq (jilvirlanayotgan val bo'yni diametri) sanoq qurilmasining oldingi panelida joylashgan dastaki dekada pereklyuchatellari yordamida kiritiladi. Pereklyuchatellar rele kontaktlari yoki tranzistorli kalitlar yordamida barcha razryadlarda (xonalarda) kuchlanish bo'lgichlari *B* ning tegishli seksiyallarini va raqamli indikatorlarni kommutatsiyalaydi. Shunday qilib, bo'luvchining chiquvchi kuchlanishi raqamli indikatorlarda o'rnatiladigan berilgan o'lchamga mos keladi (1 mkm diskretlik bilan). Ishlov berish jarayonida pripusk olinib borilgani sari ko'prikli o'lchash sxemasi sig'imiy o'zgartkich *O'* ning olinuvchi vtulkasidan olinadigan kuchlanish bilan muvozanatlanadi va muvofiqlashtirmaslik signali kamayadi. Muvofiqlashtirmaslik signali o'lchash skobasida joylashgan chiqariluvchi kuchaytirgich *K* orqali ustavkalar bloki *UB* ga va ishlov berishning borishi ustidan kuzatish uchun foydalaniladigan ko'rsatuvchi qurilma *O* ga uzatiladi. Ustavkalar bloki halqali transformatorlarda bajarilgan va pereklyuchatellar yordamida boshqaruvchi buyruqlar darajalarini belgilashga imkon beradi. Ustavkalar blokidan muvofiqlashtirmaslik signali buyruqlar kuchaytirgichi *FK* ga va undan keyin elektromagnit relega uzatiladi, ularning kontaktlari *R* stanok sxemasidagi ijrochi elementlarni kommutatsiya qiladi.

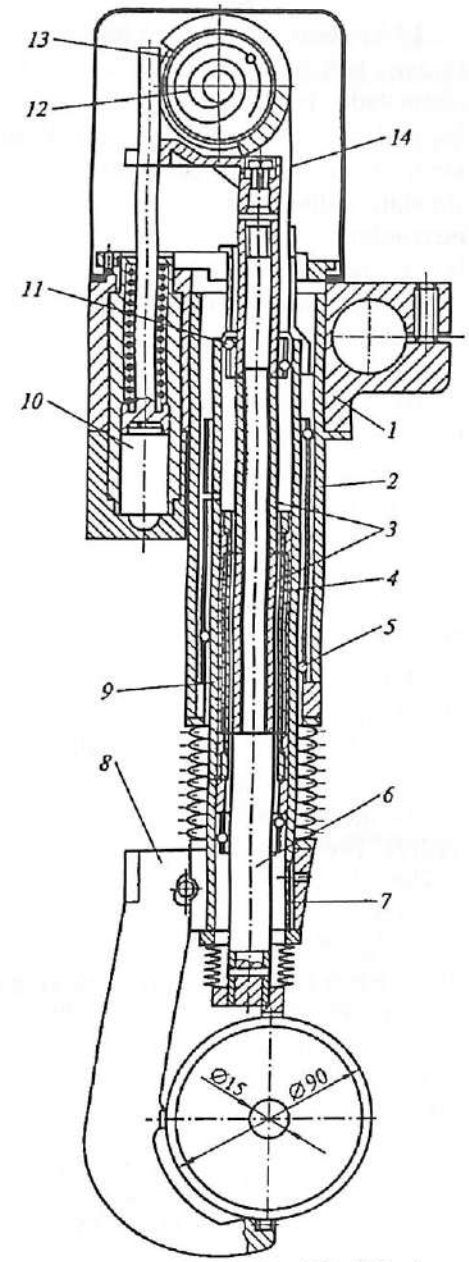
Ikki kontaktli osma o'lchash skobasi (3.44- rasm) jilvirlash doirasining kojuxiga o'rnatiladi. Skobaning korpusi *1* da o'zgartkich mexanizmining yo'naltiruvchisi bo'lib xizmat qiluvchi gilza *2* joylashtirilgan. Gilza *2* da sochilma sharlar *5* da silindr *9* ko'chadi, unda vtulka *7* yordamida pastki o'lchov uchligi bo'lgan planka *8* mahkamlangan, olinuvchi vtulka *4* o'rnatilgan va sig'imiy o'zgartkichning himoya halqalari o'rnatilgan. Silindr *9* da sharlar *11* da sig'imiy o'zgartkichning shtogi *6* vtulkalari *3* bilan ko'chadi. Shtok qiyin eruvchan o'lchov uchligi bilan tugaydi. Yuqori uchlikdagi o'lchash kuchi shtok og'irligi bilan vujudga keltiriladi, pastki uchlikda esa spiral prujina bilan vujudga keltiriladi, bu prujina korpus *13* va egiluvchan lenta *14* orqali silindr *9* ni planka *8* bilan yuqoriga tortadi. O'lchash uchliklari gidrosilindr *10* yordamida ochiladi. O'zgartkich va skoba mexanizmlari shlam (metall kukuni) va emulsiyadan gofrirlangan elastik zichlashtirgichlar bilan himoyalangan.

Skobaning o'lchash diapazoni 15 dan 85 mm gachani tashkil etadi. O'lchash kuchlanishi 700±200 sN.

Jilvirlash babkasi ko'chishini tekshiruvchi datchik xuddi skoba kabi sig'imiy chiziqli o'zgartkich bilan jihozlangan va val bo'yinchalariga ishlov berishda, skoba bilan bajarish mumkin bo'lmagan hollarda, masalan, shponka ariqchalari bo'lgan bo'yinchalarni tekshirishda bilvosita tekshirishni amalga oshirishga imkon beradi. Datchik va skoba sanash-buyruq berish qurilmasiga ulanadi.

Sanash-buyruq berish qurilmasi ko'prikli o'lchash sxemasining muvofiqlashtirmaydigan signalini o'zgartirish va stanok sxemasiga beshta boshqaruvchi buyruq berishga xizmat qiladi. Qurilmaning yuza panelida quyidagilar joylashgan: ishlov berish diametrini tanlash dekada pereklyuchatellari, raqamli tablo, ishlov berishning borishini kuzatish uchun bo'lim qiymati 0,001 va 0,005 mm bo'lgan shkalali ikki chegarali indikatorlar, buyruqlarni sozlash dastaklari, korreksiyalash pereklyuchatellari, signal lampalari va boshqarish elementlari.

Asbob quyidagi tarzda ishlaydi. Sanash qurilmasining dekada pereklyuchatellarida ishlov berilayotgan bo'yinchalarning berilgan diametrlari belgilanadi. Bunda bo'luvchi transformatorlarining tegishli chiqishlari kommutatsiyalanadi va ko'prikli o'lchash sxemasining ikki transformatorli yelkalarining yelkali nisbati o'zgaradi, uning qolgan ikki yelkasiga skobaning sig'imiy o'zgartkichi ulanadi.



3.44- rasm. **Osma ikki kontaktli o'lchash skobasining tuzilishi:**

1 — skoba korpusi; *2* — gilza; *3* — sig'imli o'zgartkich vtulkasi; *4* — olinuvchi vtulka; *5* — sochilma sharlar; *6* — shtok; *7* — vtulka; *8* — planka; *9* — silindr; *10* — gidrosilindr; *11* — sharlar; *12* — spiral prujina; *13* — korpus; *14* — qayshmoq tasma

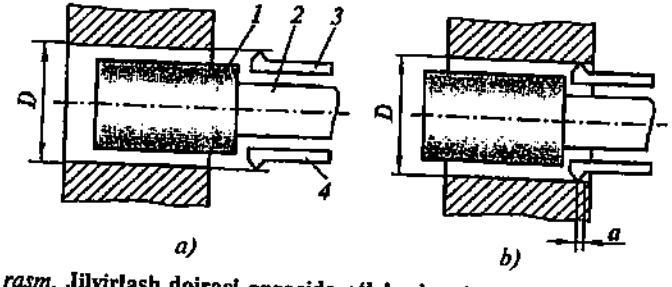
Ishlov berilayotgan val bo'yinchasiga gidrosilindr yordamida o'lchash skobasi keltiriladi va uning o'lchash uchliklari ishlov berilayotgan sirtga tushiriladi. Ishlov berish jarayonida jilvirlanayotgan bo'yin diametri va ko'prikning balans buzilishi kamayadi, muvofiqlashtirmaslikning kuchaytirilgan signali ishlov berishning borishini kuzatishga imkon beruvchi shkalali indikatorlarga va jilvirlash rejimini o'zgartirish uchun dastlabki buyruqlar darajasi belgilangan ustavkalar blokiga keladi. Ishlov berilayotgan bo'yinchaning o'lchami berilgan qiymatga yetganda, ko'prik sxemasi muvozanatlashadi (muvofiqlashtirmaslik signali bo'lmaydi) va jilvirlash babkasini olib ketish buyrug'i beriladi.

O'lchash skobasi va jilvirlash babkasi valning keyingi bo'yniga ko'chadi va shu tarzda valning barcha bo'yinchalariga ketma-ket avtomatik ishlov berish amalga oshadi. Asbob yuqori metrologik xarakteristikalarga ega. Butun o'lchash diapazonida (70 mm) ±0,002 mm oxirgi buyruqni chiqarib berish xatoligi ±0,002 mm dan oshmaydi. Asbobning yo'l qo'yiladigan xatolik chegarasi ±0,005 mm.

3.2.7. Ichki jilvirlash stanoklari uchun aktiv tekshirish asboblari

Ichki jilvirlash tashqi jilvirlashga qaraganda ancha kam qo'llaniladi. Ichki jilvirlash stanoklari podshipnik sanoatida eng ko'p tarqalgan bo'lib, u yerda ular podshipniklarning halqalari teshiklari va novlariga ishlov berishda qo'llaniladi. Shu yerning o'zida asboblarning kattagina qismidan foydalaniladi.

Diametri uncha katta bo'lmagan (30 mm dan kichik) teshiklarni tekshirishda jilvirlash doirasi va asbobning o'lchash uchliklarini bir paytda joylashtirish qiyin. Bunday hollarda asbobning o'lchash kallagi jilvirlash doirasi bilan birga ishlov berilayotgan teshikning o'qi bo'ylab ko'chadi. Ba'zida o'lchash kallagi jilvirlash shpindeli tomonidan joylashtiriladi va jilvirlash doirasi *1* ning opravkasi *2* ni qamrab olgan o'lchash uchliklari *3* va *4* (3.45- *a* rasm) ishlov berilayotgan teshikka jilvirlash doirasi ketidan davriy ravishda kiradi (3.45- *b* rasm). Qisqa shpindelli maxsus stanoklarda o'lchash kallagi shpindel ichiga joylashtirilishi mumkin va o'lchash uchliklari ishlov berilayotgan teshikka jilvirlash doirasi undan qisman chi-



3.45- rasm. **Jilvirlash doirasi orqasida o'lchash uchliklarining joylashishi:**
1 — jilvirlash doirasi; *2* — opravka; *3* va *4* — o'lchash uchligi

qarilayotganda kiritiladi. Ikkala holda ham teshikning silliq sirtiga qaramay asboblar uzlukli sirtni tekshirish sharoitida ishlaydi, ular tegishli konstruksiyaga ega bo'lishi kerak.

O'lchash uchliklari tekshirilayotgan sirtda bo'lishi kerak bo'ladigan yurish uzunligi

$$l = 2a,$$

bu yerda a — o'lchash uchlikliklarining o'lchanayotgan teshikka faska uzunligini ayirgandan keyingi uzunligi, mm.

O'lchash uchliklarining teshik bo'ylab ko'chishining o'rtacha tezligi jilvirlash shpindelining ko'chish tezligiga (uchliklarning ikki karra yurishlari soniga va yurish uzunligiga) bog'liq.

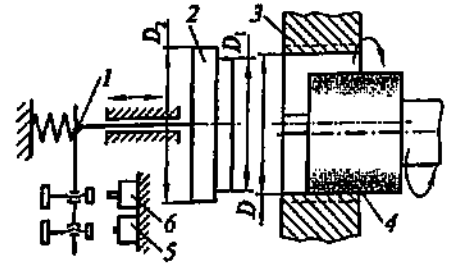
O'lchash uchliklarining tekshirilayotgan sirtda bo'lish vaqti t quyidagi formulaga ko'ra aniqlanadi:

$$t = t_1 + t_2 + t_3,$$

bu yerda t_1, t_3 — o'lchash uchliklarining a yo'lni u tomonga va qaytishga o'tish vaqti, s; t_2 — revers vaqtida chidab turish vaqti.

Odatda, o'lchash uchliklarining kirish chuqurligi a = 2...3 mm, diametri 1...5 mm bo'lgan teshiklarni tekshirishda a = 0,9...1,5 mm kichrayib ketadi. Ikki karra yurishlar soni odatda 6...100 va vaqt t = 0,3...0,4 s ni tashkil etadi. Ammo zamonaviy stanoklarda ishlov berish tezligini va ikki karra yurishlar sonini minutiga 200...300 gacha oshirishga intilish kuzatilmoqda. Bunday sharoitlarda vaqt t = 0,05...0,15 s gacha kamayadi.

Bikir kalibrli asboblar. Ichki jilvirlash uchun eng oddiy va ishonchli qurilmalar bikir kalibr-tiqinlar (3.46- rasm) hisoblanadi. Ular buyum babkasida joylashgan bo'lib, ishlov berilayotgan teshikka doiraga qarama-qarshi tomondan kiritiladi. Stanokda ishlov berilayotgan teshik *3* bilan o'qdosh qilib, uchiga pog'onali kalibr-tiqin *2* mahkamlangan shtok *1* o'rnatiladi. Jilvirlash doirasi *4* davriy ravishda o'ngga surilganda shtok kalibr bilan prujina ta'sirida diametri D bo'lgan teshikka to'g'rilanadi. Biroq kalibr bu teshikka faqat $D > D_1$ bo'lgandagina kira oladi, ya'ni teshikning o'lchami kalibrning birinchi bosqichi (pog'onasi) diametridan katta bo'lgandagina kira oladi. Bu paytda shtok *1* bilan bog'langan sozlanuvchi tirgak chetki viklyuchatel *6* ni bosadi, uning buyrug'i stanok sxemasida ishlov berish rejimini o'zgartirish uchun foydalaniladi. Keyingi jilvirlash natijasida $D > D_2$ bo'ladigan payt keladi; kalibrning ik-



3.46- rasm. **Bikir kalibr-tiqin bilan tekshirish chizmasi:**
1 — shtok; *2* — kalibr-tiqin; *3* — ishlov berilayotgan teshik; *4* — jilvirlash doirasi; *5* — uchlik; *6* — chetki vikluchatel

kinchi bosqichi teshikka kirish imkoniyatiga ega bo'ladi, va ikkinchi sozlanuvchi tirgak viklyuchatel *5* ni bosadi, u ishlov berishni to'xtatishga buyruq beradi. To'rt bosqichli kalibrlari bo'lgan qurilmalar ma'lum bo'lib, ular stanokning boshqarish zanjiriga ishlov berish rejimini o'zgartiruvchi to'rtta buyruq beradi. Kalibr-tiqinlar titrashlarga sezgir bo'lmagan shponkali va shlitsali ariqchalari bo'lgan teshiklarni tekshirishga imkon beradi; ular kichik o'lchamlarga va oddiy tuzilishga ega.

Ammo bikir kalibrning qo'llanilishi maxsus stanoklarda ishlov beriladigan diametri 100 mm gacha bo'lgan faqat ochiq (farron) teshikli detallarni tekshirish uchungina mumkin. Universal ichki jilvirlash stanoklarida bikir kalibrlar qo'llanilmaydi.

Bikir kalibrlardan foydalanilganda teshiklarga ishlov berish xatoligi 0,01...0,02 mm ni tashkil etadi.

Kontakt asboblar. Teshiklarni jilvirlashda ikki kontaktli o'lchash skobalari bo'lgan asboblar juda keng tarqalgan, ular tuzilishiga ko'ra dumaloq jilvirlash stanoklarida qo'llaniladigan skobalarga o'xshash va maxsus o'lchash uchliklari hamda arretir bilan farq qilib, bu arretir yordamida uchliklar ularni ishlov berilayotgan teshikka yoki tarnovga kiritish oldidan yaqinlashadi. Ko'pchilik hollarda uchliklarni teshikka jilvirlash doirasi bilan birga joylashtirishga harakat qilinadi va ular ishlov berishning butun sikli mobaynida teshikda o'zgarishsiz holatni saqlab turadi. Bunday asboblar oddiy tuzilishga ega va yuqori ishlov berish aniqligini ta'minlaydi. Biroq kichik diametrli, masalan, 15 mm dan kam bo'lgan teshiklarni tekshirishda doira deyarli butun bo'sh fazoni egallaydi va u yerga uchliklarni joylashtirish qiyin. Bunday hollarda uchliklari teshikka doiradan so'ng va uning har bir ikki karra yurishida kiritiladigan, teshikdan chiqishda esa o'lchamini xotirlab qolish uchun maxsus tormozli elektromagnit qurilmalar bilan qayd qilinadigan murakkab skobalarni qo'llashga harakat qilinadi.

Bundan tashqari, asboblar uchliklarni teshikka kirishida qo'yib yuborishni va teshikdan chiqishda uning ishonchli tormozlanishini ta'minlovchi tormozlash elektromagnitlarini boshqarishning maxsus sistemasi bilan ta'minlanadi. Tormozlovchi elektromagnitlarning yetarlicha tez ishlamasligi oqibatida bunday asboblar jilvirlashning uncha katta bo'lmagan tezliklarida — daqiqada 60—80 ikki karra yo'l bosib ishlaydi.

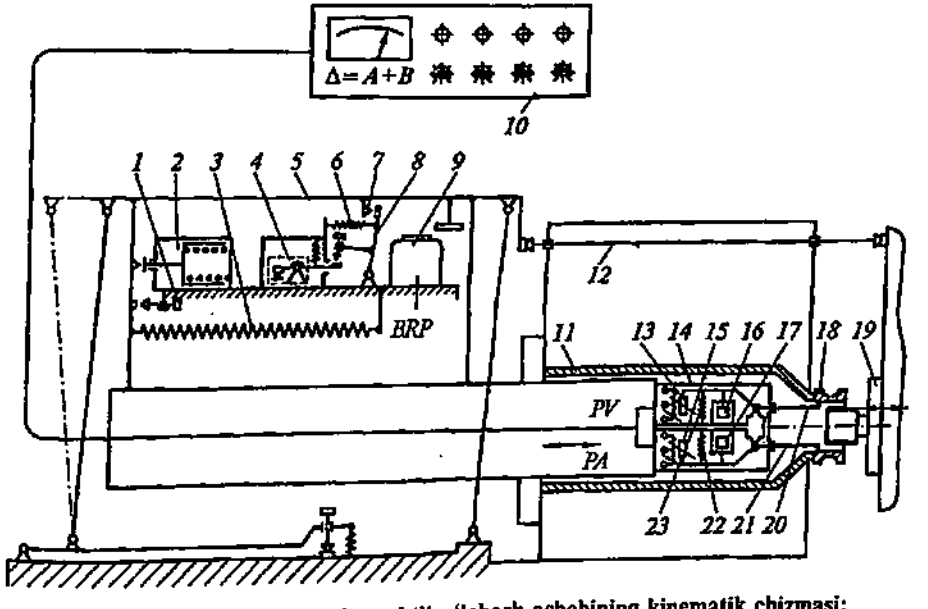
Uchliklarni qayd qiluvchi asboblar bilan tekshirishda tormoz mexanizmlarining nobarqaror ishlashi bilan bog'liq, 0,5...1,0 mkm ga teng qo'shimcha xatoliklar vujudga kelishi mumkin. Hozirgi paytda uchliklarni tormozlovchi asboblar kam qo'llaniladi.

Kichik diametrli teshiklarni tekshirishda buyum babkasi shpindelining ichida joylashtiriladigan kontaktli asboblar qo'laniladi. LZ-239 ichki jilvirlash avtomati uchun BV-4188 o'lchash sistemasi ishlab chiqilgan bo'lib, u asbob podshipniklarining ichki halqalari o'tkazuvchi teshiklarini aktiv tekshirish uchun mo'ljallangan.

BV-6119-06 sanash-buyruq berish elektron qurilmasi yordamida o'lchash sistemasi stanokning boshqarish sxemasiga toza (pardozlovchi) jilvirlashga, parvarishlashga va berilgan o'lchamdagi teshikka erishilganda ishlov berishni to'xtatishga o'tish uchun uchta buyruq beradi.

BV-4188 ikki kontaktli o'lchash asbobining kinematik sxemasi 3.47-rasmda ko'rsatilgan. O'lchash kallagi *14* ning ko'chish mexanizmini jilvirlash stanogining buyum babkasiga shunday o'rnatiladiki, bunda olmos uchliklar bilan jihozlangan o'lchash richaglari *20* va *21* buyum babkasining g'ovak (ichi bo'sh) shpindeli *11* orqali detal *18* ning ishlov berilayotgan teshigiga kiritilsin. Tolkatel *12* yordamida amalga oshiriladigan jilvirlash babkasi bilan kinematik aloqa tufayli sharnirli to'rtbo'g'inli ko'rinishida ishlangan ko'chirish mexanizmi o'lchash kallagining qaytma-ilgarilanma harakatlarini abraziv doirasining ossillyatsiyalanuvchi harakatlari bilan sinxron bo'lishini ta'minlaydi. Jilvirlash babkasi bilan kuch tutashuvi cho'zilish prujinasi *3* bilan ta'minlanadi.

O'lchash kallagi *14* bir xil tuzilishdagi ikkita avtonom o'lchash uzeliga ega. Ikkala uzel plunjer turidagi differensial induktiv o'zgartkichlar PA va PV bilan ta'minlangan. O'lchash richaglarining uchlarida o'rnatilgan ferrit yakorlar *13* va *15* induktivlik g'altaklari bilan o'zaro ta'sirlashadi. Yakorlar g'altaklarning ichiga botirilganda ularning induktiv va kompleks



3.47- rasm. **BV-4188 ikki kontaktli o'lchash asbobining kinematik chizmasi:**

1 — tirgak; *2* — gidrosilindr; *3*, *22* va *23* — cho'zilish prujinasi; *4* — pereklyuchatel; *5* — karetka; *6* — prujina; *7* — tirgak; *8* — burchakdagi richag; *9* — kontaktsiz pereklyuchatel; *10* — sanash-buyruq berish qurilmasi; *11* — shpindel; *12* — tolkatel; *13* va *15* — ferrit yakor; *14* — o'lchash kallagi; *16* va *17* — gidravlik dempfer; *18* — ishlov beriladigan detal; *19* — jilvirlash babkasi; *20* va *21* — o'lchash richagi

qarshiligi o'zgaradi. Buning oqibatida yakorlarning chiziqli ko'chishlarining funksiyasi sifatidagi o'zgartkichlarning chiziqli signallari o'zgaradi. Ikkala o'zgartkich

$$\Delta = A + B$$

qo'shish sxemasi bo'yicha sanash-buyruq berish qurilmasi *10* ga ulangan, bu yerda *A* — o'lchash uchliklarining chiziqli ko'chishlari yig'indisiga va mos ravishda detal o'lchamining og'ishiga proporsional bo'lgan natijalovchi signal.

1 N dan ortiq bo'lmagan o'lchash kuchlanishi cho'zilish prujinalari *22* va *23* tomonidan vujudga keltiriladi. O'lchashlarning uzlukli xarakterga ega ekanligi bilan bog'liq bo'lgan titrashlarning (vibratsiyaning) zararli ta'sirini bartaraf etish uchun kallak o'lchash richaglari bilan kinematik bog'langan gidravlik dempferlar *16* va *17* bilan ta'minlangan. Har bir dempfer kallak korpusida yo'nib hosil qilingan yopiq germetik diafragmali gidrosilindrdan iborat. Gidrosilindrning diafragmadagi markaziy teshik orqali chiqarilgan porshenli shtoki, o'lchash richaglariga mahkamlangan. Porshenning ikki tomoni bo'ylab bo'shliqlar gaz pufakchalari hosil bo'lmasligi uchun polimetilsiloksanli dempferlovchi suyuqlik bilan to'ldirilgan. Bir bo'shliqdan ikkinchisiga suyuqlik porshen va silindr orasidagi halqali oraliq orqali oqib o'tadi. O'lchash zanjiri harakatlanuvchi qismlarining titrashiga to'sqinlik qiluvchi dempfer kuchlanishi porshenning diametriga, o'lchash uchligining ko'chish tezligiga va dempferlovchi suyuqlikning kinematik qovushoqligiga proporsional.

O'lchash kallagining dastlabki holati stanokning gidrosistemasidan moyni gidrosilindr *2* ning o'ng qismiga haydash bilan ta'minlanadi. Bunda sanash-buyruq berish qurilmasiga elektrosxemani navbatdagi ish sikliga tayyorlash uchun zarur BRP turidagi kontaktsiz pereklyuchatel signali keladi.

Avtomatik siklning boshlang'ich fazasida detal *18* ni shpindel *11* ning magnit patronida mahkamlagandan so'ng jilvirlash babkasini ishlov berilayotgan detalga olib kelish amalga oshiriladi. Dag'al jilvirlashga pripuskni olib tashlashdan oldin stanokning gidrosistemasi moy oqimini shunday reverslaydiki, bunda gidrosilindr *2* ning chap bo'shlig'i bosimli magistral bilan tutashadi, o'ng bo'shlig'i esa oqizib chiqarish bilan tutashadi. Shu tufayli prujina *3* ta'sirida karetka *5* o'lchash kallagi *14* bilan birga ishlov berilayotgan detal tomon tekis harakatlanadi. Harakat boshida kontaktsiz pereklyuchatel *9* signal uzatadi, shu signal tufayli stanokni boshqarish sxemasiga buyruqlar chiqarish zanjiri ulanadi. Ishchi yurishi jilvirlash babkasi *19* bilan kinematik aloqaga ega bo'lgan tolkatel *12* bilan cheklanib turadi. Tolkatel o'lchash kallagiga jilvirlash babkasining ko'chishlari bilan sinxron tarzda ossillyatsiyalovchi harakatlarni uzatadi. O'lchash uchliklari ishlov berilayotgan teshikka abraziv doira bilan navbatma-navbat kiritiladi.

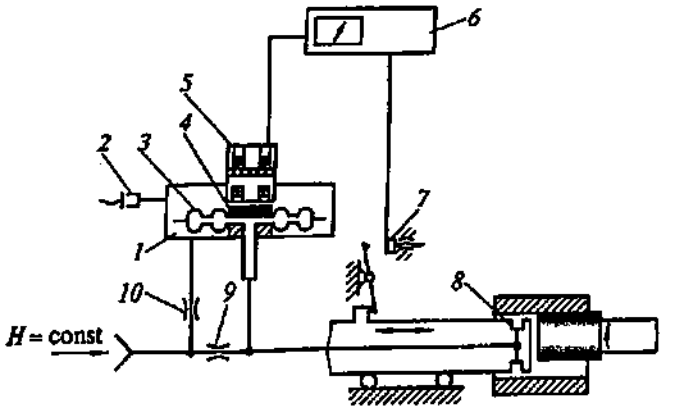
Ishchi yurishi oxirida, o'lchash uchliklari ishlov berilayotgan sirtga tekkanda, tirgak *7* burchakli richag *8* ni pereklyuchatel *4* ning oyoqchasi bilan ajratib, uning elektr kontaktini ulaydi. Shu tufayli elektron sistemaning o'lchash traktining ulanishi ta'minlanadi va induktiv o'zgartkichlarning

teshik o'lchamiga proporsional bo'lgan chiqish signallari sanash-buyruq berish qurilmasi *10* ga keladi. O'lchash uchliklarini nazorat qilinayotgan sirtdan halqa chetiga urilish paytida olib qo'yish gidravlik dempferlar *16* va *17* tomonidan bartaraf etiladi.

Teskari yurishda, o'lchash uchliklari ishlov berilayotgan sirt chegaralaridan tashqariga chiqishidan oldin burchakli richag *8* prujina 6 ning kuchi bilan soat strelkasiga qarama-qarshi tomonga buriladi. Bunda pereklyuchatel *4* ning elektrokontaktini uzish yo'li bilan o'lchash sikli uzilida va shu bilan bir vaqtda tekshirilayotgan teshikning o'lchami to'g'risidagi elektron xotira zanjirlari ulanadi. Shunday qilib, o'lchash trakti o'lchash uchliklarining ishlov berilayotgan sirtga tegmasdan salt yurishida yuzaga keladigan induktiv o'zgartkichlarning yolg'on signallaridan to'siladi. Pripusk olingani sari ko'rsatuvchi asbobning strelkasi abraziv doiraning har bir ikkilanma yurishi davomida olib tashlagan pripuski kattaligicha diskret ko'chishlarni bajaradi.

Teshikning oldin belgilangan o'lchamlariga erishilganda o'zgartkichlarning elektron sistema bilan kuchaytirilgan signallari stanokning uzatmalar mexanizmini jilvirlashning pardozlash (toza) rejimiga va parvarishlashga o'tkazish uchun dastlabki buyruqlar ishlab chiqaradi. Teshikning berilgan o'lchamiga erishilganda o'lchash kallagi va jilvirlash babkasini dastlabki holatiga tezkor o'tkazish uchun yakuniy buyruq shakllanadi. Ishlov berilgan detal olinib, stanok patroniga navbatdagi zagotovka mahkamlanganidan so'ng ishchi sikli takrorlanadi.

Abraziv doirasini sikl ichida tuzatish zarur bo'lgan holda jilvirlash babkasi *19* o'ngga suriladi, o'lchash uchliklari esa cho'zilish prujinasi *3* ta'sirida tekshirilayotgan halqaga chuqurlashadi. O'lchash kallagini shikastlanishdan saqlab qolish uchun karetka *5* ning yo'lini cheklovchi tirgak *1* xizmat qiladi. O'lchash kallagini berilgan o'lchamga dastlabki sozlashni stanokdan tashqarida maxsus



3.48- rasm. **Kontaktsiz pnevmatik asbobning chizmasi:**

1 — pnevmoinduktiv o'zgartkich; *2* — sozlanadigan soplo; *3* — membrana qutisi; *4* — yakor; *5* — o'zgartkich; *6* — sanash-buyruq berish qurilmasi; *7* — yo'l viklyuchateli; *8* — pnevmatik tiqin; *9* va *10* — kiruvchi soplo

moslama yordamida amalga oshiriladi. Oxirgi sozlashni stanokda o'lchami dopusk maydoni o'rtasiga mos keladigan halqa bo'yicha amalga oshiriladi.

Pnevmoinduktiv o'zgartkich asosida ishlab chiqilgan universal kontaktsiz pnevmatik asbob (3.48- rasm), pnevmatik tiqin *8*, pnevmoinduktiv o'zgartkich *1*, induktiv sanash-buyruq berish qurilmasi *6* va yo'l viklyuchatel *7* dan iborat. Pnevmatik tiqin *8* buyumning shpindelida, jilvirlash doirasiga qarama-qarshi tomondan joylashgan va doira ossillyatsiyasida teshikka kiritiladi. Tiqinlar turli diametrdagi teshiklarni tekshirishda qo'llanilishi mumkin. Sharikopodshipniklarning halqalari 1 mm diametrli o'tkazuvchi teshiklarini ishlov berish jarayonida tekshirish uchun foydalaniladigan 0,92 mm diametrli tiqin qiziqish uyg'otadi. Pnevmoinduktiv o'zgartkich keltiruvchi havo yo'llari hajmini kamaytirish va asbobning tez ta'sirchanligini oshirish uchun pnevmotiqin yaqiniga joylashtirilgan.

Pnevmoinduktiv o'zgartkich *1* xotira bloki bilan ta'minlangan BV—6119 sanash — buyruq berish qurilmasi bilan ulangan bo'lib, u tiqinning teshikdan chiqish vaqtida teshik o'lchashiga mos keluvchi chiqish signalini qayd qilishga imkon beradi. Xotira bloki yo'l viklyuchateli 7 ning buyrug'i bilan boshqarilib, uning teshikka kirish paytida ishlab ketadi.

Yo'l viklyuchatelini tanlash tiqin o'lchash soplolarining tekshirilayotgan teshikka kirish chuqurligiga bog'liq. Kirish chuqurligi katta bo'lganda (2...3 mm) odatdagi yo'l viklyuchatellari, chuqurlik uncha katta bo'lmaganda esa (0,9...1,5 mm) elektrokontaktli o'zgartkichlar qo'llaniladi.

Asbobning pnevmatik sistemasi kirish soplolari *9* va *10* orqali o'zgarmas ishchi bosimi H=const ostidagi siqilgan havo bilan ta'minlanadi. Kirish soplosi *9* dan havo tiqin *8* ning o'lchash soplolariga havo kiradi va ular orasidagi hamda tekshirilayotgan teshikning sirti orasidagi oraliqdan oqib chiqib ketadi. O'lchash bosimi h ostidagi havo membrana qutisi *3* ga kiradi. Kirish soplosi *10* dan havo o'zgartkich korpusiga kiradi va sozlanuvchi soplo *2* orqali oqib chiqib, membrana qutisining tashqarisida zaruriy qarshi bosim h_1 ni vujudga keltiradi.

Asbobning tez ishlashini oshirish uchun pnevmatik sistemaning sezgirligi pasaytiriladi. Masalan, membrana qutichasi *3* markazi ko'chishlarining tekshirilayotgan detal diametrining o'zgarishiga nisbati 1,5...2,0 qilib tayinlanadi. Asbobning 1000...2000 ga teng umumiy sezgirligiga induktiv sistema sezgirligini oshirish bilan erishiladi.

Pnevmatik tiqin ishlov berilayotgan teshikka doiraning har bir ikki karra yurishida davriy ravishda kiradi. Tiqin teshik ichida bo'lganda membrana qutichasidagi o'lchash bosimi h ortadi, yakor *4* yuqoriga ko'chadi va o'zgartkich *5* dan sanash-buyruq berish qurilmasi *6* ga teshik o'lchamiga mos keladigan kuchlanish signali keladi. Tiqin teshikdan chiqayotganda va membrana qutichasidagi bosim tushayotganda bu signal xotira blokida qayd etiladi.

Pripusk olib tashlangani sari asbob ishlov berish rejimlarini o'zgartirish va jilvirlashni tugatish uchun boshqaruvchi buyruqlar chiqarib turadi. Asbob yuqori tezlikka ega va daqiqada 100...150 ikki karra yo'l bosganda ishlashi mumkin.

Ichki jilvirlash stanoklarida faol tekshirishda eng katta aniqlikni o'lchash uchliklari doim ishlov berilayotgan teshikda bo'ladigan ikki kontaktli asboblar ta'minlaydi. Davriy o'lchashlarda jilvirlash doirasining har bir ikkilanma yurishi vaqtida qo'shimcha dinamik xatoliklar δ_g paydo bo'ladi. Dinamik xatolikning bir tashkil etuvchisi o'lchash har safar ikkilanma yurishdan pripusk olib tashlangandan so'ng amalga oshirilgani oqibatida vujudga keladi. Agar ishlov berish jarayonida teshikning o'lchami berilgandan xoli, biroz kichik bo'lsa, masalan, 0,1 mkm kichik bo'lsa, u holda doiraning keyingi yurishi mobaynida zarur bo'lganidan ko'proq pripusk, masalan, 0,5 mkm olinishi mumkin va mazkur holda 0,4 mkm ni tashkil etuvchi xatolik yuzaga keladi. Bu xatolikni kamaytirish uchun ishlov berishning tezligini kamaytirish lozim. Dinamik xatolikning boshqa tashkil etuvchisi asbobning inersionligi va har bir yurishda o'lchashga ajratiladigan vaqtning kamligi (0,05...0,2 s) bilan bog'liq. Agar o'lchash vaqtida asbobning chiqish signali teshik o'lchamiga mos keluvchi o'rnatilgan qiymatga erishishga ulgurmasa, u holda asbob ko'rsatishlarining ishlov berilayotgan teshik o'lchamining o'zgarishlaridan qolib ketishi bilan ifodalanuvchi dinamik xatoliklar paydo bo'ladi. Bu xatolik jilvirlash sikli oxirida pripuskni olib tashlash tezligi kamaygan sari kamayadi.

3.2.8. Yassi jilvirlash stanoklari uchun aktiv tekshirish asboblari

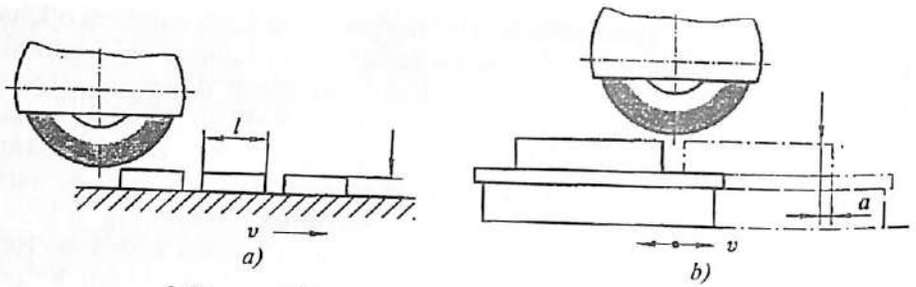
Sanoatda yassi jilvirlash, chetki jilvirlash va shlitsli jilvirlash stanoklarida tekis sirtlar bilan chegaralangan detallarning o'lchamlarini tekshirish asboblari keng qo'llaniladi. Tekis jilvirlashda odatda magnitli plitaga mahkamlangan yoki stanok stolida maxsus moslamaga mahkamlangan ko'p sondagi bir xil detallarga ishlov beriladi. Detallar orasidagi oraliqlar, ularning chetlaridagi faskalar, pazlar va teshiklar ishlov berilayotgan sirtda uzilishlarni vujudga keltiradi va asbobning o'lchash uchligi u bilan davriy ravishda kontaktda bo'ladi. Hatto uzluksiz sirtga ega bo'lgan bitta uzun detalga, masalan, stanianing yo'naltiruvchilariga, ishlov berishda, to'g'ri to'rtburchak stoli bo'lgan yassi jilvirlash stanogida detal faqat davriy ravishda o'lchash uchligi ostiga tushadi.

Yassi yoki chetki jilvirlashda amaliy uzluksiz sirtni qirqma va kesib olinadigan frezalar chetlariga, diskli arralar va shesternyalarga ishlov berish vaqtida, ularni bitta detaldan qilib, dumaloq stolning o'rtasiga yoki maxsus patronga o'rnatganda kuzatish mumkin.

O'lchanayotgan sirtning uzunligi l tekis jilvirlashda asbobning o'lchash uchligi ostidan o'tuvchi ishlov berilayotgan sirtning silliq uchastkasining uzunligi bilan aniqlanadi (3.49- *a* rasm). O'lchash uchligining silliq uchastkada turish vaqti

$$t = l/v,$$

bu yerda v — detallarning ko'chish tezligi, mm/s.



3.49- rasm. **Tekis jilvirlashda uzlukli sirtni tekshirish:**
a — dumaloq stolda; *b* — to'g'ri to'rtburchak stolda

Bu formuladan yumaloq stolli stanokda detallarni tekshirishda foydalaniladi. Qaytma-ilgarilanma harakat qiluvchi to'g'ri to'rtburchak stoli bo'lgan stanokda uzun detallarni jilvirlashda (3.49- *b* rasm)

$$t = t_1 + t_2$$

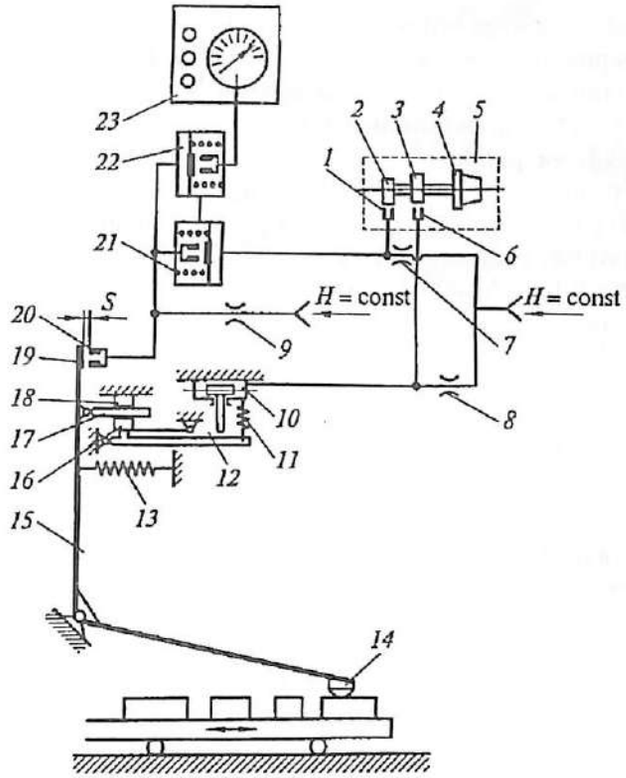
bo'ladi, bu yerda t_1 — stolning bitta ikki karra yurishida sirtning silliq uchastkasida uchlikning bo'lishi vaqti; t_2 — stolning reversda turish vaqti.

To'g'ri to'rtburchakli stoli bo'lgan stanoklarda stolning detallar bilan ko'chish tezligi v ko'pchilik hollarda 10...50 m/min ni, dumaloq stolli stanoklarda esa ba'zan 150 m/min ni tashkil etadi. Qisqa detallarni, masalan, podshipnik halqalarini bunday tezlikda tekshirishda asbob uchligining ishlov berilayotgan sirtda bo'lishi vaqti juda kichik bo'lishi mumkin va ba'zan 0,005...0,010 s ni tashkil etadi. Asbobning tuzilishi uchun ikki detal orasidagi sirtning uzilishi o'lchash uchliklari ostida bo'lishi vaqti ham juda muhimdir. To'g'ri to'rtburchakli stoli bo'lgan stanoklarda ikkita o'lchash orasidagi vaqt (sirt uzilishining o'tishi) 1...15 s ni tashkil etadi.

Tekis jilvirlashda, odatda, magnit plita yoki stol sirti ishlov berish uchun asos bo'lib hisoblanadi, shuning uchun detalning qalinligini bevosita o'lchash mumkin emas, chunki uning asos sirtiga o'lchash uchliklari yeta olmaydi.

Ko'pchilik hollarda asbob staninaga yoki stanokning xochsimon supportiga o'rnatiladi va shuning uchun o'lchash aniqligiga stanokning kuch va issiqlik deformatsiyalari hamda ishlov berilayotgan detallar o'rnatiladigan stolning yo'naltiruvchilaridagi oraliqning doimiy emasligi ta'sir qiladi.

Ko'p o'tuvchi stanoklar uchun asboblar. BB-4066 K asbobi (3.50- rasm) o'lchash richagini sanash-buyruq berish qurilmasida signal (o'lcham)ni qayd qiluvchi blokirovkali (so'rovli) qurilmali tekshirilayotgan detalning eng katta o'lchamiga mos keluvchi holatda tutib turuvchi friksion tormozlash mexanizmi bilan ta'minlangan. Asbobning o'lchash richagi *15* ko'chishdan prujina *11*, richagcha *12* va tovonlar *16* va *18* yordamida tutib qolinuvchi planka *17* bilan sharnirli bog'langan. Prujina *11* shunday sozlanganki, o'lchash uchligi *14* ostida detal bo'lmaganda richag *15* pastga tushmaydi. Agar detalning balandligi uchlik *14* ning plitagacha masofasidan katta bo'lsa, u holda richag *15* ko'tariladi va planka *17* ning tovonlar *16* va *18* orasidan



3.50- rasm. **BV-4066K asbobining chizmasi:**
1 va *6* — boshqaruvchi soplo; *2* va *3* — kulachok; *4* — elektrodvigatel; *5* — komandoapparat; *7*, *8* va *9* — kiruvchi soplo; *10* — pnevmatik arretir; *11* va *13* — prujina; *12* — richagcha; *14* — o'lchash uchlig; *15* — richag; *16* va *18* — pyatka (tovon); *17* — planka; *19* — zaslonka; *20* — o'lchash soplosi; *21* va *22* — to'suvchi klapan; *23* — sanash-buyruq berish qurilmasi

sirg'anib ketishidan so'ng detal o'lchamiga mos keluvchi holatda qoladi. Takroran o'lchash uchun pnevmatik arretir *10* mo'ljallangan. Dasturiy qurilmadan (komandoapparat *5* dan) siqilgan havo uzatilganda arretir shtoki richag *12* ni suradi, planka *17* bo'shaydi va o'lchash richagi *15* prujina *13* ta'sirida pastga tushadi. Richag *15* ning yuqori uchi o'lchash soplosi *20* ning to'sig'i (zoslonkasi) vazifasini o'taydi, asbobning ko'rsatishlari zaslonka *19* va soplo *20* orasidagi *S* oraliq bilan belgilanadi.

Siqilgan havo o'zgarmas bosim *H*=const ostida kirish soplosi *9* ga keladi va oraliq *S* ga oqib tushadi. Kirish *9* va o'lchash *20* soplolari orasidagi kamerada vujudga keladigan va oraliq *S* ga bog'liq bo'ladigan o'lchash bosimi *h* to'suvchi klapanlar *21*, *22* orqali sanash-buyruq berish qurilmasi *23* ga uzatiladi. Asbobning ishlash sikli komandoapparat *5* yordamida boshqariladi. Komandoapparat *5* valida kulachoklar *2* va *3* o'rnatilgan elektrodvigateldan va ikkita boshqaruvchi soplolar *1* va *6* dan iborat. Havo boshqaruvchi soplolarga kirish soplolari *7* va *8* orqali keladi.

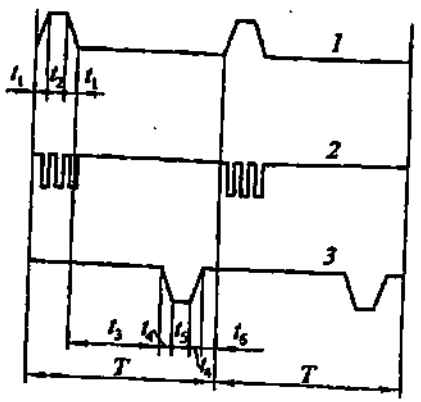
Stanokda detallarga ishlov berishda uchlik *14* ostida uzlukli sirt ko'chadi. Komandoapparat *5* ning vali o'zgarmas tezlik bilan aylanadi va valning har bir aylanishida asbob ishini boshqaruvchi ikki buyruq beriladi. Avval kulachok *3* soplo *6* ni berkitadi, arretir *10* ostidagi bosim ko'tariladi, arretir shtoki siljiydi va planka *17* ni bo'shatib, richag *12* ni suradi. O'lchash richagi *15* prujina *13* ta'sirida ishlov berilayotgan sirtga yoki uning uzilishiga tushadi. Belgilangan vaqtdan so'ng soplo *6* ochiladi, arretir *10* dastlabki holatiga qaytadi, prujina *11* va richag *12* o'lchash richagi *15* ni tormozlab turadi. Agar o'lchash uchligi *14* ishlov berilayotgan sirtga tushsa, u holda richag *15* shu holatida qotiriladi. Agar o'lchash uchligi *14* sirtning uzilish joyiga tushib qolsa, u holda uning siljishida detaldagi chiqiq uchlikni ko'taradi. Berilgan vaqtdan so'ng boshqaruvchi soplo *1* ochiladi, klapanlar *21*, *22* ostidagi bosim pastga tushadi va klapan ishlab ketishi natijasida o'lchash kamerasi sanash-buyruq berish qurilmasi bilan birlashadi, bu qurilma ishlov berilayotgan detallarning o'lchamlarini qayd qiladi. O'lchash sikli komandoapparat *5* valining har bir aylanishida takrorlanadi.

3.51- rasmda asbobning ishlash siklogrammasi keltirilgan. Sikl boshqaruvchi soplo *6* ning yopilishi (3.50- rasmga qarang), arretir *10* ning chiqishib ishlab ketishi va o'lchash richagi *15* ning tormozlanishi bilan boshlanadi. Tormozlangandan so'ng blokirovka klapani *21* ishlab ketmasidan oldin richag detallarning chiqiqlari bilan ko'tarilishi kerak.

Bitta o'lchash siklining vaqti

$$T=2t_1+t_2+t_3+2t_4+t_5+t_6,$$

bu yerda t_1 — arretirning chiqishib ishlash vaqti; t_2 — o'lchash richagining erkin (bo'sh) holati vaqti; t_3 — richagning ko'tarilish vaqti; t_4 — klapanning chiqishib ishlash va berkilish vaqti; t_5 — ochiq holatdagi vaqt; t_6 — arretir va klapanning ulanishlari orasidagi vaqt oralig'i.



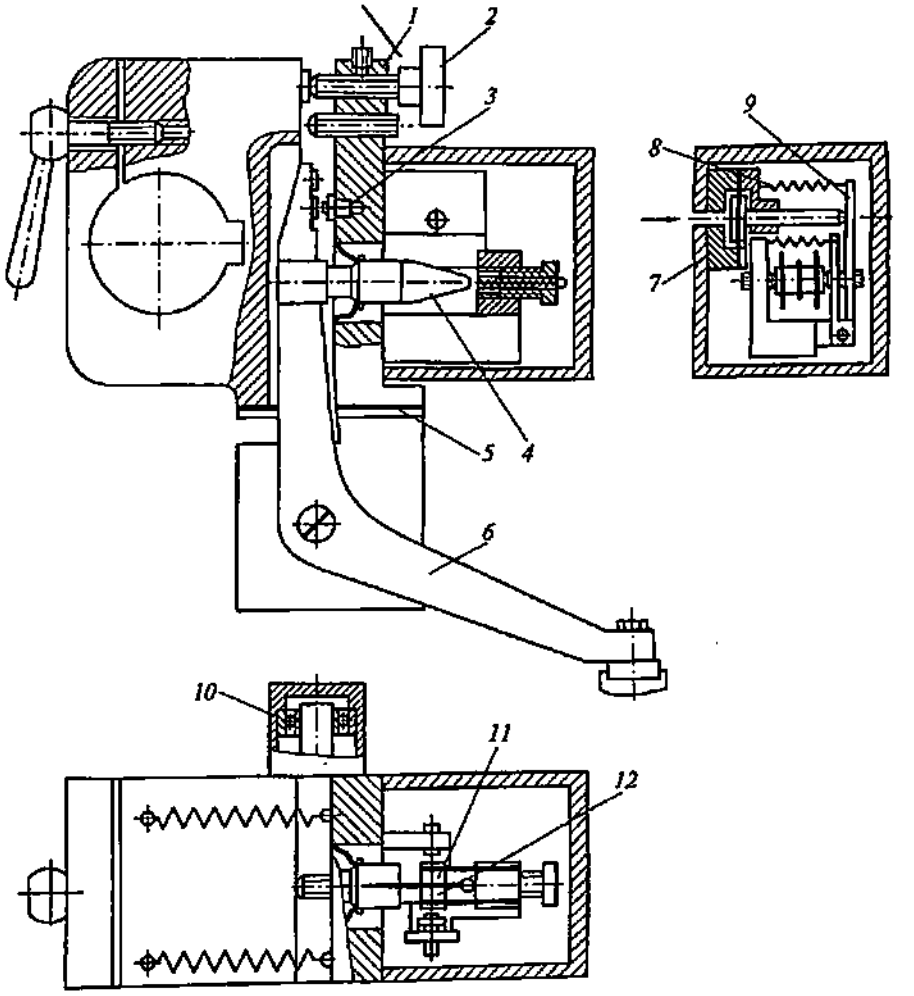
3.51- rasm. **BV-4066K asbobining ishlash siklogrammasi:**

1 — tormoz mexanizmi arretiri; *2* — o'lchash richagi; *3* — to'suvchi klapan

Yassi jilvirlashda T ning qiymatiga taxminan $0,9T$ ga teng bo'lgan t_3 tashkil etuvchisi eng katta ta'sir ko'rsatadi. t_3 vaqt davomida o'lchash uchligi ostida juda bo'lmasa bitta detal o'tishi kerak. Shuning uchun t_3 asbobning o'lchash uchligi ostidan sirtning eng katta uzilishining (stolning eng kichik tezligida) o'tish vaqtidan ortiq bo'lishi kerak.

Yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, to'g'ri to'rtburchak stolli stanok uchun t_3 interval *15* s gacha bo'lishi mumkin.

t_3 va T ning ortishi asbobning puxtaligi oshishiga imkon beradi, ammo asbob buyrug'i kechikib qolishi sababli qo'shimcha dinamik xatolik paydo bo'lishiga olib keladi.



3.52- rasm. **BV-4066K asbobi o'lchash kallagining tuzilishi:**

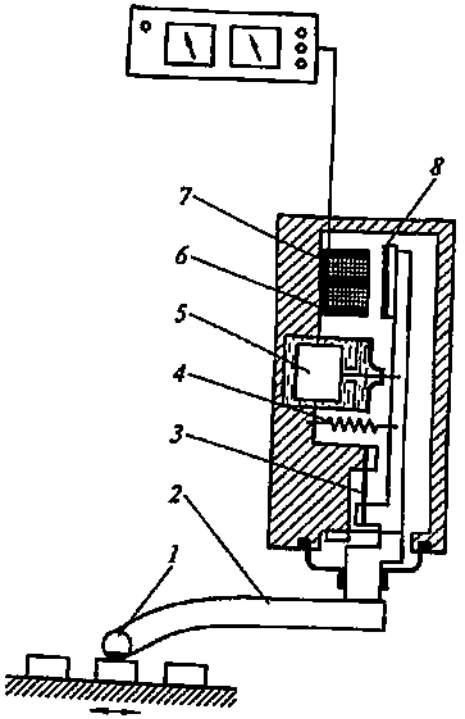
1 — korpus; *2* — vint; *3* — o'lchash soplosi; *4* — planka; *5* — yassi prujina; *6* va *9* — richag; *7* — arretir; *8* — prujina; *10* — sharikopodshipniklar; *11* va *12* — yassi pyatka

Bu xatolikni kamaytirish uchun t_3 vaqt ichida ishlov berishning oxirgi bosqichida, masalan, pardozlashda eng kam pripusk olib tashlanishi kerak. Vertikal shpindelli va uzluksiz uzatuvchi yassi jilvirlash stanoklarida pardozlash kamida 10...15 s mobaynida stolning 3...5 aylanishi (yurishi) davomida amalga oshiriladi. Bu stanoklar uchun t_3 ni 6...8 s ga teng qilib olinadi. Gorizontal shpindelli va davriy uzatmali stanoklar uchun pardozlash vaqti katta va T kattalik 15...20 s ni tashkil etadi. Ko'rsatilgan sikllar yassi jilvirlash stanoklarida ishlov berishning amalda uchraydigan hollarining ko'pchiligini qanoatlantiradi.

Asbob komplektiga bir kontaktli o'lchash kallagi, komandoapparat, BV-6060 pnevmatik sanash-buyruq berish qurilmasi va o'rnatuvchi kronshteyn kiradi. O'lchash kallagining tuzilishi 3.52- rasmda ko'rsatilgan.

O'lchash kuchlanishini va harakatlanuvchi massani kamaytirish uchun o'lchash richagi *6* VT-5 titan qotishmadan yasalgan. Richag o'qi sharikopodshipniklar *10* da shunday tarzda o'rnatilganki, bunda uning lyufti va urilishi 1 mkm dan ortmaydi.

Friksion mexanizm ikkita tekis tovonlar *11* va *12* dan iborat bo'lib, ular orasida richag *6* bilan birlashtirilgan egiluvchan tasmadan yasalgan planka *4* mavjud. Tovonlar yassi prujinali parallelogrammlarda o'rnatilgan va planka *4* ni prujina *8* va richag *9* yordamida siqib turadi. Mexanizmning bunday tuzilishi tovonlarning parallel ko'chishini, ularning planka *4* ga yaxshi yotishini va, asosiysi, friksion mexanizmda lyuftlar bo'lmasligini ta'minlaydi. Richag *6* pnevmatik membranali arretir *7* yordamida bo'shatiladi, u membrana ostiga siqilgan havo berilganda richag *9* ni suradi. Tormozlash mexanizmi ko'p-karra o'lchashlarda o'lchash richagining ko'pi bilan 0,8 mkm nobarqaror qayd etilishini ta'minlaydi. Richag *6* ning yuqori uchi sanash-buyruq berish qurilmasi bilan tutashtirilgan o'lchash soplosi *3* uchun to'siq bo'lib xizmat qiladi. Asbobni o'lchashga sozlash korpus *1* ni yassi prujina *5* dan yasalgan sharnirda tebrantiruvchi vint *2* yordamida amalga oshiriladi.



3.53- rasm. **Yassi jilvirlash uchun «Alsar» induktiv asbobining tuzilishi:**

1 — rolik; *2* — richag; *3* — yassi prujinalardan sharnir; *4* — prujina; *5* — porshen; *6* — ferrit idish; *7* — induktivlik g'altagi; *8* — ferrit shayba

O'lchash kallagi stanokda asbobni sozlashda kallakning holatini vertikal va gorizontal yo'nalishlarda rostlashga imkon beruvchi bikir kronshteynda o'rnatiladi.

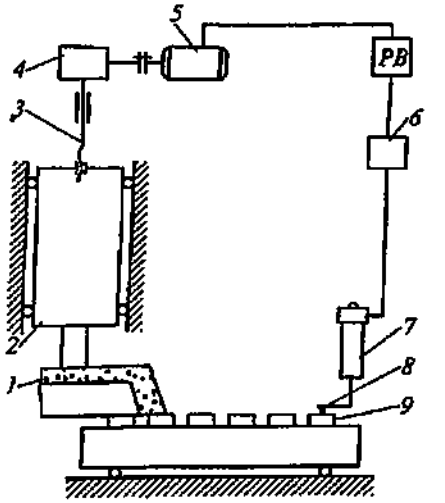
Tekis jilvirlashda uzlukli sirtni tekshirish uchun «Martos» firmasi «Alsor» asbobini ishlab chiqaradi (3.53- rasm), u bir kontaktli o'lchash kallagidan va xotira bloki bilan ta'minlangan sanash-buyruq berish qurilmasidan iborat. O'lchash kallagi yassi prujinalar *3* dan iborat xochsimon sharnirda o'rnatilgan o'lchash richagi *2* ga ega. Richag *2* ning bir uchi qattiq qotishmali rolik *1* bilan ta'minlangan bo'lib, u o'lchash uchligi bo'lib xizmat qiladi, ikkinchi uchida induktiv nodifferensial o'zgartkichning yuqori bo'lgan ferrit shayba *8* mahkamlangan. O'zgartkich ferrit chashka *6* va induktivlik g'altagi *7* dan iborat. Richag *2* gidravlik dempferning porsheni *5* bilan bikir bog'langan. Dempferning mavjudligi o'lchash uchligi detalga urilganda tekshirilayotgan sirtdan

uzilib qolishni bartaraf etadi va sirtning uzilish joyiga nisbatan sekin tushishga imkon beradi. Rolik *1* dagi 70...120 sN ga teng o'lchash kuchlanishi prujina *4* bilan vujudga keltiriladi.

Yassi jilvirlashda ishlov berish xatoligi jilvirlashning boshqa turlariga nisbatan katta, chunki odatda bir kontaktli o'lchash sirti ancha notekisliklarga ega bo'lishi mumkin bo'lgan harakatlanuvchi bazadan (stanok stolidan) amalga oshiriladi. Ishlov berish xatoligiga, shuningdek stanokning issiqlik va kuch deformatsiyalari, stolning yo'naltiruvchilaridagi oraliqlar (oraliqlar), ishlov berilayotgan detallar joylashgan magnit plitaning isitilishi va deformatsiyalar hamda boshqa omillar ta'sir qiladi. Bu omillar bilan bog'liq bo'lgan xatoliklarning ba'zilari muntazam xatoliklar bo'lib, asbob va stanokni rostlash bilan qisman kompensatsiyalanishi mumkin.

Bir marta o'tuvchi stanoklar uchun asboblar. Bir marta o'tuvchi (induksion) yassi jilvirlash stanoklarida butun pripusk jilvirlash doirasi ostida ishlov berilayotgan detalning bir marta o'tishida olib tashlanadi. Bu stanoklar podshipnik va avtomobil sanoatida, yirik seriyali va ommaviy ishlab chiqarishda avtomatik liniyalarda keng qo'llaniladi. Ular ayrim sektorlari bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda ulanishi va o'chirilishi (uzilishi) mumkin bo'lgan doiraviy elektromagnit plitali sekin aylanuvchi stol bilan jihozlangan. Stanokda o'z chetlari (toreslari) bilan ishlovchi jilvirlash doiralari bo'lgan ikki (yoki uchta) jilvirlash babkalari o'rnatilgan.

Ishlov berish uchun mo'ljallangan detallar harakatlanuvchi magnit plitaga toksizlantirilgan sektoriga joylanadi yoki avtomatik ravishda tushadi. Plitaning keyingi aylanishida bu sektorga tok beriladi va detallar plitaga mahkamlanib qoladi. Keyin bu detallar birinchi jilvirlash babkasining ostidan o'tadi, u yerda ulardan bir o'tishda dag'al pripusk olib tashlanadi. Stolning keyingi harakatida detallar ikkinchi jilvirlash babkasi ostidan o'tadi va ulardan bir o'tishda butun toza pripusk olib tashlanadi. Shundan so'ng sirtiga yakuniy ishlov berilgan va balandligi bo'yicha talab qilingan o'lchamdagi detallar yuk tushirish hududiga keladi, unda magnit plitaning tegishli sektori toksizlantiriladi va detallar stanokdan olinadi.



3.54- rasm. **Jilvirlash doirasini avtomatik sozlovchi stanokning ishlash chizmasi:**

1 — jilvirlash doirasi; *2* — jilvirlash babkasi; *3* — vint; *4* — reduktor; *5* — elektrodvigatel; *6* — kuchaytirgich; *7* — o'lchash kallagi; *8* — o'lchash uchligi; *9* — ishlov berilgan detallar

Ishlov berishning bunday sxemasida detalning o'lchamiga ta'sir ko'rsatuvchi asosiy omil jilvirlash doirasining yeyilishi hisoblanadi, buning oqibatida detallarning o'lchami asta-sekin ortib boradi. Shuning uchun doiraning yeyilishining o'rnini bosish uchun (kompensatsiyasi uchun) har bir jilvirlash babkasidan so'ng kichik sozlovchi qo'yiladi, u detallarning balandligi berilganidan ortiq bo'lgan paytni aniqlaydi va babkani tushirish uchun buyruq beradi.

Jilvirlash doirasini avtomatik sozlovchi stanokning ishlash sxemasi 3.54-rasmda ko'rsatilgan. Ishlov berilgan detallar *9* jilvirlash doirasi *1* ostidan chiqqandan so'ng o'lchash kallagi *7* ning o'lchash uchliklari *8* ostidan o'tadi. Jilvirlash doirasi yeyila borgani sari ishlov berilgan detallarning o'lchamlari ortadi va detal kichik sozlanuvchiga teng yoki undan ortuvchi detalga yetganda o'lchash kallagi qayta sozlashga buyruq beradi. Kallak *7* dan chiqqan signal kuchaytirgich 6 ga keladi va stanokning vaqt relesi VR orqali elektrodvigatel *5* ga uzatiladi. Kuchaytirgichdan kelgan buyruq bo'yicha elektrodvigatel *5* ulanadi va reduktor *4* orqali jilvirlash babkasi *2* ning vinti *3* ni buraydi. Jilvirlash babkasining ko'chishi vaqt relesi tomonidan beriladigan qayta sozlash elektrodvigatelining aylanish vaqti bilan belgilanadi. Qayta sozlash impulsining qiymati dopusk maydoniga, ishlov berishga pripuskka, jilvirlash doirasi xarakteristikasiga, buyumlarning shakli va o'lchamlariga, doira va o'lchash kallagi o'rtasidagi buyumlar miqdoriga va h.k.larga bog'liq holda tanlanadi. Stanokning vaqt relesi, shuningdek, o'lchash uchliklari ostidan birinchi qayta sozlash impulsi uzatilganda u bilan doira orasidagi hamma detallar o'tib bo'lmaguncha keyingi davrga old qayta sozlash impulsini kechiktiradi.

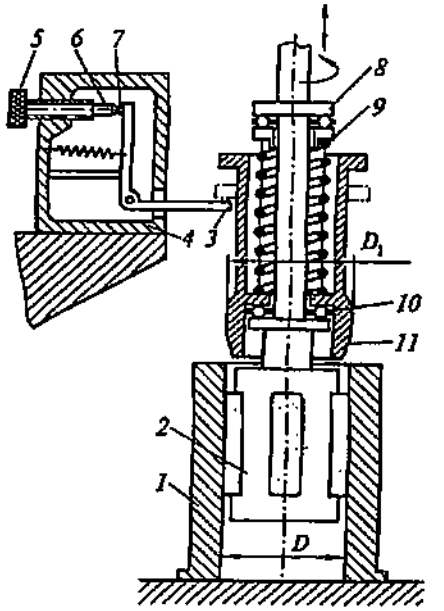
3.2.9. Xoninglash stanoklari uchun aktiv tekshirish asboblari

Aktiv tekshirish, odatda, aniq teshiklarga ishlov berishda yakunlovchi operatsiya bo'lgan xoninglashda keng qo'llaniladi. Xoninglash stanoklarida ishlov berish aylanma va qaytma-ilgarilanma harakatlar qiluvchi mayda donali abraziv brusoklar yordamida amalga oshiriladi. Xoninglash jarayoni olinadigan uncha katta bo'lmagan pripusk (0,03...0,15 mm), ishlov berish oxirida pripuskni olishning uncha katta bo'lmagan tezligi (xoninglash kallagining bir yurishida 0,3...0,5 mkm), kesuvchi brusoklarning juda sekin yeyilishi va buning oqibatida, ishlov berishning barqaror jarayoni bilan ifodalanadi. Xoninglash stanoklari uchun ishlab tayyorlangan ko'p miqdordagi asboblardan sanoatda asosan bikir kalibrlar va xoninglash kallagiga o'rnatilgan pnevmatik kontaktsiz va kontaktli qurilmalar qo'llaniladi.

Diametri uncha katta bo'lmagan, masalan, 30 mm dan kichik diametrli teshiklarni va uzlukli sirtga ega teshiklarni xoninglash stanoklarida, ularga ishlov berish jarayonida bevosita o'lchash ishlov berilayotgan teshik xoninglash kallagi bilan to'liq band bo'lgani oqibatida qiyinlashgani, o'lchash o'zgartkichlarini uning kichik o'lchamli bo'lgani va tuzilishi murakkabligi

sababli xoninglash kallagining o'ziga joylashtirish amaliy jihatdan mumkin emas. Bunday hollarda bilvosita o'lchashlar yaxshi natijalar beradi. Bilvosita o'lchashni qo'llanish uchun eng qulay sharoitlar olmosli xoninglashda yaratiladi, bu olmos brusoklarning yuqori darajada pishiqligi bilan izohlanadi (qator hollarda bir komplekt brusoklar bilan 30 ming-tagacha buyumga ishlov beriladi).

Kesuvchi brusoklar ustida xoninglash kallagining bevosita kallagida joylashgan «tushuvchi» kalibr-tiqinli qurilmalar juda ham keng qo'llanila boshladi (3.55- rasm). Qurilmalar sirti silliq va uzlukli bo'lgan teshiklarni tekshirish uchun qo'llanilishi mumkin.



3.55- rasm. **Xoninglash jarayonida tekshirish uchun bikir kalibrli qurilmaning tuzilishi:**

1 — ishlov beruvchi detal; *2* — xoninglash kallagi; *3* — richag; *4* — o'zgartkich; *5* — vint; *6* va *7* — kontakt: *8* va *10* — sharikopodshipnik; *9* — prujina; *11* — kalibr-tiqin

Xoninglash kallagi *2* ning shtokiga bikir kalibr-tiqin *11* montaj qilinib, uning diametri D_1 ishlov berilayotgan detalning o'rtacha teshigi diametri *D* ga mos keladi. Kalibr-tiqin xoninglash kallagi *2* ga nisbatan harakatchan bo'lishi va, odatda, ayniqsa bu kallakni suzuvchi qilib mahkamlashda; u ikkita tirgak sharikopodshipnik *8* va *10* larga, odatda, maxsus sharikopodshipniklarga montaj qilinadi va vintli prujina *9* yordamida o'q yo'nalishida qayd qilinadi. Kalibrni xoninglash kallagiga nisbatan bikir markazlash mumkin emas, u radiol yo'nalishda erkin ko'cha olish imkoniga ega bo'lishi kerak. Kalibr-tiqin *11* xoninglash kallagi bilan birga aylanib ketishidan uning yuqori bo'rtmasida mavjud bo'lgan, stanok staninasiga mahkamlangan vtulka bilan ilashuvchi chiqiqlar yordamida ushlanib qoladi.

Asbobning ishlashi shunga asoslanganki, xoninglash kallagi *2* ning har bir pastga qarab yurishida kalibr-tiqin *11* yurish oxirida prujina *9* ning ta'sirida ishlov berilayotgan detal *1* ning teshigiga kirishga intiladi. Kirishni yengillashtirish uchun kalibr uchida 1,5×15° li faska qilingan. Biroq kalibr tekshirilayotgan teshikka uning silindr tasmasi diametri D_1 shu teshik diametri *D* dan katta bo'lgani uchun kira olmaydi. Shu bilan birga uning yuqori burtigi stanok staninasiga o'rnatilgan elektrokontaktli o'zgartkich *4* ning richagi *3* ga yetmaydi. *D* teshik talab qilingan o'lchamga yetganda kalibr-tiqin *11* prujina *9* ning ta'sirida o'zining ishchi izlanishi bilan bu teshikka kiradi va kalibrning yuqori burtigi o'zgartkichning richagi *3* ni

bosadi va uni buradi. Kontaktlar *6* va *7* ochiladi, stanokning boshqarish zanjiriga ishlov berishni to'xtatishga buyruq keladi. Kontaktlar *6* va *7* vint *5* ni aylantirib sozlanadi.

Silliq teshikli buyumlarni o'lchashda kalibrning silindrik tasmasi moylash-sovitish suyuqligini o'tkazish uchun zarur ariqchalarga ega. Kalibrlarning yeyilishini kompensatsiyalash uchun ishchi tasmani qattiq qotishma bilan armirlangan va kalibr o'lchamini sozlash vinti bilan ta'minlangan qirqma vtulka ko'rinishida tayyorlanadi. Bu turdagi asbob nisbatan kalta teshiklarni tekshirishda yaxshi natijalar beradi. Kamchiliklariga ishlov berishning borishini ko'z bilan kuzatish imkoni yo'qligini, shuningdek, teshikning butun uzunligi bo'ylab tekshirishni amalga oshirish mumkin emasligini kiritish mumkin.

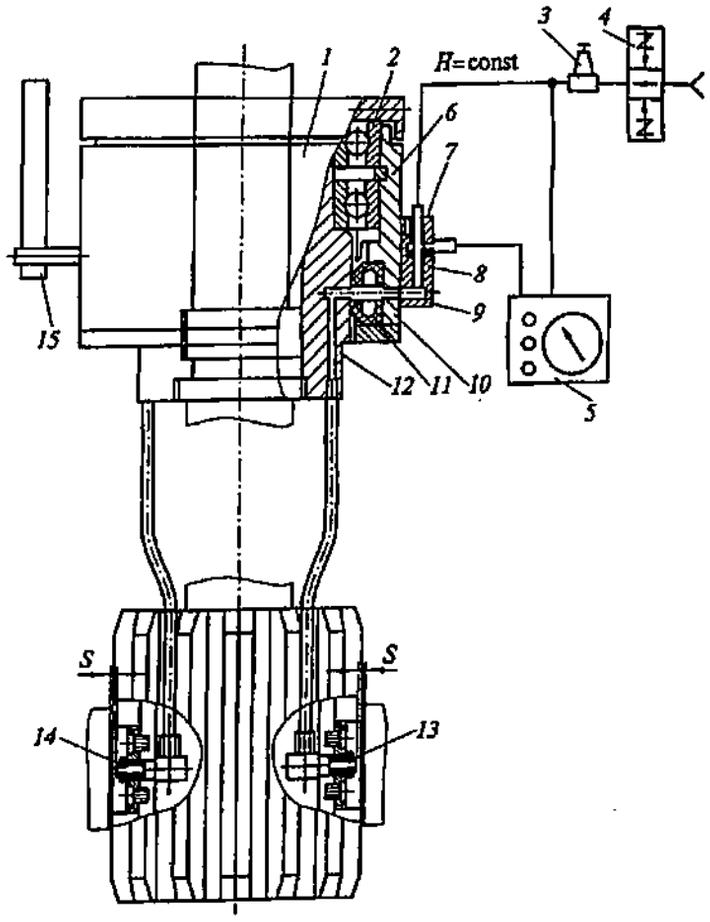
Xoninglash kallagida joylashgan bikir kalibrlar diametri kamida 25...30 mm bo'lgan teshiklarni xoninglashda qo'llaniladi. Barqaror va yo'lga qo'yilgan texnologik jarayonda ishlov berish xatoligi 0,01...0,015 mm ni tashkil etadi.

Bevosita xonda joylashgan bikir kalibrlardan tashqari, shaxsiy yo'naltiruvchilari bo'lgan kalibrlar va kalibrni xonning orqasidan yuqoridan yoki pastdan teshikka kiritadigan gidrosilindr qo'llaniladi. Shaxsiy yo'naltiruvchilarning mavjudligi tekshirish aniqligini biroz orttiradi. Detalning ostida pastga joylashgan avtonom kalibr kichik diametrli teshikni tekshirishga imkon beradi.

Katta diametrli, masalan, 60 mm dan katta teshiklarni tekshirish uchun xoninglash kallagiga o'rnatilgan kontaktli va kontaktsiz pnevmatik asboblar qo'llaniladi.

Mamlakatimizdagi va xorijdagi ko'pchilik stanoklarda xoninglash jarayonida silliq teshiklarni tekshirish uchun kontaktsiz pnevmatik asbobdan foydalaniladi (3.56- rasm). Asbob kesuvchi brusoklar; aylanuvchi germetik pnevmatik birikma *1* va sanash-buyruq berish qurilmasi *5* orasida bevosita xoninglash kallagida joylashgan o'lchash soplolari *13* va *14* dan iborat. Siqilgan havo elektromagnit klapan *4* orqali bosim stabilizatori *3* ga uzatiladi va undan olib ketuvchi soplo *9* va sanash-buyruq berish qurilmasi *5* ga uzatiladi. Aylanuvchi birikmaning kamerasi *10* dan havo o'lchash soplolariga keladi va ularning chetlari hamda ishlov berilayotgan sirt orasidagi *S* oraliqqa oqib kiradi.

Aylanuvchi birikma harakatsiz sanash-buyruq berish qurilmasidan xon bilan birga aylanuvchi o'lchash soplolariga havo uzatish uchun xizmat qiladi. Birikma xon *12* korpusiga montaj qilingan. Vtulka *6* sharchali podshipniklar *2* da o'rnatilgan va germetik kamerani tashkil etuvchi ikkita manjet *11* larga ega, unga olib boruvchi soplo 9 dan siqilgan havo uzatiladi. Vtulka *6* stanokning traversi bilan bog'langan qo'zg'almas barmoq *15* yordamida aylanishdan to'xtatib turiladi. O'lchash soplolarini ishlov berilayotgan teshikka xon kiritilayotganda va biriktirilgan kesuvchi brusoklarni shikastlanishlardan himoya qilish uchun xoninglash kallagi korpusiga o'lchash soplolari *13* va *14* chetlari ustidan chiqib turuvchi qattiq qotishmali plankalar burab qo'yilgan.



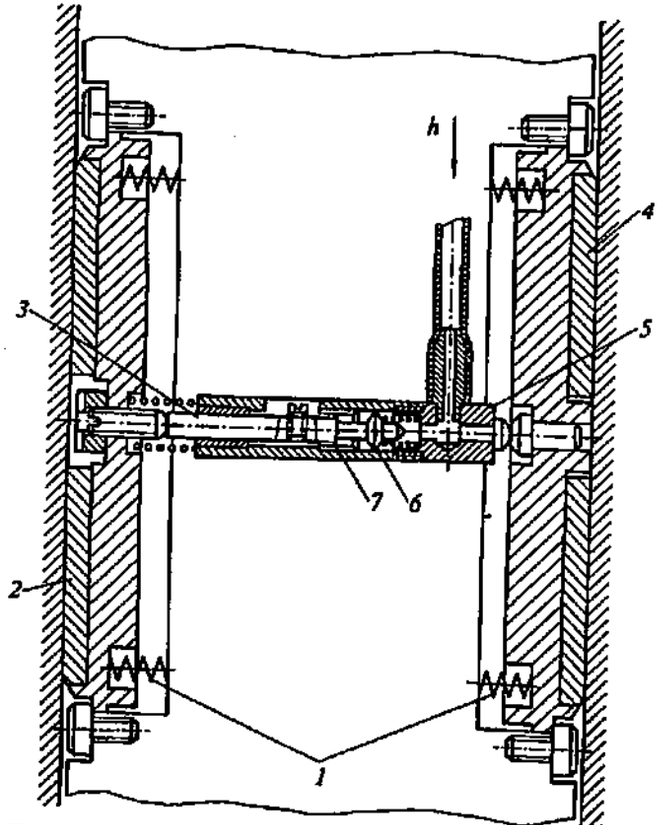
3.56- rasm. **Xoninglash stanogi uchun kontaktsiz pnevmatik asbobning tuzilishi:**
1 — pnevmatik tutashtirish; *2* — sharikli podshipniklar; *3* — bosim stabilizatori; *4* — elektromagnit klapan; *5* — sanash-buyruq berish qurilmasi; *6* — vtulka; *7* va *8* — soplo; *9* — chiqarish soplosi; *10* — kamera; *11* — manjetlar; *12* — xon korpusi; *13* va *14* — o'lchash soplosi; *15* — barmoq

Ishchi oraliqni orttirish uchun o'lchash soplolari ostiga kirish soplosi sifatida ba'zan ko'chma ejektor qo'llaniladi, u yaqin joylashgan soplolar *7* va *8* dan iborat. Ikkinchi soplo ishchi teshigining uzunligi orttirilgan.

Asbob quyidagicha ishlaydi. Aylanuvchi xoninglash kallagi ishlov berilayotgan teshikka kiritiladi va pripuskni olib tashlash boshlanadi. Stanokdan berilgan buyruqqa ko'ra elektromagnit klapan *4* ochiladi va asbobga havo uzatiladi. Ishlov berish jarayonida o'lchash soplolari ostidagi *S* oraliq (oraliq) kattalashadi va sanash-buyruq berish qurilmasiga kelayotgan o'lchash bosimi *h* pasayadi. Ishlov berilayotgan teshikning diametri berilgan qiymatga yetganda, stanokni boshqarish zanjiriga ishlov berishni to'xtatish va xoninglash kallagini chetga olishga buyruq beriladi, klapan *4* berkitiladi va asbobga havo uzatish to'xtatiladi.

Asbobni sozlash ancha oddiy. Xoninglash kallagi ishlov berilgan va attestatsiyalangan teshikka kiritiladi. Sanash-buyruq berish qurilmasining bosimga qarshi vinti yordamida strelka shkalaning nol bo'limiga o'rnatiladi va asbobning signal lampalarining yonishiga qarab elektrokontaktlar (boshqaruvchi buyruq) sozlanadi. Asbobning afzalligi teshikni butun uzunligi bo'yicha tekshirish mumkinligidir. Teshiklarni asbob bilan ishlov berish xatoligi 0,005...0,010 mm ni tashkil etadi.

Ishlov berilayotgan teshiklar uzlukli sirtga ega bo'lgan hollarda xoninglash kallagiga o'rnatilgan kontaktli pnevmatik qurilmalar qo'llaniladi (3.57- rasm). Xoninglash kallagi korpusida kesuvchi brusoklar orasida ishlov beriluvchi sirtga prujinalar *1* bilan siqib turiluvchi ikkita qattiq qotishmali plyonkalar *2* va *4* joylashgan. *2* va *4* plankalar orasiga kontaktli pnevmatik kallak joylashgan. Kallakning korpusi *5* planka *4* ga tegib turadi, shtok *3* esa planka *2* bilan bog'liq. Shtokning korpusi uchi bilan kallak korpusi *5* ning egari *7* orasida o'lchash oralig'i (oralig'i) paydo bo'ladi, unga yuqorida joylashgan aylanuvchi birikmadan (3.56- rasmga qarang) kallakka uzatiladigan havo oqib kiradi. Ishlov berish jarayonida plankalar *2* va *4* ochiladi, egar *7* va



3.57- rasm. **Xoninglash stanoklari uchun kontaktli pnevmatik qurilmaning tuzilishi:**
1 — prujinalar; *2* va *4* — planka; *3* — shtok; *5* — kallak korpusi; *6* — konus; *7* — egar

konus *6* orasidagi oraliq kamayadi, o'lchash kamerasida bosim pasayadi; berilgan o'lchamga erishilganda sanash-buyruq berish qurilmasi stanokni boshqarish sxemasiga ishlov berishning tugallanishi buyrug'ini beradi.

Xoninglash jarayonining barqarorligi va pishiq olmos brusoklarning qo'llanilishi tekshirishning bilvosita metodlaridan foydalanishga imkon beradi. Tekshirishning bilvosita metodlari ko'pchilik hollarda aniqligi kam bo'lsa ham, ular xoninglash kallagini suzuvchi va bikir mahkamlash bilan silliq hamda uzlukli sirtga ega istalgan diametrli teshiklarga ishlov berishda qo'llanilishi mumkin. Xoninglash kallagining yurishlari vaqti va soniga ko'ra bilvosita tekshirish avtonom qurilmalari va kesuvchi brusoklarni yoki keriluvchi konusning ko'chishini tekshiruvchi qurilmalar farq qilinadi.

Avtonom sistemalarda pripuskni olib tashlash uchun zarur xoninglash jarayonining davomiyligi beriladi. Berilgan vaqt yoki ikkilanma yurishlar soni tugagandan so'ng ishlov berish avtomatik tarzda to'xtatiladi. Olinadigan pripusk Δh (mm) ni va bunga ketadigan vaqt t (c) ning o'rtacha qiymatini, masalan, 0,01 mm (tajriba yo'li bilan aniqlanadigan)ni bilgan holda xoninglashning qaror topgan jarayonida ishlov berishning mashina vaqtini yetarlicha aniqlikda hisoblab topish mumkin:

$$T=100\ \Delta hk.$$

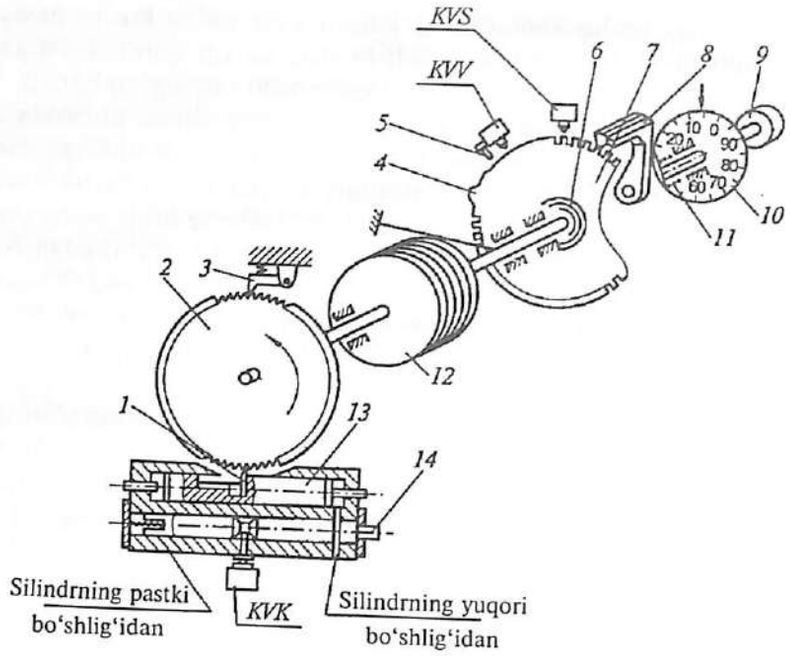
Masalan, 0,01 mm ni olib tashlash uchun zarur va tajriba yo'li bilan aniqlanadigan, asbob k ning ikkilamchi yurishlari soni ma'lum bo'lganda, Δh (mm) pripuskni olib tashlash uchun zarur ikkilamchi yurishlar soni K xuddi shunga o'xshash aniqlanadi:

$$K=100\ \Delta hk.$$

3.58- rasmda xoninglash kallagining ikki karra yurishlari soniga ko'ra, ishlovchi aktiv tekshirish qurilmasi ko'rsatilgan. U ikki karra yurishlarning elektromexanik schotchigi (hisoblagichi)dan, gidravlik uzatish mexanizmidan va yo'l vikluchatellaridan iborat.

Hisoblagichga tishli disk *7*, limb *10* va harakatlanuvchi kulachok *8* kiradi. Disk *7* ning dastlabki holati qo'zg'almas tirgak *5* ga tiralib turadigan qiya chiziq *4* bilan belgilanadi. Disk bunday holatda spiral prujina *6* bilan tutib turiladi, qiyalik *4* esa KVV viklyuchateli shtokini bosib turadi. Hisoblagich xrapovikli g'ildirak *2* bilan ishga tushiriladi, bunda plunjer *13* o'ngga siljiganda sobachka *1* g'ildirak *2* ni bitta tishga buradi.

Sobachka *3* plunjerning chapga salt yurishida xrapovik g'ildirak *2* ni qotirib turadi. Shpindelning har bir ikkilanma yurishida plunjer *13* ham xropovik g'ildirak *2* ni bitta tishga burib, o'zi bitta ikkilanma yurish qiladi. Hisoblagichni ikkilanma yurishlarning talab qilinadigan soniga sozlashda kulachok *8* qo'lda maxovikcha *9* dan tutib, disk *7* bilan tishlashishidan chiqariladi, keyin ko'rsatkich strelkasi ikki karra yurishlar soniga mos keluvchi limb raqami bilan mos tushguncha buriladi. Bunda KVS vikluchateli



3.58- rasm. **Ikki karra yo'llar soni bo'yicha aktiv tekshirish qurilmasi:**
1 va *3* — sobachka; *2* — xrap g'ildiragi; *4* — kesik; *5* — qo'zg'almas tirgak; *6* — spiral prujina; *7* — disk; *8* — kulachok; *9* — maxovikcha; *10* — limb; *11* — prujina; *12* — mufta; *13* — plunjer; *14* — knopka-zolatnik

kontaktlari bo'shaydi. Maxovikcha *9* qo'yib yuborilganda prujina *11* kulachok *8* ni disk *7* bilan tishlashishga kiritadi.

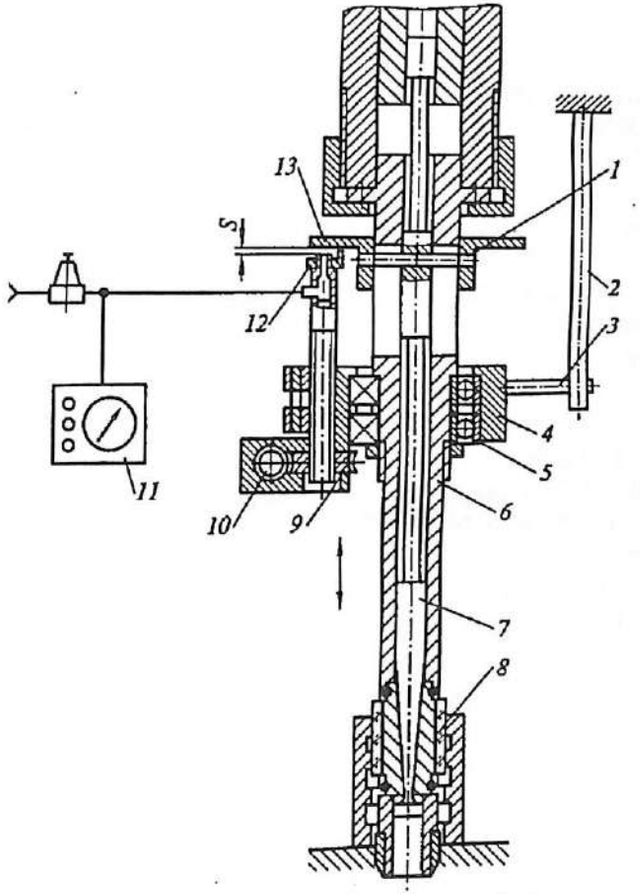
Ishlov berishning boshlanishida, xoninglash kallagi siqilgan brusoklar bilan sekin pastga tomon surila boshlaganda, disk *7* va xrapovik g'ildirak *2* ni biriktiruvchi elektromagnit mufta *12* ulanadi. Xoninglash kallagi yuqoriga tomon yurganida plunjer *13* sobachka *1* tomonidan o'ngga surilib, xrapovik g'ildirak *2* ni va berk mufta *12* orqali disk *7* ni buradi. Buning natijasida kulachok *8 KVV* viklyuchateli shtokini bo'shatadi, xoninglash kallagining aylanishi, brusoklarning ochilishi va moylash-sovitish suyuqligini uzatish ulanadi. Ishlov berish jarayonida xoninglash kallagining har bir ikkilanma yurishida plunjer *13* hisoblagich valini bitta tishga buradi. Xoninglash jarayoni to kulachok *8 KVS* viklyuchatelining shtokiga bosmagunga qadar davom etadi. U yeyilganda brusoklarni siqishga va xoninglash kallagini ishlov berilayotgan teshikdan olishga buyruq beriladi. Mufta *12* o'chiriladi va disk *7* prujina *6* ta'sirida dastlabki holatiga qaytadi. Qisqa yurishlar bilan xoninglashda silindrlikdan og'ishlarni tuzatish uchun knopka-zolotnik *14* ni bosish zarur. Bunda *KVK* viklyuchatelning kontaktlari ulanadi, plunjer *13* ga moy uzatish to'xtaydi va ikki karra yurishlarni sanash amalga oshmaydi.

Ko'pchilik xoninglash stanoklari ana shunday sistemalar bilan jihozlanadi. Ularning qo'llanilishi barqaror va yo'lga qo'yilgan ishlov berish jarayonida

hamda kesishning texnologik jihatdan aniqlangan rejimlarida ishlov berish aniqligini 0,01...0,02 mm chegarasida ta'minlashga imkon beradi.

Bilvosita tekshirishning vaqtiy sistemalari bikir va suzuvchi (o'zgaruvchi) xon bilan qo'llanilishi mumkin. Birinchi holda olinadigan aniqlik pastroq bo'ladi, chunki xonbrusoklarning ochilishi mexanizmida oraliqlar (oraliqlar) mavjud.

Shuningdek, xoninglash kallagining ochilish konusining holatiga ko'ra, bilvosita tekshirish qurilmalari ham qo'llaniladi. 3.59- rasmda BV-4217 qurilmasining tuzilishi ko'rsatilgan. O'lchash uskunasi bevosita xoninglash kallagiga montaj qilinadi. Ishlov berish jarayonida o'lchash uskunasi u bilan birga ko'chadi. Xoninglash kallagining korpusi *6* ga ikkita sharikopodshipniklar *5* da asos *4* o'rnatilgan bo'lib, unda sirpanish yo'naltiruvchisida pnevmatik o'lchash sistemasining o'lchash soplosi *12* joylashgan. O'lchash soplosi *12*



3.59- rasm. **BV-4217 qurilmasining tuzilishi:**
1 — shtift; *2* — barmoq; *3* — sterjen; *4* — asos; *5* — sharikopodshipniklar; *6* — korpus; *7* — keriluvchi konus; *8* — brusok; *9* —shesternya; *10* — chervyak; *11* — sanash-buyruq berish qurilmasi; *12* — o'lchash soplosi; *13* — vtulka

uchun to'siq sifatida xoninglash kallagining korpusi *6* bo'yicha ochiluvchi konus *7* bilan birga ko'chuvchi vtulka *13* flanesi xizmat qiladi. Vtulka *13* ochiluvchi konus *7* bilan shtift *1* orqali bikir biriktirilgan. Shunday qilib, vtulka *13* xon bilan birga aylanadi, asos *4* esa sterjen *3* va stanok traversi bilan ulangan barmoq *2* bilan aylanishdan tutib turiladi. O'lchash soplo *12* modelning sanash-buyruq berish qurilmasi bilan havo o'tkazgich orqali biriktirilgan.

Asbobni sozlash uchun berilgan o'lchamdagi (teshik diametrining dopusk maydonining yuqori chegarasiga yaqin) teshikka xoninglash kallagi kiritiladi va rejim konusi *7* ni pastga surib, brusoklar *8* teshik sirtiga tekkuncha ochiladi. O'lchash soplosi *12* vtulka *13* ning pastki bo'yniga sanash-buyruq berish qurilmasi *11* ning strelkasi shkalaning nol bo'limiga chiqmaguncha qo'lda olib boriladi. Bu holatda o'lchash soplosi *12* cheti va vtulka *13* flanesi orasiga taxminan 0,1 mm ga teng bo'lgan o'lchash oralig'i *S* o'rnatiladi. Keyin asbobning ishlov berish siklini tugatish uchun foydalaniladigan boshqaruvchi komandasi sozlanadi.

Ishlov berish jarayonida vtulka *13* xon bilan birga aylanadi va pastga keriluvchi konus *7* bilan birga suriladi. Pripusk olina borilgani sari vtulka flanesi *13* o'lchash soplosi *12* ga yaqinlashadi va soplo cheti hamda flanes orasida berilgan S oraliq o'rnatilganda ishlov berishni tugallashga buyruq beriladi, ochiladigan konus *7* yuqoriga ko'tariladi, brusoklar *8* yig'iladi va xoninglash kallagi teshikdan chiqariladi. Bundan keyingi ishlov berish jarayonida xoninglash kallagining brusoklari *8* asta-sekin yeyiladi, ishlov berilayotgan teshiklarning diametri asta-sekin kichiklashadi va dopusk (qo'yim) maydonining quyi chegarasiga yaqinlashadi. Ishlov berilgan teshiklarning o'lchamlari belgilangan sozlash darajasiga yetganda asbobni qo'lda yoki avtomatik qayta sozlash amalga oshiriladi.

Asbobni sozlash uchun o'lchash soplosi *12* ni chervyak *10* va shesternya *9* yordamida ko'chiruvchi uncha katta bo'lmagan reversiv elektrodvigateldan foydalaniladi. Qo'lda sozlashda dvigatelni knopka yordamida ulanadi va u belgilangan vaqt ishlaydi, bu vaqt ichida o'lchash soplosi *12* berilgan sozlash impulsiga teng kattalikka ko'chadi.

Sozlashni ikki holatda avtomatlashtirish mumkin: barqaror texnologik jarayonda (ishlov berishga o'zgarmas uncha katta bo'lmagan pripusk, olmos brusoklar) yoki maxsus stanok-avtomatlarda. Birinchi holda chastota va sozlashning qiymatlari tajriba yo'li bilan aniqlanishi mumkin va stanokning elektrodvigatelni ishga tushiruvchi vaqt relesi buyrug'iga ko'ra avtomatik amalga oshirilishi mumkin.

Maxsus stanokda qo'shimcha pozitsiya ko'zda tutilishi mumkin bo'lib, unga ishlov berilgan detallar kelib tushadi va u yerda teshiklar boshqa asbob bilan, masalan, pnevmatik tiqin bilan o'lchanadi. Bu asbobning buyruqlariga ko'ra, elektrodvigatelni ishga tushirish va o'lchash soplosini ko'chirish amalga oshiriladi.

Asbob bikir va suzuvchi xon bilan ishlov berishning turli usullarida qo'llanilishi mumkin. Deformatsiyalar va lyuftlardan vujudga keladigan

xatoliklarni kamaytirish uchun ikkala holda ham brusoklarni ochish mexanizmda o'lchash jihozlarini xonbrusoklarga yaqin joylashtiriladi.

Asbobdan foydalangan holdagi yo'lga qo'yilgan texnologik jarayonda ishlov berishning yuqori aniqligi — 0,003...0,005 mm ta'minlanishi mumkin.

3.2.10. Tokarlik stanoklarida aktiv tekshirish asboblari

Jilvirlash uchun pripusk asta-sekin ko'p sondagi o'tishlar mobaynida olinadigan jilvirlash stanoklaridan farqli ravishda, yo'nishda ishlov berish pripuski odatda, bir o'tishda olib tashlanadi. Tokarlik ishlov berish texnologik jarayonining bu xususiyati tokarlik stanoklarida qo'llaniladigan aktiv tekshirish asboblariga alohida urg'u beradi. Xususan, bu yerda ish jarayonida o'lchash zaruriyati (ishlov berish bir marta o'tishi oqibatida) qolmaydi. U tokarlik stanoklari uchun o'z ma'nosini yo'qotadi, boz ustiga, ularda, ishlov berish vaqtida asbobni sozlash uchun ijro organining o'zi yo'q.

Shu sababli tokarlik stanoklari uchun asosan avtomatik sozlash qurilmalari qo'llanilib, ular bir-birining ketidan keluvchi detallar orasidagi oraliqda ishga tushiriladi. Bunda ikkita asosiy variantni farqlash mumkin:

1) dastlabki va yakuniy ishlov berish oralig'ida aynan bitta detalni tayyorlashda o'lchash va ikkinchi operatsiya oldidan sozlashga signal berish;

2) detalni unga ishlov bergandan keyin o'lchash (odatda, ishlov berish hududidan tashqarida) va keyingi detalni tayyorlashdan oldin stanokni sozlash.

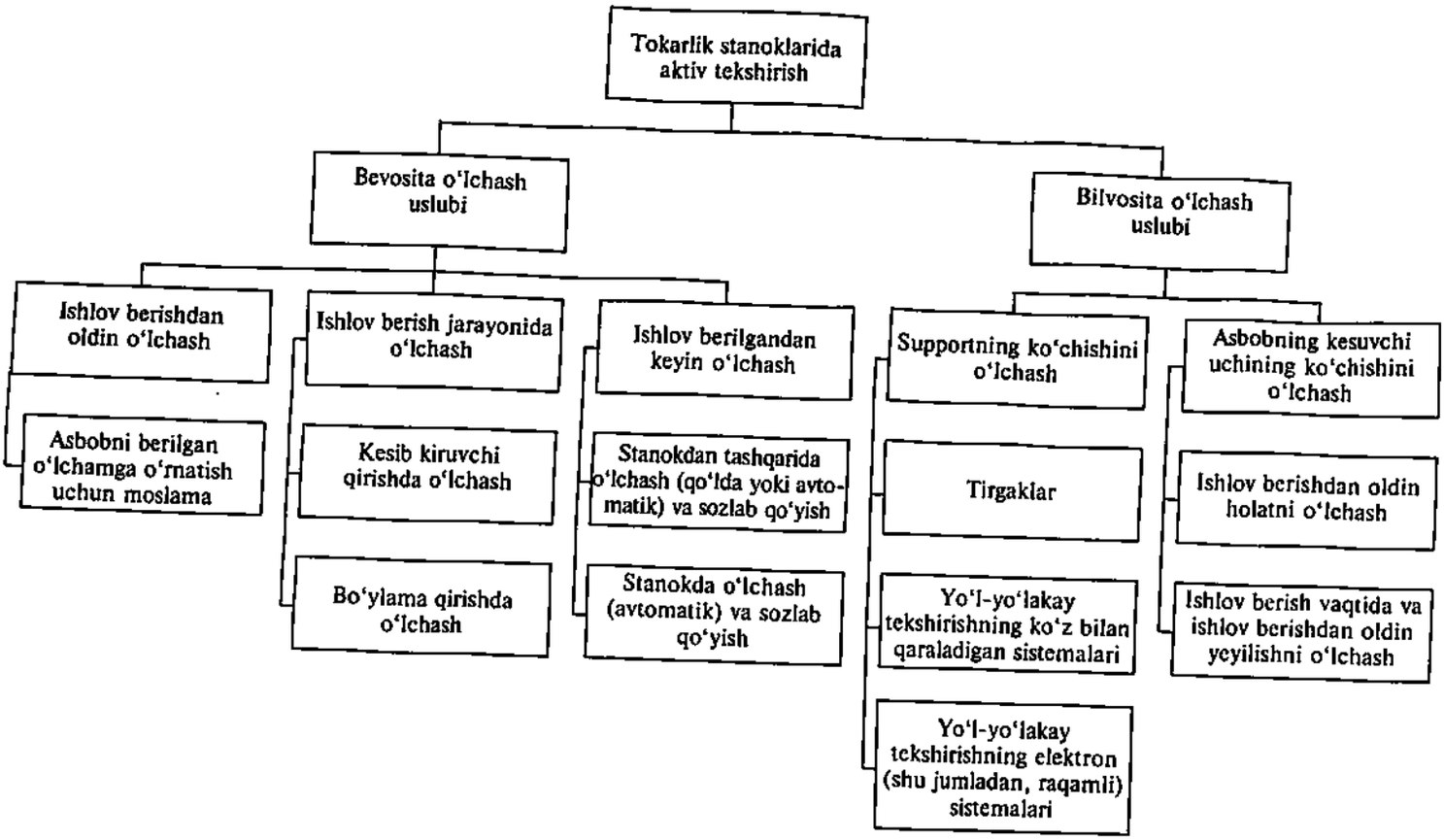
Ikkala holda ham tokarlik stanogida keskichning holatini sozlab turish uchun maxsus ijro organlari talab etiladi. Aktiv tekshirishning birinchi varianti ko'pincha dastur bilan boshqariluvchi tokarlik stanoklarida qo'llaniladi, chunki u yerda keskichni ko'ndalang uzatishni amalga oshiruvchi qurilmalar mavjud. Bu prinsip qo'lda xizmat ko'rsatiladigan tokarlik stanoklarida ham qo'llaniladi, bunda tokarlik stanogini zamonaviy raqamli o'lchash qurilmalari bilan, ayniqsa, katta diametrli (200 mm dan ortiq) detallarga ishlov berishda, jihozlash tufayli qo'shimcha vaqtni ancha qisqartirish mumkin.

Ikkinchi variant pretsizion va ko'p shpindelli tokarlik stanoklarida keskichning yeyilishini va stanokning temperaturaviy deformatsiyasini kompensatsiyalash uchun qo'llaniladi. Bu holda aktiv tekshirish qurilmasi tartibga soluvchi konturning kechikuvchi strukturasiga (tuzilishiga) ega bo'ladi.

Biroq, odatdagi tokarlik stanoklarida tekshirishning bilvosita uslublari ustunlik qiladi, ular supportning ko'chishlarini o'lchashga yoki cheklashga imkon beradi (bikir tirgaklar, tartibga solinuvchi tirgaklar, raqamli o'lchash sistemalari va boshqalar).

Bu sistemalarning asosiy kamchiligi shundan iboratki, ular tokarlik keskichini noto'g'ri sozlash va yeyilishi hamda stanokning temperaturaviy deformatsiyasi oqibatida vujudga keladigan xatoliklarni qayd qilmaydi.

Tokarlik stanoklarida aktiv tekshirish qo'llanilishining alohida holi sifatida uzun vallarni yo'nishda shaklni tartibga solish to'g'risida eslatib o'tish mumkin. Bunda ishlov berish vaqtida tokarlik keskichiga iloji boricha yaqin turgan kesimda detalning diametri o'lchanadi. Stanokning va ayni



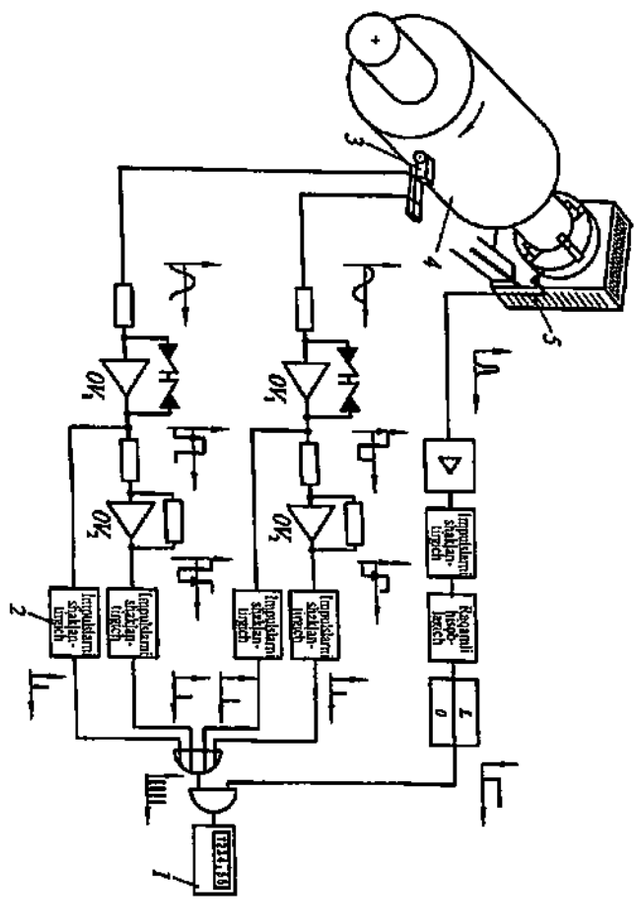
3.60- rasm. **Tokarlik stanoklarida aktiv tekshirish usullarining tasnifi**

o'qi yo'naltiruvchilarining parallel emasligi, u ishlov berilayotgan uzun detalning egilishlari va tokarlik keskichining yeyilishi oqibatida yuz beradigan berilgan qiymatdan chetga chiqishlar, odatda, maxsus ijrochi organ yordamida amalga oshiriladigan avtomatik sozlash yo'li bilan tartibga solinadi.

Tokarlik stanoklarida detal o'lchamini bevosita (to'g'ridan to'g'ri) o'lchashni va kesuvchi asbobning holatini bilvosita o'lchashni amalga oshirish yo'li bilan aktiv tekshirishning asosiy uslublari tasnifi 3.60- rasmda berilgan.

Texnologik jarayonga bog'liq bo'lgan tartibga solishdagi qiyinchiliklarga tokarlik stanoklarida o'lchash uchun noqulay sharoitlar bilan bog'liq bo'lgan boshqa qiyinchiliklar qo'shiladi. Detal sirtining katta g'adir-budurlikka ega ekani va detalning katta aylanma tezligi tokarlik ishlov berishda o'lchashni ancha qiyinlashtiradi. O'lchash uchun eng katta to'siq qirindining ko'pligi va bevosita stanokka o'rnatiladigan o'lchash qurilmasining o'zi yuzaga keltiradigan qirindini olib ketishga to'sqinliklar hisoblanadi. Tokarlik stanoklarida detallarga ishlov berish aniqligiga bo'lgan talablar odatda uncha yuqori emas, shu tufayli jilvirlashga nisbatan boshqa o'lchash usullarining qo'llanilishi mumkin bo'ladi.

Diametrni dumalatib o'lchash roliği yordamida o'lchash. Bu o'lchov asboblarining (birinchi navbatda tokarlik stanoklari uchun yaratilgan)



3.61- rasm. **Tekislovchi o'lchash roliği bo'lgan asbobning chizmasi:**
1 — o'lchash asbobi; *2* — differensiallovchi bo'g'inlar; *3* — burchakli ko'chishlar datchigi; *4* — tekislovchi rolik; *5* — impulslar datchigi

prinsipi qo'llanish uchun majburiy sharoitni ko'zda tutadi — o'lchash vaqtida detalning aylanishi va uning sirtida shponka ariqchalari, teshiklar va boshqa biror uzilishlar bo'lmasligi.

Dumalatib o'lchash roligi bo'lgan asbobning sxemasi 3.61- rasmda tasvirlangan.

Asbobning aniqlash qobiliyatini oshirish maqsadida unda dumalovchi rolik *4* burilish burchagi datchigidan olinadigan impulslar miqdorini to'rtga ko'paytirish sxemasi qo'llanilgan. Buning uchun dumalovchi rolik *4* ning burilish burchagi datchigidan bir-biriga nisbatan faza bo'yicha 90° ga siljigan ikkita sinusoidal kuchlanishlar olinadi. Bu kuchlanishlar keyin kuchaytirgichlar-cheklagichlar OV_1 ga, invertorlar OV_2 ga va differensiallovchi zvenolar *2* ga tushib, ularning chiqishida uzunligiga ko'ra qisqa impulslar ketma-ketligi hosil bo'ladi, ularning soni dumalovchi rolik *4* ning burilish burchagiga proporsional. Bitta aylanishga mos keluvchi impulslar seriyasini ajratish impulslar datchigi *5* tomonidan amalga oshiriladi. Detalning bir aylanishida impulslar datchigi *5* dan kelayotgan impulslar raqamli schotchik (hisoblagich) da hisoblanadi.

Impulslar soni n bo'lganda, odatda $(2...10)10^3$ da burchakli ko'chishlar datchigi *3* ning har bir aylanishiga, detalning diametri D ning qiymati

$$D=dN/4nz$$

formulaga ko'ra topiladi, bu yerda N — raqamli o'lchash asbobi *1* ning ko'rsatishlari, d — dumalovchi o'lchash roligining diametri.

Dumalovchi o'lchash roligi va impulsli datchik bilan yuqorida tavsiflangan usul asosida schotchikni boshqarish uchun impulslar datchigi *5* o'rniga ikkinchi o'lchash roligi bo'lgan asboblar yaratildi. Xususan, bu usulni qo'llanib o'lchash roligining sirpanib ketishi ehtimolini bartaraf qilishga intilmoqda. Bu usul yordamida o'lchashlarning ikki turini amalga oshirish mumkin, ya'ni:

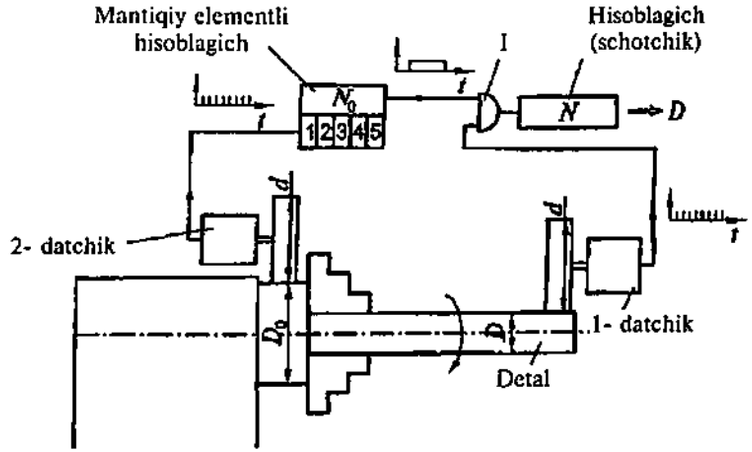
— ayirmali o'lchash;

— bevosita to'g'ridan to'g'ri o'lchash.

Ayirmali o'lchashda impulslarning ikkita seriyasi differensial schotchikka yoki differensial chastotalarga (chastota o'lchagichga) uzatiladi, u tekshirilayotgan detalning va ikkinchi rolikni sozlash amalga oshirilayotgan etalonning o'lchashlari teng bo'lganida nolga o'rnatiladi.

Bevosita to'g'ridan to'g'ri o'lchashda (3.62- rasm) etalon D_0 ni o'lchashda hosil qilingan impulslar seriyasi datchik *2* yordamida schotchik N_0 ga uzatiladi. U ventil orqali (mantiqiy elementi) detal o'lchamini o'lchayotgan datchikdan birinchi schotchikka detalning bitta aylanishiga mos keluvchi faqat ma'lum vaqt mobaynida kelayotgan impulslarni o'tkazadi. Birinchi schotchikdagi va shunga o'xshash selsin-datchiklar *1* va *2* dagi sanoq N natijasida tekshirilayotgan detal D va etalon D_0 uchun $(d/n=\text{const})$ yuqorida keltirilgan munosabatdan hosil qilamiz:

$$D=D_0/N_0N.$$



3.62- rasm. **Ikkita tekislovchi (dumalovchi) o'lchash roliklari bo'lgan asbobning chizmasi**

Agar N_0 ni son jihatidan D_0 kattalikka teng deb qabul qilinsa, u holda birinchi schotchikda detalning diametri D ga son jihatidan teng bo'lgan kattalik N ni bevosita olinadi. O'lchash roliklari diametrlari d ning xatoliklari oqibatida kiritiladigan tuzatishlarni ikkala o'lchash roliglarini diametri D_0 ma'lum bo'lgan etalonga o'rnatib va ikkinchi schotchik N_0 ning ko'rsatishlarini to birinchi schotchik to'g'ri qiymatni ko'rsatmaguncha o'zgartirib aniqlash oson.

O'lchashning birinchi usulida xatoliklar manbai (3.61- rasmga qarang) quyidagilar hisoblanadi:

— o'lchash roligi diametrining o'lchami chetga chiqishi, issiqlikdan kengayish va yeyilish oqibatidagi xatoligi;

— o'lchash roligini o'rnatishda qiyshayish;

— o'lchash roligining o'lchanayotgan detalga nisbatan sirg'anishi;

— o'lchash roligi va detalning ifloslanishi;

— boshqaruvchi signalning xatoligi;

— schotchikning ±1 bo'limiga to'g'ri keladigan ko'rsatishlar xatoligi.

Diametrlarni dumalovchi o'lchash roligi yordamida bilvosita tekshirish (aylana uzunligini o'lchash yo'li bilan) asboblarini dasturli boshqariluvchi tokarlik stanoklarining avtomatik ish sikliga oson kiritish mumkin. Ishlov berilayotgan detalga oxirgi o'tishdan oldin o'lchash roligi avtomatik tarzda keltiriladi va haqiqiy diametr aniqlanadi. O'lchangan va dasturga kiritilgan qiymatlar farqi oxirgi o'tish uchun uzatish chuqurligini aniqlashda avtomatik hisobga olinadi.

Kontaktsiz (tegmasdan) o'lchash. Aylanuvchi detallarni kontaktli o'lchash uchliklari yoki kontaktsiz pnevmatik asboblar yordamida ularning kichik o'lchash chegaralari bilan o'lchashning kamchiliklari aktiv tekshirishning boshqa usullarini izlashga va, xususan, optik va televizion usullardan

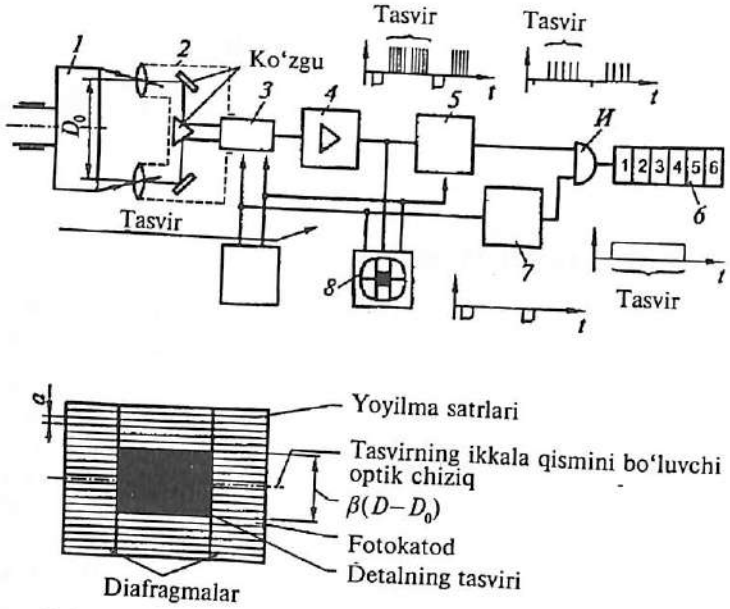
foydalanishga, shuningdek, rentgen nurlanishi va radioaktiv izotoplar nurlanishidan foydalanishga majbur qildi.

Istiqbolli usullardan biri sanoat televizion qurilmalari asosida yaratildi. Bunda zarur aniqlikka televideniyeni tasvirlashning optik sistemalari bilan kombinatsiyalash yo'li bilan erishildi. Bunda video-sistema ishlov berilayotgan detalning haqiqiy diametri va uning optik vositalar yordamida aniqlanadigan berilgan qiymati orasidagi farqni aniqlash asbobi rolini bajaradi.

Bu o'lchash qurilmasining sxemasi 3.63- *a* rasmda ko'rsatilgan. Ishlov berilayotgan detal *1* ning cheti qarshisiga o'qlari berilgan diametrga mos keluvchi D_0 masofada bo'lgan ikkita obyektiv o'rnatilgan. Obyektivlar detallar chetlarining tasvirini ko'zgular sistemasi orqali uzatuvchi televizion trubka *3* ning fotokatodiga proyeksiyalaydi. Butun ko'rish maydoni sartlar *4* bilan yoyiladi, bunda o'rta chiziq berilgan diametrga mos keladi.

Qo'shimcha diafragmalar yordamida butun tasvir diapazoni ingichka tasma bilan cheklanadi. Faraz qilamiz, fotokatodda detalning chetlari och rang bo'lib tasvirlansin, qolgan o'rab turgan barcha maydon esa — qora rangda tasvirlansin (yaxshiroq yaqqollik uchun 3.63- *b* rasmda keltirilgan tasvir negativ tarzida ko'rsatilgan).

Agar tasvir masofada joylashgan satrlar bilan yoyilsa, u holda kuchaytirgich orqasida butun satr orqali doimiy chiqish signali hosil bo'ladi. Detalning tasviri sohasida kuchlanish egri chizig'i «yorug'» — «qora» al-

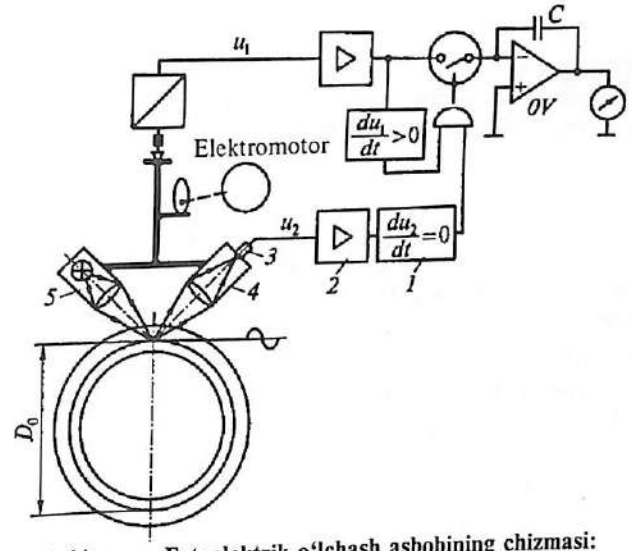


3.63- rasm. **Televizion o'lchash qurilmasining chizmasi (*a*) va fotokatoddagi tasvir (*b*):**
1 — ishlov beriladigan detal; *2* — obyektivlar; *3* — televizion trubka; *4* — satrlar; *5* — impulslar shakllantirgichi; *6* — hisoblagich; *7* — blok; *8* — tasvirning optik sistemasi

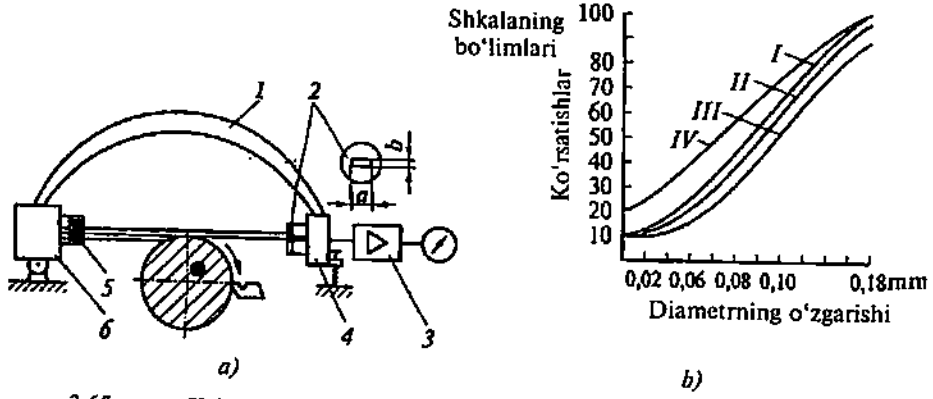
mashinishiga mos holda $N=\beta(D-D_0)/a$ bilan N satr orqali sakrashsimon o'zgaradi. Bitta satr doirasida kuchlanishning bu o'zgarishi impulslar shakllantirgichi *5* bilan sanoq impulsiga almashadi va schotchik *6* ga uzatiladi. Sanash jarayoni faqat tasvirni yoyish vaqtida yuz berishi uchun schotchik oldida blok *4* ko'rinishida ventil ulangan, u blok *7* yordamida boshqariladi. Blok *7* ikkita almashinuvchi signallarning davomiyligi to'g'risida chiqish signalini uzatadi. Yuqorida tavsiflangan o'lchash qurilmasi 20 kGs chastotada va birlashmada bir kadrga 400 satrda tasvir *8* ni kattalashtiruvchi (8 marta) optik sistema bilan; o'lchash diapazoni 2 mm bo'lgan, aniqlash qobiliyati ≈5 mkm bo'lgan oraliqqa erishildi. Xatolik tajriba yo'li bilan aniqlanadi ≥±10 mkm.

Tokarlik stanoklarida o'lchash uchun fotoelektrik o'lchash asbobining sxemasi 3.64- rasmda ko'rsatilgan. Bu asbobning optik qismi sirtning g'adir-budurligini o'lchash uchun mo'ljallangan Linnikning qo'sh mikroskopiga o'xshaydi (MIS-11), ammo unda kuzatuvchi mikroskop o'rniga fotoelektrik priyomnik (fotodiod) o'rnatilgan. Yorituvchi qurilma *5* kichkina yorug'lik dog'ini ishlov berilayotgan detalga proyeksiyalaydi, undan esa yorug'lik priyomnigi *4* ga qaytadi. Yorug'lik priyomnigida fotodiod *3* mavjud bo'lib, uning chiqish signali kuchaytirgich *2* bilan kuchaytiriladi va so'ngra diskriminator *1* ga keltiriladi. Diskriminator har safar ekstremal qiymat ($du_2/dt=0$) o'tgan paytda qisqa impuls beradi.

Agar detal sirti fokuslash tekisligida bo'lsa, u holda maksimum yorug'lik fotopriyomnikka tushadi. Juda katta yoki juda kichik detalga mos keluvchi yuqoriga yoki pastga qayta fokuslashda fotopriyomnikka tushayotgan yorug'lik oqimining yoritilganligi kamayadi (maksimumga nisbatan).



3.64- rasm. **Fotoelektrik o'lchash asbobining chizmasi:**
1 — diskriminator; *2* — kuchaytirgich; *3* — fotodiod; *4* — yorug'lik qabulqilgich; *5* — yorituvchi qurilma



3.65- rasm. **Vallarni aktiv tekshirish uchun kontaktsiz radiatsion qurilma:**

a — o'lchash qurilmasining chizmasi (*1* — skoba; *2* va *5* — diafragma; *3* — kuchaytirgich; *4* — nurlanishni qabul qilgich; *6* — nurlanish manbai); *b* — aniqlik xarakteristikalari (*I* — detal silliq; *II* — detal silliq, sovituvchi emulsiyadan foydalanib ishlov beriladi; *III* — detal silliq, moyli sovishdan foydalanib ishlov beriladi; *IV* — sirti uzlukli detal)

Rentgen va radioaktiv nurlanishdan foydalanib, tokarlik ishlov berishi vaqtida detallarni o'lchashning kontaktsiz usuli. O'lchash qurilmasining sxemasi 3.65- *a* rasmda ko'rsatilgan. Nurlanish manbai *6* va nurlanish priyomnigi *4* skoba *1* ga mahkamlangan bo'lib, bu skoba stanokda sharnirli qilib o'rnatilgan. Diafragmalar *2* va *5* yordamida rentgen nurlarining tor dastasi yoki yumshoq gamma-nurlanish dastasi ajraladi, u ishlov berilayotgan valga urinma bo'yicha yo'naladi.

Nurlanish manbai sifatida yoki 40...70 kV kuchlanishda juda kuchsiz tokda (0,1...0,5 mA) ishlovchi kichkina ko'chma tibbiyot rentgen qurilmasi yoki yumshoq gamma-nurlanish beruvchi (masalan, tulliy—170 yoki yevropiy—155) radioaktiv izotopli kapsula xizmat qiladi. Qattiq gamma-nurlanish yaramaydi, chunki u diafragma va detal cheti orqali oson singib o'tadi. Beta-nurlanish ham yaramaydi, chunki u ishlov berilayotgan detalning sirtini o'rab olgan sovituvchi suyuqlik tomonidan katta miqdorda yutiladi. Detalning diametri o'zgarganda priyomnikka tushayotgan nurlarning intensivligi detal o'lchamining o'zgarishiga proporsional ravishda o'zgaradi. Bu hol kuchaytirgich *3* chiqishida kuchlanishning o'zgarishini vujudga keltiradi, bu ko'rsatuvchi asbobning shkalasiga ko'ra ko'rinadi va boshqaruvchi signallarni hosil qilish uchun foydalanilishi mumkin.

Detallarga ishlov berish jarayonida ularni aktiv tekshirish asboblari. Detallarga ishlov berish jarayonida ularni tekshirishning eng oddiy usulini tokarlik stanogida ishlashda o'yib kesish uslubi bo'yicha amalga oshirish mumkin. Aktiv tekshirish asboblari va ular uchun datchiklar sifatida tashqi hamda ichki jilvirlashda qo'llaniladigan asboblardan foydalanish mumkin. Amaliy jihatdan bu usul katta ahamiyatga ega emas, chunki o'yib qirqishda talab qilinadigan dopusklar oddiy tokarlik stanoklarida tutib turiladi. Tebranish

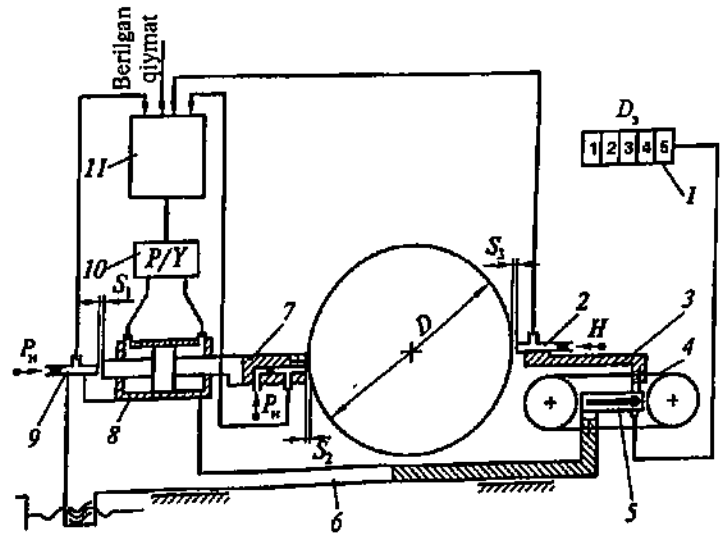
podshipniklari halqalarining yugurish yo'lakchalarini o'yib charxlash jarayonida tekshirishning qo'llanilishiga bir qancha misollar mavjud.

Tokarlik keskichining yeyilishi, detalning egilishi va stanok yo'naltiruvchilarining detal o'qiga nisbatan noparallelligi oqibatida paydo bo'ladigan ishlov berilayotgan val shaklining muntazam silindr shaklidan chetga chiqishlarini kompensatsiyalash uchun uzun vallarni bo'ylama yo'nishda ishlov berish jarayonida detalning diametrini o'lchash juda katta ahamiyatga ega.

Bu maqsadda aktiv tekshirish asboblari sifatida jilvirlashda foydalaniladigan barcha ikki kontaktli asboblarni qo'llash mumkin.

Nisbatan katta aylanma tezlikda sirtining g'adir-budurligi katta bo'lgan detallarni kontaktli o'lchash ma'lum qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi va o'lchash uchliklarining titrashlari sababli xatoliklar paydo bo'lishiga olib keladi.

Tokarlik stanogida ishlov beriladigan valning o'lchami va shaklini tartibga soluvchi asbobning sxemasi 3.66- rasmda ko'rsatilgan. Berilgan o'lchamga sozlashda salazkalar *6* shkala *5* bo'yicha sanaladigan berilgan qiymat D_b ga o'rnatuvchi vint yordamida ko'chiriladi, shkala *5* salazkalar *6* ga mahkamlangan, uning raqamli sanash qurilmasi *1* esa o'shanday kattalikka qarama-qarshi yo'nalishda tasmali uzatma *4* yordamida ko'chiriladigan karetka *3* da o'rnatilgan.



3.66- rasm **Tokarlik stanogiga o'rnatiladigan raqamli sanash aktiv tekshirish pnevmogidravlik asbobining chizmasi:**

1 — raqamli sanash qurilmasi; *2* va *9* — pnevmatik soplo; *3* — karetka; *4* — tasmali uzatma; *5* — shkala; *6* — salazkalar; *7* — keskich; *8* — gidravlik ijrochi organ; *10* — pnevmogidravlik o'zgartkich; *11* — sozlagich

Stanok ishlayotganda regulator *11* pnevmatik soplolar *2* va *9* ning oraliqlari yig'indisi $(S_1 + S_2)$ni berilgan chegaralarda tutib turadi. Agar detalning diametri D keskich *7* ning yeyilishi, masalan, oraliq S_2 kattaligining yarmiga yeyilishi oqibatida o'zgarsa, u holda regulator S_1 ni o'ta kattalikka orttirib, bu xatolikni avtomatik tarzda kompensatsiyalaydi. Tokarlik keskichini sozlash bunda gidravlik ijro organi *8* yordamida amalga oshirilib, uni regulator pnevmogidravlik o'zgartkich *10* orqali boshqaradi. Bu va shunga o'xshash o'lchash hamda ijrochi sistemalar yordamida diametri tahminan 125 mm bo'lgan detallarda o'lchamlarning chetga chiqishi ±5 mkm bo'lishiga erishilgan edi. Hatto ongli ravishda vujudga keltirilgan konussimonlik (500 mm uzunlikda taxminan 0,2 mm) ko'rsatilgan chegaralar doirasida sozlanadi. Shunga o'xshash ko'rinishdagi regulatorlarni, shuningdek (agar pozitsiyalash xatoligi detalga ishlov berishga dopuskdan ortsa), dasturli boshqariluvchi tokarlik stanoklarida ham qo'llanish mumkin. Pozitsiyalashning tasodifiy xatosi pnevmatik asbob yordamida o'lchanadi va tuzatish tarzida pnevmatik ijrochi organga uzatiladi.

Tokarlik stanoklarini avtomatik sozlash. Tokarlik stanoklarida ishlov beriladigan detallarning o'lchamlarini sozlash birin-ketin keladigan detallarga ishlov berish orasidagi davrda tokarlik keskichini avtomatik sozlash yo'li bilan amalga oshiriladi. Sozlagichlarning tuzilishi o'zaro turiga ko'ra farq qiladi:

— o'lchashlar, bunda asosan doiraviy jilvirlashdagi kabi o'sha tamoyillar va o'sha o'lchash asboblari qo'llaniladi;

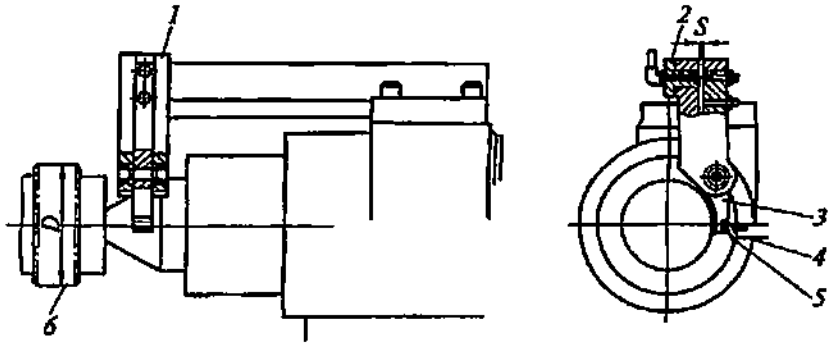
— tartibga solishlar (sozlashlar), bunda markazsiz-jilvirlash stanoklarida qo'llaniladigan aktiv tekshirishning asosiy tamoyillaridan va asboblaridan foydalanish mumkin;

— ijrochi organ, bunda mexanik, gidravlik, pnevmatik, termik va magnitstriksion qurilmalar qo'llaniladi.

O'lchash stansiyasini yoki bevosita stanokda (masalan, tokarlik revolver stanoklarida, bir-va ko'p shpindelli tokarlik avtomatlarida), yoki u stanokdan tashqarida joylashtiriladi. Bunda unga avtomatik tarzda yoki qo'lda xizmat ko'rsatilishi mumkin.

Tokarlik stanoklarida detallarni o'lchashda katta muammo detalni qirindidan va sovituvchi suyuqlikdan tozalash hisoblanadi. Detallarni siqilgan havo bilan tozalash qatori rezina halqa ko'rinishidagi qiruvchi qurilma o'zini yaxshi oqladi. Ishlov berish pozitsiyasidan o'lchash stansiyasigacha yo'lda ishlov berilgan vallar shu halqa orqali majburiy ravishda itarib o'tkaziladi, halqa qirindini ham, sovituvchi suyuqlik qoldiqlarini ham bartaraf etadi.

O'lchashga sarflanadigan qo'shimcha vaqtni kamaytirish uchun qator hollarda detallarni o'lchash asbobi detallarga ishlov berilgandan so'ng stanokni yuksizlash amalga oshiriladigan bevosita mexanik panjaga (qo'lga) o'rnatiladi.



3.67- rasm. **Keskichni dastlabki o'rnatish xatoligini va yeyilishini qoplash qurilmasining tuzilishi:**

1 — korpus; *2* — soplo; *3* — richag; *4* — keskich; *5* — plastina; *6* — detal

Tokarlik stanoklarida aktiv tekshirishning bilvosita uslublari. Bilvosita o'lchash uslubiga asoslangan aktiv tekshirish asboblari tokarlik stanoklarida supportning ko'chishlarini o'lchash yoki ko'chishini cheklash qurilmalari, yoki keskichning kesuvchi qirrasining holatini o'lchash qurilmalari sifatida keng qo'llaniladi.

Supportning ko'chishini o'lchash qurilmalari eng oddiy ko'rinishda stanok staninasiga o'rnatilgan bikir, mikrometrik yoki indikatorli tirgaklardan iborat. Bu turdagi zamonaviy qurilmalar optik, optik-elektrik yoki elektron sanash o'lchash sistemalariga ega bo'lib, ular supportning ko'ndalang (detalning diametrini aniqlash uchun) va bo'ylama (detalning uzunligini o'lchash uchun) yo'nalishlarda ko'chishini o'lchashda raqamli sanashni amalga oshiradi. Bunday qurilmalarning qo'llanilishi faqat dasturli boshqarish stanoklarida o'zini oqlaydi. Shu stanoklarning o'zida bunday qurilmalar yordamida supportni pozitsiyalash ham amalga oshiriladi.

O'lchamlarga aniq rioya qilinishiga stanokni sozlash, kesuvchi asbobning yeyilishi va stanok elementlarining temperaturaviy deformatsiyasi doim ta'sir ko'rsatadi. Keskichning kesuvchi qirrasining holatini tekshirish qurilmasi yordamida bu xatoliklarni kamaytirish mumkin.

Tokarlik stanogining orqa babkasiga o'rnatilgan shunday qurilma tuzilishi 3.67- rasmda ko'rsatilgan. Qurilmaning korpusi *1* da qattiq qotishmali plastina *5* bilan ta'minlangan o'lchash richagi *3* o'rnatilgan. Richagning og'ishi soplo *2* yordamida o'lchanadi. Keskich *4* ning kesuvchi qirrasi holatini tekishrish uchun support detal *6* ning berilgan o'lchami D ga muvofiq oxirigacha suriladi, bunda S oraliq ma'lum kattalikka ega bo'lishi kerak. Keskich yeyilganda S oraliq kattalashadi, buni sanash-buyruq berish asbobi qayd etadi. Tekshirish chegarasidan oshganda pnevmoelektrik bo'sag'a viklyuchateli ishga tushadi, keskichni qayta sozlashga buyruq beriladi.

Bu turdagi o'lchash qurilmalari dasturli boshqariluvchi tokarlik stanoklarida ham qo'llaniladi.

3.2.11. Avtosozlagichlar va avtoblokirovkalar

Bevosita ishlov berish jarayonida tekshirishni amalga oshirish imkoni bo'lmaganda yoki barcha detallarni tekshirish zaruriyati bo'lmaganda stanokda yoki uning yoniga joylashtiriladigan avtosozlagichlar qo'llaniladi. Bunga o'xshash qurilmalar avtomatik sistemalar bilan umumiy bo'lgan ko'pgina organlarga ega. Masalan, sozlovchilarning o'lchash pozitsiyasi va navlarga ajratishning tashuvchi hamda o'rnatuvchi qurilmalari tekshirish sistemalarining mos elementlariga o'xshashdir. Sozlagichlarning ijrochi mexanizmi yoki kesuvchi asbobni, yoki tirgakni suradi. Shunday sozlagichlar borki, ular sozlashni bitta detal bo'yicha emas, balki o'lchangan detallar guruhining o'rtacha o'lchami bo'yicha amalga oshiradi.

Konussimon rolikli podshipniklarning ichki halqalari tebranishi yo'lakchalariga ishlov berish «o'yib kirishga» bilan amalga oshiriladigan markazsiz-jilvirlash stanoklari uchun statik xatoligi ±0,003 mm ni tashkil etuvchi OKB-1111 turidagi sozlagich ishlab chiqilgan.

«O'tib kirishga» ishlovchi dag'al markazsiz-jilvirlash stanoklari uchun statik xatosi ±0,003 mm ga ega bo'lgan OKB-1140 sozlagichlar loyihalangan (diametri 220—280 mm bo'lgan temir yo'l rolikopodshipniklari tashqi halqalariga ishlov beruvchi 6S71 avtomatlari uchun); ±0,003 mm statik xatolikka ega OKB-1141 sozlagichi (diametri 20...40 mm bo'lgan porshen halqalari va klapanlar tolkatellariga ishlov beruvchi 6S136 avtomat uchun); ±0,002 mm statik xatolikka ega OKB-1012 B sozlagichi (sterjeni diametri 6...16 mm bo'lgan klapanlarga ishlov berish avtomatlari uchun).

Halqalarning ikkala chetiga bir vaqtda (diametri 30...160 mm va balandligi 12...80 mm) ishlov beriladigan chetni jilvirlash avtomatlari uchun OKB-1377 sozlagichi mo'ljallangan bo'lib, u ±0,003 mm statik aniqlik bilan ikkala jilvirlash doprosi chetlari (qirralari)ning holati balandligiga ko'ra tekshirish va sozlashni amalga oshiradi; u faqat berilgan o'lchamnigina tutib turmay, balki doiralar orasidagi fazoning o'rtacha tekisligi holatini ham saqlab turadi.

Avtomatik sistemalarning katta guruhi sozlash operatsiyasidan tashqari buyumlarni yaroqli va yaroqsizga (brakka) ajratishdek keyingi operatsiyani ham bajaradi. Masalan, OKB-L51K1 avtomati kardanli podshipniklar halqasi zagotovkasining tubi qalinligi va balandligini ular pressda ezilgandan so'ng tekshiradi; OKB-A51K1 avtomat esa kardanli podshipniklar halqalari zagotovkalarining bir qancha balandlik va diametrlarini ularga avtomat liniyada KA76 tokarlik stanoklarida ishlov berilgandan so'ng tekshiradi, OKB-L54K1 esa — avtomat liniyaning markazsiz-jilvirlash stanogida kardan podshipniklari halqalarining tashqi diametrlariga ishlov berilgandan keyin tekshiradi; OKB-1171B atvomati diametri 1...6 mm, uzunligi diametri bo'yicha 1,5...2,5 m bo'lgan simlarni markazsiz jilvirlash stanogida jilvirlagandan so'ng tekshiradi (statik xatolik ±0,002 mm), OKB-1403 avtomati esa diametri 10...50 mm, diametri bo'yicha uzunligi 2...6 m bo'lgan simlarni

markazsiz-jilvirlash stanogida jilvirlagandan so'ng tekshiradi; OKB-L68K2 avtomati silindrik detallarning tashqi diametrini ularni markazsiz-jilvirlash stanogi avtomati 6S136 da tozalab ishlov berilgandan so'ng tekshiradi va boshqalar.

Shuningdek, avtoto'sgichlar (avtoblokirovshiklar) guruhi ishlab chiqilganki, ular texnologik jarayon buzilganda faqat stanoklarni to'sishni amalga oshiribgina qolmay, balki buyumlarni yaroqli va yaroqsizlarga (brakka) ajratadi. Bunday qurilmalarga kardan podshipniklarning halqalari zagotovkalari teshiklarini termik ishlov berilgandan so'ng tekshirish uchun OKB-L53K1 avtomatini kiritish mumkin; traktor katogi o'qining qiyshiqligini termik ishlovdan so'ng tekshirish uchun OKB-L45K2 avtomati va boshqalar.

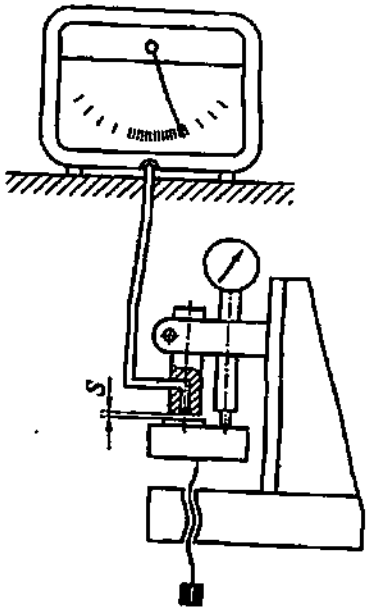
3.2.12. Aktiv tekshirish asboblarini tekshirish hamda sinashlarning uslublari va vositalari

Asboblarning haqiqiy tavsiflarining texnik shartlarga va davlat standartlariga muvofiqligi tekshirishlar va sinovlar yo'li bilan universal vositalar, maxsus moslamalar va stendlar hamda ularning stanoklarda bevosita ishlashi jarayonida aniqlanadi.

Ayrim parametrlar va tavsiflar oddiy qurilmalarda hamda universal vositalarda statik rejimda, boshqalari esa — maxsus stendlarda asboblardan foydalanishning haqiqiy sharoitlariga yaqin bo'lgan, dinamik rejimda aniqlanadi. Stanoklarda sinovlar o'tkazishda asbob yordamida ta'minlanadigan ishlov berish xatoligi aniqlanadi. Stendda sinovlar o'tkazish tashkiliy jihatdan oson, chunki stanoklar va malakali ishchilar talab etilmaydi. Sinov natijalarini belgilangan me'yorlar bilan taqqoslash oson. Biroq, stendda sinovlar o'tkazishda aktiv tekshirishdagi asboblar ishlaydigan barcha ekspluatatsion sharoitlarni o'xshatish qiyin, shuning uchun olingan natijalar asbobning stanokdagi haqiqiy xatosi to'g'risida to'liq tasavvur bermaydi. Asboblarni stendlarda sinash statik va dinamik rejimda hamda titrashlar ta'sirida o'tkaziladi.

Asboblarni stanoklarda sinash asbob va SPID sistemasi qanday ishlov berish aniqligini tanlashi mumkinligini ko'rsatadi. Biroq olingan natijalardan ishlov berish jarayonida asbobning xatoligini ajratish imkoni bo'lmaydi.

Aktiv tekshirish asboblari va ularning funksional uzellari tekshirish, qabul qilish va tadqiqot sinovlaridan o'tadi. Uzunlikni o'lchash vositalari uchun umumittifoq tekshirish sxemasiga muvofiq asboblarni tekshirish (DST 8.020—75) faqat sinash-buyruq berish qurilmasi bo'lgan asboblar uchun hamda bir kontaktli o'lchash kallakli asboblar uchun va faqat statik rejimda mumkin. Ikki kontaktli o'lchash skobalari bo'lgan asboblarni tekshirish MI 6—74 «Aktiv tekshirish asboblarini tekshirish metodikasi»ga muvofiq o'tkaziladi. Dinamik rejimda va stanokda ishlash sharoitida asboblarni tekshirish metodikasi ishlab chiqilmagan, shuning uchun asboblarning dinamik xarakteristikalari qabul qilish va tadqiq qilish sinovlarida aniqlanadi.



3.68- rasm. **O'zgartkichlarni statik tekshirish qurilmasi**

Asboblarni statik rejimda tekshirish. Asboblarni statik rejimda tekshirishni asboblarni o'rnatish va mahkamlash uchun uncha murakkab bo'lmagan qo'shimcha moslamalari bo'lgan universal o'lchash vositalari bilan amalga oshiriladi.

Asboblarning ayrim uzellarini, masalan, sanash-buyruq berish qurilmalari bo'lgan o'zgartkichlarni diametri 28N8 bo'lgan ikki o'tkazish teshiklari bo'lgan qo'shimcha kronshteyn bilan ta'minlangan, DST 10197—70 bo'yicha S—1 turidagi bikir ustunlarda sinaladi (3.68- rasm). Bir teshikka induktiv o'zgartkich yoki pnevmatik soplo, ikkinchisiga — bo'lim qiymati 0,1 yoki 0,2 mkm bo'lgan prujina kallak o'rnatiladi. O'zgartkichning o'lchash uchliklari va prujina kallaklar ustun stoykasiga taqalib turadi. Uchliklar ostidagi o'lchamni asta-sekin o'zgartirish, ustun stolchasini mikrovint yordamida ko'chirish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Xuddi shunga o'xshash ustunda bir kontaktli o'lchash kallaklari va ikki kontaktli o'lchash skobalari o'rnatiladi. Oxirgi holda skoba uchliklarining biri harakatsiz plankaga tiraladi, ikkinchisi esa ustun stolchasiga tiraladi va o'lchamning o'zgarishi bitta labning ko'chishi bilan amalga oshiriladi. Tekshirish tekshirilayotgan asbob buyruqlarining prujinali kallak ko'rsatishlari bilan ishlab ketish ko'rsatkichlari yoki darajalarini taqqoslashdan iborat.

Bunday qurilmalarda asbobning asosiy statik xatoliklari tekshiriladi (ishlab ketish xatosi $\delta_{o'r.}$, sozlash xatosi δ_n, ko'rsatishlar xatosi va boshq.), shuningdek, asbob shkalasi darajalanadi va asbob sozlanadi.

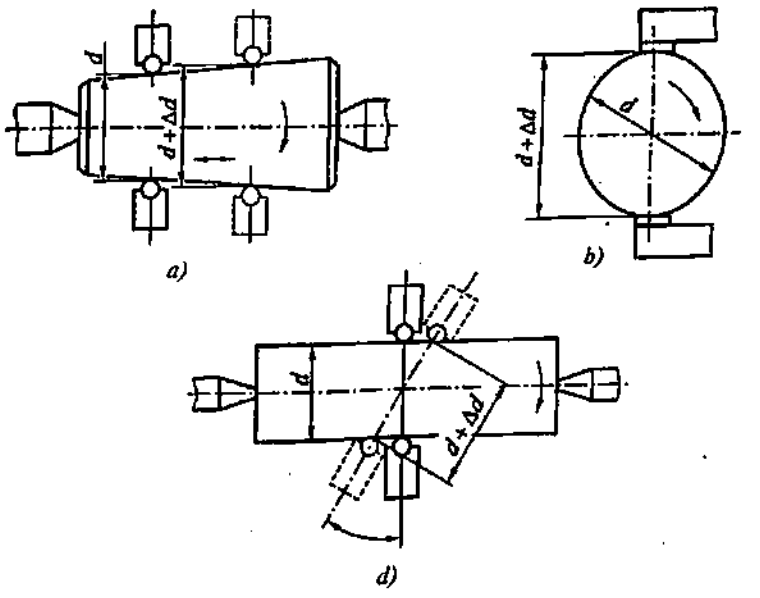
Maxsus o'lchash moslamasi bo'lgan asboblarni, masalan, uchkontaktli skobani yoki egarsimon qurilmani ko'rib chiqilgan usul bilan tekshirishning iloji yo'q. Bunday hollarda o'lchami bo'yicha uncha katta bo'lmagan berilgan farq bilan attestatsiyadan o'tkazilgan namunali detallar yordamida tekshirish amalga oshiriladi. Masalan, uch kontaktli skobani tekshirish uchun tashqi diametriga ko'ra 0,001...0,002 mm ga farq qiluvchi uchta halqa tayyorlanadi. Halqalar markazlarda o'rnatilgan opravkada yig'iladi. Skoboni o'rtacha halqaning o'lchami bo'yicha sozlanadi. Keyin skoba har bir halqaga ko'p marta kiydiriladi va sanash qurilmasi ko'rsatishlarining halqalarning haqiqiy o'lchamlaridan og'ishini belgilaydi. Bu usulning asosiy kamchiligi — o'lchamlari farqi juda kichik bo'lgan namunali detallarni tayyorlash qiyinligi va, binobarin, tekshirishning cheklangan aniqligi.

Asboblarni dinamik rejimda sinash. Asboblarni dinamik rejimda sinashda ulardan foydalanish sharoitlarini o'xshatish maqsadga muvofiqdir. Asbob

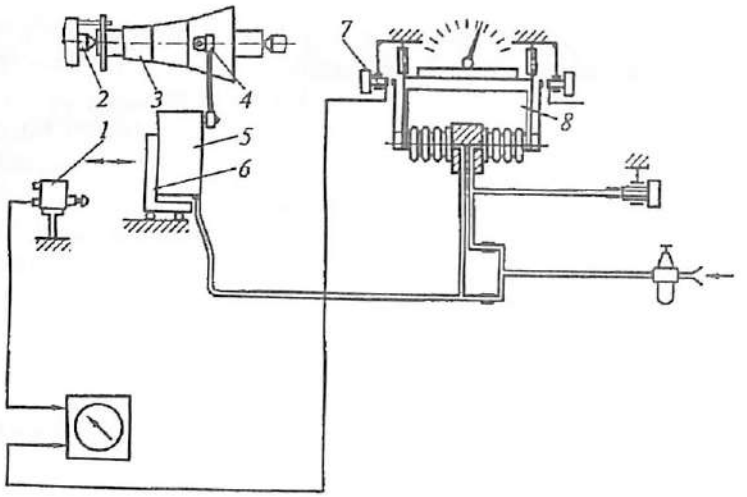
stanokda ishlayotgan vaqtda uning o'lchash uchliklari noto'g'ri shakldagi (oval, ogranka, to'g'ri chiziqli bo'lmaslik) aylanuvchi yoki to'g'ri chiziqli ko'chuvchi sirt bilan birikadi. Sirtning ko'chish tezligi 2 dan to 50 m/min ni tashkil etadi. Tekshirilayotgan sirt shaklining og'ishlari bir necha mikrometrni tashkil etishi mumkin. Ishlov berish jarayonida o'lchash uchliklari ostidagi pripusk olib tashlana borgani sari o'lchash ishlov berish boshida 100 mkm/s tezlikdan oxirda deyarli nol qiymatgacha tezlikda o'zgaradi. Shunday qilib, asbobning o'lchash uchliklari ostida bir vaqtda nisbatan yuqori chastota bilan (10 Gs gacha) o'lchamning uncha katta bo'lmagan o'zgarishlari va o'lchamning nisbatan sekin uzluksiz o'zgarishi yuz beradi.

Stendda sinashda ko'rsatilgan ta'sirlar turli usullar bilan o'xshatiladi: o'lchash qurilmasini aylanayotgan konussimon opravka bo'ylab ko'chirish bilan (3.69- *a* rasm), aylanuvchi oval opravka yordamida (3.69- *b* rasm) yoki silindrik opravkaning aylanuvchi sirti bilan birlashuvchi o'lchash qurilmasini tebratish bilan (3.69- *d* rasm) ko'rsatiladi. Asboblarni ishlab chiqarishda sozlashdan siljish xatoligini aylanuvchi miskali opravkada yoki oval opravkada asboblarni ishlatib ko'rish yo'li bilan va qo'zg'almas attestatsiyalangan davriy tekshirish yo'li bilan aniqlanadi.

Yangi asboblarni dinamik rejimda sozlashda va sinashda ularni ko'pincha aylanuvchi konus opravka yordamida tekshiriladi (3.70- rasm). Qo'zg'almas markazlar *2* da berilgan tezlikda aylanuvchi konus opravka *3* o'rnatiladi. Opravka *3* ning sirti bilan tekshirilayotgan asbobning o'lchash uchliklari *4* birikadi. O'lchash qurilmasi *5* karetka *6* ga o'rnatiladi, u esa opravka *3* bo'ylab ko'chadi. Stend shuningdek, karetka *6* va o'lchash uchliklari *4*



3.69- rasm. **Sinash vaqtida o'lchash uchliklari ostidagi o'lchamni o'lchash usullari.**



3.70- rasm. **Dinamik sinovlar uchun konusli opravkali stendning chizmasi:**
1 — chetki viklyuchatel; *2* — qo'zg'almas markazlar; *3* — opravka; *4* — o'lchash uchliklari; *5* — o'lchash qurilmasi; *6* — karetka; *7* — elektr kontaktlar; *8* — sanash-buyruq berish qurilmasi

ning konus opravkaning berilgan kesishiga yetgani haqida signal beruvchi chekli viklyuchatel *1* bilan ta'minlangan. Chetki viklyuchatel *1* sifatida elektrkontaktli, induktiv yoki pnevmatik o'zgartkichlar qo'llanilishi mumkin.

Tekshirilayotgan asbob diametri bo'yicha kichik opravka *3* ning chap qismida o'lchamga sozlanadi. Sanash-buyruq berish qurilmasi *8* ning strelkasi shkalaning nol bo'linmasiga to'g'rilanadi, asbobning oxirgi buyrug'i (mazkur holda elektr kontaktlar *7*) va chetki viklyuchatel *1* esa — ishlab ketishga to'g'rilanadi. Opravka *3* ning aylanishi va o'lchash qurilmasi *5* ning opravka bo'ylab qaytma-ilgarilanma ko'chishi boshlanadi. O'lchash qurilmasi *3* o'ngga yurganda o'lchash uchliklari ostidagi o'lcham ortadi va sanash-buyruq berish qurilmasi *8* ning strelkasi o'ngga shkala bo'yicha ko'chadi. Orqaga yurishda opravkaning o'lchami kamayadi, strelka shkala bo'yicha chapga ko'chadi va barcha boshqaruvchi buyruqlar ketma-ket beriladi. Shunday qilib, stendda ishlov berish jarayonida detal o'lchamining o'zgarishi o'xshatiladi.

O'lchamning o'zgarish tezligi karetka *6* ning ko'chish tezligi va opravkaning konusligi bilan aniqlanadi. Opravka dag'al va toza jilvirlashda hamda pardozlashda pripuskni olib tashlashga muvofiq tanlab olinadigan turlicha konuslik bilan pog'onali qilib ishlanishi mumkin. Asbobning xatoligi chiqish buyrug'i ishlab ketishining va chiqish buyrug'i kechikish vaqtining nobarqarorligi bo'yicha aniqlanadi.

Vibratsion sinovlar. Asboblarni vibratsion sinashlar mexanik defekt (kamchilik)lar mavjudligini aniqlashga va asboblarning metrologik xarakteristikalari barqarorligini titrashlar ta'sirida aniqlashga imkon beradi. Stenddagi titrashga sinashlarda foydalanish sharoitlarini yanada to'laroq o'xshatish va asboblarni stanoklarda ularga ta'sir ko'rsatuvchi butun chastotalar spektrida

tekshirish maqsadga muvofiqdir. Ammo bunday sinovlar juda ko'p mehnat talab qiladi, va bundan tashqari, turli xil stanoklarda uchraydigan chastotalarning qiymatlari har doim ham aniq ma'lum bo'lmaydi. Shuning uchun asboblarni sinashni ulardan foydalanish sharoitlarida yuzaga keladigan qayd etilgan yuklanishlarda (iloji bo'lsa maksimal) o'tkazish maqsadga muvofiqdir.

Jilvirlash stanoklari ishlaganda 0,5...5 mkm amplitudali 20...300 Gs chastotali majburiy tebranishlar yuzaga keladi. Ayrim holarda tebranishlar amplitudasi 20 mkm gacha ortadi. Uchraydigan avtotebranishlar chastotasi 0,5...1,0 mkm amplitudada 300...800 Gs ni tashkil etadi.

Aktiv tekshirish asboblari ikki parametr bo'yicha tekshiriladi: titrashga mustahkamlik va titrashga chidamlilik. Titrashga mustahkamlikka tekshirishda asbob vibrostendga o'rnatiladi va har bir chastotada 2 soat mobaynida rezonans chastotalarda titrashlar ta'siriga beriladi. Tekshirishdan so'ng asbob o'zining metrologik xarakteristikalarini saqlashi kerak. Titrashga mustahkamlikka tekshirish yig'ish, kavsharlash va tayyorlashdagi boshqa kamchiliklarni aniqlashga imkon beradi. Shuning uchun hamma asboblarni titrashga mustahkamlikka zavod-tayyorlovchida tekshirish maqsadga muvofiqdir. Titrashga chidamlilikni tekshirishda asbobning metrologik xarakteristikalari titrashlarni tekshirilayotgan detalga, skobaning o'lchash lablariga va asbob korpusiga ta'sir ettirish yo'li bilan aniqlanadi hamda asbobning xatosi me'yorlangan chegaralarda saqlanadigan chastotalar va amplitudalar sohasi belgilanadi. Titrashga chidamlilikni tekshirish jilvirlash jarayonida titrashlar ta'sirida asbobning qo'shimcha xatoliklari, masalan, o'lchash uchliklarining ishlov berilayotgan sirtdan uzilishi natijasida paydo bo'lmayotganini aniqlashga imkon beradi. Asboblarni titrashga chidamlilikka tekshirishni faqat yangi modellarni ishlab tayyorlashda va ishlab chiqarishda maqsadga muvofiqdir.

Asboblarni stanokda qabul qilib olish sinovlari. Stanokda asbobni sinash natijalarini o'tkazish va baholash ma'lum qiyinchiliklar bilan bog'liq, ayniqsa, asbobni universal stanokda tekshirishda. Berilgan aniqlikni olishni ta'minlash kerak bo'ladigan ishlov berish rejimini tanlash zarur. Hatto, agar olingan natija ijobiy bo'lsa ham, boshqa detallarga boshqacha rejimlarda ishlov berishda xuddi shunday natija erishilishiga ishonch hosil qilishi lozim. Asboblarni maxsus stanoklarda sinash ancha oson bo'lib, unda dopuski (qo'yilish) ma'lum bo'lgan bitta detalga yoki detallarning tur o'lchamlarining cheklangan soniga ishlov beriladi, sinovlar jarayonida faqat berilgan dopusk (qo'yim)ning olinishini ta'minlash zarur.

Yuqorida bayon qilingan munosabat bilan stanokda sinashlarda aniq natijalarni olishga imkon beruvchi ayrim hollarga amal qilish kerak. Sinovlarni yangi stanokda o'tkazish lozim. Stanok tegishli davlat standartlari va texnik shartlar bo'yicha aniqlik va bikirlik me'yorlariga muvofiq kelishi kerak.

Berilgan unumdorlikda eng yuqori ishlov berish aniqligini ta'minlovchi, texnologik jihatdan asoslangan ishlov berish rejimini tanlash (pripusk, dastlabki buyruqlarni joy-joyiga qo'yish, jilvirlash doirasi tuzatishlari chastotasi va boshq.) eng murakkab masala hisoblanadi. Ishlov berish rejimini tanlashda

stanokka texnik shartlarda me'yorlangan shakl va sirt g'adir-budurligining yo'l qo'yilgan chetga chiqishlariga mo'ljal qilish mumkin. Bu, jilvirlashning shunday bir siklini tanlash demakdirki, ishlov berilgan detallar shaklining va g'adir-budurligining chetga chiqishlari belgilangan me'yorlarga mos kelsin. Bu shartlarga amal qilinganda stanokda asbob bilan ishlov berishning olinadigan xatoligi minimal bo'lishiga ishonch hosil qilish mumkin.

Stanokda asboblarni sinashning ikki usuli qo'llaniladi. Birinchi usulda sinovlar dasturida ishlov berishga uzatishlar va pripusklar, ishlov berilayotgan partiya kattaligi va ishlov berilgan detallar o'lchashlarining yo'l qo'yilgan yeyilishi beriladi. Bunday usul ishlov berish sharoitlarining o'zgarishlarini hisobga olmaydi, masalan, detallar ovalligining ortishi va o'lchamlar yeyilishining tegishli ortishidir.

Ikkinchi usulda taxminiy rejimlar va ishlov berish shartlari beriladi, o'lchamlarning yo'l qo'yilgan yeyilishi esa texnologik jarayonning parametrlariga bog'liq holda me'yorlanadi.

Sinovlarda asbob — SPID sistemasining aniqlik imkoniyatlarini yaxshiroq aniqlash uchun ishlov berish natijalaridan stanok bilan bog'liq bo'lgan ba'zi tashkil etuvchilarni olib tashlash (yoki ularning ta'sirini kamaytirish) lozim.

Nazorat savollari va topshiriqlari

1. Aktiv tekshirish vositalari qanday bo'linadi?
2. Uzlukli sirtga ega detallarni tekshirishning xususiyatlari nimadan iborat?
3. Induktiv o'lchash sistemasi qanday ishlashi haqida gapirib bering.
4. Qo'shma jilvirlash asboblarining ishlashi xususiyatlari nimadan iborat?
5. O'q oriyentatsiyasi uchun o'lchash sistemasi qanday ishlaydi?
6. Ichki jilvirlash stanoklari uchun aktiv tekshirish asboblari qanday bo'linadi?
7. Yassi jilvirlash stanoklari uchun aktiv tekshirishning xususiyatlari nimadan iborat bo'lishini so'zlab bering.
8. Xoninglash stanoklari uchun aktiv tekshirish asboblarining tuzilishi nimadan iborat?
9. Tokarlik ishlov berish uchun aktiv tekshirish asboblarining qo'llanilishining xususiyatlari nimadan iborat?
10. Tokarlik ishlov berishda o'lchamlarni o'lchashning qanday metodlaridan foydalaniladi?
11. Avtosozlagichlar va avtoblokirovkalarning vazifasi va qo'llanilishi to'g'risida so'zlab bering.
12. Aktiv tekshirish asboblarini tekshirish va sinash metodlar to'g'risida so'zlab bering.

3.3. QICHS (QULAY ISHLAB CHIQARISH SISTEMALARI) VA RDB (RAQAMLI DASTURLI BOSHQARISH) STANOKLARI UCHUN AVTOMATIK TEKSHIRISH SISTEMALARI

3.3.1. Avtomatik tekshirish sistemalarining vazifalari

Qulay ishlab chiqarish sistemalari va raqamli dasturli boshqarish stanoklarini avtomatik tekshirish sistemasi (ATS) ularning muhim bo'g'ini bo'lib, u insonning ishtirokisiz ishlab chiqarish jarayonining imkoniyatlarini belgilaydi. Sistemalar quyidagi vazifalarni bajaradi:

— tekshirilayotgan obyektlarning xossalari, texnik holati va fazoviy joylashishi to'g'risidagi, shuningdek, texnologik muhit va ishlab chiqarish sharoitlari to'g'risida axborot olish va taqdim etish;

— parametrlarning haqiqiy qiymatlarini berilganlari bilan taqqoslash;

— ishlab chiqarish jarayoni modellari bilan muvofiqlashmaslik to'g'risidagi axborotni QIChSni boshqarishning turli xil darajalarida qarorlar qabul qilish uchun uzatish;

— vazifalar bajarilgani to'g'risidagi axborotni olish va taqdim etish.

Avtomatik tekshirish sistemasi quyidagilarni ta'minlashi kerak:

— tekshirish vositalarini tekshirilayotgan obyektlarning berilgan nomenklaturasi chegaralarida avtomatik qayta qurish imkoniyatini;

— ATS dinamik xarakteristikalarining tekshirilayotgan obyektlarning dinamik xossalariga mosligini;

— tekshirishning to'liqligi va aniqligini, shu jumladan, almashtirishni tekshirishni va axborotni uzatishni;

— tekshirish vositalarining ishonchliligini.

QICHS avtomatik tekshirish sistemasi bir tomondan, material, zagotovka, asbob, moslamalar, tayyorlash rejimi, buyumni o'lchash va sinash, texnologik vosita va buyumlarning parametrlarini uni tayyorlashning barcha bosqichlarida (tekshirishning sistema osti) tekshirish yo'li bilan mahsulot sifatining talab qilingan darajasini, ikkinchi tomondan esa QICHS ning uni ishga qodir holatda saqlash hisobiga robototexnik majmualar va avtomatik ishlov beruvchi qurilma, hisoblash texnikasi va dasturiy ta'minlash yo'li bilan maksimal samaradorligini ta'minlashi kerak.

Obyektga ta'sir ko'rsatishga ko'ra, qulay avtomatlashtirilgan ishlab chiqarishda (QAICH) tekshirish aktiv va passiv bo'lishi mumkin.

RDB stanoklarida va ishlov beruvchi markazlarda avtotekshirish va avtodiagnostikalash ko'zda tutiladi, bu servodvigatel sozlanish buzilganda, teskari aloqa signali ishdan chiqqanda, o'ta qizib ketganda yoki temperatura o'zgarganda, ta'minot manbaida uzilishlar bo'lganda, ortiqcha yuklanishlarda, tezlik cheklanganda, ayrim vazifalarni bajarish orasida vaqt oralig'i chetga chiqqanda, qisib olish patroni sozidan chiqqanda, ishlov berish hududida chet buyumlar paydo bo'lganda va hokazo hollarda sistemani darhol to'xtatishga yoki unga avariya signalini uzatishga imkon beradi.

QAICH ning ishlash xavfsizligini ta'minlash uchun barcha harakatlanuvchi elementlarning asl holatini doimo tekshirish talab etiladi.

Tekshirish sistemasi jamoa bo'lib foydalanish displeylari va axborotni aks ettirish vositalaridan keng foydalanish asosida quriladi.

Ishlab chiqarish jarayonini, qurilmalarning holatini va boshqarish sistemasini tekshirishni, masalan, mnemosxemada aks etadigan umumlashgan axborot (asosan avariya ogohlantirish xarakteridagi) bo'yicha amalga oshirish maqsadga muvofiqdir.

ATS avtomatik ishlab chiqarishda faqat berilgan sifatdagi mahsulot olishgina emas, balki ishlab chiqarish jarayonining uzluksiz kechishi ham ta'minlanishi kerak. Tekshirish vazifalarining bu kengayishi inson ishtirok etmaydigan texnologiyada texnologik jarayon borishining buzilishi avariya holatlariga olib kelishi bevosita kelib chiqadi. QAICH uchun tekshirish

masalalari shu bilan ko'p karra murakkablashadiki, bunda tegishli sistemalar barqaror texnologiyalar va ommaviy ishlab chiqarish uchun xos bo'lgan mahsulot ishlab chiqarishning qaror topgan nomenklaturasida faoliyat ko'rsatmasdan, balki muntazam ravishda o'zgarib turadigan buyumdan buyumgacha mayda seriyali yoki hatto bittalab ishlab chiqarishda faoliyat ko'rsatishi kerak. Bu hol ommaviy ishlab chiqarishda tarqalgan tekshirishning maxsus vositalari va tadbirlaridan, universal va o'zgarib turadigan sharoitda ishlab chiqarishning faoliyat ko'rsatishini ta'minlash uchun o'z navbatida hisoblash texnikasi vositalarini aktiv joriy qilishga o'tish zarurligini ko'rsatadi.

ATSni joriy qilish zagotovkalar va yarimtayyor mahsulotlarni bosqichma-bosqich tekshirishni va tayyor mahsulotni tekshirishni optimal ravishda taqsimlash, og'irlik markazini tayyorlash bosqichiga o'tkazib, shu bilan tayyor mahsulotning sifatini tekshirishdan (brakka ajratish) uni tayyorlash jarayonida sifatni boshqarishga asta-sekin o'tilishini ta'minlaydi. Birinchi bosqichda brakni oldinroq aniqlash va uni bartaraf etish, ikkinchi bosqichda — mahsulot brakini yo'qqa chiqaruvchi, ishlov berish hududida aktiv tekshirish ko'zda tutiladi.

Avtomatik tekshirish sistemasi QAICH ning barcha elementlari va ularning aloqalarini o'z ichiga olib, boshqarish sistemasida foydalaniladigan axborotning ishonchliligini ta'minlaydi.

O'lchash va hisoblash texnikasining, shuningdek, dasturiy ta'minot vositalarining hozirgi darajasida mashinada tekshirishni joriy qilishning birinchi bosqichi — EHM ga kiritilgan obraz (model) bilan taqqoslash amalga oshiriladi.

3.3.2. Avtomatik tekshirish sistemalarining tuzilmasi

QAICH umumiy tuzilmasi (3.71- rasm) uch sathni o'z ichiga oladi.

Yuqori sath avtomatik yacheykalar (AYA) yig'indisi o'zaro ta'sirlashuvini, qayta sozlanishini va ta'mirlanishini, QAICH boshqarish pultiga axborot chiqarishni va quyidagi masalalarni hal qilishni muvofiqlashtirish uchun ularni umumiy tekshirishni ta'minlaydi:

— quyida turgan sathdan (avtomat yacheykalardan) keladigan axborotni olish, ishlov berish va umumlashtirish;

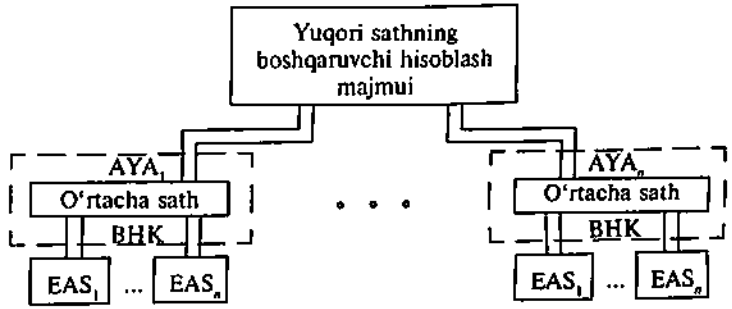
— material hajmi va sifatini hamda moddiy-texnik ta'minotini (materiali, asboblari va boshq.) tekshirish;

— avtomatik yacheyka bajaradigan operatsiyalar yig'indisining bajarilishini tekshirish;

— pastki sathning faoliyat ko'rsatishini tekshirish va o'z-o'zini tekshirish.

O'rta sath avtomatik yacheykani tekshirishni va tekshirilayotgan obyektlar va yacheykaning tarkibiy qismlarining xossalari, texnik holati va fazoviy joylashishi to'g'risidagi umumlashgan axborotni yuqori sathga taqdim etilishini ta'minlaydi. Bunda quyidagi masalalar hal qilinadi:

— obyektning tekshiriluvchi parametrlari, yacheykaning faoliyat ko'rsatishi va ular elementlarining parametrlari, texnologik muhit parametrlari haqidagi axborotni olish va ishlov berish;



3.71- rasm. **SAKGAPning umumiy tuzilmasi.**

— axborotni yuqori sathga uzatish;

— yacheykaga kiruvchi elementar avtomatik sistemalarda ishlov berish obyektini tayyorlash sifatini tekshirish;

— operatsiyalarning bajarilishi ustidan tekshirish;

— paski sathning faoliyat ko'rsatishini tekshirish va o'z-o'zini tekshirish:

Pastki (quyi) sath elementar avtomatik sistemaning (RDBli stanok, robot yuklanishlar, avtomatik tekshirish vositasi) tarkibi qismlari ishlov berish obyektlarini, texnik holatlarini va fazoviy joylashuvini tekshirishni ta'minlaydi. Bu sathda ATS quyidagi vazifalarni hal qiladi:

— elementar avtomatik sistemalar (EAS) ning ishlov berish obyekti va tarkibiy qismlari tekshirilayotgan parametrlari va funksiyalari to'g'risidagi axborotni olish va ishlov berish, axborotni o'rta sathga uzatish;

— o'tishlarning bajarilishi ustidan nazorat;

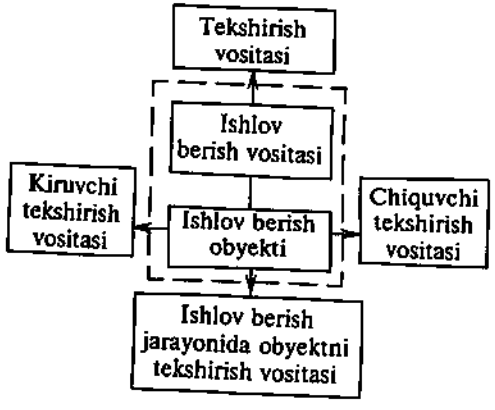
— EAS tarkibiy qismlari faoliyat ko'rsatishini tekshirish;

— asbob va qurilmalarning asta-sekin ishdan chiqishini oldindan bilish uchun texnik xizmat ko'rsatish sistemasiga axborot taqdim etish.

Yuqori sathning tekshirish obyekti umumiy avtomatik yacheykalar yig'indisi (ishlov beruvchi, transport, omborxona, tekshirish-o'lchash, sinash) va operatorning ish o'rni hisoblanadi, tekshirish vositasi bo'lib esa — EHM asosidagi boshqaruvchi hisoblash kompleksi (BHK) hisoblanadi. O'rta sathni tekshirish obyekti sifatida elementar avtomatik sistemalar yig'indisidan iborat avtomatik yacheyka xizmat qilsa, tekshirish vositasi sifatida esa mini yoki mikro EHM asosida ishlovchi BHK xizmat qiladi. BHK tarkibiga quyidagilar kiradi: EHM, uzoqdagi terminallar va EHM ning lokal tarmog'i bilan qo'shilish vositalari, faoliyat ko'rsatish puxtaligini oshirish vositalari, va h.k. Quyi sathning tekshirish obyekti bo'lib EAS ning tarkibiy qismlari: boshqaruvchi organ, uzatuvchi bo'g'in, ijrochi organ, ishlov berish obyekti. Quyi sathdagi tekshirish vositalari EAS komponentlarining o'ziga xos xususiyatlari bilan belgilanadi. Metallga ishlov beruvchi stanok uchun ular kesish kuchlanishi va urinmasi datchiklari, transport roboti uchun yo'l datchigi, texnologik muhitni tekshirish uchun — temperatura, bosim, namlik, biologik ifloslanishlar va h.k. bo'lishi mumkin.

3.3.3. Avtomatik tekshirish sistemasini yasash prinsiplari

ATS ning asosiy vazifasi (3.72- rasm) tekshirish vazifalarini sathlar orasida taqsimlashdan va quyi sathda tekshirish vositalarini optimallashtirishdan iborat. Bunda shunga intilish kerakki, ATS ning quyi sathida tekshirish natijalariga ko'ra, boshqarishning imkoni boricha maksimal avtonomligi ta'minlansin. Tekshirish hajmi bir tomondan ishlov berish vositasi va obyekti o'rtasida, ikkinchi tomondan ishlov berish obyekti bo'yicha o'zaro ta'sirlashuvchi avtomatik sistemalari orasida taqsimlanadi. Masalan, ishlov berish obyektini uning parametrlarini o'lchash yo'li bilan ham (mexanik ishlov berishda zagotovkaning o'lchamlari va shakllari, galvanik jarayonlarda qoplama qalinligi, kristallni yetishtirishning avtomatik jarayonlarida kristallarning o'lchamlari va h.k.), ishlov berish vositalarining parametrlarini ham (parma keskich yoki frezaning yeyilishi; elektrolitning konsentratsiyasi, tarkibi va temperaturasi hamda sovish vaqti; kristall o'sishining temperatura rejimi va h.k.) tekshirish mumkin. O'lchash parametrlari vaqt va fazoda taqsimlanishi mumkin: parametrlarning bir qismi ishlov berish hududida tekshiriladi, ikkinchi qismi robot-manipulyator bilan, uchinchi qismi — transport roboti bilan tekshiriladi. Zagotovka va detallar ko'pchilik vaqt tashilgani yoki bekor yotgani sababli bunday taqsimlash istiqbolli hisoblanadi (albatta, aniq qaror texnik-iqtisodiy tahlil asosida qabul qilinishi kerak).



3.72- rasm. **Avtomatik tekshirish sistemasining tuzulishi**

QAICH uchun ishonch prinsipi ancha ma'qul hisoblanadi. Texnologik jarayon chiqindilari aynan ana shu prinsipni joriy qilish uchun yo'naltirilishi kerak, tekshirish va diagnostika sistemasi keyingi, yanada murakkab masalani — tekshirish operatsiyalarini umuman optimal qisqartirishni hal etishni ta'minlashga qaratilgan.

3.3.4. Avtomatik tekshirish sistemasining faoliyat ko'rsatish rejimi

ATS bitta rejimda faoliyat ko'rsatishi mumkin: ishga tushirish, ishchi (nominal), sozlovchi (qayta qurishda), rejadagi to'xtatish, avariyada to'xtatish.

Ishga tushirish rejimi QAICH ning barcha elementlari va sistemalarini so'rov qilishdan boshlanadi. Bunda ularning texnik holatini tashxis qilish amalga oshiriladi, barcha sistemalarning chiqishiga va boshlang'ich holatiga buyruq beriladi, bu buyruqning ijro etilishi tekshiriladi, asboblar va zagotovkalar mavjudligi hamda kodlari tekshiriladi. Tekshirishlar jarayonida sistema aniqlangan nosozliklarning bartaraf etilishini kuzatib boradi.

Ishga tushirish rejimida nazorat qilishning barcha sathlari qatnashadi.

Ishchi (nominal) rejimda ATS mahsulotni tayyorlash sifati, buyumlar, asboblar, energiya, axborot oqimlari, qo'shimcha sistemalar (qirindilardan tozalash, yuvish, sovitish, qirindini tashish, changni yutish, sovituvchi suyuqlikni uzatish, havoni konditsiyalash va boshq.) ning faoliyat ko'rsatishi ustidan nazorat olib borishni ta'minlaydi; ATS sistemasi barcha elementlarning texnik holatini davriy ravishda nazorat qiladi.

Sozlash rejimida (qayta sozlash rejimida) boshqaruvchi axborot yuqori sath EHMga kelib tushadi. Yuqori sath EHM esa o'rta va quyi sathdagi tekshirish sistemasining rekonfiguratsiyasi to'g'risida qaror qabul qiladi. Quyi sath EHM ishlov berish obyektlarining nazorat qilinayotgan parametrlari va funksiyalarining yig'indisini, shuningdek, tekshirish me'yorlarini belgilab beradi.

Rejali to'xtalish rejimi — ATS faoliyat ko'rsatishining o'ziga xos rejimi bo'lib, yana qayta ishga tushirishni sistema ishlashi «nol» (boshlang'ich) paytidan emas, balki uni to'xtatilgan paytidan boshlab keyingi ishga tushirishni ta'minlashga qodir. Odatda, mazkur rejimda stanoklarda ishlov berish operatsiyalarini tugallash, detallarni to'plagichlar yoki omborga olish va jo'natish, robot-avtooperatorlarni va shtabellarni bo'shatish hamda to'xtatish uchun dastlabki holatga olib kelish, ATS holatini magnitli eltgich (disk, tasma)ga yozish, barcha turdagi energiya eltgichlarni va barcha pultlarni o'chirish ko'zda tutiladi. Bunda QAICH ning vazifasi boshqarish signallarini ishlatib turishni tekshirishdan iborat. Undan tashqari, rejimni amalga oshirish ATS elementlari va sistemasi faoliyat ko'rsatishni ketma-ket to'xtatadigan ma'lum bir vaqt oralig'ini egallagani uchun sistemalar diagnostikasini (tashxisini) o'tkazish va dispetcherga sozlovchilar hamda ta'mirlovchilar uchun kerak bo'lgan axborotni berish mumkin.

Avariya rejimi QAICHning istagan sathi tomonidan amalga oshiriladi. Quyi sathda u yo'l qo'yilgan brak miqdori oshib ketganda, EAS parometrlari me'yordan og'ganda yoki tekshirish vositalarining o'zi me'yordan og'ganda paydo bo'ladi. Sathlarning har biridan avariya holati to'g'risidagi signal yanada yuqoriroq sathga uzatiladi va ATS ning boshqaruv pultida aks etadi.

3.3.5. Asbobni o'lcham bo'yicha sozlash

Qolgan barcha elementlar va sistemalarning ishi yo'naltirilgan ATS ning asosiy elementi avtomatik ishlov beruvchi yacheyka hisoblanadi.

EHM asosidagi RDB li qurilmalar stanoklarning texnologik va funksional imkoniyatlarini ancha kengaytirishga, ularning avtomatlashtirilish darajasini oshirishga, stanoklarning turli xil turlari uchun ish algoritmlarini qayta dasturlash yo'li bilan RDBli qurilmalarni yaratish jarayonini soddalashtirishga va arzonlashtirishga imkon berdi. Startstop rejimida perfolentaning uzluksiz o'qib chiqilishini yo'q qilish oqibatida, eng asosiysi, faqat boshqaruvchi raqamli dasturli qurilmalarninggina emas, balki stanoklarning

ham shikastlangan joylarini aniqlab beruvchi turli xil tashxislovchi (diagnostik) dasturlarning kiritilishi hisobiga stanoklarning ishlash puxtaligi ancha ortdi.

RDBli stanoklarda ishlov berish aniqligi ko'p jihatdan RDBli stanoklarni quyidagi uslublar bilan statik o'lcham bo'yicha sozlashning sifati bilan belgilanadi:

— to'liq o'zaro almashinuvchanlik;

— asbobni stanokdan tashqarida sozlash;

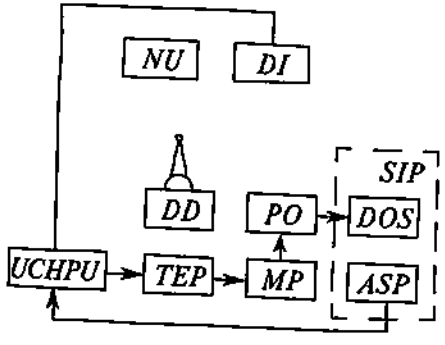
— stanokda asbobning kesuvchi qirrasining holatini o'lchash natijalariga ko'ra sozlash;

— stanokda detallarni o'lchash natijalariga ko'ra sozlash.

To'liq o'zaro almashinuvchanlik uslubini amalga oshirishda SPID sistemasining istisnosiz barcha zvenolaridagi xatoliklar yig'indisi o'lchanayotgan o'lchamga mo'ljallangan berilgan dopuskdan ortiq bo'lmasligiga erishish zarur. Uslub amalga oshirish texnik jihatdan qiyin va ancha katta moddiy xarajatlar bilan bog'liq.

Asbobni stanokdan tashqarida sozlash uslubi ishlov berishning berilgan aniqligini ta'minlashi mumkin, uning maqsadi — asbobni o'rnatishdagi dastlabki xatolikni bartaraf etish. Stanokka o'rnatishda sinov o'tish natijalariga ko'ra qo'shimcha sozlash talab qilinadi.

Asbobni o'rnatish va yeyilishning dastlabki xatosini o'lchash hamda o'rnini bosish uchun eng texnologiyali va avtomatlashtirishga yaxshi beriluvchi uslub stanokda asbobning kesuvchi qirrasining holatini o'lchash natijalariga ko'ra sozlash uslubi hisoblanadi. Bu uslubda sinov o'tishi talab qilinmagani munosabati bilan tuzatiladigan xatoliklar oralig'i bo'yicha muhim cheklanishlar olib tashlanadi va stanokdan tashqarida dastlabki sozlashning zaruriyati qolmaydi.

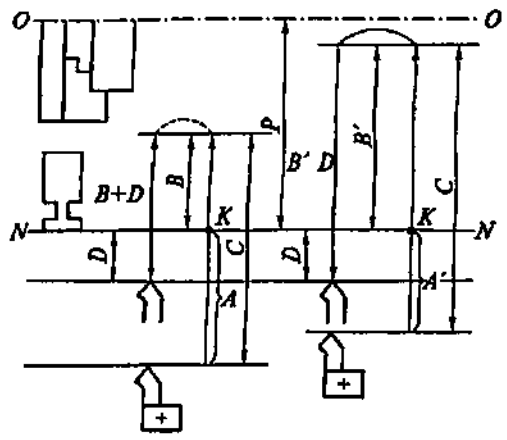


3.73- rasm. **Bitta koordinata uchun o'lchamli sozlashning avtomatik sistemasining tuzilish chizmasi:**

UCHPU—CNC turidagi RDB qurilmasi; *TEP* — transport elektr yuritmasi; MP — mexanik uzatma; *RO* — stanokning ishchi organi; *SIP* — ishchi organning holatini o'lchash sistemasi; *DOS* — teskari aloqa datchigi; *ASP* — analog-raqamli o'zgartkich; *DI* — anjomning holatini aniqlash datchigi; *DD* — detalning tekshirilayotgan sirtining holatini aniqlash datchigi; *ST* — sozlovchi tirgak

Korpusli detallarga ishlov berishda, notekis pripuskli detallarga dag'al ishlov berishda detalning o'rnatiluvchi va o'lchanuvchi bazalarining nisbiy joylashishi xatoliklari nihoyatda katta bo'lib qoladi. Bu holda shupli datchik yordamida stanokda detallarni o'lchash natijalariga ko'ra sozlash uslubidan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Detal va asbobni o'lchash natijalariga ko'ra, stanokni kombinatsi-



3.74- rasm. **Anjomni o'rnatish xatoligini qoplash chizmasi:**

OO — stanok bazasi; *NN* — elektrokontaktli bazalovchi o'zgartkich bazasi; *R* — o'zgartkich va stanok asoslarining qayd qilingan ko'chishi; *A*, *AG'* — anjomning dasturiy ko'chishi; *S* — dasturiy ko'chish ($S > A$); *K* — *NN* bilan kontakt qilish nuqtasi; *V*, *VG'* — anjomning qayd qilinuvchi ko'chishi; *D* — anjom uchining belgilangan holati

yalangan sozlashning avtomatik sistemalari bilan jihozlash eng samarali qaror hisoblanadi (3.73- rasm). Umumiy holda bu sistemaning ishchi sikli o'z ichiga quyidagilarni oladi:

— *DD* (detal datchigi) shupini kalibrlash (o'rnatishdagi xatoliklarni hisobga olish);

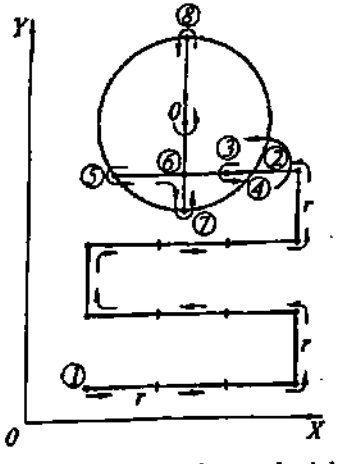
— detal bazaviy sirtining o'lchamli va o'rnatishdagi xatoliklarini o'lchash;

— asbobni *AD* (asbob datchigi) yordamida o'lchamli sozlash, undan so'ng detalga ishlov beriladi.

Bu uslubni izohlovchi sxema 3.74- rasmda keltirilgan. Masala, asbob uchini stanokning $R+D$ bazasiga nisbatan oldindan ma'lum bo'lgan holatga o'rnatishdan iborat. Bunga, asbobning tegish paytigacha bo'lgan ko'chishlari qayd etilmay, tegish paytida sanoq boshini belgilash bilan erishiladi.

Bevosita qo'yish *S* tugashi bilan asbobga *D*+ «yugurib o'tib ketish» (*V* yoki *V'*) yig'indiga teng teskari ko'chish beriladi. Natijada asbobning uchi bevosita ko'chishning boshlanish nuqtasiga bog'liq bo'lmagan holda $R+D$ kattalikka o'rnatiladi. Asbobning yeyilishini tekshirish uchun ham xuddi shu uslubdan foydalanish mumkin.

Zagotovkaning aniq joylashishini tekshiruvchi boshqa uslubda detalning koordinatalar sistemasida ular markazlarining ma'lum koordinatalari bilan unda ikkita bazaviy teshiklarning mavjudligi ko'zda tutilgan. Teshik markazlari koordinatalarini aniqlashda (umumiy holda) o'lchov shupining skanirlash trayektoriyasi 3.75- rasmda keltirilgan. Bazaviy teshikning o'lchami oldindan ma'lum ekanini va nuqta diametrda yotganini hisobga olib, kontakt (tegish) nuqtasi *8* ni izlash operatsiyasini olib tash-



3.75- rasm. **Teshikning markazini aniqlashda shupni skanirlash trayektoriyasi.**

lash mumkin, ya'ni nuqta 7dan nuqta 0ga dasturlanadigan o'tishni amalga oshirish mumkin.

Asbob uchining asl holatini aniqlash uchun, shuningdek, zagotovkaning sinov o'tish uslubidan yoki uning o'xshashi bo'lgan o'lchov shupi bilan sinov o'tish «izini» o'lchash uslubidan foydalanish mumkin.

3.3.6. Birlamchi o'lchash o'zgartkichlari va asboblari

QICHSda maxsuslashtirilgan EHM bilan boshqariluvchi turli xil o'zgartkichlar (datchiklar) dan keng foydalanish ularga bo'lgan talabning ma'lum darajada o'zgarishiga olib keldi. Aniqlik, tez ta'sirchanlik, xalaqitlarga bardoshlik qatori datchiklarning texnologiyaligi va moslashuvchanligiga bo'lgan talablar, shu jumladan, ular chiqishlarining QICHSning kirish qurilmalariga muvofiqligiga bo'lgan talablar juda muhim ahamiyat kasb etdi.

Datchiklarni qarab chiqishda stanokda, robotda va QAICHning boshqa elementlarida amaliy qo'llanishga ega bo'lgan o'zgartkichlar bilan cheklanamiz.

ATS QAICHda datchiklar qo'llanilishining o'ziga xos xususiyati turli xil sensor qurilmalarni optimal komplekslash zarurligi, tashqi muhit to'g'risidagi axborotni bu muhitni maxsus tashkil etish (obyektlarni markirovkalash, ularning yoritilganligi va h.k.) va u haqdagi aprior axborotdan yanada to'liq foydalanish yo'li bilan olish masalasini soddalashtirish yo'llarini izlash hisoblanadi.

Holat datchiklari. Bu guruhga zagotovka va buyum o'lchamlari hamda shaklini, qurilma va robotlarning ishchi organlari holatini va boshqalarni tekshirish datchiklarini kiritish lozim.

Aktiv tekshirish vositalarini tanlashda asosiy mezonlar o'lchash aniqligi, asbobning tez ta'sirchanligi (o'tish jarayonining uzunligi), o'lchash kuchlanishi, aktiv tekshirish qurilmasining ishonchliligi, o'lchash o'zgartkichining gabarit o'lchamlari va massasi hisoblanadi. Texnik mezonlardan tashqari iqtisodiy mezonlarni ham hisobga olish kerak, masalan, stanoklar guruhini aktiv tekshirish sistemalari bilan jihozlash qiymatini (tannarxini) va RDBli stanoklar guruhi uchun aktiv tekshirish sistemasini sozlashga ketadigan qo'shimcha vaqt xarajatlari natijasida vujudga keladigan ishlab chiqarishdagi iqtisodiy yo'qotishlar kabi.

Mexanik ishlov berishda detallarning geometrik o'lchamlarini tekshirish uchun, odatda, og'ishlarni (chetga chiqishlarni) hisobga oluvchi datchiklardan foydalaniladi. Bu datchiklar o'lchanayotgan sirtning haqiqiy holatining programmalashtirilgan holatidan og'ishini qayd qiladi (ishchi yo'li 0,5...1 mm bo'lgan kichik ko'chishlarning o'xshash (analog) o'zgartkichlari, shuningdek, ishchi yo'li 10...30 mm va o'lchash diskretligi 1 mkm bo'lgan rastr turidagi diskret o'zgartkichlar) yoki shartli baza va o'lchanayotgan sirtning farqini qayd qiluvchi urinma (tegish) datchiklaridir.

Tokarlik ishlov berishida o'lcham datchiklari yoki revolver kallagining pozitsiyalaridan biriga — o'lchash pozitsiyasiga yoki alohida uzatkichli maxsus (o'lchash) supportga montaj qilinadi.

RDBli stanoklarga o'rnatish uchun xorijda quyidagilar eng ko'p tarqalgan:

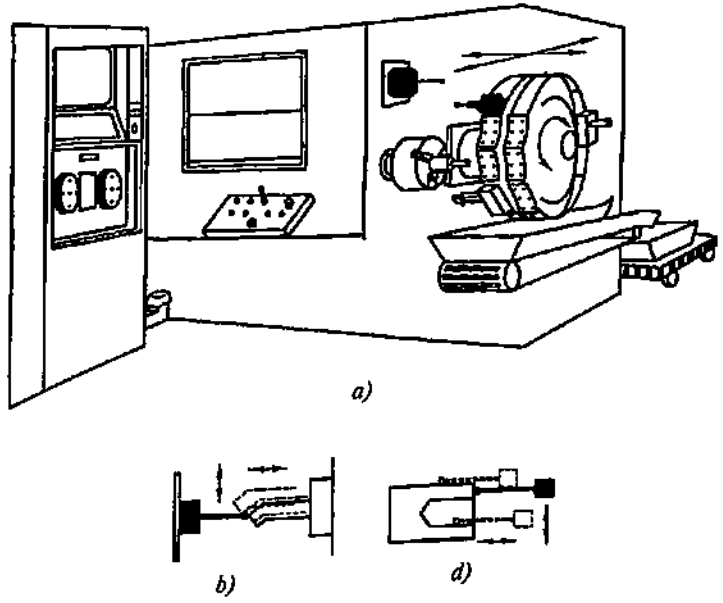
— «Xitachi Seyki» firmasining urinma datchiklari, ular geometrik o'lchamni ±10 mkm xatolik bilan o'lchashni ta'minlaydi, harakatlanuvchi qism bilan aloqa infraqizil sohada fotodiodli;

— o'sha firmaning induktiv o'lchash o'zgartkichi (datchigi), uning uchta o'q bo'yicha o'lchashlar oraligi ±2 mkm xatolikda ±1 mkm.

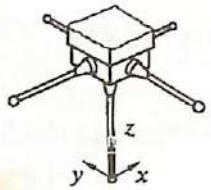
Ishlov berish hududida aktiv tekshirishni joriy qilishda asosiy muammolar datchikni himoya qilish (qirindidan, moylash-sovitish suyuqligidan, titrashdan va boshq.), tekshirish hududining tozaligini ta'minlash va to'xtatish zaruriyati (tekshirishning kontaktsiz usullarini qo'llanib, oxirgisini bartaraf etish mumkin).

Zagotovka va buyumning o'lchamlari hamda shaklini tekshirish uchun urinma datchiklar — bitta koordinata bo'yicha tekshiruvni ta'minlovchi yakka shup sifatidagi o'lchov shuplari ham, uchta koordinatali o'lcham kallaklari yoki murakkab profillangan (yonlab tekislangan) buyumlarni tekshirish uchun shuplari almashinuvchi kallaklar ko'rinishidagi o'lchov shuplari ham keng tarqaldi.

Natijada har bir o'lchash siklida o'lchanayotgan sirtning nuqtalaridan birining og'ishi to'g'risida axborot olinadi, bu esa bir tomondan o'lchash unumdorligini pasaytiradi, ikkinchi tomondan ularning universalligini ta'minlaydi, chunki datchikning o'lchash uchligi yetkazilishi (stanok uzatmalari bilan) mumkin bo'lgan zagotovkalar yoki asbobning istagan nuqtasi koordinatalarining berilgan qiymatidan og'ishini aniqlash mumkin bo'ladi.



3.76- rasm. **Tokarlik ishlov berish moduli (*a*), anjom holatini tekshirish (*b*), detal o'lchamlarini o'lchash (*d*).**



3.77- rasm. **Uch o'lchovli shup kallagi**

Shuni yodda tutish zarurki, tekshirishning shup usulini faqat kontaktli kuchlanish tekshirilayotgan obyektning siljishini va deformatsiyasini vujudga keltirmaydigan hollardagina qo'llanish mumkin.

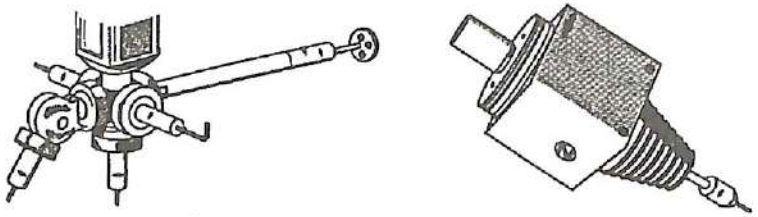
3.76- rasmda tokarlik moduli keltirilgan bo'lib, u RDB qurilmali va ikkita indikatorli kontakti bo'lgan kesuvchi asbobning holati ustidan tekshirish hamda ishlov berish aniqligini avtomatik boshqarish sistemasi bilan jihozlangan.

O'lchov shuplari va kallaklari ishlab tayyorlovchi va chiqaruvchi xorijiy firmalardan eng mashhurlari DEA, «Marpos» va «Opton» hisoblanadi. «Opton» firmasining uch o'lchovli shupli kallagi 3.77- rasmda ko'rsatilgan.

DEA firmasining (Germaniya) nuqtaviy elektron shuplari bilan (3.78- rasm) o'lchash kallagi harakatini to'xtatmasdan o'lchash ishlari amalga oshiriladi, bu hol esa an'anaviy o'lchash uslublariga qaraganda ilgari tomon ancha qadam bosish bo'lib, uchta parametr bo'yicha optimallashtirishni ta'minlaydi: unumdorlik, aniqlik, o'lchash natijalarining takrorlanuvchanligi. Firma nuqtaviy elektron shuplarning ikki turini ishlab chiqaradi: bir va ko'p pozitsiyali shuplar. Ko'p pozitsiyali shuplar almashinuvchi uchliklar uchun beshta uyaga ega, bu shupning ko'chish yo'nalishini o'zgartirmasdan, detalning hamma yoqlarini tekshirishga imkon beradi.

Uzluksiz skanirlash uchun elektron shuplar uch o'lchovli fazada geometrik chiziq va sirtlarning tez hamda aniq uzluksiz o'lchanishini amalga oshiradi. Firma uch turdagi shuplarni ishlab chiqaradi: bir tomonga yo'naltirilgan, ko'p tomonga yo'naltirilgan va sensorlar. Shuplarning birinchi ikki turi o'lchash mashinasining dinamik xarakteristikalarini oshirishga imkon beradi, mashina kallagiga o'rnatilgan sensorlar esa shup kallagini talab qilingan yo'nalishda oddiy og'dirish bilan o'lchanayotgan nuqtada o'lchash mashinasini pozitsiyalashni ta'minlaydi.

Italiyaning «Marpos» firmasi jilvirlash stanoklarida ishlov berishda chiziqli o'lchamlarni tekshirish asboblarini ishlab chiqarishga ixtisoslashgan. Me'yordagi sex sharoitlarida o'lchash xatoligi butun ish kuni davomida ±0,5 mkm dan oshmaydi. Asboblar ikkita indikator bilan ta'minlangan



a) *b)*

3.78- rasm. **Elektron shuplar:**
a — nuqtali; *b* — uzluksiz skanirlash

bo'lib, ulardan biri millimetrning yuzdan bir ulushlarini sanaydi, ikkinchisi esa mikrometrlarni sanaydi. Buyruqlarning ulanish aniqligi ±0,1 mkm. Hamma asboblar jilvirlash stanogining ishchi siklini boshqarish qurilmalari bilan ta'minlangan. Maxsus tutib turish qurilmasi tegishli buyruqlarni o'lchash kallagi ishlov berilayotgan detalga ishlov berish boshlanmagunca buyruqning amal qilishiga yo'l qo'ymaydi.

Ko'pgina turdagi asboblarda ikkita o'lchash kallaklarining mavjudligi atrof-muhit va stanok parametrlari tebranishlarining ishlov berish aniqligiga ta'sirini pasaytiradi. Butun ish kuni mobaynida o'lchashlarning yuqori darajada barqarorligi 1 mkm atrofidagi ishlov berish aniqligini ta'minlaydi. O'lchash kallagi mustahkam metall korpusi bilan to'liq berkitilgan, shu tufayli u detallarni almashtirish vaqtida shikastlanishlardan himoyalangan. Nolga keltirish vaqti 2 minut atrofida, «Fenar» va «Dinar» asboblari uchun esa 1 daqiqadan ortiq emas.

«Marpos» firmasi mutaxassislari ishlov berishning o'ziga xos usulini ishlab chiqishdi, bu usul qo'shiluvchi detallarning tegishli o'tkazishlarini ta'minlash zarur bo'lganda ularni sinflarga ajratishning o'rnini bosadi.

«Dirak» sistemasi ikkita o'lchash kallagi va maxsus elektron blokdan iborat. Ikkinchi kallak shtativga mahkamlangan va stanokda o'rnatilgan o'lchash kallagi uchun etalon bo'lib xizmat qiluvchi, ishlov berilgan detalni o'lchash uchun mo'ljallangan. Ishlov berish natijasida bevosita stanokda ichki diametrning tashqisi bilan tegishlicha qo'shilishi ta'minlanadi.

Ko'pchilik holarda nusxa ko'chirib ishlov berish xatoligi kopirlarning profili (yon tomoni) aniqligiga bog'liq, shuning uchun nusxa ko'chirib ishlov berish aniqligining oshishiga yon tomoni aniqligi yuqori bo'lgan kopirlarni tayyorlash yordam beradi. Biroq amalda kopirlarning yon tomonini shtangenreysmus va igna bilan taqqoslama o'lchash yo'li bilan yoki shu paytgacha kaliber taxtachasi yordamida ko'z bilan qarab tekshirish uslubi bilan tekshirilgan, bu nusxa ko'chirib ishlashda yon tomonning aniqligini aniqlashni qiyinlashtirar edi.

Kopirlarning yon tomoni aniqligini boshqarish asosida qator mamlakatlarda uch koordinatali o'lchash mashinasi «Teypesenter» da foydalanilgan o'lchash prinsipi olingan. Bu kopirlar profilini foydalanishdan oldin tekshirishni yengillashtiradi, aniqlik ustidan raqamli boshqarish hisobiga dastlabki o'lcham tuzatishini amalga oshirishga imkon beradi, kopirlar yon tomoni aniqligini tekshirishning samarali sistemasini tashkil etishga imkon beradi.

Uch o'lchovli raqamli murakkab konstruktiv komponentli tasvirlarni olish uslubi Buyuk Britaniyada ishlab chiqilgan. Bu uslubda taktil datchik va taktil axborotni EHMda ishlov berish algoritmi sensorli teskari aloqali robotlarda qo'llaniladi. Datchik sifatida — uch koordinatali o'lchash mashinalarida buyumlarni tekshirishda keng qo'llaniladigan shuplardan foydalaniladi. Taktilli ma'lumotlarga ishlov berish ikki operatsiyaga bo'linadi: obyekt komponentlari konturlarini zarur bo'lgan barcha miqdoriy axborot bilan birga olish va bu konturlarni ketma-ket tuzilmali tavsifga bog'lash.

RDBli stanoklarning harakatlanuvchi qismlarining ko‘chishlarini o‘lchash uchun chiziqli va burchakli induktiv o‘zgartkichlar — induktosinlar qo‘llaniladi, ular mos ravishda 5 va 15′ xatolikka va koordinatali ko‘chish oralig‘iga bog‘liq holda 2...5,5; 5...22; 9...54 mkm xatolikli chiziqli ko‘chishlar o‘zgartkichiga ega bo‘lgan sinus-kosinusli kontaktsiz o‘lchash o‘zgartkichlaridan iborat. Chiziqli ko‘chishlar diapazoni uchma-uch qo‘yiladigan 250 mm li chizg‘ichlar soniga bog‘liq. Odatda, u (sinfiga bog‘liq holda) 3200, 8000, 20000 mm gachani tashkil etadi.

Chizg‘ichlarni uchma-uch qo‘yish zarurligi stanoklar harakatlanuvchi qismlarining katta yurishlarini o‘lchash aniqligini oshirish uchun jiddiy to‘siq bo‘ldi. Hozirgi paytda tasmali shkalalarga ega induksinlar yaratilgan.

Robotlardagi holat datchiklari uchta masalani hal etish uchun mo‘ljallangan: robotning harakatdagi elementining shaxsiy o‘rnini, manipulyatsiya obyektining geometrik o‘lchamlarini va ungacha bo‘lgan masofani aniqlash.

Sanoat robotlarining (masalan, tutqichning) harakatlanuvchi qismlarining turgan holatini aniqlash uchun elektromexanik va fotoelektrik (kodli) datchiklar juda keng qo‘llanilmoqda. Elektromexanik datchiklar sifatida induktiv va induksion o‘zgartkichlar, ko‘p aylanuvchi potensiometrlar, sinus-kosinusli aylanuvchi transformatorlar, selsinlar va boshqalar xizmat qiladi.

Kodli holat datchiklari uchun almashish (o‘zgarish) vaqti diskretli datchiklarga qaraganda kamroq, bu esa ulardan robotlarni guruhlab boshqarish sistemasida va har bir koordinataga ishlov berish vaqti oz bo‘lgan kontur sistemalarda foydalanishga imkon beradi. Kodli disklari bo‘lgan va axborotni almashtirishning fotoelektrik sistemali datchiklar juda ko‘p tarqalgan. Kirish ta’siri burchak, chiquvchi ta’sir — kodli signal bo‘lib, u keyin EHM bilan moslashuvchanlikni ta’minlash uchun ikkilamchi kodga almashinuvchi kodli signal bo‘ladi.

Obyektgacha bo‘lgan masofani o‘lchash uchun robotlarda, odatda, kontaktsiz sistemalardan — optik, ultratovushli sistemalardan foydalaniladi. Masalan, optik sistemaning variantlaridan birida ko‘zguning burilish burchagi sinxron elektrodvigatelning ishlash vaqtiga bevosita (to‘g‘ridan to‘g‘ri) bog‘liqlikda bo‘ladi. Ko‘zguning burilish burchagiga ko‘ra detalning sirtigacha bo‘lgan masofa hisoblanadi, bunda ko‘zgu bilan fotodatchik orasidagi baza qanchalik katta bo‘lsa, shuncha aniqroq hisoblanadi.

Manipulyatsiya obyekti lokatsiyasining eng ko‘p masalalari elektromagnit va akustik dalnomerlar yordamida hal qilinishi mumkin. Tok o‘tkazuvchi obyektlargacha bo‘lgan kichik masofalarni (0...10 mm) o‘lchash uchun uyurmali tok datchiklaridan (±2,5 mm masofani 5% nisbiy xatolik bilan o‘lchaydi), 10...12 va 100...10000 mm masofalarni o‘lchash uchun esa ultratovushli dalnomerlardan foydalaniladi.

Obyektning geometrik o‘lchamlari kontaktli uslublar bilan aniqlanadi (masalan, avval tavsiflab o‘tilgan o‘lchash shuplari yordamida).

Geometrik o‘lchamlar datchiklari. Zaryadli aloqali chiziqli asboblar (ZAA) asosida o‘lchamlarni optik o‘lchagich (O‘OO‘) robotlashtirilgan texnologik komplekslar tarkibida maxsus foydalanish uchun ishlab chiqilgan. Tekshirilayotgan o‘lchamni impulslar soni bilan tasavvur etishga imkon beruvchi tuzilma bilan bog‘liq bo‘lgan ZAA ning o‘ziga xos xususiyati temperatura, ta’minlovchi kuchlanishlar, yoritilganlikning o‘zgarishlari va h.k. kabi nobarqarorlashtiruvchi omillardan mustaqilligi hisoblanadi. Yuqori ekspluatasion puxtalik bilan qo‘shilgan holda (amalda xizmat qilishining chegaralanmagan muddati, kichik gabaritlar va massa, ta’minlovchi kuchlanishlari past, bikirligi yuqori) ular televizion o‘lchash sistemasining aniqligini va puxtaligini ta’minlaydi.

ZAA ning ishlash prinsipi tekshirilayotgan buyum chetlarining soya proyeksiyasining fazoviy holatining o‘zgarishlarini o‘lchashga asoslangan. ZAA ning metrologik sinovlari natijalarining ko‘rsatishicha, o‘lchamlarning maksimal xatosi ±1 bitni tashkil etib, 1,5×1 masshtabda ±0,01 mm absolut xatolikka mos keladi, 3×1 masshtabda esa ±0,005 mm ni tashkil etadi. Tekshirilayotgan detallarning minimal o‘lchami obyektivlar o‘lchami bilan cheklangan va 40 mm ni tashkil etadi, minimal o‘lchami esa 200 mm ni tashkil etadi (ustunlar uzunligi bilan cheklangan). Turli ustunlardagi videokameralarning joylashishi va ustunlarning bikirligini oshirish oraliqni ikkala tomonga kengaytirish imkonini beradi.

Bosim (kuchlanishlar, deformatsiyalar) datchigi. Tenzorezestiv effektdan foydalanishga asoslangan datchiklar eng ko‘p tarqaldi. Robototexnika uchun istiqbolli bo‘lganlari quyidagi tuzilmalardir: temperaturalarning keng oraliqlarida yuqori aniqlikka (xatolik 0,1%) erishishga imkon beruvchi kremniyda kremniy va sapfirda kremniy.

Keyingi yillarda pezokristall yoki pezoplyonka sirtiga changlatiladigan qarama-qarshi tirqishli o‘zgartkichlar (QTO‘) ishlab chiqildi. Ularning ishlashi sirtiy akustik to‘lqinlarning (SAT) chastotasi va tarqalish tezligining elastik element deformatsiyasiga bog‘liqligidan foydalanishga asoslangan. Tenzorezestiv effekt ancha ilgari o‘zlashtirilgani va texnikada keng qo‘llanilayotgan bo‘lsa ham, yangi materiallarni va konstruktiv yechimlarni izlash to‘xtatilmayapti.

Tasvirlash (tanib olish) datchiklari va texnik ko‘rish sistemalari (TKS). Tashqi muhitni ko‘rib, idrok qilinishini ta’minlovchi bu datchiklar mana bir qancha o‘n yillardirki ishlab chiqarishda inson uchun xavfli bo‘lgan hududlarda sharoitini nazorat qilib turishda muvaffaqiyatli qo‘llanilib kelmoqda. Ular qabul qiladigan axborot operator pultiga uzatiladi. QAICH uchun obrazni tanib olish va insonni aralashtirmasdan dasturiy vositalarning qarorlar qabul qilishi maqsadida hisoblash mashinasi tomonidan ko‘rilgan axborotni avtomatik qayta ishlash talab qilinadi.

TKS ning qo‘llanilishi yuklash-bo‘shatish, yig‘ish va konveyer bilan o‘zaro ta’sirlanish jarayonida avtomatik manipulyator va robotni adaptiv

boshqarishni ta'minlaydi. Bundan tashqari, u qisuvchi va mo'ljal oluvchi qurilmalarga hamda detallarni pozitsiyalash qurilmalariga talabni soddalashtirishga, ayrim hollarda esa ulardan butunlay voz kechishga imkon beradi, bu sistemaning qulayligini oshiradi.

3.3.7. Avtomatik tekshirish-o'lchash yacheykasi

Ayrim hollarda QICHS da olib chiqiluvchi tekshirishni ta'minlovchi maxsuslashtirilgan tekshirish-o'lchash yacheykasini tashkil qilish operatsiyalar bo'yicha va ishlov berish hududida takomillashgan tekshirishga qaraganda maqsadga muvofiq va osondir. Bunday hollarga murakkab buyumlarni, masalan, ichki yonish dvigateli silindrlar blokini, uzatmalarni almashtirish qutisi karterini yoki o'ta katta integral sxemani, shuningdek eltib berish mavzusi bo'lgan tayyor mahsulot uchun chiqish signali kiradi. Tekshirish-o'lchash yacheykasi tayyor mahsulotni tekshirish uchun yaratilayotgani sababli yacheyka tarkibi ishlab chiqarilayotgan mahsulot ko'rinishi bilan belgilanadi va odatda, universal o'lchash mashinalari asosida shakllanadi.

O'lchash mashinalariga nisbatan quyidagi talablar qo'yiladi: xizmat ko'rsatishning soddaligi, optimal darajada qulay, o'lchash va qayta ishlash aniqligining yuqoriligi, o'lchash jarayoni vaqti uncha ko'p emas, o'lchashning avtomatlashtirilgan uslubi, o'lchash jarayonini EHM yordamida boshqarish.

Barcha o'lchash mashinalari uch rejimda ishlashni ko'zda tutadi: qo'lda, yarim avtomatik va avtomatik.

Qo'lda xizmat ko'rsatish uchun ko'chma boshqaruv pulti yordamida tez-tez takrorlanuvchi o'lchash dasturlari (kontakt shuplarni aniqlash, detalni fazoda va tekislikda hisoblab tekislash, yassi, sferik, silindrik yoki konussimon sirtlarni aniqlash dasturlari, joylashtiruvchi dasturlar) EHM ning ma'lumotlar bazasidan chaqirib olinishi mumkin.

Hisoblash qurilmasi paypaslash yo'nalishini, o'lchash o'qi va tekisligini avtomatik tarzda aniqlaydi hamda ichki va tashqi konturlarni ajrata olishi mumkin. O'lchangan barcha qiymatlar adreslanadi va yoziladi. Istagan paytda ularni boshqa natijalar bilan ishlov berish, shuningdek yangi geometrik elementlarning tashkil bo'lishi uchun foydalanish mumkin. Tishli g'ildiraklar, kulachokli vallar, qiyshiq va bukilgan fazoviy sirtlarni o'lchash uchun maxsus dasturlar mavjud.

Hisoblash qurilmasi yordamida boshqarish avtomatik rejimda yuqori aniqlik va unumdorlik bilan ishlashga imkon beradi. O'qituvchi dastur vositasida birinchi detalni o'lchashda mazkur detalga mos keluvchi dasturlash amalga oshiriladi, undan so'ng keyingi detallar avtomatik rejimda tuzilgan dastur bo'yicha o'lchanadi.

O'lchash natijalari displeyga chiqariladi va bosuvchi qurilma bilan yoki grafoyasagichda takrorlanadi.

O'lchash mashinasining asosiy o'lchash elementi shup kallaklari hisoblanadi. Ular gorizontal va vertikal yo'nalishlarda ko'chish imkoniyatiga ega, shuningdek aylanma harakat qilish imkoniyatiga ega. Bunday harakatchanlik barcha teshiklar va chiqiqlar, gorizontal, qiya va vertikal sirtlarni o'lchash va tekshirishni ta'minlaydi.

Uch koordinatali o'lchash mashinalari bilan odatda chiqish tekshiruvining o'lchash yacheykalari komplektlanadi. Operatsiyali tekshirishni amalga oshiruvchi o'lchash yacheykalarida ko'pchilik tekshirish-o'lchash avtomatlaridan foydalanish mumkin. Bunday avtomatlar ularni texnologik zanjirlarga o'rnatish imkonini hisobga olib yaratiladi. Avtomatlarni boshqarish EHM dan amalga oshiriladi.

Keyingi paytlarda ishlab chiqarishni avtomatlashtirish qurilmalarini ishlab chiqaruvchilar texnologik liniyalarga o'rnatish uchun mo'ljallangan tekshirish-o'lchash robotlarini ishlab chiqarishni o'zlashtirib olishdi. Bunday robotlar modellarining bir qismi induktiv va taktil datchiklardan foydalanuvchi o'lchash tutqichlariga ega. Bunday konstruksiyalarning asosiy afzalligi tekshirishga ketadigan vaqt sarflarini o'lchash detalning surilish operatsiyasi bilan bir paytda bajarilishi hisobiga bartaraf qilishdir.

Nazorat savollari va topishriqlari

1. QICHS da avtomatik tekshirish vositalari qanday vazifani bajaradi?
2. QICHS va RDB li stanoklar uchun avtomatik nazorat (tekshirish) vositalarini qurish strukturalari to'g'risida gapirib bering.
3. ATS ning faoliyat ko'rsatish rejimlari to'g'risida gapirib bering.
4. QICHS da va RDB li stanoklarda asbobni o'lcham bo'yicha sozlash qanday o'tkaziladi?
5. QICHS da qanday birlamchi o'lchash o'zgartkichlari qo'llaniladi?
6. Avtomatik tekshirish-o'lchash yacheykasi nima?

IV bob

O'LCHASH VA TEKSHIRISH VOSITALARINI TANLASH

Bir tomondan o'lchash va tekshirish vositalarini to'g'ri tanlash o'lchanayotgan obyekt to'g'risidagi haqqoniy axborotni olishni ta'minlaydi, bu esa tayyorlanayotgan buyumlar sifatining kafolatidir, ikkinchi tomondan esa ishlab chiqarishning tekshirish operatsiyalariga xarajatlarini optimallashtirishga imkon beradi.

O'lchash va tekshirish vositalarini tanlash butun bir qator omillarga bog'liq, masalan, ishlab chiqarish miqyosi, tekshirishning ishlab chiqarishda qabul qilingan tashkiliy-texnik shakllari, o'lchash va tekshirish obyektining konstruktiv xususiyatlari, iqtisodiy va boshqa shu kabi omillarga, shuningdek, DST 14306—73 da belgilanadigan majburiy va qo'shimcha omillarga bog'liq.

Ishlab chiqarish ko'lami (hajmi) o'lchash va tekshirish vositasining turini, shuningdek, o'lchash va tekshirishning zaruriy unumdorligini, binobarin, uni avtomatlashtirish va mexanizatsiyalash darajasini belgilaydi.

Jumladan, xususiy va mayda seriyali ishlab chiqarishda ishlab chiqarilayotgan buyumlar nomenklaturasi yetarlicha keng, ishlab chiqarish hajmi uncha katta emas va tez-tez o'zrartiriladi. Buyumlarning yuqori sifati, ko'p jihatdan, operatorlarning shaxsiy ko'nikmalari va malakalariga bog'liq. U texnologik jarayonning borishi bilan majburiy ravishda kafolatlanmaydi. Va shuning uchun ham bu sharoitlarda, ayniqsa, tayyorlanayotgan buyumlarni operatsiyalar bo'yicha sinchiklab tekshirish, o'lchash va tekshirishning tegishli mos universal vositalarining mavjudligi, shuningdek yetarlicha yuqori malakali tekshiruvchilar bo'lishi zarur. Shaxsiy ishlab chiqarishda, odatda, maxsus tekshirish-o'lchash jihozlari loyihalanmaydi, bu faqat iqtisodiy maqsadga muvofiq emaslik bilan izohlanibgina qolmay, balki ko'pchilik hollarda buyumlarni loyihalash, tayyorlash va o'lchash hamda tekshirishning maxsus vositalarini sozlash uchun zarur uzoq muddatlarga ushlab qolishining maqsadga muvofiq emasligi bilan izohlanadi.

Seriyali ishlab chiqarishda, odatda, nomenklaturasi yetarlicha uzoq vaqt davomida o'zgarmaydigan o'zaro almashinuvchi detallar, uzellar va buyumlar tayyorlanadi. Detallarning sifati bo'yicha bir jinsliligiga maxsuslashtirilgan qurilma, asbob va jihozlarni qo'llanish bilan erishiladi, ularni ko'pincha universal stanoklarga tegishli almashinuvchi moslamalar va qurilmalar ko'rinishida yasaladi. Ishni yo'lga qo'yilgan texnologiyaga ko'ra olib boriladi. Shuning uchun mos operatsiyalar bo'yicha tekshirish majburiy emas. Tekshirish operatsiyalarini bir qator operatsiyalardan so'ng yoki

detallarni universal o'lchash vositalari, maxsuslashtirilgan tekshirish moslamalari, bikir chegaraviy kalibrlar va shablonlar bilan yakuniy tayyorlangandan so'ng bajariladi.

Ommaviy ishlab chiqarishda buyumlarning nomenklaturasi doimiy: uzoq vaqt mobaynida katta miqdordagi o'zaro almashinuvchi detallar, uzellar va buyumlar tayyorlanadi. Buyumlarning sifati yo'lga qo'yilgan texnologiya, maxsuslashtirilgan qurilmalarni, moslamalarni va asboblarni keng foydalanish bilan, shuningdek, yagona texnologik jarayonning majburiy tarkibiy qismi hisoblangan tekshirish operatsiyalarini kiritish bilan ta'minlanadi. Bunday ishlab chiqarishlarda yuqori unumdor mexanizatsiyalashgan va avtomatik tekshirish-o'lchash vositalari keng qo'llaniladi. Tekshirish avtomatlarining qo'llanilishi iqtisodiy jihatdan asoslangan bo'lishi kerak, chunki ularning qiymati yetarlicha yuqori va xizmat ko'rsatish uchun malakali sozlovchilar talab etiladi. Bu avtomatlar massasi uncha katta bo'lmagan tekshirilayotgan parametrlari soni kam bo'lgan oddiy geometrik shakldagi detallarni tekshirishda va ayniqsa, ko'p diapazonli navlarga ajratishda va selektiv yig'ishda juda samaralidir.

Tekshirishning aktiv vositalarini ham ommaviy, ham seriyali ishlab chiqarishda qo'llanish maqsadga muvofiqdir.

Ommaviy ishlab chiqarishda universal o'lchash va tekshirish vositalari cheklangan holda qo'llaniladi. Ular asosan texnologik jihozlarni sozlashda foydalaniladi.

Tekshirishning tashkiliy-texnik shakllari nuqtai nazaridan quyidagi usullar farqlanadi:

100% li tekshirish, u detallarni o'lchash guruhlariga ajratishda va selektiv yig'ish qo'llanilganda, shuningdek, buyumning butunicha ekspluatatsion ko'rsatkichlarini belgilovchi funksional parametrlarini o'lchashda belgilanadi. Bunday hollarda ommaviy ishlab chiqarish sharoitlari uchun maxsus tekshirish — navlarga ajratish avtomatlari va qurilmalari belgilanadi, shaxsiy va mayda seriyali ishlab chiqarish uchun — o'lchash aniqligi yetarli darajada yuqori bo'lgan universal (kamdan-kam maxsuslashtirilgan) o'lchash vositalari belgilanadi;

tanlab tekshirish, texnologik jarayonlarning barqarorligi, tekshirilayotgan belgilar, tekshirish operatsiyalarining vazifalari va maqsadlariga bog'liq holda tanlash foizini belgilash bilan;

tanlab tekshirishning statistika uslubi tayyor mahsulotlarni qabul qilib olish uchun (qabul qiluvchi tekshirish) va ishlab chiqarish jarayonida (boshqaruvchi tekshirish) aniqlikni boshqarish uchun qo'llaniladi. Birinchi holda o'lchash vositalarini tanlash ishlab chiqarish hajmlariga, o'lchash jarayonining aniqlik ko'rsatkichlariga, o'lchash obyektining konstruktiv xususiyatlariga, iqtisodiy va boshqa omillarga ko'p jihatdan bog'liq bo'ladi. Ommaviy ishlab chiqarish sharoitida boshqaruvchi tekshirish uchun o'lchashning turli xil avtomatlashtirish vositalari, shu jumladan, aktiv tekshirish vositalari, turli xil darajadagi boshqaruvchi sistemalar qo'llaniladi.

O'lchash va tekshirish obyektining konstruktiv xususiyatlari (shakli, tekshirilayotgan parametrlar soni, detallarning gabarit o'lchamlari va massasi) ham o'lchash va tekshirish vositalarining turini tanlashga ta'sir qiladi. Masalan, katta gabarit o'lchamdagi va massadagi detallar ko'chma o'lchash hamda tekshirish vositalari bilan o'lchanadi va tekshiriladi. Tekshirilayotgan parametrlarning soni katta bo'lganda ko'po'lchovli o'lchash va tekshirish vositalarini qo'llanish tavsiya etiladi.

O'lchash vositasini tanlashda tekshirilayotgan detalning materialini, uning konstruksiyasi bikirligini va sirtlarning g'adir-budurligini o'lchash obyektining shikastlanishi nuqtayi nazaridan hisobga olish zarur. Yupqa devorli detallarni va yengil qotishma hamda plastmassadan tayyorlangan detallarni o'lchashni kontaktsiz usul bilan yoki kichik o'lchash kuchlanishga ega vositalar bilan amalga oshirish lozim.

DST 14306—73 ga muvofiq o'lchash va tekshirish jarayonining majburiy ko'rsatkichlari belgilangan. Ularga o'lchash aniqligi, haqiqiylik, mehnattalablik va qiymat kiradi. O'lchash va tekshirish vositalarini tanlash uchun qo'shimcha ko'rsatkichlar sifatida hajm, to'liqlik, davriylik, davomiylik va boshqa ko'rsatkichlardan foydalaniladi.

O'lchash va tekshirish vositalarini tanlashning eng muhim ko'rsatkichi — o'lchash aniqligini mufassal qarab chiqamiz.

O'lchash aniqligi DST 16263—70 ga muvofiq — bu o'lchashlar sifati bo'lib, u ular natijalarining o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqinligini aks ettiradi. U asosan yig'indi effektni yuzaga keltiruvchi bir qator sabablarning namoyon bo'lishi oqibatidagi o'lchash xatoligiga bog'liq. Bunday sabablar qo'llanilayotgan uslub, o'lchash obyekti va o'lchash sharoitlariga bog'liq holda juda ko'p bo'lishi mumkin, lekin ularning hammasi ham o'lchashning umumiy xatoligiga bir xil darajada ta'sir ko'rsatmaydi. Umumiy holda o'lchash vositalarining (O'V) ko'rsatishi aniqligiga quyidagi xatoliklar va omillar ta'sir ko'rsatadi:

— o'lchash obyektini O'V ga o'rnatish yoki O'Vni o'lchash obyektiga o'rnatish;

— me'yorlangan sharoitlarda o'lchash qurilmasi va uzatuvchi elementlar;

— o'lchash vositalarini sozlash uchun foydalaniladigan o'rnatuvchi o'lchovlar;

— «temperatura rejimi» tushunchasi bilan umumlashtirilgan sabablar majmuidan yuzaga keladigan temperatura o'zgarishlari;

— o'lchash obyektining O'V da mahkamlanishi kuchlanishi ta'sirida elastik deformatsiyalar va o'lchash vositalarining o'lchash kuchlanishlari o'zgarishlarini yuzaga keltirgan;

— o'lchash vositalarining birlamchi sozlatish buzilishini yuzaga keltirgan;

— o'lchanayotgan sirtda g'adir-budurlik mavjudligiga bog'liq bo'lgan;

— o'lchash vositalarining konstruktiv xususiyatlari bilan bog'liq;

— operatorga bog'liq bo'lgan (subyektiv xatoliklar) va boshqalar.

O'lchash xatoligini alohida tashkil etuvchilarga bo'lish shartli hisoblanadi. Ayrim omillar (bazalash, sozlovchi elementlar, temperatura deformatsiyalari

va shu kabilar) o'lchash vositalarining xatoligiga ham, o'lchashlarni o'tkazish sharoitlariga ham kiritilishi mumkin. Shuning uchun o'lchash xatoligini baholash o'lchash xatoligining o'zini ham, u namoyon bo'lishi kerak bo'lgan sharoitlarni ham hisobga olib, kompleks tarzda bajarilishi kerak.

O'lchash obyektini O'V da o'rnatish xatoligi $\Delta_{o'q}$ bazalash, mahkamlash xatoliklari va o'rnatiluvchi elementlar chiziqli o'lchamlarini noaniq olish yoki O'V tayyorlashga texnik talablarni noaniq bajarish natijasida yuzaga keladigan obyekt holatining xatoligidan yig'iladi.

O'rnatish xatoligi doimiy va tasodifiy muntazam xatoliklar bo'lib, obyektni O'V ga o'rnatish sxemasi tahlil qilish yo'li bilan, O'Vni attestatsiyadan o'tkazishda keyinchalik olingan kattaliklarni qo'shib, bevosita o'lchash bilan aniqlanadi.

O'lchash qurilmasining xatosi $\Delta_{o'q}$ ko'pgina hollarda o'lchashning yig'indi xatoligiga katta ta'sir ko'rsatuvchi asosiy tashkil etuvchi hisoblanadi. Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, o'lchash qurilmalarining xatosi muntazam va tasodifiy bo'lishi mumkin. Muntazam xatolik ko'p karra o'lchashlar bilan $\sqrt{n}$ marta kamaytirilishi mumkin. O'lchash qurilmasining xatoligiga quyidagilar kiradi: o'lchash vositasi Δ''_q uchun chegaraviy xatolik, $\Delta''_{o'q}$ bo'lim qiymati chegarasi doirasida o'lchagichning xatoligi va paralaks xatoligi $\Delta''_{o'q}$.

DST 8.051.81 ning RD 50—98—86 jadvalida tashqi va ichki chiziqli o'lchamlarni, urishlarni, chuqurliklarni va shu kabilarni o'lchashda universal o'lchash vositalari uchun chegaraviy xatoliklar $\Delta''_{o'q}$ keltirilgan. Masalan, bo'lim qiymati 0,01 mm va o'lchash sterjeni 1 mm ko'chganda va o'lchash temperaturasi +20°C bo'lganda o'lchash chegarasi 2 dan 10 mm da soat turidagi (ICH va IT) indikatorlar uchun 500 mm gacha o'lchamdagi barcha oraliqlar uchun chegaraviy o'lchash xatoligi 10 mkm notashkil etadi. Urishlarni o'lchamda bo'lim qiymati 0,01 mm va o'lchash chegarasi ±0,2 mm bo'lgan 10 IGP prujinali o'lchash kallaklari (mikrokatorlar) uchun o'lchashning chegaraviy xatoligi 5 mkm ni tashkil etadi.

Bundan tashqari, o'lchash qurilmalarining xatosini baholashda bo'lim qiymati $\Delta''_{o'q}$ chegaralarida o'lchagichning xatosini hisobga olish zarur bo'lib, u strelkali asboblarning ko'rsatishlarini o'qib olishining subyektiv xatosini belgilaydi. Masalan, strelkali o'lcham vositalari uchun qiymatining $\Delta''_{o'q} = 0{,}2...0{,}5$, raqamli o'lchash vositalari uchun esa $\Delta''_{o'q} = 0$.

Oddiy o'lchash vositasining (shkalasi ko'zguli bo'lmagan) shkalasidan ko'rsatishlarni o'qib olishda strelka bilan shkala orasidagi mavjud oraliq hamda kuzatuvchi ko'zining shkalaga nisbatan turli xil og'ish burchagi oqibati sifatida o'qib chiqish xatosi yuzaga keladi. Bu hodisa *parallaks* hodisasi deyiladi. Umumiy holda bu kuzatuvchi nuqtasining siljishi natijasida paydo bo'lgan qaralayotgan obyektning perspektiv (ko'rinma) siljishidir.

Oddiy shkalali strelkali o'lchash vositasi uchun $\Delta''_{o'q} = 0{,}2...0{,}5$ bo'lim qiymati, ko'zguli shkalali strelkali O'V uchun va raqamli O'V uchun $\Delta''_{o'q} = 0...0{,}1$ bo'lim qiymati.

Oxirgi ikki xato tasodifiy bo'lgani uchun $\Delta_{o'q}$ umumiy xato quyidagi tarzda aniqlanadi:

$$\Delta_{o'q} = \Delta'_{o'q} \pm \sqrt{(\Delta''_{o'q} + (\Delta'''_{o'q})^2}$$

Har bir aniq O'V da asbobning o'lchash sterjeni chiziqli ko'chishi va richagning burchakli ko'chishi orasidagi noproporsionalligi, richaglarning yelkalari uzunligi va burchak joylashishining tayyorlanishi noaniqlik oqibatida yuzaga keladigan uzatuvchi qurilmalarning Δ_x xatoliklarini hisobga olish zarur. Bular muntazam xatoliklar hisoblanadi. Ular hisoblash yo'li bilan aniqlanadi va ular ishorasini hisobga olgan holda algebraik qo'shiladi. O'Vni o'rnatilgan o'lchovlarga ko'ra sozlashda, bu xatoliklar kompensatsiya qilinishi yoki hisobga olinishi mumkin. Muntazam xatoliklar Δ'_x dan tashqari richaglarning o'qlari va teshiklari orasidagi oraliqlarning mavjudligi, ularni tayyorlashdagi noaniqliklar sababli yana tasodifiy xatoliklar Δ''_x mavjud bo'ladi. Bu kattaliklarning chegaraviy qiymatlari tajriba yo'li bilan aniqlanadi va tegishli jadvallardan olinishi, shuningdek, O'V uzatuvchi zvenolarining o'qlari va teshiklarining chegaraviy o'lchamlarining eng noqulay birikmalari uchun mo'ljallangan bo'lishi mumkin.

Umumiy holda uzatuvchi qurilmalarning xatosi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$\Delta = \Delta'_x \pm \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\Delta''_x)^2}.$$

O'lchov vositalari $\Delta_{o'}$ ni sozlash uchun foydalaniladigan o'rnatiluvchi o'lchovlarning xatosi. O'rnatiluvchi o'lchovlar sifatida universal (uzunlikning chetki o'lchovlari) va maxsus (o'lchanayotgan obyektning turi bo'yicha tayyorlangan) o'lchovlar qo'llaniladi. Agar o'rnatuvchi o'lchov o'lchanayotgan detalga konstruksiyasi, massasi, materiali, uning fizik xossalari bazalash usuli va h.k. lar bo'yicha maksimal darajada o'xshash bo'lsa, o'lchash xatosi kam bo'ladi.

Chetki uzunlik o'lchovlaridan xatoliklar ularni tayyorlashdagi xatoliklar, bunda o'lchashni (sinflarni) hisobga olganda yoki attestatsiya xatoliklari (razryadlar) natijasida, shuningdek surkalish xatoliklar tufayli yuzaga keladi. Yig'indi xatoliklarni hisoblashda qabul qilinadigan chetki o'lchov bloklarining xatoliklari kattaliklari RD 50—98—86 jadvalda keltirilgan. Bu ma'lumotlar blokka kiruvchi o'lchovlarning tegishli sinflari uchun yo'l qo'yiladigan tayyorlash xatoliklarini yoki o'lchamlarning noqulay qo'shilishida blokdagi mumkin bo'lgan o'lchovlar miqdoridan kelib chiqib, o'lchovlarning ishqalanishida vujudga keladigan xatoliklar va tegishli razryadlar uchun yo'l qo'yiladigan attestatsiya xatoliklarini kvadratik qo'shish natijasida hosil qilingan.

Masalan, 113,87 blokidagi o'lchovlarning minimal soni to'rtga teng (100; 10; 2,5; 1,37). Jadvalda mos ravishda bu o'lcham kiradigan 80...120

mm oraliq uchun qulayligi eng kam bo'lgan blok tarkibi ko'rsatilgan: bir o'lchov 100 mm, bir o'lchov 10 mm va ikki o'lchov 10 mm gacha. Chetki o'lchovlar blokining chegaraviy xatoligi sinfga bog'liq ravishda quyidagini tashkil etadi: O sinf (klass) uchun — 0,45 mkm, 1-sinf uchun — 0,70 mkm, 2-sinf uchun — 1,1 mkm va h.k. Blokning ancha qulay o'lchamlarida undagi o'lchovlar soni kam bo'ladi va blokning xatoligi qisqaradi.

Shunga e'tibor berish lozimki, surkalish (ishqalanish)dan yig'indi xatolik ancha katta bo'lishi mumkin. Ko'p miqdordagi o'tkazilgan tajribalarning ko'rsatishicha blok o'lchamining tarqalishi bir surkalish qatlamiga 0,05...0,1 mkm ni tashkil etadi. Bu tarqatma chetki o'lchovlar holatiga va operatorning tajribasiga bog'liq. O'lchovlarning surkalishidagi xatolik 1- va 2- razryad uchun o'rnatilgan yo'l qo'yilgan attestatsiya xatoligidan oshadi. Binobarin, bu razryadli chetki o'lchovlarning bloklarda foydalanalishi surkalish bilan bog'liq o'lchash aniqligining oshishiga yo'l qo'ymaydi. Bu asosan mikroqatlamlarda bo'lgan moylash va surkalish jarayonida sirtga chiqariladigan qatlamining doimiy emasligi bilan izohlanadi.

Uzunlikning chetki o'lchovlarini tayinlashda ularning operator qo'lidan isitish alohida hisobga olinmaydi. Ayrim hollarda bu holat qo'shimcha xatolik kiritishi mumkin. Bunda o'lchovlarning isishi sovushga qaraganda ancha tez amalga oshiriladi. Oxirgi holni O'V blokni yig'ishdan to uni sozlashda foydalanguncha o'tishi mumkin bo'lgan vaqtni aniqlashda hisobga olish zarur.

O'rnatuvchi o'lchov sifatida maxsus (etalon) detallar qo'llanilganda, tayyorlash xatoligi muntazam xatolik Δ'_m va tasodifiy xatoliklar $\Delta\gamma''_m$ dan iborat bo'ladi. Birinchi holda o'lchovning haqiqiy o'lchamlarining nominal o'lchamlardan og'ishi, ikkinchi holda esa o'lchash natijasiga bilvosita ta'sir ko'rsatadigan o'qdoshlik, parallellik, perpendikularlik va shu kabilardan og'ishlari hisobga olinadi. Bu holda o'rnatiluvchi o'lchovning xatoligi $\Delta'_m + \Delta''_m$ yig'indi bilan aniqlanadi. Amaliy hisoblashlarda etalon detallar attestatsiyasi chetki uzunlik o'lchovlarining o'xshash o'lchamlari uchun qabul qilingan aniqlik bilan bajarilishi kerak.

Temperatura deformatsiyalaridan vujudga keladigan xatoliklar Δ_t (temperaturaviy xatoliklar). Temperatura deformatsiyalarining o'lchash xatoligiga yig'indi ta'sirini aniqlash qiyin va o'lchash vositasi detallari hamda o'lchash obyekti materiallarining fizik xossalari va bu detallardagi temperaturaviy maydonlar to'g'risidagi ma'lumotlarga ega bo'lish zarurligi bilan bog'lanadi. Shu munosabat bilan aniq hisob-kitob qilish juda ko'p mehnat talab qiladi, shuning uchun temperaturaviy rejim deb ataluvchi xatolikdan foydalanib soddalashtirilgan hisob-kitob bajariladi.

Temperaturaviy rejim — bu o'lchash obyekti va o'lchash vositasining Selsiy graduslarida ifodalangan temperaturalarining shartli ravishdagi farqi bo'lib, u ma'lum bir «ideal» sharoitlarda real mavjud sabablarning butun majmui kabi o'shanday temperatura xatoligini yuzaga keltiradi. Bu sharoitlar o'lchash vositasi, uning detallari va o'lchash obyekti hajmi bo'yicha o'zgarmas

temperaturaga ega, ular tayyorlangan materiallarning chiziqli kengayish koeffitsienti esa $11{,}6 \cdot 10^{-6}$ 1/°C ga tengligiga olib kelinadi. Agar «ideal» sharoitlarga rioya qilinmagan bo'lsa, u holda temperaturalar farqi qo'shimcha xatolik manbai kompensatsiya qilgan qiymatdan kam bo'lmasligi kerak.

Shunday qilib, temperaturaviy rejim muhit temperaturasining +20°C dan yo'l qo'yilgan og'ishi yoki uning o'lchash jarayonidagi tebranishi (o'zgarishi) deb tushunilmasligi kerak.

Operator qo'lining issiqligining ta'siri dastaki asboblarning xatoligiga ta'sir ko'rsatadi. Bu xatolikni tashkil etuvchisining kattaligi vaqt bo'yicha doimiy emas va juda kichik o'lchash obyektlarini maxsus aniq o'lchashlarda namoyon bo'ladi.

Temperaturaviy deformatsiyalardan vujudga keladigan xatoliklarni kamaytirishning samarali usuli bu xatoliklarni hisobga olish mumkin bo'ladigan o'lchash sharoitlarini yaratish hisoblanadi. Amaldagi ishlab chiqarishda buning uchun quyidagi aniq choralar qo'llaniladi: O'V va o'lchash obyekti temperaturalarini tenglashtirish, termostatlashgan xonalardan foydalanish va o'lchanayotgan obyektlarning temperaturalarini barqarorlashtirish; issiqlik izolyatsiya qalpoqlari yoki kojuxlardan foydalanish; O'V konstruksiyasiga issiqlik izolatsiyasi nakladkalari, dastaklari va shu kabilarni kiritish.

Kuch omillari — o'lchash obyektini O'V ga mahkamlashdagi kuchlanishlar va o'lchash vositasining o'lchashdagi kuchlanishlarining ta'siri natijasida **O'V elementlarining yoki o'lchash obyektining deformatsiyasi vujudga keltirgan xatoliklar.** Yuqorida aytib o'tilgandek, o'lchash vaqtida o'lchash obyektiga o'lchash vositasidan va moslamaning qisuvchi elementlaridan kuchlar ta'sir etadi. O'lchash obyektining O'V o'rnatiluvchi elementlari bilan ishonchli tegib turishini (kontaktini) ta'minlash, o'lchash jarayonida uning surilib ketishining oldini olish uchun unga ta'sir ko'rsatuvchi kuchlanishlarning muvozanati sharoitini ta'minlash zarur. Bunda vujudga keladigan maksimal kuchlanishni $\Delta_{o'k}$ xatolikka ta'sir ko'rsatuvchi kontakt deformatsiyalarni hisoblashda hisobga olish kerak.

Xatolikning bu turi yuqori aniqlikdagi o'lchashlarda, yo'l qo'yilgan xatoliklar o'rnatiluvchi o'lchovlardagi va o'lchash obyektlaridagi kontakt deformatsiyalar kattaliklari bilan taqqoslash mumkin bo'lganda, shuningdek, kontakt turi (tekislikli, chiziqli va nuqtaviy) va kontakt deformatsiyalar o'lchash obyekti shakliga bog'liq bo'lganda tekis o'lchash uchliklarida hisobga olinadi.

O'lchash asboblarida o'lchash kuchlanishining doimiyligini saqlash uchun butun o'lchash chegarasida kuchlanishlar o'zgarishi eng kichik miqdorda bo'lishi ta'minlanadi: vintli prujinalar, turli xil konstruksiyadagi profirlangan oraliq richaglari, friksionlar va shu kabilar. Bunday qurilmalar bo'lmaganda faqat shu sabablarga ko'ra o'lchash xatoligi 0,01...0,02 mm ga yetishi mumkin.

O'V ni sozlashdagi xatolik Δ_s uni noaniq bajarish natijasida, o'rnatiluvchi elementlarning yeyilishi, tasodifiy tashqi omillar natijasida yuz beradi. Bu xatoliklarning qiymatlarini o'lchash vositalarini attestatsiyadan o'tkazish jarayonida o'rnatiladi.

O'lchanayotgan sirtning g'adir-budurligi mavjudligi bilan bog'liq bo'lgan xatoliklar $\Delta_{g'.b.}$. O'lchash obyekti g'adir-budurligining nuqtaviy kontaktli O'Vni o'lchash xatoliklariga ta'siri uchlikning mikrosirtlarining balandligi va qadami hamda o'lchash sirti radiusidan kelib chiqib aniqlanadi. Ayniqsa, bu ichki sirtlarni o'lchashda sezilarlidir. Masalan, diametri 35 mm bo'lgan teshikni bo'lim qiymati 0,01 mm li nutromer bilan o'lchaganda, o'lchash xatosi jilvirlanuvchi sirtlar uchun 4 mkm ni va qiriluvchi sirtlar uchun 8 mkm ni tashkil etadi. Buning sababi shundaki, g'adir-budurlikning balandlik va qadamli parametrlariga bog'liq holda o'lchanayotgan o'lcham o'lchash uchligining hatto juda arzimas darajada surilishida ham o'zgaradi. O'lchamning sakrashsimon o'zgarishi o'lchash xatoligidagi asosiy manba hisoblanadi. Uchliklarning o'lchash sirti sohasining radiusi kattalashtirilganda, bu o'zgarish kamayadi va xatolik kamayadi.

O'lchashning yig'indi xatoligini aniqlash uchun amalda

$$\Delta_{g'.b.} = 4Ra \approx Rz$$

qabul qilinadi, bu yerda Ra — o'lchanayotgan sirt uchun profilning o'rtacha arifmetik og'ishi; Rz — o'lchanayotgan sirt uchun o'nta nuqta bo'yicha mikroprofil notekisliklari balandligi:

G'adir-budurlikning o'lchash aniqligiga ta'sirini kamaytirish uchun tavsiya qilish mumkin bo'lgan eng oddiy usul o'lchanayotgan sirtga uncha qalin bo'lmagan moylash qatlamini yoki moylash-sovitish suyuqligi surkash hisoblanadi.

O'lchash vositalarining konstruktiv xususiyatlari bilan bog'liq xatoliklar o'lchash qurilmasining umumiy xatoligiga Δ_{yx} kiradi va O'V ni ishlab chiqishda hisobga olinishi mumkin. Bu xatoliklar tasodifiy va mustaqil hisoblanadi. Masalan, tekshirish va o'lchash sharoitlari; O'V ning operatorning qo'lidan isishidan o'zgarishi; tekshirish va o'lchash sharoitlarining arretirlovchi qurilmalar mavjudligida sharoitlarining farqlanishi va shu kabilar bilan bog'liq O'V ning qo'shimcha xatoliklari mavjudligi.

Operatorga bog'liq bo'lgan xatoliklar (subyektiv xatoliklar). Subyektiv xatoliklarning to'rtta turi bo'lishi mumkin:

— mavjud bo'lish subyektiv xatoliklari;
— ko'rsatishlarni o'qib chiqishdagi subyektiv xatoliklar;
— harakatdagi subyektiv xatoliklar;
— professional subyektiv xatoliklar.

Mavjud bo'lishi subyektiv xatoliklar operatorning issiqlik nurlanishining atrof-muhit temperaturasiga ta'siri ko'rinishida namoyon bo'ladi.

Ko'rsatishlarni o'qib olishdagi subyektiv xatoliklar yuqorida ko'rib chiqilgan va o'z ichiga bo'lim qiymati va parallaks xatoligi chegaralarida o'lchagichning xatoligini oladi.

Harakatdagi subyektiv xatoliklarga operator tomonidan o'lchash vositasini sozlashda, o'lcham obe'ktini yoki o'rnatiluvchi o'lchovlarni tayyorlashda va h.k. larda kiritiladigan xatoliklar kiradi. Kelib chiqishiga, paydo bo'lish manbalariga ko'ra, bu xatolik turlarini qisman bu vositalarni tekshirishda yoki attestatsiyadan o'tkazishda namoyon bo'ladigan o'lchash vositalari bilan bog'liq xatoliklarga kiritish mumkin. Harakatdagi subyektiv xatoliklarga O'V ni o'lchash obyektiga nisbatan ko'chirishda yoki aksincha holatda chetki o'lchovlarning ishqalanishi (surkalishi) natijasidagi va shu kabi xatoliklar kiradi. Harakatdagi subyektiv xatoliklarning qiymatlari operatorning malakasiga, uning u yoki bu vosita bilan ishlash tajribasiga jiddiy bog'liq.

Ular professional subyektiv xatoliklarga o'xshab ketadi. Professional subyektiv xatoliklar operatorning malakasi, uning o'lchash jarayoniga munosabati bilan, operatorning bajarayotgan ishlab chiqarish vazifalarida o'lchashning ahamiyati bilan bevosita bog'liq.

O'lchashdagi xatoliklar yig'indisini aniqlash. O'V ning ko'rsatish aniqligi xatoliklar yig'indisi bilan aniqlanadi, uning tashkil etuvchilari muntazam va tasodifiy xatoliklar bo'ladi. Mustaqil tasodifiy xatoliklar, ko'p jihatdan, me'yorida taqsimlash qonuniga bo'ysinadi va shuning uchun ularni mustaqil tasodifiy kattaliklar uchun ehtimollik nazariyasi qoidalariga ko'ra qo'shiladi.

Xatoliklar yig'indisining tashkil etuvchilari ma'lumotnoma axborotlariga ko'ra yoki tajriba yo'li bilan topilishi mumkin. O'V dagi yig'indi o'lchash xatoligini quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\Delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{m} \Delta_{i\,\text{munt.}} \pm \sqrt{\sum_{\gamma=1}^{n} \Delta^2_{\gamma\,\text{tas.}}}$$

Aniq O'V uchun muntazam $\Delta_{i\,\text{munt.}}$ va tasodifiy $\Delta_{\gamma\,\text{tas.}}$ xatoliklarning tashkil etuvchilari aniqlanadi. Ammo hisoblashlarda tasodifiy va muntazam tashkil etuvchilarni ajratish oson emas. Shuning uchun o'lchash xatoligi tasodifiy kattalik sifatida me'yorida taqsimlash qonuniga bo'ysinadi deb faraz qilish va hisoblashlarni quyidagi formula bo'yicha olib borish mumkin:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_k^2 + \Delta_{o'k}^2 + \Delta_x^2 + \Delta_m^2 + \Delta_t^2 + \Delta_{kk}^2 + \Delta_{sh}^2 + \Delta_n^2}$$

Yig'indi xatolik (xatoliklar yig'indisi) tekshirilayotgan parametr dopuskining 8...30% ni tashkil etishi mumkin. Uning kattaligi buyumning vazifasiga bog'liq va mas'ul buyumlar uchun –8% ni, mas'uliyati kamroqlari uchun 12,5 va 20% ni, qolganlari uchun 25...30% ni tashkil etadi.

O'lchash vositasini o'lchashning yo'l qo'yiladigan xatoliklari [Δ] va hisobdagi yig'indi xatolik Δ_{Σ} dan kelib chiqib tanlab olinadi.

O'lchashning yo'l qo'yilgan xatoliklari DST 8.051—81 bilan nominal o'lchamlar va o'lchanayotgan parametrning tayyorlanishidagi qo'yimlar (dopusklar)ga bog'liq ravishda tartibga solingan. O'lchashdagi yo'l qo'yiladigan xatoliklar kattaliklari quyidagicha qabul qilingan:

dag'al dopusklar uchun

$$[\Delta] = 0{,}2T;$$

qolgan dopusklar uchun

$$[\Delta] = 0{,}35T;$$

bu yerda T — konstruktor beradigan tekshirilayotgan parametrning dopuski.

O'lchash vositasini tanlashning to'g'riligi sharti:

$$\Delta_{\Sigma} \le [\Delta].$$

Agar bu shart bajarilmagan holda yoxud o'lchashdagi yig'indi xatolikning tashkil etuvchilarini qayta ko'rib chiqish va ularni kamaytirish choralarini ko'rish zarur yoki o'lchash vositasi, yoxud uning elementlarini almashtirishni ko'zda tutish zarur.

O'lchash vositasini tanlashning **iqtisodiy ko'rsatkichlarini** tanlash jarayonida va uni asoslashda muhim o'rin egallaydi. Ularga o'lchash vositasining qiymati, uning ta'mirlashgacha ishlash davomiyligi, qiymatini qoplash muddati, o'lchash vositasini sozlash vaqti va o'lchash uchun sarflangan vaqt, operatorning zaruriy malakasi va boshqalar kiradi.

DST 14.306—73 o'lchash vositasini uning iqtisodiy samaradorligiga ko'ra tanlashni iqtisodiy asoslanishini belgilaydi.

MUNDARIJA

So'zboshi 3

I bob. **Metrologiya asoslari** 4

1.1. Atamalar va ta'riflar 4
1.2. Fizik kattalik. Fizik kattaliklarning birliklari sistemasi 9
1.3. Fizik kattaliklar o'lchamlarini tiklash va uzatish 15
1.4. O'lchash nazariyasi asoslari 20
1.5. Texnik nazorat 28
1.6. O'lchash va nazorat qilish vositalari 30
1.6.1. O'lchash va nazorat qilish vositalarini aniqlovchi belgilar bo'yicha tasniflash 30
1.6.2. O'lchash va nazorat qilish vositalarining umumlashgan tuzilma sxemasi 34
1.6.3. O'lchash vositalari va nazorat qilishning metrologik xarakteristikalari 40

II bob. **Universal o'lchash va nazorat qilish vositalari** 48

2.1. Og'irlik kattaliklarini o'lchash va nazorat qilish 48
2.2. Geometrik kattaliklarni nazorat qilish 55
2.2.1. Yassi parallel chetki uzunlik o'lchovlari 55
2.2.2. O'lchov chizg'ichlari, shtangen-asbob va mikrometrik asboblar 58
2.2.3. Mexanik o'zgartiriluvchi o'lchash va nazorat qilish vositalari 65
2.2.4. Optik va optik-mexanik o'zgartkichli o'lchash va nazorat qilish vositalari 75
2.2.5. Pnevmatik o'zgartiriluvchi o'lchash va nazorat qilish vositalari 91
2.2.6. Elektr va elektromexanik almashtiriluvchi o'lchash hamda nazorat qilish vositalari 98
2.2.7. Radiaktiv almashtiriluvchi o'lchash va nazorat qilish vositalari 101
2.2.8. Kalibrlar bilan nazorat 104
2.3. Mexanik kattaliklarni o'lchash va tekshirish 111
2.3.1. Kinematik kattaliklarni o'lchash va tekshirish uslublari hamda vositalari 111
2.3.2. Dinamik kattaliklarni o'lchash va tekshirish uslublari va vositalari 122
2.3.3. Modda va materiallarning mexanik xossalarini o'lchash va nazorat qilish uslublari hamda vositalari 134
2.4. Issiqlik kattaliklarini o'lchash va nazorat qilish 148
2.4.1. Temperaturani o'lchash va nazorat qilish uslublari hamda vositalari 148
2.4.2. Modda va materiallarning issiqlik-fizik xossalarini o'lchash va nazorat qilishning usullari hamda vositalari 170
2.5. Elektr va magnit kattaliklarni o'lchash hamda nazorat qilish 179
2.5.1. O'lchash vositalari va birliklari 179
2.5.2. Elektr zanjirlarda o'lchash metodikasi 186
2.5.3. Magnit kattaliklarni o'lchash metodikasi 198
2.6. Optik nurlanish kattaliklarini o'lchash 202
2.6.1. Asosiy tushunchalar 202
2.6.2. Optik yorug'lik kattaliklar va ularning birliklari 204
2.6.3. Fotometrik o'lchashlarning tamoyillari 206

2.6.4. Vizual usullar va fotometriya vositalari 212
2.6.5. Yorug'lik texnik parametrlarni o'lchash va nazorat qilishning fizik fotometrik usullari va vositalari 216
2.7. Akustik kattaliklarni o'lchash 228
2.7.1. Asosiy tushunchalar 228
2.7.2. O'lchash vositalari 230
2.7.3. Akustik o'lchashlarni o'tkazish metodikasi 232
2.8. Gaz va suyuqliklarning bosimi, miqdori va sarfini o'lchash 236
2.8.1. Umumiy ma'lumotlar 236
2.8.2. Bosimni o'lchash va nazorat qilish usullari hamda vositalari 238
2.8.3. Gaz va suyuqliklar sarfini hamda miqdorini o'lchash, nazorat qilish usullari va vositalari 250
2.9. Suyuqlik sathini o'lchash va signalizatsiya vositalari 262
2.10. Gazlar va suyuqliklar analizatorlari 267
2.10.1. Asosiy tushunchalar va ta'riflar 267
2.10.2. Gaz va suyuqliklarning avtomatik analizatorlari tasnifi 269
2.10.3. Neft va neft mahsulotlari tarkibi hamda fizik-kimyoviy xossalari analizatorlari 290

III bob. **O'lchash va nazorat qilishni avtomatlashtirish vositalari** 297

3.1. Umumiy qurish prinsiplari 297
3.1.1. O'lchashlarni nazorat qilishning avtomatik va avtomatlashtirilgan vositalarining tasnifi 297
3.1.2. Aktiv va avtomatlashtirilgan nazorat qilish vositalarida foydalaniladigan asboblarning yasalish prinsiplari 298
3.1.3. O'lchash va nazorat qilishning avtomatlashtirilgan vositalari metrologik xarakteristikalarining xususiyatlari 301
3.1.4. Avtomatik nazorat qilish vositalarining o'lchash o'zgartkichlari 302
3.1.5. Avtomatlashtirilgan nazorat qilish qurilmalari 315
3.1.6. O'lchashlarni passiv nazorat qilish uchun avtomatik sistemalar 316
3.2. Aktiv tekshirish vositalari 324
3.2.1. Jilvirlash stanoklari uchun o'lchov jihozlarini yasash prinsiplari 327
3.2.2. Sirti uzlukli bo'lgan detallarni tekshirish usullari 330
3.2.3. BV-4100 aktiv tekshirish induktiv o'lchash sistemasi 333
3.2.4. Qo'shma jilvirlash asboblari 337
3.2.5. BV-4116 ning o'q oriyentatsiyasi uchun o'lchash sistemasi 342
3.2.6. SDB stanoklari uchun keng diapazonli XIII-9 asbobi 345
3.2.7. Ichki jilvirlash stanoklari uchun aktiv tekshirish asboblari 348
3.2.8. Yassi jilvirlash stanoklari uchun aktiv tekshirish asboblari 355
3.2.9. Xoninglash stanoklari uchun aktiv tekshirish asboblari 362
3.2.10. Tokarlik stanoklarida aktiv tekshirish asboblari 371
3.2.11. Avtosozlagichlar va avtoblokirovkalar 382
3.2.12. Aktiv tekshirish asboblarini tekshirish hamda sinashlarning uslublari va vositalari 383
3.3. QICHS (qulay ishlab chiqarish sistemalari) va RDB (raqamli dasturli boshqarish) stanoklari uchun avtomatik tekshirish sistemalari 388
3.3.1. Avtomatik tekshirish sistemalarining vazifalari 388
3.3.2. Avtomatik tekshirish sistemalarining tuzilmasi 390
3.3.3. Avtomatik tekshirish sistemasini yasash prinsiplari 392
3.3.4. Avtomatik tekshirish sistemasining faoliyat ko'rsatish rejimi 392
3.3.5. Asbobni o'lchash bo'yicha sozlash 393
3.3.6. Birlamchi o'lchash o'zgartkichlari va asboblari 396
3.3.7. Avtomatik tekshirish-o'lchash yacheykasi 402

IV bob. **O'lchash va tekshirish vositalarini tanlash** 404

Qo'ng'irotboy Avezimbetovich Sharipov, Marat Karlovich Allaberganov,
Hamdam Rustamovich Raximov

NAZORAT-O'LCHOV ASBOBLARI VA ANJOMLARI

Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma

Badiiy muharrir *R. Akromova*
Texnik muharrir *A. Solihov*
Musahhihlar *M. Akromova, S. Badalboyeva*
Kompyuterda sahifalovchi *Sh. Sohibov*

Bosishga ruxsat etildi 20.01.05. Bichimi 60×90$^{1}/_{16}$. «Tayms» garniturada bosma usulda bosildi. Shartli b. t. 26,0. Nashr t. 26,2. Nusxasi 1000.
Buyurtma 7.

«Arnaprint» MCHJ da sahifalandi va chop etildi.
Toshkent, H. Boyqaro, 51.

TOSHKENT — 2005