

БАҚЫЛАУ- ӨЛШЕУ АСПАПТАРЫ МЕН ҚҰРАЛДАРЫ

ОҚУЛЫҚ

Бастапқы кәсіби білім беру бағдарламасын жүзеге асыратын білім беру орындарының оқу үдерісінде қолдануға арналған оқулық ретінде «Білімді дамытудың федералды институты» федералды мемлекеттік мекемесімен ұсынылған

Рецензияның тіркеу нөмірі 059, 2009 жыл 07 сәуір.
«БДФИ» ФММ 8-ші басылым, стереотиптік



Мәскеу
«Академия» баспа орталығы
2016

ӘОЖ 681
КБЖ 20.4.1
К64

Бұл кітап Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі және «Кәсіпқор» холдингі» КЕАҚ арасында жасалған шартқа сәйкес «ТәжКБ жүйесі үшін шетел әдебиетін сатып алуды және аударуды ұйымдастыру жөніндегі қызметтер» мемлекеттік тапсырмасын орындау аясында қазақ тіліне аударылды.

Аталған кітаптың орыс тіліндегі нұсқасы Ресей Федерациясының білім беру үдерісіне қойылатын талаптардың ескерілуімен жасалды.

Қазақстан Республикасының техникалық және кәсіптік білім беру жүйесіндегі білім беру ұйымдарының осы жағдайды ескеруі және оқу үдерісінде мазмұнды бөлімді (технология, материалдар және қажетті ақпарат) қолдануы қажет.

Аударманы «Delta Consulting Group» ЖШС жүзеге асырды, заңды мекенжайы: Астана қ., Иманов көш., 19,

«Алма-Ата» БО, 809С, телефоны: 8 (7172) 78 79 29, эл. поштасы: info@dcbg.kz

Пікір білдірушілер:

№ 19 политехникалық колледжінің арнайы пәндер оқытушысы А.А. Пикалин;

АМО ЗИЛ технологиялық бөлімнің бастығы,

Ресейдің құрметті технологы Б. М. Солоницын

Бақылау-өлшеу аспаптары мен құралдары : К64 оқулық орта кәсіби білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған / [С.А.Зайцев, Д.Д.Грибанов, А.Н.Толстов, Р.В.Меркулов]. — 8-ші басылым., стер. — М. : «Академия» баспа орталығы, 2016. — 464 б.

ISBN 978-601-333-264-2 (каз.)

ISBN 978-5-4468-2862-3 (рус.)

Машина жасауда қолданылатын өлшеу және бақылау құралдарының жіктелуі мен түпкі сұлбасы, Ресей Федерациясындағы бірыңғай өлшемді қамтамасыз ету қағидалары, өлшеу және бақылаудың дәлдігін қамтамасыз ету әдістері мен өлшеу ортасының жалпы метрологиялық сипаттамасы қарастырылған. Өлшеу теориясының ережелері, өлшеу және бақылау құралдарын таңдау бойынша мәліметтер, барлық өмірлік цикл кезеңдерінде бұйымның сапасын бақылау қағидалары келтірілген.

Оқулық металл өңдеумен байланысы бар мамандықтар бойынша «Шектер мен техникалық өлшемдер» жалпы кәсіби пәнін меңгеру кезінде қолданылуы мүмкін.

Орта кәсіби білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған.

ӘОЖ 681
КБЖ 20.4.1

© Зайцев С.А., Грибанов Д.Д., Толстов А.Н.,
Меркулов Р.В., 2009

© «Академия» білім беру-баспа орталығы, 2011 ISBN978-5-4468-

© Рәсімделуі. «Академия» баспа орталығы, 2011

ISBN978-601-333-264-2 (каз.)
ISBN978-5-4468-2862-3 (рус.)

Құрметті оқырмандар!

Бұл оқулық металл өңдеумен байланысы бар мамандықтар бойынша оқу-әдістемелік жинақтың бөлшегі болып табылады.

Оқулық «Шектер мен технологиялық өлшемдер» жалпы кәсіби пәнін оқытуға арналған.

Қазіргі ұрпақтың оқу-әдістемелік жинақтары жалпы білім беру және жалпы кәсіби пәндер мен кәсіби модульдерді оқытуды қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін дәстүрлі және инновациялық оқу материалдарын қамтиды. Әр жинақ жалпы және кәсіби құзыреттілікті, соның ішінде жұмыс берушінің талаптарын да ескере отырып, меңгеруге қажетті оқулықтар мен оқу құралдарын, оқыту және бақылау құралдарын қамтиды.

Оқу баспалары электрондық білім беру ресурстарымен толықтырылады. Электрондық ресурстар интерактивті жаттығулар мен шынығулар бар теориялық және тәжірибелік модульдерді, мультимедиялық нысандарды, қосымша материалдар мен Ғаламтордағы ресурстарға сілтемелерді қамтиды. Оларда терминологиялық сөздік пен электрондық журнал қосылған, онда оқу үрдісінің негізгі өлшемдері тіркеледі: жұмыс жасау уақыты, бақылау және тәжірибелік тапсырмаларды орындау нәтижесі. Электрондық ресурстар оқу үрдісіне жеңіл кірістірілді және әр түрлі оқу бағдарламаларына бейімделуі мүмкін.



Заманауи машина жасау бөлшектерді дайындау, тораптарды, тетіктер мен машиналарды жинақтаудың жоғары өнімділігімен және нақтылығымен сипатталады.

Өнімді дайындаудың барлық циклінде маңызды орын бұйымдардың нақты өлшемдерін өлшеу мен бақылау әдістері мен құралдарын, олардың физико-математикалық және сапалық көрсеткіштерін, дайындау мен сынақтан өткізу технологиялық үрдістердің өлшемдерін тиімді таңдау мәселелеріне беріледі. Өнімді дайындау кезінде бақылау операцияларының жалпы көлемдегі еңбек сыйымдылығы жекелеген жағдайларда 35 %-ға және одан жоғарыға дейін жетеді.

Бақылау-өлшеу аспаптары мен құралдары тек өндіріс саласында ғана емес, техникалық жүйелерді пайдалану, диагностикалау кезінде, олардың экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз етуде де қолданылады.

Өлшеу және бақылау аспаптары мен құралдарының, олардың әрекет ету қағидаларының, баптаулардың, тексерулердің (калибровка) және қызмет көрсетудің көптүрлілігі оларды жүйелендіру, бақылау-өлшеу аспаптары мен құралдарының барынша сипатты өкілдерін қарастыру, нақты, барынша кең таралған құрылымдар мен өлшеу әдістерінің негізгі артықшылықтары мен кемшіліктерін талдау қажеттігін туғызады.

Ұсынылып отырған оқулықта сыныптаушы келтірілген және машина жасауда қолданылатын өлшеу және бақылау құралдарының түпкілікті сұлбалары, құрылымдары, Ресей Федерациясында бірыңғай өлшемді қамтамасыз ету қағидалары қарастырылған.

Заманауи бақылау-өлшеу техникасының негіздерін, өлшеу және бақылау дәлдігін қамтамасыз ету әдістерін, өлшем құралдарының жалпы метрологиялық сипаттамаларын мазмұндаумен қатар, өлшеу теориясының негізгі қағидалары, өлшеу және бақылау құралдарын тиімді таңдау, бұйымның барлық өмірлік цикл кезеңдерінде сапаны бақылау қағидалары бойынша қажетті мәліметтер берілген.

Геометриялық шамаларды әмбебап өлшеу және бақылау құралдарына байланысты мәселелер баяндалған.

Авторлар оқырмандарға және кәсіпорындардың, оқу орындарының мамандарына оқулықты жақсарту бойынша жолдаған пікірлері мен ұсыныстары үшін алғыс білдіреді.

Алғы сөзді, 2, 4-бөлімді, 1.7,1.8 тараушаларды техн.ғыл.кан. С.А. Зайцев, 1.1 – 1.6 – тараушаларды техн.ғыл.кан. Д.Д. Грибанов, 3-бөлімді А.Н. Толстов, 2.5 және 2.7 тараушаларды техн.ғыл.кан. Р.В. Меркулов жазды.

МЕТРОЛОГИЯ НЕГІЗДЕРІ

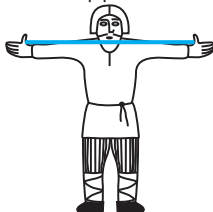
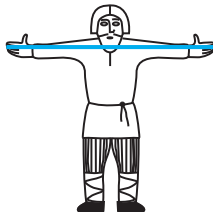
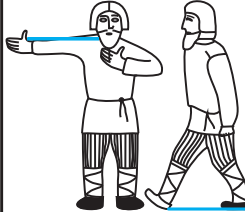
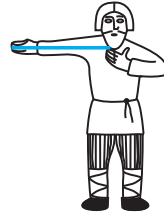
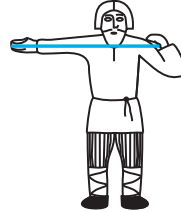
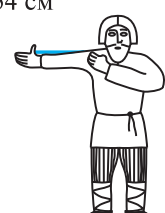
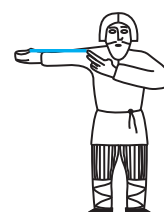
1.1 МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ КІРІСПЕ

Метрология — бұл өлшемдер, олардың бірлігін қамтамасыз ету әдістері мен құралдары және талап етілетін нақтылыққа жету тәсілдері туралы ғылым. Ол адамзатқа салмақты, ұзындықты өлшеу, уақытты және т.б. есептеу қажеттілігі туындаған сәттен бастап ертеде қалыптасты. Сонымен қатар өлшем бірлігі ретінде «қол астындағыларды» пайдаланды. Мысалы, Ресейде ұзындықты шынтақпен, сажындармен және тағы басқалармен өлшеді (1.1-сурет).

Соңғы онжылдықтарда метрологияның рөлі шамадан тыс өсті. Метрология іс жүзінде адамзат қызметінің барлық салаларында таралағандықтан, метрологиялық терминология әр «арнайы» салалардың терминологиясымен тығыз жанасады. Дегемен де, үйлесімсіздік құбылысын еске салатын бір құбылыс пайда болды.

Ғылым мен техниканың бір саласына тиімді болған қандай да бір термин басқасы үшін тиімсіз болып табылады, себебі басқа саланың дәстүрлі терминологиясында бұл сөзбен тіптен басқа түсінік берілуі мүмкін. Мысалы, киімге қатысты өлшем «үлкен», «орташа» және «кішкентай» деп беріледі, «мата» сөзінің әр түрлі мағынасы бар: тоқыма өнеркәсібінде - бұл материал (зығыр матасы), теміржол көлігінде сол көліктің қозғалатын жолын білдіреді (теміржол төсемі).

Осы мәселеде белгілі бір тәртіп орнату мақсатында метрологиялық терминологияға мемлекеттік стандарт әзірленіп бекітілді. Қазіргі уақытта оны МАҰ 29-99 «МӨЖ. Метрология. Терминдер мен анықтамалар» алмастырды. Терминдерге қысқа айтушылық талаптары қойылатындықтан, оларға белгілі бір шарттылық тән. Бұл туралы естен шығармаған жөн. Олардың анықтамасына сәйкес бекітілген терминдерді қолданған жөн, анықтамадағы деректерді басқа терминдермен ауыстыруға болмайды.

Негізгі алғашқы өлшемдер					
Сажын	152 см Қарапайым 	176 см Өлшеуіш (сілтеу) 		216 см Қиғаш (төресіп) 	1
	76 см 76 см 	88 см 		108 см 	1/2
Шынтақ	38 см 	44 см 	46 см 	54 см 	1/4
	19 см кіші 	22 — 23 см үлкен 		27 см Сқувырком 	1/8
Қосымша өлшемдер					
Сажын	148 см Қиғаш (үлкен) 	197 см Жұпсыз 			
	62 см 				

1.1 сурет. Орыс ұлттық өлшемдері (Б.А.Рыбаков бойынша)

Бұл қағида ғылым мен техниканың кез келген саласында қабылданған терминге қатысты болса да, бұл метрологияда қабылданған терминдер мен анықтамаларға ерекше маңызды. Бұл қағида метрологиялық терминнің басқа ғылымда қабылданған терминмен сәйкес келмеуімен түсіндіріледі. Мысалы, егер метрологияда метрологиялық сипаттамалар туралы сөз болатын болса, бұл өлшеу құралдарының сипаты екендігін білдіреді. Басқа ғылымдарда бұл терминмен ғылым ретінде метрология тұрғысынан не талап етілетіндігі түсіндіріледі.

Қазіргі уақытта физикалық шамалардың (механикалық, электрлік, жылулық және т.б.) өлшем бірліктері, өлшеу құралдары, өлшеу түрлері мен әдістері, кез келген бұйым мен ғылыми зерттеулердің барлық өмірлік циклі кезеңінде метрологиялық қамтамасыз етуді ұйымдастыру, және де кез келген ресурстарды есепке алу метрология нысандары болып табылады.

Заманауи метрология басқа ғылымдардың жетістіктеріне арқа тіреген ғылым ретінде өз кезегінде олардың дамуына жәрдемдеседі. Адамзат қызметінің бір де бір саласы өлшем нәтижелерінде алынған сандық бағалауларынсыз аттап кете алмайды. Өлшем адамның табиғатты тануының басты жолы, ғылыми білімдердің негізі болып табылады, материалдық ресурстарды есепке алу, өнімнің талап етілетін сапасын қамтамасыз ету, бөлшектер мен тораптардың өзара әрекеттесуі, технологияны жетілдіру, өндірісті автоматтандыру, стандарттау, денсаулықты қорғау және адамдар мен олардың мүліктерінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін қызмет етеді.

Дәл осы метрологиялық жасақтаманың дәрежесіне өнімнің жоғары сапасы тәуелді. Ол үшін материалдар мен жинақталатын бұйымдардың сапа өлшемдерін дұрыс өлшеу, өлшем нәтижелерін дұрыс өңдеу қажет. Өлшем бірлігінің бұзылуы, оларды ойланбастан ұйымдастыру және жеткіліксіз нақтылық өте үлкен шығындарға, тіпті құрбандарға әкеліп соғуы мүмкін.

Мысалы, 1982 жылы тең ылғалдылықты анықтаудағы 1 %-ға тең салыстырмалы кемшілік көмірдің жылдық құнын анықтауда 73 млн.рубль, ал бидайда 60 млн.рубль дәлсіздікке әкелді. Барлығы көрнекі болуы үшін, метрологтар әдетте келесі мысалды келтіреді.

Қоймада 100 кг қияр болды. Келтірілген өлшемдер олардың ылғалдылығы 99%-ды құрайды деп көрсетті, яғни 100 кг қиярда 99 кг су және 1 кг құрғақ зат бар деген сөз. Бірнеше уақыттан соң дәл осы қияр партиясының ылғалдылығы өлшенді. Сәйкес хаттамаға енгізілген өлшем нәтижелері ылғалдылықтың 98%-ға төмендегенін

байланысты емес, сәйкесінше, ол өзгермеген, 1 кг сол 1 кг болып қалды, егер ол бұрын 1 %-ды құраса, сақтау уақытынан кейін 2% болды. Ара қатынасты құрастырсақ, қиярлардың 50 кг қалғандығын анықтау жеңіл:

$$\begin{aligned}1 \text{ кг} &= 2\% \\x \text{ кг} &= 100\% \\x &= (1 \cdot 100) / 2 = 50 \text{ кг}.\end{aligned}$$

Өлшемнің үш негізгі функцияларын ерекшелеуге болады:

- Ғылыми зерттеулер, өнімді сынамалау мен бақылау кезінде, медицинада, ауыл шаруашылығында, машина жасау мен басқа шаруашылық салаларында физикалық шамаларды (ФК), техникалық өлшемдерді, үрдістер сипаттамаларын, заттың құрамы мен қасиетін өлшеу;
- Технологиялық үрдістерді бақылау мен реттеу үшін жүргізілетін өлшемдер;
- Салмақ, ұзындық, көлем, шығын, қуаттылығы, энергиясы және т.б. бойынша анықталатын, және де көлік пен байланыстың қалыпты қызмет етуін қамтамасыз ету үшін өнімді есепке алу.

Өлшемнің алғашқы функцияны атқару кезіндегі ықпалы барынша көрнекі болып табылады. Заманауи өндірістегі өлшем рөлінің артуы капиталдық салымдардың жалпы көлемінде метрологиялық жасақтамаға кететін шығындар үлесін арттыруды талап етеді.

КСРО-ның соңғы өмір сүру жылдарында метрологиялық жасақтамаға өнімді шығаруға кететін шығынның 10-нан 15%-ға дейінгі қаражаты бөлінді. «Аппалон» бағдарламасының метрологиялық жасақтамасының шығындары барлық бағдарлама құнының шамамен 60%-ын құрады, ол оның жетістігінің шешуші факторы болды. Жапон өнімдерінің де дәстүрлі жоғары сапасы осыдан. Метрологиялық жасақтамаға салғырт қарау өнімнің сапасын ғана төмендетіп қоймай, оның әрі қарай шығу мүмкіндігіне де күмән келтіреді.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Метрологияға анықтама беріңіз.
2. Метрологияның объектілері қандай?
3. Метрологиямен қандай өлшем функциялары анықталған?

1.2. ФИЗИКАЛЫҚ ШАМА. ФИЗИКАЛЫҚ ШАМА БІРЛІКТЕРІНІҢ ЖҮЙЕСІ

Физикалық шама. Бұл көптеген физикалық объектілерге (физикалық жүйелерге, олардың ахуалына және оларда орын алып жатқан үрдістерге) сапалық тұрғыда ортақ, ал сандық тұрғыда әр объекті үшін жеке қасиет.

Сандық тұрғыдағы даралықты келесідей түсінген жөн, яғни қандай да бір қасиет басқаға қарағанда бір нысан үшін белгілі бір санға көп немесе аз болуы мүмкін.

«Шама» термині әдетте сандық тұрғыда бағаланатын қасиеттер мен сипаттамаларға қатысты қолданылады, яғни өлшене алады. Мысалы иіс, дәм, түс сынды қасиеттерді замануи ғылым деңгейі әлі де сандық тұрғыда бағалай алмайтын қасиеттер немесе сипаттамалар бар. Сондықтан бұндай сипаттамалар әдетте шама деп аталудан қашып, қасиет деп аталады.

Кең мағынада «шама» - көптүрлі түсінік. Оны үшшаманың мысалында көрсетуге болады.

Бірінші мысал — бұл ақша бірлігімен айшықталған тауардың бағасы, құны. Бұрында ақша бірліктерінің жүйесі метрологияның құрамдас бөлшегі болатын. Қазіргі уақытта ол өз алдына бір сала.

Шама көптүрлілігінің екінші мысалыретінде дәрілік заттардың биологиялық белсенділігін айтуға болады. Бірқатар дарумендердің, антибиотиктердің, гормонды дәрі-дәрмектердің биологиялық белсенділігі И.Е.-мен белгіленетін Халықаралық биологиялық белсенділік бірліктерінде көрсетіледі (Мысалы, медициналық рецепттерде былай жазады: «Пенициллиннің саны – 300 мың И.Е.»).

Үшінші мысал— физикалық шамалар, яғни физикалық нысандарға (физикалық жүйелерге, олардың ахуалдарына және оларда орын алатын үрдістерге) тән қасиеттер. Дәл осы көлемдермен қазіргі метрология айналысады.

Берілген нысанда физикалық шаманың сандық үлесі туралы сөз болғандығын атап өтуі қажет жағдайларда, «мөлшер» сөзін қолданған жөн. Берілген шаманың бірқатар бірлік саны түрінде берілген нақты бір физикалық шаманың сандық бағасы *физикалық шаманың мәні* деп аталады. Физикалық шаманың мәніне кіретін дерексіз сан *сандық мән* деп аталады. Шама мәні мен мөлшері арасында түпкілікті айырмашылық бар. Шама мөлшері біздің біліп-білмеуімізге қарамай, шынайы түрде болады. Шаманың мөлшерін кез келген бірлік арқылы көрсетуге болады.

ФШ-ның ақиқаттық мәні (шаманың ақиқаттық мәні) — нысанның сәйкес қасиеттерін сапалық және сандық қатынаста мінсіз көрсететін ФШ мәні. Мысалы, вакуумдегі жарық жылдамдығы, +4 °С температурадағы тазартылған судың тығыздығы анықталған мәндер – біз білмейтін және біле алмайтын мінсіз мәнге ие.

Тәжірибелік жолмен физикалық шаманың нақты мәні алынуы мүмкін.

ФШ-ның нақты мәні (шаманың нақты мәні) — тәжірибелік жолмен алынған және ақиқаттық мәнге барынша жақындығы сонша берілген мақсат үшін оның орнына қолданылуы мүмкін ФШ мәні.

Қандай да болмасын физикалық шаманың бірліктері ережеге сәйкес, өлшемдермен байланысты. Өлшенетін физикалық шаманың бірлік өлшемі өлшеммен жүзеге асырылатын шаманың өлшеміне тең. Алайда іс жүзінде бір бірлік берілген шаманың үлкен және кіші өлшемдерін өлшеу үшін қолайсыз болып табылады. Сондықтан өзара қысқа және үлестік қатынастағы бірнеше бірлік қолданылады.

ФШ-ның қысқа бірлігі — негізгі немесе туынды бірліктен тұтас бір санға артық бірлік.

ФШ-ның үлестік бірлігі — негізгі немесе туынды бірліктен тұтас бір санға кіші бірлік.

ФШ-ның қысқа және үлестік бірліктері негізгі бірліктерге сәйкес жалғамалардың арқасында қалыптасады (1.1-кесте).

Физикалық шама бірліктерінің жүйесі. Шама бірліктері адамзатта белгілі бір затты сандық түрде білдіру қажеттігі туындаған сәттен бастап пайда бола бастады.

Осыған байланысты «физикалық шама бірлігі» термині пайда болды.

1.1-кесте. приставки және көбейткіштер үшін білім беру ондық еселі және дольных бірліктер және олардың атаулары

Көбейткіш	Жалғама	Жалғаманы белгілеу		Көбейткіш	Жалғама	Жалғаманы белгілеу	
		халықаралық	орыс			халықаралық	орыс
10^{15}	пета	p	П	10^{-1}	деци	d	д
10^{12}	тера	T	Т	10^{-2}	санти	c	с
10^9	гига	G	Г	10^{-3}	милли	m	м
10^6	мега	M	М	10^{-6}	микро	μ	мк
10^3	кило	k	к	10^{-9}	нано	n	н
10^2	гекто	h	г	10^{-12}	пико	p	п
10^1	дека	da	да	10^{-15}	фемто	f	ф

Негізгі ФШ бірлігі (шама бірлігі) — анықтама бойынша бірлікке тең сандық мән берілген физикалық шама. Сол бір ФШ-ның бірліктері әр түрлі жүйелерде өзінше ерекшеленуі мүмкін. Мысалы, метр, фут және дюйм ұзындық бірлігі болса да, әр түрлі өлшемге ие:

$$1 \text{ фут} = 0,3038 \text{ м}; 1 \text{ дюйм} = 0,0254 \text{ м}.$$

Физикалық шама бірліктері бастапқыда бір-бірімен қандай да бір байланыссыз ерікті түрде тандалды, бұл біршама қиындықтар туғызды.

Техника мен халықаралық байланыстардың даму қарқынына байланысты, әр түрлі бірліктерде көрсетілген өлшемдер нәтижелерін қолдану қиындықтары өсіп, ғылыми-техникалық қарқынды әрі қарай тежеді.

Физикалық шама бірліктерінің бірыңғай жүйесін құру қажеттілігі туындады. ФШ бірліктерінің жүйесі бір-бірінен тәуелсіз тандалған ФШ негізгі бірліктері мен физикалық тәуелділіктің негізінде негізгілерден алынатын ФШ туынды бірліктерінің жиынтығын білдіреді.

Туынды ФШ (туынды шама) — жүйеге кіретін және белгілі физикалық тәуелділіктер бойынша осы жүйенің негізгі шамалары арқылы анықталатын ФШ.

Мысалы, LMT шамалардың жүйедегі жылдамдығы жалпы жағдайда $v = dl/dt$

теңдеуімен анықталады,

бұндағы v — жылдамдық; l — қашықтық; t — уақыт.

Бастапқыда үш бірлікке негізделген бірліктер жүйесі құрылды: ұзындық-салмақ-уақыт (СГС, - сантиметр –грамм - секунд).

Әлемде барынша кең таралған және біздің елде қабылданған жеті негізгі бірлікті және екі қосымша бірлікті қамтитын Халықаралық бірліктер жүйесін (ИЖ) қарастырайық. Бұл жүйенің ФШ негізгі бірліктері 1.2-кестеде келтірілген.

ФШ-ның қосымша бірліктері:

- Жазық бұрыш — радиан (rad, рад), араларындағы доғаның ұзындығы радиусқа тең шеңбердің екі радиусы арасындағы бұрышқа тең;
- Денелік бұрыш — стерadian (sr, ср), шар радиусына тең қыры бар шаршының ауданына тең сфера ауданының бетін қиятын сфераның ортасындағы төбесі бар денелік бұрышқа тең.

Бұл жүйе біздің елде 1982 жылы 1 қаңтарда МЕМСТ 8.417 — 81 стандарты бойынша енгізілді.

Қазіргі уақытта МЕМСТ 8.417 — 2002 қолданылады.

ИЖ жүйесінің негізгі бірліктеріне анықтама берейік.

Метр криптон-86 атомының $2p_{10}$ және $5d_5$ деңгейлері арасындағы өткелге сәйкес келетін сәуле шығару вакуумындағы толқындардың 1 650 763,73 ұзындығына тең.

Килограмм килограммның халықаралық прототипінің массасына тең.

Секунд цезий-133 атомының негізгі жағдайының екі барынша жұқа деңгейлерінің арасындағы өткелге сәйкес келетін 9 192 631 770 сәуле шығару кезеңдеріне тең.

Ампер өзгермейтін тоқтың күшіне тең. Ол бір бірінен 1 м қашықтықта вакуумде орналасқан ұзындығы шексіз және шеңберлік көлденең қимасының ауданы болмашы екі параллель тік сызықты өткізгіштің бойымен өткен кезде ұзындығы 1 м өткізгіштің әр бөлігінде күші $2 \cdot 10^{-7}$ Н тең өзара әрекеттесу туғызады.

Кельвин судың үштік нүктесінде термодинамикалық температураның 1/273,16 бөлігіне тең.

Судың үштік нүктесінің температурасы — бұл мұздың еру нүктесінен 0,01 К немесе 0,01 °С жоғары қатты (мұз), сұйық және газ (бу) фазаларындағы судың тепе-теңдік нүктелерінің температурасы.

1.2-кесте. негізгі өлшем бірліктері				
Шама				
Атауы	Өлшемділік	Атауы	Белгіленуі	
			халықаралық	орысша
Ұзындық	L	метр	m	м
Салмақ	M	килограмм	kg	кг
Уақыт	T	секунда	s	с
Электр тоғының күші	I	ампер	A	А
Термодинамикалық температура	Q	кельвин	K	К
Заттар саны	N	моль	mol	моль
Жарық күші	J	кандела	cd	кд

Цельсий (С) шкаласын пайдалануға болады. °С температура t белгісімен беріледі:

$$t = T - T_0,$$

мұндағы $T_0 = 273,15 \text{ К}$.

Онда $T = 273,15$ кезінде $t = 0$.

Моль 0,012 кг салмақты көміртегі-12-де қанша атом болса, құрамында сонша құрылымдық элементтер бар жүйенің заттарының санына тең.

Кандела $540 \cdot 10^{12}$ Гц жиілікті монохроматикалық сәуле шығаратын қайнар көздің берілген бағытындағы жарық күшіне тең, жарықтың қуат күші бұл бағытта $1/683 \text{ Вт/ср}$ құрайды.

ӨҚ жүйесінің жүйелік бірліктерінен басқа, біздің елде бірқатар жүйелік емес бірліктерді қолдану заңдастырылған: атмосфера (98 кПа), бар, с. бағ. мм; ангстрем (10^{-10} м); киловатт-сағ; сағ (3 600 с); дюйм (25,4 мм) және т.б..

Сонымен қатар, логарифмдік ФШ қолданылады – аттас ФШ-ның өлшемсіз қарым-қатынасының логарифмі (ондық немесе табиғи).

Логарифмдік ФШ дыбыстық қысымды, күшеюді, әлсіреуді көрсетуге арналған.

Логарифмдік ФШ бірлігі — бел (Б), ол келесі формула бойынша анықталады:

$$1 \text{ Б} = \lg(P_2/P_1) \text{ при } P_2 = 10P_1,$$

мұндағы P_2 және P_1 — аттас энергетикалық өлшемдер (куат, энергия).

«Күштік» шамалар үшін (кернеу, тоқ күші, қысым, өрістің кернеулілігі) бел келесі формула бойынша анықталады

$$F_2 = \sqrt{10F_1} \text{ кезінде } 1 \text{ Б} = 2 \lg(F_2 / F_1).$$

Белден үлестік бірлік — децибел (дБ):

$$1 \text{ дБ} = 0,1 \text{ Б}.$$

Салыстырмалы ФШ-лар кең тарауға ие болды – екі аттас ФШ өлшемсіз қарым-қатынасы. Олар пайызбен, %, өлшемсіз бірліктермен көрсетіледі.

Бірліктер белгілеуін жазудың белгілі бір ережелері бар.

Туындыға жататын бірліктерді белгілеудің туынды бірліктерінің белгіленуін жазу кезінде «•» көбейту белгісі ретінде орта сызықта тұратын нүктелермен ажыратылады. Мысалы: Н • м (ньютон-метр), А • м² (ампер-квадраттықметр), Н • с/м² (квадраттық метрге ньютон--секунд). Сәйкес дәрежеге шығарылған бірліктерді көбейту түрінде көрсету барынша қолданымды, мысалы м² • с⁻¹.

Еселенген немесе үлестік жалғамалар бар бірліктерді бірліктерді көбейтуге сәйкес атаулар кезінде жалғаманы туындыға кіретін бірінші бірліктің атауына қосқан жөн. Мысалы, күш моментінің 10³ ньютон-метр бірлігін — «ньютон-километр» емес «килоньютон-метр» деп атаған жөн. Ол келесі үлгіде жазылады: Н • к м емес, кН • м.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Неліктен шамалар физикалық деп аталады?
2. Физикалық шама бірліктерінің жүйесі дегеніміз не?
3. Қандай негізгі және қосымша физикалық шама бірліктері ӨҚ жүйесіне кіреді?
4. ФШ бірліктерін ӨҚ жүйесінде жазудың ережесі қандай?

Көрсетілгендей, метрология - бұл ең алдымен өлшемдермен айналысатын ғылым.

Өлшеу — ФШ мәнін арнайы техникалық құралдар – өлшем құралдарының (ӨҚ) көмегімен табу.

Өлшеу әр түрлі операцияларды қамтиды, олардың аяқталуынан кейін өлшеу нәтижесі (тікелей өлшеу) немесе бақылау нәтижесін алуға арналған бастапқы деректер (жанама өлшеу) болып табылатын бірқатар нәтиже алынады. Өлшеу өзіне бақылауды қамтиды.

Өлшеу кезіндегі бақылау — өлшеу үрдісі кезінде орындалатын эксперименттік операция, оның нәтижесінде өлшеу нәтижесін алуға арналған бірлескен өңдеуге жататын шама мәндерінің тобынан бір мән алынады.

Өлшем нәтижелерін пайдалана алу үшін, өлшемнің бірыңғайлығын қамтамасыз ету қажет.

Өлшем бірыңғайлығы — бұл өлшем нәтижелері заңдастырылған бірліктермен көрсетілетін өлшемнің күйі, ал олардың жолберілетін қателігі рұқсат етілген шектен аспайды.

Өлшем бірыңғайлығын қамтамасыз ету үшін бірліктердің *теңестірілуі* қажет, оларда барлық ӨҚ өлшембөліктендірілген. Бұған бекітілген ФШ бірліктерін нақты көрсету мен сақтау және ӨҚ тәжірибесінде қолданылатын олардың өлшемдерін жіберу арқылы қол жеткізіледі.

ФШ шкаласы – әр түрлі өлшемдегі аттас ФШ бірізділігі келісімі бойынша қабылданған ережелерге сәйкес берілген мәндердің бірізділігі

1.3.1. Эталондар түрлері

ФШ бірліктерін жаңғырту, сақтау және жіберу эталондардың көмегімен жүзеге асырылады. ФШ бірліктерінің өлшемдерін жіберудегі жоғарғы буын эталондар мен эталон-көшірмелер болып табылады.

Бастапқы эталон — елде ең жоғары дәлдікпен бірліктерді жаңғыртуды қамтамасыз ететін эталон(сол бірліктің басқа эталондарымен салыстырғанда).

Екінші эталон — мәні бірінші эталон бойынша орнатылатын эталон.

Арнайы эталон — ерекше жағдайларда бірліктердің жаңғыртылуын қамтамасыз ететін және осы шарттар үшін бірінші эталонды алмастыратын эталон.

Мемлекеттік эталон — ел үшін бастапқы ретінде ресми бекітілген бастапқы немесе арнайы эталон.

Эталон-куәгер — мемлекеттік эталонның сақталуын тексеруге және бүлінген немесе жоғалған жағдайда оны ауыстыруға арналған екінші эталон.

Эталон-көшірме — бірліктер өлшемін жұмыс эталондарына жіберуге арналған екінші эталон.

Салыстыру эталоны — қандай да бір себептер бойынша бір-бірімен тікелей салыстыруға жатпайтын эталондарды салыстыру үшін қолданылатын екінші эталон.

Жұмыс эталоны — бірлік өлшемін жұмыс ӨҚ-на жіберу үшін қолданылатын эталон.

Бірлік эталоны — арнайы сипаттама бойынша әзірленген және эталон ретінде белгіленген тәртіпте ресми бекітілген, оның өлшемін тексеру сұлбасы бойынша өзінен төмен тұрған өлшем құралдарына жіберу мақсатында бірліктерді жаңғыртуды және (немесе) сақтауды қамтамасыз ететін өлшем құралы (немесе ӨҚ кешені).

Эталондық қондырғы — эталон ретінде бекітілген ӨҚ кешеніне кіретін өлшеу қондырғысы.

Эталондардың негізгі мақсаты – ФШ бірліктерін жаңғырту және сақтаудың материалдық-техникалық қорын қамтамасыз ету.

Метрологияда дәлдікті (соның ішінде эталондардың) бағалау үшін өлшем нәтижесінің «орташа квадраттық ауытқуы» (ОКА) түсінігі қабылданған. Бұл шама бір ФШ-ның өлшем нәтижелерінің шашырауын сипаттайды.

1.3.2. Жаңғыртылатын бірліктер бойынша эталондарды жүйелеу қағидалары

Халықаралық бірліктер жүйесінің (ИЖ) негізгі бірліктері мемлекеттік эталондардың көмегімен орталықтан жаңғыртылуы қажет.

Қосымша, туынды, және қажет болған жағдайда жүйеден тыс бірліктер техникалық-экономикалық мақсатына байланысты екі тәсілдің біреуімен жаңғыртылады:

1) Орталықтан — барлық ел үшін бірыңғай эталонның көмегімен;
2) орталықсыздандырылған — сәйкес эталондардың көмегімен метрологиялық қызмет органдарында орындалған жанама өлшемдердің көмегімен.

Халықаралық бірліктер жүйесінің (ИЖ) көптеген маңызды туынды бірліктері орталықтан жаңғыртылады: ньютон – күш ($1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$); джоуль— энергия, жұмыс ($1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$); паскаль— қысым ($1 \text{ Па} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$); ом — электрлік қарсыласу; вольт — электр кернеуі.

Өлшемдері эталонмен тікелей салыстыру арқылы берілмейтін (мысалы, аудан бірлігі) бірліктер орталықсыздан жаңғыртылады немесе жанама өлшемдер арқылы тексеру шаралары эталонмен салыстырғаннан берік болса және қажет дәлдікті қамтамасыз етсе (мысалы, сыйымдылық және көлем бірлігі). Сонымен қоса жоғары дәлдіктің тексеру қондырғылары құрылады.

Мемлекеттік эталондар мемлекеттік метрологиялық институттарда сақталады. Оларды ведомстволық метрологиялық қызметтер органдарына сақтауға және қолдануға жол беріледі.

ФШ бірліктерінің ұлттық эталондарынан бөлек, Халықаралық өлшем мен таразы бюросында сақталатын халықаралық эталондар да бар. Халықаралық өлшем мен таразы бюросы эгидасымен ірі метрологиялық зертханалардың ұлттық эталондарының халықаралық эталондармен және өзара жүйелік халықаралық салыстыру жүргізіледі. Мысалы, метр мен килограмм эталонын 25 жылда бір рет, электр кернеуінің, қарсылығының және жарық эталондары – 3 жылда бір рет салыстырылады.

1.3.3. Физикалық шамалар эталондары

Эталондардың көпшілігі өзінің қызметі мен қолданысы үшін жоғары білікті ғалымдарды талап ететін күрделі және барынша қымбат физикалық қондырғыларды білдіреді.

Мемлекеттік эталондардың үлгісін қарастырайық.

Ұзындық эталоны. 1960 жылға дейін келесі метр (м) эталоны қызмет етті. Метр сызғыштың қалыпты қысым кезінде және диаметрлері 1 см кем емес бір жазықтықта бір-бірінен 571 мм қашықта бірдей орналасқан екі роликпен ұсталып тұру шартымен Халықаралық өлшем мен таразылар бюросында сақталатын платина-иридий кесегіне жағылған екі көршілес штрихтың арасында 0°C –тағы қашықтық ретінде анықталды.

Дәлдікті арттыруға қойылатын талап (платина-иридий кесегі метрді 0,1 мкм қателікпен жаңғыртуға жол бермейді) және де шынайы және өлшемсіз эталонды орнату мақсаты 1960 жылы жаңа, қазіргі уақытқа дейін қолданылатын метр эталонының құрылуына әкелді, оның дәлдігі криптон-86- атомының $2p_{10}$ және $5d_5$ деңгейлері арасындағы ауысуға сәйкес келетін сәуле шығару вакуумында $1\,650\,763,73$ толқын ұзындығына тең ұзындық ретінде анықталады.

Эталонның физикалық қағидалары: қоздырылған булар мен газдар спектрінде бірқатар сызықтары бар жарық шығарады. Әр сызық белгілі бір толқын ұзындығы бар монохроматикалық сәуле шығару көзімен анықталады. Атомдар қоздырылып энергияның барынша жоғары деңгейіндегі ($E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$) күйінің біріне өткен кезде жарық шығарады. Кейін атом барынша төмен энергия деңгейі бар қандай да бір басқа, қатаң қолжетімді (дискреттік), энергетикалық жағдайға қайтады. Бұл үрдіс жарық энергиясын шығарумен байланысты.

Метр эталонын сақтау орны—Д.И.Менделеев атындағы БМҒЗИ.

Метр бірлігін жаңғыртудың орташа квадраттық ауытқуы (ОКА) $5 \cdot 10^{-9}$ м-дан аспайды.

Эталон дәлдікті, тұрақтылықты, беріктікті арттыру мақсатында үнемі жетілдіріліп отырады. Әсіресе, метр эталоны үшін қазіргі уақытта монохроматикалық сәуле шығарудың көзі ретінде вакуумде атомдық түйіндерді пайдаланудың негізінде дәлдікті арттыру жолдары қарастырылуда.

Салмақ эталоны. РФ килограммының (кг) мемлекеттік алғашқы эталоны Д.И. Менделеев атындағы БМҒЗИ-да сақталады. Ол ОКА-сы $3 \cdot 10^{-8}$ кг-дан аспайтын салмақ бірлігін жаңғыртуды қамтамасыз етеді.

РФ килограммының Мемлекеттік алғашқы эталонының құрамына төмендегілер кіреді:

- Килограммның халықаралық түпүлгісінің көшірмесі — диаметрі 39 мм және биіктігі 39 мм домалақталған қырлары бар цилиндр пішініндегі гирді білдіретін платина-иридий №12 прототипі;
- №12 түпүлгісінен эталон-көшірмелерге және эталон-көшірмелерден – жұмыс эталондарына салмақ бірлігінің өлшемін жіберу үшін қашықтан басқарылатын 1 кг-ға №1 және №2 эталондық таразылар.

Уақыт пен жиілік эталоны. ГРФ-ның уақыт пен жиіліктің мемлекеттік алғашқы эталоны Бүкілресейлік физика-техникалық радиоөлшемдердің ғылыми-зерттеу институтында (БФТРӨҒЗИ) сақталады.

Эталонда атомдардағы немесе таңдалған заттың молекулаларында өту жиілігіне сәйкес келетін жиілік тірек өлшемі ретінде қабылданатын кванттық өлшемдер қолданылады. Кванттық өлшемдер қада белгілерге және сақтаушыларға бөлінеді. Қада белгілер жиілікті ӨҚ тексеру мен реттеу мақсатында қосылады, ал сақтаушылар (сағаттар) үздіксіз жұмыс жасайды.

РФ уақыт пен жиіліктің мемлекеттік эталонының құрамына төмендегілер кіреді:

- цезийлік қада белгі мен сағат;
- сутекті қада белгі мен сағат;
- рубидий сағаттары (оптикалық толтыру бар рубидий кристалындағы кванттық генератор);
- эталондарды ішкі және сыртқы беттестіру аппараты;
- қамтамасыз ету аппараты.

Жиілік бойынша уақытты жаңғырту кемшілігінің ОКА 10^{-13} Гц-дан аспайды.

Электр тоғы күш бірлігінің эталоны – ампер (А).

Бұл эталон Д.И. Менделев атындағы БМҒЗИ-да сақталады. Ол өзінің құрамына төмендегілерді қамтиды:

- токтаразылары;
- электрлік қарсыласудың алғашқы эталоны – омнан мән алған электрлік қарсыласу катушкасы кіретін тоқ күшінің бірлік өлшемін жіберуге арналған аппаратура.

Жаңғырту кемшілігінің ОКА-сы $4 \cdot 10^{-6}$ көп емес, есептен шығарылмаған жүйелік кемшілік $8 \cdot 10^{-6}$ –нан көп емес.

Температура бірлігінің эталоны. Бұл эталон өте күрделі құрылымға ие. $0,01 \dots 0,8$ К аралықтағы температураны өлшеу магниттік қабылдау термометрінің температуралық шкаласы МҚТТШ бойынша жүзеге асырылады. $0,8.1,5$ К аралығында гелий-3 қаныққан бу қысымының температураға тәуелділігіне негізделген гелий-3 (^3He) шкаласы қолданылады. $1,5.4,2$ К аралығында сол қағидаға негізделген гелий-4 (^4He) шкаласы қолданылады. $4,2.13,81$ К аралығында температура ГҚТТШ қарсылығының германий термометрінің шкаласы бойынша өлшенеді.

$R = R(t)$ тәуелділігі қолданылады. 13,81 ...6 300 К аралығында әр түрлі заттардың бірқатар теңбе-тең күйлеріне негізделген МТШ 90 халықаралық практикалық шкала қолданылады.

1.3.4. Физикалық шама бірліктерінің өлшемдерін жіберу

Алғашқы эталоннан жұмыс шаралары мен өлшеу құралдарына өлшем бірліктерін жіберу разрядтық эталондар арқылы жүзеге асырылады.

Разрядтық эталон — ол бойынша басқа ӨҚ тексеру үшін қолданылатын және Мемлекеттік метрологиялық қызмет (МҚ) органдарында бекітілген өлшем, өлшеу түрлендірушісі немесе өлшеу аспабы.

Тиісті эталоннан жұмыс өлшеу құралдарына (ЖӨҚ) өлшемдерді жіберу тексеру сұлбасы бойынша жүзеге асырылады.

Тексеру сұлбасы — эталоннан жұмыс ӨҚ-ға өлшем бірліктерін жіберу құралдарын, әдістері мен дәлдігін бекітетін белгілі бір тәртіпте бекітілген құжат.

Физикалық шамалардың өлшем бірліктерін жіберу сызбасы (метрологиялық тізбек) — эталондардан жұмыс ӨҚ-ға (алғашқы эталон f_1 эталон-көшірме f_2 f_3 разрядтық эталондар f_4 жұмыс ӨҚ) 1.2-суретте көрсетілген.

Разрядтық эталондар арасында бағыныштылық бар:

1-ші разряд эталондар эталон-көшірмелер бойынша тікелей тексеріледі;

2-ші разряд эталондар 1-ші разряд эталондар және т.б. бойынша тексеріледі.



1.2-сурет. Эталондардан жұмыс өлшем құралдарына физикалық шаманың өлшем бірліктерін жіберу

Ең жоғары дәлдікті жеке жұмыс ӨҚ эталон-көшірмелер бойынша, жоғары дәлдікті – 1-ші разряд эталондар бойынша тексеріле алады.

Разрядтық эталондар Мемлекеттік метрологиялық қызметтің метрологиялық институттарында, және де салалық МҚ тексеру зертханаларында орналасқан, оларға белгіленген тәртіпте ӨҚ тексеру құқығы берілген. ӨҚ разрядтық эталон ретінде Мемлекеттік метрологиялық қызмет органдарымен бекітіледі.

ФШ өлшемдерін дұрыс жіберуді қамтамасыз ету үшін метрологиялық тізбектің барлық буындарында белгілі бір тәртіп орнатылуы тиіс. Бұл тәртіп тексеру сұлбаларында келтіріледі.

Мемлекеттік тексеру сұлбалары және жергілікті тексеру сұлбалары болып бөлінеді (мемлекеттік МҚ жеке аймақтық органдарының немесе ведомстволық МҚ-ның). Тексеру сұлбаларында мәтіндік бөлім және қажетті сызбаларлар мен сұлбалар қамтылған.

Тексеру сұлбаларын қатаң сақтау және разрядтық элементтерді уақытылы тексеру – жұмыс өлшем құралдарына шынайы физикалық шаманың өлшем бірліктерін жіберуге арналған қажетті шарттар.

Ғылым мен техникада өлшеу үшін тікелей түрде жұмыс өлшемдерінің құралдарын қолданады.

Жұмыс ӨҚ — өлшемдерді жіберумен байланысты емес өлшемдер үшін қолданылатын ӨҚ.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Өлшеу кезінде өлшеу мен бақылаудың айырмашылығы неде?
2. Эталондардың негізгі мақсаттары неде?
3. Физикалық шама өлшем бірліктерінің тепе-теңдігі немен қамтамасыз етіледі?
4. Ұзындық бірлігі мен уақыт бірлігінің эталондары қандай қағидаларға негізделген?
5. Тексеру сұлбасы деген не?
6. Жаңғыртылатын бірліктер бойынша эталондарды жүйелеудің қандай қағидалары бар?
7. Эталондардың үлгілерін келтіріңіз.

1.4. ӨЛШЕУ ТЕОРИЯСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ

Ақпараттық теория тұрғысынан өлшеу өлшеу нысаны туралы қосымша ақпарат алуға бағытталған үрдісті білдіреді.

Өлшеу ақпараты деп өлшенген ФШ мәндері туралы ақпарат аталады.

Бұл ақпарат өлшеулі деп аталады, себебі өлшеу нәтижесінде алынады. Осылайша, өлшеу – арнайы техникалық құралдар арқылы ФШ-ның өлшенетін шамасының оның бірлігімен салыстыру тәжірибелік жолымен ФШ мәнін табу.

1.4.1. Өлшеу түрлері мен құралдары

Техникалық құралдар ретінде өлшеу құралдары пайдаланылады.

Өлшеу құралы — өлшеу кезінде қолданылатын және қалыпты метрологиялық қасиеттерге (сипатқа) ие техникалық құрал. ӨҚ ретінде кейде өлшем қолданылады.

Өлшем — берілген өлшемдегі ФШ-ны (гір, өлшем резисторы, температуралық шам және т.б.) жаңғыртуға арналған ӨҚ.

Өлшеу құралдары өлшеу аспаптарына, өлшеу түрлендірушілеріне және өлшеу жүйелеріне (ақпараттық-өлшеу жүйелері) бөлінеді.

Өлшеу аспабы — бақылаушыларға тікелей қабылдауға қолжетімді нысанда өлшеулі ақпараттың дабылын өндіруге арналған ӨҚ (мысалы, сызғыш, штангенциркуль).

Өлшеу түрлендірушісі — жіберу, әрі қарай түрлендіру, өңдеу және (немесе) сақтауға ыңғайлы нысанда өлшеулі ақпараттың дабылын өндіруге арналған, бірақ бақылаушылармен тікелей қабылданбайтын ӨҚ. Өлшеу түрлендірушісі қандай да бір өлшеу аспабының құрамына кіре алады немесе онымен қолданыла алады.

Өлшеу жүйесі — автоматтық өңдеу, жіберу және (немесе) автоматтық басқару жүйелерінде қолдануға ыңғайлы нысанда өлшеулі ақпараттың дабылын өндіруге арналған байланыс арналарымен өзара байланысқан ӨҚ мен көмекші қондырғылардың жиынтығын білдіреді (мысалы, жерсеріктерді қадағалау жүйесі).

Жоғарыда айтылғандай, өлшеу кезінде қолданылатын әдістер мен техникалық құралдар мінсіз болып табылмайды, ал экспериментатордың сезім органдары аспап көрсеткіштерін мінсіз қабылдай алмайды. Сондықтан үрдіс аяқталғаннан кейін өлшеу нысаны туралы біздің білімімізде белгілі бір белгісіздік болады, яғни ФШ шынайы мәнін алу мүмкін емес.

Өлшенетін нысан туралы біздің білімімізде қалған белгісіздік белгісіздіктің әр түрлі өлшемдерімен сипатталады.

Энтропия сынды белгісіздіктің осындай өлшемі ақпарат теориясында барынша кең тараған. Метрологиялық тәжірибеде энтропия іс жүзінде қолданылмайды. Өлшеу теориясында өлшеу нәтижесінің белгісіздік өлшемі бақылау нәтижесінің кемшілігі болып табылады.

1.4.2. Өлшеу нәтижесінің қателігі мен дәлдігі

Өлшеу нәтижесінің қателігі немесе жай ғана өлшеу қателігі деп өлшеу нәтижесінің өлшенетін физикалық шаманың ақиқат мәнінен ауытқуы айтады. Ол келесідей болып жазылады:

$$\Delta = X_{\text{өлш}} - X,$$

мұндағы $X_{\text{өлш}}$ — өлшеу нәтижесі; X — ФШ ақиқат мәні.

Алайда ФШ-ның ақиқат мәні белгісіз болатындықтан, өлшеу қателігі де белгісіз болып қалады. Сондықтан тәжірибеде қателіктің жуық мәндерімен немесе олардың бағалауымен жұмыс жүргізіледі. Қателікті бағалау формуласына ФШ ақиқат мәнінің орнына оның шынайы мәні жазылады. ФШ шынайы мәні тәжірибелік жолмен алынған және ақиқат мәнге жақындығы сонша, берілген мақсат үшін оның орнына қолдануға болатын мән.

Осылайша, қателікті бағалауға арналған формула келесі түрге ие болады:

$$\Delta = X_{\text{өлш}} - Q_{\text{ш}},$$

мұндағы $Q_{\text{ш}}$ — ФШ шынайы мәні.

Осылайша, қателік қаншалықты аз болса, өлшеу нәтижесі соншалықты дәл болады.

Өлшеу дәлдігі — өлшеулердің сапасы, ол өлшеулер нәтижелерінің өлшенетін шаманың ақиқат мәніне жақындығын білдіреді. Сандық түрде ол өлшеу қателігіне кері болады, мысалы, егер өлшеу қателігі 0,0001-ге тең болса, дәлдік 10 000-ға тең.

Өзінің белгіленуі бойынша өлшеу қателігі абсолютті және салыстырмалы болуы мүмкін.

Абсолютті өлшеу қателігі — өлшенетін шаманың бірлігімен өрнектелетін өлшеу қателігі.

Қателіктің пайда болуының негізгі себептері қандай? Өлшеу қателіктерінің төрт негізгі тобын атауға болады:

- 1) өлшеуді орындау әдістемесінен туындаған қателіктер (өлшеу әдістемесінің қателігі);
- 2) өлшеу құралдарының қателігі;
- 3) бақылаушылардың сезу органдарының қателігі (жеке қателіктер);
- 4) өлшеу шарттарының әсерімен түсіндірілетін қателіктер.

Барлық осы қателіктер өлшеудің қосынды қателігін береді. Метрологияда өлшеудің қосынды қателігін екі құраушы: кездейсоқ және жүйелік қателік деп бөлу қарастырылған.

Кездейсоқ өлшеу қателігі – бір өзгермейтін (анықталған) ФШ-ның бірдей дәлдігімен жүргізілген қайталамалы бақылауларда кездейсоқ (белгісі және мәні бойынша) өзгертін өлшеу нәтижелері қателігінің құраушысы.

Жиынтық қателіктің кездейсоқ құраушысы олардың дәлдігі сынды өлшеу сапасын сипаттайды. Өлшеу нәтижесінің кездейсоқ қателігі D деп аталатын дисперсиямен сипатталады. Оның өлшемі өлшенетін ФШ бірліктерінің квадратымен өрнектеледі. Бұл ыңғайсыз болғандықтан, әдетте іс жүзінде кездейсоқ қателік орташа квадраттық ауытқумен сипатталады. Математикалық тұрғыда ОКА дисперсиядан квадрат түбір болып өрнектеледі:

$$\sigma = \pm \sqrt{D} \text{ уф.}$$

Өлшеу нәтижесінің орташа квадраттық ауытқуы – олардың шашыруын сипаттайтын және өлшеу нәтижелерінің дисперсиясынан квадрат түбірге тең өлшеу нәтижелерін орналастыру функциясының өлшемі. Оны келесі жолмен түсіндіруге болады. Егер винтовканы қандай да бір нүктеге дәлдесе, оны жақсылап бекітсе және бірнеше рет оқ атса, бұл нүктеге оқтардың барлығы тимейді. Олар көздеу нүктесіне жақын орналасатын болады. Олардың көрсетілген нүктеден шашырау дәрежесі орташа квадраттық ауытқуымен сипатталады.

Өлшеудің жүйелік қателігі — бір өзгермейтін ФШ-ны қайта бақылау кезде тұрақты болып қалатын немесе заңды өзгертін өлшеу нәтижесінің қателігінің құраушысы. Жиынтық қателіктің бұл құраушысы олардың дұрыстығы сынды өлшеу сапасын сипаттайды.

Жалпы жағдайда, өлшеу нәтижелерінде бұл екі құраушылар үнемі кездеседі. Іс жүзінде олардың біреуі бірінен басым болатындығы жиі байқалады. Бұндай жағдайларда аз құраушыны елемейді. Мысалы, сызғыш немесе өлшеуіштің көмегімен жүргізілген өлшеулер кезінде, ережеге сәйкес, кездейсоқ қателік құраушысы басым болады, ал жүйелік – аз болып, оны елемейді. Кездейсоқ құраушы бұндай жағдайда келесі негізгі қағидалармен түсіндіріледі:

- өлшеуішті (сызғышты) орнатудың делсіздігі (ауытқу);
- есепке алуды бастаудың дәлсіздігі;
- бақылау бұрышының өзгеруі;
- көздердің шаршауы;
- жапықтың өзгеруі

Жүйелік қателік өлшеуді орындау әдісінің жетілдірілмеуінен, ӨҚ қателіктерінен, математикалық өлшеу моделін дұрыс білмеуден, жағдайлардың ықпалынан, градуустау қателігі мен ӨҚ тексеруден, жеке себептерден туындайды.

Өлшеу нәтижелерінің кездейсоқ қателіктері кездейсоқ шама болатындықтан, оларды өңдеудің негізіне ықтималдылық пен математикалық статистика теориясының әдістері жатады.

Кездейсоқ қателік өлшеу дәлдігі сынды сапаны сипаттаса, ал жүйелік – өлшеу дұрыстығын сипаттайды.

Өлшеу дұрыстығы жүйелік қателіктің болуы салдарынан туындаған өлшеу нәтижесінің өлшенетін шаманың шынайы мәнінен ауытқуын білдіреді.

Өлшенетін шаманың өрнектелуі бойынша абсолюттік және салыстырмалы қателіктер деп бөледі.

Абсолютті қателік — өлшенетін шаманың бірлігімен өрнектелетін қателік. Мысалы, 5 кг салмақ өлшемінің қателігі – 0,0001. Ол Δ -әрпіменмен белгіленеді.

Салыстырмалы қателік — бұл абсолютті қателіктің өлшенетін ФШ-ның шынайы мәніне қатынасымен анықталатын өлшемсіз шама, ол пайызбен (%) өрнектелуі мүмкін. Мысалы, 5 кг салмақ өлшеуінің

қателігі – $\frac{0,0001}{5} = 0,00002$ немесе 0,002%. Кейде абсолютті қателіктің ФШ-ның максималды мәніне қатынасы алынады, ол ӨҚ деректерімен өлшенуі мүмкін (аспап шкаласының жоғарғы шегі).

Бұндай жағдайда салыстырмалы қателік келтірілген деп аталады. Салыстырмалы қателік дәрпімен белгіленеді және төмендегідей анықталады:

$$\delta = \frac{\Delta}{X_D} = \frac{X_{\text{изм}} - X_D}{X_D}.$$

$X_D \approx X_{\text{өлш}}$ болғандықтан (немесе одан өте аз ерекшеленсе), іс жүзінде әдетте

$$\delta = \Delta / X_{\text{өлш}}.$$

Өлшеудің кездейсоқ және жүйелік қателіктерінен басқа, өлшеудің *өрескел қателігін* ажыратады. Кейде бұл қателікті ағаттығ деп те атайды. Өлшеу нәтижесінің өрескел қателігі – бұл күтілетіннен де асып түсетін қателік.

Аталып өткендей, жалпы жағдайда өлшеудің жиынтық қателігі құраушысының екеуі де біруақытта кездеседі: кездейсоқ және жүйелік, сондықтан

$$\Delta = \Delta + \Theta,$$

Мұндағы Δ — өлшеудің жиынтық қателігі, ол $\sum \Delta$ түрінде берілуі мүмкін, Δ – өлшеу қателігінің кездейсоқ құраушысы; Θ – өлшеу қателігінің жүйелік құраушысы.

1.4.3. Өлшеу түрлері

Өлшеу тәжірибесінде тек өлшеу құралдарының үлкен саны ғана емес, өлшеу түрлері де кездеседі.

Өлшеу түрлері әдетте келесі белгілер бойынша сыныпталады:

- Дәлдік сипаттамасы — тең нүктелі, тең емес нүктелі (тең шашыраулы, тең емес шашыраулы);
- өлшеу саны — бір реттік, көп реттік;
- өлшенетін шаманың өзгерісіне қатынасы — статикалық, динамикалық;
- метрологиялық мақсаты — метрологиялық, техникалық;

- өлшеу нәтижесін өрнектеу — абсолютті, салыстырмалы;
- өлшеу нәтижелерін алудың жалпы әдістері — тікелей, жанама, бірлесіп, жиынтық.

Тең нүктелі өлшеулер — ӨҚ дәлдігі бойынша және бір жағдайда бірдей орындалған қандай да бір шаманың өлшеулер қатары.

Тең емес нүктелі — ӨҚ дәлдігі бойынша және (немесе) бір жағдайда бірдей орындалған қандай да бір шаманың өлшеулер қатары.

Бір реттік өлшеулер — бір рет орындалған өлшеу.

Көп реттік өлшеу — нәтижесі бірінің артына бірі болатын бірнеше бақылаудардан алынған, яғни бірнеше бір реттік өлшеулерден тұратын бір ФШ өлшемінің өлшеуі.

Тікелей өлшеу — тікелей әдіспен жүргізілетін ФШ өлшеуі, онда ФШ ізделетін мәні тәжірибелі деректерден алынады. Тікелей өлшеу өлшенетін ФШ осы шаманың өлшемімен эксперименталдық салыстыру арқылы немесе ӨҚ көрсеткіштерін шкала немесе сандық аспап бойынша санау арқылы жүргізіледі. (Мысалы, ұзындықты, биіктікті сызғыштың көмегімен өлшеу, кернеуді вольтмердің көмегімен, салмақты – таразының көмегімен өлшеу.)

Жанама өлшеу — белгілі тәуелділіктің ізделетін шамасымен функционалдық байланысқан басқа ФШ-ның тікелей өлшеу нәтижелерінің негізінде алынған өлшеу.

Мысалы: ұзындықты, енін, биіктікті өлшеу арқылы аудан, көлемді табу; электр қуатын тоқ күші мен кернеуді өлшеу әдісі арқылы және т.б.

Жиынтық өлшеулер — бірнеше аттас шамаларды бір уақытта өлшеу, онда шамалардың ізделетін мәндері осы шамалардың әр түрлі үйлесімін өлшеу кезінде алынатын теңдеу жүйесін шешу арқылы анықталады.

Мысалы: жеке бір жиынтықтарының салмақ мәнін бірлердің біреуінің белгілі салмақ мәні бойынша және әр түрлі бірлердің үйлесімін өлшеу (салыстыру) нәтижелері бойынша анықтайды.

m_x, m_2, m_3 салмақты бірлер бар.

Бірінші бірдің салмағы келесідей анықталады:

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

Екінші бірдің салмағы бірінші және екінші бірлер $\overline{M}_{1,2}$ салмақтары мен m_1 бірінші бірінің өлшенген салмағының айырмашылығы ретінде анықталады:

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

Үшінші гiрдiң салмағы бiрiншi, екiншi және үшiнгi гiр (M_{123}) салмақтарының және бiрiншi мен екiншi гiрдiң (m_1, m_2) өлшенген салмақтарының айырмашылығы ретiнде анықталады:

$$m_3 = M_{1,2,3} - m_1 - m_2.$$

Өлшеу нәтижелерiнiң дәлдiгiн арттыру үшiн осы әдiстi жиi қолданады.

Бiрлескен өлшеулер — араларындағы тәуелдiлiктi анықтау үшiн екi немесе бiрнеше аттас емес физикалық шамаларды бiр уақытта өлшеу.

1-мысал. Мәндер жинағы бiр уақытта өлшенiп жатқандағы өлшеу түрлендiрушiсiнiң сатыланған сипаттамасының $y = f(x)$ құрылуы:

$$\begin{array}{ccccccc} X_1, X_2, X_3, \dots, X_i, \dots, X_n \\ \Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow \quad \Downarrow \\ Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_i, \dots, Y_n \end{array}$$

2-мысал. R қарсыласу мен t уақытты бiруақытта өлшеу арқылы қарсыласудың температуралық коэффициентiн (ҚТК) анықтау, кейiн $a(t) = AR/At$ тәуелдiлiгiн анықтау:

$$\begin{array}{cccc} R_1, R_2, \dots, R_i, \dots, R_n \\ \Uparrow \quad \Uparrow \quad \Uparrow \quad \Uparrow \\ t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n \end{array}$$

Осылайша, физикалық шама өлшеу объектiсi болып табылады. Сонымен қатар, физикалық шамамен өлшемі физикалық әдiстермен

1.4.4 Өлшеу әдiстерi

Физикалық шаманың мәні нақты әдiстермен өлшеу құралдары арқылы анықталады. Өлшеу әдiстерi дегенiмiз қағидалар және өлшеу құралдарын пайдалану әдiстерiнiң жиынтығы. Келесi өлшеу әдiстерiн ажыратады:

- *тiкелей бағалау әдiсi* — шаманың мәнін өлшеу аспабының (ұзындықты сызғыштың көмегiмен өлшеу, салмақты — серiппелi таразының көмегiмен, қысымды — манометрдің көмегiмен және т.б.) өлшемдiк қондырғысы бойынша тiкелей анықтау.

- *өлшеммен салыстыру әдісі* — өлшенетін шаманы өлшеммен көрсетілетін шамамен салыстыратын өлшеу әдісі (бөлшектер арасындағы саңылауды қуыс бұрғының көмегімен өлшеу, иінтіректі таразыдағы салмақты гiрдің көмегімен өлшеу, ұзындықты шеттік өлшемдер арқылы өлшеу және т.б.);
- *қарсы қойып салыстыру әдісі* — өлшенетін шама және өлшеммен іске асатын шаманың көмегімен осы шамалар арасында қарым-қатынас бекітілетін салыстыру аспабына бір уақытта ықпал ететін өлшеммен салыстыру әдісі (тең иықты таразылардағы салмақты өлшенетін салмақтың ғимаратымен және оның гiрін екі таразы айшанағымен өлшеу);
- *дифференциалды әдіс* — өлшеуші аспап өлшенетін және өлшеммен берілетін белгілі шаманың әртүрлілігіне ықпал ететін өлшеммен салыстыру әдісі (ұзындықты бір текті шамалардың өлшемін салыстыруға арналған компараторда – салыстыру құралында үлгілі өлшеммен салыстыру арқылы өлшеу);
- *нөлдік әдіс* — шаманың салыстыру аспабына ықпалының нәтижелі әсері нөлге жететін өлшеммен салыстыру әдісі (электрлік қарсыласуды толық теңестірілген көпірмен өлшеу);
- *орнын басу әдісі* — өлшенген шаманы өлшеммен жаңғыртылған белгілі шамамен орнын алмастыратын өлшеммен салыстыру әдісі (кезектеп орнын ауыстыру арқылы өлшенетін салмақты және гiрді таразының сол бір айшанағына өлшеу);
- *сәйкестік әдісі* — өлшенетін шама мен өлшеммен жаңғыртылған шама арасындағы айырмашылықты шкаладағы таңбалардың сәйкестігін немесе кезеңдік дабылдарды пайдалана отырып өлшейтін өлшеммен салыстыру әдісі (штангенциркуль мен нониустың шкалаларында сәйкестік байқаған кезде ұзындықты нониусты штангенциркульдың көмегімен өлшеу; стробоскоптың жарқырауының белгілі бір жиілігінде айналып тұрған объектідегі қандай да бір белгінің жағдайын осы объектінің айналмайтын бөлігіндегі белгімен орнын басатын стробоскоптың көмегімен айналу жиілігін өлшеу).

1.4.4. Өлшеу нәтижелерін өңдеу

Бұрында көрсетілгендей, физикалық шаманың мәнін оның өлшеу нәтижелері бойынша анықтау түпкілікті мүмкін емес.

Өлшеу нәтижелерінің негізінде осы ақиқат мәннің бағалануы (оның орташа мәні) және ізделетін мән сенімді ықтималдылықпен орналасқан ауқым алынуы мүмкін. Басқа сөзбен айтқанда, егер қабылданған сенімді ықтималдылық 0,95-ке тең болса, өлшенетін физикалық шаманың ақиқат мәні 95 % ықтималдылықпен барлық өлшеулер нәтижелерінің анықталған аралығында болады.

Осылайша, өзекшенің ұзындығын көп реттік өлшеудің нәтижесінде оның бағалануы 21,00 см-ге тең деп алынды, ал сенімді аралығы $P = 0,95$ сенімді ықтималдылық кезінде $\pm 0,02$ см тең шекараға ие. Бұл өзекшенің ұзындығының ақиқат мәні 0,95 ықтималдылықпен $(21,00 \pm 0,02)$ см ауқымның ішінде екендігін айтады.

Кез келген өлшеудің нәтижелерін өңдеудің соңғы міндеті өлшенетін физикалық шаманың Q белгіленетін ақиқат мәнінің бағалануын және қабылданған сенімді ықтималдылықпен осы бағалану орналасқан мәндер ауқымын алу болып табылады.

Деректерді өңдеу кезіндегі бақылаулар мен келесі есептеулер нәтижелерінің дәлдігі өлшеу нәтижелерінің қажетті дәлдігімен келісуі қажет. Өлшеу нәтижелерінің қателігін екіден көп емес мәнді сандармен өрнектеу қажет. Екі мәнді сандарды екі жағдайда берген жөн:

- жоғары дәлдікті бақылаулар жүргізген кезде;
- үлкен разрядты 3 санмен өрнектелген қателік кезде, мысалы $\Delta = 22$.

Бақылаулар нәтижелерін өңдеген кезде жақын есептеулер қағидаларын пайдаланған жөн, ал дөңелектеуді бекітілген қағидаларға сәйкес орындау қажет.

Өлшеу нәтижелерін өңдеу стандарттарға, қағидаларға және кеңестерге сәйкес орындалады. Мысалы, тікелей бақылаулар үшін өңдеу МЕМСТ 8.207 — 80 «МӨС. Көп бақылаулы түзу өлшеулер...». бойынша жүргізіледі.

1. Өлшеу құралдары дегеніміз не?
2. Өлшем деп нені түсіндіреміз?
3. Өлшеу нәтижелері қандай белгілері бойынша сыныпталады?
4. Өлшеу нәтижелерін алудың жалпы әдістері бойынша қандай өлшеу түрлері қабылданған?
5. Өлшеу қателігі дегеніміз не?
6. Өлшеу қателіктерін сыныптаңыз (топтаңыз).
7. Өлшеу қателіктерінің құраушыларын атаңыз.
8. Кездейсоқ және жүйелік өлшеу қателіктерінің құраушыларының пайда болуының негізгі себептері қандай?

1.5. РЕСЕЙ ФЕДЕРАЦИЯСЫНДА БІРЫҢҒАЙ ӨЛШЕМДІ

1.5.1. Бірыңғай өлшемді қамтамасыз етудің

Ресейлік өлшеу жүйесі (РӨЖ) өлшеу жүргізетін ұйымдық және функционалдық қатысушылар және өлшеу ақпаратының тұтынушылар бірлестігін көрсетеді.

РӨЖ-ге ресейлік заңнамаға сәйкес әрекет ететін бірыңғай өлшемді қамтамасыз ететін органдар мен қызметтер, әзірлеушілер, өндірушілер (жеткізушілер) және өлшеу құралдарын пайдаланушылар кіреді.

РӨЖ-дің басты мақсаты РФ конституциялық нормаларының, заңдарының, РФ Үкіметінің қаулыларының және мемлекеттік стандарттарының негізінде өлшеудің бұрыс нәтижелерінен қорғау арқылы қоғамның экономикалық және әлеуметтік дамуына ықпал ету болып табылады.

Осы мақсатқа жетуге арналған РӨЖ-дің маңызды міндеті азаматтардың өмір сүру деңгейі мен әл-ауқатына, экономика мен өндіріске, құқықтық тәртіпке, қауіпсіздікке, экологияға, ғылым мен техникаға, қорғаныс қабілетіне және де халықаралық ынтымақтастыққа әсер ететін барлық елдің аумағында бірыңғай өлшемді қамтамасыз ету бойынша бірыңғай техникалық саясат жүргізу болып табылады.

Қазіргі жағдайларда РӨЖ-ді қалыптастыру мен дамытудың бастапқы алғышарттары келесі жағдайлар болып табылады:



1.3-сурет. Бірыңғай өлшемді қамтамасыз етудің құқықтық негізі

- Ресей Федерациясының нарықтық экономикалық қатынастарға өтуі;
- ТМД елдерімен шаруашылықтық, сауда және ғылыми-техникалық қарым-қатынасты және интеграцияны басқару және сақтау мақсаттылығын тану, олармен метрология саласында келісілген саясат жүргізу қажеттілігі;
- Ресей Федерациясы экономикасының еуропалық және әлемдік экономикамен интеграциялану қажеттілігін мойындау.

Көрнекі болу үшін Ресей Федерациясындағы бірыңғай өлшемді қамтамасыз етудің құқықтық және нормативтік базасы 1.3-суретте көрсетілген пирамида түрінде берілуі мүмкін.

Ресейде бірыңғай өлшемді қамтамасыз етудің құқықтық негізін анықтайтын маңызды құжат Ресей Федерациясының Конституциясы болып табылады.

Көрсетілген құжаттың әрі қарай дамуы 2008 жылғы 26 маусымдағы «Бірыңғай өлшемді қамтамасыз ету» № 102-ФЗ Федералдық заңда орын алды.

Иерархия бойынша келесі нормативтік құжаттар Ресейдің Мемлекеттік стандартымен және ғылыми-метрологиялық орталықтармен әзірленді (1.3-суретті қараңыз).

РӨЖ стандарттар, өндірісті метрологиялық қамтамасыз ету, сынау арқылы өнім мен қызметтің сапасын бағалауға арналған объективті құрал болып табылады және келесі негіздерге ие:

- ғылыми — өзінің постулаттары бар метрология;
- нормативтік — заңдар, заңға бағынышты актілер, өлшеу техникасының метрологиясы және өндірісі бойынша стандарттар;
- техникалық — сәйкес сапаны өлшеу құралы (сынақтан өткен және зерттелген);
- ұйымдық — Мемлекеттік метрология қызметі және заң мен жеке тұлғалардың метрология қызметтері.

1.5.2. Мемлекеттік метрологиялық бақылау мен қадағалау

Мемлекеттік метрологиялық бақылау мен қадағалау Техникалық реттеу және метрология бойынша федералды агенттіктің Мемлекеттік метрология қызметімен жүзеге асырылады, ол төмендегілерді қамтиды:

- мемлекеттік ғылыми метрологиялық орталықтар;
- РФ республика, автономды бірліктері, аймақтары, облыстары, Мәскеу және Санкт-Петербург қалаларының аумақтарындағы Мемлекеттік метрологиялық қызмет органдары.

Мемлекеттік метрологиялық қызмет органдары РФ республика, автономды бірліктері, аймақтары, облыстары, Мәскеу және Санкт-Петербург қалаларының аумақтарында мемлекеттік метрологиялық бақылау және қадағалау қызметтерін жүзеге асырады.

Ресей Федерациясының мемлекеттік басқару органдары және де заңды тұлға болып табылатын кәсіпорындар, ұйымдар, мекемелер қажетті жағдайларда белгіленген тәртіпте бірыңғай өлшем мен талап етілетін дәлдікті орындау үшін және метрологиялық бақылау мен қадағалауды жүзеге асыру үшін метрологиялық қызметтерді жасайды.

Мемлекеттік метрологиялық бақылау төмендегілерді қамтиды:

- өлшеу құралдарының түрін бекіту;
- өлшеу құралдарын, соның ішінде эталондарды тексеру;
- өлшеу құралдарын дайындау, жөндеу, сату және жалға алу бойынша заңды және жеке тұлғалардың қызметін лицензиялау.

Мемлекеттік метрологиялық қадағалау төмендегілермен жүзеге асырылады:

- өлшеу құралдарын шығарумен, ахуалымен және қолданумен, өлшеулерді орындаудың аттестациялық әдіснамасымен, шама бірліктерінің эталондарымен, метрологиялық қағидалар мен нормаларды сақтаумен;
- сауда операциясын жүргізген кездегі шығарылатын тауарлар санымен;
- кез келген түрдегі қаптамаға өлшеп қойылған тауарлардың оларды өлшеп қою және сату кезіндегі санымен.

Заңмен тарату саласы, өткізу тәртібіне негізгі талаптар, бірыңғай өлшемді қамтамасыз ету бойынша мемлекеттік инспекторлардың міндеттері мен жауапкершілігі анықталады.

Метрологиялық қағидалар мен нормалардың сақталуын тексеру мақсатында жүзеге асырылатын Мемлекеттік метрологиялық бақылау мен қадағалау:

- денсаулық сақтауда, ветеринарияда, қоршаған ортаны қорғауда, еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз етуде;
- сатып алушы мен сатушы арасындағы сауда операциялары мен өзара есептесулер, соның ішінде ойын автоматтары мен қондырғыларды қолдана отырып жүргізілген операцияларда;
- мемлекеттік есептік операцияларда;
- мемлекеттік қорғанысты қамтамасыз етуде;
- геодезиялық және гидрометрологиялық жұмыстарда;
- банктік, салықтық, кедендік және пошталық операцияларда;
- Ресей Федерациясының заңнамасына сәйкес мемлекеттік қажеттіліктерге арналған келісім-шарттар бойынша жеткізілетін өнімді шығаруда;

- Ресей Федерациясының мемлекеттік стандартының талаптарына сәйкестігін анықтау мақсатында өнімнің сапасын сынау және бақылауда;
- ұлттық және халықаралық спорттық рекордтарды тіркеуде қолданылады.

Мемлекеттік метрологиялық бақылау мен қадағалау құрамында автономды бірліктер, аймақтар, облыстар, Мәскеу және Санкт-Петербург қалалары бар республикалардың нормативтік актілерімен басқа қызмет салаларында да қолданылуы мүмкін.

Мемлекеттік метрологиялық бақылау мен қадағалауды лауазымдық тұлғалар – бас мемлекеттік инспекторлар мен бірыңғай өлшемді қамтамасыз ету жөніндегі мемлекеттік инспекторлар жүзеге асырады.

Заңды және жеке тұлғалар өзіне жүктелген міндеттерді орындау кезінде мемлекеттік инспекторға жәрдемдесулері қажет. Мемлекеттік метрологиялық бақылау мен бағалауды жүзеге асыруға кедергі келтіретін тұлғалар Ресей Федерациясының заңнамасына сәйкес, қылмыстық, әкімшілік немесе азаматтық-құқықтық жауапкершілікке тартылады.

Өлшеу құралдарының түрін бекіту. Мемлекеттік метрологиялық бақылау мен қадағалауды тарату саласында өлшеу құралдары өлшеу құралдарының түрін кезекті бекітумен міндетті түрде сынаққа ұшырайды.

Өлшеу құралдарының түрін бекіту туралы шешім Ростехреттеумен қабылданады және өлшеу құралдарының түрін бекіту туралы сертификатпен куәландырылады.

Бұл сертификаттың әрекет ету мерзімі оны берген кезде орнатылады.

Өлшеу құралының бекітілген түрі Мемлекеттік өлшеу құралдарының тізіліміне енгізіледі.

Мемлекеттік өлшеу құралдарының тізілімін жүргізу тәртібі 50.2.011 — 94 параграфтағы қағидаларда көрсетілген.

Өлшеу құралдарын олардың түрін бекіту үшін сынау өлшеу құралдарын сынаудың мемлекеттік орталықтары ретінде аккредиттелген мемлекеттік ғылыми метрологиялық орталықтармен жүргізіледі. Өлшеу құралдарын сынаудың мемлекеттік орталықтарына қойылатын талаптар мен оларды аккредиттеу тәртібі 50.2.010 — 94 параграфта мазмұндалған.

Ресейдің Ростехреттеу және метрологиясының шешімімен өлшеу құралдарын сынаудың мемлекеттік орталықтары ретінде басқа да мамандандырылған ұйымдар аккредиттеле алады.

Сынақты жүргізу үшін өлшеу құралдарының үлгілері тиісті нормативтік және эксплуатациялық құжаттармен белгіленген тәртіпте ұсынылуы қажет.

Өлшеу құралдарының Ресей Федерациясының аумағында бекітілген түрге сәйкестігі дайындаушы мен пайдаланушылардың орналасқан жері бойынша Мемлекеттік метрологиялық қызмет органдарымен бақыланады.

Бекітілген түрдегі өлшеу құралына және әр дананы сүйемелдейтін эксплуатациялық құжаттарға белгіленген нысанның өлшеу құралдарының түрін бекіту белгісі салынады.

Өлшеу құралдарының түрін бекіту туралы ақпарат және оны алып тастау туралы шешім Ростехреттеу мен метрологияның ресми басылымдарында жарияланады.

Сынақты жүргізу және өлшеу құралдарының түрін бекіту тәртібін 50.2.009 — 94 параграфы анықтайды. Әскери мақсаттағы өлшеу құралдары бойынша бұл тәртіп МЕМСТ РВ 560 — 95 «МӨЖ. ӨҚ ВН. Сынақтар және типті бекіту» стандартымен ережеленеді.

Өлшеу құралдарын тексеру. Мемлекеттік бақылау мен қадағалауға жататын өлшеу құралдары өндірістен немесе жөндеуден шығарған кезде, импорт бойынша енгізген кезде және пайдалану кезінде Мемлекеттік метрологиялық қызмет органдарымен тексеріледі.

Тек тексерілген өлшеу құралдары сатылымға немесе жалға беруге шығарылады.

Өлшеу құралдарын тексеру – өлшеу құралдарының белгіленген техникалық талаптарға сәйкестігін анықтау және растау мақсатында Мемлекеттік метрологиялық қызмет органдарымен (соған уәкілеттелген басқа органдармен, ұйымдармен) орындалатын операциялардың жиынтығы.

Тексеруге жататын өлшеу құралдары тобының тізімдері Рестехреттеумен бекітіледі.

Өлшеу құралдарын тексеру құқығы заңды тұлғалардың аккредиттелген метрологиялық қызметтеріне берілуі мүмкін.

Бұл метрологиялық қызметтердің қызметі қолданыстағы заңнамаға және бірыңғай өлшемді қамтамасыз ету жөніндегі нормативтік құжаттарға сәйкес жүзеге асырылады. Аккредиттеу тәртібі Ресей Федерациясының Үкіметімен анықталады. Өлшеу құралдарын тексеру құқығына заңды тұлғалардың метрологиялық қызметтерін аккредиттеу тәртібі 50.2.014 — 94 параграфында мазмұндалған.

Өлшеу құралдарын тексеру Мемлекеттік метрологиялық қызмет органымен сеніп тапсыру ретінде аттестатталған жеке тұлғамен жүзеге асырылады.

Занды тұлғалардың аккредиттелген метрологиялық қызметтерімен жүзеге асырылатын тексеру қызметі осы заңды тұлғалардың орналасқан жері бойынша Мемлекеттік метрологиялық қызмет органдарымен (Мемстандарттың аймақтық органдарымен) бақыланады.

Тексеру жұмыстарының лайықты түрде орындалуына және тиісті нормативтік құжаттардың талаптарын сақтауына Мемлекеттік метрологиялық қызметтің тиісті органы немесе тексеру жұмыстарын жүргізген метрологиялық қызметтің заңды тұлғасы жауапкершілік танытады.

Мемлекеттік метрологиялық бақылау мен қадағалау саласында өндірістен немесе жөндеуден өлшеу құралдарын шығаратын, өлшеу құралдарын енгізетін және эксплуатацияға берілетін, жалға беру немесе сату мақсатында қолданатын заңды және жеке тұлғалар өлшеу құралдарын тексеруге уақтылы ұсынуға міндетті.

Өлшеу құралдарын тексеруді ұйымдастыру және жүргізу тәртібі 50.2.006 — 94 параграфпен белгіленген.

Өлшеу құралдарын тексерудің оң нәтижелері тексеру таңбасымен немесе куәлікпен куәландырылады.

Жеке аймақтың аумағында өлшеу құралдарын пайдалану орнына шығуымен тексеру жұмыстарын атқару кезінде осы аймақтың атқарушы билік органы тексерушілерге жәрдемдесуге міндетті, соның ішінде:

- оларға тиісті баспана беруге;
- оларды көмекші қызметкерлермен және көлікпен қамтамасыз етуге;
- өлшеу құралдарының барлық иелері мен пайдаланушыларына тексеру болатын уақытты хабарлауға.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

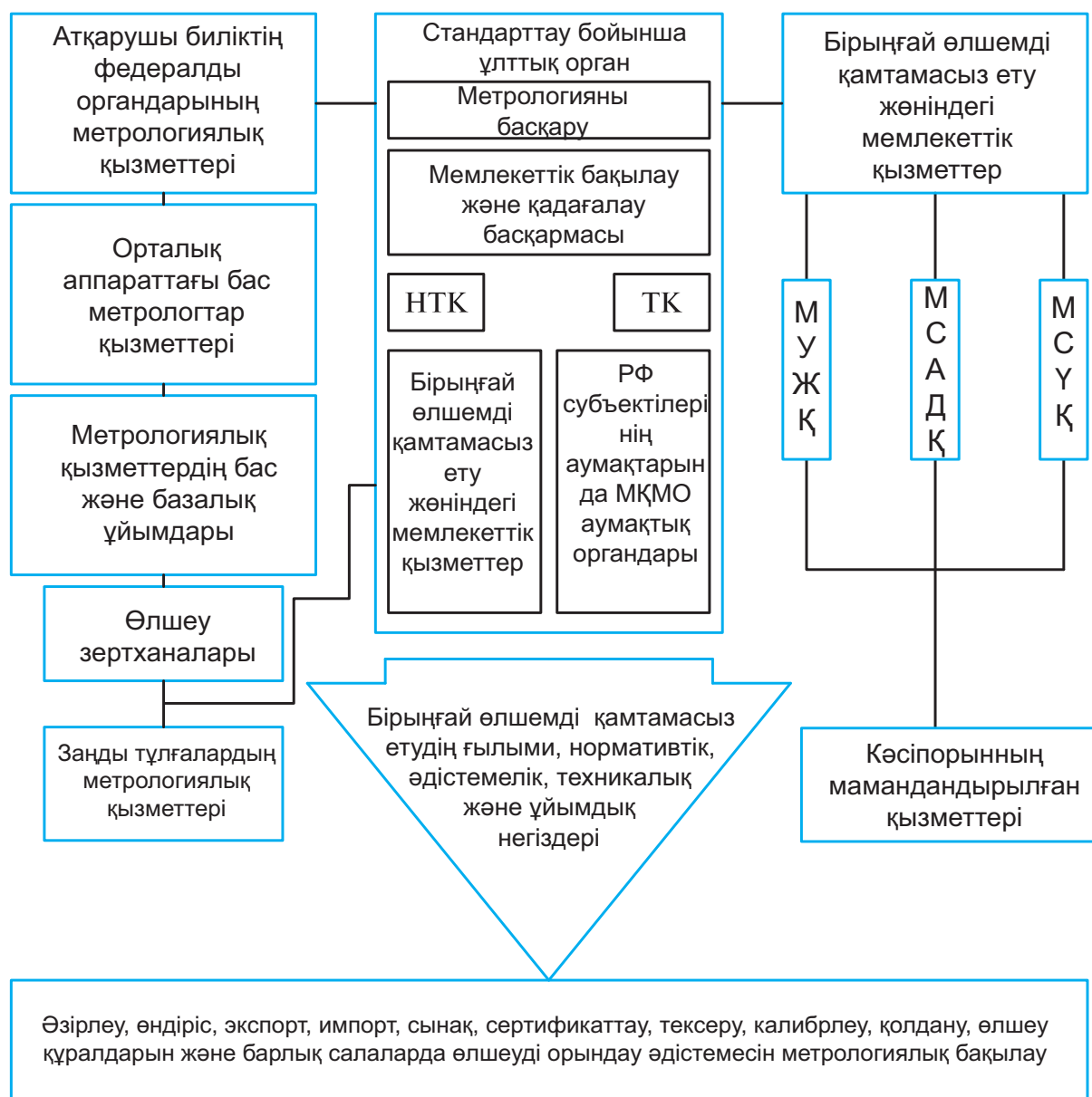
1. Ресейлік өлшеу жүйесі нені қамтиды?
2. Бірыңғай өлшемді қамтамасыз етудің негізгі қырларын атаңыз.
3. Мемлекеттік метрологиялық бақылау мен қадағалау нені қамтиды?
4. ӨҚ тексеруге кімнің құқығы бар?
5. ӨҚ-ның тексерілгендігі қалай көз жеткізуге болады?

Өлшем бірлігін қамтамасыз ету мемлекеттік жүйесінің ұйымдастырушылық негізі болып Ресей Федерациясының метрологиялық қызметі табылады.

КСРО тарағанға дейін тиісті КСРО Мемстандарт басқармаларын, оның ғылыми-зерттеу институттарын, стандарттау және метрология бойынша аймақтық орталықтарын, орталық, басты және базалық ұйымдарымен ведомстволық метрологиялық қызметтерін, сонымен қатар кәсіпорын мен ұйымдардың метрологиялық қызметтерін қамтыған Мемлекеттік метрологиялық қызмет болды.

Қазіргі таңда Ресей Федерациясының метрологиялық қызметі қалыптасу үстінде. Қазіргі таңда ол стандарттау бойынша ұлттық ұйымдармен басқарылады және өзіне келесілерді қамтиды:

- метрология басқармасы;
- Мемлекеттік бақылау және қадағалау басқармасы;
- Ғылыми-техникалық комитеттер (ФТК) және комитеттер;
- Мемлекеттік ғылыми орталықтар;
- Аумақтық ұйымдар – Ресей Федерациясы субъектілерінің аумағындағы Метрологиялық қызметтің мемлекеттік ұйымдары (МҚМҰ);
- Өлшем бірлігін қамтамасыз ету бойынша мемлекеттік қызмет – Уақыт пен жиілік мемлекеттік қызметі (УЖМҚ), Стандартты анықтамалық мәліметтер мемлекеттік қызметі (САҚМҚ), Стандартты үлгілер мемлекеттік қызметі (СҰМҚ);
- Атқарушылық биліктің федералды ұйымдарының метрологиялық қызметтері;
- Орталық аппараттағы бас метрологтар қызметі;
- Салалардың метрологиялық қызметінің басты және базалық ұйымдары;
- Өлшеу зертханалары (орталықтары);
- Заңды тұлғалардың метрологиялық қызметтері;
- Кәсіпорынның мамандандырылған қызметтері.



1.4.-сурет. Метрологиялық қызметтің сұлбасы

Ресей Федерациясының метрологиялық қызметінің сұлбасы 1.4.-суретте көрсетілген.

Қазіргі уақытта қабылданған Ресей Федерациясының метрологиялық қызметінің ерекшелігі атқарушылық биліктің федералды ұйымдарының метрологиялық қызметтеріне, орталық аппараттағы бас метрологтар қызметтеріне, метрологиялық қызметтің басты және базалық ұйымдарына, өлшеу зертханаларына (орталықтарына) және заңды тұлғалардың метрологиялық қызметтеріне мемлекеттік міндеттер тек ішінара жүктелетіндігінде болып табылады

Алдағы уақытта мемлекеттік міндеттер ауқымы ұлғаятыны болжануда.

Сұлбада көрсетілген Ресей Федерациясының метрологиялық қызметінің қатысушылары түпкі нәтижеде ел экономикасына өлшеу құралдарын ойлап табуға, өндіруге, экспорттауға, импорттауға, сынақ жасауға, тексеруге және калибрлеуге, оларды дұрыс қолдануға және расталған ақпарат алуға мүмкіндік беретін өлшеу құралдарын ғылыми, нормативті, әдістемелік, техникалық және ұйымдастырушылық қамсыздандыру негіздерін даярлайды.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Ресей Федерациясында өлшем бірлігін қамтамасыз етудің техникалық және ұйымдастырушылық негізі болып не табылады?
2. Өнімнің тіршілік циклінің қандай кезеңдері қабылданған?
3. Өнімнің тіршілік циклінің қай кезеңінде оның техникалық деңгейі тексеріледі?
4. Ресей Федерациясының метрологиялық қызметі нені қамтиды?

1.7 ТЕХНИКАЛЫҚ БАҚЫЛАУ

МЕМСТ 16504-81 сәйкес *техникалық бақылау (ТБ)*— бұл нысанның бекітілген техникалық талаптарға сәйкестігін тексеру. Ғылым мен техниканың дамуы, өнім сапасына қойылатын талаптың артуы техникалық бақылауға жұмсалатын шығынның артуына әкеліп соқтырады. Кей салаларда бақылауға кеткен шығындар өнімнің өзіндік құнының 50 % асып түседі. Металл өңдеу өнеркәсібінде бақылауға кеткен шығындар өндірістің 8... 15 % құрайды, айта кетерлігі бұл шығындардың 90...95 % сызықтық өлшемдерді бақылауға жатады.

Техникалық бақылау анықтамасына сәйкес нысанды бақылауға техникалық құжаттамалармен ұсынылатын, оның талаптарға сәйкестігі туралы қорытынды беріледі. Бұндай қорытынды өлшеу нәтижелері бойынша немесе нәтижелерінсіз детұжырымдала береді. Мысалы, бір немесе бірнеше параметрлер бойынша бақыланатын өнімге «жарамды» немесе «жарамсыз» деген қорытынды жасалатын шекті калибрлермен бақылау.

Егер бақылау өлшеу құралдарының көрсеткіштері бойынша жүргізілген жағдайда, ол *көрсеткіштерді бақылау* деп аталады. Мысалы, өнімнің жарамдылығын жарамды өнімнің параметрі тұратын көбіне шекті

жалаушалар (тақтайша, белгі) қарастырылатын шкалалы аспаппен анықтау.

Элементтердің орналасу аймағына байланысты бақылау құралы жергілікті және қашықтықты бақылауды ажыратады:

- Егер барлық элементтер өнім дайындалып немесе бақыланып жатқан жұмыс орнында орналасса жергілікті бақылау қолданылады;
- Қашықтықты бақылау барлық элементтерді бір орында орналастыру мүмкін болмаған жағдайда қарастырылады, мысалы қондырғыда сыналып жатқан қозғалтқыштың бақылау көрсеткіштері. (Бұл жерде қозғалтқыш параметрлерін анықтау сынау боксында өңдегіштермен іске асырылады, ал бақылау көрсеткіштері оператор бөлмесінде жүргізіледі.)

Техникалық диагноздау — диагноздау нысанының техникалық жағдайын белгілі нақтылықпен анықтау үдерісі (МЕМСТ 20911—89). Техникалық диагноздаудың нәтижесі қажет болған жағдайда ақау (ақаулар) орнын, түрін және себебін көрсету арқылы нысанның техникалық жағдайы туралы қорытынды болып табылады. Мысалы, қозғалтқыштың әр түрлі тораптарына орналастырылған өңдегіштердің көрсеткіштері бойынша бақыланып отырған параметрлердің нормативті шамасынан ауытқуын немесе олардың нақты мәнін көрсетумен жалпы қозғалтқыштың қызметі туралы қорытынды берілетін арнайы құрылғылардағы автокөлік қозғалтқышын диагноздау.

Сынау дегеніміз оның қызмет істеу кезінде, нысанды үлгілеу және (немесе) ықпалы нәтижесі ретінде сынау нысанының сандық және (немесе) сапалық ерекшелігін эксперименттік анықтау (МЕМСТ 16504 — 81).

Өнімді және оның бөлшектерін сынау өнеркәсіпте өнім сапасын басқару үрдісінде маңызды орын алады. Өнімнің тек қана сапасын емес, оның қоршаған ортаға, тұтынушы өміріне, денсаулығына қауіпсіз екендігін сертификаттау жүйесінің дамуы тек өнеркәсіп саласында ғана емес, оның жобалануынан бастап жоюға дейінгі тіршілік кезеңі бойында сынауға орын анықтайды.

«Өлшеу», «техникалық бақылау», «сынау» ұғымдары өзара байланысты. Өлшеу бақылау немесе сынау үрдісіндегі аралық түрлендіру бөлшегі де, бақылау немесе сынау кезінде ақпарат алудың соңғы кезеңі де бола алады.

Сонымен қатар сынау бақылау үрдісінде ақпарат алудың кезеңі бола алады.

Техникалық бақылау негізгі элементтері нысан, құрал, әдіс, түр, орындаушы, шарт болып табылатын жүйе ретінде қызмет атқарады.

Техникалық бақылау *нысаны* — бақылауға қойылған өнім, оны жасау, қолдану, тасымалдау, сақтау, техникалық қызмет көрсету және жөндеу үрдістері, сонымен қатар тиісті техникалық құжаттамалар. Техникалық бақылау нысандары болып еңбек заттары (мысалы, бұйым, материал және т.б. түріндегі негізгі және көмекші өндіріс өнімдері), еңбек құралдары (мысалы, өнеркәсіп кәсіпорындарының жабдықтар: білдектер, құрылғылар, аспаптар және т.б.) және технологиялық үрдістер есептеледі.

Техникалық бақылау *құралы* — бақылау өткізуге арналған техникалық құрылғы, зат және (немесе) материал. Өлшеу құралдарынан ерекшелігі техникалық бақылау кезінде бақылау мақсатын қамтамасыз ету үшін түрлі заттар немесе материалдар қолданылуы мүмкін.

Техникалық бақылау *әдісі* — бақылаудың белгілі бір қағидалары мен құралдарын қолдану ережесі. Техникалық бақылау әдісіне бақылау нысаны туралы алғашқы ақпарат алу үшін қолданылатын негізгі физикалық, химиялық, биологиялық және басқа да құбылыстар мен тәуелділіктер (заңдар, қағидалар) кіреді. Сонымен қатар, бақылау әдісі қажет жағдайда бақылау кезінде бұл қағидаларды қолданудың белгілі бір реттілігін ұстайды.

Бақылаудың бұзатын және бұзбайтын әдістері ажыратылады.

Бақылаудың бұзатын әдісі — қолдану кезінде нысанның пайдалануға жарамдылығы бұзылуы мүмкін әдіс (бөлшектің, тораптың беріктігін бақылау) контроль.

Бақылаудың бұзбайтын әдісі — қолдану кезінде нысанның пайдалануға жарамдылығы бұзылмауы керек әдіс.

Техникалық бақылау *түрі* — белгілі бір белгі бойынша бақылаудың жіктік топтастырылуы (мысалы, механикалық шамаларды бақылау, жылулық шамаларын бақылау, сапалық сипаттамаларды бақылау, автоматтандырылған бақылау және т.б.).

Техникалық бақылау *шарты* — техникалық бақылау кезінде әсер ететін факторлар мен (немесе) нысанның қызмет ету тәртібінің жиынтығы.

Өлшеу және бақылаудың кез келген операциялары өз кезегінде бір, көбінесе бірнеше физикалық шамалармен сипатталатын нақты жағдайларда орындалады.

Бұл қоршаған ортаның температурасы мен ылғалдылығы, қысымы мен тығыздығы, еркін құлау үдеуі және т.б. Бұл шамалардың барлығы *ішкі әсер етуші шамалар* деп аталады, олар қолданылатын өлшеу құралдарына, бақыланатын нысанға және өлшенетін физикалық шаманың өзіне жиі елеулі ықпал етеді.

Мысалы, бөлшектің ұзындығын сызықты өлшем құралымен (сызғыш, өлшеуіш) өлшеу кезінде қоршаған ауа температурасы, бөлшек және сызғыштың (өлшеуіш) үстінің жарықтандырылуы маңызды мәнге ие. Ал егер бұл бөлшек пластмассаның белгілі бір түрінен жасалса, онда ауа ылғалдылығы да мәнге ие болады. Әрине, аталған мысалда ең маңызды әсер етуші шама температура болып табылады, өйткені қоршаған ауа температурасының өзгеруі бөлшек ұзындығының және сызғыш ұзындығының өзгеруіне әкеліп соқтырады. Бұл өзгеріс қаншалықты үлкен болса, өлшеу нәтижелері соншалықты бұрмаланады. Бөлшектің және сызғыш шкаласының жарықтандырылуы да өлшеу нәтижесіне әсер етеді: әлсіз жарықтандырылу кезінде оператор бөлшек соңының сызғыш сызығымен сәйкес келуін дұрыс анықтамауы мүмкін. Мысалы, ұзындығы 200 мм жез бөлшекті өлшеу кезінде бөлшек және өлшеу құралының температурасында 5^0 айырмашылық болса, өлшеу қателігі 24 мкм құрайды.

Сондықтан өлшеу өткізу және бақылау шарттарын мөлшерлеу мәселесіне айтарлықтай көңіл бөлінеді.

МЕМСТ 21964 — 76 барлық ішкі әсер етуші факторларды келесі топтарға жіктейді:

- *климаттық* — температура, атмосфералық қысым, салыстырмалы қысым, қоршаған ортаның салыстырмалы ылғалдылығы, жел, тұман, шаң, күн көзімен сәулелену;
- *электромагнитті* — қысымның ауытқуы, желідегі айнымалы электр тоғының жиілігі, тұрақты және құбылмалы магнит өрісі, электромагнитті үйлесімділік және басқалары;
- *иондаушы сәулелену* — өлшеу жүргізілетін, табиғи және жасанды пайда болған;
- *механикалық* — тербелістер, соққылар, сызықты үдеткіштер, механикалық қысымдар, күш және т.с.с.;
- *жылулық* — ыстық өту, аэродинамикалық қызу және т.с.с.;
- *арнайы орта* — қышқылды-сілтілік орта, улағыш заттар, жанармай және т.с.с.

Өлшем бірлігін қамтамасыз ету үшін оларды өткізуге қатаң талаптар қойылады. Нақты түрді өлшеу құралдарына нормативті құжаттарда немесе оларды тексеру (калибрлеу) нәтижелері бойынша өлшеудің бірыңғай қалыпты шарттары бекітіледі, яғни өлшеу нәтижелерінің кішкене өзгеруі салдарынан еленбейтін, әсер етуші шамалар жиынтығымен сипатталатын жағдайлар.

Қалыпты жағдайларға сәйкес физикалық шама мәні *әсер етуші шаманың қалыпты мәні* деп аталады және ол атаулы болып саналады. Кең тараған әсер етуші физикалық шамаларды, сонымен қатар сызықты-бұрыштық өлшемдер кезіндегі атаулы мәнді көрсетеміз:

<i>Әсер етуші шама</i>	<i>Әсер етуші шаманың атаулы мәні</i>
Өлшеудің барлық түріне арналған температура.....	20 °C (293 K)
Сызықтық, бұрыштық өлшеуге арналған ауа қысымы, салмақты өлшеу, жарық күші, спектроскопияда өлшеу	101,3 кПа (760 мм рт. ст.)
Сызықтық, бұрыштық өлшеуге арналған ауаның салыстырмалы ылғалдылығы, салмақты өлшеу, спектроскопияда өлшеу 58 %	
Ауа тығыздығы.....	1,2 кг/м ³
Еркін құлау үдеуі	9,8 м/с ²
Қозғалыс параметрлерін, магниттік және электрлік шамаларды өлшеуге арналған магнитті индукция (магнит өрісінің кернеуі) және электростатикалық өріс.....	0
Алдыңғы тармақта көрсетілгендерден басқа, өлшеудің барлық түрлеріне арналған	Аталған географиялық аудандағы
Жер өрісінің сипаттамасына сәйкес келеді	
Ішкі ортаның қозғалыс жылдамдығына қатысты	0

Алайда өлшеу кезінде қиын болады, тіпті әсер етуші бекітілген атаулы шамаларды сақтау мүмкін емес, сондықтан әр әсер етуші шамаға мүмкін болатын өзгерістер шегін анықтайды. Бұл шектер *әсер етуші шаманың қалыпты аумағы* деп аталады. Мысалы, сызықтық өлшеу кезінде температура мәнінің қалыпты аумағы нақтылық деңгейі мен өлшем ауқымына қатысты бекітілген температурадан +20 °C нақты қалыптестер үшін $\pm 0,1$ °C және

бекітілген температурадан $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ қатты қвалиттер үшін $\pm 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ артық өзгермеуі керек, ал бұрыштық өлшеулер үшін бұл шама $\pm 3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ аспауы қажет. Әсер етуші шама мәнінің қалыпты аумағының температурасы $+19,9... +20,1\text{ }^{\circ}\text{C}$; $+16... +24\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $+16,5... +23,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ауқымында орналасуы қажет.

Басқа әсер етуші шамалардың қалыпты аумағы барабар бекітіледі.

МЕМСТ 8.050-73 сәйкес қалыпты жағдайларға талаптар өлшенетін шама шегіне және өлшемнің ұйғарынды қателігіне қойылатын талаптарға қатысты бекітіледі.

Өлшеуге дайындық кезінде *жұмыс кеңістігін* анықтау қажет, жұмыс кеңістігі – шамаға әсер ететін мәннің қалыпты аумағы бекітілген шекте орналасқан кеңістіктің бөлігі (өлшеу құралының айналасындағылар және өлшеу нысаны). Егер жұмыс кеңістігі анықталмаса, өлшеудің қалыпты шарттары олар жүзеге асырылатын барлық орында қамтамасыз етіледі.

Өлшеудің қалыпты шарттарын қамтамасыз ету үшін стандарт талаптарға сәйкес өлшенетін нысан салмағына және талап етілген өлшеу нақтылығына байланысты өлшеу басталғанға дейін 2.36 сағат ішінде өлшеу (бақылау) нысандарының ұсталым уақытын және шарттағы өлшеу құралдарын бекітеді.

Машина жасауда нақты өлшеу кезінде қалыпты жағдайды қамтамасыз ету үшін әсер етуші шамалар ықпалынан қорғайтын арнайы құралдарды пайдаланады. Температураның әсерін белгілі бір температурада ұстау жолымен тоқтатады, яғни жұмыс кеңістігін белгілі бір температурамен қамтамасыз ету. Өлшеу құралдарын, өндіріс орындарын (цех, зертхана), камераларды белгілі бір температурада ұстауға болады.

Діріл мен шайқалуды жою мақсатында амортизаторлар қолданылады: икемді аспалар (ішектер, серіппелер және т.б.), кеуекті резеңке және т.б.

Жердің магниттік өрісінің ықпалынан қорғау құралы қызметін магниттік жұмсақ материалдардан жасалған экрандар атқарады.

Атмосфералық қысымды өлшеу нәтижесіне ықпалды азайту үшін барокамералар қолданылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Техникалық бақылаудың қандай түрлері машина жасауда қолданылады?

2. Қандай мақсатпен өлшеу және бақылау өткізу шарттарын қалыптастырады?
3. Сызықтық-бұрыштық өлшеуге қандай ішкі әсер етуші ықпалдар қатысады?
4. Өлшеудің қалыпты шарттары дегеніміз не?
5. Сызықтық-бұрыштық өлшеу үшін физикалық шамаларға әсер ететін қандай атаулы мәндер бекітілген?
6. Машина жасауда әсер етуші шамалар ықпалынан қорғайтын қандай арнайы қорғаныш құралдары қолданылады?

1.8

ӨЛШЕУ ЖӘНЕ БАҚЫЛАУ ҚҰРАЛДАРЫ

1.8.1. Айқындаушы белгілер бойынша өлшеу және бақылау құралдарының жіктелімі

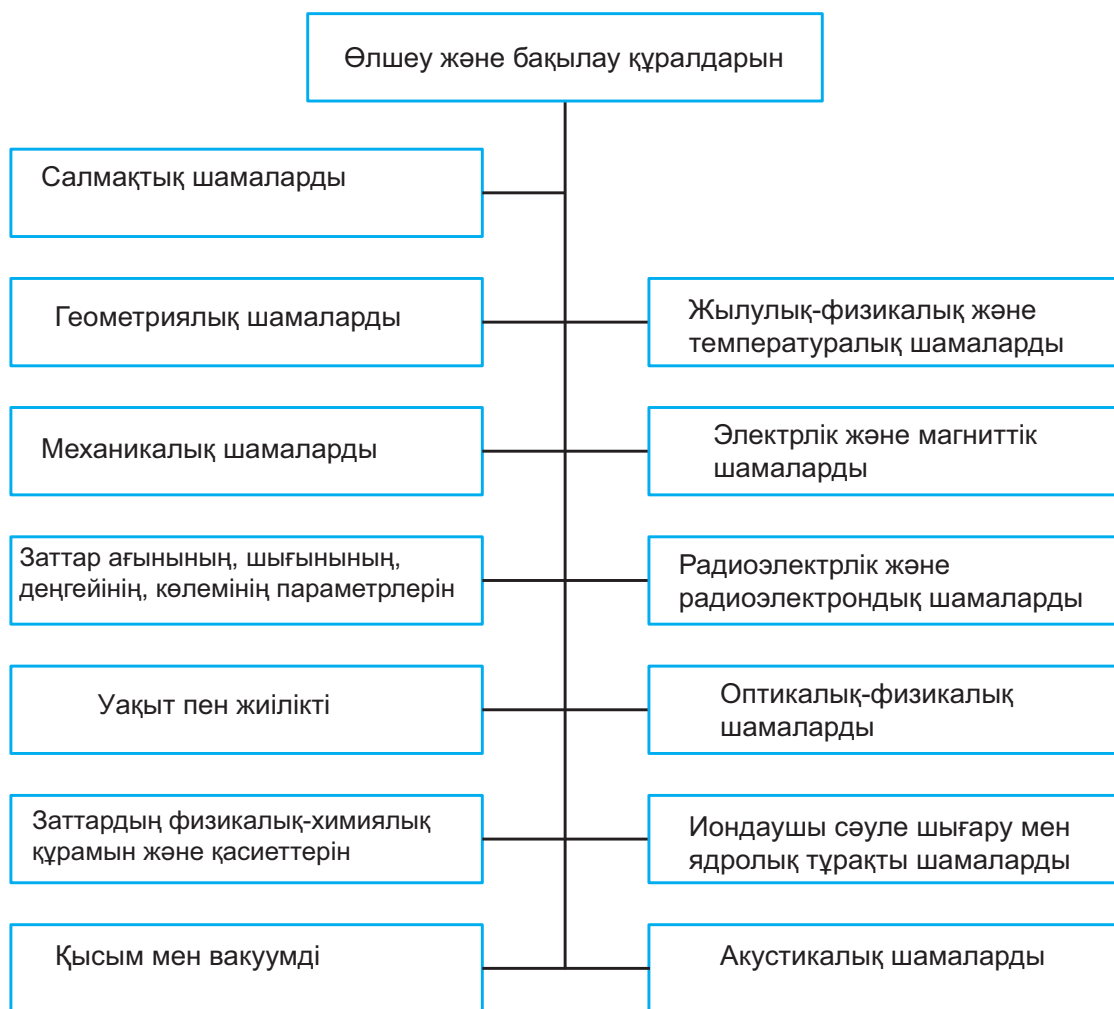
Машина жасауда қолданылатын өлшеу және бақылау құралдары әр түрлі белгілер бойынша жіктеледі:

- Қадағаланатын физикалық шамалардың үлгілері мен түрлеріне байланысты;
- Тағайындалуына — әмбебап және арнайы;
- Тағайындалған өлшенетін бір нысан кезінде тексерілетін параметрлер санына — бір өлшемдік және көп өлшемдік ;
- Өлшеу үрдісінің механикаландырылу және автоматтандырылу дәрежесіне — қолмен қозғалту, механикаландырылған, жартылай автоматты, автоматты.

МИ 2222-92 сәйкес қадағаланатын физикалық шамалар үлгісі бойынша өлшеу және бақылау құралдарының жіктелімі 1.5-суретте көрсетілген, ал бақыланатын физикалық шамалардың түрлері бойынша 1.6-суретте көрсетілген.

Әмбебап өлшеу құралдары мен аспаптары жеке және ұсақ сериялы өндіріс жағдайларында, сонымен қатар білдектерді жөндеу, өндірістің барлық түрлерін аса жауапты, жаппай және ірі сериялы өлшеулер кезінде сандық шамаларды және ауытқуларды, дұрыс геометриялық нысандардан ауытқуларды және беттің өзара орналасуын (арнайы аспаптар болмаған жағдайда) анықтауда кең қолданысқа ие болды(1.7-сурет).

Бөлшектерді өңдеу және машина тораптары мен агрегаттарын жинау, машинаның жаппай шығарылуы кезінде өнімділікке, нақтылық пен сапаға талаптың артуы технологиялық үрдістердің кеңейетін автоматтандырылуы жағдайында үлкен мәнге *бақылаудың автоматты құралдары* ие болады.,

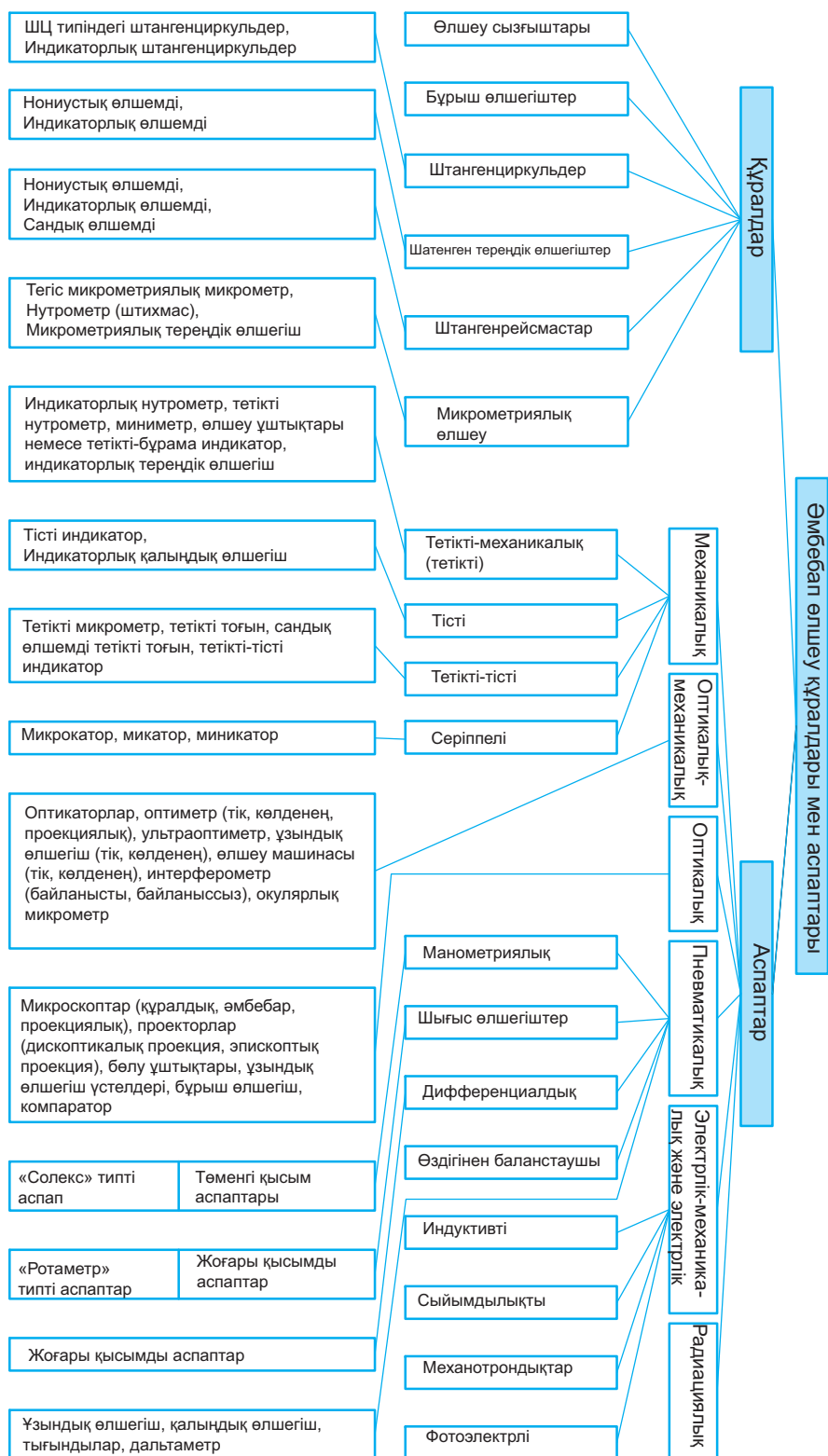


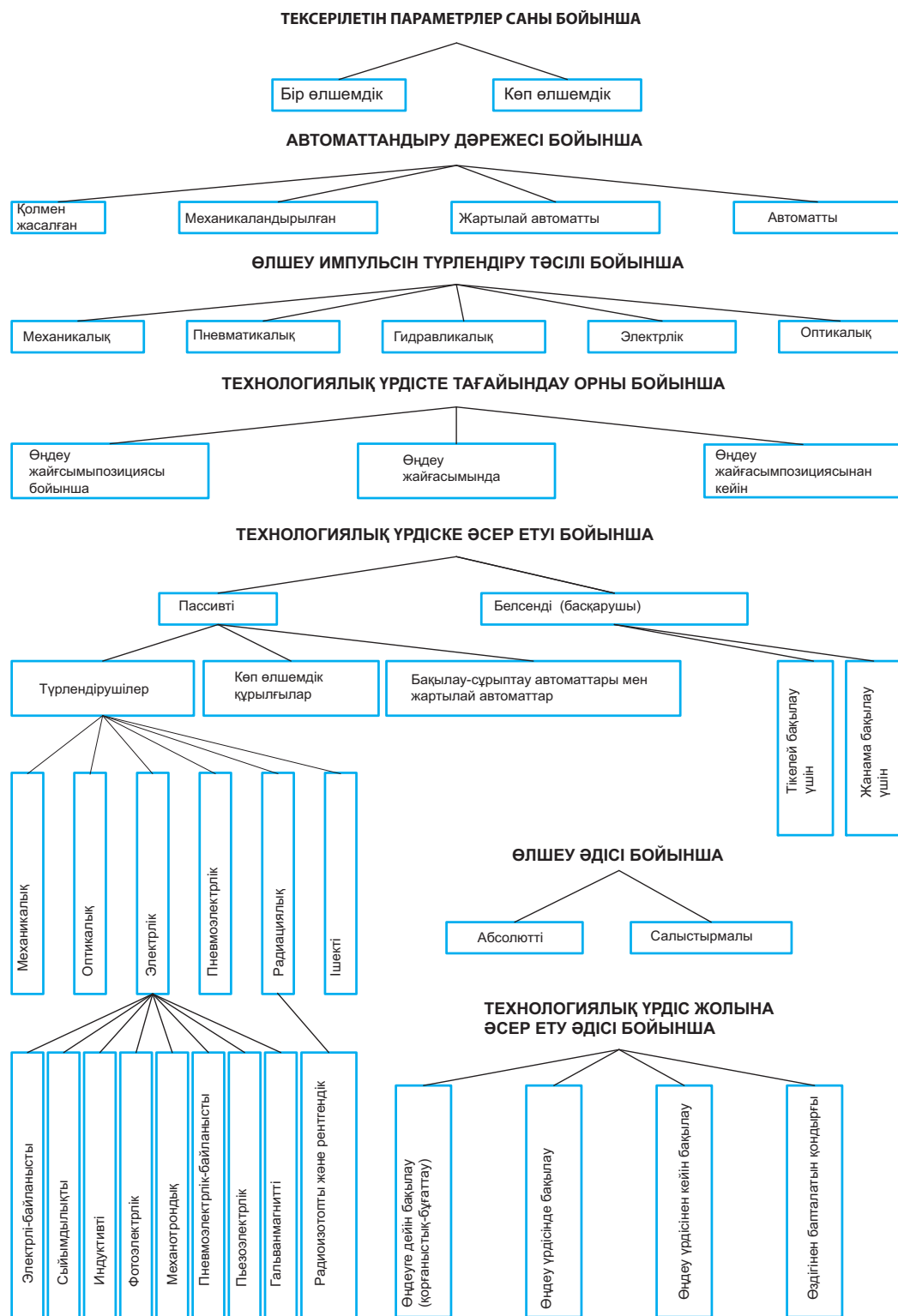
1.5-сурет. Физикалық шама үлгісі бойынша өлшеу және бақылау құралдарының жіктелімі



1.6-сурет. Өлшенетін геометриялық шамалардың түрі бойынша өлшеу және бақылау құралдарының жіктелімі

1.7-сурет. Әмбебап өлшеу құралдары мен аспаптарының жіктелімі





1.8-сурет. Бақылаудың автоматты құралдарының жіктелімі

Олар тексерілетін параметрлер саны, өлшеу импульсін түрлендіру, технологиялық үрдісте тағайындау орны, технологиялық үрдісте әсер етуі бойынша жіктеледі (1.8-сурет).

Бақылау операцияларын қол, жартылай автомат немесе автоматтыға жатқызу t_k бақылаудың жалпы (жиынтық) уақытына қол операцияларына кететін t_Σ уақыттың қатынасы бойынша жүргізуге болады. Егер $t_k / t_\Sigma > 0,5$ болса, онда бақылау қолмен жүргізіледі деп саналады (мысалы, қол калибрлерімен және сызықты өлшеу құралдарымен бақылау). Егер $0,02 \leq t_k / t_\Sigma \leq 0,5$ болса, онда бақылау жартылай автоматты болып саналады (мысалы, бақылау нысанын бақылау құрылғылы үстелге қолмен орнатады, ал көрсеткіштерді бақылаудың келесі үдерісі – автоматты). Егер $t_k / t_\Sigma < 0,02$ болса, онда бақылау автоматты болып саналады (бақылау нысанын орнату, оны өлшеу, нәтижелерді бағалау және бақылау нысанын алу оператордың қатысуынсыз жүргізіледі).

Оператордың қатысу дәрежесі бойынша техникалық бақылау жіктелімінен басқа бақылау түрлері уақыт үлесі бойынша (үздіксіз, мерзімді, өткінші), технологиялық үдеріс кезеңі бойынша (кірме, операциялық, қабылдаушы), бақылау нысанын таңдау тәсілі бойынша (жаппай, таңдамалы), орындаушылар бойынша (жұмыс орнында оператормен бақылау, шебердің бақылауы, ТББ бақылауы, инспекциялық) ажыратылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Өлшеу құралдарының түрлендіру өлшегішінен қандай айырмашылығы бар?
2. Өлшеу және бақылау құралдары белгілері бойынша қалай жіктеледі?
3. Машина жасау саласында әмбебап, автоматты өлшеу және бақылау құралдарының қолданылу аясы қандай?

1.8.2. Өлшеу және бақылау құралдарының жалпы құрылымдық сұлбасы

Өлшеу құралдарын, жеке өлшеу құралдарын жасау және зерттеу үшін өлшеу және бақылау құралдарының жалпы құрылымдық сұлбасын жиі

қолданады. Бұл сұлбаларда өлшеу құралдарының жеке элементтері физикалық шамамен сипатталатын, бір-бірімен дабылдар арқылы байланысқан таңбалық блоктар түрінде көрсетілген.

РМГ 29-99 өлшеу құралдарының келесі жалпы құрылымдық элементтерін анықтайды: сезімтал, түрлендіргіш элементтер, өлшеу тізбегі, өлшеу механизмі, көрсеткіш құрылғы, шкала, белгі, тіркеу құрылғысы.

Кез келген өлшеу құралының бастапқы міндеті физикалық шаманы қабылдау болып табылады. Бұл қызметті сезімтал элемент атқарады. *Өлшеу құралының сезімтал элементі* — кірме өлшеу дабылын қабылдайтын, өлшеу тізбегіндегі өлшеу түрлендіргішінің бөлігі. Дәл осы элемент өлшеу құралының өлшенетін шаманың өзгеруіне жауап қайтара алу қабілетін анықтайды. Сезімтал элементтің құрылымдық түрлілігі сан алуан; олар өлшеу және бақылау құралдарының құрылымына арналған бөлімдерде қарастырылатын болады.

Бұл элементтің негізгі міндеті өлшеу ақпараты дабылын одан әрі өңдеуге ыңғайлы түрде қабылдау болып табылады. Бұл дабыл механикалық (ауысу, айналу), пневматикалық, электрлі және т.б. болуы мүмкін.

Белгілі бір физикалық құбылыстарды өлшеу кезінде сезімтал элемент қабылдаған дабылды басқа физикалық шамаға түрлендіру қажеттілігі туындайды (мысалы, қысымды электрлі шамаға, температураны қысымға т.с.с.). Бұл қызметті түрлендіргіш элемент атқарады.

Өлшеу құралының түрлендіргіш элементі — бұл шаманың жүйелі өзгерістерінің бірі жүретін элемент. Ол өлшеу ақпаратының дабылын беруге, бұдан әрі түрлендіруге, өңдеуге және (немесе) сақтауға ыңғайлы түрде қабылдауға арналған (мысалы, электрлі емес шаманы электрліге түрлендіру). Қағида бойынша бұл ақпарат бақылаушының тікелей қабылдауына берілмейді. Түрлендіруші элемент бөлек құрылымға бөлінуі мүмкін, екі және одан көп түрлендірушілерден тұруы да мүмкін. Өлшеу тізбегінде бірінші тұрған түрлендіруші элемент көбінесе *бастапқы түрлендіруші* деп аталады (мысалы, термоэлектрлік термометрдегі жылу сезгіш элемент).

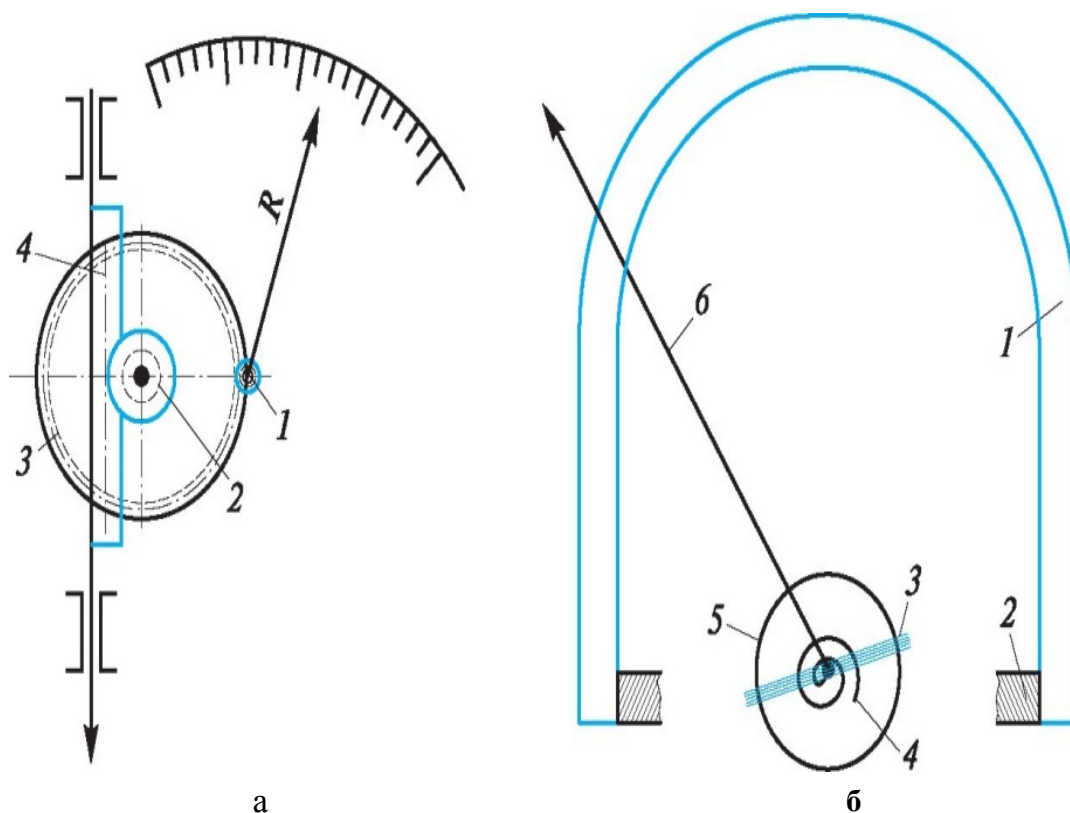
Әдеттегідей физикалық шама тегін өзгертпейтін аралық (қайталама)

түрлендірушілердің үлкен тобы бар. Телнұсқалы, сандық-телнұсқалық (СТТ) және сандық-үйлестік (СҮТ) түрлендірушілер кең таралған.

Өлшеу ақпараты дабылын қашықтықтан жіберу үшін жібергіш өлшеу түрлендіргіштері, ал оның бір рет белгіленген өзгеруіне ауқымды өлшеу түрлендіргіштері қарастырылады. Мысалы, индуктивті және пневмативті түрлендіргіштер жібергіш түрлендіргіштерге жатады, ал вольтметрлер немесе электронды осциллографтардың кірмесінде кернеуді бөлушілер мен өлшеу күшейткіштері ауқымды өлшеу түрлендіргіштеріне жатады.

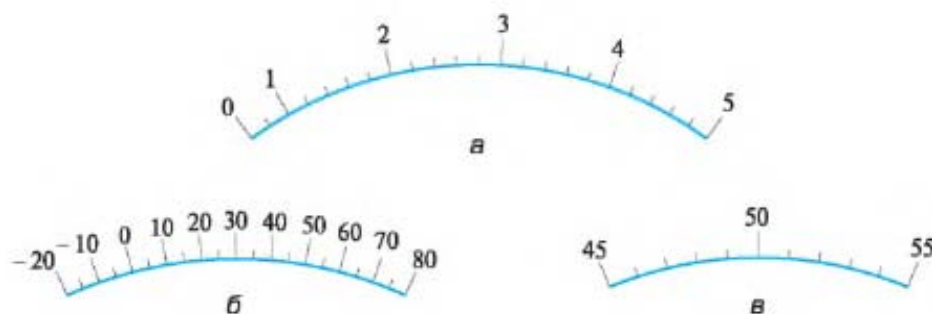
Өлшеу құралдарының өлшеу тізбегі — аталған физикалық шаманың өлшенетін дабылының кіргеннен шыққанға дейінгі үздіксіз жолын жасайтын өлшеу құралдары элементтерінің жиынтығы.

Өлшеу механизмі — белгінің (тіл, жарық таңбасы және т.б.) қажетті қозғалуын қамтамасыз ететін өлшеу құралдары элементтерінің жиынтығы. Мысалы, сағат түріндегі өлшеу механизмінің индикаторы (1.9-сурет а) 1, 2, 3 тісті дөңгелектерден және 4 тісті тақтайдан тұрады.



1.9-сурет. Өлшеу механизмдерінің құрылымы:

а — сағат түріндегі индикатор: 1, 2, 3 — тісті дөңгелектер; 4 — тісті тақтай; *б* — магнитті-электрлі өлшеу аспабы: 1 — тұрақты магнит; 2 — полюсті ұш; 3 — жылжымалы шеңбер; 4 — серіппе; 5 — білік; 6 — тіл



1.10-сурет. Шкала түрлері:

а — бір жақты; б — екі жақты; в — нөлсіз

бөлшектері мен оған тоқ жеткізуші 4 серіппелі 3 жылжымалы шеңберлі тұрақты магниттен тұрады.

Өлшеу құралының көрсеткіш құрылғысы — өлшенетін шамалар мәнін көзбен көріп қабылдауды қамтамасыз ететін өлшеу құралдарының жиынтығы. Ол көбінесе өзіне шкала мен белгіні қамтиды. Өзі жазатын аспаптарда есептеуші құрылғы диаграмма түрінде жазба жүргізеді, интегралды аспапта көбінесе санақ механизмі қолданылады.

Шкала өзіне қатысты нөмірлермен бірге белгілердің ретке келтірілген қатарын ұсынады. Шкалалар бір жақты (1.10-сурет, а), екі жақты (1.10-сурет, б) және нөлсіз (1.10-сурет, в) болады. Бір жақты шкалаларда өлшеу құралдарының бір өлшеу шамасы нөлге тең болады. Екі жақты шкалаларда нөлдік мән шкалада орналасқан. Нөлсіз шкалаларда нөлдік мән болмайды.

МЕМСТ 8.401 — 80 сәйкес бөлік ұзындығы бір-бірінен ең көп дегенде 30 % ерекшеленетін және бөлудің тұрақты бағасына ие болатын шкаланы *іс жүзінде біркелкі* шкала деп атайды. *Айтарлықтай біркелкі емес шкала* — бөліктері біртіндеп тарылатын шкала, ал *дәрежелік шкала* — бөлікті кеңейтетін шкала, жоғарыда көрсетілген шкалалардың ішіндегі ерекшесі.

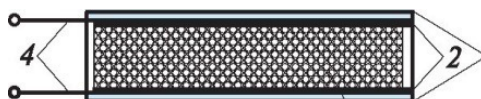
Белгі — шкала таңбасына қатысты орны өлшеу құралының көрсеткішін анықтайтын көрсеткіш құрылғының бөлігі. Белгі көрсеткіш білік немесе жарық көрсеткішті сәуле түріндегі материалдан жасалуы мүмкін.

Көрсеткіш аспаптарда шкала мен белгі болған жағдайда екі түрлі есептік құрылғы болуы мүмкін: белгі қозғалмайтын шкалаға қатысты қозғалады (сағат түріндегі индикаторлар, вольтметрлер, амперметрлер және т.б.) немесе шкала қозғалмайтын белгіге қатысты қозғалады (микрометрлер, оптиметрлер және т.б.).

Цифрлық есептік құрылғылар не механикалық, не жарықтық болады. Механикалық есептік құрылғыларды өлшенетін шама білік бұрылыстарының сәйкес бұрыштарына түрленетін цифрлық аспаптарда қолданады (мысалы, бензин колонкаларының кей түрлеріндегі, цифрлық таспалы және цифрлық аунақшалы аспаптардағы және т.б. есептік құрылғылар).

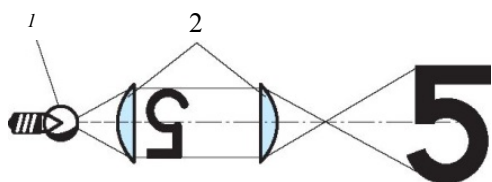
Сұйық кристалдарға негізделген индикаторлы құрылғы жүйелеріндегі жарық тақта өлшенетін шамалар импульсті дабылдардың белгілі бір реттілігіне түрленетін электронды цифрлық өлшеу құралдарында қолданылады (мысалы, электронды сағаттарды тақтасы, электронды цифрлық есептік құрылғылы штангенциркуль және т.б.).

Сұйық кристалды индикаторлар өзімен белгілі бір температурадан төмендегенде кристаллдарға, ал жоғары болса сұйықтыққа айналатын көміртегі мен оттегінің қосылуын (карбоксид) ұсынады. Сұйық кристалды тор құрылғысы 1.11-суретте көрсетілген. Бұндай тор араларында 3 сұйық кристалды қоспа мен 4 кернеу қосымшасына арналған жеткізуші сым орналасқан 1 екі параллель шыны пластинкадан тұрады. Қалайы оксидінен жасалған таспаның ішкі бетінде кернеу болмаған жағдайда 2 тор мөлдір болады. Тұрақты кернеу келген кезде тор мөлдірленеді. Сайып келгенде оқылатын сандар пайда болады.



1.11-сурет. Сұйық кристалды тор құрылғысы:

1 — шыны пластинкалар; 2 — қалайы оксидінен жасалған таспа; 3 — сұйық кристалды қоспа; 4 — кернеу келуге арналған жеткізуші сымдар



1.12-сурет. Жобалаушы сандық белгі құрылғысы:

1 — шам; 2 — линза жүйесі

Сонымен қатар газбен зарядталатын белгілер (суық катодты газбен толтырылған шамдар), жарық диодты белгілер қолданылады. Жарық диодты сандық аспаптарда (галлий арсенидінен жасалған) сандар электр энергиясы келетін жартылай өткізгіштің нүктелік немесе сызықтық сегменттерінен құрылады, жартылай өткізгішті сәулеленудің нәтижесінде спектрдің көрінетін аумағында сәуле пайда болады. Бұл аспаптарда санның биіктігі 20 мм аспайды.

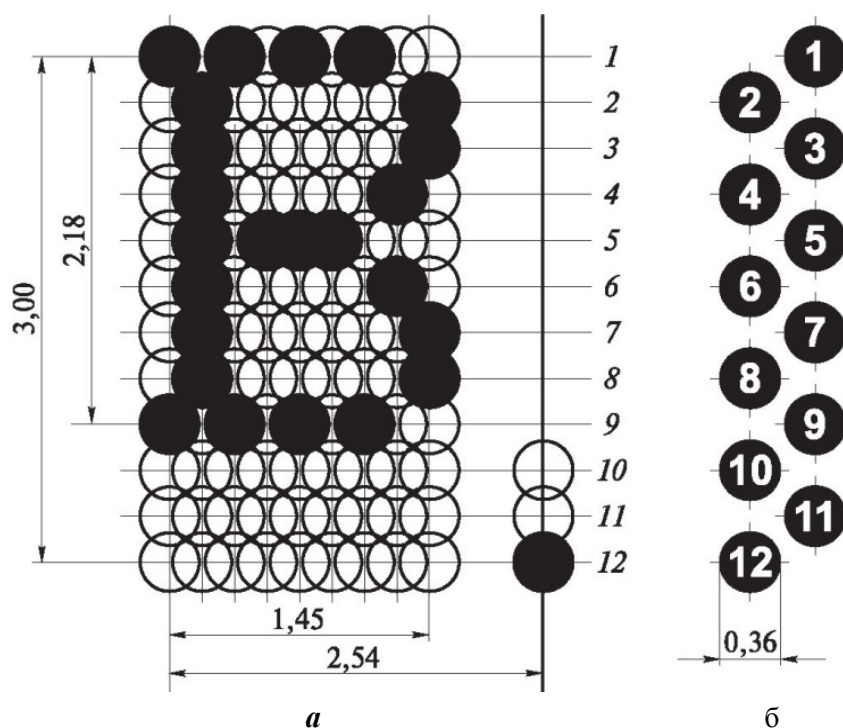
Өлшеу құралының тіркеу құрылғысы — өлшенетін мәнді немесе оған қатысты шаманы тіркейтін өлшеу құралы элементтерінің жиынтығы. Тіркеуші өлшеу аспаптары ретінде диаграмма пішінінде (өзі жазатын вольтметр, профилограф, барограф, термограф және т.б.) көрсеткіштерді жазу қарастырылған өзі жазатын және сандық пішінде көрсеткіштерді басып шығару қарастырылған басып шығаратын аспаптар кең қолданылады.

Басып шығаратын құрылғылар екі топқа бөлінеді: соққылы және соққысыз әсер.

Соққылы әсерлі басып шығаратын құрылғыларда басып шығару үдерісі литералы немесе таңбалы (қол және электрлі басып шығарушы машиналар) немесе инелі (матрицалық басып шығарушы құрылғылар) тетіктің боялатын таспаға соққысы нәтижесінде жүзеге асырылады. Басып шығарушы құрылғылардың басқа да түрлері бар: цилиндр бастиекті, сфералық бастиекті, түймедақ түріндегі дөңгелекті (*daisywheel*), матрицалық, барабанды, тізбекті және таспалы. Бұндай құрылғылардың басу жылдамдығы секундына 10 таңбадан минутына 20 000 жолға дейін жетеді.

Соққысыз әсерлі басып шығаратын құрылғыларда басып шығару үдерісі арнайы дайындалған қағазға физикалық немесе химиялық әсер етумен іске асады. Бұндай басып шығару құрылғыларының келесі түрлері бар: жылу матрицалық, электр сезгіш, электростатикалық, ксерографикалық, бояуды үздіксіз жіберетін немесе бояуды сұраным бойынша жіберетін лазерлі. Басып шығару жылдамдығы минутына 300-ден 45 000 жолға дейін жетеді.

Заманауи басып шығару құрылғыларында матрицалық құрылғы, не



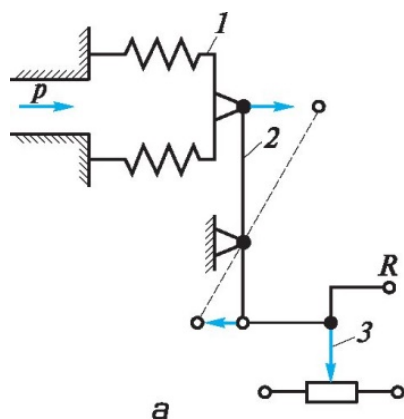
1.13-сурет. Матрицалық басып шығару құрылғысы шығарған сурет (өлшемдері мм көрсетілген): *a* — каріптің қалыпты ені; *б* — шүмектің немесе иненің орналасуы

инелі басу механизмі, не болмаса сия (бояу) ағынын жіберу жиі қолданылады. Екі нұсқада да бірдей матрицалық түсінік қолданылады (1.13-сурет).

Әр өлшеу құралы сәйкес құрылымдық сызбада көрсетіле алады.

Мысалы, 1.14-суретте, *a* қысымды түрлендіру сұлбасы көрсетілген. Жарғақ *1* өлшенетін шаманы (ауа қысымы) қабылдайды және *2* тетік арқылы құрылғыға шығыс шамасы болып табылатын электр кедергісін өзгерте отырып *3* реостат қозғалтқышын ауыстырады. Қабылданған терминологияға сәйкес 1.14-суретте, *б*, көрсетілген сұлбадағы *1* бастапқы түрлендіргіш, ал *2* және *3* элементтер аралық және жіберуші түрлендіргіштер болып табылады.

Өлшеу құралдарының, олардың құрылымдық элементтерінің, көмекші құрылғыларының түрлі әдістер арқылы бірігуі және үйлесуі өлшеу үдерісін автоматтандыруға арналған өлшеу жүйелерінің кең ауқымда қолдануға және өндірістің түрлі үрдістерін автоматты басқаруға арналған өлшеу нәтижелерін пайдалануға мүмкіндік береді.



1.14-сурет. Қысым түрлендіргіштерінің сұлбасы

а: 1 — жарғақ; 2 — тетік; 3 — реостат қозғалтқышы; б: 1 — бастапқы түрлендіргіш; 2 — аралық түрлендіргіш; 3 — таратқыш түрлендіргіш

Өлшеу жүйесінің көмекші элементтері (өлшеу қажеттіліктері) ретінде қажетті нақтылықпен өлшемдерді жүргізуге арналған керекті шарттарды қамтамасыз ету үшін қызмет атқаратын құрылғылар қолданылады. Оларға мысалы, барокамера, термостат, магнит өрісі әсерін экрандайтын құрылғы, өлшеу күшейткіштері, арнайы дірілге қарсы іргетастар, тіпті қарапайым лупа да жатады. Бұл элементтер өлшеу құрылғыларының сезімталдығын арттыруға немесе өлшенетін шаманы әсер ететін шамалардың бұрмалаушы әрекеттерінен қорғауға көмектеседі.

Ақпаратты өңдеу, ұсыну және тіркеу құрылғысының сипаттамасы 3-бөлімде қарастырылған.

Өлшеу жүйесінің ең күрделі құрылымдық сызбасы болып құрамына телнұсқалы, сандық-телнұсқалық, сандық түрдегі әр түрлі түрлендіргіштер, ақпарат алудың сандық құрылғылары, стандартталған ақпараттар (шина және торап), басқару құрылғылары мен басқа да орындаушы құрылғылар кіретін ақпараттық-өлшеу жүйесі (АӨЖ) табылады. АӨЖ негізгі элементтерінің сипаттамасы мен мінездемесі 3-бөлімде қарастырылған.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Өлшеу құралдары қандай жалпы құрылымдық элементтерден тұрады?

2. Сезімтал және түрлендіргіш элементтердің айырмашылығы неде?
3. Түрлендіргіштердің қандай түрлері өлшеу құралдарында пайдаланылады?
4. Өлшеу құралдарының өлшеу механизмі және есептеуші құрылғысы деген не?
5. Тіркеуші құрылғылардың қандай түрлері өлшеу құралдарында пайдаланылады?

1.8.3. Өлшеу және бақылау құралдарының метрологиялық сипаттамалары

Нәтижесінде алынатын өлшеу ақпаратының сапасына әсер ететін өлшеу және бақылау құралдарының сипаттары маңызды болып есептеледі. Өлшеу сапасы нақтылығымен, анықтылығымен, дұрыстығымен, жинақтылығымен және жаңғыртылуымен, сонымен қатар ұйғарынды қателігімен сипатталады.

Өлшеу құралдарының метрологиялық сипаттамасы — бұл өлшеу нәтижесіне және оның қателігіне әсер ететін өлшеу құралдарының бір қасиетінің сипаттамасы.

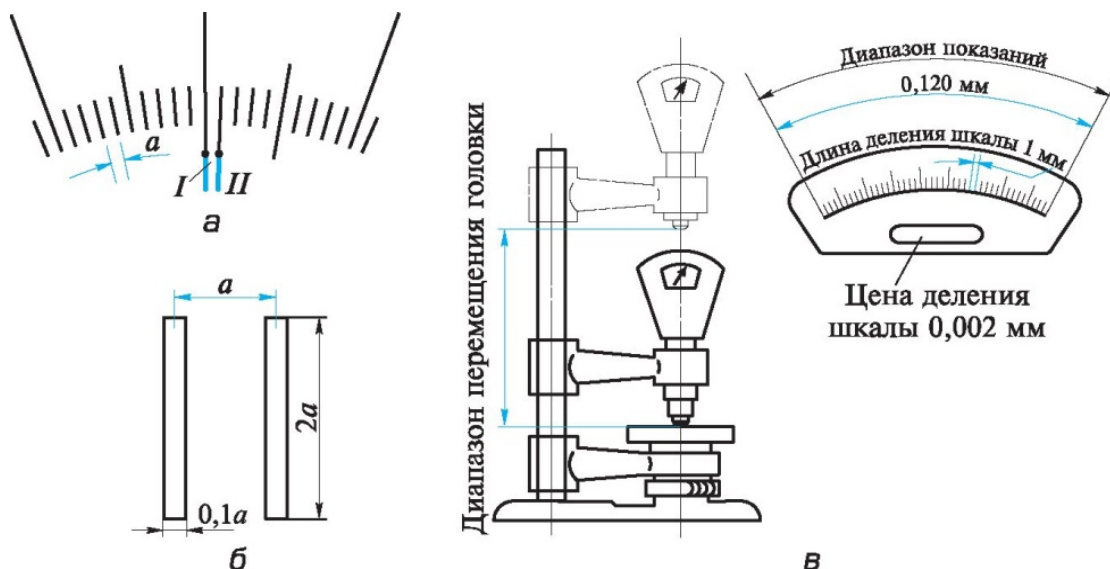
МЕМСТ 8.009 — 84 төменде көрсетілгендердің біреуінен таңдалынатын, өлшеу құралдарының нормаланатын метрологиялық сипаттамаларының кешенін бекітеді.

Өлшеу нәтижелерін анықтауға арналған сипаттамалар (түзетусіз):
өлшеу түрлендіргішінің түрлендіру қызметі;
бір таңбалы немесе көп таңбалы өлшем мәні;
өлшеу аспабының немесе көп таңбалы өлшем шкаласын бөлу бағасы;
шығыс код түрі, код разрядының саны.

Өлшеу құралдарының қателіктерінің сипаттамалары — жүйелік және кездейсоқ қателіктердің сипаттамалары, өлшеу құралының шығыс дабылының вариациясы немесе өлшеу құралдары қателіктерінің сипаттамалары.

Өлшеу құралдарының әсер етуші шамаларға сезімталдығының сипаттамалары — бекітілген шектегі әсер етуші шамалардың өзгертулерімен келтірілген өлшеу құралдарының метрологиялық сипаттамаларының әсер ету немесе мәндерін өзгерту қызметі.

Өлшеу құралдарының динамикалық сипаттамалары толық және жеке болып бөлінеді. Толық динамикалық сипаттамаларға: ауыспалы, амплитудалы-фазалық және импульсті



1.15-сурет. Өлшеу құралдарының негізгі метрологиялық сипаттамалары

сипаттамалар, табыстама қызметі, жеке сипаттамаларға: реакция уақыты, бәсеңдетукоэффициенті, тұрақты уақыт, резонансты меншікті айналмалы жиілік мәні жатады.

Өлшеу құралдарының шығыс дабылының ақпараттық емес параметрлері — өлшеу түрлендіргішінің кіріс дабылы параметрінің ақпараттық мәнін жіберуге, не индикациялауға қолданылмайтын немесе өлшемнің шығыс шамасы болмайтын шығыс дабылының параметрлері.

РМГ 29-99 сәйкес өлшеу құралдарының жиі кездесетін метрологиялық сипаттамаларын толық қарастырамыз.

Шкала бөлігінің бағасы — бұл өлшеу құралы шкаласының екі көршілес белгісіне сәйкес келетін шама мәнінің айырмашылығы. Мысалы, егер шкала белгісі Іорыннан ІІорынға ауысуы (1.15, а-сурет) 0,001 мм шамасына өзгеруге сәйкес келсе, онда бұл шкаланың бөліну бағасы 0,001 мм-ге тең. Бөліну бағасының мәндері 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 мкм қатарынан таңдалады. Бірақ көбінесе 1-ден 2 дейінгі еселік және үлестік шамалары қолданылады, атап айтқанда: 0,01; 0,02; 0,1; 0,2; 1; 2; 10 мкм және т.б. Бұрыш өлшеуіш құралдарында 1° бөлу бағалы айналмалы шкалалар қолданылады, ал қосымша есептеу құрылғысы осы бөлулердің минуттық және секундтық үлестерін есептейді. Шкаланың бөлу бағасы әрқашан өлшеу құралының шкаласында көрсетіледі.

Шкаланы бөлу ұзындығы — бұл шкаланың (1.15, б-сурет) екі көршілес белгісі өстерінің (немесе орталарының) арасындағы ара қашықтық. Тәжірибеде оператор көзінің кесу күшіне (көру өткірлігі) байланысты сызық пен белгінің енін есепке ала отыра, шкаланы бөлудің минималды ұзындығы 1 мм, ал максималды ұзындығы 2,5 мм тең болады. Ұзындықтың аса көп тараған шамасы 1 мм болып табылады. Су манометрлі пневматикалық аспаптарда шкаланы бөлі ұзындығы 5 мм шамасында болады.

Шкаланың бастапқы және соңғы мәні — өлшеу құралының шкаласы бойынша есептелетін өлшенетін шаманың ең кіші және ең үлкен мәні (1.15, в-сурет).

Көрсеткіштер ауқымы — шкаланың бастапқы және соңғы мәндерімен шектелген аспап шкаласы мәнінің аумағы (1.15, в-суретті қараңыз). Бұл сипаттаманы әдетте шкала бойынша өлшеу шегі деп атайды. Мысалы, сағат түріндегі индикаторларға ауқым 2,5 немесе 10 мм, жылтыр микрометрлерге — 25 мм, оптиметрге — $\pm 0,1$ мм құрауы мүмкін.

Көбіне өлшеу құралдарының өлшеу шегі деп аталатын *өлшеу ауқымы* — бұл өлшеу құралының ұйғарынды қателіктерінің нормаланған шегіндегі шамалар мәнінің аумағы.

Байланыс тәсілімен сызықтық және бұрыштық шамаларды өлшеу құралдарының негізгі сипаттамаларының бірі болып өлшеу сызығы бағытында өлшенетін шекті өлшеу құралдарының өлшенетін ұшы аймағында орын алатын *өлшеу күші* табылады. Ол өлшеу тізбегінің тұрақты тұйықталуын қамтамасыз ету үшін қажет. Бақыланатын бұйым шегіне (2... 10 мкм) байланысты өлшеу күші ұсынылған шамасы 2,5, 3, 9 Н, ал 10 мкм жоғары — 9,8 Н шегінде орналасады. Өлшеу күшінің маңызды көрсеткіші - оның айырмасы (ауытқу), яғни көрсеткіштер диапазоны шегінде екі қалып кезіндегі өлшеу күшінің айырмашылығы.

Құралдың шығыс дабылы өзгеруіне байланысты анықталатын өлшеу құралының өлшеу шамасының өзгеруін тудыруға ерекшелігі-*сезімталдығы* деп аталады. Ол шкала белгісі орнының өлшенетін шаманың тиісті өзгеруіне қатысты бағаланады.

Егер өлшенетін шама ұзындық немесе бұрыш болса және сезімталдық мәні өлшемсіз санмен көрсетілсе, онда соңғысы *табыстама қатынас* деп аталады:

$$i = a/c,$$

бұнда a — шкаланы бөлу ұзындығы; c — бөлу бағасы.

Мысалы, индикаторды бөлу бағасы 0,1 мм және шкаланы бөлу ұзындығы 1,5 мм болған жағдайда табыстама қатынас 150 тең болады.

Өлшеу құралдарының сезімталдық шегі — аталған құралмен оны өлшеу жүргізілуінен бастап, физикалық шаманың ең аз мәнге өзгеруі түріндегі өлшеу құралының сипаттамасы. Мысалы, таразы белгісінің қозғалуынан туындайтын салмақтың ең болмашы өзгеруі 5 мг құраса, онда бұл таразының сезімталдық шегі 5 мг тең.

Өлшеу аспабы көрсеткіштерінің вариациясы — өлшенетін шаманың аз және үлкен мәндері тарапынан аталған нүктеге ырғақты жақындауы кезіндегі өлшеу диапазонының бір нүктесіндегі аспап көрсеткіштерінің айырмашылығы. Әдетте өлшеу құралдары көрсеткіштерінің вариациясы бөлу бағасынан 10... 50% құрайды, ол өлшеу құралы ұшын қайта-қайта арретирлеу жолымен анықталады.

Жоғары сезімтал өлшеу аспаптарында (әсіресе электронды) вариация басқа мәнге ие болады және оның көрсеткіштерінің орташа мән маңайында ауытқуы ретінде көрсетілуі мүмкін.

Көрсеткіштер дрейфі — өлшеу құралдары көрсеткіштерінің әсер ететін шамалар немесе басқа факторлардың өзгеруімен шартталған уақытқа сәйкес өзгеруі.

Өлшеу қателіктері — бұл өлшенетін шаманың O_n нақты мәнінен $X_{өлш}$ өлшеу нәтижесінің Δ -ға ауытқуы ((1.3) формуланы қараңыз). Онда *өлшеу құралының қателігі* Δ_k — бұл X_A аспап көрсеткіші мен өлшенетін шаманың нақты мәні арасындағы айырмашылық:

$$\Delta_n = X_n - Q_d$$

«Өлшеу қателігі», «өлшеу құралының қателігі» терминдерімен қатар нәтижелерінің өлшенетін шама шынайы мәніне жақындығын білдіретін «өлшеу нақтылығы» ұғымы қолданылады. Өлшеудің жоғары нақтылығы өлшеудің аз қателіктеріне сәйкес келеді. Өлшеу қателіктері әдетте қателіктердің туындауы мен түріне байланысты жіктеледі.

Аспаптық қателіктер өлшеу және бақылау құралдары элементтерінің жоғары сапасының жеткіліксіздігі салдарынан туындайды. Бұл қателіктерге ӨҚ дайындау және құрастырудағы қателіктерін; ӨҚ механизміндегі үйкелістен болған қателіктерді,

жеткіліксіз қаттылықты және т.б. жатқызуға болады. Аспаптық қателік әр ӨҚ үшін жекелей саналады.

Әдістемелік қателіктердің туындау себебі өлшеу әдісінің жетілдірілмегендігінен болады, яғни саналы түрде өлшеу құралының шығысында қажет емес шамаларды өлшейміз, түрлендіреміз немесе қолданамыз, олар қажетті шаманы тек шамамен ғана көрсетеді.

Негізгі қателіктер нормативті-техникалық құжаттарда (НТҚ) айтылған қалыпты жағдайларда қолданылатын өлшеу құралдарының қателіктерін қабылдайды. Өлшеу құралдары өлшенетін шамалар мен қатар өлшенбейтін, бірақ әсер ететін шамаларға да сезімталдық білдіреді, мысалы, температура, атмосфералық қысым, діріл, соққы және т.б. Сондықтан кез келген өлшеу құралының НТҚ көрсетілетін негізгі қателіктері болады.

Өлшеу және бақылау құралдарын өндірістік жағдайда пайдалану кезінде қосымша қателіктер туындататын қалыпты шарттардан айтарлықтай ауытқушылықтар туындайды. Бұл қателіктер α ;

$\frac{\%}{10^{\circ}C}$; $\frac{\%}{10\%U_{пит}}$ және т.б. түріндегі көрсеткіштердің өзгеруіне бөлек әсер ететін тиісті коэффициенттермен тұрақтандырылады.

Өлшеу құралдарының қателіктерін ұйғарынды қателіктер шегін бекіту арқылы тұрақтандырады. *Өлшеу құралдарының ұйғарынды қателіктер шегі* — қабылдануы мүмкін және қолданысқа жіберілетін өлшеу құралының ең үлкен (белгіні санамағанда) қателігі. Мысалы, ұзындығы 1-санатты 100-мм соңғы шаманың ұйғарынды қателік шегі ± 50 мкм, ал 1,0 санатты амперметр үшін өлшемнің жоғарғы шегінен $\pm 1\%$ құрайды.

Өлшеу құралдарының қателіктері көрсетілуі мүмкін:

Абсолютті қателік түрінде: шама үшін

$$\Delta = X_{ш} - X_{н},$$

бұнда $X_{ш}$ — шартты мән; $X_{н}$ — өлшенетін шаманың нақты мәні; аспап

$$\Delta = X_k - X_{н},$$

бұнда X_k

- аспап көрсеткіші;

салыстырмалы қателік түрінде, %:

$$\delta = (\Delta/X_n)100,$$

келтірілген қателік түрінде, %:

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

бұнда X_N — өлшенетін физикалық шаманың тұрақталынатын мәні.

Ұйғарынды қателіктер шегімен (негізгі және қосымша), сонымен қатар өлшеу қателіктеріне әсер ететін басқа да қасиеттерімен анықталатын өлшеу құралдары дәлділігінің жиынтық сипаттамасы үшін «өлшеу құралдарының дәлділік класы» ұғымы енгізіледі. Өлшеу құралдарының дәлділік класы бойынша көрсеткіштердің ұйғарынды қателіктер шегін бекітудің бірыңғай ережесін МЕМСТ 8.401—80 «Өлшеу құралдары сапасын салыстырмалы бағалау, оларды таңдау, халықаралық сауда үшін қолайлы дәлділік кластары» реттейді.

Дәлділік класы өлшеу құралдарына қойылатын техникалық талаптардан тұратын стандарттар мен техникалық шарттармен анықталады. Нақты түрдегі өлшеу құралдарының дәлділігінің әр класы үшін жиынтықта дәлділік деңгейін көрсететін метрологиялық сипаттамаларға нақты талаптар белгіленеді.

Дәлділіктің барлық кластарындағы өлшеу құралдары үшін бірыңғай сипаттама (мысалы, кіріс және шығыс кедергі) дәлділік класына тәуелсіз нормаланады. Бірнеше физикалық шамаларды өлшеу құралдары немесе бірнеше ауқыммен өлшеу екі және одан көп дәлділік класына ие болуы мүмкін. Мысалы, электр кернеуі мен кедергісін өлшеуге арналған электр өлшегіш аспапқа дәлділіктің екі класы берілуі мүмкін: біріншісі – вольтметр сияқты, екіншісі – амперметр сияқты.

Құралдарға дәлділік класы жасалу кезінде беріледі. Пайдалану кезінде өлшеу құралдарының метрологиялық сипаттамалары нашарлайды. Сондықтан метрологиялық аттестаттау қорытындысы бойынша олардың дәлділік класының төмендетілуіне рұқсат беріледі. Өлшеу құралдарының көп түрлілігіне және олардың метрологиялық сипаттамаларына байланысты МЕМСТ 8.401—80 тағайындау тәсілдері анықталған, айта кетерлігі тәсілдің таңдалуы қателіктің қандай түрде нормаланғандығына байланысты. Аспаптардың дәлділік класын анықтау үлгілерін 1.3-кестеден қараңыз. Нақтылығына байланысты барлық өлшеу құралдары үлгілі және жұмыс өлшемдеріне бөлінеді. Өлшеу құралдарының бастапқы үлгілері және өлшемдері бойынша өлшем құралдарының метрологиялық сипаттамаларын тексеру немесе калибрлеу

1.3-кесте. Аспаптардың дәлділік класын белгілеу үлгісі

Ұйғарынды қателік шегін анықтауға арналған формула	Негізгі ұйғарынды қателіктер шегінің үлгісі, %	Дәлділік класын белгілеу		Ескерту
		құжаттамада	Өлшеу құралдарында	
$\Delta = \pm a$	—	М дәлділік класы	м	—
$\Delta = \pm(a + bx)$	—	С дәлділік класы	0,5	—
$\gamma = \Delta/X_N = \pm p$	$\gamma = \pm 1,5$ $\gamma = \pm 0,5$	1,5 дәлділік класы	1,5	Егер X_N шама бірлігінде көрсетілсе
		0,5 дәлділік класы	0,5 V	Егер X_N шкала ұзындығымен анықталса (оның бөлігі)
$\delta = \Delta/X = \pm q$	$\delta = \pm 0,5$	0,5 дәлділік класы		—
$\delta = \pm[c + d(X_n/X - 1)]$	$\delta = \pm[0,02 + 0,01(X_n/X - 1)]$	0,02/0,01 дәлділік класы	0,02/0,01	—

Ескерту: Δ — кірісте (шығыс) өлшенетін шама бірлікпен немесе шартты түрде шкала бөлінісінде көрсетілген өлшеу қателігінің ұйғарынды абсолютті шектері; X — шкала бойынша есептелетін өлшеу құралының кірісінде (шығысында) өлшенетін шама мәні немесе бөлу саны; a, b — X -қа тәуелді емес оң сандар; δ — ұйғарынды салыстырмалы негізгі қателіктер шегі, %; q, p — өлшеу шектерінің ішінен үлкені (модуль бойынша); c, d — қатардан таңдалатын оң сандар; $c = b + d$; $d = a|X_k|$; y — ұйғарынды келтірілген негізгі қателіктер шегі, %; X_N — өлшенетін шаманың нормаланатын мәні.

СЛ

бағынышты үлгілі және жұмыс өлшеу құралдары дәлділігінің ең төмен класында жүргізіледі.

Үлгілерден өлшеудің жұмыс құралдарына өлшемдерді (метрологиялық тізбек) беру сұлбасы келесі түрде көрсетіледі: бастапқы эталон →жұмыс эталоны→ жоғары реттегі үлгілі құрал → өлшеудің жұмыс құралы.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. ӨҚ қандай талаптар қойылады?
2. Стандарт бойынша ӨҚ қандай негізгі метрологиялық сипаттамалар (қасиеттер) белгіленеді?
3. Шкаланың бөлу бағасы дегеніміз не?
4. ӨҚ қателігі қалай анықталады және ол неге байланысты?
5. ӨҚ ұйғарынды қателігінің шегі дегеніміз не?
6. ӨҚ дәлділік класы деген не және оның шартты белгісі неге байланыст?

ӘМБЕБАП ӨЛШЕУ ЖӘНЕ БАҚЫЛАУ ҚҰРАЛДАРЫ

2.1. САЛМАҚ ШАМАЛАРЫН ӨЛШЕУ ЖӘНЕ БАҚЫЛАУ

Салмақ шамаларын өлшеу және бақылау өлшеудің жалпы құрылымында ерекше орын алады. Қазіргі таңда салмақ өлшеу құрылғыларының тізімі мың атаудан асып түседі, олардың негізгі көлемі технологиялық үдерістерді механизациялау мен автоматтандыруға арналған. Олар салмақ бақылаудың автоматты құрылғыларымен, тіркеу, мөлшерлеу және басқа да ерекше элементтермен жабдықталған күрделі механизмдерден тұрады. Өлшенетін өнімнің бағасын есептейтін, біртекті тетіктердің санын есептейтін, салмақ бойынша тетіктерді топтайтын, нысанды тоқтатпай өлшейтін, берілген пропорцияда түрлі заттарды мөлшерлейтін және т.б. салмақ өлшеу құрылғылары кең қолданысқа ие болды..

Салмақ өлшеу және салмақ мөлшерлеу құрылғыларын тағайындаулары бойынша келесідей алты топқа жіктеуге болады (2.1-сурет):

- 1) дискретті әрекет таразылары;
- 2) үздіксіз әрекет таразылары;
- 3) дискретті әрекет мөлшерлеуіштері;
- 4) үздіксіз әрекет мөлшерлеуіштері;
- 5) үлгілі таразылар, гір тастары, жылжымалы тексеру құралдары;
- 6) арнайы өлшеулерге арналған құрылғылар.

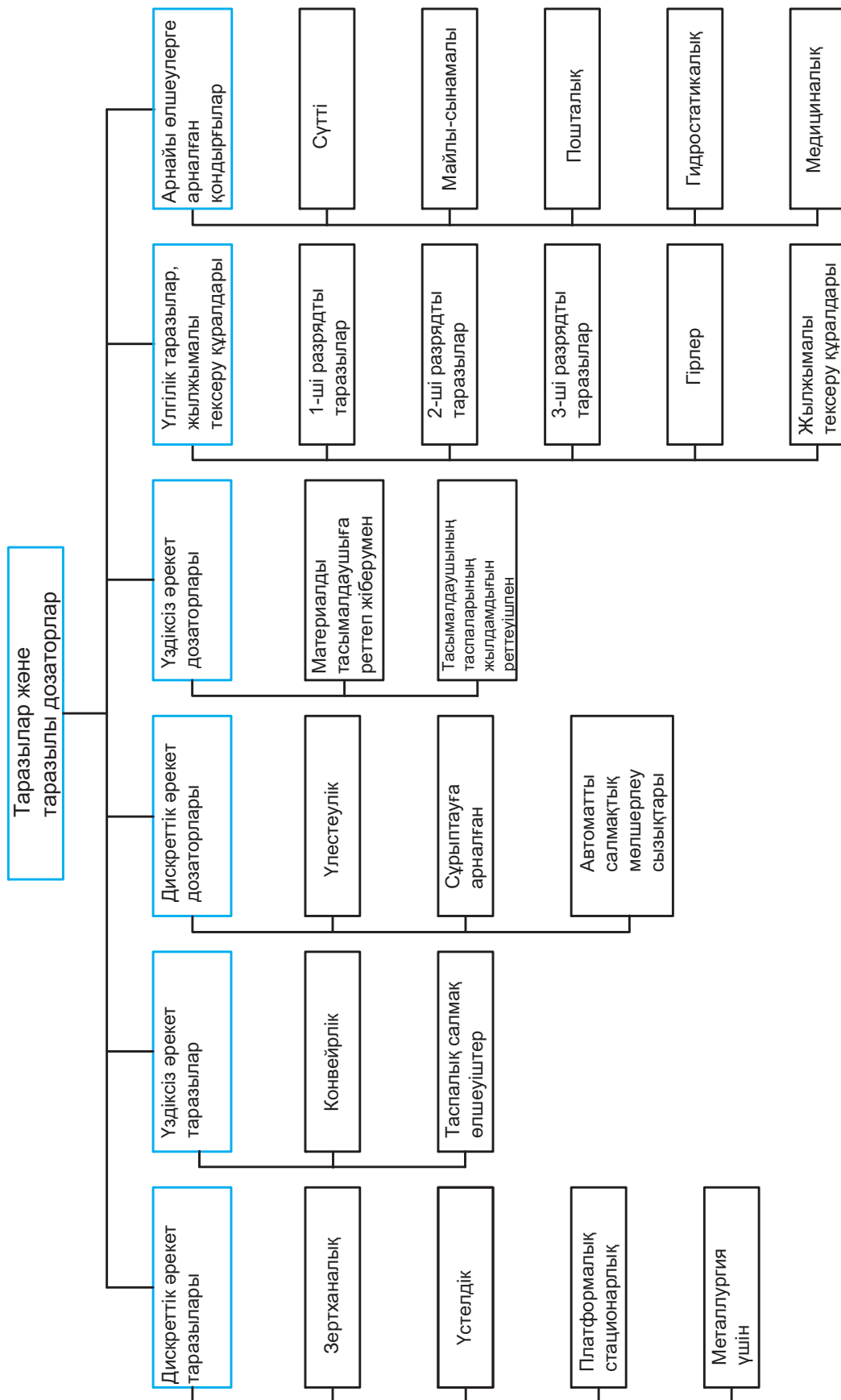
Бірінші топта:

көрсеткіштердің жоғары дәлділігін талап ететін, өлшеудің ерекше талаптары мен әдістері бар түрлі типтегі зертханалық таразылар;

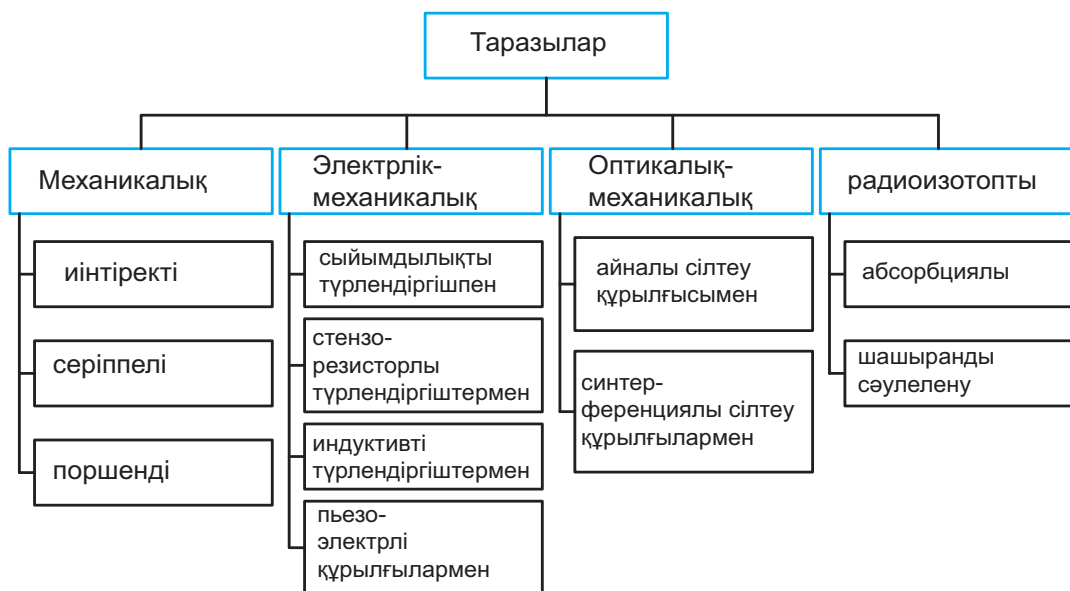
негізінде саудада қолданылатын, ең үлкен өлшеу шегі ($Q_{\max}$) 100 кг дейінгі үстел таразылары;

$Q_{\max}$ 15 т дейінгі платформалы жылжымалы және орнатылмалы таразылар;

платформалы стационарлық, автокөліктік, вагондық таразылар (сонымен қатар жүріп бара жатып өлшеуге арналған);



2.1-сурет. Салмақ өлшеу және салмақ мөлшерлеу құрылғыларының жіктелімі



2.2-сурет. Әрекет қағидасы бойынша таразылардың жіктелімі

Бірінші топтағы таразыларды межелік түрдегі күйентелі, шаршы көрсеткіш циферблатты, сан көрсететін және баспалы көрсеткішті аспаптармен және пульттармен дайындайды.

Таразылар әрекет қағидасына байланысты механикалық, электромеханикалық, оптикалық-механикалық және радиоизотопты болып бөлінеді (2.2-сурет).

Иінтіректі таразылар кең тараған. Олар салмақты салыстыру қағидасына негізделген, және олардың көрсеткіштері еркін құлаудың жергілікті үдеуіне қатысты болмайды. Салмақты салыстыру иінтірек (иінтірек жүйесі) және таразы айшанағы көмегімен жүргізіледі. Механикалық иінтіректі таразылардың негізгі метрологиялық сипаттамалары, олардың артықшылығы, кемшіліктері және пайдалану аймағы 2.1-кестеде көрсетілген.

Екінші топта:

конвейерлі таразылар;

тасымалданатын материалдың салмағын үздіксіз өлшейтін үздіксіз әрекет жасайтын таспалы таразылар.

Үшінші топта:

жиынтық есепке арналған мөлшерлеуіштер (үлестірмелі таразылар);
сусымалы материалдарды бөлшектеп өлшеуге арналған мөлшерлеуіштер;

2.1-кесте. Механикалық иіңтіректі таразылардың негізгі метрологиялық сипаттамалары

Таразы үлгілері	Өлшеу шегі, кг	Өлшеу қателігі, %	Тыныштану уақыты, с	Артықшылығы	Кемшілігі	Таразы түрлері
Тең иықты күйентелі	$10^{-8} \dots 10^{-3}$	$\pm 0,1$	5... 10	Өте дәл, көрсеткіш дәлділігі өлшеу орнына бағынышты емес	Механикалық тозатын бөлшектердің көптігі, қолмен қызмет көрсету, өлшеу нәтижелерін тікелей қашықтықта жіберу мүмкін емес	Аналитикалық, пошталық, микротаразылар, жоғары дәлдікті тұрмыстық
Гір тасты	$10^{-6} \dots 10^{-3}$	$\pm 0,1$	30...60			Платформалық, шанаптық,, автокөліктік,, вагондық,, крандық
Жылжымалы бір тасы бар күйентелі	$10^{-4} \dots 10^{-6}$	$\pm 0,5$	30...60	Дәлділігі төмен, тең иықты күйентелі таразылармен салыстырғанда қызмет көрсету өте ыңғайлы		Сұраптаушы,, үстелге қойылатын, тезәрекетті, пошталық
Квадрантты	$10^{-3} \dots 10^{-4}$	$\pm 0,5$	2...5			
Салмақ мөлшерлеуіштер	$10^{-1} \dots 10^{-2}$	$\pm 0,5$	0,1	Өлшеуді автоматтандыру мүмкіндігі	Аз салмақтарды мөлшерлеуге арналмаған	Бөліп өлшейтін

сызықтар (бетон, асфальтобетон, шынылы шихтажәне т.б. өндіруге арналған автоматты салмақ мөлшерлеуіштер).

Қазіргі заманғы мөлшерлеуіш қондырғылар 50...60 құрамбөліктерге дейін мөлшерлеуге мүмкіндік береді.

Төртінші топта:

тасымалдағышқа материал беруді реттейтін мөлшерлеуіштер;

тасымалдағыш таспасының жылдамадығын реттейтін мөлшерлеуіштер.

Бесінші топқатексеру (калибрлеу) жұмыстарын жүргізуге арналған түрлі метрологиялық таразылар, сонымен қатар гір тастары мен тексерудің (калибрлеу) жылжымалы құралдары жатады. Бұл топтағы таразылардың құрылымына тексеру (калибрлеу) жұмыстарын жүргізуге тән арнайы талаптар ұсынылады.

Алтыншы топқа салмақты емес, басқа параметрлерді өлшеуге арналған түрлі салмақ өлшеу құрылғылары жатады (мысалы, бірдей салмақты бөлшектер мен бұйымдарды есептеу немесе топтау, қозғалтқыштың айналу кезін анықтау, картоп құрамындағы крахмал пайызын және т.б. анықтау).

Күш өлшегіш тензорезисторлы және діріл білікті түрлендіргіштер ретінде қолданылатын өлшеу тәсілдері ерекше орын алады. Бұл түрлендіргіштерді пайдалану көп жағдайларда иінтіректі жүйе кемшіліктерінен құтылуға, және өлшеу дәлділігін арттыруға, таразылардың металды қажетсінуін азайтуға, өлшеу уақытын қысқартуға мүмкіндік береді. Шығыс электр дабылдарын алу өлшеу үдерісін болжайды, бұл үдерісті басқаруды автоматтандырылған жүйеге енгізуге мүмкіндік береді. Әр түрлі көтерме және тасымалдаушы құрылғыларда кіріктірме тензорезисторлы түрлендіргіштерді пайдалану көтеру (орын ауыстыру) және өлшеу операцияларын қоса атқару жолымен өндірістік циклді қысқартуға мүмкіндік береді.

Салмақ бірлігі болып саналатын мәнді шама, оның еселік және үлестік мәні гір тасы болып табылады. Ресейде салмақ бірлігінің мемлекеттік бастапқы өлшемі - № 12 Париждегі Халықаралық шамалар мен таразылар бюросында сақталған килограммның халықаралық көшірмесі.

Салмақ бірлігінің мемлекеттік бастапқы өлшемі салмақ бірлігі өлшемін екінші өлшеммен жаңғырту, сақтау және жіберу үшін тағайындалған.

Салмақтың жұмыс өлшемдері жеке гір тастары түрінде және 1 мг-нан 10 кг дейінгі гір тастарының жиынтығы түрінде дайындалады. Гір тасы үшін материал болып платина, алтын, никель, қола немесе кварц пайдаланылады.

Тағайындалуына байланысты гір тастары жалпы тағайындалым гір тасы, үлгілі, шартты, каратты, сонымен қатар таразылардың кіріктірме иіктіректі механизмді түрлеріне жіктеледі.

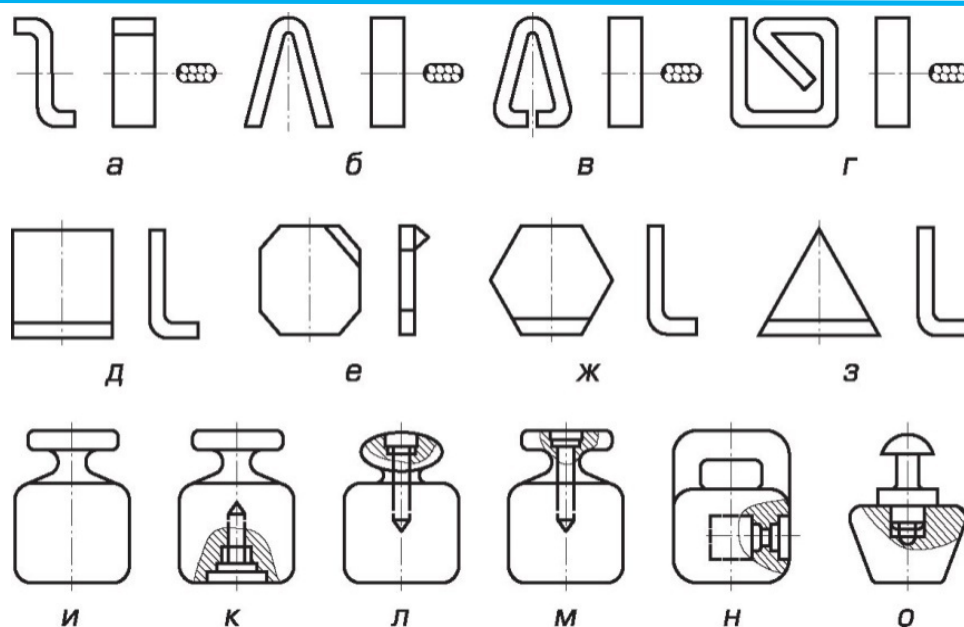
Жалпы тағайындалым гір тасы. Салмағы 1 мг-нан 20 кг дейінгі аталған гір тастары МЕМСТ 7328 — 2001 сәйкес дайындалады. Гір тастары салмақ мәнін дәл ажыратуына байланысты бес класта шығарылады.

Дәлділігі 1-кластағы гір тасын микрохимиялық, химиялық және басқа да сараптамалар кезінде жоғары дәлдікті өлшеу үшін қолданады. Бұл санаттағы гір тасы салмағының шекті мәні 1 мг-нан 1 кг дейін, ал нақты салмақ мәнінен ұйғарынды ауытқу гір тасы салмағына байланысты $|\Delta| = \pm(0,002... 0,64)$ мг. Гір тастарының пішіні 2.3, а, б, в, г-суретте көрсетілген.

Дәлділігі 2-кластағы гір тасын химиялық және басқа сараптамаларда жоғары дәлдікті өлшеу үшін қолданады. 1 мг-нан 20 кг дейінгі шекте дайындалады, $|\Delta| = \pm(0,01.50,0)$ мг. Гір тастарының пішіні 2.3, д, е-суретте көрсетілген.

Дәлділігі 3-кластағы гір тасының қолдану аумағы — жоғары дәлдікті техникалық сараптамалар және қымбат бағалы металдарды өлшеу. Гір тастары жиынтығының нақты салмағы — 1 мг-нан 20 кг дейін, $|\Delta| = 0,05.250,0$ мг. Гір тастарының пішіні 2.3, ж, з-суретте көрсетілген.

Дәлділігі 4-кластағы гір тасының қолдану аумағы — техникалық сараптамалар және дәрі-дәрмектерді өлшеу. Гір тастарының нақты салмағы 5 мг-нан 20 кг дейінгі шекте қарастырылады,



2.3-сурет. Жалпы тағайындалым гір тастарының пішіндері

жеке алынған гір тасының салмағына байланысты $|\Delta| = 0,5...1\ 250$ мг. Гір тастарының пішіні 2.3, *д, е, ж, з, и, к, л, м*–суретте көрсетілген.

Дәлділігі 5-кластағы гір тасын саудада және тұрмыста өлшеу үшін қолданады. Нақты салмақ жиынтығы гір тасының 10 г-нан 10 кг дейін өзгеруін қарастырады, $|\Delta| = 40...3\ 250$ мг. Гір тастарының пішіні 2.3, *н, о*–суретте көрсетілген.

Жалпы тағайындалым гір тасының материалын нақты салмаққа және гір тасының санатына байланысты таңдайды (титан және оның қорытпалары, аустенитті кластағыжәмірілуге төзімді болат (магниттік емес), алюминий, көміртекті болат, шойын). Сонымен, 2.3, *а, б, в, г*–суретте көрсетілген дәлділіктің 1-кластағы гір тастарын титан және оның қорытпаларынан жасайды. 2.3, *д, е, ж, з*–суретте көрсетілген дәлділіктің 4-кластағы гір тастары пішіндерін алюминийден, 2.3, *и, к, л, м*–суретте көрсетілген пішіндерді көміртекті болаттан, ал 2.3, *н, о*–суретте көрсетілген пішіндерді шойыннан жасайды.

Қолданыстағы гір тастарының барлық кластарының салмақтан ұйғарынды ауытқулары және салмақты анықтаудағы қателіктері МЕМСТ 7328 — 2001 қарастырылған. 2.3, *а* және *е*–суретте көрсетілген пішіндерден басқа граммдық және килограммдық гір тастарын қиыстырушы қуыспен дайындайды.

Гір тастарын салмақ бойынша қиыстырып келтіру не қиыстырушы қуыс бойынша, не гір тасы бетін хроммен немесе никелмен қаптау арқылы жүргізіледі.

МЕМСТ 7328 — 2001 сәйкес гір тастары даналап, жеке жиынтықтармен немесе жиынтықтардан құралған толымдармен шығарылуы мүмкін.

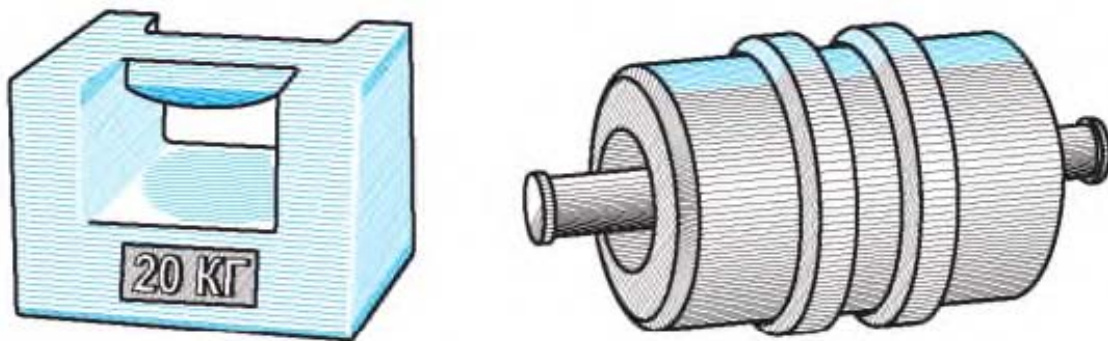
Гір тастары мен жиынтықтардың шартты белгілері өлшембірлігін білдіретін әріптерден (кг — килограмм, г — грамм, мг — миллиграмм), және сандардан тұрады. Әріптерден кейінгі бірінші сан гір тасының (жиынтық) класын, екіншісі — гір тасының салмағын немесе жиынтықтағы гір тастарының жиынтық салмағын, үшіншісі (миллиграммды гір тастары жиынтықтарында) — ең кіші гір тасының салмағын білдіреді.. Мысалы:

«КГ — 4 — 5 МЕМСТ 7328 — 2001 гір тасы» — салмағы 5 кг дәлділіктің 4-кластағы килограммдық гір тасы;

«КГ—3 — 20 МЕМСТ 7328 — 2001 жиынтық» — салмағы 20 кг дәлділіктің 3-кластағы килограммдық гір тастарының жиынтығы;

«МГ—2—1100—1 МЕМСТ 7328—73 жиынтық» — ең кіші салмағы 1 мг гір тасы бар салмағы 1100 мг дәлділіктің 2-кластағы миллиграммдық гір тастарының жиынтығы.

Арнайы тағайындалым гір тастары. Оларға үлгілі гір тастары (МЕМСТ 7328 — 2001), шартты гір тастары, гір тастары, кіріктірме таразылар және т.б. жатады.



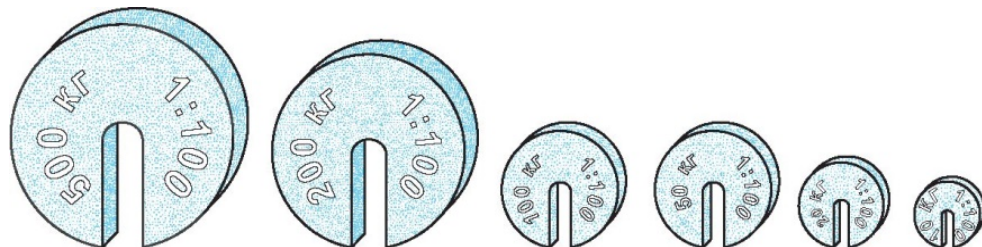
2.4-сурет. Үлгілі гір тастарының пішіндері

Үлгілі гір тастары гір тастары мен таразыларды тексеру (калибрлеу) үшін қолданылады. Үлгілі гір тастарының төрт тобы (1, 2, 3, 4) және оларды пайдалану аумағы бекітілген. Сонымен, 3-топтағы гір тастарын салмағы 10 мг-нан 2 000 кг дейінгі 4-топтағы үлгілі гір тастарын тексеру, дәлділіктің 4-кластық гір тастарын тексеру және үлгілі жүк-піпекті, квадрантты таразыларды тексеру кезінде пайдаланады. 4-топтағы гір тастарын дәлділіктің 5-кластағы гір тастарын тексеру, шартты гір тастарын, безбендерді, үстел және конвейерлерлі, тең иықты және тең иықсыз автокөліктік циферблаттық таразыларды, серіппелі динамометрлерді және т.б. тексеру (калибрлеу) кезінде қолданады.

Үлгілі гір тастарының пішіні, негізгі өлшемдері мен материалы МЕМСТ 7328 — 2001 сәйкес анықталады. Үлгілі гір тастарының кей түрлері 2.4-суретте көрсетілген. Жеке үлгілі гір тастарын, миллиграммдық, граммдық және килограммдық гір тастарының жиынтықтарын жеткізу қарастырылған.

Шартты гір тастары 1 : 100 иіктіректі жүйе иініне қатысты платформалы иіктіректі гір тасты жалпы тағайындалым таразыларын жиынтықтауға арналған.

Шартты гір тастары (2.5-сурет) ТУ 25.06.1400—79 сәйкес 1-ден 500 кг дейінгі салмақта шығарылады. Гір тастары сұр шойыннан дайындалады.



2.5-сурет. Шартты гір тастарының пішіндері

Гір тастарының ішінде гір тасын жөндеу кезінде гір тасының нақты салмағынан 0,8 %кем емес дәлдік материал толтырылатындай қиыстырма қуыс қарастырылады.

Дәлдік материал қызметін шойын бөлшек немесе қара металл жоңқасы атқарады.

Гір тасының үстіңгі бетінде гір тасының шартты салмағы килограммен және нақты салмағының шартты салмаққа қатынасы сандық түрде көрсетіледі. Мысалы: гір тасының шартты салмағы 500 кг, нақты салмағы — 5 кг, қатынасы 1:100. Гір тастары жиынтықта жеткізіледі.

Жиынтықтың шартты белгілері: «гір тасы» сөзі, гір тастарының шартты салмағы барын білдіретін «ГУ» әріптері, жиынтық нөмірі және жиынтық дайындалатын және жеткізілетін техникалық шарттардың белгісі.

Мысалы: «ГУ—3 ТУ25.06.1400 — 79 гір тастары».

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Таразы деген не?
2. Әрекет қағидасына байланысты таразылар қалай бөлінеді?
3. Гір тасы деген не?
4. Тағайындалымы бойынша гір тастары қалай бөлінеді?
5. Гір тастарының шартты белгілері нені қамтиды?

Зертханалық жұмыс: «Таразылар мен гір тастарының көмегі арқылы дене салмағын анықтау».

2.2

ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ ШАМАЛАРДЫ ӨЛШЕУ

2.2.1. Ұзындықтың жазықпараллелді соңғы өлшемдері

Ұзындықтың жазықпараллелді соңғы өлшемдері (МЕМСТ 9038 — 90) эталоннан бұйымға дейін өлшемдерді жіберуге арналған. Ұзындықтың соңғы өлшемдерінің бұл негізгі мақсаты оларды сақтау және ұзындық бірліктерін жіберу, әр түрлі өлшеу өлшемдері мен құралдарын тексеру (калибровка) және градустандыру үшін, және де бұйымдар мен

құрылғыларды, дәлдік таңбалаушы және координаталы-нүктелі жұмыстарды анықтау үшін, білдектер мен құралдарды төсеу үшін және т.б. қолданылады

МЕМСТ 9038 — 90 стандартына сәйкес, ұзындықтың соңғы өлшемдері екі тегіс өзара параллель өлшеу беттері бар тік бұрышты параллелепипедтің нысанынан тұрады (2.6-сурет, а).

Ұзындықтың жазықпараллель соңғы өлшемі ретінде өлшемнің бір өлшеу бетінің ортасынан қарама-қарсы өлшеу бетіне жүргізілген перпендикулярдың ұзындығымен анықталатын оның орташа ұзындығы l (2.6-сурет, б) қабылданады. a және b қырларының мәні өлшемдер қимасында l -орташа ұзындықтың номиналды өлшеміне байланысты анықталады.

Осылайша, $10 \text{ мм} < l < 0,29 \text{ мм}$ $a = 30_{-0,28}^{+0,20}$; $b = 10_{-0,30}^{+0,20}$;

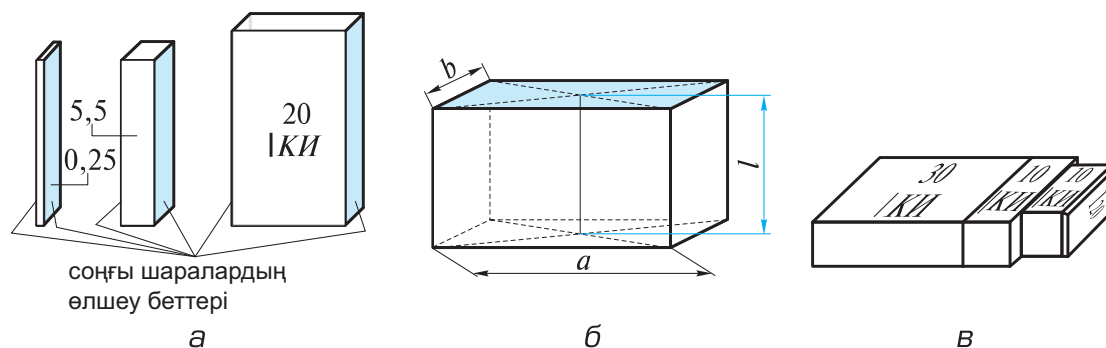
$10 \text{ мм} < l < 250 \text{ мм}$ $a = 35_{-0,34}^{+0,20}$; $b = 10_{-0,30}^{+0,20}$

Орташа өлшемнің номиналды өлшемі әр өлшемге беріледі.

Соңғы өлшемдерді дәлдіктің келесі кластарында дайындайды: 00; 01; 0; 1; 2; 3 — болаттан; 00; 0; 1; 2 және 3 — қатты құймадан. (00-классы — ең дәл).

Соңғы өлшемдерді номиналды ұзындықтың саны мен өлшемі бойынша әр түрлі жинақтарға жинақтайды. № 1-ден № 19-ға дейінгі жинақтарда өлшемдер саны 2-ден 112-ге дейін құрайды. Арнайы жинақтарда: № 20 — 23 өлшем, № 21 — 20 өлшем, № 22 — 7 өлшем.

Ұзындық өлшемдерінің номиналды өлшемдері мен өлшемдер градациясы және де олардың жинаққа топтастырылуы өлшемнің минималды санынан үшінші ондық белгіге дейін кез келген өлшемдегі блокты құруға болатындай етіп жүзеге асырылады. Осыған байланысты соңғы өлшемдер жинағында келесі градация қабылданған:



2.6-сурет. Ұзындықтың жазықпараллелді соңғы өлшемдері: a — соңғы шаралардың өлшеу беттері; b — соңғы өлшемдердің орташа ұзындығын анықтау; l — соңғы өлшемдер блогы

0,001; 0,01; 0,1; 0,5; 1; 10; 25; 50 және 100 мм. Өлшем ұзындығының номиналды мәндері 1,005-тен 100 мм-ға дейін құбылады. Осылайша, 112 соңғы өлшемнен тұратын жинақ: 1,005 мм өлшемді бір өлшемді; 1-ден 1,5 мм-ге дейінгі 0,01 мм арқылы 51 өлшемді; 1,6-дан 2 мм-ге дейін 0,1 мм арқылы 5 өлшемді; 0,5 мм бір өлшемді; 2,5-тен 25 мм-ге дейін 0,5 мм арқылы 46 өлшемді және 30-дан 100 мм-ге дейін 10 мм арқылы 8 өлшемді қамтиды.

Жинақ дәлдігінің класы жинаққа кіретін жеке өлшемнің төменгі класымен анықталады. Әр жинаққа әр өлшемнің номиналды ұзындығы мен ауытқуы көрсетілетін төлқұжат беріледі.

Өлшем ұзындықтарын өлшеу қателігіне және олардың жазықтық пен параллельдіктен ауытқуына байланысты соңғы өлшемдерді 5 разрядқа бөледі: 1, 2, 3, 4, 5 (1-разряд үшін аттестаттаудың ең аз қателігі анықталған). Қателік шамалары өлшемдердің аттестациясында келтіріледі.

Разряд белгіленген соңғы өлшемдерді қолданған кезде, плиткалар блогының өлшемін тек номиналды мәндер бойынша анықтамайды, аттестатта келтірілген нақты ауытқулар да есепке алынады.

Ұзындық соңғы өлшемдерінің негізгі қасиеттерінің бірі олардың кең қолданылуын қамтамасыз ететін - бұл ысқылану, яғни бір өлшемді басқа өлшемге қойған кезде немесе жылжытқан кезде өзара берік ілінісу қабілеті (2.6-сурет, в). Өлшемдердің ілінісуі (адгезия) арасында майдың жұқа пердесі (0,05... 0,1 мкм) болған кезде ілінісудің молекулярлық күштерімен шақырылады. Бұл жағдайда бір өлшемді басқа өлшемге байланысты жылжыту күші кем дегенде 30...40 Н құрайды, ал жаңа соңғы өлшемдер үшін бұл шама 10... 20 есеге артады. Болаттың соңғы өлшемдері мүлтіксіз жұмыс ықтималдылығы 0,8 кезінде 500 ысқылануға шыдауы қажет, ал қатты құйманың соңғы өлшемдері 0,9 ықтималдылықта 30 000 ысқылануға төзуі қажет.

Соңғы өлшемдерден қажетті өлшемдегі блокты жасау кезінде келесі қағиданы басшылыққа алады. Берілген өлшемдегі блокты өлшемдердің мүмкін болатын аз санынан жасау қажет. Басында миллиметрдің мыңдық үлесін алуға мүмкіндік беретін соңғы өлшемдерді таңдаған жөн, кейін жүздік, ондық және соңында тұтас миллиметрді. Мысалы, 28,495 мм өлшемді блокты алу үшін, №1-жинақтан $1,005 + 1,49 + 6 + 20 = 28,495$ мм бірізділігі бойынша соңғы өлшемдер алу қажет. Блоктағы аз соңғы өлшемдер саны бір жағынан блоктың дәлдігін арттырса (блок өлшемінің жиынтық қателігі төмендейді), екінші жағынан – блоктың бұзылуға қарсы беріктігі артады. Блоктағы соңғы өлшемдердің саны бес данадан аспауы қажет.

Температураның 10-нан 30 °С-қа дейінгі өзгеру кезінде ұзындықтың соңғы өлшемдерін жасайтын материал ретінде 1 температуралық кеңею коэффициенті 1 °С –қа 10^{-6} мм ($11,5 \pm 0,1$) болатын болатты жиі қолданады. Бұл 20ХГ, ХГ, ШХ15, Х хромдық болаттар. Өлшеу беттерінің қаттылығы кем дегенде HRC₃62. Кейде соңғы өлшемдерді температуралық кеңею коэффициенті 1 °С –қа $3,6 \cdot 10^{-6}$ тең қатты құйма ВК6М жасайды. Бұл соңғы өлшемдердің төзімге қабеліттелігін болатқа қарағанда 10-40 есеге дейін арттыруға мүмкіндік береді, алайда қатты құйма мен болаттың температуралық коэффициенттерінің әр түрлілігінен өлшемнің үлкен қателіктері орын алуы мүмкін.

Жақсы ысқылауды және төзімге жоғары қабілеттілікті қамтамасыз ету үшін ұзындықтың соңғы өлшемдерінің өлшеу беттерінің бұдырлығы *Rz* критерийі бойынша 0,063 мкм-нан аспайтын мөлшерде орнатылған. Жұмысқа жарамсыз беттердің бұдырлығы - *Ra* 0,63 мкм.

Болаттан жасалған соңғы өлшемдердің сақталуының орта мерзімі - кем дегенде екі жыл.

Шартты белгілердің үлгісін келтіреміз.

Дәлділігі 1-класты болаттан жасалған соңғы өлшемдердің №2 жинағы:

Соңғы өлшемдер 1-Н2 МЕМСТ 9038 — 90.

Дәлділігі 3-класты қатты құймадан жасалған соңғы өлшемдердің №3 жинағы:

Соңғы өлшемдер 2-Н3-Т МЕМСТ 9038 — 90.

Номиналды қзындығы 1,49 мм болатын дәлділігі 3-класты болаттан жасалған соңғы өлшем:

Соңғы өлшем 3-1,49 МЕМСТ 9038 — 90.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Ұзындықтың соңғы өлшемдерінің негізгі мақсаты неде?
2. Ұзындықтың жазықпараллелді соңғы өлшемінің мөлшері қалай анықталады?
3. Ұзындықтың соңғы өлшемінің класы мен разряды немен анықталады?
4. Ұзындықтың соңғы өлшемдерінің ысқылануы деген не?
5. Ұзындықтың соңғы өлшемдерінің блогын құрастыру қағидалары неде?

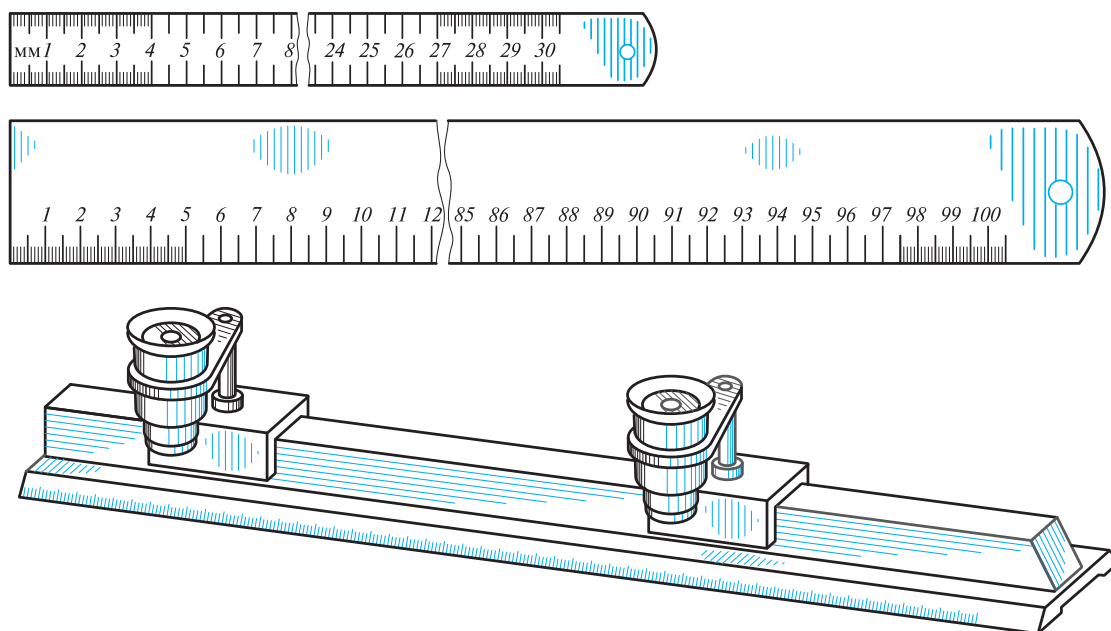
Зертханалық жұмыс: «Ұзындықтың соңғы өлшемдерінің көмегімен өзгерту және бақылау».

2.2.2. Өлшеу сызғыштары, штангенқұрал және микрометриялық құралдар

Өлшеу сызғыштары. Өлшеу сызғыштары (2.7-сурет) штрих өлшемдерге жатады және дәлдігі 14...18 квалитеттегі бұйымдардың мөлшерін тікелей әдіспен өлшеуге арналған.

Олар өнеркәсіптің әр түрлі салаларында, соның ішінде машина жасауда биіктікті, ұзындықты, диаметрлерді, тереңдікті өлшеуге арналған. Олардың негізгі артықшылығы – қарапайым құрылым, төменгі баға, сенімділік және өлшеудегі қарапайымдылық. Өлшеу өлшенетін объектіге сызғышты қою арқылы жүргізіледі, әдетте сызғыштың нөлдік штрихын бөлшектің жиегімен ұштастырады. Бөлшектің басқа жиегін шкала бойынша есептеу өлшеудің ізделетін нәтижесін береді. Бірақ бұл міндетті емес. Мысалы, саңылаудың диаметрін өлшеу кезінде екі көрсеткіш алынады: саңылаудың бір жағынан және басқа жағынан. Үлкен мәннен кішісін алу арқылы диаметрдің өлшемін аламыз.

Сызғыштық құрылымдары біртекті. Олар ені 20...40 мм және қалыңдығы 0,5...1,0 мм құрайтын темір жолақты білдіреді, оның ендік бетінде бөлу мөлшерлері көрсетілген. Сызғыштарды бір немесе екі шкаламен, 150, 300, 500 және 1 000 мм жоғарғы шектермен және 0,5 немесе 1 мм бөлу бағасымен жасайды.



2.7-сурет. Металл сызғыштар

1 мм бөлу бағасы бар сызғыштар 50 мм ұзындықта шкала басынан жарты миллиметрлік бөлінулерден тұруы мүмкін.

Сызғыштар шкаласының шынайы жалпы ұзындығының номиналдық мәннен жол берілетін ауытқулары шкаланың жалпы ұзындығына байланысты $\pm(0,10...0,20)$ мм шекте болады, ал жеке бөлімшелердікі - $\pm(0,05.0,10)$ мм-ден аспайды.

Сызғыштарды тексеру (калибровка), яғни штрихтарды салу қателігін анықтау *штрих өлшемдері* деп аталатын үлгілі өлшеу сызғыштары бойынша жүргізіледі. Бұндай салыстырудың қателігі 0,01 мм-ден аспайды.

Штангенқұрал. Сыртқы және ішкі беттердің сызықтық өлшемдерін абсолютті өлшеуге және де бөлшектерді белгілеу кезінде өлшемдерді жаңғыртуға арналған.

Оған штангенциркульдер (2.8-сурет) штанген тереңдік өлшегіштер мен штангенрейсмастар жатады.

Штангенциркульдің негізгі бөлшектері 1 мм шкала бөлінулері бар штанга-сызғыш және сызғыш бойы айналатын 5 шкала-нониус болып табылады. Штанга-сызғыш бойынша миллиметрдің тұтас санын есептесе, нониус бойынша – миллиметрдің ондық және жүздік үлестерін есептейді.

2 жылжымайтын еріншесі бар 1 негізгі сызғыш бойынша жылжымалы өлшеу еріншелері бар 3 жиек ығысады. Жиектің штанга-сызғыш бойынша байсалды ығысуы үшін қамытша, қысқыш және микрометрикалықберудің сомындарынан құралған 7 микрометрикалық қондырғы қарастырылған. Жылжымалы жиекте 4 тоқтатқыш бұрама орнатылған. Саңылау мен басқа да бөлшектердің ішкі элементтердің тестіктерінің тереңдігін өлшеу үшін тереңдікті өлшеу сызғышы 6 қолданылады.

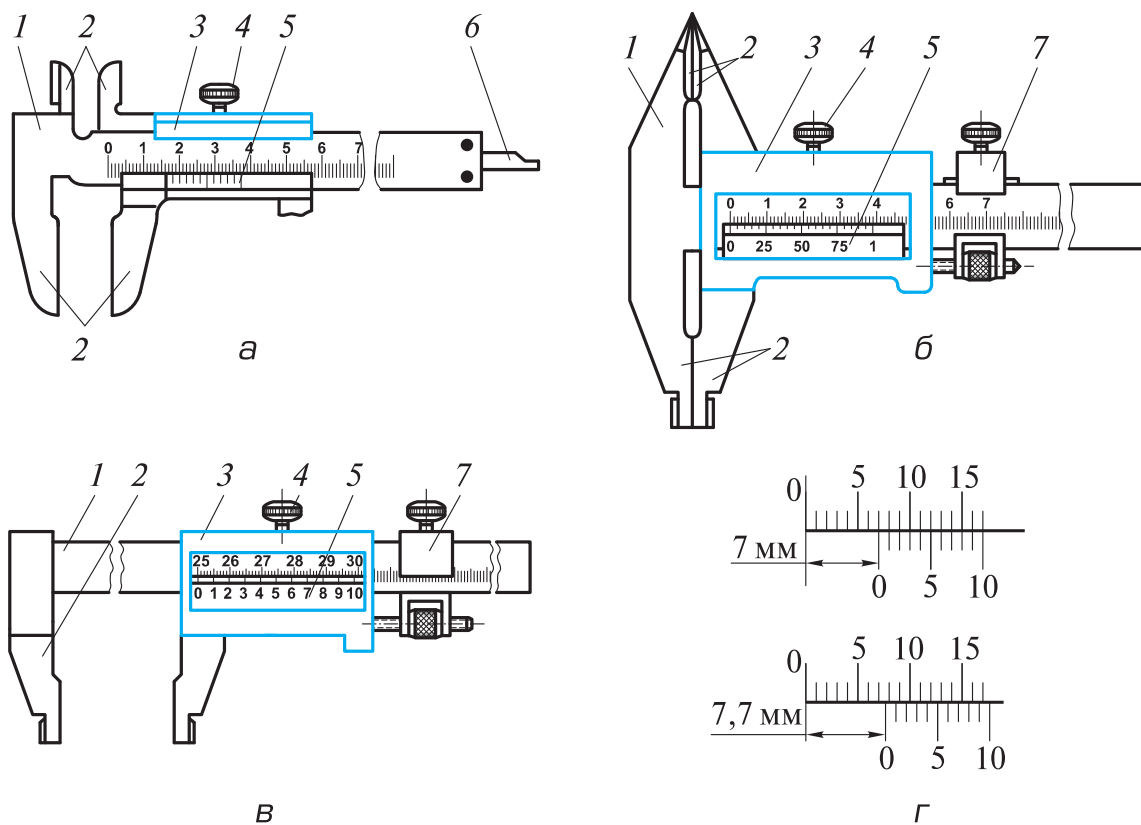
Нониустің көмегімен есептеу үшін ең алдымен негізгі шкала бойынша нониусты нөлдік бөлуден бұрын миллиметрлердің тұтас санын анықтайды. Кейін оған нониус шкаласының қай штрихы негізгі шкаланың штрихына жақын болса, соған сәйкес нониус бойынша үлестер санын қосады (2.8, г-сурет).

Нониустың негізгі түрлері (I— IV) 2.9-суретте көрсетілген.

Нониустың негізгі сипаттамалары *a* нониус бойынша есептің (нониусты бөлу бағасы) шамасы және *γ* нониусының модулі болып табылады, олар келесі формула бойынша есептеледі:

$$\gamma = (l + i)'(ni)$$

мұндағы *i* — негізгі шкаланы бөлу бағасы, мм; *n* — нониусты бөлу саны; *l* — нониус шкаласының ұзындығы мм.



2.8-сурет. Штангенциркульдың құрылымы:

а — ШЦ-I түрі; *б* — ШЦ-II түрі; *в* — ШЦ-III түрі; *з* — нониус бойынша санау; *1* — штангасызғыш; *2* — өлшеу еріншелері; *3* — жиек; *4* — жиекті қысу бұрамасы; *5* — нониус; *6* — тереңдікті өлшейтін сызғыш; *7* — микрометрикалық беру жиегі

0,1; 0,05; 0,02 мм санау дәлдігімен нониустар барынша кең таралған. Машина жасауда қолданылатын штанген құралдардың негізгі метрологиялық сипаттамалары 2.2-кестеде берілген.

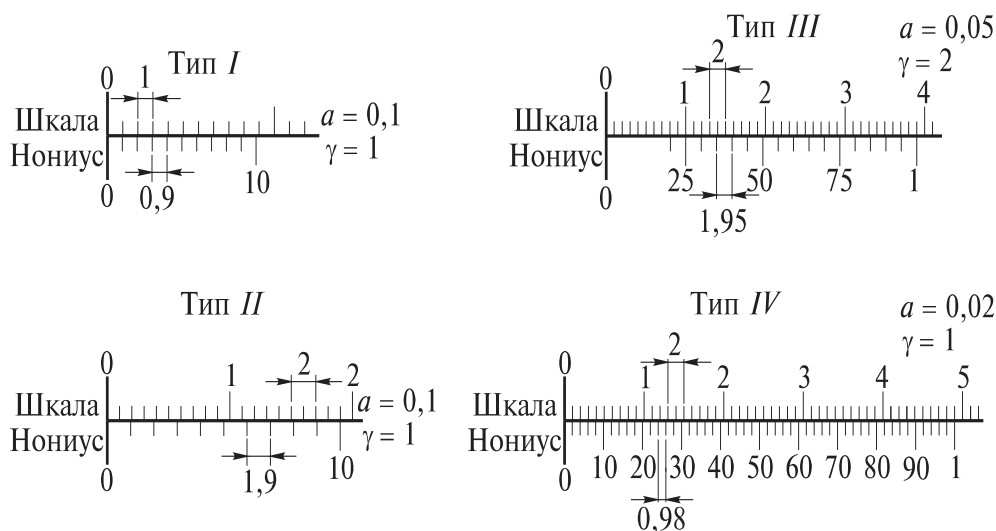
МЕМСТ 166—89 штангенциркульдердің үш түрін дайындауды және пайдалануды қарастырады: ШЦ-I 0,1 мм бөлу мөлшерімен, ШЦ-II 0,05 мм және 0,1 мм бөлу мөлшерімен, ШЦ-III 0,05 және 0,1 мм бөлу мөлшерімен. Сонымен қоса, зауыттарда бұрында дайындалған штангенциркульдерді 0,02 мм нониус бөлу мөлшерімен пайдаланады, және де 0,1; 0,05; 0,02 мм индикаторды бөлу мөлшерімен индикаторлы штангенциркульдер пайдаланылады.

Индикаторлық штангенциркульдің штангасына (2.10-сурет) 2 тісті жиек монтаждalған, оның бойымен жиекке 1 бекітілген индикатордың тісті дөңгелегі 3 ығысады. Тісті дөңгелектің ығысуы бірлік, ондық және жүздік миллиметрді көрсететін индикатордың тілшесіне беріледі.

Сызғыштық өлшеу үшін соңғы уақытта электрондық сандық санауы бар штангенқұралдар қолданылады (2.11-сурет). Бұл аспаптарда штанганың бойымен көпмәнді өлшем орналастырады, ол бойынша жылжымалы жиектің ығысу шамасы есептеледі. Көпмәнді өлшем ретінде фотоэлектрлік немесе сыйымдылық түрлендірушілері қолданылады. Электрондық есептеу қондырғылары бар көптеген штанген құралдар өлшеу нәтижесін аспаптың шкаласына тікелей көрсету немесе оған қосылған микропроцессорға беру мүмкіндігіне ие. Осындай аспаптардың бөлу мөлшері 0,01 мм құрайды.

Штанген тереңдік өлшеуіштер (МЕМСТ 162 — 90) (2.12-сурет) түпкілікті штангенциркульден айырмашылығы жоқ және саңылаулар мен тесіктердің тереңдіктерін өлшеу үшін қолданылады. Штанген тереңдік өлшеуіштердің жұмыс беттері штанген сызғыштың бүйірлік беті 1 және өлшеуге арналған база – негіздеменің төменгі беті 4 болып табылады. Өлшеу нәтижелерін санаудың қолайлылығы, соңғы операциялардың дәлдігі мен өнімділігін арттыру үшін штанген тереңдік өлшеуіштің кейбір түрлерінде нониустық шкаланың орнына 0,05 және 0,01 мм бөлу бағамы бар сағат түріндегі индикаторды орнату қарастырылады.

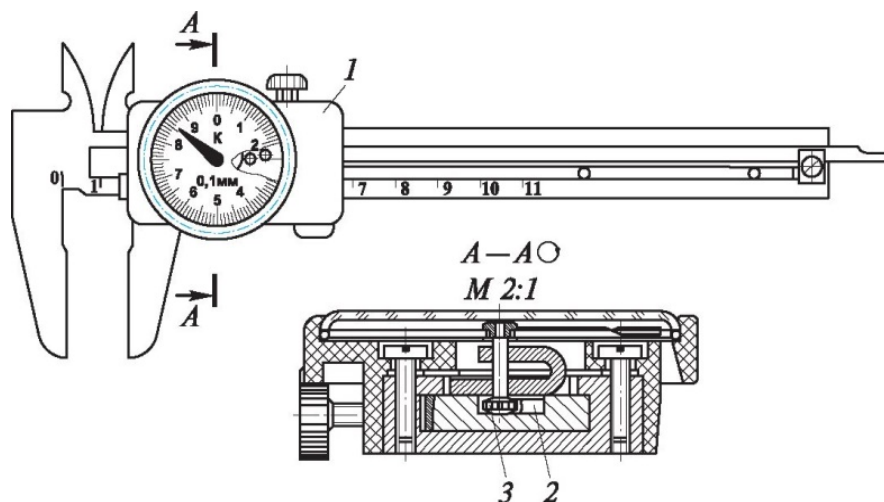
Штангенрейсмастар (МЕМСТ 164- 90) (2.13-сурет) бөлшектерді белгілеу мен олардың биіктігін анықтауға арналған негізгі өлшеу құралдары болып табылады. Олар негіздеме жазықтығына параллель немесе тігінен өлшеу бастарын орнату үшін қосымша жалғау түйініне ие болуы мүмкін.



2.9-сурет. Нониустар түрлері

2.2-кесте. Штангенқұралдардың негізгі метрологиялық сипаттамалары

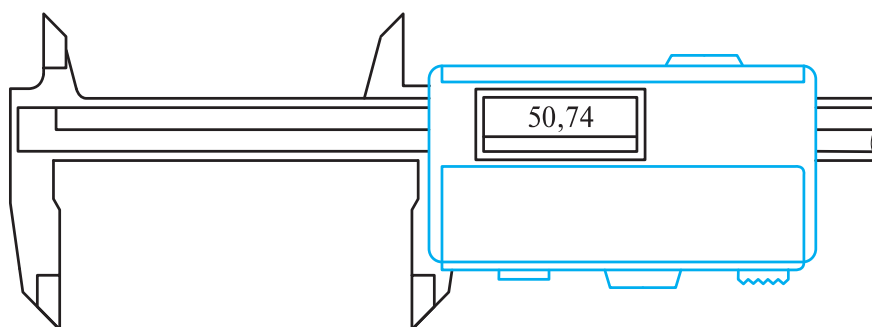
Өлшеу құралы	Шкаланы бөлу мөлшері, мм	Шкала көрсеткіштерінің ауқымы, мм	Құралды өлшеу шектері, мм		Құралдың шектік қателіктері, мкм	Құралдың шартты белгісі
Штангенциркуль						ШЦ-1-125-0,1
(МЕМСТ 166—89)						МЕМСТ 166 — 89
ШЦ-1, ШЦТ-1 түрлері	0,1	125	0...125		+(150. ...170)	
ШЦ-П, ШЦ-Ш	0,05	160	0...1600...200 0...2500...160 0...2000...250 0. .250		+50	ШЦ-П-250-0,05
		200				МЕМСТ 166 — 89
		250				
	0,1	160			±70	
		200			±70	
		250			±80	
Штанген тереңдік өлшегіш	0,05	160	0...1600...2000...2500 ...3150...400		±50	ШТ-160
(МЕМСТ 162—89) ШТӨ		200				МЕМСТ 162 — 90
		250				
		315				
		400				



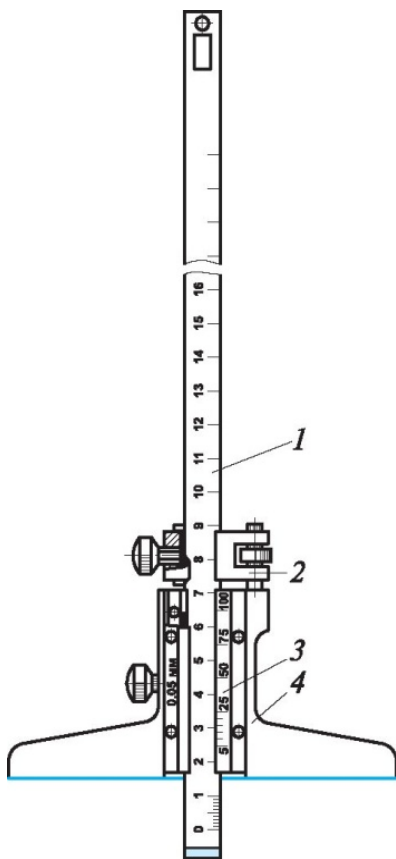
2.10-сурет. Индикаторлық штангенциркульдің құрылымы: 1 — жиек; 2 — тісті жиек; 3 — тісті дөңгелек

Штангенрейсмастың құрылымы мен әрекет ету қағидасы штангенциркульдің құрылымы мен іс-әрекетінің қағидасынан түпкілікті ерекшеленбейді. Зауыттарда индикаторлық және сандық есептеу көрсеткіштері бар штангенрейсмастар қолданылады. Бірінші жағдайда нониустық шкаланың орнына жылжымалы жиекке 0,05 немесе 0,01 мм бөлу мөлшері бар сағат түріндегі индикатор орнатылса, ал екінші жағдайда - үдеудің ротациялық фотоэлектрлік есептеушінің тісті дөңгелегі орнатылады. Тісті дөңгелектің бір айналымында есептеуші 1 000 импульсбереді, олар сандық көрсетуші немесе жазушы қондырғыға жіберіледі. Бұл жағдайда өлшеу қателігі 10...15 мкм-нан аспауы мүмкін.

Тұрақты хорда бойынша тісті дөңгелектің тістерінің қалыңдығын өлшеу және бақылау үшін ТУ 2-034-773 — 84 (2.14-сурет) ШТ-18 және ШТ-36 нониусы бойынша 0,05 мм бөлу мөлшерімен штанген тіс өлшеуіш қолданылады.

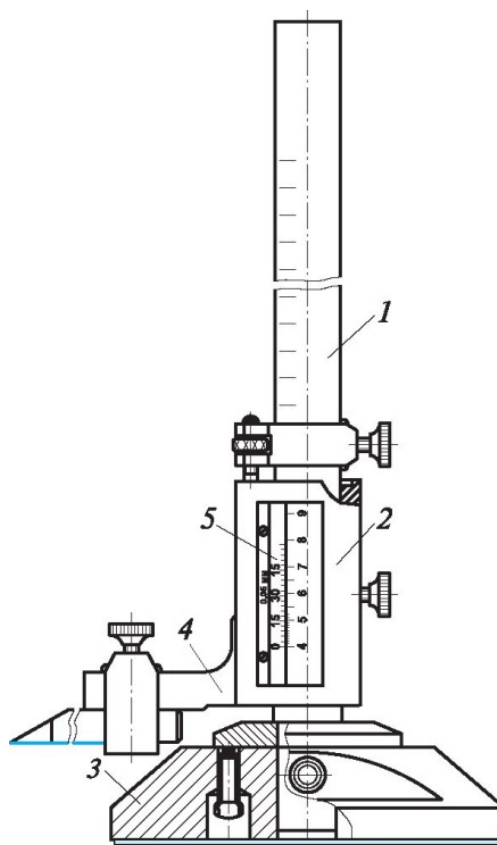


2.11-сурет. Штангенциркуль сандық есебі бар



2.12-сурет. Штанген терендік өлшегіш:

1 — штанга-сызғыш; 2 —
микрометрикалық беру жиегі; 3 —
нониус; 4 — негіз



2.13-сурет. Штангенрейсмас:

1 — штанга-сызғыш; 2 — жиек; 3
негіздеме; 4 — ұстағыш; 5 — нониус

Бұл аспаптар 1-ден 18-ге дейін және 5-тен 39-ға дейін модулі бар тісті дөңгелектерді сәйкесінше дөңгелектердің 11,12 дәлдік дәрежесімен бөлу шеңберінің диаметрін шектемей зерттейді.

Тістің қалыңдығы стандартпен реттелмейді, алайда бұл шама бойынша қайта есептеу арқылы МЕМСТ-пен реттелетін тісті жиектің бастапқы контурының ығысу шамасын анықтауға болады. Тісті жиектің бастапқы контуры ығысқан жағдайда тұрақты хорда бойыншатістің қалыңдығы өзгереді.

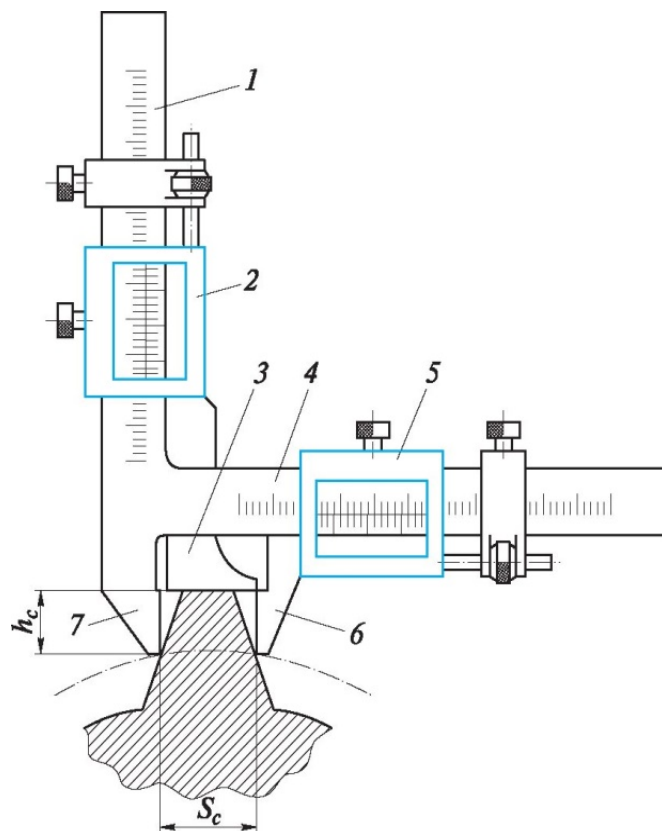
20° іліну бұрышы кезінде тұрақты хордадан h дөңестің шеңберіне дейінгі қашықтық h_c 0,7476m-ге тең, ал тістің теориялық қалыңдығы тұрақты хорда бойынша $S_c=1,387m$. Іс жүзінде h_c және S_c мәндерін ерте құрастырылған кесте бойынша табады.

Штанген тіс өлшеуіш 2 және 5 нониустық жиектері ығысатын 1 және 4 өзара перпендикулярлы екі штангаға ие.

Жиек 2 тірекпен 3 орындалған, ал жиек 5 — ерінмен 6. Тістің қалыңдығын өлшеген кезде тіректі 3 нониус 2 бойынша есептік мәнге h_c орнатады және кейін аспапты тексерілетін тіске қояды. 6 және 7 ысқыштарын жылжытады және нониус 5 бойынша тістің қалыңдығын S_c өлшейді.

Микрометриялық құралдар. Ішкі және сыртқы өлшемдерді, ойықтардың биіктігін, саңылаулар мен тесіктердің тереңдіктерін және т.б.-ды абсолютті өлшеуге арналған. Оларға тегіс микрометрлер (2.15-сурет), үстемелі микрометрлер, микрометриялық тереңдік өлшегіштер, микрометриялық нутрометрлер жатады.

Бұл құралдардың әрекет ету қағидасы микрометриялық бұраманың (бұрама-сомын) айналымы қозғалысын ілгерілемеліге ауыстыру үшін бұрама жұбын пайдалануға негізделген. Микрометриялық құралдардың негізгі бөлшектері: тұрқы 1, ішінде бір жағына 0,5 мм қадаммен микрометриялық бұрандасы бар, екінші жағынан - бұраманың дәл айналу бағытын қамтамасыз ететін тегіс цилиндрлік саңылауы бар өзекше 3. Бұрамаға 4 өлшеудің тұрақты күшеюін қамтамасыз ететін сылдырлағы 7 бар барабан 5 орнатылған (микрометриялық нутрометрлер үшін сылдырлақ орнытпайды).



2.14-сурет. Нониусты штанген тіс өлшегіш:

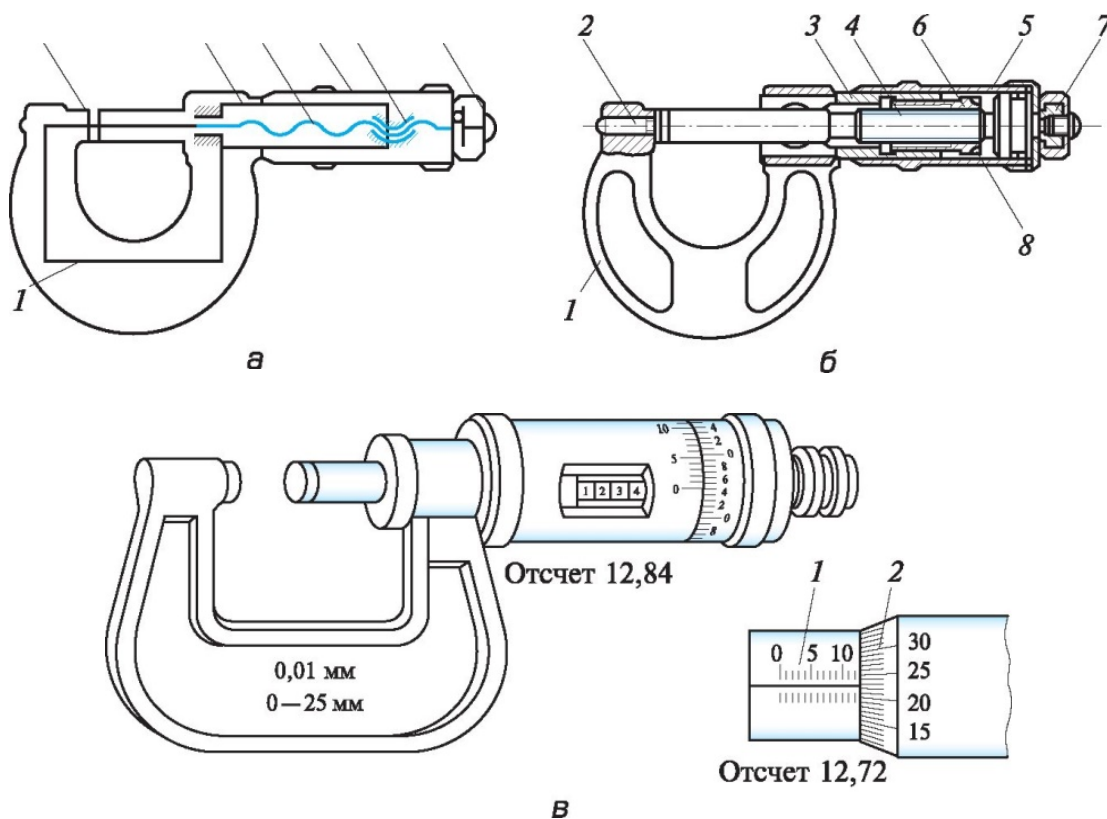
1 және 4 — штанга; 2 және 5 — нониусты жиек; 3 — тірек; 6 және 7 — еріншелер

Тежеуіш бұраманы қажетті қалыпта бекіту үшін қолданылады.

Микрометриялық құралдардың есептеу қондырғысы (2.15, в-сурет) екі шкаладан тұрады: бойлық 1 және шеңберлік 2. Бойлық шкала бойынша тұтас миллиметрлер және 0,5 мм есептейді, ал шеңберлік шкала бойынша – ондық және жүздік миллиметрлер.

Микрометриялық құралдардың негізгі метрологиялық сипаттамалары 2.3-кестеде берілген.

Тегіс микрометрлер МК (МЕМСТ 6507—90) (2.15-суретті қараңыз) әр түрлі шектері бар өлшеулер шығарады — 25 мм шкала көрсеткіштерінің диапазонымен 0-ден 300 мм-ға дейін, және де 300...400, 400...500 және 500...600 мм. Микрометрлердің шектік қателіктері өлшеудің жоғарғы шектеріне байланысты және МК-25 микрометрлері үшін ± 3 мкм-ден МК-500 микрометрлер үшін ± 50 мкм-ге дейін құрауы мүмкін. Өлшеудің барлық нәтижесінің сандық есебімен микрометрлер шығаруы мүмкін.



2.15-сурет. Тегіс микрометр:

а — кинематикалық сұлба; *б* — түпкілікті сұлба; 1 — тұрқы; 2 — жылжымайтын табан; 3 — сабак; 4 — микрометриялық бұрама; 5 — барабан; 6 — микрометриялық жұптың бұрандасы; 7 — өлшеу күшін тұрақтандыру қондырғысы (сылдырлақ); 8 — бойлық шкаланың осі; *в* — есептік қондырғы: 1 — бойлық шкала; 2 — шеңберлік шкала

Бұндай микрометрлерде есептік қондырғы механикалық қағида бойынша жұмыс жасайды.

Микрометриялық тереңдік өлшегіш (МЕМСТ 7470 — 92) (2.16-сурет) тесіктердің тереңдіктерін, дөңестердің биіктіктерін және т.б. абсолютті өлшеуге арналған. Оның тіркеу бұрандасының бкөмегімен маңдайшаға 4 бекітілген сабағы 3 бар. Бір өлшеу беті маңдайшаның 4 төменгі жазықтығы болып табылса, екіншісі – жылжымалы табанмен байланысқан 5 микрометриялық бұраманың жазықтығы болып табылады.

Микробұрама барабанмен 2 байланысқан сылдырлақпен 1 айналады. Микрометриялық тереңдік өлшеуіштің жинағына тегіс өлшеу бөренелері бар орнату өлшемдері кіреді.

2.3-кесте. Микрометриялық құралдардың негізгі метрологиялық сипаттамалары

Өлшеу құралы	Шкаланы бөлу мөлшері, мм	Шкала көрсеткіштерінің ауқымы, мм	Құралдың өлшеу шектері, мм	Құралдың шектік қателіктері, мкм	Өлшеу күші, Н
Сыртқы	0,01	25	0...25	±2,0	5.9
өлшемдерді өлшеуге арналған МК			25... 50	±2,5	
түріндегі			50.75	±2,5	
микрометрлер			и т. д.		
(МЕМСТ 6507 — 90)					
Метриялық	0,01	25	50.75	±4,0	—
		100	75.175	±6,0	
нутрометр		525	75.600	±15,0	
(НМ түрі)		1 100	150.1 250	±20,0	
(МЕМСТ 10 — 88)			и т. д.		
Микрометриялық	0,01	25	0.25	±2,0	3.7
тереңдік			25.50	±3,0	
өлшеуіш			50.75	±3,0	
(МЕМСТ 7470 — 92)			и т. д.	±3,0	
			100. 125	±4,0	
			125.150	±4,0	

Микрометриялық нутромер (МЕМСТ 10—88) (2.17-сурет) ішкі өлшемдерді абсолютті өлшеуге арналған. Өлшеу кезінде өлшеу ұштықтарын тексерілетін саңылаудың қабырғаларымен жанастырады. Микрометриялық нутрометрлерде сылдырлақтар жоқ, сондықтан жанасудың тығыздығы қолмен ұстап көру арқылы анықталады. Нутрометрді нөлге орнату орнату шеңбері арқылы орындалды, немесе бұрандама қысқышқа орнатылған қапталдары бар соңғы өлшемдер блогы бойынша орындалады.

НМ түріндегі микрометриялық нутрометрлерді 50...75, 75...175, 75...600, 150...1 250, 800...2 500, 1 250...4000, 2 500.6000 және 4 000.10000 мм өлшеу шектерімен шығарады. Шектерді ұлғайту қажеттілігі пайда болған жағдайда ұзартқыштарды пайдаланады.

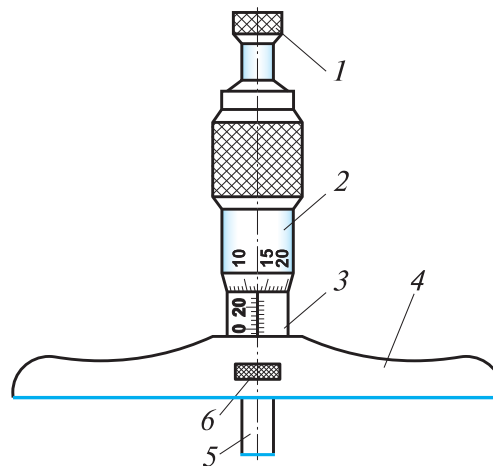
Ұзартқыштарды таңдау үшін тексерілетін өлшемнен ұшы бар микрометриялық бастиек өлшеуінің төменгі шегін алып тастайды. Кейін олардың ең төменгі санын қамтамасыз ететін өлшем бойынша ұзартқыштарды таңдайды (үлкенінен кішісіне). Ұшы бар микрометриялық бастиек пен ұзартқыштың төменгі өлшеу шегінің сомасы талап етілетін өлшемнен төмен болуы тиіс, алайда микрометриялық бастиектің өлшеу шектері арасында бір айырымнан аспауы қажет.

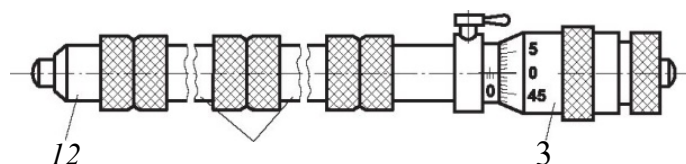
Микрометриялық құралдарды күрделі бөлшектердің өлшемдерін арнайы бақылау түрлері үшін қолданады. Мысалы, үстемелі микрометр (бұрандалы микрометр) (2.18, а-сурет) бұранданың орта диаметрін өлшеу үшін қолданылады, микрометриялық нормалемер (2.19-сурет) – тісті дөңгелектердің жалпы нормалі ұзындығының тербелуін өлшеу үшін қолданылады.

Бұрандалы микрометрдің жылжымайтын табанында 1 және микрометриялық бұрамасында 4 ауыспалы призматикалық 2 және конустық 3 үстемелері бар саңылау бар (2.18-сурет).

2.16-сурет. Микрометриялық тереңдік өлшегіш:

1 — сылдырлақ; 2 — барабан; 3 — сабақ; 4 — маңдайша; 5 — жылжымалы табан; 6 — тіркеу бұрандасы

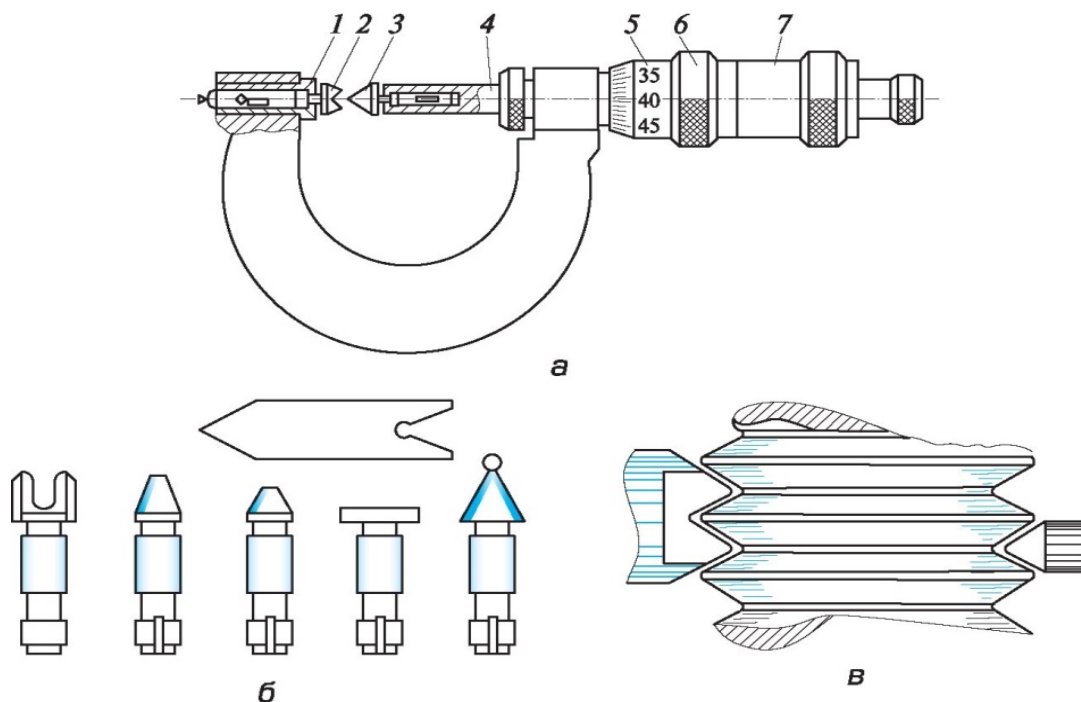




2.17-сурет. Микрометриялық нутромер:

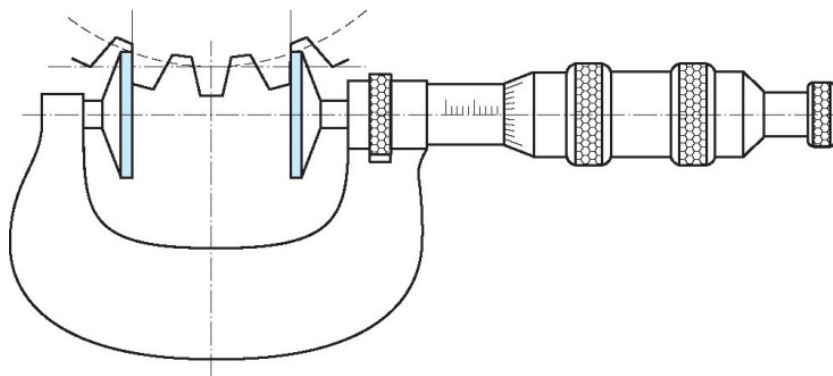
1 — жылжымайтын ұштық; 2 — ұзартқыш (индикаторлы бастиек); 3 — микрометриялық бастиек

Метриялық және трапециялық бұрандаларды өлшеу үшін үстемелердің сегіз жұбы арналған, ал дюймдік бұрандаларды өлшеу үшін үстемелердің алты жұбы арналған. Үстемелер ұзындықтарының өзгерісін өтеу үшін барабанды жазылмалы қылып дайындайды: ол бұрандамен қысылған екі 5 және 7 бөліктен тұрады. Бұранданы өлшеу кезінде үстемелердің беттері бұранданың пішінімен жанастырылады (2.18-сурет, в). Бұранданы өлшеу қателігі (М6-ға дейін) 0,04...0,05 мм құрайды. Ірі қадамдар үшін ауқымды қателіктер 0,15 мм-ге дейін жетеді, ал бұрандама калибрі бойынша орнатумен өлшеу кезінде – 0,10 мм.



2.18-сурет. Үстемелі микрометр:

а — сұлба; б — ауыспалы үстемелер; в — өлшеу қағидасы; 1 — жылжымайтын табан; 2 — призматикалық үстеме; 3 — конустық үстеме; 4 — микрометриялық бұрама; 5 және 7 — барабанның жазылмалы бөлшектері; 6 — бұранда



2.19-сурет. Микрометриялық нормалөлшегіш

Микрометриялық нормалөлшегіш жылжымайтын табанда және микрометриялық бұрамада қамтитын екі параллельді табақшалы ерінге ие, олар өлшеу кезінде тісті дөңгелектің шұңқырына кіреді.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Өлшеу сызғыштары мен штангенциркульдерді қандай салаларда қолданады?
2. Нониус шкала деген не және оның әрекет ету қағидасы қандай?
3. Штангенқұралдың негізгі бөлшектері қандай?
4. Тегіс микрометр неден тұрады және ол қалай жұмыс жасайды?
5. Микрометриялық нутрометрде ұзартқыштар саны қалай аныкталады?

Зертханалық жұмыс: «Сыртқы беттерді штангенқұралмен және микрометрмен өлшеу».

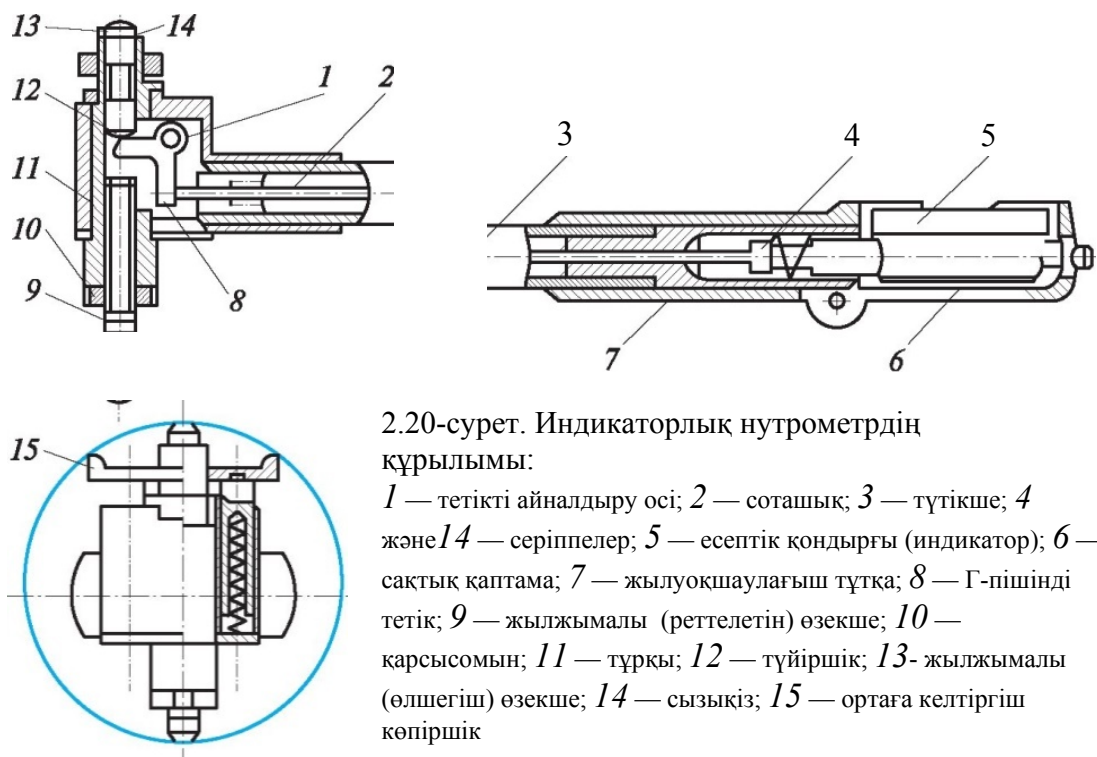
2.2.3. Механикалық түрленуші өлшеу және бақылау құралдары

Механикалық түрленуші өлшеу және бақылау құралдары өлшеу өзекшесінің кішкентай ауысуының нұсқаушының (тілше, шкала, жарықтық сәуле және т.б.) үлкен ауысуына түрленуіне негізделген.

Механизмнің түріне байланысты олар тетікті-механикалық (тетікті), тісті, тетікті-тісті, серіппелі және серіппелі-оптикалық болып бөлінеді.

Тетікті-механикалық аспаптар. Бұл аспаптар ең бастысы салыстырмалы өлшемдер үшін, радикалды және қапталдық соғуды тексеру, және де бөлшектер пішіндерінің ауытқуларын (дөңгелектіктен ауытқу – сопақ, бедерлеу; цилиндрліктен ауытқу – конустық, бөшкетәріздес, ершік тәрізді; тегістіктен ауытқу – ойыстылық, дөңестік және т.б.). бақылау үшін қолданылады.

Тетікті-механикалық аспаптарға 3-тен 1 000 мм-ге дейінгі саңылаулардың салыстырмалы өлшеуіне арналған индикаторлы нутроөлшегіштер (2.20-сурет) жатады. Олар корпусан 11, есептеуқондырғысынан 5 (индикатор), жылжымалы (өлшегіш) 13 және жылжымайтын (реттелетін) 9 өзекшеден, тең иықты (Г-пішінді) тетіктен 8, ортаға келтіргіш көпіршеден 15 және жылжымалы соташықтан 2 тұрады. Саңылауды өлшеу кезінде өзекше 13 саңылаудың перпендикулярлы өсі бағытында ауыса отырып, Г-пішінді тетікті 8 өстің айналасымен бұрады және сондай шамаға соташық 2 пен индикатордың өлшегіш ұштығын 5 ығыстырады. Индикатордың тілшесінің орнын ауыстыру тексерілетін саңылаудың шынайы өлшемінің нутрометрді үйлестіру өлшемінен ауытқуын көрсетеді. Индикаторды нөлге орнату шеңбері бойынша немесе ұстағышқа бекітілген қапталдары бар соңғы өлшемдердің блогы бойынша жүзеге асырылады.



2.20-сурет. Индикаторлық нутрометрдің құрылымы:

1 — тетікті айналыру осі; 2 — соташық; 3 — түтікше; 4 және 14 — серіппелер; 5 — есептік қондырғы (индикатор); 6 — сақтық қаптама; 7 — жылуоқшаулағыш тұтқа; 8 — Г-пішінді тетік; 9 — жылжымалы (реттелетін) өзекше; 10 — қарсысомын; 11 — тұрқы; 12 — түйіршік; 13 — жылжымалы (өлшегіш) өзекше; 14 — сызықіз; 15 — ортаға келтіргіш көпіршік

1.2-кесте. негізгі метрологиялық сипаттамалары индикаторлық нутромеров

Аспаптың атауы және түрі	Шкаланы бөлу мөлшері, мм	Өлшеудің барынша үлкен тереңдігі, мм	Аспаппен өлшеу шектері, мм		Өлшеу өзекшесінің барлық ауысу шегіндегі жол берілетін қателіктің шегі, мкм	Өлшеу күші, Н
Нутроөлшегіштер						
МЕМСТ 868 — 82:						
НӨ 10	0,01	60..TOO	6..	..10	8,0	2,5...4,5
НӨ18	0,01	130	10	..18	12,0	4,0...7,0
НӨ 50А	0,01	150	18	..50	12,0	4,0...7,0
НӨ 100-1	0,01	200	50..	..100	15,0	4,0...7,0
НӨ 450В	0,01	500	250.	..450	15,0	5...9
Нутроөлшегіштер	0,001	12	2..	30	+1,8	3,0
МЕМСТ 9244 — 75		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..	100	+3,5	7,0
		300	100.	..160	+4,0	7,0
		300	160.	..250	+4,0	9,0

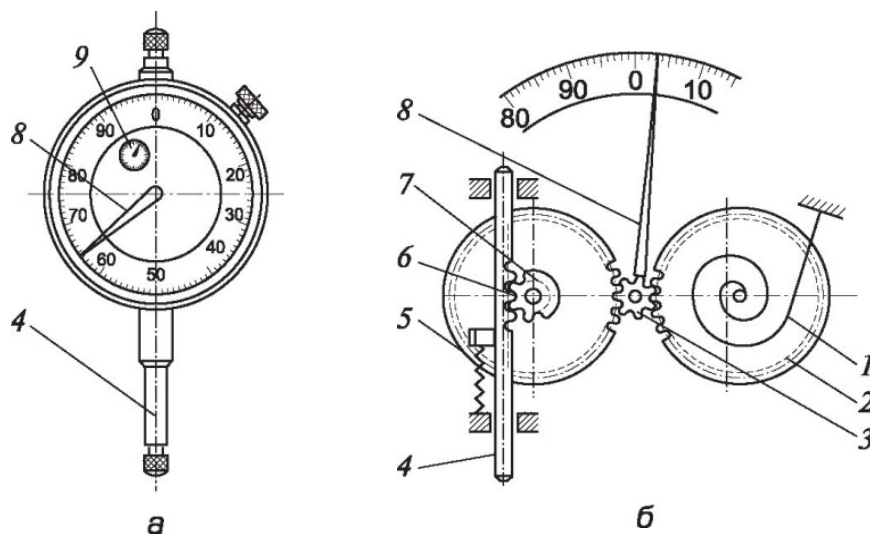
0,01 (МЕМСТ 868 — 82) бөлу мөлшерімен және 0,001 және 0,002 мм (МЕМСТ 9244 — 75) бөлу мөлшерлерімен индикаторлық нутроөлшегіштер шығарылады. Индикаторлық нутроөлшегіштердің негізгі метрологиялық сипаттамалары 2.4-кестеде берілген.

Индикаторлар және тісті берілісті индикаторлық өлшегішбастиектер. Өндірістік жағдайларда және өлшеу зертханаларында абсолютті өлшеу үшін индикаторлар мен тісті берілісті индикаторлық өлшегішбастиектер кең қолданысқа ие болды.

Сағат түріндегі индикаторлар (МЕМСТ 577 — 68) (2.21-сурет), тісті берілісі бар аспаптардың типтік өкілдері болып табылады, кесілген тістік жиегі 6 бар өзекшеден 4, тісті дөңгелектерден 2, 3, 5, және 7, спиралді серіппеден 1, тілшеден 8 тұрады. Өлшеу өзекшесінің 4 қайтымды ілгерілеме ауысуы тілшенің айналма қозғалысына айналады 8.

Тілшенің бір айналымы өлшеу өзекшесінің 1 мм-ге ығысуына сәйкес келеді. Тұтас миллиметрлер тілшенің 9 көмегімен шкала бойынша есептеледі. Аспаптың шкаласы 100 бөлулерден тұрады, индикаторды бөлу мөлшері 0,01 мм-ге тең.

Сағат түріндегі индикаторлар екі модификацияда дәлдіктің (0 және 1) екі класында шығарылады: өлшеу өзекшесінің шкалаға параллель ығысуымен СИ түріндегі индикаторлар және өлшеу өзекшесінің шкалаға перпендикулярлы ығысуымен ТИ түріндегі индикаторлар. Сонымен қатар, сандық есебі (электрондық) бар сағат түріндегі индикаторлар да шығарылады.



2.21-сурет. Сағат түріндегі индикатор (а) және оның сұлбасы (б):

1 — спиральді серіппе; 2, 3, 5 және 7 — тісті дөңгелектер; 4 — өзекше; 6 — тісті жиек; 8 және 9 — тілшелер

2.5-кесте . Сағат түріндегі индикаторлардың негізгі метрологиялық сипаттамалары

Аспаптың түрі (МЕМСТ 577—68)	Шкаланы бөлу мөлшері, мм	Аспаппен өлшеу шектері, мм	Барлық ауқымда аспаптың шектік қателіктері, мкм	Өлшеу күші, Н
СИ, ТИ	0,01	0... 2	10	1,5 (0,4)
СИ	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)

Сағат түріндегі индикаторлардың негізгі метрологиялық сипаттамалары 2.5-кестеде берілген.

Иінтіректі-тісті беріліске негізделген аспаптар. Бұл аспаптарға иінтіректі-тісті өлшеу бастиектері, иінтіректі тұтқалар, иінтіректі микрометрлер және т.б.жатады. Бұл аспаптар сыртқы беттерді салыстырмалы өлшеуге арналған.

Иінтіректі-тісті өлшеушібастиектер(2.22-сурет) тетіктің беріліссанын жоғарылата отырып өлшеу дәлдігін арттыруға мүмкіндік беретін иінтіректі жүйенің тісті берілісінің болуымен сағат түріндегі индикаторлардан ерекшеленеді.

Өлшеу өзекшесін 4 ауыстырған кезде екі дәл бағытты тығындыда 3 иінтірек6 бұрылады, ол үлкен иінінде тісті секторы бар, тісті дөңгелекпен ілінісетін (триба) иінтірекке 8 әсер етеді. Трибаның өсінде саңылау таңдайтын сипаралды серіппемен 1 байланысқан тығындысы бар тілше орнатылған. Өлшеу күші серіппеден 2 туындайды. Өлшеу өзекшені арретирлеу үшін арретир 5 пайдаланылады.

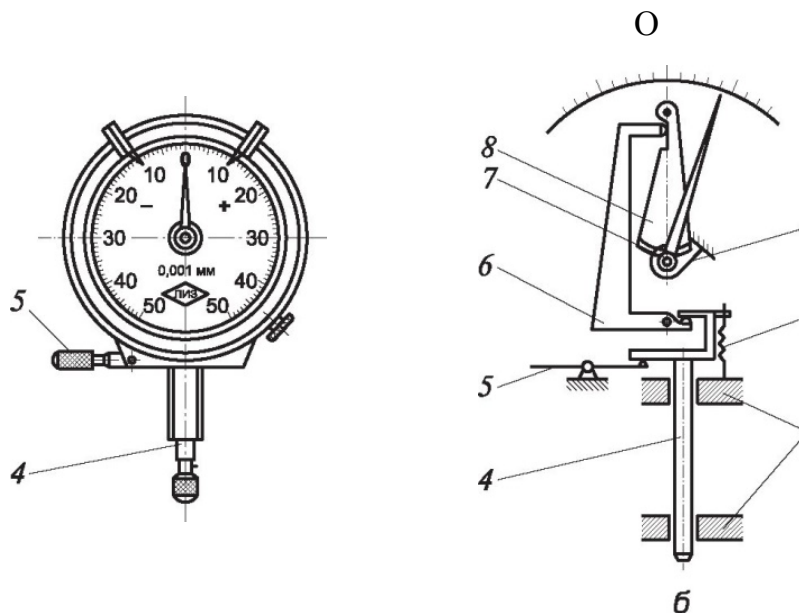
0,001 және 0,002 мм (МЕМСТ 9696 — 82) иінтіректі-тісті бір айналмалы және көпайналмалы өлшеушібастиектер шығарылады. Көпайналмалы бастиектер өлшеудің жоғарғы дәлдігі мен үлкен ауқымы қажет болған жағдайда қолданылады.

МЕМСТ 5584 — 75 өлшеу тетігінің корпусқа қатысты жағдайының өзгеруімен 0,01 мм бөлу мөлшерімен иінтіректі-тісті индикаторларды шығаруды қарастырады.

Иінтіректі-тісті өлшеу ұштықтарының негізгі метрологиялық сипаттамалары 2.6-кестеде көрсетілген.

Иінтіректі тұтқаларда (МЕМСТ 11098 — 75) (2.23-сурет) өлшеу үрдісінде жылжымалы табан 9 орнын ауыстыра отырып, тісті секторы өсіне қозғалмайтындай бекітілген тісті дөңгелек 4 пен тілшені 1 бұратын өлшенетін тетікке 11 әсер етеді. Спиралді серіппе 3 тісті дөңгелекті тісті секторға үнемі қысады, осылайша саңылауды жояды. Үйлестіруге арналған микробұрама 8 аспапты соңғы өлшемдердің блогы бойынша нөлге орнату үшін қолданылады. Сонымен қоса, өлшенетін шаманы миллиметрде, және миллиметрдің ондық, жүздік үлестерінде сандық өлшеумен тетікті тұтқалар да шығарылады.

Иінтіректі микрометрлер (МЕМСТ 4381 — 87) иінтіректі тұтқаларға ұқсас және олардан тек өлшенетін шаманы миллиметрде, ондық және жүздік миллиметр үлестерінде есептеуге арналған микрометриялық ұштықтарының болуымен ерекшеленеді. 100 мм-ге дейінгі сыртқы өлшемдерді өлшеу үшін тұрқыға орнатылған есептік қондырғысы бар МР түріндегі микрометрлер қарастырылған. ТМР түріндегі микрометрлер тісті дөңгелектердің жалпы нормалдарының ұзындығын өлшеуге, ал ӨМР түріндегі микрометрлер 100 және 2 000 мм-нан асатын сыртқы өлшемдерді өлшеуге арналған.

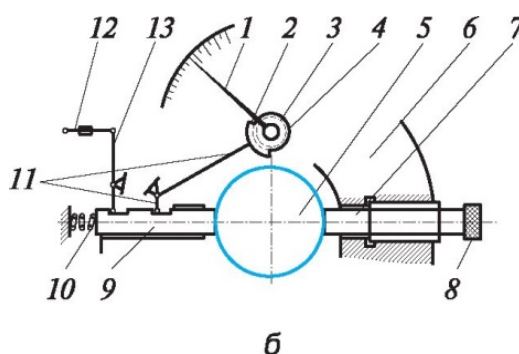
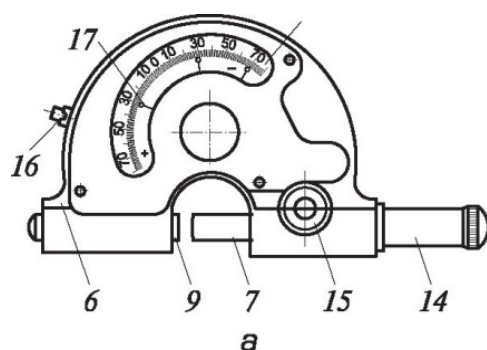


2.22-сурет. Иінтіректі-тісті өлшеу бастиегі (а) және оның сұлбасы (б):

1 — спиралді серіппе; 2 — серіппе; 3 — бағыттаушы тығындар; 4 — өлшегіш өзекше; 5 — арретир; 6 и 8 — тетіктер; 7 — тісті дөңгелек (триб)

2.6-кесте. основные метрологические характеристики рычажно-зубчатых измерительных головок

Бастиек түрі	Шкаланы бөлу мөлшері (кем дегенде), мм	Өлшеу ауқымы (кем дегенде), мм	Өлшеу күші (өлшеу күшінің тербелуі), Н	Өлшеудің барлық ауқымында негізгі жол берілетін қателіктің шегі, мм	Бастиектің шартты белгісі
Бастиектер МЕМСТ 5584 — 75 бойынша:					
ТТИ, ТТИ	0,01	0,8	1...4	10,0	ИР] МЕМСТ 5584 — 75
Көпайналымды					
МЕМСТ 9696 — 82): 1 КӨҰ,	0,001	1,0	2,0 (0,5)	2,5	1 МИГ
1 КӨҰҚ				1,8	МЕМСТ 969 — 82
2 КӨҰ,	0,002	2,0	2,0 (0,7)	5,0	1 МИГП
2 КӨҰҚ				3,5	МЕМСТ 969 — 82



2.23-сурет. Иініректі тұтқа - пассаметр (а) және оның сұлбасы(б):

1 — тілше; 2 — тісті сектор; 3 — спиралды серіппе; 4 — тісті дөңгелек; 5 — өлшеу нысаны; 6 — тұрқы; 7 — жылжымалы (реттелетін) табан; 8 — баптауға арналған микробұрама; 9 — жылжымалы табан — арретир өзекшесі; 10 — серіппе; 11 — өлшеу тетігі; 12 — арретир өзекшесі; 13 — арретир тетігі; 14 — сақтандырғыш кап; 15 — орнықтырғыш сомыны; 16 — арретри батырмасы; 17 — шкала; 18 — шынайы ауытқулардың шектерін нұсқаушы

2.7-кесте. Иіңтіректі тұтқалар мен иіңтіректі микрометрлердің негізгі метрологиялық сипаттамалары

Аспап атауы және түрі	Өлшемдік қондырғының бөлу мөлшері, мм	Шкала көрсеткіштерінің ауқымы, мм	Аспаппен өлшеу шектері, мм	Аспаптың шектік қателіктері, ±Д, мкм	Өлшеу күші, Н
Иіңтіректі	0,002	±0,14	0... 25	±0,2	6,0 ± 1,0
			25.50		6,0 ± 1,0
(МЕМСТ 11098 — 75)			50.75		8,0±2,0
ТТ түрі			100.125		8,0±2,0
			125.150		8,0±2,0
Иіңтіректі микрометрлер МЕМСТ (4381—87)					
ТР	0,002	±0,14	0.25	±2,0	6,0 ±1,0
			25.50	±2,0	
			50.75	±2,0	
			75.100	±2,0	
МРЗ	0,002	±0,14	0.20	±3,0	6,0 ±1,0
			20.45	±3,0	
МРИ	0,002	±0,10	100.125	±4,0	8,0 ±1,0
			125.150	±4,0	
			150.200	±4,0	
			200.250	±5,0	
			и т. д.		

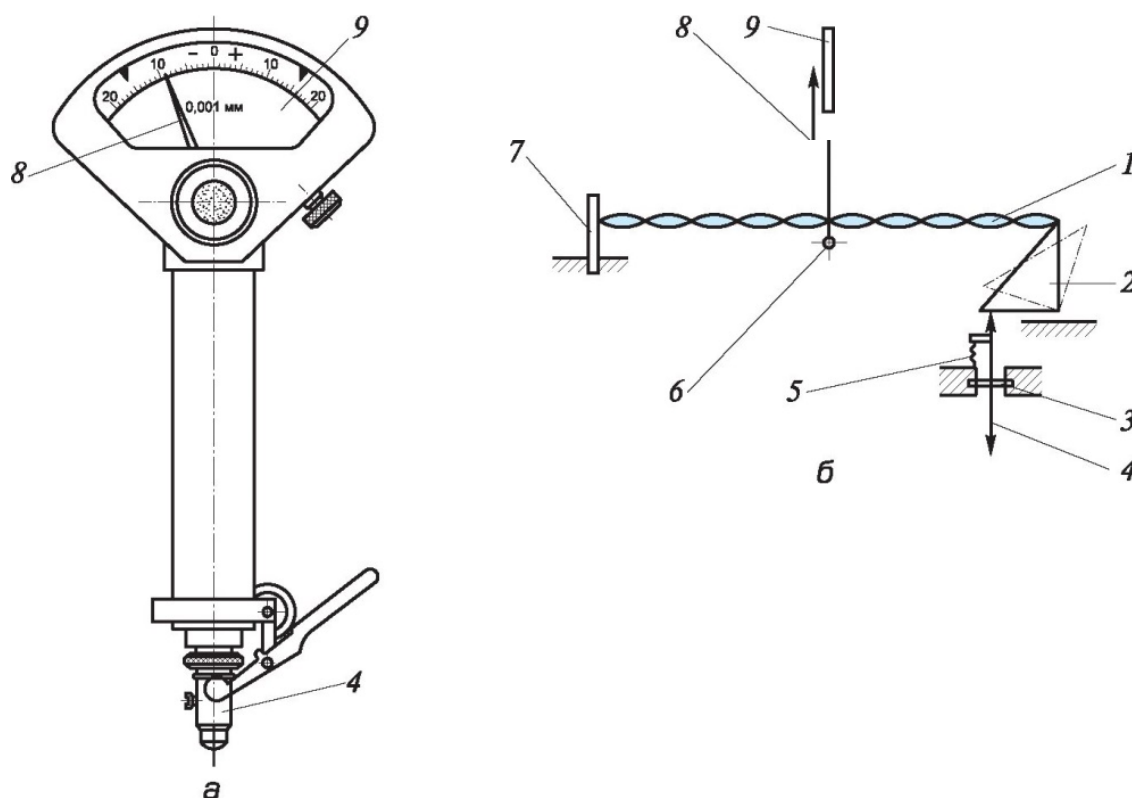
Иіңтіректі тұтқалар мен иіңтіректі микрометрлердің негізгі метрологиялық сипаттамалары 2.7-кестеде көрсетілген.

Серіппелі берілісті аспаптар. Серіппелі берілісті аспаптарға (МЕМСТ 28798—90) өлшегіш серіппелі бастиектер (микрокаторлар), кіші габаритті өлшегіш бастиектер (микаторлар) және бүйірлік әрекетті иіңтіректі-серіппелі өлшегіш бастиектер (миникаторлар) жатады. Бұл аспаптар өлшемдерді салыстырмалы өлшеуге, бөлшектердің жоғары дәлдікті дұрыс геометриялық пішіндерден ауытқуын тексеруге, және де белсенді бақылау құралдарын тексеру мен баптауға арналған.

Бұл типтегі аспаптар ені 0,1...0,2 және қалыңдығы 0,008... 0,015 мм бұралған фосфорлық қола таспаның серпінді қасиеттерінің өткізгіш тетіктерінде қолдану қағидасы бойынша құрылған.

Өлшегіш серіппелі ұштықтар (микрокаторлар) (2.24-сурет) ұқсас аспаптардың басқа түрлерінің алдында біраз артықшылыққа ие: жоғары сезгіштік, аз өлшеу күші, кері жүрістің аз қателігі, тетіктің жоғары сенімділігі. Бұл ұштықтардың негізгі кемшіліктері: өте жұқа тілше бойынша көрсеткіштерді өлшеудегі қолайсыздық және тілше вибрациясы, ол өлшеу қателіктерін арттырады. Өлшегіш серіппелі ұштықта серіппелі қол таспа 1 тілшеге 8 қарағанда әр түрлі жаққа бұралған және оң жақ соңымен серіппелі бұрыштамаға 2 бекітілген, ал сол жақ соңымен – тегіс серіппеге 7 бекітілген.

Өлшегіш өзекшенің 4 орнын аустырған кезде серіппелі бұрыштама 2 бұрылады, ол серіппелі қола таспаның 1 ұзаруына және оның ортасына бекітілген тілшенің шкалаға 9 қарағанда бұрылуына әкеледі. Тілше ауырлықтың 6 көмегімен теңдестірілген. Өлшеу күші серіппемен 5 жасалады. Өлшегіш өзекше 4 ұштықтың корпусына мембранамен 3 және серіппелі бұрыштықпен 2 ілінген.



2.24-сурет. Өлшегіш серіппелі бастиек (а) және оның сұлбасы (б):

1 — серіппелі қола таспа; 2 — серіппелі бұрыштық; 3 — жарғақ;
4 — өлшегіш өзекше; 5 — серіппе; 6 — ауырлық; 7 — тегіс серіппе; 8 — тілше; 9 — шкала

2.8-кесте. Серіппелі берілісті аспаптардың негізгі метрологиялық сипаттамалары

Аспаптың атауы мен түрі	Шкаланың бөлу мөлшері, мкм	Өлшем ауқымы (кем дегенде), мкм	Өлшеу күші, Н (ИГПУ, ИПМУбаст иектер үшін)	Өлшеу күшін реттеу шектері, Н	Шкаланың кез келген бөлігінде жол берілетін қателіктің шегі 30 бөлінуге дейін, мкм
Өлшегіш серіппелі	0,1	$\pm 4,0$	1,5 (0,5)	0... 1,5	0,1
бастиектер	0,2	$\pm 6,0$	1,5 (0,5)	0... 1,5	0,15
	0,5	$\pm 15,0$	1,5 (0,5)	0... 1,5	0,25
МЕМСТ 28798 — 90	1,0	$\pm 30,0$	2,0 (0,5)	—	0,4
түрлері: ӨСҰ,	2,0	$\pm 60,0$	2,0 (2,0)	—	0,8
ТӨСҰ	5,0	$\pm 150,0$	3,0 (3,0)	—	2,0
	10,0	$\pm 300,0$	3,0 (3,0)	—	3,0
Микаторлар	0,2	$\pm 10,0$	1,0 (0,5)	—	0,15
МЕМСТ 28798 — 90	0,5	$\pm 25,0$	1,5 (0,5)	—	0,30
түрлері: ӨСМ,	1,0	$\pm 50,0$	1,5 (0,5)	—	0,50
ТӨСМ	2,0	$\pm 100,0$	1,5 (0,5)	—	1,0
Миникаторлар	1,0	± 40	0,2	—	0,5
	2,0	± 80	0,3	—	1,0

Өлшегіш серіппелі ұштықтарды келесі орындауларда дайындайды: ӨСҰ — қалыпты өлшеу күшімен, ТӨСҰ — төмендетілген өлшеу күшімен, РӨСҰ — реттелетін өлшегіш күшімен, ГӨСҰ — герметизацияланған, ДӨСҰ — дірілорнықтылық.

Микаторлар және миникаторларұқсас серіппелі иінтірекке ие және олардың әрекет ету қағидасы микрокаторлардың әрекет ету қағидасынан ерекшеленбейді.

Серіппелі берілісті аспаптардың негізгі метрологиялық сипаттамалары 2.8-кестеде берілген.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Механикалық түрленуші өлшеу және бақылау құралдарының әрекет ету қағидасы неге негізделген?
2. Сағат түріндегі индикатордың қондырғысы мен әрекет ету қағидасы қандай?

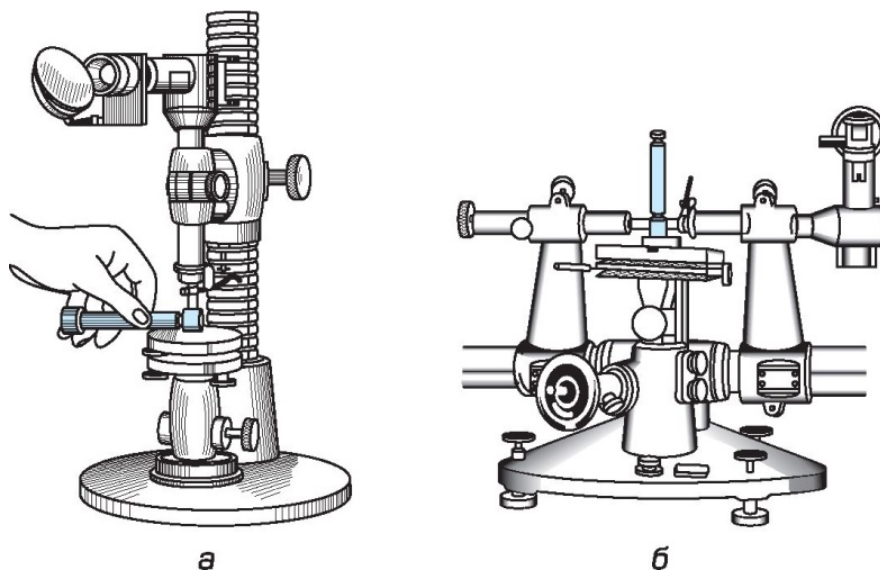
3. Индикаторлы нутрометрдің қондырғысы мен әрекет ету қағидасы қандай?
4. Иініректі тұтқа «0»-ге қалай бапталады?

Зертханалық жұмыс: «Ішкі беттерді төсеме құралдармен өлшеу».

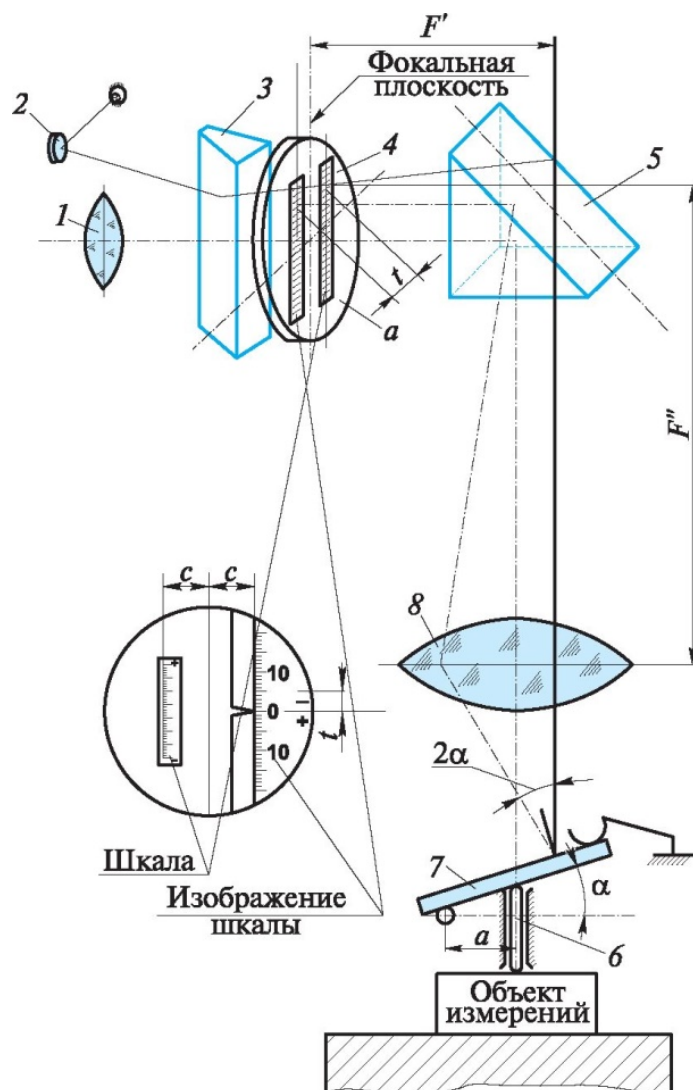
2.2.4. Оптикалық және оптика-механикалық түрлендіруші өлшеу және бақылау құралдары

Оптика-механикалық өлшеу құралдары. Бұл аспаптар өлшеу зертханаларында және калибрлердің өлшемдерін, ұзындықтың жазық параллель соңғы өлшемдерін, дәл бұйымдарды өлшеу және де белсенді және пассивті бақылау құралдарын баптау және тексеру үшін кең қолданысқа ие. Бұл аспаптар оптикалық сұлбалар мен механикалық берілістердің үйлесуіне негізделген. Оптика-механикалық өлшеу аспаптарына серіппелі-оптикалық өлшеу бастиектері (оптикаторлар), оптиметрлер, ультраоптиметрлер, ұзындық өлшегіштер, өлшеу машиналары, интерферометрлер және бірқатар басқа аспаптар да жатады.

О п т и м е т р оптиметрдің трубкасы деп аталатын өлшеу бастиегінен, тік және көлденең тіреулерден тұрады. Тіреулердің түрлеріне байланысты оптиметрлер тік (мысалы, ОТО-1, немесе ИКТ) (2.25, а-сурет) және көлденең (мысалы, ОКО-1, немесе ИКК) (2.25, б-сурет) болып бөлінеді.



2.25-сурет. Оптиметр: а — тік; б — көлденең



2.26-сурет. Оптиметрдің оптикалық сызбасы:

1 — көздік; 2 — айна; 3 — үшқырлы призма; 4 — әйнек пластинка; 5 — толық шағылу призмасы; 6 — өлшеу өзекшесі; 7 — бұрылмалы айна; 8 — объектив

Сонымен қатар, көлденең және тік проекциялық оптиметрлер шығарылады (КЭО-1 немесе ТЭО-02). Соңғыларында өлшеу нәтижесінің өлшемі экранға проекцияланатын шкала бойынша жүргізіледі. Тік оптиметрлер бөлшектердің сыртқы беттерін өлшеуге арналған, ал көлденең — ішкі де, сыртқы да өлшемдерді өлшеуге арналған.

Оптиметрлердің оптикалық сұлбасында автоколлимация және оптикалық тетік қағидалары қолданылған.

Оптика трубкасының әрекет ету қағидасы 2.26-суретте көрсетілген. Жарық көзінің сәулелері айна 2 арқылы трубканың тесігіне бағытталады және үшқырлы призмада 3 сына отырып, әйнек пластинканың 4 жазықтығына салынған 200 бөлінісі бар шкала арқылы өтеді. Шкаладан өте, сәуле толы шағылу призмасына 5 түседі және одан тік бұрышпен шағыла отырып, объективке 8 және бұрылмалы айнаға 7 бағытталады. Жанамалы айна серіппе арқылы өлшеу өзекшесіне 6 қысылады. Өлшенетін бөлшекке тірелген өзекше 6 ығысқан кезде, айна 7 тірек шаригінің орталығы арқылы өтетін өстің бойымен α бұрышына бұрылады, ол айнадан 7 2α бұрышымен шағылған сәулелердің ауытқуын туғызады. Шағылған сәулелер шоғы объективпен жинақты шоққа ауысады, ол шкаланың кескінін береді. Бұл жерде шкала тік бағытта жылжымалы нұсқаушыға қарағанда өлшеу өлшеміне пропорционал біршама шамаға ығысады. Шкаланың кескіні, ережеге сәйкес, окулярда 1 бақыланады, оны бір көзбен бақылау керек болады, сондықтан бақылаушыны шаршатады. Өлшемді қамтамасыз ету үшін окулярға 1 арнайы проекциялық саптаманы кигізеді, оның экранында шкаланың кескінін екі көзбен да бақылауға болады. Оптиметрлердің негізгі метрологиялық сипаттамаларын 2.9-кестеден қараңыз.

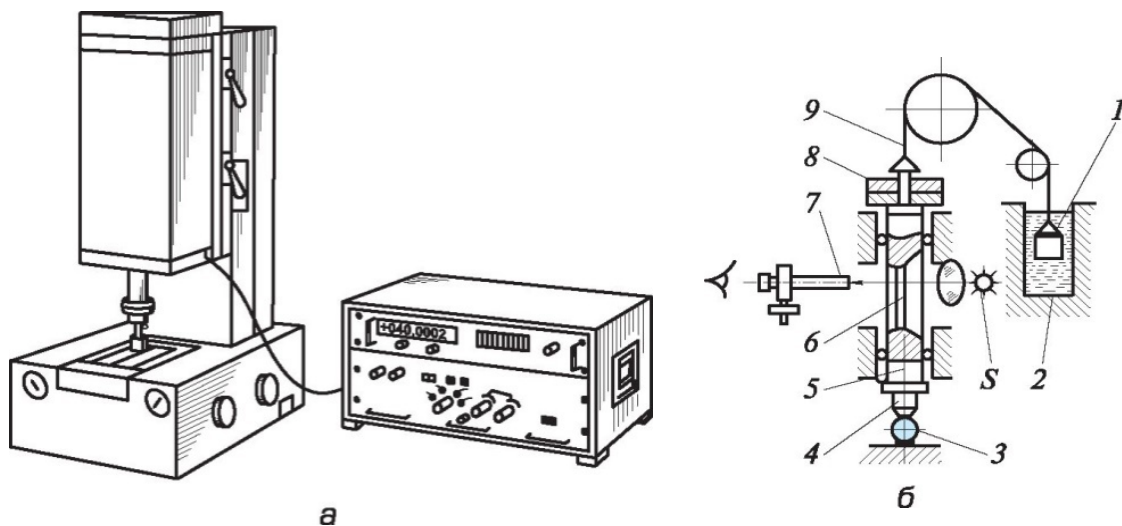
Оптикалық ұзындық өлшегіш (2.27, а-сурет) өлшеу бастиегінен және тік немесе көлденең тіреуден тұрады. Ұзындық өлшегіштің жұмыс сұлбасы 2.27, б-суретте көрсетілген. Ұзындық өлшегіштің құрылымы Э.Аббе қағидасына сәйкес келеді, яғни негізгі шкала өлшенетін бөлшектің 3 жалғасы болып табылады. Күпшеде 5 өлшенетін бөлшекпен 3 жанасатын өлшеу бастиегі 4 бекітілген. Күпшенің 5 ауырлық күші қарсы салмақпен 1 теңестірілген, ол майлы демпфердің ішінде жылжиды. Күпше 5 қарсы салмақпен блоктар арқылы асылып лақтырылған болат таспа 9 арқылы байланысқан, ұзындық өлшегіштің өлшеу күші күпшенің 5 және қарсы салмақтың 1 әр түрлі салмағымен анықталады. Бұл күш жүк шайбалары 8 арқылы реттеледі. S жарық көзімен жарықтандырылатын әйнек шкала 6 бойынша өлшемдер спиралді нониусы бар өлшемдік микроскоптың 7 көмегімен жүргізіледі.

Қазіргі уақытта сандық өлшемді ұзындық өлшегіштер кең қолданысқа ие, олардың таблосында өлшенетін өлшем тікелей көрсетіледі.

Оптикалық ұзындық өлшегіштердің негізгі метрологиялық сипаттамаларын 2.9-кестеден қараңыз.

Өлшеу машиналары (бір-, екі- және үш координаталы) күрделі тұрқылық бөлшектерді, қомақты ұзындықты бөлшектерді бақылауға, бір немесе әр түрлі жазықтықта жатқан саңылау остері арасындағы қашықтықты өлшеуге, жазық бейінді үлгітүрлерді тік бұрышты және полярлы координаталарда бақылауға арналған.

2.9-кесте. Оптика-механикалық аспаптардың негізгі метрологиялық сипаттамалары					
Аспаптың атауы және түрі	Шкала бөлу мөлшері,	Шкала бойынша өлшеу шектері, мкм	100 бөлініс шегінде шкаланың кез келген учаскесінде жол берілетін	Ең үлкен өлшеу күші (өлшеу	Көрсеткіштер
	мкм		өлшеу қателігі, мкм	күшінің тербелісі), Н	вариациясы, мкм
Оптикаторлар МЕМСТ 28798—90:					
01П	0.1	24	± 0.05	1.5 (0.3... 0.5)	0.03
02П	0.2	50	± 0.1	1.5 (0.3... 0.5)	0.06
05 П	0.5	100	± 0.2	1.5 (0.3... 0.5)	0.15
1П	1,0	250	$\pm 0,4$	1,5 (0,3... 0,5)	0,30
Оптиметрлер:					
ОВ-ЮО	0.2	+25	$\pm(0.07...0.1)$	2.0	0.02
ОВ-200	1.0	+ 100	$\pm(0.2...0.3)$	2.0	0.1
ОГ-500	1,0	± 100	$\pm(0,2...0,3)$	2,0	0,1
Ультраоптимет-	0,2	± 25	$\pm 0,1$	0,5...1,5	—
рлер И КП-2		± 83	$\pm 0,1$	0,5...1,5	—
Оптикалық Ұзындықөлшегіштер:					
ДВО	1.0	0... 100 мм	(1,4+1/100)	2.0	0.4
ДВО	1.0	0... 100 мм	(1,4+1/100)	2.0	0.4
ДГЭ	1,0	0... 100 мм	(1,4+1/100)	2,5	0,1
Интерферометр	0,05	$\pm 2,5$	$\pm 0,05$	1,5 + 0,10 (0,02)	0,02
мол. 264	0.1	± 5.0	± 0.08	1.5 + 0.10 (0.02)	0.03
(тік)	0,2	$\pm 10,0$	$\pm 0,10$	1,5 + 0,10 (0,02)	0,04



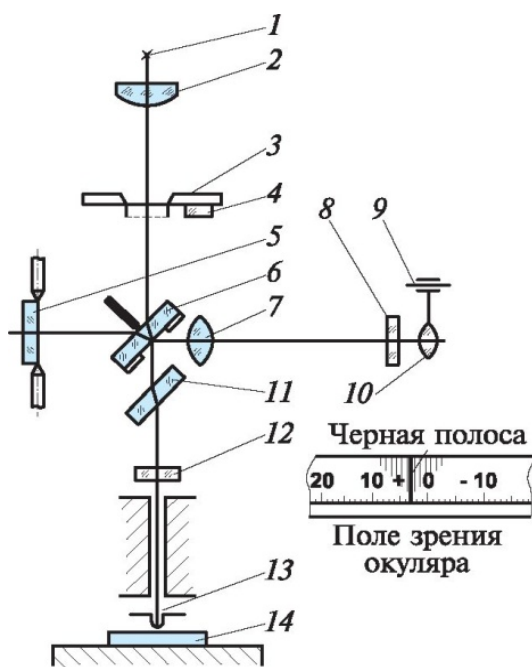
2.27-сурет. Оптикалық ұзындықөлшегіш (а) және оның жұмыс сұлбасы (б):

1 — ауырлық; 2 — майлы демпфер; 3 — өлшенетін бөлшек; 4 — өлшеу бастиегі; 5 — күпше; 6 — әйнек шкала; 7 — өлшемдік микроскоп; 8 — жүк шайбалары; 9 — болат таспа; S — жарық көзі

Екі және үш координаталы өлшеу машиналары ЭЕМ-де өлшеу нәтижелерін автоматты түрде беру арқылы сандық өлшемдерді алуға мүмкіндік береді, кейін алынған бағдарламаларды ұқсас бөлшектерді өңдеу үшін (модельдер бойынша өңдеу) БСБ білдектерде қолдануға болады. Өлшеу машиналары 3-тарауда толығырақ сипатталған.

Интерферометрлер барынша нақты оптикалық-механикалық аспаптар қатарына жатады. Олар негізінен ұзындықтардың соңғы өлшемдерін, ерекше дәл бұйымдардың өлшемдері мен пішіндерін тексеру үшін қолданылады және жарық толқындарының интерференция құбылыстарын қолдануға негізделген. Интерферометрлер сызықтық өлшеулер үшін байланысты (ИКПВ – тік, ИКПГ - көлденең) және байланыссыз болып бөлінеді. Байланысты интерферометрлер бөлу мөлшерін 0,05-тен 0,2 мкм-ге дейін реттеу мүмкіндігімен бірдей интерференциялық түтіктерге ие.

Интерферометрдің түтігінде (2.28-сурет) шамның 1 жарығы конденсормен 2 диафрагма 3 арқылы бөлуші жартылай мөлдір пластинкаға 6 бағытталады. Жартылай мөлдір пластинка 6 және компенсатор 11 арқылы өтетін сәулелер бөлшегі өлшеу өзекшесінің 13 жоғарғы бұрышына бекітілген айнадан 12 шағылады және компенсатор 11 арқылы жартылай мөлдір пластинаға 6 қайта оралады.



2.28-сурет. Интерферометр

трубкасының сызбасы:

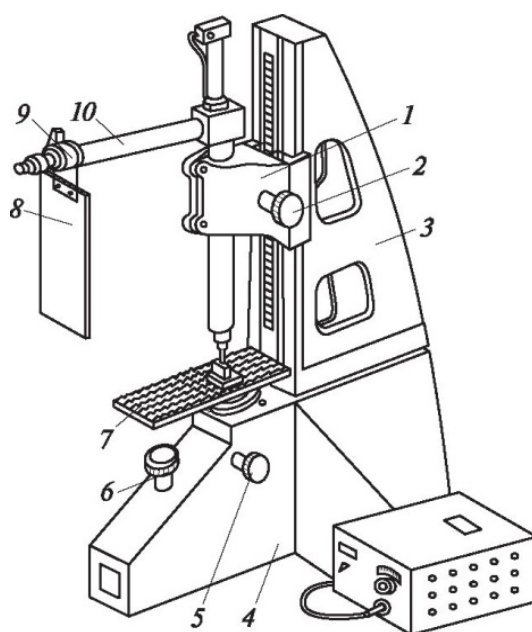
I — шам; 2 — конденсор; 3 —
диафрагма; 4 — пердеше; 5 —
бұрымалы айна; 6 —
жартылай мөлдір пластина; 7 —
объектив; 8 — тор; 9 — окулярдың ауысу
тетігі; 10 — окуляр;

II — компенсатор; 12 — айна;

13 — өлшеу өзекшесі;

14 — өлшеу объектісі

Шоқ сәуленің басқа бөлігі бөлуші жартылай мөлдір пластинаның 6 жұмыс бетінен шағыла отырып, бұрымалы айнаға 5 түседі және шағылғаннан кейін ол да жартылай мөлдір пластинаға 6 оралады.



2.29-сурет. Тік байланысты
интерферометр:

1 — кронштейн; 2 — кремальер;

3 — тіреу; 4 — негіз; 5 —

бұрама; 6 — микроберіліс бұрамасы; 7 —

үстел; 8 — жарықсақтандырғыш экран;

9 — түтік қатысы; 10 — интерферометртүтігі

Осылайша жартылай мөлдір пластиканың 6 жұмыс бетінде шок сәуленің екі бөлігі де әр түрлі жүріс айрмашылығында интерферендіріледі. Объектив 7 бірдей қалыңдықты интерференциялық жолақтар көрінісін тор 8 жазығына проекциялайды. Интерференциялық жолақтар және торға жағылған шкалалар окуляр 10 арқылы бақыланады.

Бірдей қалыңдықты интерференциялық жолақтар айнаның 5 бетіне 12 қатысты кішкентай бұрышқа бұрылуының нәтижесінде пайда болады. Шкала аясынаа ақ жарықпен жарық түсірген кезде, бір кара (ахроматикалық) жолақ және екі жағынан азаюшы қарқындылықтың бірнеше боялған жолағы көрінеді. Кара жолақ екі жағынан да нөлден 50 бөлінісі бар шкала бойынша өлшеу кезінде нұсқаушы қызметін атқарады, ол өлшеу өзекшесінің 13 ауысуына пропорционал ығысады.

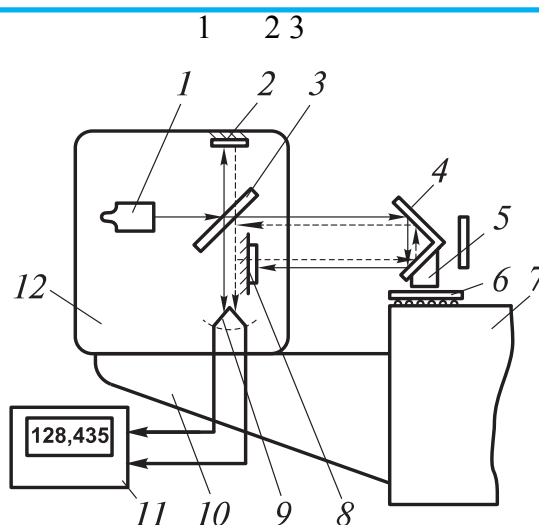
Тік байланысты интерферометр (2.29-сурет) құйылып жасалған қатты табанға 4 және тіреуге 3 ие. Бағыттаушы тіреу бойынша кремальердің 2 көмегімен интерферометрдің 10 тетігін тасушы кронштейн 1 ауысуы мүмкін. Тетіктің қамытында 9 жылуқорғаушы экран 8 бекітілген. Үстелді 7 микроберіліс 6 бұрамасымен тік бағытта ауыстыруға және белгіленген тәртіпте бұрамамен 5 тоқтатуға болады.

Интерферометрлердің негізгі метрологиялық сипаттамаларын 2.9-кестеден қараңыз.

Соңғы уақытта отандық өнеркәсіп сандық өлшемді байланыссыз лазерлік интерферометрлер шығара бастады. Олар абсолютті әдіспен үлкен мөлшерлі (60 м-ге дейін және одан да үлкен) бөлшектерді жоғары өнімділік пен дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік береді. Бұндай аспаптардың бөлу мөлшерлері 0,1-ден 0,01 мкм-ге дейін құрайды, өлшеу қателігі 1 м-ге 0,5 мкм. Байланыссыз лазерлік интерферометр құрылымының түпкілікті сұлбасы 2.30-суретте көрсетілген.

2.30-сурет. Байланыссыз лазерлік интерферометрдің түпкілікті сұлбасы:

1 — лазерлік сәуле көзі; 2 — жылжымайтын айна; 3 — пластина; 4 — V-пішінді рефлектор; 5 — рефлектор негізі; 6 — өлшеу үстелі; 7 — өлшеу үстелінің негізі; 8 — жылжымайтын айна; 9 — қабылдаушы; 10 — негіз; 11 — көрсеткіш аспап; 12 — тұрқы



2.9-кесте. негізгі метрологиялық көрсеткіштері микроскоптардың

Микроскоп түрі	Өлшеудің жоғарғы шектері, мм		Жазық бұрыштардың өлшеу ауқымы, °	Визирлік микроскоптың объективтерін сызықтық ұлғайту
	Бойлық бағытта	Ендік бағытта		
ИМ 100 X50, А	100	50	0.360	1; 3; 5; 10; 20; 40 ^X
ИМЦ 100 X50, А	100	50	0.360	1; 3; 5; 10; 20; 40 ^X
ИМ 150 X50, А	150	50	0.360	1; 3; 5; 10; 20; 40 ^X
ИМЦ 150 X50, А	150	50	0.360	1; 1,5; 3,0; 5,0 ^X
ИМ 150 X50, Б	150	50	0.360	1; 1,5; 3,0; 5,0 ^X
ИМЦЛ 160X 80, Б	160	80	0.360	1; 3; 5; 10 ^X
УИМ-200	200	100	0.360	10; 15; 30; 50 ^X
УИМ-200Э	200	100	0.360	10; 15; 30; 50 ^X
УИМ-500Э	500	200	0.360	10; 20; 30 ^X

Лазерлік шоқ көзінен 1 түсетін жарық шоғы жартылай мөлдір пластинамен 3 екі ағынға бөлінеді. Біреуі жылжымайтын айнаға 2 бағытталады және одан шағылып пластинаға 3 қайта оралады. Басқасы пластинамен 3 өтіп, жылжымайтын айнаға 8 түседі. Жылжымайтын айнадан 8 және V-пішінді рефлектордан 4 шағылып, шоқ пластинаға 3 қайта оралады, бірінші шоқпен интерференцияланады.

Лазерлік интерферометрлердің көмегімен екі- немесе үш координаталы өлшеу машиналарын, микроскоптарды, прецизиондық білдектерді және басқа да нақты тетіктерді тексереді.

Оптикалық өлшеу аспаптары. Бұл аспаптар күрделі кескінді (бұрандалар, шаблондар) және ұзындықтарды, бұрыштарды, радиустарды нақты өлшеу үшін кіші сыртауқымды өлшемді әр түрлі бұйымдарды байланыссыз әдіспен абсолютті және салыстырмалы өлшеу үшін өлшеу зертханаларында кең қолданысқа ие. Бұл аспаптар оптикалық сұлбалар негізінде құрылған. Барынша кең тараған оптикалық өлшеу аспаптарына микроскоптар (кұрал-жабдықтық, әмбебап, проекциялық), проекторлар, оптикалық ұзындықөлшегіштер және бұрышөлшегіштер, бөлу бастиектері, үстелдер және т.б. жатады.

2.10-кесте. негізгі метрологиялық оптикалық аспаптар

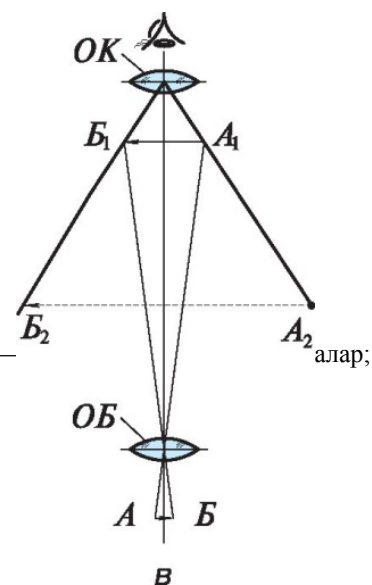
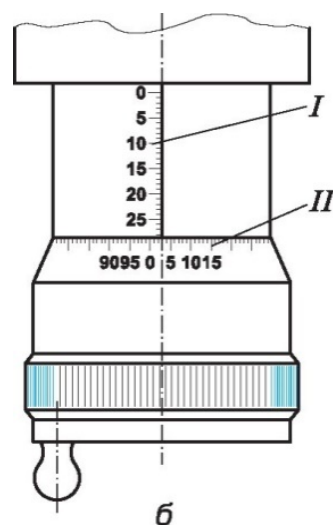
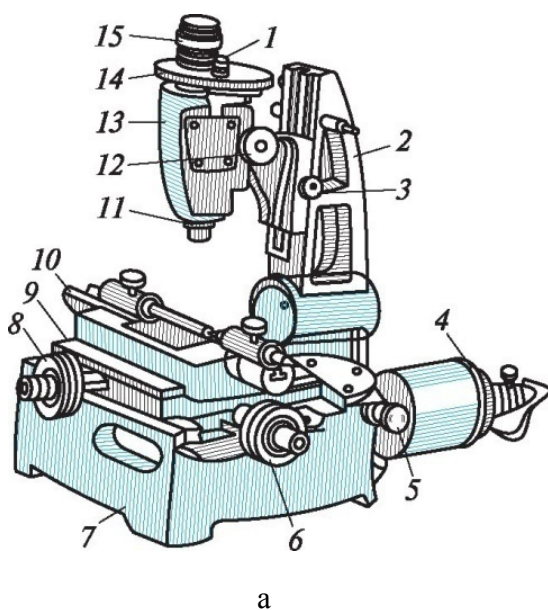
Микрометриялық бастиектер барабандарының шкала бөлімдерінің мөлшері, мм	Орталықтар сызықтары иілу шкалаларын ың бөлу мөлшері	Тексерілетін бұйымның максималды диаметрі, мм	Бұрышөлше гіш бастиек шкаласыны ң бөлу мөлшері	Өлшеу ауқымында микроскоптың негізгі жол берілетін қателіктің шегі, мкм
0,005	15'	85	1'	
—	15'	85	1'	0... 25 мм ± 3 мкм
0,005	15'	85	1'	0...50 мм ± 5 мкм
—	15'	85	1'	0.100 мм ± 6 мкм
0,005	15'	85	1'	
—	—	85	1'	
0,001	—	100	1'	
0,001	—	100	1'	$\pm(6+L/70)$
0,001	—	200	1'	

Құрал-жабдықтық және әмбебап микроскоптар әр түрлі бөлшектердің бұрыштары мен ұзындықтарын тік бұрышты және полярды координаталарда абсолютті өлшеуге арналған.

МЕМСТ 8074—82 стандартына сәйкес, екі түрдегі микрометриялық өлшегіштері бар микроскоптар шығарылады: А түрі – еңкішсіз бастиегімен және Б түрі – еңкішті бастиегімен. ИМ 100 х 50, А; ИМ 150 х 50, Б микроскоптарында 25 мм микрометриялық бастиектердің шкаласы бойынша өлшем және ұзындықтың соңғы өлшемдерін қолдану қарастырылған, ал ИМЦ 100 х 50, А; ИМЦ 150 х 50, А; ИМ 150 х 50, Б; ИМЦЛ 160 х 80, Б микроскоптары сандық өлшеммен жабдықталған.

Әмбебап өлшеу аспаптары құрал-жабдықты аспаптардан өлшеу ауқымымен және жоғары дәлдігімен ерекшеленеді. Оларда микрометриялық өлшегіштердің орнына өлшемдік спиралді микроскопты миллиметрлік шкалалар қолданылған.

Көрсетілген микроскоптардың негізгі метрологиялық сипаттамалары 2.10-кестеде берілген.



2.31-сурет. ММИ үлгісіндегі құрал-жабдықты микроскоп (б), микроскоптың оптикалық сұлбасы (в):

I — визирлі микроскоп; 2 — тіреу; 3 — бұрама; 4 — көмескі жарық шамы; 5 және 12 — сермерлер; 6 и 8 — 7 — табан; 9 — өлшеу үстелі; 10 — шарикті бағыттаушылар; *II* — объектив; 13 — кронштейн; 14 — шығыршық; 15 — мойын; *I* — миллиметрлік шкала; *II* — дөңгелектік шкала

Құрал-жабдықтық және әмбебап микроскоптардың құрылымдық ерекшеліктеріне қарамастан түпкілікті өлшеу сұлбасы барлық микроскоптарға ортақ — өзара перпендикулярлы бағыт бойынша ауысатын бақыланатын бөлшектердің әр түрлі нүктелерін визирлеу және осы ауысуларды өлшемдік қондырғылардың көмегімен өлшеу. Жақсы визирлеуді қамтамасыз ету үшін микроскоптарды әр түрлі үлкейту деңгейлі ауыспалы объективтермен жасақтайды.

Мысал ретінде ММИ құрал-жабдықтық үлгідегі микроскоптың құрылымын (2.31, а - сурет) және өлшеу қағидасын қарастырайық. Көлемді шойынды табанда 7 екі өзара перпендикулярлы бағытта шарикті бағыттаушыларда 10 микрометриялық бұрамалардың 6 және 8 көмегімен өлшеу үстелі 9 орналастырылады.

Метрикалық бұрандамен бекітілген гильзадағы ауысуды өлшеу үшін миллиметрлік шкала I (2.31, б-сурет) бар, ал микрометриялық бұрамамен байланысқан барабанда - 200 бөліністі (2.31,б-суретте микрометрдің көрсеткіші 29,025-ке тең) дөңгелектік шкала II бар. Тубусты 15 объектив 11 кронштейнге 13 орналастырылған, ол тік бағытта тіреудің 2 бойымен ауыстырылады. Тіреу 2 сермердің 5 көмегімен өлшенетін бұранданы көтеру бұрышында микроскопты орнату үшін Б түріндегі микроскоптың екі жағына еңкейе алады. Көмескі жарық шамы 4 бар. Кронштейннің 13 орнын ауыстыратын сермер 12 микроскопты жинастыру үшін қажет, белгіленген қалып бұрамамен 3 жинастырылады. Микроскопты дәл жинастыру үшін кедір-бұдырлы шығыршықты 14 айналдырады, сонымен қоса тубус 15 кронштейннің цилиндрлік бағыттаушысымен ығысады. Тубустың жоғары бөлігінде визирлі микроскопты 1 және өлшемдік қондырғылы ауыспалы бұрыш өлшеуіш окулярлы бастиек жалғанады.

Микроскоптың оптикалық сұлбасы 2.31, в-суретте берілген. АБ өлшенетін бөлшек микроскоптың ОБ объективі арқылы қарастырылады. АБ бөлшегінің кескіні шынайы, кері және ұлғайтылған болып алынады.

Бақылаушының көзі ОК окуляр арқылы алдаушы, кері және тағы да окулярмен ұлғайтылған А₂Б₂ бөлшегінің кескінін көреді.

II проекторларкүрделі контурлы бөлшектерді өлшеуге арналған. Проектор бақыланатын бұйымның ұлғайтылған кескінін беретін объективтен және оның тормен немесе шектік контурлармен қарастырылатын немесе салыстырылатын экраннан тұрады. Проекторлар өтпелі және шағылатын жарықта жұмыс жасайтын экраннан да тұрады. Бұл аспаптардың негізгі метрологиялық сипаттамалары 2.11-кестеде берілген.

Оптикалықбөлгіш бастиектер (2.32 а, б-сурет) бұрыштарды өлшеуге және де белгілеу мен өңдеу кезінде бөлшектерге бөлулер салуға арналған. Аспап ішінде мойынтіректе сүмбі 9 орналастырылған тұрқыдан 8, нониусты өлшемдік микроскоптан 11, бөлшектерді орнатуға арналған алдыңғы орталықтан 6, артқы басшадан 12 және табаннан 13 тұрады. Сүмбінің бұрылуы шкала 14 бойынша алдын ала өлшенеді, нақтырақ – сүмбіге қатты бекітілген өлшемдік микроскоптың көмегімен әйнек шкала бойынша өлшенеді (2.32, в-сурет). Сүмбінің өсі көлденең және тік аралық шектерінде кез келген қалыпта орнатылуы мүмкін. Бұл жағдайда бұрыштардың өлшемі шкала 14 бойынша жүргізіледі. ЭОБҰтүріндегі оптикалық бөлгіш ұштықтардың негізгі метрологиялық сипаттамаларын 2.11-кестеден қараңыз.

Аспаптың атауы және түрі	Негізгі шкаланы бөлу (нониусты)	Өлшемдік қондырғыны бөлу мөлшері	Өлшемдік микроскопты ұлғайту
Өлшеу	Сызықтық:	Дискреттік	
проекторлары		сандық	
(МЕМСТ 19795—82):		өлшем:	
ПИ-ЦВ	0,001; 0,002;	0,0005;	10; 20;
ПИ-ЦГ	0,005; 0,01 мм;	0,001 мм	50; 100; 200 ^x
ПИ-В	:		
ПИ-Г	∞ ∞ ∞		
Оптикалық бөлгіш		Негізгі	—
бастиектер		лимба	
(ТУ 3.3.199 — 80):			
ОДГЭ-1	1"	1°	
ОДГЭ-2	2"		
ОДГЭ-5	5"		
ОДГЭ-20	20"		
Оптикалық	1°	Минуттық	○ ×
Бұрыш өлшеуіш		шкал 5'	
Автоколлиматорлар	Минуттық:	Секундтық	
визуалды		шкала:	
(ТУ 3.3.1495 — 84):			
АК-0,2У	0,25'	0,2	(60 ± 6) ^x
АК-0,5У	0,5'	0,5	(30 ± 3) ^x
АК-1У	1"	—	(15 ± 2) ^x
АК-60	1'	1	○ ± ×

Оптикалық дөңгелек үстелдердәл бұрыштық өлшеулерге немесе өздерінің салмағынан, пішіндерінен және өлшемдерінен орталыққа немесе оптикалық бөлгіш бастиектің жақтауларына орнатыла алмайтын бөлшектердің қажет бұрыштарының бұрылуына арналған. Оптикалық дөңгелек үстелдер шеңбері бойынша бөлшектерді нақты өлшеуге немесе полярлы координата жүйесінде бөлшекті өңдеуге арналған дәл құрылғы ретінде қолданыла алады.

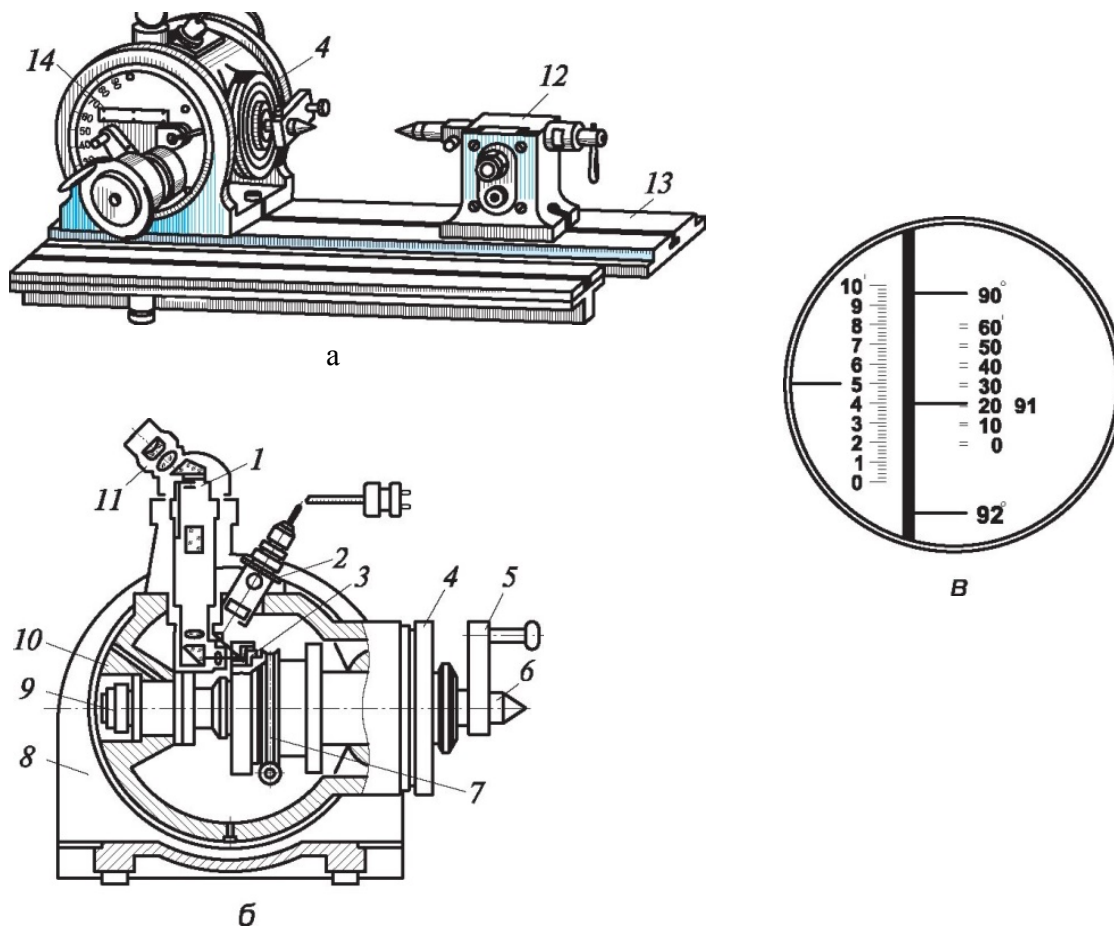
Сыртқы және ішкі бұрыштарды өлшеу үшін әр түрлі оптикалық бұрыш өлшеуіштер қолданылады. Шкала бойынша өлшем шамасы 10'-ға, ал жол берілетін қателік ± 5'-ке тең.

Көру	Шкала	Аспаппен өлшеу	Аспаптың шектік
өрісі	көрсеткіштерінің	шектері	қателіктері
—	шектері	бойлық бойы	(өлшемдік ±0,005 мм
		0 ...100 мм,	
		ендік бойы	
		0.50 мм,	
		тігінен	
		0.100 мм	
		0.360°	$\pm(1 + \sin\alpha/2) \pm \pm (2 + 2\sin\alpha/2) \pm(5 / 5\sin\alpha/2)$
			±20
—	—	° ′ ″	
(1 ± 0,1)°	Айыру қабілетінің		
(2 ± 0,2)°	шектері		
(4 ±			
(8 ± 0,8)°	2,8"	10	1,5' "
	4"	20	3,0"
	6"	40	8,0"
	10 "	120'	90,0"

Барынша дәл бұрыш өлшеуіш аспаптар автоколлимациялық көру түтіктерін қолдануға негізделген аспаптар болып табылады. Осындай аспаптар өкілдерінің бірі автоколлиматор болып табылады.

Ол бұрыштарды өлшеуге, бағыттаушылардың тіксызықтығы мен жазықтығын өлшеуге және де бұйымның кеңістікте өзара бұрыштық орналасу өсі мен жазықтығын анықтауға арналған. Визуалды автоколлиматордардан басқа нәтижелерді фотоэлектрлі тіркеу автоколлиматорлары бар, мысалы 1 дәлдікпен бұрыштық ауысуларды өлшеуге арналған АФ-2 автоколлиматоры.

Фотоэлектрлі тіркеу автоколлиматорлар визуалдықпен салыстырғанда өлшеудің барынша жоғары дәлдігі мен жылдамдығын қамтамасыз етеді. Бірқатар автоколлиматорлардың негізгі сипаттамаларын 2.11-кестеден



2.32-сурет. Оптикалық бөлгіш бастиек (а), оның сұлбасы (б) және әйнек шкала (в):

1 — тубус; 2 — көмескі жарық шамы; 3, 4 және 14 — шкалалар; 5 — жетектеме; 6 — алдыңғы орталық; 7 — бұрамдықты доңғалақ; 8 — тұрқы; 9 — сүмбі; 10 — жартылай сфера; 11 — микроскоп; 12 — артқы басша; 13 — табан

қараңыз.

Соңғы уақытта бақыланатын бұйымдардың өсіп келе жатқан күрделілік жағдайында өлшеудің екі координаталы жүйелері кең қолданысқа ие. Олар бұйымды қайта орнатпай-ақ тік бұрышты координата жүйесінде оның бұрыштық және сызықтық мөлшерін күрделі өлшеуге мүмкіндік береді. Бұндай аспаптарға өлшеу микроскоптары, өлшеу проекторлары және екі координаталы өлшеу машиналары жатады.

Екі координаталы өлшеу машиналар (ЕӨМ) өлшеу микроскоптары мен проекторларының даму нәтижесінде пайда болды.

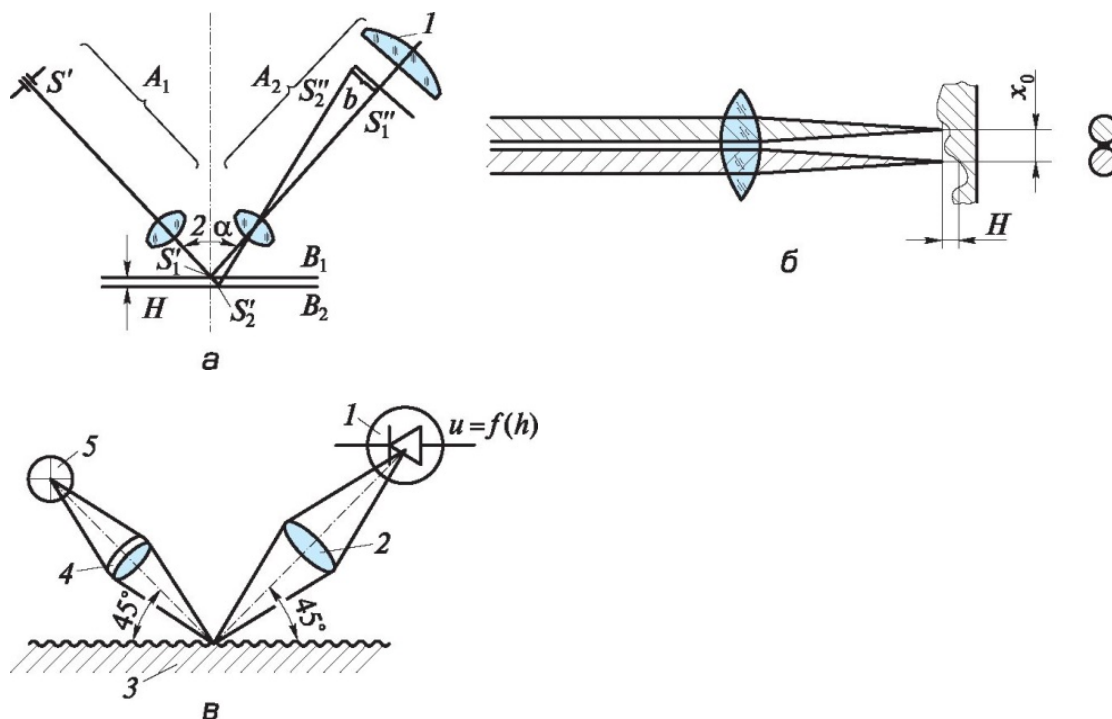
2.12-кесте. Оптика-механикалық екі координаталы өлшеуші машиналардың негізгі метрологиялық сипаттамалары

Аспап түрі	Өлшеу шектері, мм	Өлшеу қателіктері	Инерциялылық, с	Артықшылықтар	Кемшіліктер	Қолдану аясы
Өлшеу микроскопы	$x = 0 \dots 70$ $y = 0 \dots 55$	1 мкм; 10 мкм; 6'	10	Өткінші және шағылған жарықта жұмыс жасауға арналған жеңіл қайта жабдықталатын визуалды өлшеу микроскопы	Ұлғайтуға байланысты шағын өріс алаңы (2-ден 6 мм-ға дейін)	Зертханалар мен өндіріс, сырты және ішкі өлшемдерді сызықтық және бұрыштық өлшеу
Құралдық проекциялық микроскоп	$x = 0 \dots 150$ $y = 0 \dots 75$	5 мкм; 3'	10	Шағылған және өткінші жарықта окуляр арқылы немесе проектор экраны арқылы бақылау жасауға болады	Өлшеу микроскопынан қымбат	Өлшеу зертханалары, калибрлерді, бұрандаларды, тісті дөңгелектерді, үлгітүрлерді, күрделі пішінді бұйымдарды өлшеу
Әмбебап өлшеу микроскоп	$x = 0 \dots 200$ $y = 0 \dots 100$	0,2 мкм; 1 мкм; 30"	10	Жоғары дәлдік, бұрандалы калибр-тығындыларды бақылау қолайлылығы, жеңіл қайта жабдықтау	Үлкен салмақ және сыртауқымды өлшемдер, үстелдік аспап	Өлшеу зертханалары, сыртқы және ішкі өлшемдерді сызықтық-бұрыштық өлшеулер

Оларда өлшемдер қызметін ұзындықтың штрихтік немесе соңғы өлшемдері, және де жоғары дәлдікті өлшеу бұрамалары атқарады. Бұл машиналар жоғары нүктелі негіздерді, тіреулерді, бағыттаушыларды және бұйымы бар үстелдің орнын ауыстыруға арналған тартпаларды немесе өлшеу бастиектерін қолданумен сипаталады. Заманауи ӨЕМ-де өлшеу нәтижелері ЭВМ-ге шығарылады, онымен өлемнің өнімділігі айтарлықтар арттырылады.

Оптика-механикалық екі координаталы машиналардың негізгі метрологиялық сипаттамалары, олардың артықшылықтары, кемшіліктері мен қолдану аясы 2.12-кестеде берілген.

Беттің кедір-бұдырлық параметрлерін өлшеуге арналған оптикалық аспаптар (МЕМСТ 9847 — 79) бет кескінінің біруақытта түрленуі қағидасына негізделген және МЕМСТ 2789 — 73 бойынша R_{m3x} ; Rz ; S параметрлерін өлшеуге арналған. Стандартпен аспаптардың келесі түрлері белгіленеді: КҚА — көлеңкелі қима аспабы; БММ — бір объективті муарлық микроскоптар; ИИМ — әрекеттері жарықтың екі сәулелі интерференциясына негізделген микроскоптар; ИМП — әрекеттері тең хроматикалық тәртіпті құруымен жарықтың интерференциясына негіздел-



2.33-сурет. Беттің кедір-бұдырлығын өлшеу:

а — жарықтық қиманың оптикалық әдісімен; *б* — екі сәулелі интерферометрдің көмегімен; *в* — рефлектметрлік әдіспен; *1* — фотоқабылдағыш (окуляр); *2* — линза; *3* — өлшеу нысаны; *4* — объектив; *5* — жарық беруші

ген интерференциялық микроскоп-профилометрлер.

Көрсетілген аспаптар үшін кедір-бұдырлық параметрлерді өлшеу ауқымдары келесідей: КҚА — R_z ; S — 0,2... 1,6 мм; R_{m3x} — 40...320 мкм; ИИМ — R_z ; R_{mElx} — 0,05.0,8 мкм; S — 0,002.0,05 мм; ПСС — R_z ; R_{m3x} — 0,5... 40 мкм; S — 0,002... 0,5 мм; ИМП — R_z ; R_{max} — 0,05.0,8 мкм; БММ — R_z ; R_{mElx} — 0,8.40 мкм; S —0,0005. 0,5 мм.

Жарықтық қима оптикалық әдісі (2.33-сурет, а) окулярда 1 кедір-бұдырлылықтың шамадан тыс ұлғайтылған пішінін бақылауға және оларды окулярлық микрометр шкалаларының көмегімен өлшей отыра, R_a және R_z анықтауға мүмкіндік береді.

Екі сәулелі интерферометрдің көмегімен (2.33, б-сурет) зертелетін беттің әр түрлі учаскелерінен шағылған екі жарық шоғы жолдарының ұзындықтарының әр түрлілігін өлшейді.

2.33, в-суретте кескінделген сұлба бойынша құрылған оптикалық аспап өлшеудің рефлектометрлік әдісін жүзеге асырады және кедір-бұдырлылық биіктігінің интегралдық мәндерін алуды қамтамасыз ете отырып, өлшеу үрдісін автоматтандырады.

Толқындылық және кедір-бұдырлылықты өлшеу және бақылау құралдары толығырақ 2.2.11-тараушада қарастырылған.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ МЕН ТАПСЫРМАЛАР

1. Оптикалық және оптика-механикалық түрлендірулі өлшеу және бақылау құралдарын пайдалану саласы қандай?
2. Оптиметр қондырғысы және әрекет ету қағидасы туралы айтыңыз.
3. Микроскоп қондырғысы және әрекет ету қағидасы туралы айтыңыз.
4. Екі координаталы өлшеу жүйелері дегеніміз не?

Зертханалық жұмыс: «Цилиндрлік шектік калибр-тығындылардың жарамдылығын анықтау».

2.2.5. Пневматикалық түрлендіруге негіделген өлшеу мен бақылау құралдары

Пневматикалық өлшеуіш құрылғылар сызықтық мөлшерлерді бақылау үшін кеңінен қолдануды тапты. Олар жоғары дәлдікке ие, қол жетуі қиын жерлерге қатысты қашықтықтан өлшеулерді жүзеге асыруға мүмкіндік береді, дірілге сезгіштігі төмен. Пневматикалық түйіспесіз өлшеуіш жеңіл деформацияланатын бөлшектерді бақылауға, микротегіссіздік шамасы аз және механикалық түйісуден зақымдалуы мүмкін бөлшектерді бақылауға мүмкіндік береді, сондай-ақ бақылаудың дәлдігімен сенімділігін көтеретін бақылау құрылғылары өлшеуіш беттерінің тозуына жол бермейді. Пневматикалық құрылғылар автоматтандыруға тез жол береді, пайдаланымы қарапайым,

жоғары біліктілікті қызмет көрсетуді талап етпейді. Бірақ бұл құрылғылар өнімділікті төмендететін айтарлықтай инерциялылыққа ие.

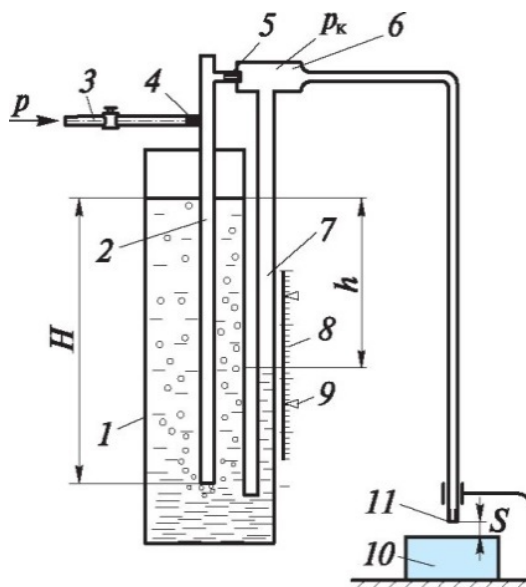
Пневматикалық өлшеуіш құралдары екі типке бөлінеді:

- 1) Манометрикалық («Солкс») – ауаның қысымы өлшенеді;
- 2) Шағын өлшеуіштік («Ротаметр») – ауаның таусылу жылдамдығы мен олардың шығынын өлшейтін құрал.

Манометрикалық түрдегі құралдар белсенді бақылау құрылғыларда кеңінен таралған.

Олардың түрлеріне қарамай-ақ, пневматикалық өлшеуіш құралдары сезімтал элемент пен тығыздалған ауаның көзінен тұратын құралды көрсетуді қамтамасыз ететін өлшеуіш бастиегінен тұрады. Тығыздалған ауаның көзі өз кезегінде мыналардан құралады: компрессор, ауаны ылғалдан тазартатын тұндырғыш, ауаны механикалық қозылыстардан тазартатын сүзгіштер, қажет шамаға дейін қысымды төмендететін редуктор, әрқашан қысымды ұстап тұратын қысым тұрақтандырғышы.

Жұмыс қысымының шамасына сәйкес пневматикалық құралдарды жоғары (мысалы, 150 кПа) және төмен (мысалы, 10 кПа) қысымды деп бөледі. Осылар және тағы да басқалары 0,2...0,6 Мпа қысымда жұмыс жасайды. Төмен қысымды құралдар бір параметрді өлшеуде 10 л/мин ауаны шығындаса, ал жоғары қысымды құралдар 20 л/ин дейін шығындайды.



2.34- сурет. ДПНД-500 (манометрлік) су манометрімен қысым құралының құрылымы:

- 1 — баллон; 2 — түтікше; 3 — құбыр желісі; 4 — дроссельдік құрылғы; 5 — кіріс шүмегі; 6 — камера; 7 — түтікше; 8 — шкала; 9 — кіру көрсеткіші; 10 — өлшенетін бөлшек; 11 — шығыс шүмегі.

Пневматикалық өлшеуіш құралдары сызықтық өлшемі үшін таусылуы каналдың өрістегіш қимасының аумағы мен ауа арқылы салмағының шығыны арасындағы тәуелділік алынды. Таусылу каналының аумағы сызықтық орын ауыстыруға байланысты өзгеріп отырады.

Қысым құралдары. Манометрикалық құралдар бір өлшемдік және көп өлшемдік болып екі нұсқада шығарылады: 500 мм өлшемдегі манометрикалық түтікшелі цехтық құрал және 1 230 мм манометрикалық түтікшелі лабораториялық құрал. Бұл құралдардың беру қатынасы 20 000 дейін барады.

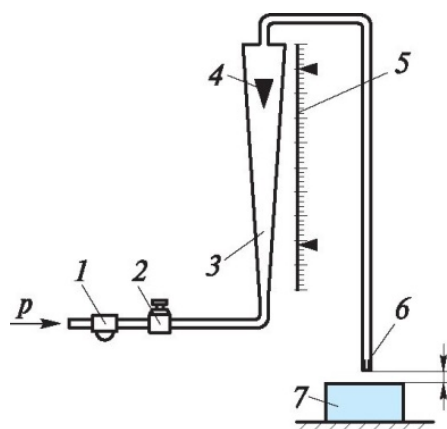
Қысым құралының құрылымы ДПНД-500 су манометрі бар төмен қысым құралының мысалында 2.34-суретте берілген. Ол атмосферамен байланысты, сумен толтырылған цилиндрлік баллоннан 1 тұрады. Бұл баллонға түтікше 2 салынған. Түтікшенің жоғарғы жағына құбыржол 3 және дросельдік құрылғы 4 арқылы компрессордан p қысымда ауа беріледі.. Баллонда 1 бағананың H биіктігімен анықталатын тұрақты қысым түтікшеде 2 әрқашан автоматты түрде сақталып тұрады. Түтікше 2 5-кіріс және 11-шығыс шүмектері бар камерамен 6 байланысқан. Шығыс шүмек 11 10-өлшенуші бөлшектің үстіне белгілі саңылаумен орнатылған. 6-камерадағы айнымалы қысымды p_k өлшеу үшін 8-шкаласы бар 7-шыны түтікше түріндегі су манометрімен жабдықталған. p_k қысымы бір жақ ұшы 6 камерамен және екінші жақ ұшы 1-баллонмен жалғасқан 7-шыны түтікшедегі және 1 баллондағы су бағаны деңгейлерінің айырмасымен анықталады. Тұрақты қысымдағы ауа 2-түтікшеден өтіп 5-кіріс шүмегі арқылы 6-камераға кіреді және 11 шығыс шүмегі арқылы шығады. p_k қысымы және 8-шкалада есептелетін h деңгейлер айырмасы S саңылауының өлшеміне тәуелді болады. Осылайша 10-өлшенуші бөлшектің мөлшері кішірейген жағдайда S саңылауы үлкейеді және 7-шыны түтікшедегі судың деңгейі көтеріледі. шкалада 8 шақтама көрсеткіштері 9 орнатылған. Жарамды бөлшектерді бақылау кезінде 7-шыны түтікшеде судың деңгейі осы шақтама арасында болуға тиіс.

Шығын құралдары. Қалтқылы құралдарды 15 өлшенуші жайғасымға дейін қызмет көрсететін бір өлшемдік және көп өлшемдік етіп жасайды. «Ротаметр» (қалтқы) типті шығын өлшегіш құрылымы 2.35-суретте берілген. Оның жуан ұшын жоғары жаққа қаратып орналастырылған конустық 3-шыны түтікшесі бар. Төмен бөлігінде 100...200 кПа жұмыс қысымымен қалтқыны көтеретін ауа өтеді. Қалтқының үстіңгі жазықтығы түтікшенің қасында орналасқан (микрометрде градусталған) 5-шкала бойынша анықтау үшін көрсеткіш болып табылады. Қалтқының көтерілу биіктігі ауаның өту жылдамдығына байланысты болады.

Бұл жылдамдық өлшеуіш шүмек 6 қапталы мен өлшенуші нысан⁷ беті арасындағы саңылау үлкейген сайын артады. Ауаның жылдамдықтық тегеурінінің әсерінен қалтқы 3-шыны түтікшемен жоғары көтеріледі. Қалтқы мен түтікше қабырғаларының арасындағы сақиналы саңылаудан өтетін ауа шығыны мен өлшеуіш шүмек пен өлшенетін бөлшек арасындағы саңылаудан S өтетін ауа шығыны теңескенде қалтқы көтерілуі тоқтайды. Бұл кезде қалтқы бір орында қалқып тұрады.. Осылайша S саңылауының әр мағынасына белгіленген түтікшедегі қалтқының орналасу биіктігі сәйкес келеді.

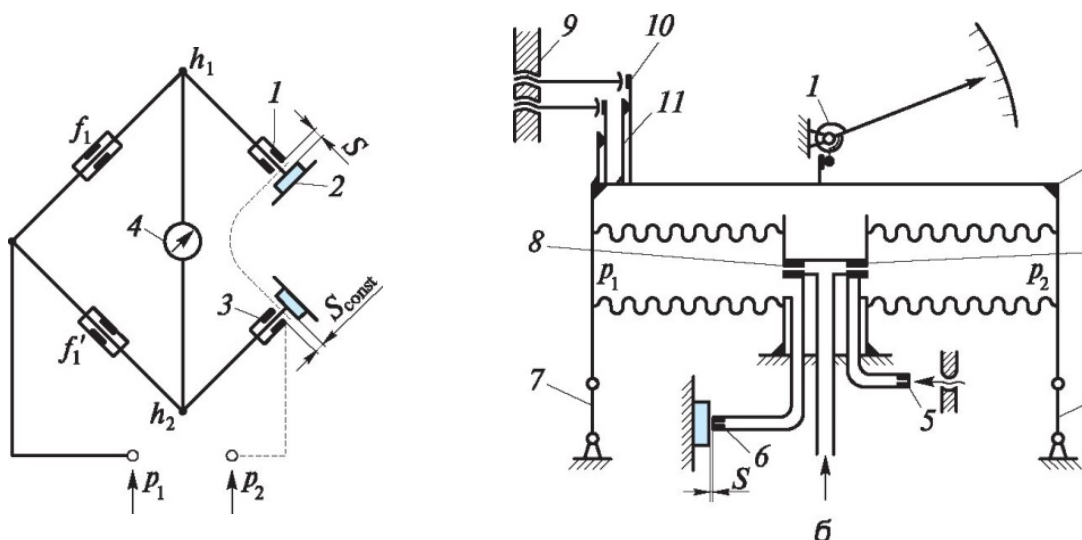
Жоғарыда талданған құралдардың дәлдігі ауаның жұмыс қысымына байланысты болып келеді. Әрбір (тіпті еленбеген) кез келген қысымның ауытқуы өлшеудің нәтижесіне тікелей өз әсерін тигізеді.

Бұл жағдайда өлшеудің жетілген сұлбасы дифференциалды болып келеді (2.36-сурет), ол қарапайым сызбаға сәйкес келетін екі тармақтан тұрады. Кіру шүмек пен 1-жапқыш шүмектің пневматикалық элементінен тұратын және өлшенуші нысанды өлшейтін бір тармағында шығын p_1 өлшеуіш қысыммен анықталады. Кіруші шүмек пен 3 шүмек арасында алдын ала орнатылға S_{const} саңылауы бар екінші тармақтың $p_2 = const$ қысыммен анықталатын тұрақты шығыны бар.



Сур. 2.35. «Ротаметр» (қалтқы) типті шығын өлшегіш құрылымы:

1 — дроссель; 2 — сүзгі; 3 —
шыны трубкасы; 4 — қалтқы; 5 —
шкала; 6 — өлшеуіш шүмегі; 7 —
өлшеуіш нысаны



2.36-сурет. Дифференциалды пневматикалық құрал:

a — өлшеу сұлбасы: 1 — жапқыш шүмегі; 2 — өлшеу нысаны; 3 — шүмек; 4 — көрсететін құрал; *б* — сифондік құралдың дифференциалды сұлбасы: 1 — механизм; 2 — тұтастырғыш; 3 и 8 — кіру шүмектері; 4, 7 и 11 — жазық серіппелер; 5 — қысымға қарсы түйін; 6 — өлшеуіш шүмегі; 9 — бұрандалар; 10 — тіреуіштер

Бұл тармақты әдетте *қысымға қарсы тармақ* деп атайды.

p_1 және p_2 екі қысымды салыстырумен сипатталатын дифференциалды сұлбаның жұмыс қысымының ауытқуына сезімталдығыаз болып келеді. Қысымды өлшеуіш ретінде жүйенің екі тармағындағы $\Delta p = p_1 - p_2$ қысымдар айырмасына әрекеттесетін сифондік, мембрандық дифференциалды манометрлер қолданылады.

2.36-суретте дифференциалды-сифондік құралдың сұлбасы берілген. Қысылған ауа тұрақты қысым арқылы сифондар (металл гофрленген серіппе) қуысына 3-8-кіру шүмегі арқылы өтеді. Сифонның сол жағынан ауа 6-өлшеуіш шүмек қапталы мен бақыланатын бөлшектердің бетінен құрылған S дөңгелек саңылау арқылы өтеді, атмосфераға ағады. Бұл сифонда p_x өлшеуіш қысымы жасалады, оның көлемі бақыланатын бөлшекке тікелей байланысты болады. Сифонның оң жағынан ауа атмосфераға 5-қысымға қарсы түйін арқылы өтеді, ал сифон қуысында p_2 тұрақты қысымы жасалады. Сифонның бос ұштары 4 және 7-жазық серіппелерде ілінген 2-тұтастырғышпен байланған. Құралдың қозғалмалы жүйесінің орны өлшеуіш p_1 қысыммен қандайда бір тұрақты мөлшердегі қарсы қысымның p_2 айырмасымен анықталады.

2.13-кесте. Пневматиклық өлшеу құралдарының негізгі техникалық сипаттамасы

Құралдың атауы мен түрі	Пәрмендер саны		Шкаланы бөлу саны	Шкаланы бөлу бағасы, мкм	Шкала жұмыс бөлігінің ұзындығы
	(түтікшелер)				мм
Ротаметрлер:					
РП	1		100	Индивидуальная	50
РЭ	1		100	»	300
РМ	1		100	»	400
Жоғары қысымның ұзындықөлшегіші	—		—	0,2	250
				0,5	
(ГОСТ 14806 — 80)				1,0	
				2,0	
				5,0	
				10,0	
Төмен қысымның ұзындықөлшегіші	1... 7		—	0,5	500
				1,0	
				2,0	
				5,0	
				10,0	
				20,0	
Дифференциалды сұлба бойынша құрылған құралдар					
236	2		±40	0,2; 2,0	—
235	6		±40	1,0	—
БВ-6017-4К	4		110	1,0;	—
БВ-1096-М-В	—		100	1,0; 0,5; 0,2	—
БВ-1096-М-2К	2		100	1,0; 0,5; 0,2	—
БВ-1096-М-4К	4		100	1,0; 0,5; 0,2	—
Өтемдік сұлба бойынша құрылған құралдар					
243	4		±40	1,0	—
				0,5	
				0,2	
245	6		±40	1,0	—
				0,5	
				0,2	
327	2		±40	1,0	—
				0,5	
				0,2	

. Қозғалмалы жүйенің орын ауысуы шкаламен тілі бар және иінтіректі-тісті берілісті тілден сильфонға беретін 1-механизмнің көмегі арқылы өлшенеді. Құралдың қозғалмалы жүйесінде 11-жазық серіппелердің көмегі арқылы қолғалмалы электрлі байланыспен бекітіле алады. Түйіспенің тұйықталуын қамтамасыз ету мақсатымен серіппені алдын-ала керу үшін 10-тіреуіш қызмет етеді. 9-бұрандалар қозғалмайтын байланыстармен бақыланатын бөлшектердің белгіленген өлшемінде электрлі байланыстың жұмыс жасауын бұғаттау үшін қызмет етеді. Жоғарыда аталған құралдың түйісу жұбы 6-ға дейін жетеді.

Жоғарыда қарастырылған сұлба бойынша бірнеше сильфонді-дифференциалды құралдар шығарылады, олардың негізгі техникалық сипаттамасы 2.13-кестеде берілген.

Пневматикалық өлшеуіш құралдарының дәлділігімен сезімталдығын көтеру, жүйенің берілім қатынасын өзгерту, құралдың іскеқосылу(инерциялық) уақытын азайту үшін нөлдік деңгей айырмасына тең дифференциалды пневматикалық жүйенің өзін-өзі реттеуін қамтамасыз ететін құрылғы жасалды. Өтемелі пневматикалық құралдың өлшеуіш сұлбасы 2.37,а-суретінде көрсетілген.

S саңылауы 1-бақыланатын бөлшектің өлшеміне байланысты болып келеді, ол p_1 өлшеуіш қысымын анықтайды. p_2 өлшемі 4-шүмек пен 3-конус инесі арасындағы дөңгелек саңылаумен анықталады. Көрсетілген 2-құралдың құрылымы r_1 мен p_2 қысымының әр түрлі болуына байланысты сезімтал элемент (жарғақ) конус инесін көшіреді де, $p_1 = p_2$ теңбе-тең болғанша p_2 қысымын өзгертіп отырады. Конус инесінің қалыбы шүмекке қатысты бақыланатын бөлшектің көлемін өзгерту шарасы болып табылады.

Өтемақылы құралдар (2.37,б-сурет) өзін-өзі реттейтін пневматикалық көпір негізінде құрылды. Қысылған ауа тұрақты қысым негізінде 4 және 5-кіру шүмегі, 6-өлшеуші және өтемақылы 3-камера арқылы өтеді. 6-өтемақылы камерада ауа атмосфераға 8-шүмек пен 7-бақыланатын детальдің үстімен S саңылауы арқылы, ал 3-өтемақылы камерада 10-конус инесі мен 2-шүмегінің үсті арасынан дөңгелек саңылау арқылы өтеді. 9-жарғақ (резеңке қосылған матадан) 3 және 6 камерадағы қысым біркелкі болғанда ғана тыныш болады. Саңылау өзгертілген жағдайда өлшеуіш қысым бірге өзгереді және

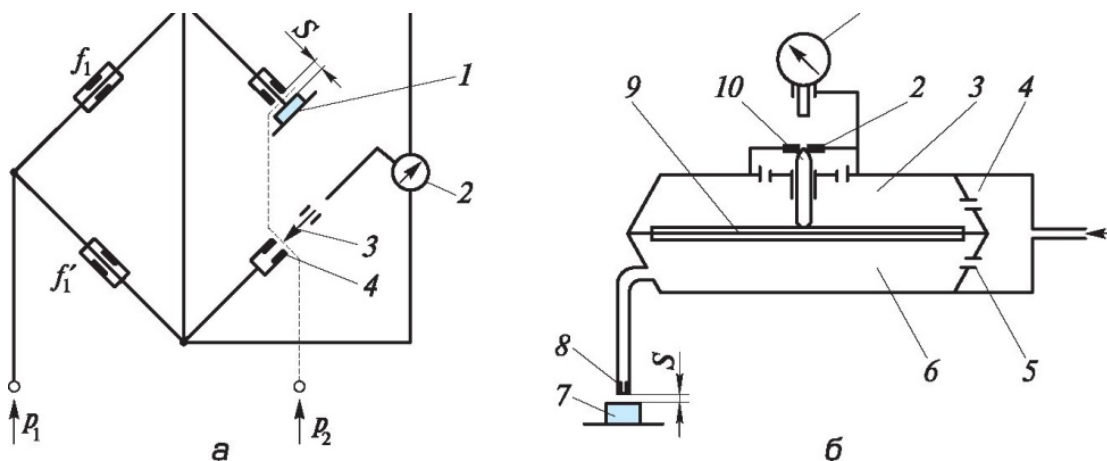


Рис. 2.37. Өтемақылы пневматикалық құрал:

а — өлшеуіш сұлбасы: *1* — бақыланатын бөлшек; *2* — көрсететін құрал; *3* — конус инесі; *4* — шүмек; *б* — түбегейлі сұлба: *1* — көрсететін құрал; *2* және *8* — шүмек; *3* — өтемақылы камера; *4* және *5* — кіру шүмектері; *6* — өлшеуіш камера; *7* — бақыланатын бөлшек; *9* — жарғақ; *10* — конус инесі

жарғақтың тепе теңдігі бұзылады. Орын ауысқанда ол 2-шүмекке қатысты 10-конус инесінің қалыбын өзгертеді, осылайша өтемақылы камерадағы қысым қайтадан өлшеуші камерадағымен бірдей болады.

10-конус инесінің орын ауысуы 1-көрсетілетін құрал шкаласы бойынша есептеледі. Өтемақылы құралдарда пәрмен алу электртүйіспелік түрлендіргіш көмегімен жүзеге асырылады.

Өтемақылы құралдардың кейбір негізгі техникалық сипаттамасы 2.13-кестеде берілген.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Пневматикалық түрлендіргішпен өлшеу мен бақылау құралдарының әрекет принциптері неге негізделеді?
2. Манометрлік және өтемақылы өлшеу құралдары дегеніміз не?
3. Пневматикалық құралдардың артықшылығы мен жетістігі неде?
4. Дифференциалды сильфондік өлшеу құралдары дегеніміз не?

2.2.6. Электрлік және электромеханикалық түрлендіруге негізделген өлшеу және бақылау құралдары

Электрлік және электромеханикалық өлшеу құралдары энергияның біріңғай көзі - электр тоғымен ерекшеленеді. Өлшеу техникаларында кең түрде тараған электр түрлендіргіштері, индуктивті, сыйымдылық, электрлік және фотоэлектрлік құралдар болды. Олар жоғары дәлдікпен өзгешеленді, қашықтықтан өлшеуге мүмкіндік береді, салыстырмалы аздаған аумақты өлшемдері бар, шамалы инерциялылығы бар.

Электрлік түрлендіргіштер электрлік және электромеханикалық өлшеу құралдарының құрамдас бір бөлігі болып табылады, олардың құрылымы мен жіктелуі әрі қарай қарастырылады.

Индуктивті құралдар. Индуктивті құралдарда (2.38-сурет) шарғының L индуктивтік шамасын анықтайтын кейбір параметрлерін өзгерткен кезде өзінің реактивті қарсылығын өзгерте алу қасиетін қолданады. Шарғының мүмкіндігінше үлкен индуктивтігін алу үшін ережеге сәйкес, оны ферромагнитті материалдардан орындалған магнит сымдардан жасайды. 2-магнит сымның бір элементі 2-якорь жылжымалы болып орындалады, ал оның 2-магнит сымның қозғалмайтын бөлігіне қатысты орны шынжырдың магниттік қарсыласуы көлемінің өзгеруін анықтайды, соған сәйкесінше 1-индуктивті шырғының өзгеруін анықтайды.

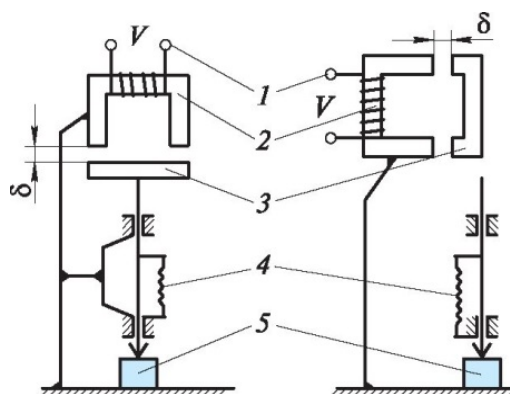
Шырғының индуктивті қарсыласуын өзгерту оның R толық қарсыласуының өзгеруіне алып келеді. Осылайша, егер тұрақты орын ауыстыру жылдамдығында бөлшеуіш көлемімен зәкірдің орын ауыстыруын байланыстырса, δ бен L электрлік параметр арасында функционалды тәуелділік пайда болады. Жоғарыда сипатталған шырғының көмегімен электрлік параметрде желілік орын ауыстыруды жасайтын құрылғы индуктивті түрлендіргіш деп аталады.

Индуктивті өлшеуіш құралдары түйіспелі және түйіспесіз бола алады. Түйіспесіз индуктивті құралда бақыланатын бөлшек (тек ферромагнитті материалдан тұратын) магнит өткізгіш аумақты құра отырып, магнитті тізбекке қосылған.

Контактілі дифференциалды индуктивті құралдың сұлбасы аздаған қимылмен, мысалы, модель

2.38-сурет. Индуктивті түрлендіргіштің
Түбегейлі сұлбасы:

1 — индуктивті шарғы; 2 —
магнит өткізгіш; 3 — зәкір; 4 —
серіппе; 5 — өлшеу нысаны



БВ-3099, немесе 226, 2-39-суретте көрсетілген. 9-бақыланатын бөлшек өлшемдерінің ауытқуы 1 және 7 магнит өткізгіш индуктивті шарғылардыңарасындағы жеңіл саңылауында орналасқан 8-өлшеу өзегінің орын ауыстыруын шақырады. Зәкірдіңдың орналасуына байланысты магнит сымдағы жеңіл саңылаудың орны өзгереді, нәтижесінде бір шырғылардыңиндуктивті кедергісі артса, екіншісінікі төмендейді. 3-дыбыс жиілігінің тұрақтандырылған генераторынан қоректенетіг 1 және 7-индуктивті шырға және 2 және 4-кедергіден жасалған көпірдің тепе-теңдігі бұзылады. Нәтижесінде көпір диагоналінде тоқ пайда болады, оның бағыты орташа қалыбынан өлшеуіш серіппелердің мынау немесе басқа ауытқулармен анықталады. Фазаға сезімтал түзеткіш арқылы көпір диагоналіне түскен 5-есептеуші құрал бұл ауытқудың көлемін көрсетеді.

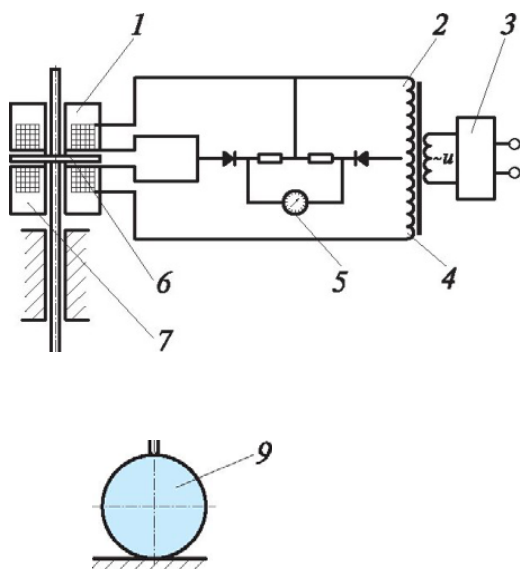
Индуктивті құралдардыбөлу құны әр түрлі болатын (сәйкесінше 0,02; 0,05; 0,2; 2 мкм) өлшеудің бес реттемелі шегі бар $\pm(1; 3; 10; 30; 100)$ мкм меңзерлік көрсеткіші бар құрал түрінде де және бөлу құны әр түрлі болатын(сәйкесінше 0,005; 0,05 және 0,5 мкм) өлшеудің үш реттемелі шегі бар $\pm(10; 100$ және $1000)$ мкм сандық құрылғы түрінде де шығарылады.

Сыйымды өлшеуіш жүйелер. Сыйымды өлшеуіш жүйелерде конденсатордың электрлі сыйымдылықты өзгертуде сызықтық орын ауысудың түрлендіргіш қағидасын қолданады. Сыйымдылықты өзгерту бойынша оның көлемінің өзгеруі туралы сөз қозғалады. Сыйымды өлшеуіш құралдары түйіспелі және түйіспесіз бола алады. Түйіспесіз құралда бақыланатын бөлшек конденсатордың бір тілімшесі ретінде электрлі тізбекке қосыла алады.

Көпірлік сұлбаға қосылған екі қозғалмайтын тілімшемен дифференциалды сыйымды түрлендіргіш қолданылған құралдың сұлбасы 2.40-суретте көрсетілген. 9-өлшеуіш үстеліне орнатылған 8-өлшенуші нысанды өлшеуде 13-қолғалмалы тілімшеге бекітілген 10-өлшеуіш өзегінің қалыбын өзгерту 7,13 және 1,13 тілімшелерден жасалған екі конденсатордың сыйымдылығының өзгеруіне алып келеді. Бұл конденсаторлар мен 2-реттемелі конденсаторлар 3-жоғары жиілік генераторынан қоректенетін көпірше сұлбасына қосылған. Түрленгіштің шығу кернеуі 4-күшейткіш арқылы 5-көрсетілген құрал мен 6-орындаушы релеге көрсетеді.

Сыйымды өлшеуіш құралдарында тілімшелер арасында электрстатикалық тартылысы аз болғандықтан аздаған инерциялылығы (0,04 с аз), жоғары сезімталдығы, тым аздаған өлшеуіш күші бар. Алайда бұл құралдар қосылудың электр сұлбасының тұрақтылығына жоғары талап қояды.

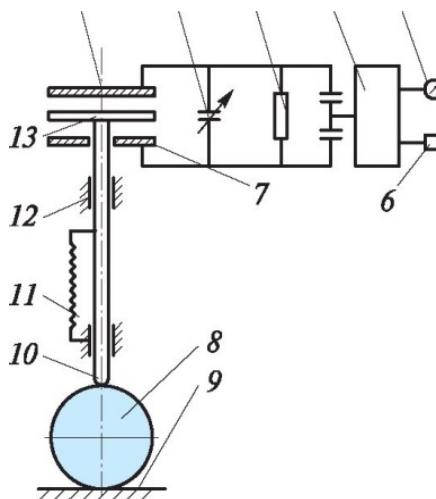
Механотронды өлшеуіш құралдар. Электронды және ионды тоғына механикалық басқарумен электронды шамды көрсететін электронды түрлендіргіштен, өлшеуіш сұлбадан, құрылғы мен қуат көзін көрсететін күшейткіштен тұрады. Бұл құралдар шамның шығу істігі өзегіне перпендикуляр әсер ететін орын ауысуды өлшеу үшін ғана емес, сонымен қатар F күшін де өлшейді.



2.39-сурет. Индуктивті құралдың сұлбасы:
1 және 7 — индуктивті шырғалар; 2 және 4 — кедергі; 3 — генератор; 5 — есептеуіш құрал; 6 — зәкір; 8 — өлшеуіш өзегі; 9 — бақыланатын бөлшек

Рис. 2.40. Сыйымды құралдың сұлбасы:

1 және 7 — қозғалыссыз тілімшелер; 2 — конденсатор; 3 — генератор; 4 — күшейткіш; 5 — көрсететін құрал; 6 — реле; 8 — өлшеу нысаны 9 — өлшеуіш үстелі; 10 — өлшеуіш өзегі; 11 — серіппе; 12 — бағыттауыш; 13 — қозғалмалы тілімше



Механотрондар қозғалмалы анодтар, катодтар немесе кестелермен диодтар, триодтар және тетродтар негізінде жасалады. Қосарланған диодтар түрінде орындалған түрлендіргіштер кең таралымға ие болды. Механотрондар (2.41-сурет) 1-вакуумдалған тұрқы-баллонынан, 3-оқшаулағыштағы бекітілген 2 және 5-анодтардан және қызған катодтардан тұрады. Шыны сауытқа орын ауыстыруды енгізу мембраналар мен 4-гофрленген түтікше арқылы жүзеге асады.

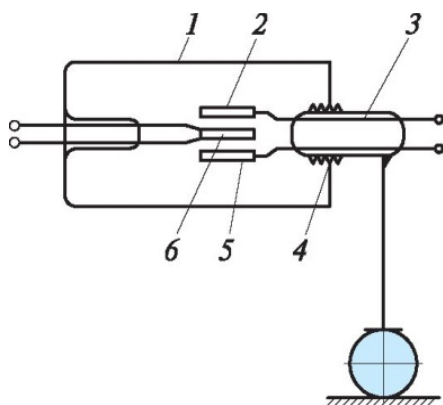
Электродтардың өзара орналасуына байланысты басқару белгілерін беру үшін қолданылатын немесе құралдармен белгіленген кернеу мен тоқ ойынша түрлендіргіштердің сипаттамасы өзгереді.

Фотоэлектрлі өлшеуіш құралдары. Фотоэлектрлі өлшеуіш құралдарында диафрагмалаудың немесе шағылған жарық түйдегі мен фотоэлементтердің негізінде құрылған оптикалық жүйенің көмегімен жарық энергиясын электрлік сигналға түрлендіреді. Бұл сигналдар күшейтіліп көрсеткіш аспапқа немесе пәрмен беруші құрылғыға жіберіледі.

Фотоэлектрлі өлшеуіш құралдары фотоэлемент катодына түсетін жарық түйдегі көлемінің өзгеруі бойынша бақыланатын бөлшектер көлемін үздіксіз өлшеу үшін сирек қолданылады.

Бұның себебі фотоэлементтер сипаттамасының уақытқа байланысты тұрақсыздығында болып отыр.

Қарастырылатын жүйенің базалық элементі болып табылатын фотоэлектрлі түрлендіргіштер жарық түйдегінің шағылысуымен дискретті өлшеуіш жүйелерде кеңінен қолданылады,



2.41-сурет. Механотрон сұлбасы:

1 — тұрқы-баллоны; 2 және 5 — анодтар; 3 — изолятор; 4 — гофрленген түтікше; 6 — катод

мысалы, тербеліс мойынтірегі бөлшектерін бақылау мен сұраптау үшін ЛИЗ автоматтарында, есептеуіш сұлбаларда, орын ауысуды өлшеу үшін оптикалық жүйелерде және т.б.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электр және электрмеханикалық түрлендіргішпен өлшеу мен бақылау құралдарның қолданылу аймағы қандай?
2. Электрлі түрлендіргішпен өлшеу құралдарының функционалды сұлбасы қалай жұмыс істейді?
3. Индуктивті және сыйымды құралдардың әрекет ету қағидасы қандай?

Лабораториялық жұмыс: «Электрлі түрлендіргіш құралдарының көмегімен сызықтық өлшемдерді өлшеу мен бақылау».

2.2.7. Радиоактивті түрлендіргішке негізделген өлшеу және бақылау құралдары

Радиоактивті өлшеуіш құралдары радиоактивті сәулеленудің ерекшелігін қолдануға негізделген: зат арқылы ену, затпен сейілу және затты иондармен қанықтыру.

Радиоактивті құралдар ауыр шартты (тозандылық, ылғалдылық, жоғары температура, агрессивті орта) шаруашылық салаларында қолданылады. Олар металл прокатын, резеңкелерді, қағаздарды, шыныларды, әр түрлі қабықшаларды жасау технологиялық үрдістерін автоматтандыру, құю және ұсталық-баспақтау өндірістерін автоматтандыру үшін табысты қолданылады. Өлшеу аумағындағы температура тербелісі айтарлықтай болатын жағдайда және өлшенуші нысанның дірілі мен тербеліс шамалары айтарлықтай болатын илемдеудің жоғары жылдамдықтары кезінде радиоактивті құралдар түйіспесіз өлшеуге мүмкіндік береді.

Бірақ ядролық сәулеленудің көзін қолдану сәулелену әсерінен қызметкерлерді қорғау қажеттілігімен байланысты болып отыр.

Радиоактивті сәуленің жұтылуы мен сйілу шамасы бақыланатын шамамен функционалды байланыста болатын құралдарды сызықтық өлшемдерді бақылау үшін қолданады. Табақ қалыңдығын бақылау үшін қолданатын құралдың қарапайым сұлбасы 2.42,а-суретінде көрсетілген. 1-сәулелену көзінен радиоактивті сәулеленудің ағыны 2-бақыланатын бөлшек арқылы өтіп, 4-аралық түрлендіргішпен түрленетін және арттыратын электр дабылының анықталған көлемі жасалатын (табақ қалыңдығынан) қарқынды ағынға байланысты 3-қабылдағышқа түседі және әрі қарай есептеуіш немесе 5-пәрмендік құрылғыға түседі.

Сәулелену ағынының кері сейілуінің көмегімен өлшемді өлшеу 2.42,б-суретінде көрсетілген. 1-радиоактивті сәулеленудің шоғырын бағыттауда ізделіп отырған қалыңдықпен 2-өнім үстіне сәуленің бір бөлігі өнім арқылы өтіп, ал сәуленің қалған бөлігі бақыланатын бөлшекпен сәулеленуге ұшырап, өзінің бастапқы қалпын өзгертеді. Сәулеленудің кері сейілуі өнім үстінде ғана болмайды, сонымен қатар өнімнің қалыңдығына байланысты кез келген тереңдігінде бола алады. Ағында көрсетілген қарқындылық 5-есептеуіш құрылғымен және 4-үйлесімді электр сұлбасымен қабылдағышты өлшей отыра, бөлшектің қалыңдығы туралы сөз болады.

Бірақ өлшеудің тура сызбасы төмен нақтылығы сияқты кемшілігі бар. Сәулеленудің екі ағынын салыстыра (олардың бірі – өлшенетін $I_{өлш}$, ал келесісі – үлгілік $I_{үлг}$) сипаттау тән дифференциалды өлшеу сызбасы (2.42,в-суреті) жоғары метрологиялық көрсеткіші бар. 3-аралық түрлендіргіш жоғарыдағы сызбаларда талданған қызметтерден басқа 4-есептеуіш құрылғысына түсетін айырымдық белгі беруі тиіс.

Өлшеудің өтемақылық сұлбасы (2.42,г-сурет) 3-аралық түрлендіргіштің тұрақсыз әсерін болдырмауға мүмкіндік береді, олай болған жағдайда $I_{өлш}$ ағынынан әр түрлі белгілер және $I_{өтем}$ өтемақылық ағыны 5-өтемақылық сынаны араластыратын 4-сервожетекке әсер етеді, осылайша әр түрлі белгінің өлшемі нөлге теңеледі. Есептеу өтемақылық сынаның қалауы бойынша жүзге асырылады. Қарапайым өтемақылық сызбаның бір кемшілігі

құралдың тез әсер етуін шектейтін механикалық бақылау жүйесінің болуымен сипатталады.

Тез әрекет етуді көтеру мақсатында динамикалы өтемақылық әдіс бойынша өлшеу сұлбасын (2.42, д-сурет) қолданады. Басқа қарапайым өтемақылық сұлбалардан айырмашылығы 1-сына әрқашан қозғаллыста болып, осылайша 2-қабылдағышқа түсетін $I_{\text{үлг}}$ үлгілік сәулеленудің қарқындылығы аратісті заң бойынша үздіксіз өзгеріп тұрады. 3-аралық түрлендіргіште ағындардың өтемақылық және өлшеуіштердің арасында тепе-теңдік орын алады, 4-өлшеуіш осы жағдайға сәйкес келетін сына қалыбын реттеп отырады.

Машинажасауда сызықтық өлшемдерді өлшеу үшін β және γ сәулелерінің көздері өолданылады. Олар ішіне аз көлемде радиоактивті изотропты заттар (құйма, металдар, тұздар мен эмальдар) салынған аз өлшемді қымталанған металл ампулалар болып табылады. β -сәулеленудің негізгі қолдану аймағы материалдардың қалыңдығы, тығыздығын және салмағын өлшеу болып табылады. Сәулеленудің көп енуін қажет ететін құрылғыларда (қалыңдық өлшеуіштерде, тығыздық өлшеуіштерде, дефектоскоптарда, деңгей өлшеуіштерде) γ -сәулеленуі кеңінен қолданылады.

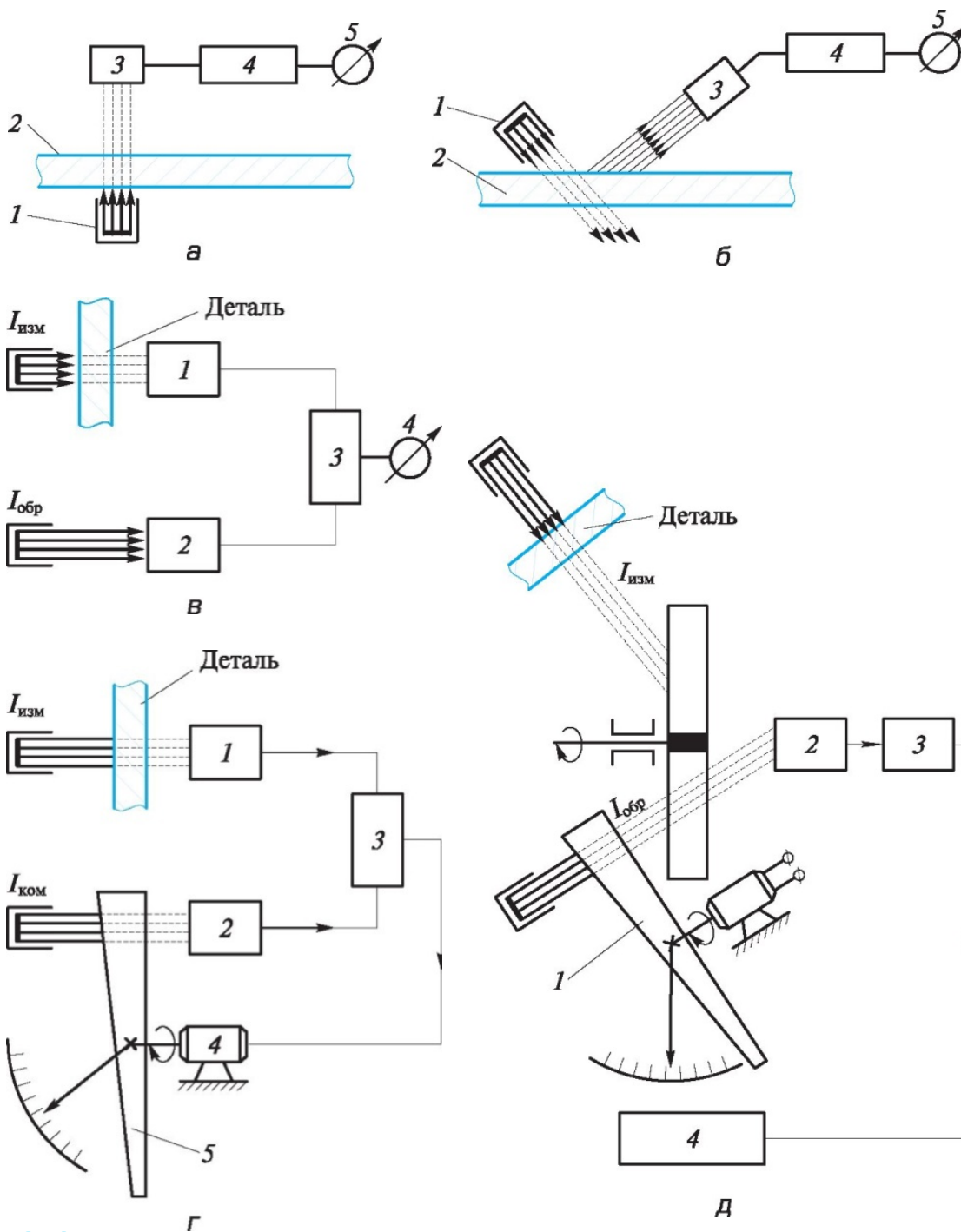
Сәулеленудің қабылдағыштарын екі топқа бөлуге болады. Бірінші топқа радиоактивті сәулелердің әсерінен (иондалған камералар, газды есептеуіштер) пайда болатын ионды газдың әсеріне негізделген қабылдағыштар жатады. Екінші топ қабылдағыштарының әрекеті қатты заттар мен кейбір сұйықтықтарда (сцинтилляциялық санауыш) иондауға негізделген.

2.42-сурет. Радиоактивті түрлендіргіштердің сұлбасы:

a — табак қалыңдығын бақылау үшін: 1 — сәулеленудің көзі; 2 — бақыланатын бөлшек; 3 — қабылдағыш; 4 — аралық түрлендіргіш; 5 — есептеуіш немесе пәрмендік құрылғы; *б* — сәулелену ағынын кері сейілудің көмегімен өлшемдерін өлшеу: 1 — радиоактивті сәулеленудің шоғы; 2 — өнімнің үсті; 3 — қабылдағыш; 4 — электр сұлбасы; 5 — есептеуіш құрылғысы; *в* — дифференциалды: 1 және 2 — қабылдағыштар; 3 — аралық түрлендіргіштер; 4 — есептеуіш құрылғы; *г* — өтемақылық: 1 және 2 — қабылдағыштар; 3 — аралық түрлендіргіш; 4 — сервожетек; 5 — өтемақылық сына; *д* — динамикалық өтемақы әдісі бойынша: 1 — сына; 2 — қабылдағыш; 3 — аралық түрлендіргіш; 4 — өлшеуіш

Конвейер арқылы өтетін бөлшектер есебін, бөлшектер немесе құралдардың бар екенін анықтау, өңдеу аймағына біреудің орнына екі немесе одан да көп дайындамаларды беруде металл кесетін құралдарды бұғаттау және тағы да басқа міндеттер β -реле және γ -реле арқылы жүзеге асырылады.

Мұндай құралдарды құру үшін жүйенің автоматты басқаруына кіретін әмбебап элементтер шаруашылықпен шығарылады.



Олар сәулелену блогынан, өлшеу блогынан, релелік блоктан және сигнал беру блогынан тұрады.

2.2.8. Калибрмен бақылау

Жаппай және ірі сериалы өндіріс жағдайында техникалық бақылауды жүзеге асыру үшін калибр түріндегі бақылау құралдары кеңінен қолданылады. Калибрлер – өнімдердөлшемдерніңнемесе кескіндерінің белгіленген шақтамаға сәйкестігін тексеруге арналған денелер немесе құрылғылар. Олар көбінесе 6...18 квалитет дәлділігіменбөлшектердің жарамдылығын анықтау үшін қолданылады, сондай-ақ «түсіп кету калибрі» қағидасы бойынша жұмыс атқаратын белсенді бақылау құрылғыларында қолданыс табады.

Шектік калибрлер арқылы бақыланушы параметрлердің сандық мағынасын емес, ол параметрлердің шектік мәннен шығып кетуін, немесе екі шақтамалы мәндердің ортасында болуын анықтайды.

Егер бөлшекті бақылау кезінде калибрдің өту жағы (ПР) калибрдің толық салмағына тең күш әсерінен өтетін болса, ал калибрдің өтпейтін жағы (НЕ) бөлшектің бақыланатын бетінен өтпесе, бөлшек жарамды деп есептеледі. Егер ПР өтпесе, бөлшек ақауы жөнделетін жарамсызға жатқызылады. Егер НЕ өтетін болса, ақауы жөнделмейтін жарамсызға жатқызылады.

Цилиндрлі саңылау мен біліктер үшін тегіс калибрлердің түрі МЕМСТ 24851-81 бекітіледі. ИСО жүйесінде тегіс калибрлер ИСО-Р1938—1971 стандартталған.

Стандарт біліктер үшін бақылау калибрлеріне жататын келесі тегіс калибрлерді қарастырады:

ПР — өтетін қапсырма-калибрлер;

НЕ — өтпейтін қапсырма калибрлер;

К-ПР — жаңа тегіс қапсырма калибрлер үшін бақылаушы өтетін калибр;

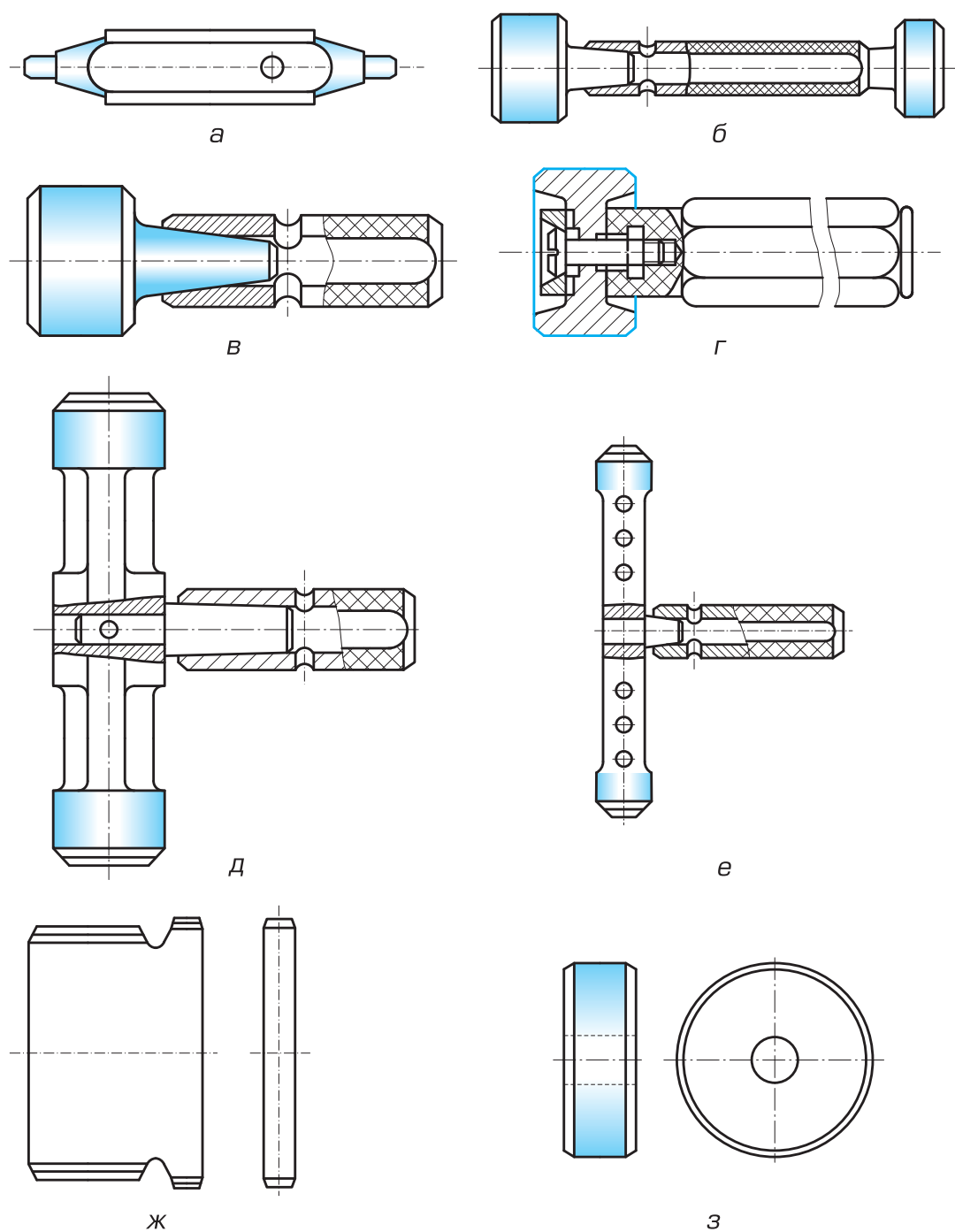
К-НЕ — жаңа тегіс қапсырма калибрлер үшін бақылаушы өтпейтін калибр;

К-И — тегіс қапсырма калибрлердің тозуын бақылауға арналған бақылаушы калибр;

Саңылауларды бақылау үшін қарастырылған:

ПР — өтетін калибр-тығын;

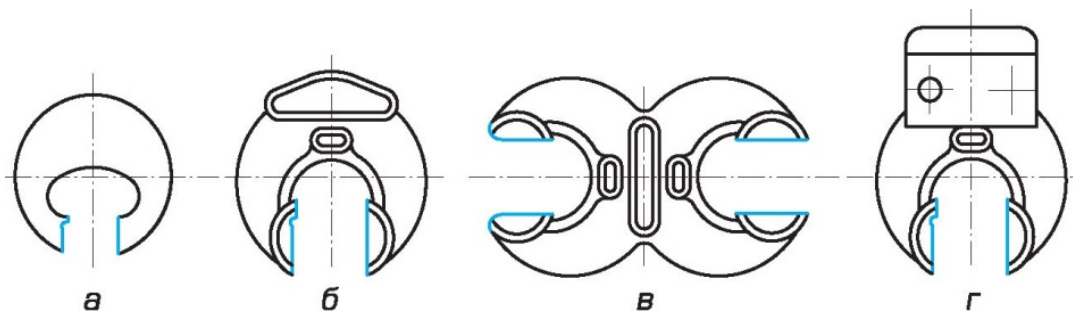
НЕ — өтпейтін калибр-тығыні;



2.43-сурет. Калибр-тығындар

Саңылауды бақылауға арналған калибр-тығындар

Әр түрлі құрылымды шектік калибр-тығындар қолданылады (МЕМСТ 14807 — 69 ... МЕМСТ 14827 — 69). Оларға жататындар: цилиндрлі салғысы бар екі жақты тығын (2.43,а-сурет), конустық құйрықшалы салғысы бар тығын (2.43,б-сурет),



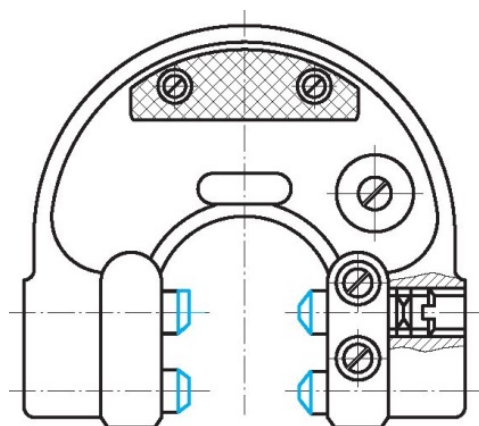
2.44-сурет. Қапсырма калибрлер

цилиндрлі саптамалытығындар (2.43, г-сурет), толық тығындар (2.43, д, е-сурет), толық емес тығындар (2.43, г-сурет), бір жақты табақтығындар (2.43, ж-сурет), толық емес тығырықтар және толық тығырықтар (2.43,з-сурет).

Бұл жерде негізінен бір жақты шектік калибрге артықшылық беріледі. Олар өнімді бақылау уақытын және материал шығынын үнемдейді.

Білікті бақылауға арналған қапсырма калибрлер. Шектік және реттемелі қапсырма калибрлер (МЕМСТ 18358-93 — МЕМСТ 18369-93) қолданылады. Шектік қапсырма калибрлерге жататындар: бір жақты табақты қапсырмалар (2.44, а-сурет) және екі жақты; бір жақты қалыпталған қапсырмалар (2.44, б-сурет), екі жақты (2.44, в-сурет) және тұтқасы бар бір жақты қапсырмалар (2.44, г-сурет).

Реттемелі қапсырма калибрлері (2.45-сурет) тозудың орнын толтыруға мүмкіндік береді және белгілі бір аралыққа қатысты әр түрлі өлшемдерге теңшеленеді. Бірақ реттелмейтін қапсырмаларға қарағанда, олардың дәлділігі мен сенімділігі төмен.



2.45-сурет. Реттелетін қапсырма калибрлер

және әдетте өлшемдерді дәлдігі 8 квалитеттен аспайтын шақтамамен бақылауға қолданады.

Өзінің міндеті бойынша шектік калибрлер жұмыстық, қабылдаушы және бақылаушы болып бөлінеді.

Жұмыстық калибрлер бөлшектерді жасау кезінде оларды бақылауға арналған. Олармен жабдықтаудың операторлары мен баптаушылары, сондай-ақ зауыт-өндірушілердің ТББ бақылаушылары да қолданады.

Қабылдаушы калибрлер тапсырушы өкілдерімен бөлшектерді қабылдауда қолданады.

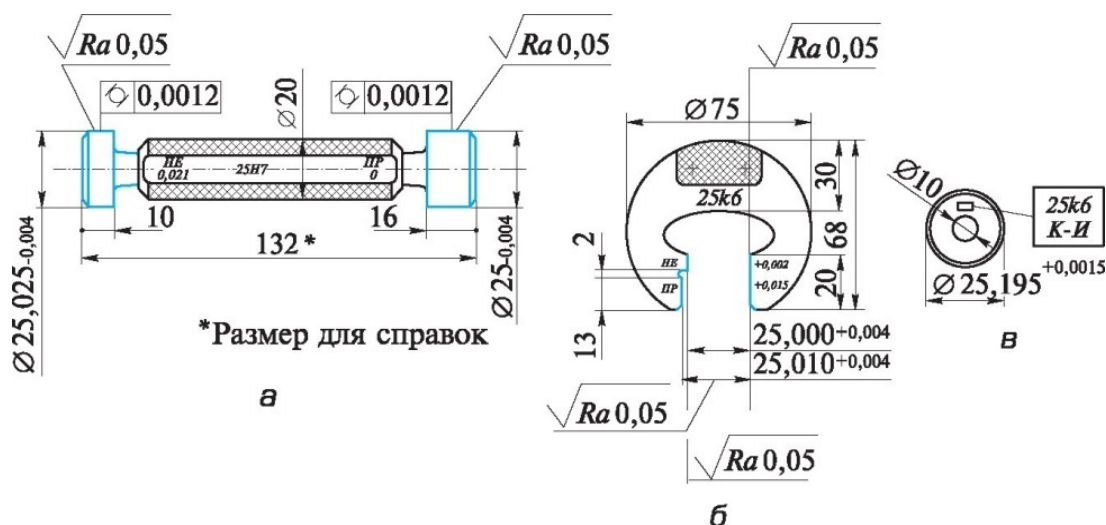
Реттелетін қапсырма калибрлерді орнату үшін және реттелмейтін қапсырма калибрлерді бақылау үшін, сонымен бірге тозу салдарынан пайдаланудан алып тастау үшін бақылаушы калибрлерді (БК) қолданады, тығырық пішінді болады. (2.43,3-сурет). Бақылаушы калибрлердің аз шақтамасына қарамастан, олар жұмыс калибрлерінде жасауға және тозуға бекітілген шақтама өрісін бұрмалайды, сол себепті де олардың орнына мүмкіндікке қарай ұзындықтың соңғы шамасын немесе әмбебап өлшеуіш құралдарды қолдану тиімді.

Калибр-тығындардың салғылары мен саптамалары MEMCT 5950 — 2000 бойынша Х болатынан немесе MEMCT 801 — 78 бойынша ШХ-15 жасалады. Қалыптамамен алынатын толық емес калибр-тығындардан басқа калибрлердің барлық түрлері үшін саптамалар мен салғыларды У10А немесе У12А болаттарынан жасауға рұқсат беріледі, сондай-ақ 10 мм астам диаметрі бар калибрлер үшін 10 немесе 20 болаттан жасауға болады.

Калибр бөлшектерінің жұмыстық бетін көміртектендіретін 15 немесе 20 болаттан жасағанда көміртектендіру қалыңдығы 0.5 мм кем болмау керек. Калибр-тығындардың жұмыстық беттерін, сондай-ақ кіру және шығу (мұқалту) қиықжиек беттерін (табақтық және толық емес калибр-тығындардан басқа) хромдайды немесе тозуға төзімді жабынды жағылады.

Хромды жабынды калибр-тығындардың жұмыстық беттері мен кіру және шығу қиықжиек беттерінің қаттылығы -HRC₃ 57...65.. Жұмыстық беттердің кедір бұдырлық параметрлері бақыланатын өнім параметрінің дәлдігі және оның өлшеміне, калибр түріне байланысты Ra 0,04, 0,32 мкм шегінде болуы керек.

Өндірісте тозуға төзімділікті арттыру үшін және шығынды азайту үшін салғылары мен саптамалары қатты қорытпалы материалдардан жасаған (MEMCT 16775 — 93 — MEMCT 16780 — 71) калибрлерді жиі қолданады.. Бұндай калибрлердің тозуға төзімділігі хромдалған калибрлердің тозуға төзімділігімен салыстырғанда 50...150 есе жоғары болып табылады, бұл жерде калибрлер бағасы 3...5 есе артады



2.46-сурет. тығын калибрі (а), қапсырма калибр (б), тығырық калибр (в)

Тегіс реттелмейтін калибрлерге техникалық талаптарды МЕМСТ 2015 — 84 қояды.

Калибрді таңбалауда бөлшектің номиналды өлшемі, өнімнің шақтама өрісінің әріптік белгіленуі, миллиметрде көрсетілген өнімнің шектік ауытқуларының сандық көрсеткіші (жұмыс калибрінде), калибр түрі (Мысалы, ПР, НЕ, К-И) зауыт-өндірушісінің тауарлық белгісі қарастырылады. 2.46-суретте типтік белгілерді, орындаушы өлшемдерді, нақты үлгісін және жұмысшы бетінің бұдырмағын көрсетумен калибр тығынның МЕМСТ 14810 — 69), қапсырма калибрдің (МЕМСТ 18360 — 93) және тығырық калибрдің эскизі берілген, типтік таңбалануы, орындалушы өлшемдері, жұмыстық беттердің кедірбұдырлығы мен пішін дәлдігі көрсетілген.

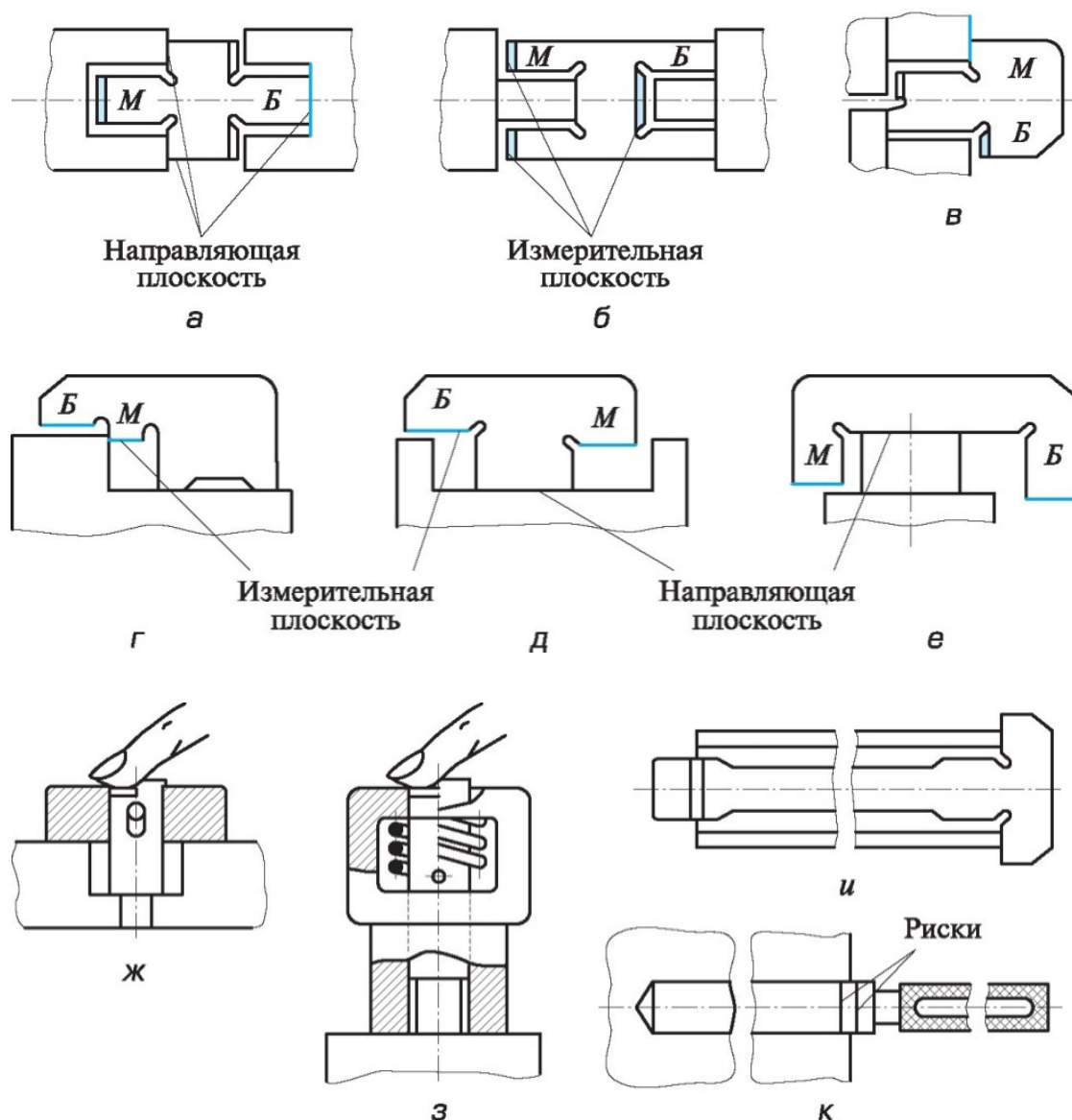
Кертпештердің тереңдігі мен биіктігін бақылауға арналған калибрлер. Бұл калибрлер (2.47-сурет) өзгеше бір топты құрады. Кез келген пішіннің сатылы тілімшелерін құрылмалық түрде көрсетеді. МЕМСТ 2534 — 77 дәлдіктің 11...18 квалитетіндегі 1...500 мм өлшемдерін қамтитын калибрлер түрлерін қарастырады. Калибрлермен өнім мен калибрдің сәйкес жазықтықтарының арасындағы саңылаудың болуымен өнімнің жарамдылығын анықтайды. Бұл калибрлерде өтетін және өтпейтін жақтарының орнына өнімнің ең көп (Б) және ең аз (М) шектік өлшемдеріне сәйкес жақтары бар.

Мыналар бақылаудың негізгі әдістері болып табылады: жарықтық саңылаулар немесе бос аралық, тәуекел бойынша, жылжу, түйсіну.

Таңдалған әдіске қатысты бақылаудың құралдары тәуелді болып табылады:

- Бос аралықты бақылауға арнаған калибрлер (2.47, а, б, в-суреттер);
- Жылжыту әдісін бақылауға арналған калибрлер (2.47, Δ δ ϵ -суретті қараңыз);
- Түйсіну әдісін бақылауға арналған калибрлер (2.47, ж, з-сурет);
- Тәуекел бойынша бақылауға арналған калибрлер (2.47, и, к-сурет).

Бос аралықты бақылауға арналған калибрлер 0,04...0,06 мм кем емес жіберуді қадағалап тұрады. Сатылы-өзекті калибрлермен бақыланатын өнімнің аздаған қабылдауы 0,01 мм құрау керек, түйсінуге арналған бақылау 0,01 мм құрайды.



2.47-сурет. Кертпешінің тереңдігі мен биіктігін бақылауға арналған калибрлер



2.48-сурет. Конусты калибрлердің түрлері

Кертпештің тереңдігі мен биіктігін бақылауға арналған калибрлер ИСО жүйесінде стандартталмаған.

Конусты калибрлер. Сыртқы конустарды бақылау конусты төлке калибрлерімен орындалады, ал ішкі конустарды бақылау конусты тығын калибрлермен жүзеге асырылады. МЕМСТ 24932 — 81 1:3 ден 1 : 50ға дейін конустықпен, 6... 12 квалитет диаметріне шегімен, 4... 9 нақтылық сатыларының конус бұрыштарымен, 200 мм дейін берілген кесіндеме диаметрімен шектің әр түріне жекелеген нормалаумен тегіс конустар үшін калибрлердің орындалуы мен түрлерін орнатады.

Кейбір конусты калибрлердің түрлері 2.48-суретте көрсетілген.

Белгілеудің мысалдары:

4 және 5-нақтылық дәрежесіндегі 40 тығын калибрі — «Төлке 40 АТ4, ГОСТ 20305 — 94»;

6 және 7-нақтылық дәрежесіндегі 60 бақылаушы электр сақтағыш — «Тығын 60-К АТ6, ГОСТ 20305 — 94».

Беттердің орналасуын бақылауға арналған калибрлер. Беттердің орналасуын бақылауға арналған калибрлерді қолдану бойынша орындаушы өлшемдердің есептеуіш шектері, әдістері және жалпы ережелер МЕМСТ 16085 — 80 бекітіледі.

Ол орын ауысу тәуелді шектерімен (олардың өстері немесе жазықтық симметриясы) беттерін бақылауға, сонымен қатар пішіннің тәуелді шегінде тік өстерін бақылауға арналған тұтас конструкциялардың калибрлеріне таратылады.

Калибрлер өлшеуіш шектерінің орналасуы түйістірілген бөлшектердің жиынтық шектерін көрсететін элементтер композициясын көрсетеді.

Оның үстіне жекелеген өлшеуіш шектері өлшемдерді жинақтау үшін (өтетін шек бойынша) жайсыздық бойынша орындалады, ал олардың салыстырмалы орналасуы немесе орналасуы ең жоғары дәлдікпен базалық элементтерге қатысты

сызбада көрсетілген номиналды өлшеммен өнім төзеді.

Цилиндрлік бұранда дәлдігін бақылаудың калибрлері.

Калибрлердің көмегімен кешенді және дифференциалды (көпэлементті) әдістер қолданылады. Кешенді әдіс орташа диаметр шақтамасы жиынтық болып келетін бұрандалы бөлшектерге қолданылады. Ол бұрандалы бөлшектердің нақты контурын шектік контурмен салыстыру жолымен бұранданың орташа диаметрін ($d_2 (D_2)$), қадамын (P), пішіннің жарты бұрышын ($a/2$), сондай-ақ ішкі ($d_1(D)$) және сыртқы ($d (D)$) диаметрлерін бір мезгілде бақылауға негізделген.

Бақылаудың дифференциалды әдісі кезінде әдеттегі тегіс калибрлер мен үлгілер арқылы ішкі D_j және сыртқы d диаметрлерін, P қадамын, $a/2$ пішіннің жарты бұрышын жеке тексеріп алады.

Цилиндрлі бұранда үшін калибрлер мен контркалибрлердің (барлығы 37 түр) барлық түрін МЕМСТ 24939 — 81 орнатады. Бұранда калибрлерінің құрылмалы өлшемдері мен олардың элементтерін МЕМСТ 18465—73 және МЕМСТ 18466 — 73 регламенттейді.

Жұмыстық бұрандалы қапсырманы және шығыршықты реттеу мен бақылау үшін бұранда калибрлердің құрамына жұмыстық тегіс және бұрандалы өтпелі, өтпелі емес калибрлер, калибрлер және контркалибрлер (КПР, ПР, КПР-НЕ, КНЕ-ПР, КНЕ-НЕ, КИ-НЕ, У-НЕ, У-ПР) енеді.

МЕМСТ 24997 — 81 бойынша кейбір калибрлердің шартты атаулары (түрінің нөмірі):

ПР (1) — реттелмейтін бұрандалы шығыршық-калибр;

КПР-ПР (2) — жаңа бұрандалы өтпелі реттелмейтін шығыршық-калибр үшін бұрандалы бақылаушы өтпелі тығын-калибр;

КНЕ-НЕ (3) — жаңа бұрандалы өтпелі реттелмейтін шығыршық-калибр үшін бұрандалы бақылаушы өтпейтін тығын-калибр;

ПР (4) — бұрандалы өтпелі реттемелі шығыршық-калибр;

ПР (7) — бұрандалы өтпелі қапсырма-калибр;

У-ПР (8) — бұрандалы өтпелі қапсырма-калибр үшін бұрандалы орнатылатушы тығын-калибр.

Өтпелі бұранда калибрлері тексерілетін бұрандамен бекітіліп тексерілуі тиіс. Калибрді сомынмен бұрау орнатылған ең аз шекті өлшемнен шықпайтынын сомын бұрандасының келтірілген орташа және сыртқы диаметрлерін көрсетеді.

Бұранда калибрлерін таңбалау бұранданың белгісін, бұранданың шектік өрісін, калибр атауын (мысалы, ПР)

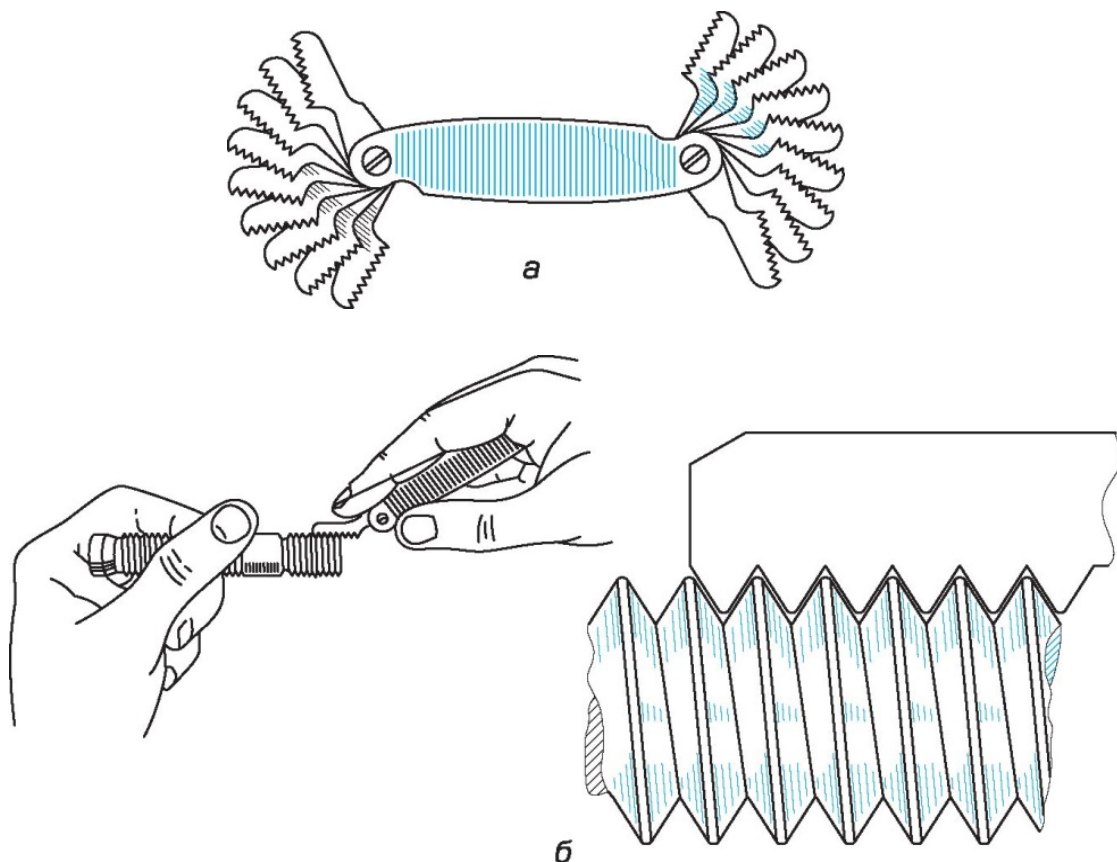
өндіріс-жасаушылардың тауарлық белгісін жазу, ал сол бұрандамен калибрлерде «ЛН» әріптерін қосу қарастырылуда.

Өндіріс-жасаушылардың өз қажеттіліктеріне арналған калибрлерде тауарлық белгі жазбауға да болады.

Бұрананың номинал қадамы (немесе дюймдегі тізбектердің саны) бұрамақимаулгілері (бұрамаөлшеуіштер) (2.49, а-сурет) арқылы анықталады. ТШ 2-034-228 — 87 сәйкес бұрамақимаулгілерін метрлік буна үшін қадамын 0,4 бастап 6 мм дейін (20 қимаулгілер) етіп және дюймды буна үшін дюймге келетін тізбектер санын 28 бастап 4 дейін (17 қимаулгі) болатындай етіп жиынтықпен шығарады.

Бұрананың кескініне қимаулгілерді салған кезде (2.49, а-сурет) бұрананың мүмкіндігінше үлкен ұзындығын қолданған жөн, себебі бұл қадамдарды анықтаудың дәлдігін жоғарылатады.

Кешенді өтпелі калибрлер. Тік бүйірлі оймакілтекті бөлшектердегі беттердің орналасуының, пішіндерінің және өлшемдерінің дәлдігін, ережеге сәйкес, кешенді өтпелі калибрлер бақылайды (МЕМСТ 24959 — 81, МЕМСТ 24960 — 81): оймакілтек төлкесін



2.49-сурет. Бұрамақимаулгілері (бұрамаөлшеуіштер):

а — жинақ; б — бақылау қағидасы

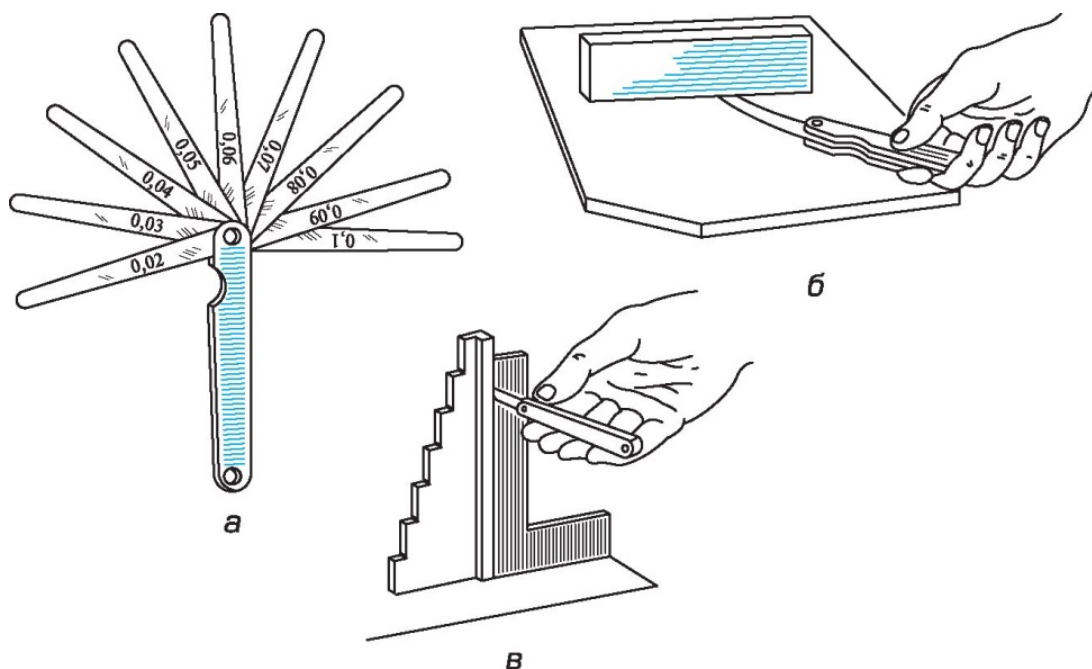


Рис. 2.50. Қуыс бұрғы калибрлері (а) және қуыс бұрғылардың көмегімен бақылау (б, в)

тығын калибрімен, ал оймакілтекті біліктерді – шығыршақ калибрлерімен тексереді. Қажет болған жағдайда МЕМСТ 24961 — 81 — МЕМСТ 24968 бойынша арнайы тегіс калибрлермен оймакілтекпен ойыс ендерін, центрлендіруші және центрлендірмеуші диаметрлерін элементтер бойынша бақылауды да жүзеге асырады.

Калибрдің шартты белгісікалибр атауынан («тығын» немесе «шығыршық»), калибр түрі нөмірінен, біліктің оймакілтекті төлкесінің шартты белгісінен, калибрдің дәлдік деңгейінен және стандартты белгілеуден тұрады. Белгілеудің мысалдары:

МЕМСТ 6033 — 80— «Шығыршық 1-50 x 2 x 9g/4, МЕМСТ 24969 — 81» бойынша 50 x 2 x 9g білігі үшін дәлдіктің 4 деңгейінің 1-түрі шығыршық калибрі;

МЕМСТ 6033 — 80— «Тығын 5-50 x 2 x 9H/4 МЕМСТ 24969— 81»бойынша 50 x 2 x 9H тығыны үшін дәлдіктің 4 деңгейінің 5-түрі кешенді тығын калибрі.

Қуыс бұрғы калибрлері. Бұл беттер арасындағы саңылауды тексеруге арналған қарапайым калибрлер (2.50-сурет). Қуыс бұрғы параллель өлшеуіш беттері бар тілім болып табылады. ТУ 2-034-0221197 — 91 ТШ сәйкес қуыс бұрғыларды ұзындығы 100 және 200 мм етіп жасайды. 100 мм ұзындығымен қуыс бұрғыларжеке тілім түрінде нжәне жиынтық түрінде (4 нөмірімен) жасалады:

№ 1 жинақ (9 қуыс бұрғы) — 0,01 мм арқылы градациямен 0,02 бастап 0,1 мм дейінгі қалыңдықпен;

№ 2 жинақ (17 қуыс бұрғы) — 0,02 бастап 0,5мм дейінгі қалыңдықпен;

№ 3 жинақ (10 қуыс бұрғы) — 0,05 мм арқылы градациямен 0,055 бастап 1 мм дейінгі қалыңдықпен;

№ 4 жинақ (10 қуыс бұрғы) — 0,01 мм арқылы градациямен 0,1 бастап 1 мм дейінгі қалыңдықпен;

Қуыс бұрғыны қолданғанда осылардың біреуін қолданады немесе қажет болған қалыңдыққа екі немесе одан да көп қуыс бұрғыны салады.

Жаңа қуыс белгілердің қалыңдығына қатысты рұқсат етілген ауытқулар 5 бастап 15 мкм дейін олардың нақтылы қалыңдығына байланысты өзгеріп тұрады. Қуыс бұрғы жиынтығын қолдануда бақылаудың дәлсіздігі жоғары болады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Калибрлер дегеніміз не және оларды қандай мақсатта қолданады?
2. «Бақылау» мен «өлшеу» түсініктерінің айырмашылығы неде?
3. Калибрдің жіктелуі қандай?
4. Соңғы калибрлермен бақылау қағидаты неге негізделеді?

Зертханалық жұмыс: «Бөлшектер тобын соңғы калибрлермен бақылау».

2.2.9. Бұрыштар мен конустарды өлшеу мен бақылаудың әдістері және құралдары

Бұрыштар мен конустарды өлшеу мен бақылаудың мынандай әдістері және құралдары бар:

- қатаң бақылау құралдарымен *салыстыру әдісі* – бұрыш өлшемдермен, бұрыштықпен, конусты калибрмен және қимаүлгілермен;
- *абсолютті гониометриялық әдіс*, бұрыштық өлшеу шкаласымен (нониусты, индикаторлық және оптикалық бұрыш өлшеуіш) құралдарды қолдану;
- *жсанама тригонометриялық әдіс*, өлшенетін бұрышпен тригонометриялық функция (синустық сызықтық, конусты) арқылы байланыстағысызықтық өлшемдерді анықтауға негізделген.

2.14-кесте. Бұрыштар мен конустарды өлшеу құралдары

Атауы	Өлшеудің дәлділігі	Өлшеу шегі	Пайдалануы
Синусты сызық (МЕМСТ 4046 — 80)	4° ±2' дейін 10° ±2,5' дейін 20° ±3,5' дейін 30° ±6' дейін 45° бұрыш үшін ±1,5'	Өстер арасындағы арақашықтық 100. 150 мм. 0...45° сыртқы бұрыштарды өлшеу	Калибр бұрыштарын, сызықтарды және дәл бөлшектерді өлшеу
Тексеру сызығы (МЕМСТ 8026 — 92)	1... 5 мм	80.4 000 мм	Бөлшектердің жазықтықтан, тіксызықтықтан және т.б. ауытқуын бақылау
Деңгейлер (МЕМСТ 9392—89, МЕМСТ 11196—74)	0,02... 0,2 мм/м	Бөлу бағасы 0,01. 0,15 мм/м. Жұмыс өлшемі 100.250 мм	Құралдар, құрылғылар, құрылғы элементтері және т.б. көлденең және тік қалыбынан аздаған бұрыштық ауытқушылықтарды өлшеу
Призмалық (плитка) бұрыштық шара (МЕМСТ 2875 — 88)	±3". ±30"	Типі I: 1'. 9° ТипII: 10.75°50'	Өлшеудің бұрыш өлшегіш құралдарын, дәл белгілеуін, бұрыштарды дәл өлшеуін тексеру
БН және БМ типтерінің нониустерімен бұрыш өлшеу (МЕМСТ 5378 — 88)	2'...10'	0. 180° (сыртқы бұрыштар), 40.180° (ішкі бұрыштар)	БН типі – сыртқы және ішкі бұрыштарды өлшеу, ал БМ типі – сыртқы бұрыштарды өлшеу.
90 тексеру бұрыштықтары (МЕМСТ 3749 — 77)	1.10 мкм	90°	Перпендекулярды тексеру

Бұрыштар мен конустарды өлшеу мен бақылаудың әдістері мен құралдары 2.14-кестеде берілген. Олардың кейбіреулерін қарастырайық.

Бұрыш өлшемдері мен бұрыштықтар. Призмалықбұрыш өлшемдері эталоннан өнімгежазық бұрыштарының бірлігін беруге арналған. Олар көбінесе сызбаүлгілік жұмыстарда, сонымен бірге өлшеу мен бақылау құралдарын тексеру және калибрлеу үшін қолданылады. Бұрыш өлшемдері (2.51-сурет) бір мәнді және көп мәнді бола алады, олар жұмыстық бұрыш жақтары болып табылатын жетілдірілген бетті тік призма түріндегі геометриялық фигура болып табылады.

МЕМСТ 2875 — 88 сәйкес призмалық бұрыш өлшемдерінің бес түрі жасалады: а, р, у, 8 жұмыс өлшемдерімен I, II, III, IV, V.

I түрдегітақташадаа бұрышының келесі номинал өлшемдері бар: 2^0 грациясымен 1 бастап 29^0 дейін және 1^0 градациясымен 1 бастап 9^0 дейін. II түрлі тақташада келесі номинал өлшемдер бар: $15''$, 1 , $10''$, 1^0 , $15^0 10''$. МЕМСТ-ке сәйкес III типті тақташалар, IV типті призмаларжәне V типті призмаларүшін α , β , γ , δ жұмыстық бұрыштардың номинал өлшемдері бекітілген.

Жасалуының дәлділігібұрыштық өлшемдердіңүш класын ажыратады: 0, 1, 2. Жұмыстық бұрыштардыңмүмкіндікті ауытқуы, сонымен біргеөлшеуші беттердіңжазықтықтан және орналасудан мүмкіндікті ауытқуыөлшем типтері мен дәлділік класына байланысты реттеледі. Жұмыстық бұрышының мүмкіндікті ауытқуы0 класының өлшемі үшін ± 3 до $\pm 5''$ аралығында болады және 2 клас өлшемі үшін $\pm 30''$ шегінде орналасады. Жазықтықтан мүмкіндікті ауытқу 0,10 нан 0,30 мкм дейінгі аралықтабелгіленген.

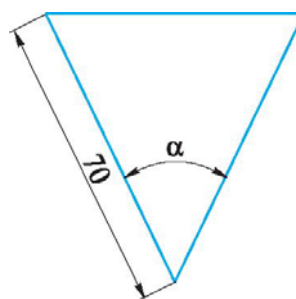
Бұрыш өлшемдері жиынтыққажасақталады және барлық кластардың жекелеген өлшемдері түрінде жеткізіледі.

Бұрыш өлшемдері жұмыстық беттерініңсықлану қасиеті бар, яғни олардан блоктар жасалады. Осы мақсатпен, сонымен бірге ішкі бұрыштарды алу үшін арнайы жабдықтар мен сызбаүлгілік сызықтар қарастырылған. Бұрыштық өлшемдер блогын құру кезінде ұзындықтың жазық паралель соңғы өлшемдерінен блок құру кезінде қолданылған ережелер қолданылады (2.2.1-бөлік қараңыз).

Тексеру бұрыштығы —жұмыстық бұрышы 90^0 бұрыш өлшемдері. Бұрыш көмегімен бақылауда бұрыштықтар мен бақыланатын бөлшектер арасындағы саңылау көлемін бағалайды. Саңылауды көзбен немесе қуыс бұрғы жинағымен сызбаүлгілік сызық пен ұзындықтың өлшемі көмегімен басқа саңылаумен салыстыру арқылы анықтайды.

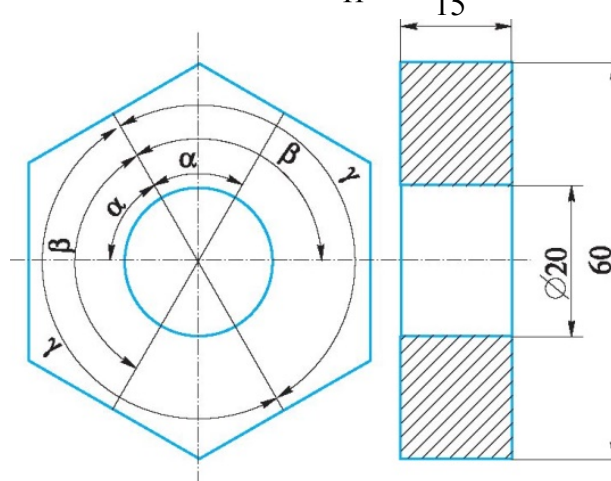
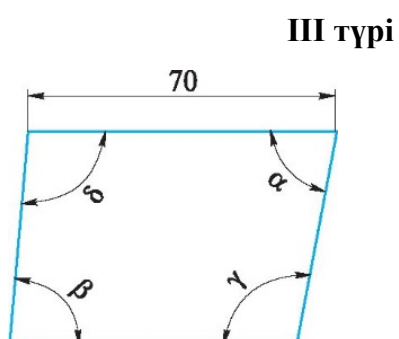
I түрі

II түрі



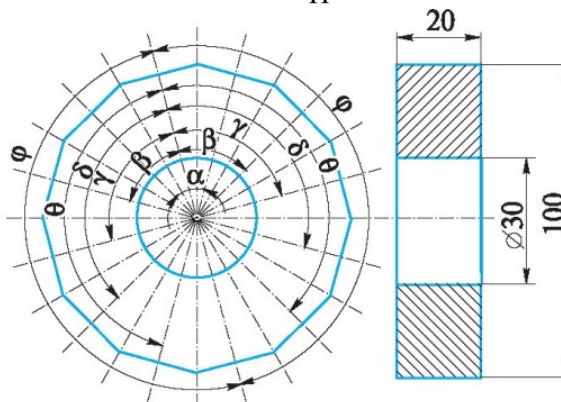
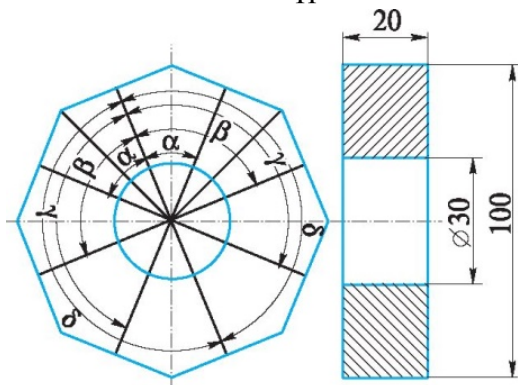
15

IV түрі



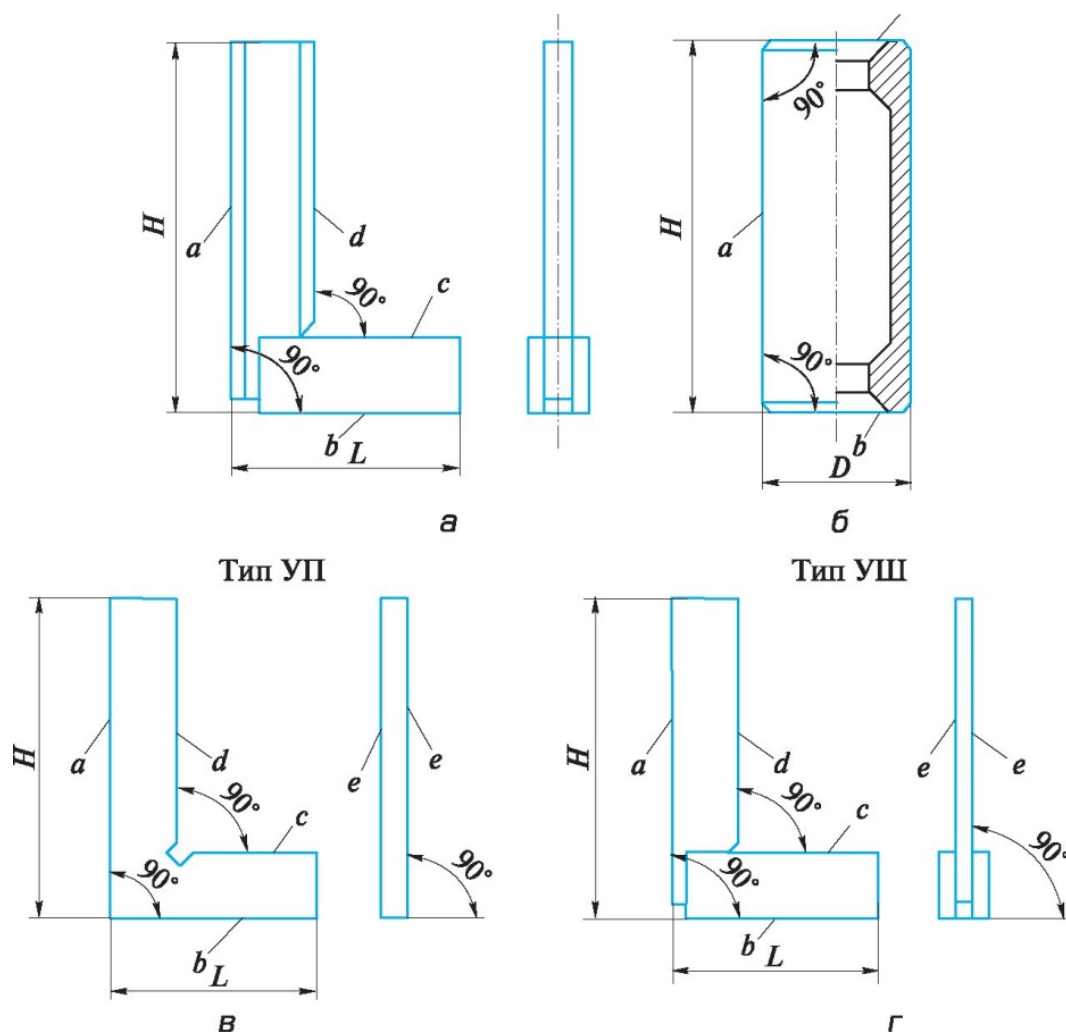
У-8 түрі

V—12 түрі



2.51-сурет. Бұрыш өлшемдері

МЕМСТ 3749 — 77В сәйкес бұрыштықтар ерекшеленеді: құрылғылы белгілері бойынша – 6 түрі (2.52-сурет), дәлділігі бойынша – 3 клас (0,1,2). Сызбаүлгілік бұрыштықтар (УЛ, УЛП, УЛШ, УЛЦ түрлері) 0 және 1 класпен шыңдалыпжасалады.

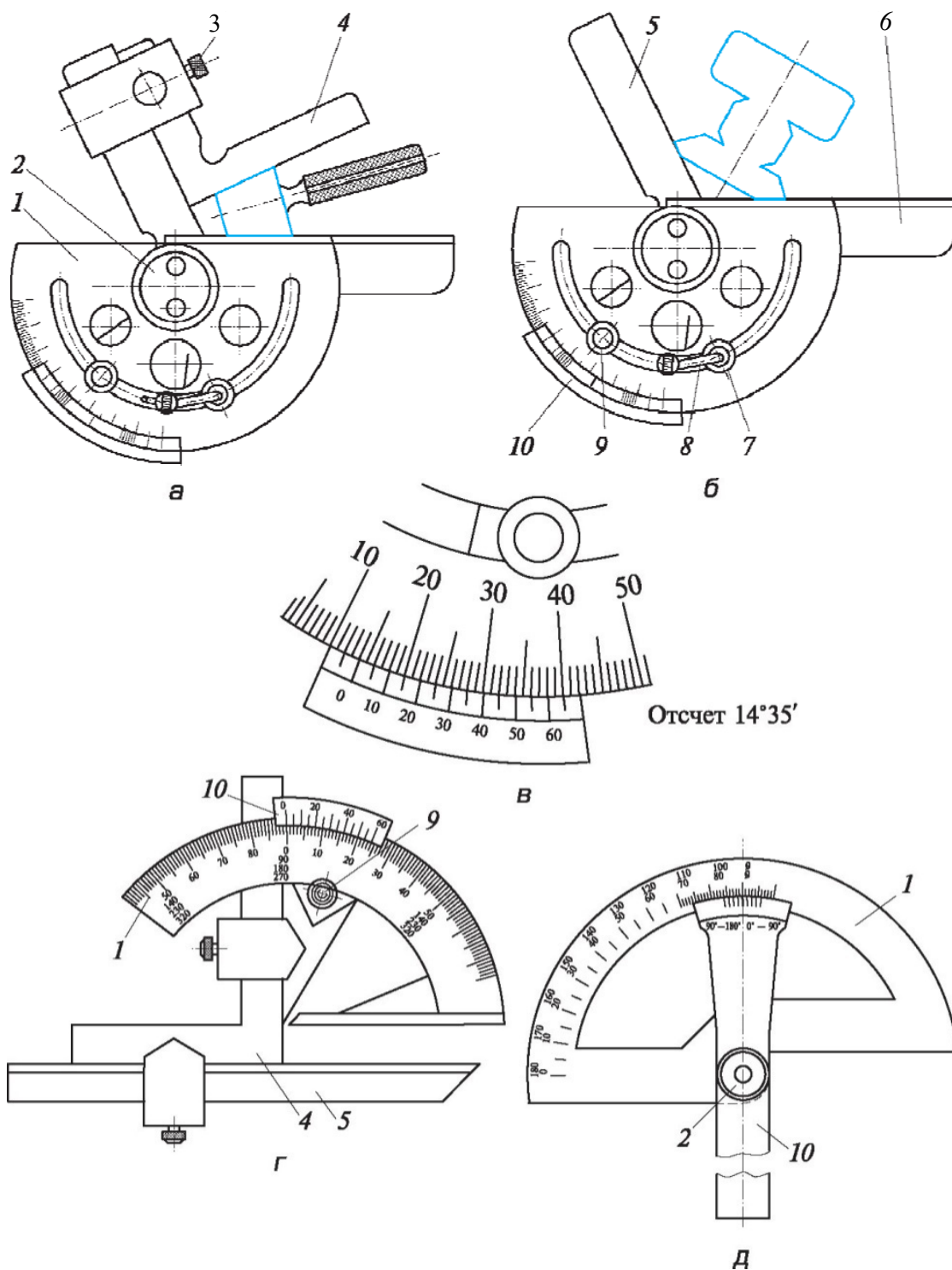


2.52-сурет. Тексеру бұрыштықтары:

a және *б* — сызбаұлгілік бұрыштықтар; *в* және *г* — слесарлық бұрыштықтар

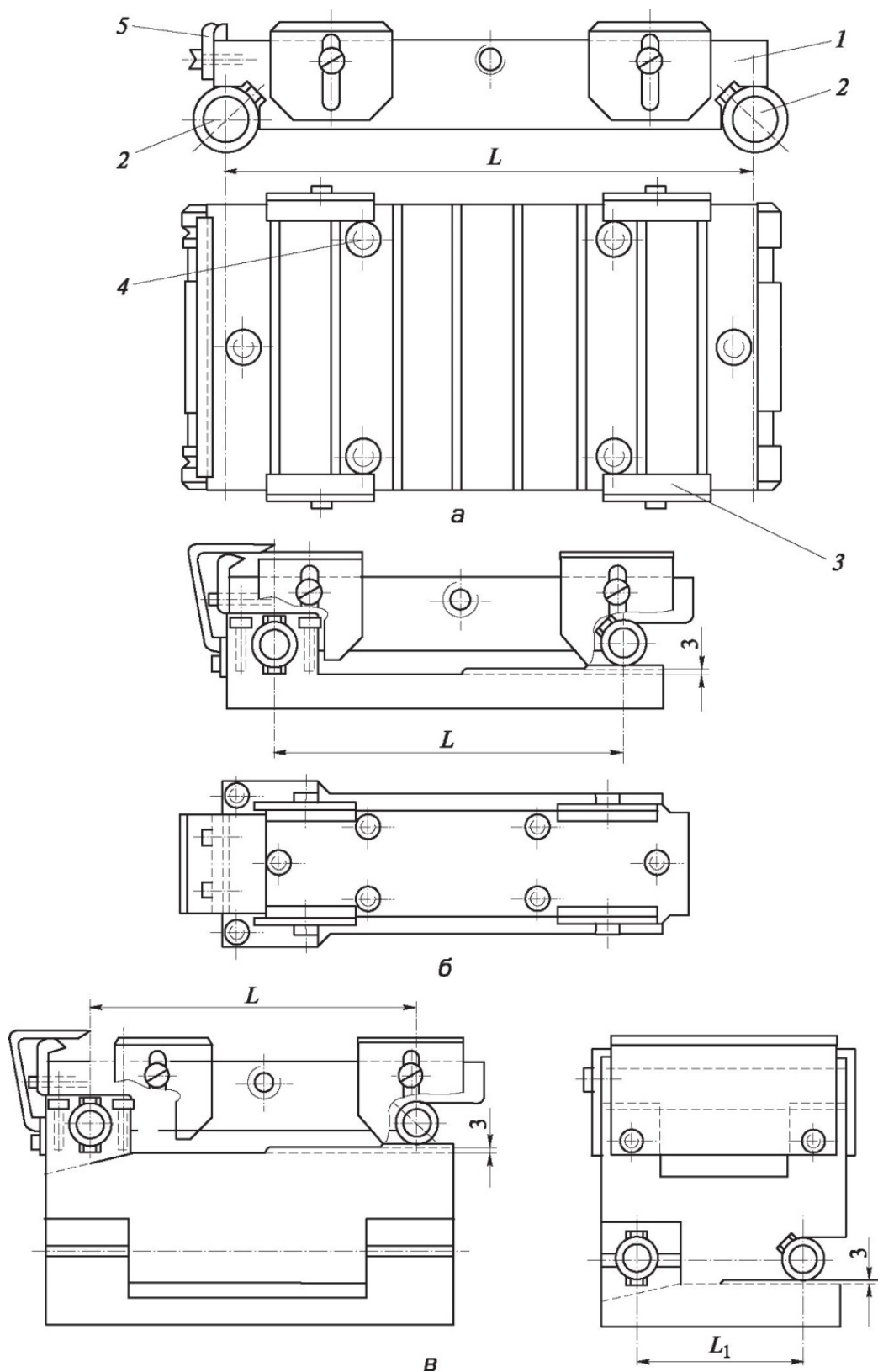
сызбаұлгілік және құрал жұмыстарында (2.52, а,б-сурет) қолданады. Слесарлық бұрыштықтар УП және УШ (2.52, в, г-сурет) түрін машина жасау мен құрал жасауда дұрыс жұмыс жасау үшін қолданады.

Бұрыштықтардың мүмкіндікті ауытқулары Н түрі мен биіктігіне тәуелді орнатылады. биіктігі 160 мм 1 клас бұрыштықтар үшін өлшеуіш беттерінің тіреуге перпендикулярлығынан ауытқуы 7 мкм аспауы тиіс, өлшеу беттерінің жазықтылығы мен түзусызықты ауытқуы 3 мкм деңгейінде болуы тиіс. 400 мм биіктігі бар бұрыштыққа бұл мәндер сәйкесінше 12 және 5 мкм құрайды, ал 2 кластағы ұқсас бұрыштықтарға 30 және 10 мкм құрайды.



2.53-сурет. Нониусты бұрыш өлшегіштер:

а және *б* — НУ типтегі бұрыш өлшегіштер; *в* — нониус бойынша өлшем тәртібі; *г* және *д* — БӨ типті бұрыш өлшегіштер; *1* — жарты диск; *2* — өсі; *3* — бұрыштықты қысу бұрамасы; *4* — қосымша бұрыштық; *5* — жылжымалы сызғыш; *6* — жылжымайтын сызғыш; *7* және *8* — микрометриялық беріліске арналған қондырғы; *9* — тоқтатқыш бұрама; *10* — нониус



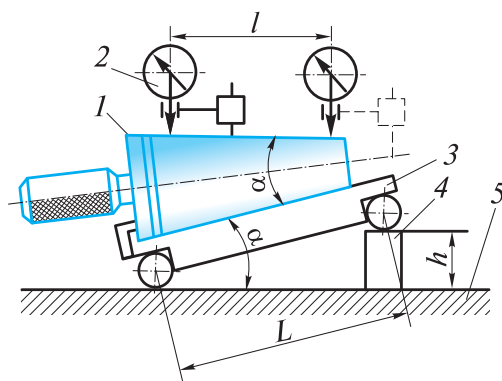
2.54-сурет. Синустық сызғыштар:

a — I түр; *б* — II түр; *в* — III түр: 1 — үстел; 2 — роликтік тіреулер; 3 — бүйірлік деңгейлер; 4 — бұрандалы саңылау; 5 — алдыңғы деңгей

Бұрыш өлшегіш аспаптар. Бұласпаптар бұрыш өлшегіш шкаланың көмегімен бұрыштауды тікелей өлшеуге негізделген. Өлшеулердің бұл қатарынан барынша белгілісі нониусты бұрыш өлшегіштер, оптикалық бөлгіш бастиектер (2.2.4-тараушаны қараңыз), оптикалық бұрыш өлшегіштер, гониометрлер және т.б. болып табылады.

Нониусты бұрыш өлшегіштер (МЕМСТ 5378 — 88) бұрыштық өлшемдерді өлшеуге мен бөлшектерді белгілеуге арналған. НБ түріндегі бұрыш өлшегіштер (2.53-сурет, а,б) 0-ден 180° -қа дейін сыртқы бұрыштарды, 40-тан 180° -қа дейін ішкі бұрыштарды өлшеуге арналған және 2 және 5' нониусы бойынша өлшем шамасына ие. Бұрыш өлшегіш келесі негізгі бөлшектерден тұрады: жарты диск (сектор) 1, жылжымайтын сызғыш 6, жылжымалы сызғыш 5, бұрыштықты 3 қысу бұрамасы, нониус 10, тоқтатқыш бұрама 9, микрометриялық беріліске арналған қондырғы 7 және 8, қосымша бұрыштық 4, қосымша бұрыштықты қысу бұрамасы 3. Нөлден 90° -қа дейінгі бұрыштарды өлшеу үшін жылжымайтын сызғышқа 6 қосымша бұрыштық 4 орнатады. 90-нан 180° -қа дейінгі бұрыштар қосымша бұрыштықсыз 4 өлшенеді. Бұрыштық нониустағы өлшем тәртібі штангенциркульдің сызықтық нониусындағы өлшемге ұқсас (2.53-сурет, в).

БӨ түріндегі бұрыш өлшегіштер 0-ден 180° -қа дейінгі сыртқы бұрыштарды өлшеуге арналған және 2 мен 5' (2.53-сурет, г) және 15' (2.53-сурет, д) нониус бойынша өлшем шамасынан тұрады. Бұрыш өлшегіштің жол берілетін қателік шегі нониус бойынша өлшем шамасына тең.



2.55-сурет. Конустардың бұрыштарын синустық сызғышта өлшеу:

1 — өлшенетін конус; 2 — индикатор; 3 — үстел; 4 — ұзындықтың соңғы

Өлшемдерінің блогы; 5 — тексеру тақтасы

Бақылау-өлшеу жұмыстары кезінде, және де механикалық өңдеу үрдісінде бұрыштарды жанама өлшеу үшін *синустық сызғыштар* қолданылады. Үш түрлі сызғыштар шығарылады:

- I түр (2.54-сурет, а) бір көлбеулі тіректік тақтасыз;
- II түр (2.54-сурет, б) бір көлбеулі тіректік тақтамен;
- III түр (2.54-сурет, в) екі көлбеулі екі тірек тақтамен.

I типтегі синустық сызғыш екі аунақшалы тіректерге 2 орнатылған үстелді 1 білдіреді. Бүйірлік деңгейлер 3 мен алдыңғы деңгей 5 бұрандалы саңылаулардың 4 көмегімен үстелдің бетіне бекітілетін бөлшектерге арналған тіреу қызметін атқарады.

Синустық сызғыштар 1 және 2 класты дәлдікпен шығарылады. Аунақшалар өстері арасындағы қашықтық L 100, 200, 300 и 500 мм-ді құрауы мүмкін.

Конустардың бұрышын синустық сызғышта өлшеу 2.55-суретте көрсетілген. Өлшенетін конус 1 бекітілген үстелді 3 ұзындықтың соңғы өлшемдері 4 блогының көмегімен тексеру тақтасының бетіне 5 талап етілетін номиналды a бұрышқа орнатылады. Соңғы өлшемдер блогының өлшемі

$$h = L \sin a \quad \text{формуласы бойынша}$$

анықталады,

мұндағы, h —соңғы өлшемдердің орнатушы блогының өлшемі, мм; L —сызғыш аунақшалар өстерінің арасындағы қашықтық, мм; a — сызғыштың бұрылу бұрышы.

Штативке орнатылған индикатормен 2 конус бетінің ұзындыққа 1 орналасу Sh әр түрлілігін анықтайды. Бұрыштың ауытқуы, ”, конустың шыңында келесі формула бойынша анықталады:

$$Sa = 2 \cdot 10^5 Sh / l.$$

Тексерілетін конустың нақты бұрышын a_k келесі формула бойынша анықтайды:

$$a_k = a \pm Sa \pm D_l,$$

мұндағы D_l — a бұрышына, ұзындықтың соңғы өлшемдері блогының қателіктеріне және аунақшалар өстері арасындағы қашықтық L қателіктеріне байланысты синустық сызғышпен өлшеу қателігі.

Осылайша, 15 °-қа дейін өлшенетін бұрыштар үшін аунақшалар өстері арасындағы 200 мм қашықтықтағы бұрыштарды синустық сызғыштармен өлшеу қателігі 3”-ке тең, 45 °-қа дейінгі бұрыштарды өлшеу кезінде — 10”, 60°-қа дейінгі бұрыштарды өлшеу кезінде — 17”, 80°-қа дейінгі бұрыштарды өлшеу кезінде — 52”-ге тең.

Сызғыштарды 45°-қа дейінгі бұрышқа орнату кезінде жол берілетін қателік 1-ші клас үшін $\pm 10''$ -нан, 2-ші клас үшін $\pm 15''$ -тен аспауы қажет.

2.2.10. Тексеру сызғыштары мен тақталары

Машинажасауда сызбаүлгілік, аспаптық және белгілеу жұмыстары үшін тексеру сызғыштары, тақталар және сызбаүлгілік бұрыштықтар кеңінен қолданылады. Олар иілу бұрыштарының түзуден, жазықтықтан, перпендикулярдан ауытқымауын бақылауға арналған.

Тексеру сызғыштары. 8026-92 мемлекеттік стандартына сәйкес *болат* тексеру сызғыштарының алты түрі шығарылады (2.56-сурет): екі жақты қиғашкесікті ЛД, үшқырлы ЛТ, төрт жақты ЛЧ, тікбұрышты қималы ШП және хромдалған ШПХ, қос таврлы қималы ШД. Олардың барлығы сызбаүлгілік (ЛД, ЛТ, ЛЧ) және кең жұмыстық беттерімен (ШП, ШПХ, ШД) болып бөлінеді.

Болат сызғыштардан басқа кең жұмыстық беті бар шойын сызғыштар да қарастырылған: ШМ көпіршелер, УТ үшқырлы бұрыштық және *қаттытастай* (ШП-ТК, ШМ-ТК, УТ-ТК). Сызғыштардың ұзындықтары 80 мм-ден 4 000 мм-ге дейін түрленіп отырады.

ШМ және УТ түріндегі сызғыштар екі түрде дайындалады: қолмен қырып тегістеу және механикалық өңделген жұмыстық беттерімен. Жұмыс беттерінің бұдырлығы сызғыштардың түріне және оның дәлдік класына қарай $Ra\ 0,04...0,63$ мкм құрайды.

Сызғыштарды дайындау дәлдігіне байланысты оларға тиісінше дәлдік класы беріледі: сызбаүлгілік сызғыштар үшін — 0 немесе 1 класс, ал ШП, ШД және ШМ түріндегі сызғыштар үшін — 00; 0; 01; 1 және 2 кластар.

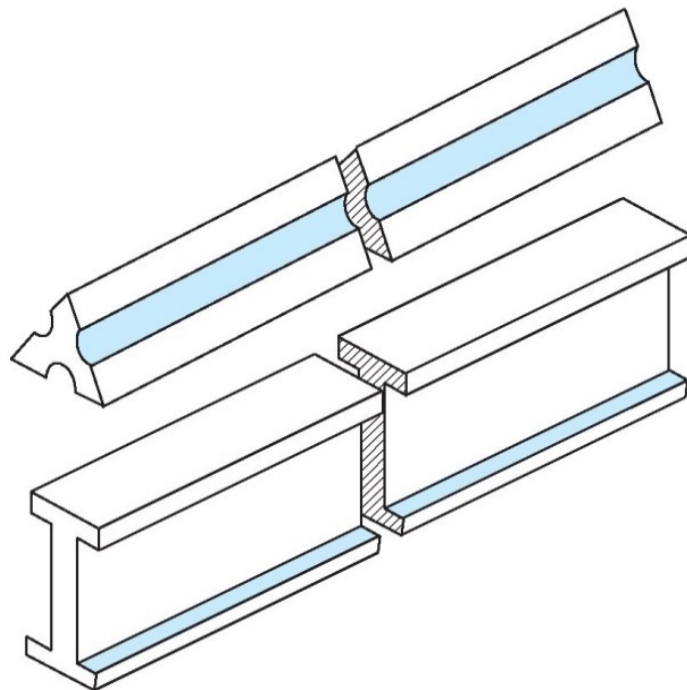
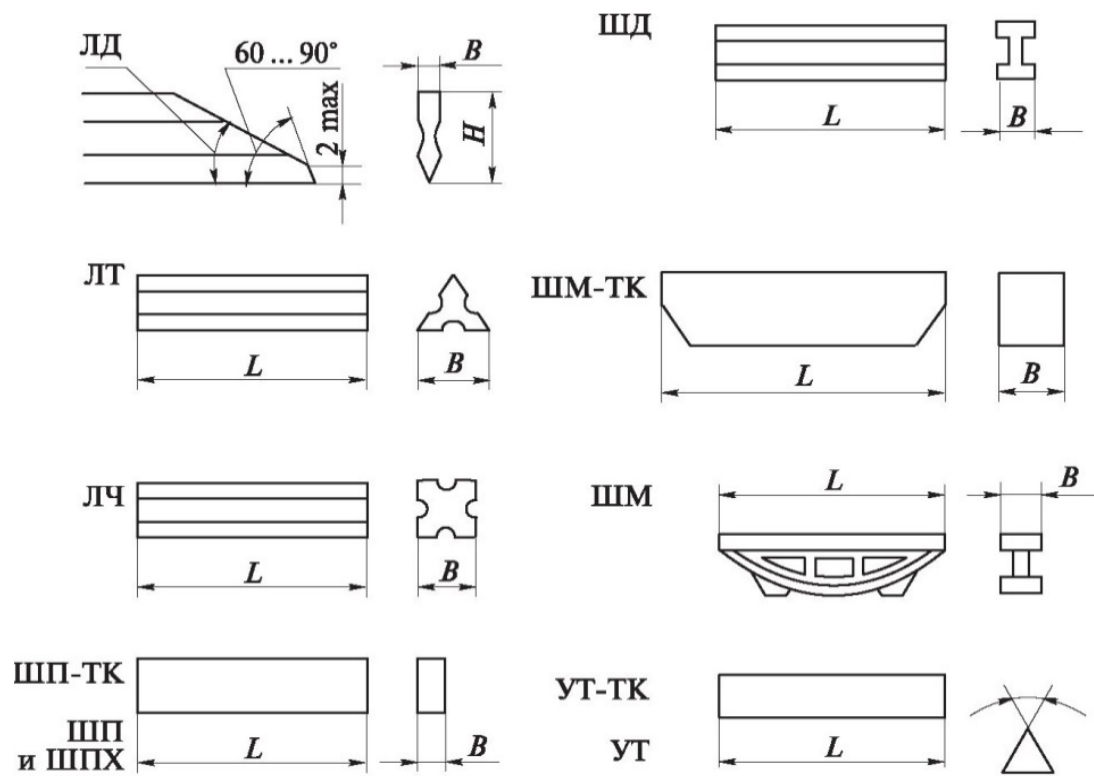
ЛД, ЛТ, ШП және ШД түріндегі сызғыштар жұмыс беттерінің қаттылығы 9013 мемлекеттік стандарты бойынша 51 ...6HRCэ, Х немесе У7 маркілі көміртекті болаттан, ШМ және УТ сызғыштары 1412 мемлекеттік стандарты бойынша СЧ 20 сұр шойыннан немесе 9012 мемлекеттік стандарты бойынша қаттылығы 153.245 НВ, 7293 мемлекеттік стандарты бойынша ВЧ50 жоғары беріктілігі бар шойыннан жасалады.

Болат сызғыштардың орташа-толық қызмет көрсету мерзімі сегіз жылдан кем емес, ал қаттытастай сызғыштардың мерзімі он жылдан кем емес болады.

Тексеру сызғыштарымен бақылаудың қателігі пайдаланылатын бақылау әдісіне, оператор тәжірибесіне, бақылау шарттарына байланысты және 1...5 мкм құрайды.

Түзулік пен жазықтылықтан ауытқуларды тексеру сызғыштарымен бақылау үш әдістің біреуімен орындалады: «жолаққа», «сызықтық ауытқулар» әдісімен немесе «түске».

«Жолаққа» тексеру кезінде сызбаүлгілік сызғышты бақыланатын кеңістікке қырынан қояды (2.57, а-сур), ал жарық көзі сызғыштың және бөлшектердің артына орналастырылады (2.57, б-сур).



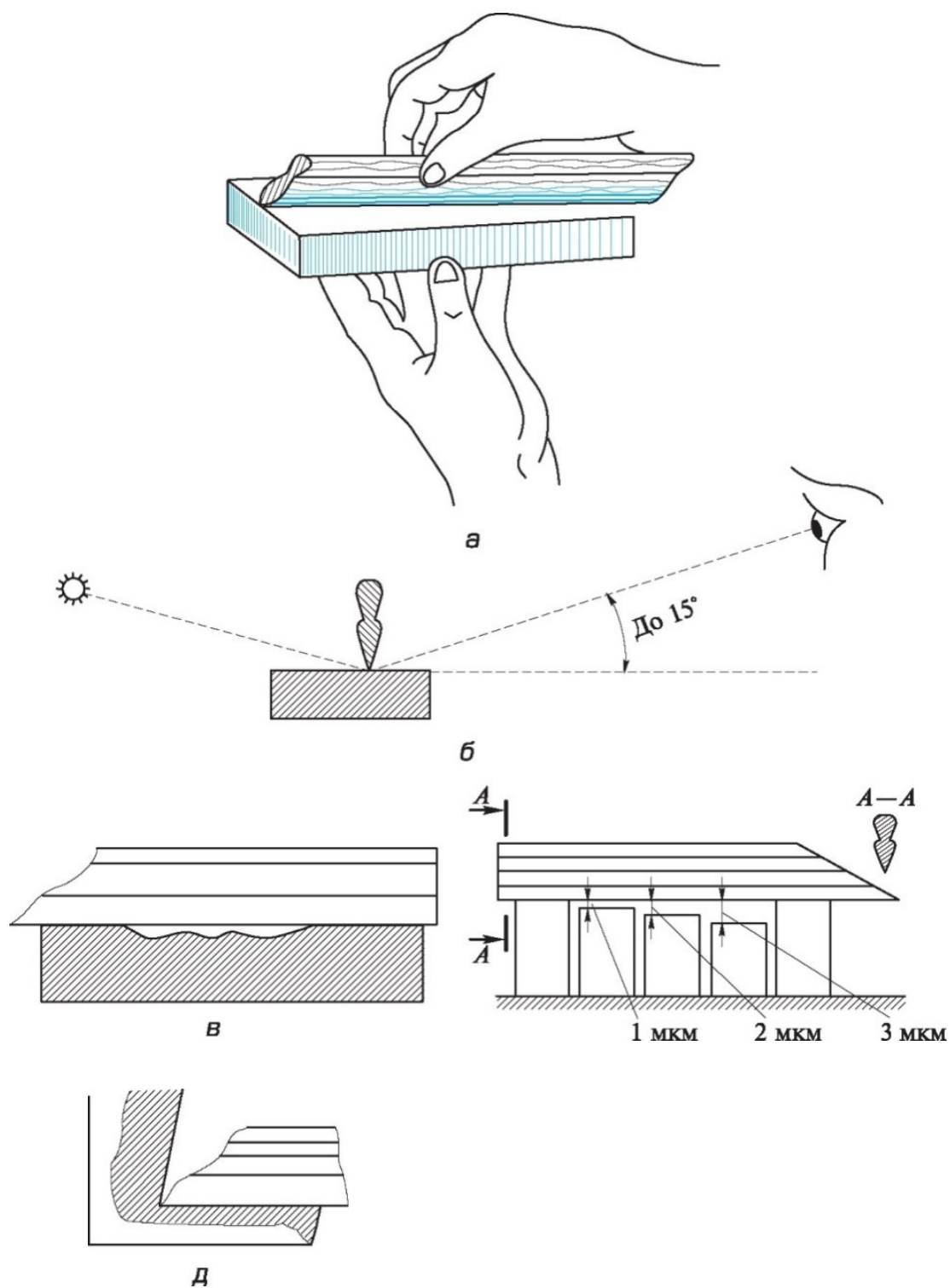
2.56.-сур.Тексеру сызғыштары

Түзулік немесе жазықтылықтан ауытқулар болмаған кезде жарық сызғыш пен беттің арасындағы саңылау арқылы өтпеуі керек. Түзулік ауытқуларды көз мөлшерімен немесе саңылаулар үлгісімен салыстыра отырып анықтайды (2.57, в-сур.). Саңылау үлгілері ретінде ұзындықтың ақырғы өлшемдері бола алады (2.57, г-сур.). Саңылаудың көз мөлшермен бекітілген ең қысқа ені 3...5 мкм құрайды. Ашық кеңістіктер үшін де, бұрыштар үшін де бақылау бірдей жүргізіледі (2.57, д-сур.).

Ұзындықтың ақырғы өлшемдермен және жұмыстық беттері енді болып келетін сызғыштардың көмегімен бақылау сұлбасы 2.58-суретте көрсетілген. XX бағытта бақыланатын бөлшектің 1 түзусыздықтылығын бақылау кезінде тексеруші сызғышты 3 екі бірдей ұзындықтың ақырғы өлшемдеріне 2 (сызғыш шеттерінен сызғыш ұзындығының 0,2333 тең қашықтықта) орналастырады. Өлшеу базасы ретінде тексеруші сызғыштың төменгі бетін алады. Түзусыздықтың ауытқуды ұзындықтың ақырғы өлшемдерінің, қуыс бұрғылардың немесе өлшеуіш бастиегі 4 бар арнайы құралдардың көмегімен анықтайды.

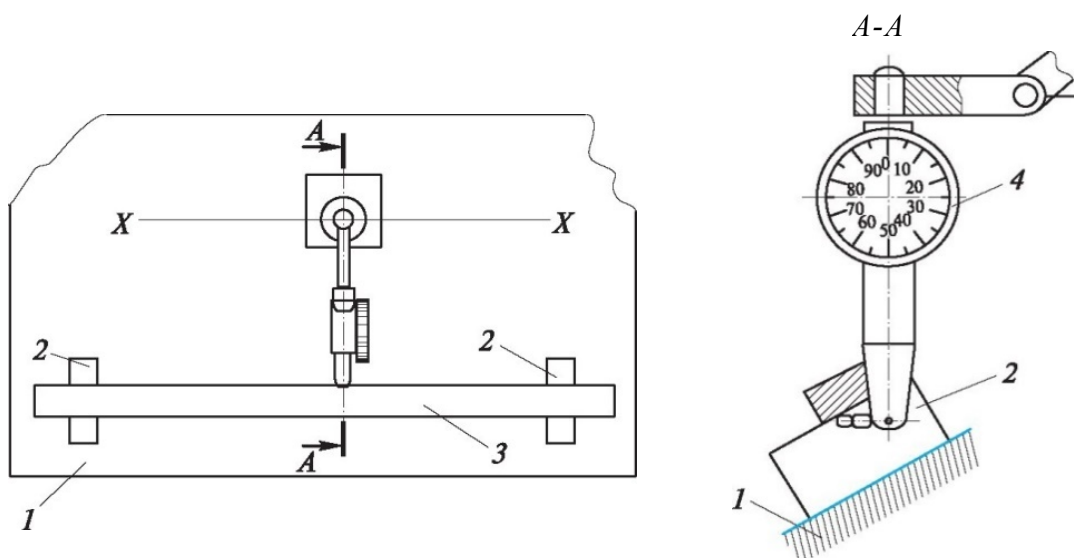
Жоғарыда сипатталған әдіс 2 000 мм-ден артық емес ұзындықтарда түзулікті өлшеуге арналған, өйткені сызғыштың одан артық ұзындығында олардың иілген жері бақылау дәлдігіне айтарлықтай ықпал етеді.

Жазықтылықтан ауытқуды «боялған» әдіспен бақылауды ШТ, ШД, ШМ және УТ түріндегі сызғыштармен орындайды, бұған қоса ШМ және УТ түріндегі сызғыштардың жұмыс беттері қырылып тегістелуі керек.



2.57.-Сур.Тексеру сызғыштарымен ауытқуларды бақылау:

а және *б* — «саңылауға» бақылау; *в* және *г* — сызықтық ауытқуларды анықтау; *д* — бұрыштардағы ауытқуларды бақылау



2.58.-Сур.Бөлшектердің түзусызықтығын бақылау:

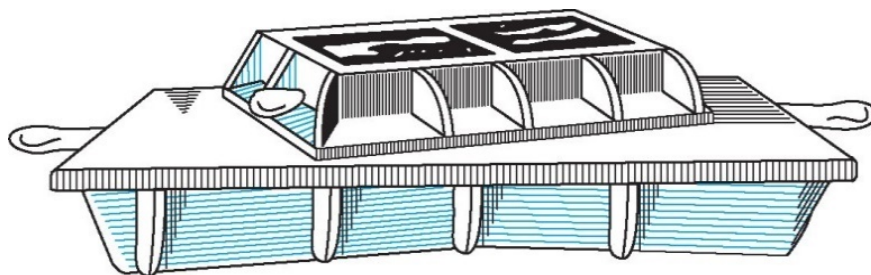
1 — бақыланатын бөлшек; 2 — ұзындықтың ақырғы өлшемдері; 3 — тексеру сызғышы; 4 — өлшеуші бастиек

Тақталардың каттылығын 9012 — 59 мемлекеттік стандартқа сәйкес 170...229 аралығында және физика-механикалық сипаттары 1412 — 85 мемлекеттік стандартқа сәйкес СЧ8 маркідегі шойын сипатынан кем емес шойындардан дайындайды.

Жұмыстық беті өте қатты, тозутөзімділігі жоғарырақ, температуралық, дірілдеу тәуелділігі төмен гранит тақталарын пайдалану бақылаудың дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді. Гранит тақталар диабаз, габбро және кем дегенде 264,9 МПа қысымға төзімділігі бар граниттің әртүрлі түрлерінен дайындалады.

Ауытқуларды бақылаудың шектеулі қателігі 3.5 мкм.

Тұтынушының тапсырысы бойынша шойын тақталардың жұмыстық беттері бойлық және көлденең сызықтардың көмегімен шаршыларға және тіктөртбұрыштарға бөлінеді,



2.59.-сурет.Тексеру тақталар

ал гранит тақталардың беттерінде — ойықтар және бұрандалы саңылаулар жасалады.

Тақталардың толық орташа қызмет мерзімі — 10 жылдан кем емес.

Тақталардың көмегімен түзусызықтықтан және жазықтылықтан ауытқуларды тексеру бақыланатын бөлшектің өлшемі тақтаның өлшемінен артық болмауын және ауытқуларды қуыс бұрғы жиынтығының, ұзындықтың ақырғы өлшемінің немесе сызықтық ауытқулар («тақтадан») әдісін пайдалану барысында қолданылатын арнайы межелік құралының көмегімен анықтай алатындығын ескере отырып, ұқсас әдістермен орындалуы мүмкін. Бақылау қатесі, әдетте, тексеру сызғыштарының көмегімен бақылау кезіндегі қателерден аспайды.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Тексеру сызғыштары мен тақталарының негізгі міндеті қандай?
2. Тексеру сызғыштары мен тақталарын пайдалану кезінде бақылаудың қандай әдістері пайдаланылады?
3. Тексеру сызғыштары мен тақталары қандай материалдардан дайындалады және неліктен олардан?
4. сызбаүлгілік сызғыштар үшін стандарт бойынша қандай дәлділік кластары қарастырылғын?

Зертханалық жұмыс: «Түзуліктен және жазықтылықтан ауытқуларды тексеру сызғыштары және тақталар көмегімен анықтау».

2.2.10. Толқындылық пен кедір-бұдырлықты өлшейтін және бақылайтын құралдар

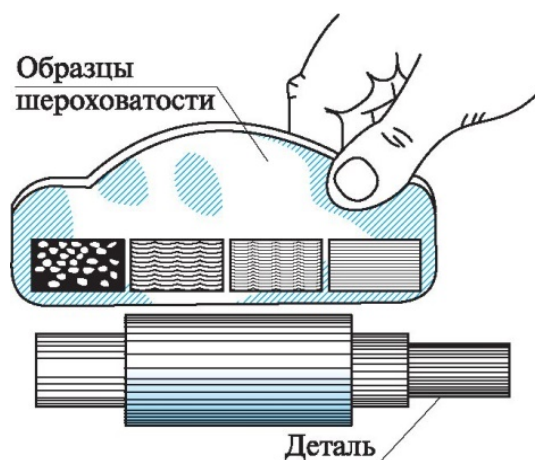
Беттердің толқындылығы мен кедір-бұдырлығын өлшеу және бақылау параметрлері сызықтық-бұрыштық өлшеулерге қатысты, алайда бұл жерде өлшенетін шамалар өте аз. Өндірісте 0,025 мкм-ден тегіссіздіктер биіктігі және 2 мкм-нен бастап қадамдары өлшенеді. Соңғы уақыттарда өнеркәсіптің кейбір салаларында 0,05 А (1 ангстрем = 10^{-10} м) биіктіктегі және 2 А қадаммен болатын сублимациялану анықтауы енгізілді. Өлшеу дәлдігі, әрине, бөлшектердің геометриялық параметрлерін орындауға талап етілген дәлдіктен бірнеше есе жоғары болуы керек.

Түйіндер мен механизмдерді қолдану үшін беттердің кедір-бұдырлығы мен толқындылығының үлкен маңыздылығы микротегіссіздіктер параметрлерін бағалаудың көптеген әртүрлі әдістері мен құралдарының пайда болуына негіз болды.



2.60.сурет. Кедір-бұдырлық параметрлерін анықтауға арналған әдістерді, өлшеу құралдарын және аспаптарды жіктеу.

2.60-суретте аталған параметрлерді өлшеуге арналған бір топ заманауи аспаптардың жіктеуі көрсетілген.



2.61.-сурет. Үлгілермен салыстыру әдісі

Цехтарда бөлшек беттерінің кедір-бұдырлығын бақылаудың ең қарапайым әдісі көзбен немесе қармалап үлгілермен салыстыру әдісі болып табылады (2.61-сур). Үлгілер 9378 — 93 мемлекетаралық стандартқа сәйкес (ИСО 2623-1 — 85, ИСО 2632-2 — 85) бақыланатын бөлшектер дайындалған материалдардан дайындалады және сол әдістермен өңделеді. Одан басқа, үлгі пішіндері мен беттегі тегіссіздіктердің негізгі бағыты белгілі нұсқауларға сәйкес болуы тиіс. Мысалы, кейбір өндеу тәсілдері үшін аталған нұсқаулар 2.15-кестеде көрсетілген.

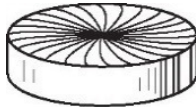
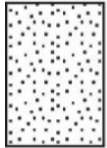
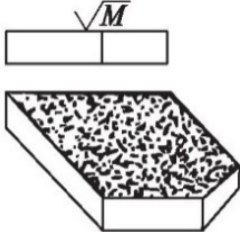
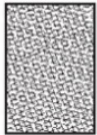
Өндеу тәсілдеріне және оларды бағалауға арналған базалық ұзындыққа байланысты стандартта үлгі беттерінің кедір-бұдырлығы параметрлерінің Ra номиналды мәндері қатары белгіленген. Мысалы, ажарлау үшін базалық ұзындығы 0,25...2,5 мм болғанда Ra мәні 0,050-ден 3,2 мкм-ге дейінгі аралықта болады, ал қайрау және жонып тегістеу үшін базалық ұзындығы 0,8...2,5 мм болғанда 0,4-тен 12,5 мкм-ге дейінгі аралықта, тегістеу үшін базалық ұзындығы 0,08...0,8 мм болғанда 0,006...0,2 мкм-ге дейінгі аралықты болады. Салыстыру үлгілерінің ендері 20 мм-ден, ал ұзындығы 20...50 мм-ден кем емес. Дайын бөлшектер де үлгі бола алады.

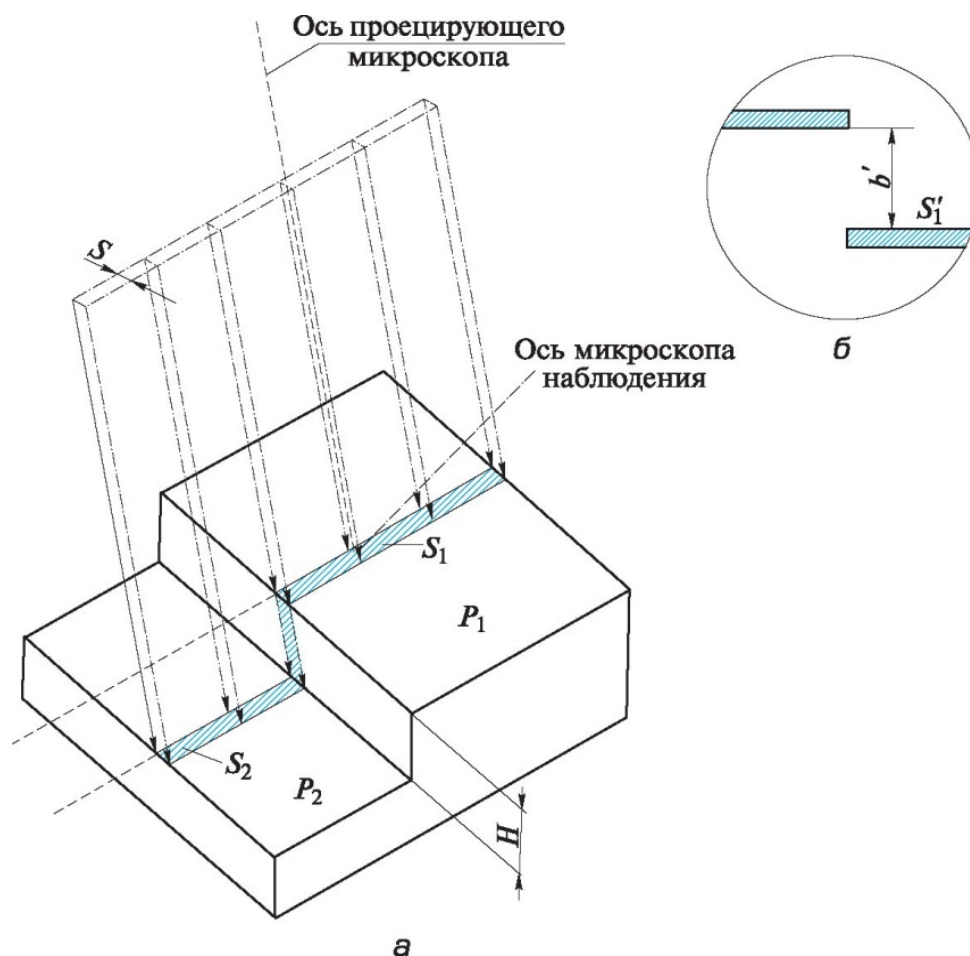
Алайда, көзбен бағалау мен қармалап бағалау субъективті және түсініспеушілікті тудыруы мүмкін. Аталған бағалау түрі әдетте дәлдікпен өңделген бөлшектер үшін қиындық туғызады.

Тегіссіздік параметрлерінің санын анықтау үшін өлшеудің түйіспесіз және түйіспелі әдістері пайдаланылады.

Түйіспесіз әдістердің ішінде жарықпен қию, көлеңке проекция, растрды пайдалану әдісі, микроинтерференциялық, рефлектометриялық

2.15.-кесте. Үлгілерден туындаған өңдеу тәсілдері, үлгі пішіні және үлгі беті тегіссіздігінің негізгі бағыты

Өңдеу тәсілі	Үлгі формасы	Бұдырлардың орналасуы		
		Сипаттау	Шартты және көрініс көрініс	Кеңістік көрінісі сызбадағы
Фрезерлік шет жақтық	Жазық	Айқышталған доға тәрізді		
Тегістеу шет жақтық	Жазық			
Жиібейнелі шеңбермен тегістеу	Жазық			
Электррозрозиялық өңдеу	Жазық	Сызықшаның белгілі бағыты жоқ		
Бытыра ағынды, құм ағынды өңдеу	Жазық			
Полирование	Жазық, цилиндрлік, шығыңқы	Шатасқан сызықша		



2.62.сурет.Жарықпен қию әдісі:

a — қағидатты сұлба; *б* — саңылаудың үлкейтілген көрінісі проекциялау микроскопының өсі, бақылау микроскопының өсі

әдістері (2.2.4-тармақты қара), сканерлеуші тоннелді микроскопия, электронды микроскопия әдістері және т.б. ең көп тараған болып табылады.

Ішінді біреуін қарастырайық — *жарықпен қию әдісі*, мысалы, МИС-11, ПСС-2 қос микроскоппен, ПК-1 көлеңкелік қию және т.б. арқылы жүзеге асады.

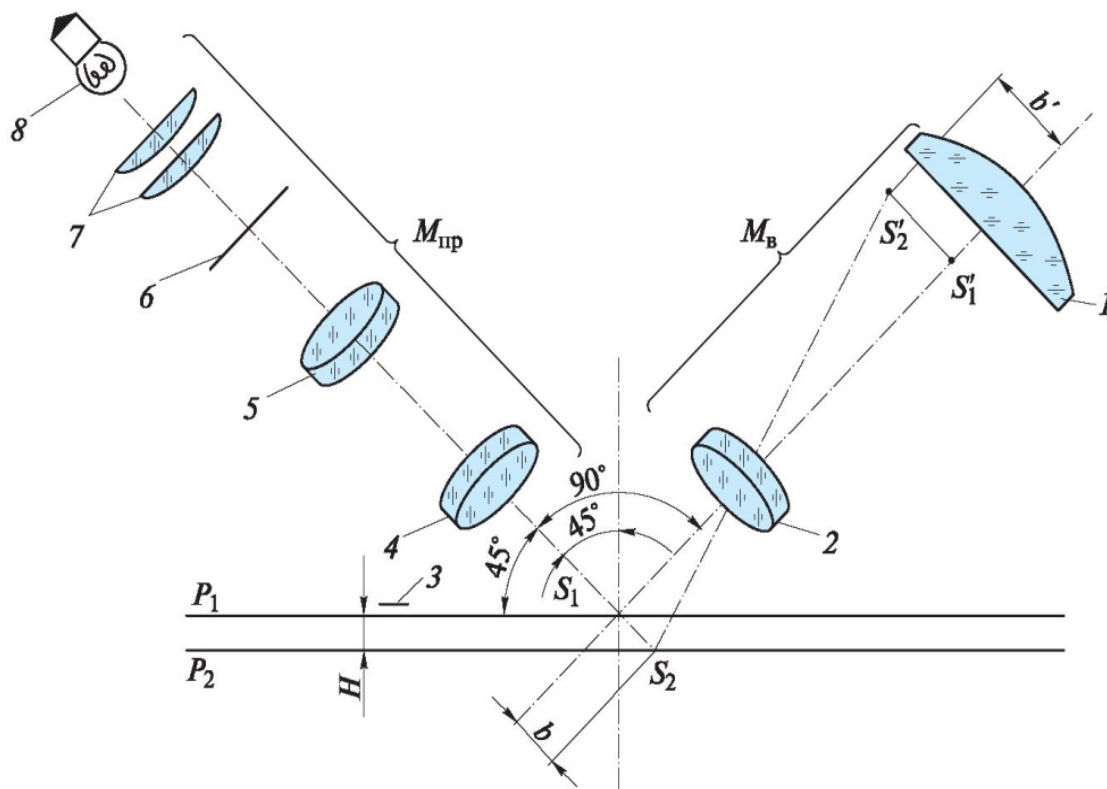
Аталған әдістің қағидалық сұлбасы 2.62суретте көрсетілген. Жарықтандырылған жіңішке саңылау P_1P_2 сатылы бетке микроскоппен проекцияланады. Бағыттауыштармен нұсқалған бағытта жарық түскен кезде жарқыраған саңылаудағы көрініс P_2 бетінің төменгі жағында S_2 қалпын алады және P_1 бетінің төменгі жағында S_1 қалпын алады. Проекциялаушы микроскоптың өсіне 90° бұрышта орналасқан бақылаушы микроскоптың көру аумағында саңылаудың көрінісі 2.62, б-суретіндегідей болады, яғни аталған жағдайда P_1 және P_2 беттеріне нормаль бойынша өлшенетін H сатысының биіктігі емес, ал оның

h проекциясы көрінеді, ол бұрандалы окулярлы микрометрдің көмегімен анықталады.

МИС-11 қос микроскопының оптикалық сұлбасы 2.63.-суретте ұсынылған. Жарықтандырғыш құрылғыдан 8 шыққан жарық шоғы 7 конденсор мен 6 диафрагманың жіңішке саңылауы арқылы өтіп саңылау көрінісін зерттеліп жатқан 3 бетке проекциялаушы 5 және 4 линзалар жүйесіне өтеді. Бұл беттен алынған көрініс бақылау (визуалды) микроскопының 2 объективімен үлкейтіліп, окуляр микрометр 1 торына түседі де, осымен тегіссіздіктердің биіктігі өлшенеді.

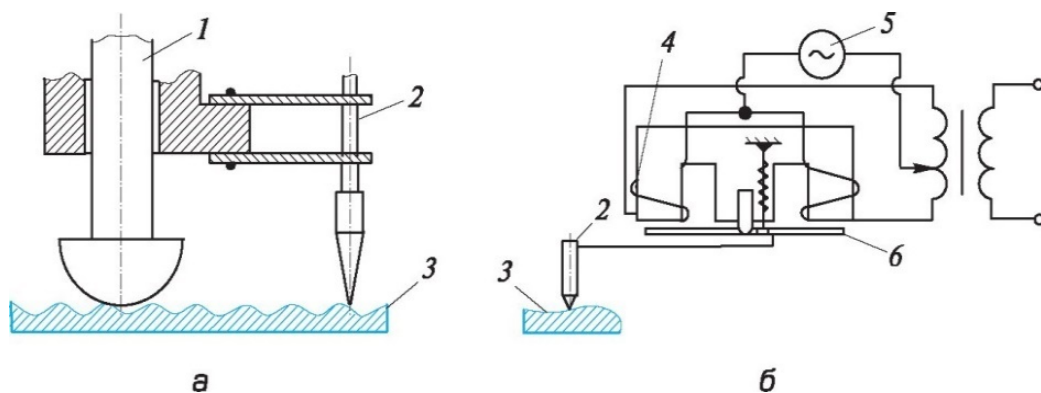
Жарықпен қию әдісін жүзеге асыратын өлшеу құралдары биіктігі 0,5-тен 40 мкм-ге дейін беттердің тегіссіздігін тәртіп нормасы бойынша көрсеткіштердің 24 және 7,5% шектеулі қателіктерімен өлшеуге мүмкіндік береді деп саналады.

Беттердің микротегіссіздіктері параметрлерін өлшеудің бейінді әдісінің негізгі нұсқасы түйіспелі (қармалау) әдісі болып табылады. Осы әдістің мәні зерттелетін бетпен байланысы бар қатты қайралған ине бетке қатысты белгілі трасса бойынша ілгерілемелі орын ауыстыратынында.



2.63.-сур. МИС-11 микроскопының оптикалық сұлбасы:

1 — окуляр микрометрі; 2 — объектив; 3 — зерттелетін бет; 4 және 5 — линзалар жүйесі; 6 — диафрагма; 7 — конденсор; 8 — жарықтандырғыш құрылғы



2.64.-сур.(қармалау) Беттің кедір-бұдырлығын өлшеуге арналған түйіспелі (қармалау) әдісі:

а — қағидалы сұлба; *б* — профилометр сұлбасы; *1* — қармалайтын бастиек; *2* — ине; *3* — өлшенетін бет; *4* — шарғы; *5* — дыбыс жиелігінің генераторы; *6* — зәкір

(2.64, а-сурет). 2ине осі 3өлшенетін бетке нормаль бойынша орналасады. Қармалайтын бастиек *1* қозғалған кезде ойықтарға түсіп, оның шығыңқы жерлеріне көтерілгенде ине бастиекке қатысты бет кескінін қайталай отырып, тербеледі.

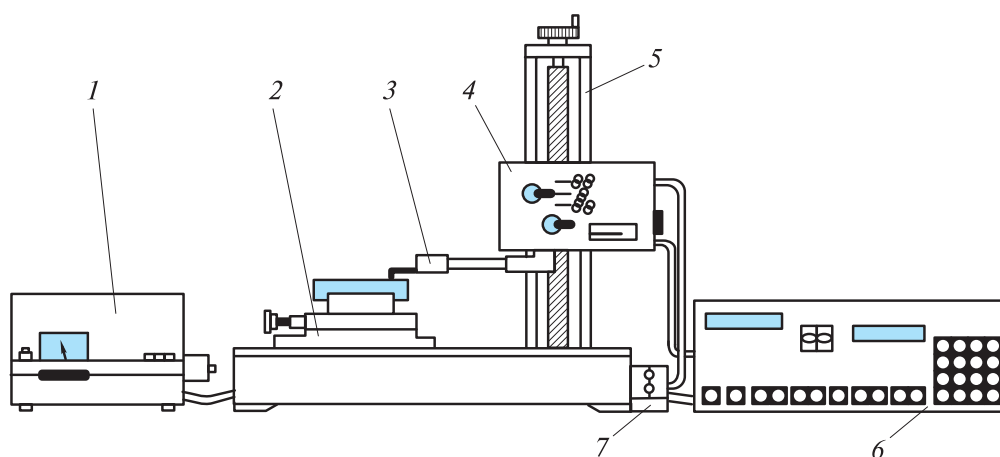
Иненің механикалық тербелісі, әдетте, бір түрдегі электромеханикалық түрлендіргішті пайдаланып, ұқсас электрлік тербелістерге айналады. Түрлендірілгеннен кейін алынған сигнал құралдың межелігіне (профилометрия кезінде) немесе көлденең және тік масштабына (профилометрия кезінде) сәйкес жазу құрылғысына келіп түсетді. Сондықтан беттің кедір-бұдырлығының параметрлерін өлшеуге арналған қармалау электромеханикалық қондырғылары *профилометрлер* деп аталады, ал микротегіссіздікті жазуға арналған құрылғылар — *профилограф* деп аталады. Микротегіссіздіктердің санын анықтайтын және графикалық көрінісін беретін құрамдастырылған құрылғылар *профилометрлер-профилографтар* деп аталады.

Міндеттеріне байланысты профилометрлер-профилографтардың келесі түрлері орнатылған: I — зертханалық жұмыстарға арналған (стационарлық), II — цехтық (аяқталып өңделген беттерді бақылауға арналған стационарлық-тасымалды),

III — цехтық (операцияаралық бақылауға арналған портативті).

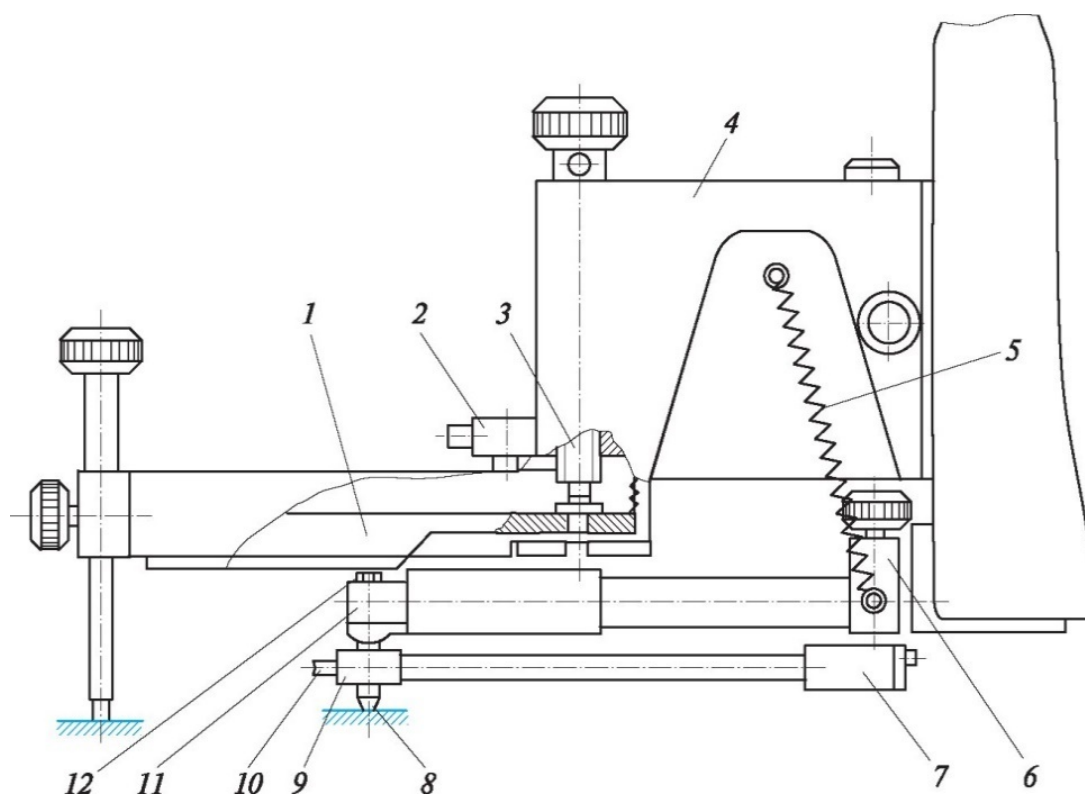
Түрлендіргіш ретінде индуктивті түрлендіргіш орнатылған профилометрлер мен профилографтар басымырақ тараған. Бұлар «Калибр», «Телисарф-4» (Ұлы Британия), «Профикордер» (АҚШ) және т.б. зауыттарының 201, 202, 240, 252 модельдерінің аспаптары.

Осы сұлбаға сәйкес (2.64, б – сурет) алмаз инесінің 2 микротегіссіздіктер бойынша қозғалысы сәйкесінше зәкірдің 6 индуктивті қармалайтын бастиекте 1 жылжуын тудырады, сонымен бірге зәкір 6 мен оның екі жағындағы теңселу өсіне орналасқан шарғы 4 арасындағы ауа саңылауының өзгеруін тудырады. Шарғылардың біреуіне зәкір 6 жақындағанда индуктивтілігі артса, ал екіншісінен бір мезгілде алшақтап индуктивтілігін азайтады. Дифференциалды кіріс трансформаторының бастапқы орамасының екі жартысы мен шарғылар 5 (~ 5 кГц) дыбыс жиілігін генераторынан қуат алатын көпірді құрайды. Бір мезгілде, бірақ шарғылардың индуктивтілігінің қарама-қайшы өзгеруі, тиісінше, көпірдің өлшеу диагоналінде кернеуді өзгертеді, ал ол механикалық тербеліс кезінде қармалайтын иненің орын ауыстыру h шамасына байланысты.



2.65.-сур. «Калибр» зауытының 170311 моделіндегі профилометр-профилографтар:

1 — жазатын құрал; 2 — заттық үстел; 3 — қадаға; 4 — мотожетек; 5 — тіреу; 6 — электрондық блок; 7 — блок-тіреу



2.66.-сурет.Толқындылықты тексеруге арналған құрал:

I — күйенте; 2 — шүйде; 3 — микробұрама; 4 — тұрқы; 5 — жазық серіппе; 6 — қамыт; 7 — асқыш; 8 — қуыс бұрғы; 9 — жалғастырғыш тетік; 10 және 12 — бұрамалар; II — тірек

2.65-суретте «Калибр» зауытының 170311 моделінің зертханалық түрдегі топтамалық құрастырылған профилометр-профилографы көрсетілген. Ол бұйымдардың жазық және цилиндрлік беттерінің, диаметрлері 1 ...25 мм болатын шарлар мен доңғалақшалардың беттерін, диаметрлері кішкентай (3 мм-ге дейін) саңылаулардың беттерінің кедір-бұдырлық және толқындық параметрлерін өлшеуге арналған. Аспаптың ЭЕМ-ге жалғанатын шықпасы бар. Кедір-бұдырлықты өлшеу бетті шыңында радиусы 10 мкм алмаз инемен қармалау (сүңгілеу) және Ra , Rz , $Rmax$, Rp , Sm , tp параметрлері бойынша сандық көрсеткіштерді таблоға бекіту немесе электротермиялық қағазға тіктөртбұрышты координаттарда кескінді салу жолдарымен жүргізіледі. Микробеіннің тікелей үлкеюі 100-ден 200000 есеге дейін 11 саты бойынша түрленеді, ал көлденеңінен — 0,5-тен 2 000 есеге дейін. Сезбектің жол тарту жылдамдығы кедір-бұдырлық шамасына байланысты 0,6...60 мм/мин аясында болады. Алмаз иненің өлшенетін беттегі статикалық өлшеу күші 0,003 Н-тан аспайды.

Құрал көрсеткіштерінің қателігі жазу блогы бойынша $\pm 4,5$ %-ды, көрсету блогы бойынша ± 10 %-ды құрайды.

Профилометр-профилограф келесі негізгі блоктардан тұрады: сезбек 3, мотожетек 4, электронды блок 6, жазу құралы 1, тірек 5, заттық үстел 2, блок-тартпа 7.

Беттегі қадамы 2,5 мм үлкен болатын толқындықты, сонымен қоса диаметрі 4 мм және тереңдігі 10 мм болатын саңылаулар беттеріндегі тегіссіздікті толқындықты тексеруге арналған құралдардың көмегімен жазады және өлшейді (2.66-сурет). Ол әдеттегі сезбекпен бірге қолданылады.

Бұйымның тұрқысы 4 мотожетектің бағыттауышына орнатылады.

Жазық серіппедегі 5 асқышқа 7 тіреу жазықтығы бар күйенте 1 бекітіледі, онда тіреудің 11 сфералық бұрамасы 12 жылжиды. Күйентенің 1 шұйдесі 2 тіреу жазықтығының қалпын реттеуге арналған, зерттелетін бетке параллель шығарылған микробұрамаға 3 сүйенеді.

Асқыш 7 қамыттың 6 көмегімен сезбек тұрқысына орнатылады. Асқыштың алдыңғы жиегінде жоғарғы жазықтығы бабына жеткізілген, сезбек инесінің астында орналасқан жалғастырғыш тетік 9 бекітілген. Жалғастырғыш саңылауына соңы бекітілген қуыс бұрғы 8 салынады, ол ұштықта 10 бұрандамен бекітіледі.

Тіреудің 11 тірегіш жазықтығымен бұранданың 12 сфералық бетінің түйісуі асқыш пен тұрқы сұққыштарына кигізілетін екі шиыршық серіппемен жүзеге асырылады.

Мұндай қондырғылардың көмегімен толқындылық параметрлерін – толқындылық W_z биіктігін, толқындылықтың $W_{\max}$ ең үлкен биіктігін және толқындылықтың орташа қадамын анықтауға болады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Өнеркәсіпте кедір-бұдырлық пен толқындылықты бақылаудың қандай әдістері қолданылады?
2. «Жарықпен қию» әдісінің қағидаты қандай және қандай құралдарда пайдаланылады?
3. Байланысты (қармалау) әдісінің принципі?
4. Профилометрдің профилометр-профилографтан айырмашылығы неде?

2.3.1. Кинематикалық шамаларды өлшеу және бақылау әдістері мен құралдары

Тәжірибеде өлшенетін механикалық қозғалыс параметрлеріне жылжу, жылдамдық және үдеу жатады. Бұлар кинематикалық параметрлермен өзара байланысты: жылжу және жылжу уақыты белгілі болса, жылдамдық пен үдеуді анықтауға болады:

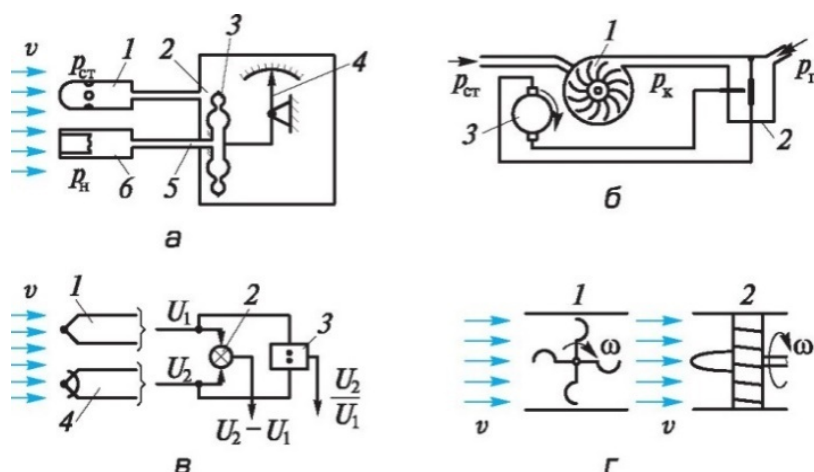
- жылдамдық — жылжу/уақыт (м/с);
- үдеу — жылжу/уақыт шаршысы (м/с²).

Өз кезегінде, белгілі үдеу бойынша жылдамдық пен жылжуды шығаруға болады.

Өлшенетін жылдамдықтар мен үдеулердің ауқымы өте үлкен. Оларды шартты түрде төмендегі ішкі ауқымдарға бөледі:

Сызықтық жылдамдық (дейін), м/с:	
Жарық жылдамдығына жақын	$3 \cdot 10^6$
ғарыштық	$2 \cdot 10^4$
авиациялық нысандардың	10^3
көліктік	50
өнеркәсіптік	10
шағын техникалық	10^{-1}
өте шағын	10^{-5}
бұрыштық жылдамдық (дейін), рад/с:	
аса үлкен	$3 \cdot 10^4$
орташа	10^2
шағын	10
шағын техникалық	1
аса шағын	10^{-5}
үдеу (дейін), м/с ² :	
өте үлкен	$2 \cdot 10^5$
үлкен	10^3
орташа	10^2
шағын	1
өте шағын	10^{-5}

қозғалыс параметрлерін уақытпен өзгеру сипатына қарай ілгерілемелі, айналмалы және тербелмелі қозғалыстарға бөлуге болады.



2.67.-сурет.Сызықтық жылдамдықты өлшеу және бақылау әдістері:

а — аэрометриялық: 1 — статикалық қысым қабылдағышы; 2 — тұрқы; 3 — құбыржол манометриялық қорабы; 4 — бағыттауыш; 5 — құбыржолдар;

б — толық қысым қабылдағышы; *б* — өтемақылы: 1 — ауа компрессор; 2 — манометриялық реле; 3 — қозғалтқыш; *в* — термодинамикалық: 1 — ашық жылу сезгіш элемент; 2 — сумматор; 3 — бөлгіш;

4 — экрандалған жылу сезгіш элемент; *г* — турбиналық: 1 — тангенциалды турбинка; 2 —

Сызықтық жылдамдықтарды өлшеуге арналған өлшеу және бақылау құралдары *жылдамдық өлшеуіштері* деп аталады; бұрыштық жылдамдықтарды (айналу жиілігін) өлшеу және бақылау құралдары — *тахометрлер*, ал үдеуді өлшеуге арналған құралдар — *акселерометрлер* деп аталады. Тербелу (дірілдеу) қозғалыстарының параметрлерін өлшеуге пайдаланылатын өлшеу құралдарының тобы үлкен. Егер машиналардың, құрылыстардың, құрылыстардың дірілдеу параметрлері өлшенетін болса, тиісті құралдар *виброметрлер* деп аталады. Жер кеңістігі қозғалысының параметрлерін өлшеу үшін пайдаланылатын құралдар *сейсмографтар* деп аталады.

Сызықтық жылдамдықты өлшеу және бақылау әдістері мен құралдары. Қозғалатын қатты дененің сызықтық жылдамдықтарын өлшеудің ең көп тараған әдістері: аэрометриялық, өтемеуші, термодинамикалық, корреляциялық, доплерлік, электромагнитті, инерциялық және т.б.

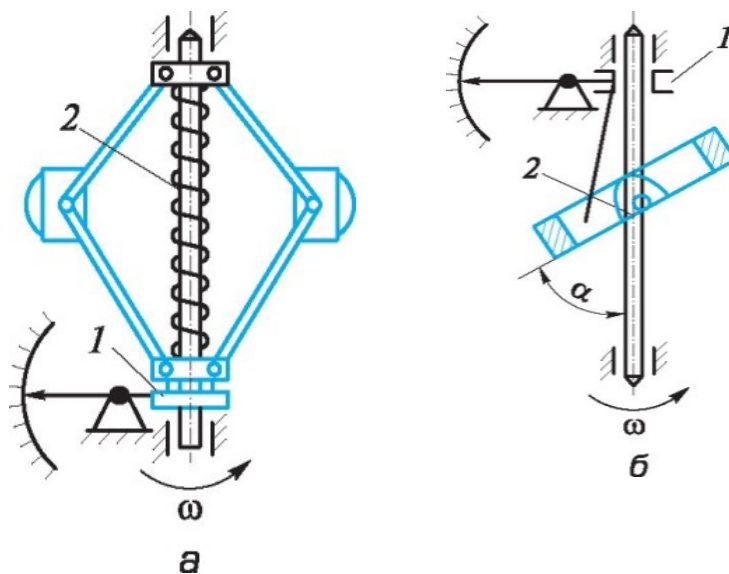
Аэрометриялық әдіс (2.67, асурет) ауада қозғалып бара жатқан дененің жылдамдығымен функционалды байланысты жылдамдықдық (динамикалық) арынын өлшеуге негізделген. Жылдамдықдық арыны манометр қорабымен 3 статикалық қысым 1 қабылдағышы және толық қысым бқабылдағышында ауа қозғалысы пайда болған кезде статикалық қысымды салыстыру арқылы анықталады.

Салыстыру нәтижесі көрсету құрылғысында меізермен 4 көрсетіледі. Аэрометриялық әдісте құрылған өлшеу құралдары жылдамдықты 2...3%-дан аспайтын қателікпен өлшеуге мүмкіндік береді.

Өтемдеуші әдіс(2.67, б-сурет) ауа компрессорымен 1 арттырылатын p_k қысымын және p_n толық қысымды автоматты теңестіруіне негізделген. Екі қуысы бар манометриялық реледе, қуыстың біреуіне p_n толық қысымы, ал екіншісіне p_k қысымы келеді, p_n және p_k теңеседі. Компрессорды айналдыратын қозалтқыш 3 тізбегі p_n p_k -дан артық болған жағдайда тұйықталады. Алайда манометриялық реле 2 жарғағы солға иіледі. Түйісулер тұйықталған және ажыратылған кезде электр қозғалтқышының айналу жиілігін p_n және p_k теңдігін қамтамасыз етілетіндей шартпен реттейтін болады.

Термодинамикалық әдіс (2.67, всурет) ашық жылу сезгіш элементтің 1 және экрандалған жылу сезгіш элементінің 4 (немесе температураны өзгертетін басқа құралдар) көмегімен ауадағы тұрып қалған ағымның температурасын өлшеуге негізделген. Осы жылу сезгіш элементтің кедергілерінің әртүрлілігі сумматормен 2 және бөлгішпен 3 сезіледі. Осы әдісті жүзеге асыру үшін температураның екпіні аз өлшеуіштері қажет. Осы әдіс бойынша жылдамдықтарды өлшеу қателіктері температура түрлендіргіш параметрлердің тұрақсыздығына негізделеді (1 және 4).

Турбиналық әдісте (2.67, гсурет) тангенциалды 1 немесе аксиалды 2 турбинкаларды айналдыратын ауа немесе су ағынының кинетикалық энергиясы пайдаланылады.



2.68.сурет.Ортадан тепкіш тахометрлер:

a — конус; 1 — жалғастырғыш; 2 — серіппе; b — айналмалы; 1 — жалғастырғыш; 2 — айналмайтын ось

Турбинканың ыайналу жиілігі қозғалыс жылдамдығына пропорционал болады. Аксиалды турбинка түріндегі өлшеу құралдары теңіз кемелерінің жылдамдықтарын өлшеуде кең тараған.

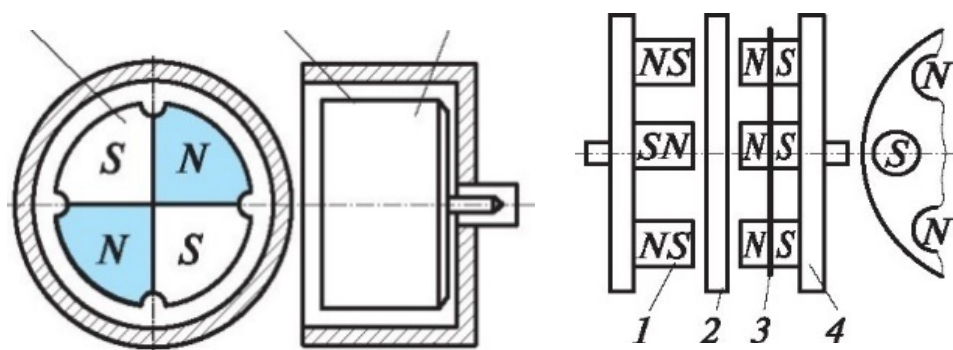
Айналу жылдамдығын өлшеу және бақылаудың әдістері мен құралдары. Техникада ең көп тараған: ортадан тебу, магнитті-индукциялық, электрлік (тұрақты және ауыспалы ток), индукциялық және стробоскоптық.

Ортадан тебу әдісі сезгіш элементтің айналушы біліктің теңгерілмеген массаларынан пайда болатын ортадан тебу күшімен әрекеттесетінімен сиппатталады . Бұл әдіс конус және айналма тахометрлерінде жүзеге асады.

Конус тахометрлерінде (2.68, асурет) осьпен бірге айналатын топсаларда жүкшелер m орнатылған, олар ортадан тебу күшінің әсерінен осьті бойлай жалғастырғыштың 1 орнын ауыстыра және серіппені 2 қыса отырып, тарап кетеді. Жалғастырғыш 1 қалпының өзгерісі тахометрдің көрсеткіш элементі – меңзермен тіркеледі. Сақиналы тахометрде (2.68, бсуррет) айналмайтын ось 2 ($w = 0$) болған кезде сақина жазықтығы оське қатысты белгілі бір бұрышқа иіледі. Айналу кезінде сақина айналым өсіне перпендикуляр қалыпқа түсе бастайды да, жалғастырғыштың 1 және өлшемдік құрылғының меңзерінің орын ауыстыруын тудырады.

Ортадан тебу тахометрлері айналу жиілігін реттеуіштерде түрлендіргіш ретінде жиі қолданылады. Бұл құралдардың кемшілігі қашықтықтың болмауы, дайындау және реттеуде технологиялық қиындықтар, айтарлықтай қателіктер болуында.

Магниттіиндукциялық әдіс металл денеге енетін құйын т оғының айналу жиілігіне тәуелдігіне негізделген.

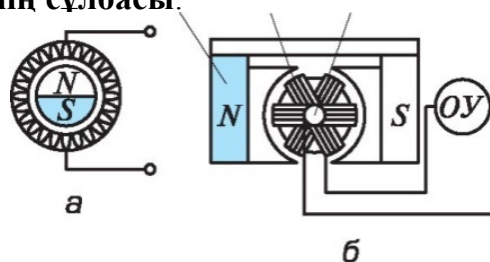


2.69.-сурет. Магнитті индукциялық тахометрлер:

a — қуыс ротормен; b — дискімен; 1 — тұрақты магнит; 2 — сезгіш элемент; 3 — термомагнитті піннт; 4 — магнит өткізгіш

2.70- сурет. Тұрақты ток тахометрлерінің сұлбасы:

a — тахогенератор с $j\mathcal{E} j_0$; b —
тұрақты ток тахогенераторы; 1 —
тұрақты магнит; 2 — зәкір орауы;
 3 — қылшағы бар коллектор; OY —
өлшемдік құрылғы



Осы әдіспен құрылғантахометрлер екі нұсқада орындалады: цилиндрлік сезгіш элементпен (2.69,а-сурет) және дисктік сезгіш элементпен (2.69сурет). Магнитті индукциялық тахометрдің негізгі бөлігі өлшеуіш буын болып табылады және ол қуыс цилиндр мен диск түрінде жасалған тұрақты магнит 1 пен сезгіш элементтен 2 тұрады. Әдетте тұрақты магниттің 1 айналу жиілігі болады, оны өлшеу қажет, ал үлкен меншікті кедергілі металдан жасалған сезгіш элемент 2 айналуудан шиыршық серіппе арқылы ұсталып тұрады. Температураның магнитті индукцияның тұрақсыздық қателігін азайту мақсатында сауңылауда термомагнитті шунт 3 пайдаланылады.

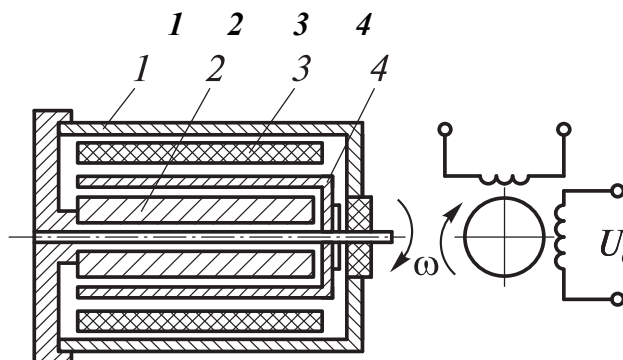
Магниттіиндукциялық тахометрлерді c^{-1} (ТЭ түріндегі) градирленген межелікпен және пайыздық межеліктермен (ИТЭ түріндегі) орындайды.

ИТЭ түріндегі тахометр тахометрдің өзінен (өлшеу түйіні) және айнымалы жиілікті айнымалы токтың синхронды берілісінен тұрады. Беріліс үш фазалы токтың генераторы мен синхронды қосылатын синхронды қозғалтқыштан тұрады.

Өлшемнің электрлік әдісі өндірілген кернеудің айналу жиілігіне тәуелдігіне негізделген (тұрақты, айнымалы және импульстық ток үшін), ал айнымалы және импульстық ток үшін ток жиілігінің айналу жиілігіне тәуелділігі негіз болады.

2.71.-сур. Индукциялық тахометр сұлбасы:

1 — сыртқы магнит өткізгіш; 2 —
ішкі магнит өткізгіш; 3 —
орау; 4 — ротор



Тұрақты тоқтың электрлік тахометрлері (2.70-сурет) тұрақты тоқтың тахогенераторлары мен гальванометрді қамтиды. Тахогенераторлар екі түрге бөлінеді: ротордың шектеулі айналу бұрышы және ротордың шектелмеген айналу бұрышы.

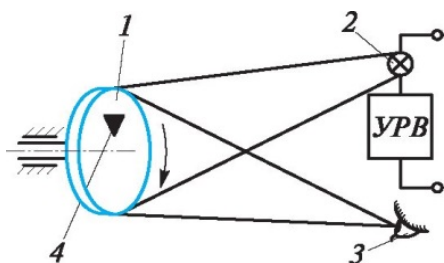
Ротордың бұрылу бұрышы шектеулі тахогенератордың (2.70,а-сур.) статорлық орамы жылжымайтын етіп жасалады, оның ішіне айналдыру жылдамдығы өлшенетін білікке қосылған тұрақты магнит бар. Мұндай тахогенераторлар бұрыштық жылдамдықтың түрлендіргіштері және басқару жүйелерінде жылдам кері байланыс ретінде пайдаланылады. Мұндай тахогенератордың артықшылығы - коллекторлар мен қылшақтар болмайды.

Шектеусіз бұрыштық айналуы бар тахогенератордың (2.70,б- сурет) негізгі элементтері тиісті магнит өткізгіштері бар тұрақты магнит 1, зәкір орауы және қылшақтары бар коллектор 3 болып табылады. Коллектордан алынатын тұрақты кернеу гальванометрмен өлшенеді.

Айнымалы ток тахометрлерінде тахогенератор тұрақты магниттен және статор орамынан тұрады. Бұрыштық жылдамдықты ω өлшеу айналу жиілігіне тең айнымалы ток жиілігін, немесе амплитуда кернеуін өлшеуге келіп тіреледі. Бірінші тәсілі тиімді болып саналады, себебі айналу жиілігі айнымалы ток жиілігіне тең.

Айнымалы ток тахометрлерінің арасында индукциялық тахометрлер ерекше орын алады (2.71-сурет). Мұндай аспаптың тахогенераторы - сыртқы 1 және ішкі 2 магнит өткізгішінен тұратын асинхронды электр машинасы болып табылады. Магнит өткізгіштердің арасындағы саңылауда қоздыру және сигнал орамдарынан тұратын статор орамы 3, цилиндр түрінде жасалған жұқа қабырғалы алюминий ротор 4 орналасқан. Қоздыру орамы (шарғы) мен сигнал орамы осьтері өзара перпендикуляр.

Қоздыру орауына жиілігі 400 Гц айнымалы кернеу салынса, сигнал орауынан амплитудасы қуыс ротордың бұрыштық айналым жылдамдығына пропорционал, сол жиіліктің кернеуі U_c алынады



2.72.-сурет.Стробоскоптық тахометр сұлбасы:

1 — айналмалы білік; 2 — жарық көзі; 3 — оператор көзі; 4 — белгі;
ЖРҚ— жаркылды реттеуіш құрылғы

Елеулі қателіктері бар индукциялық тахометрлер басқару жүйелерінде тек сезгіш элемент ретінде пайдаланылады.

Бұрыштық жылдамдықты өлшеудің стробоскоптық әдісі көздің көрінген көріністің жоғалып кеткенінен кейін секундтың ондық үлестерінде көріністі сақтау қасиетіне негізделген. Осы қағидамен құрылған өлшеу құралдары жоғарыда қарастырылғандармен салыстырғанда неғұрлым дәлдірек болып табылады. Олар зертханалық зерттеулерде, сондай-ақ үлгілі өлшеу құралдарын жасауда қолданыс тапты.

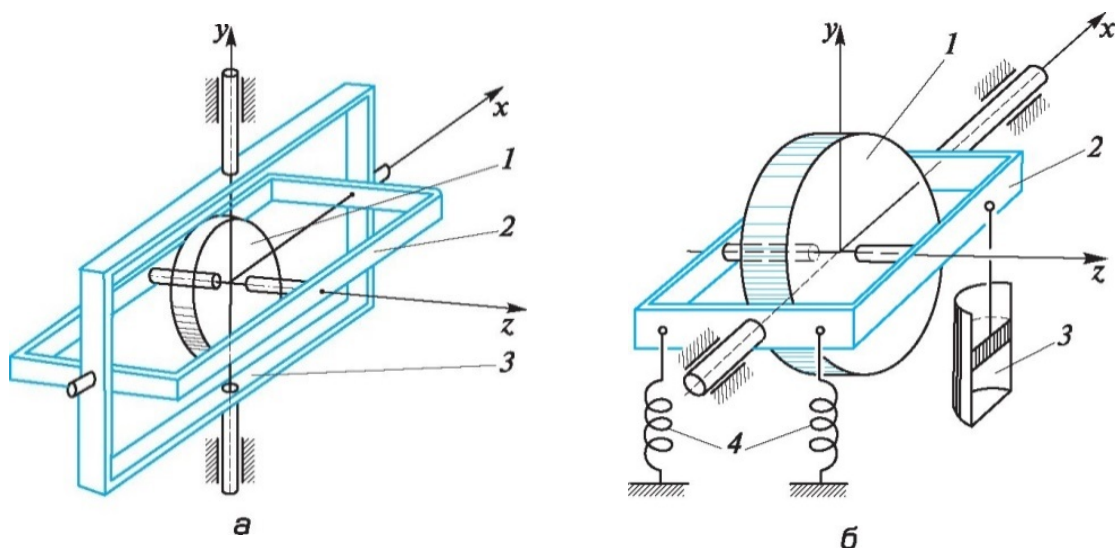
Әсерді жүзеге асыру қағидаты 2.72. –суретте түсіндірілген. Айналушы біліктегі 1 белгіні 4 жарық көзінің 2 жарқылдауымен жарықтандырса, айналу жиілігі мен жарқыл саны сәйкес келген кезде, белгі жылжымайтын болып көрінеді. Бұл айырмашылық нөлден ерекше болса, онда белгі айналу жиілігінің әртүрлі белгісіне және жарқыл санына байланысты сол немесе басқа бағытта жылдам айнала бастайды. Оператор көзі белгінің өте жай қозғалысын байқайды, жарқыл реттеуіш құрылғының ЖРҚ тікелей қатысуымен жарқыл жиілігін іріктей отырып, елгілеуді тоқтатуға және іліктің айналу жиілігін анықтауға болады.

Өлшеу дәлдігі жарқыл жиілігін қалпына келтіру және өлшеу, стробоскоптық көрініс кідірістерін тіркеу сәттерінің дәлдігімен анықталады.

Гироскопиялық сезбектердің негізі жылдам айналатын дене - *гироскоп* болып табылады, оның өсі кеңістікте қалпын өзгерте алады. Жоғары жиіліпен айналатын тегерік түрінде жасалған гироскоп өсі кеңістікте бұрылуы үшін гироскопты (2.73, а сурет) кардан асқышының 2 және 3 сақиналарына бекітеді, онда сыртқы 3 және ішкі 2 асқыштардың осьтері мен гироскоп өсі бір нүктеде қиылысады. Бұл нүкте асқыш орталығы деп аталады. Бұл құрылғында айнарудың үш өсі немесе үш түрлі дәрежедегі еркіндігі бар. Гироскоп роторы 1 электр қозғалтқышы роторы түрінде жасалған сермер секілді болады, оның көмегімен $30\,000\text{ мин}^{-1}$ немесе одан да көп жиілікке дейін айналады.

Айналу және жылжу жылдамдықтарының нақты шамаларын анықтауда гироскопиялық құрылғылар ерекше орын алады.

Егер гироскоп мінсіз теңдестірілсе, оның өсі жылжымайтын жұлдыздарға қатысты өзінің негізгі осінің бағытын сақтайды.



2.73.-сур. Гироскопиялық құрылғылар:

a — үш түрлі дәрежедегі еркіндігі бар гироскоп сұлбасы: *1* — ротор; *2* — ішкі сақина (жақтауша); *3* — сыртқы сақина (жақтауша); *б* — екі түрлі дәрежедегі еркіндігі бар гироскоп сұлбасы: *1* — ротор; *2* — жақтауша; *3* — демпферлік құрылғы; *4* — серіппелер

Еркін гироскоптың бұл қасиеті навигацияға арналған ұшақ (автоұшқыш) немесе зымыранның қалпын тұрақтандыру үшін техникада кеңінен қолданылады. Еркін гироскоп - бұл мінсіз күшейткіш түйін, өйткені ол бұрыштық ауытқуларды кешіктірмей бекітеді.

Гироскоптық сезбекте бір ғана жақтаушаны қалдырса (2.73,б-сурет), гироскопта тек екі дәрежелі еркіндік болады. Мұндай гироскопта жақтауша 2 өлшеудің кейбір нысанына, мысалы, ұшақпен немесе зымыранмен байланысты болады. Жақтаушаның 2 демпферлік құрылғысы 3 және жақтаушаның 2 қалпын орталықтандыратын және қарсы әрекет сәттерін тудыратын серіппелері 4 бар.

Қарастырылған екі дәрежелі еркіндігі бар гироскоп жылдам гироскоп деп аталады, өйткені ол айналу жиілігін жоғары дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік береді. Жақтаушаның бұрылыс бұрыштарын әртүрлі сезбектердің көмегімен өлшеуге болады, мысалы асқыш жақтаушасының бұрылыс бұрыштарын электр кернеуіне түрлендіретін потенциометриялық сезбекті пайдалануға болады. Егер айналу жиілігін сипаттайтын осы кернеуді электронды дифференциалдау сұлбасына (мысалы, операциялық күшейткіш) жіберсе, бұрыштық үдеуге пропорционал сигнал алуға болады.

Іс жүзінде, мысалы, инерциалды навигация жүйелерінде, жылдам гироскоптан сигналдар келіп түсетін және жоғары жылдам гироскоп орнатылған қозғалыстағы нысанның қозғалыс бағытын жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік беретін интегралды сұлбаларды жиі пайдаланады. Гироскопиялық құрылғыларды қолданатын басқа да орындар бар, атап айтқанда, Жер орбитасында ғарыш кемесін тұрақтандыру жүйелерінде де пайдаланады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Механикалық қозғалыс параметрлерін өлшеу және бақылау құралдары қалай аталады?
2. Сызықтық жылдамдықты, айналу жылдамдығын өлшеудің қандай әдістері қолданылады ?

2.3.2. Динамикалық шамаларды өлшеу әдістері мен құралдары

Динамикалық шамаларға келесілерді жатқызуға болады: масса, күш, қысым, механикалық кернеу, күш моменті (бұру моменті), заттардың массалық шығыны, жұмыс, энергия, қуат.

Халықаралық бірліктер жүйесінде масса негізгі шама, ал басқалары туынды шамалар болып саналады.

Масса бірлігі - килограмм (кг). Килограмм туындысы 1.3.-бөлімінде қарастырылған сұлбаға сәйкес жүзеге асады. Масса бірлігін беру үшін өлшеу және тиісті өлшеу құралдары пайдаланылады.

Күш бірлігі ньютон (Н) болып табылады. Ньютон — бұл күштің әрекет ету бағытында 1 кг массаға 1 м/с² үдеу беретін лүш:

$$F = ma.$$

Күш межелігі күш өлшейтін машиналардың, механикалық және гидравликалық түрлендіргіштердің көмегімен жасалады.

Қысым p (Н/м²) ауданына әсер ететін F күшінің қатынасы ретінде анықталады:

$$p = F/S.$$

Абсолютті қысымды p_a , артық қысымды және атмосфералық қысымды p_b ажыратады. Артық қысым деп абсолютті және атмосфералық қысымның айырмасын атайды:

$$p_a - p_b, p_a > p_b \text{ болған кезде}$$

сиретілу — атмосфералық және абсолютті қысымның айырмасы:

$p_b - p_a, p_a < p_b$ болған кезде *Қысым бірлігі* - паскаль (Па), шаршы метрге келетін ньютонға тең. Бұл қысым 1 м² ауданына перпендикуляр әрекет ететін, біркелкі үлестірілген күштен 1 Н пайда болады.

Қысым межелігі манометрлердің (жүкпіспектік, компрессиялық, сынапты) көмегімен істеледі. Өнеркәсіпте қысым бірлігін өлшеу және тарату піспекті манометрлерді, қысымды бақылау түрлендіргіштерді, серіппелі манометрлерді, сынапты барометрлерді, компрессиялық манометрлерді, тонометрлерді және т.б. метрологиялық бақылаумен жүзеге асырылады.

Механикалық кернеу бірлігі - паскаль (Па = Н/м²), ол 1 м² ауданына әсер еткен 1 Н біркелкі үлестірілген күштен пайда болатын кернеуді анықтайды:

$$\sigma = F/S.$$

Бұрушы момент пен күш моментінің бірлігі метрге көбейтілген және радианға бөлінген ньютон болып табылады. Ньютон-метрдің радианға қатынасы — бұл айналу нүктесінде 1Н күштің әсерінен пайда болатын бұрушы момент, бұл жерде күш 1м қашықтықтағы иінтіректің иіні болып табылатын радиус-векторға перпендикуляр түсірілуі керек:

$$M_a = F_r/a.$$

Заттың массалық шығынының бірлігі секундтағы килограмм (кг*с⁻¹) болып табылады. Бұл массасы 1 кг заттың (қатты дене, сұйықтық, газ) 1 с ішіндегі шығыны :

$$M = m/t.$$

Жұмыс, энергия бірлігі - джоуль (Дж). Бұл 1Н күш түсірілген нүктенің күштің әрекет ету бағытында 1 м-ге орын ауыстыруы кезінде атқарылатын жұмыс:

$$W = Fl.$$

Қуат бірлігі ватт (Вт) болып табылады. Бұл 1 с-та 1 Дж жұмыс атқарылатын біркелкі өтіп жатқан үрдістің күші:

$$P = W/t.$$

Ұсынылған анықтаулар мен түсіндірулерден салмақ, күш, момент, кернеу, қысымның арасында өзара қарым-қатынас бар екені көрінеді. Бұл оларды өлшеу үшін бірдей немесе ұқсас әдістер мен өлшем құралдарын пайдалануға мүмкіндік береді.

Дененің (заттың) салмағын өлшеу үшін қысқаша *таразы* деп аталатын салмақ өлшеуіштер пайдаланылады. Таразылардың, мөлшерлеуіштердің жіктеуі мен сипаттаулары 2.1.-бөлім тармағында қарастырылған.

Күшті өлшеуге арналған құралдар *динамометрлер* (*күш өлшеуіштер*) Міндеттері бойынша ұқсас құралдар бұрушы моментті өлшейтін *моментомерлер* (*торсиомерлер*) болып табылады.

Қысымды өлшеу және бақылау үшін манометрлер, вакуум өлшеуіштер, барометрлердің түрлері пайдаланылады. Бұл құралдардың жан-жақты сұлбалары 2.8.-бөлім тармағында келтірілген.

Күш пен бұру моментін өлшейтін негізгі әдістер мен құралдарды қарастырамыз.

Динамометрлер. Динамометрлердің әрекет ету қағидаты денелердің серпімді деформациясын, пьезоэффектісін, тензоэффектісін, материалдардың магнитті серпімділігін пайдалануға негізделген.

Динамометрлерді әрекет ету қағидаты бойынша механикалық, гидравликалық және электрлік деп бөлуге болады.

2.16-кестесінде серпімді элементтерде жұмыс істейтін механикалық динамометрлердің негізгі метрологиялық сипаттары, қағидатты сұлбалары, артықшылықтары мен кемшіліктері келтірілген.

Серпімді элементтерді дайындауға арналған материалдар ретінде гистерезиссіз металл және металл емес (мысалы, кварцтық әйнек, синтетикалық материалдар) материалдарды пайдалануға болады.

Серпімді элементі бар механикалық динамометр үлгісі ретінде (2.74-сурет) көлік құралдарын тарту күшін өлшеу құралдарының құрылымын, бұрандалы бөлшектердің бұрау күштерін және т.б. қарастырамыз. Мұнда серпімді элементтің 1 деформациясы мензер нұсқаушы 2 арқылы қабылданады. Ішкі элемент деформациясының шағын мәндері F күшінің ықпалымен өзі жазатын құрылғы қаламұшының немесе мензердің айтарлықтай орын ауыстыруына түрленеді.

Гидравликалық динамометрлер осы немесе басқа тәсілмен өлшенетін түсірілген күшті гидравликалық қысымға өзгертетін құрылғы.

2.16.-кесте. Негізгі метрологиялық сипаттары

	Типы			
	Иілімге жұмыс істейтіндер		Торсионды серпінді	
сипаттары	түзу	еспе	түзу	еспе
	1—		, л	
	$\sqrt{F_L}$			$\diamond.F$
Өлшеу шегі	0,01 Н ... 1 кН	0,01 Н... 1 кН	0,1 Н ... 1 МН	0,1Н... 10МН
Өлшеу қателігі	$\pm (0,05 \dots 1)$	$\pm (0,5 \dots 1)$	$\pm (0,05 \dots 0,5)$	$\pm (0,1 \dots 1)$
Тынышталу уақыты, с		0,2 ..	0,001	
Артықшылығы	Серпінді деформация ауқымындағы сызықтық сипат; ауыспалы жүктеуді сезбейді, арзан			
Кемшіліктер	Қайта жүктеуді сезеді, қалдықты деформация пайда болады, нольдік бақылау мен жүйелі градуирлеуді талап етеді			
Пайдалану саласы	Крандық, автокөліктік, конвейерлік таразылар; үй шаруашылығы, қаптама таразылары, күш өлшеуіштер			

2.75-суретте гидравликалық күш өлшеуіштің (месдозаның) құрылымы ұсынылған. 1 және 3 жарғақтар арқылы піспекпен 2 қабылданатын күш манометрмен бөлшенетін қысымға өзгереді.

Механикалық және гидравликалық динамометрлер жоғары сенімділігі және құрылымының қарапайымдылығымен ерекшеленеді. Олар энергия көздері болмаған жағдайда да жұмыс істей алады, бұл оларды далалықта қолдануға ыңғайлы етеді. Кемшіліктері:

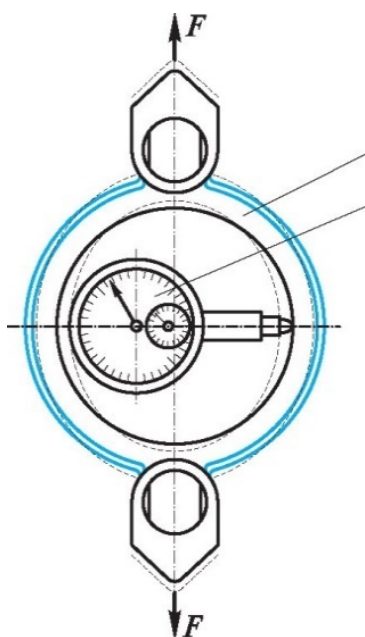
Электрлік динамометрлер

элементтің			
дөңгелек серпімді	табақшалы серпімді	Цилиндрлік серпімді	
бүтін	ішке айналдыры	бүтін	
√F			
-I-			
10... 100 Н	0,1... 100 Н	10Н... 10 кН	10 кН... 10 МН
± (0,1 ... 0,5)	± (0,25 ... 1)	± (0,05 ... 0,5)	± (0,025... 0,5)
0,2 ... 0,001			
әмбебап қарапайым, сенімді	түрлендіргіштер,	жоғары нақтылықтың түрлендіргіштері	әмбебап
Шағын пайдаланылмайды	күштерге	Шағын күштерге жарамсыз екінші реттік электронды аппаратураларға көп шығын қажет	
Крандық, конвейерік, бункерлік, автокөліктік таразылар; таразылық мөлшерлеуіштер; шихтаға арналған мөлшерлеуіштер; автоматты таразылар; электрлік күш өлшеуіш жүйелер			

қашықтан бақылау индикацияларын пайдалану және көрсеткіштерді тіркеу мүмкіндігі жоқ, өлшеу дәлдігі жоғары емес 0,5...2%, шағын күштерді өлшеу қиындықтары.

Электрлік динамометрлерен көп тараған. Оларда әртүрлі өлшеу түрлендіргіштері пайдаланылады.

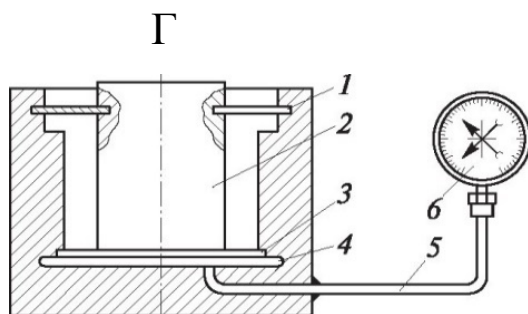
2.76-суретте электрлік сигналда түрлендіргіш ретінде электрлік белсенді емес серпімді элементтері бар құрылғылар (2.76, *a* — *з-сур.*), электрлік белсенді серпімді элементтері бар құрылғылар (2.76, *и*—*л-сур.*), күштік теңестірумен әртүрлі динамометр сұлбалары көрсетілген. (2.76, *м-сур.*).



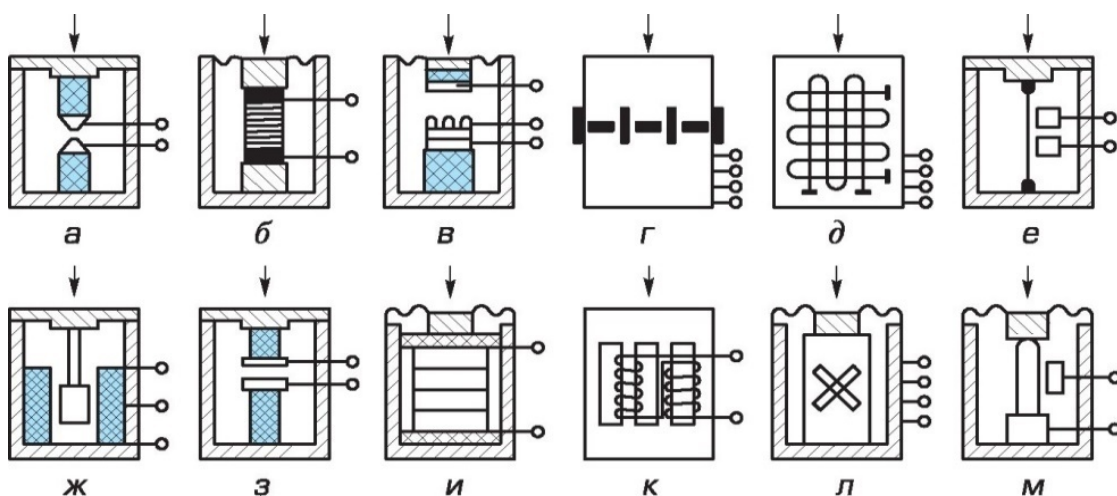
2.74.-сур.Серпімді элементі бар динамометр құрылымы:
 1 — серпімді элемент; 2 — мензер нұсқаушы

Сұлбалардың бірінші тобында өлшенетін күш элементтің серпімді күшімен салыстырылады, ал оның деформациясы электрлік сигналға айналады. Осы топқа түйіспелік, көмір, резонанстық, индуктивті, сыйымдылықты, шала өткізгішті және металлды түрлендіргіштерді жатқызады.

Түйіспелік және көмір түрлендіргіштері (2.76, а, б-суретті қара) $1 \dots 10^7$ Н аясында өлшеу қателігі $0,5 \dots 1 \%$ (түйіспелікті үшін үшін) және көмір түрлендіргіштері үшін 10% -дан артық күш өлшеуде пайдаланылады. Шала өткізгішті түрлендіргіштер (2.76, в, г-сурет) қателігі $0,5 \dots 1\%$, $10^{-2} \dots 10^7$ Н аясында күш өлшеуде қолданады.



2.75.-сур. Гидравликалық күш өлшеуіштің (месдозаны) құрылымы:
 1 және 3 — жарғақтар; 2 — піспек;
 4 — қуыс; 5 — құбыржол; 6 — манометр



2.76.-сур.Электрлік динамометрлер сұлбасы:

а — түйіспелік; *б* — көмір; *в, з* — шала өткізгішті; *д* — металл; *е* — резонанстық; *ж* — индуктивті; *з* — сыйымдылықты; *и* — пьезоэлектрлік; *к, л* — магниттісерпімді; *м* — күштік тенестірумен

Резонанстық түрлендіргіштер (2.76, е-суретке кара) жиілікпен шығатын, яғни өлшенетін шама резонатордың және қызу жүйесінің үйлесімді тербелісіне ықпал ететін түрлендіргіштерге жатқызылады. Қабылдағыш көмегімен алынған сигналды түрлендіре және бағалай отырып, іздеп отырған шаманы анықтайды.

Индуктивті түрлендіргіштер электрлік емес шаманың (мысалы, жүк ықпалымен жылжу) шарғымен жасалатын магнитті өріс кернеуіне айналуына негізделген. Шарғының үлкен индуктивтілігін алу үшін өзегін ферромагнит материалынан жасайды. Түрлендіргіштердің индуктивтілігін өзгерту жиі ауа саңылауының немесе оның ауданының өзгеруімен жүзеге асырылады. Ауыспалы ауа саңылауы бар дроссельді түрлендіргіштер (2.77, а- сурет) 0,01...10 мм аясында жылжуды өлшеу үшін, ал ауыспалы ауданымен ауа саңылауын (2.77, б, в - сур.) өлшеуге 5...20 мм и 10...100 мм ауқымында пайдаланылады.

Тәжірибеде дроссельді индуктивті түрлендіргіштерден басқа дифференциалды, трансформаторлы, индуктивті түрлендіргіштер де қолданысқа енген. Дифференциалды түрлендіргіште (2.77, г-сурет) зәкірдің 2 орташа қалыптан ауытқуы L_1 және L_2 қиндуктивтіліктерінің өзара өзгеруін тудырады, бұл сызықты сипаттамаға жақын статикалық сипаттаманы алуға мүмкіндік береді.

Сыйымдылықты түрлендіргіштер – арасында электр өрісі ықпал ететін қосымша кернеумен жасалған екіден кем емес беттері бар құрылғы. Бұл түрлендіргіштердегі негізгі элемент - электродтардың ауданына, ортаның диэлектрлік өткізгіштігіне және электродтар арасындағы қашықтыққа байланысты өзгертін айнымалы сыйымдылық конденсаторы.

Сыйымдылықты түрлендіргіш сұлбалары қолданылу саласына қарай түрлі нұсқаларда орындалады. Шағын орын ауыстыруды өлшеу үшін (микрометр бірлігіне дейін), сондай-ақ жылдам өзгертін күштер мен қысымды (мысалы, динамометрлерде) дәл өлшеу үшін айнымалы саңылауы бар дифференциалды сыйымдылық конденсаторлары қолданылады (2.78, а - сурет). Конденсатордың ортаңғы электроды 1 және 2 жылжымайтын электродтар арасында серпімді элементке (жарғаққа, серпімді тілмшеге, кергіге) бекітілген. Қарастырылып отырған сұлба теңестіру аспаптарында қолданылуы мүмкін. Ол үшін фазасызгіштік детектрлеуден кейін 1 және 2 қоршауға беріліп (2.78, б-сурет), орташа электродқа өлшененетін күшті теңестіретін электр күші әсер етеді. 2.78, б-суретте ауыспалы ауданы бар сыйымдылықты түрлендіргіш құралының сызбасы көрсетілген ондабейөткізгіш 3 өлшенетін күштің деформация шамасының тәуелділігіне қарай бағыттауыш бойынша жылжиды.

Сыйымдылықты түрлендіргіштерде өлшеу тізбегі ретінде кернеу бөлгіштер, көпір сызбалары, тербелмелі контурлар және автогенераторлар пайдаланылады. Сонымен қатар, түрлендіргіштен келетін сигналды күшейтуге арналған өлшеу тізбектері күшейткіштерден тұрады.

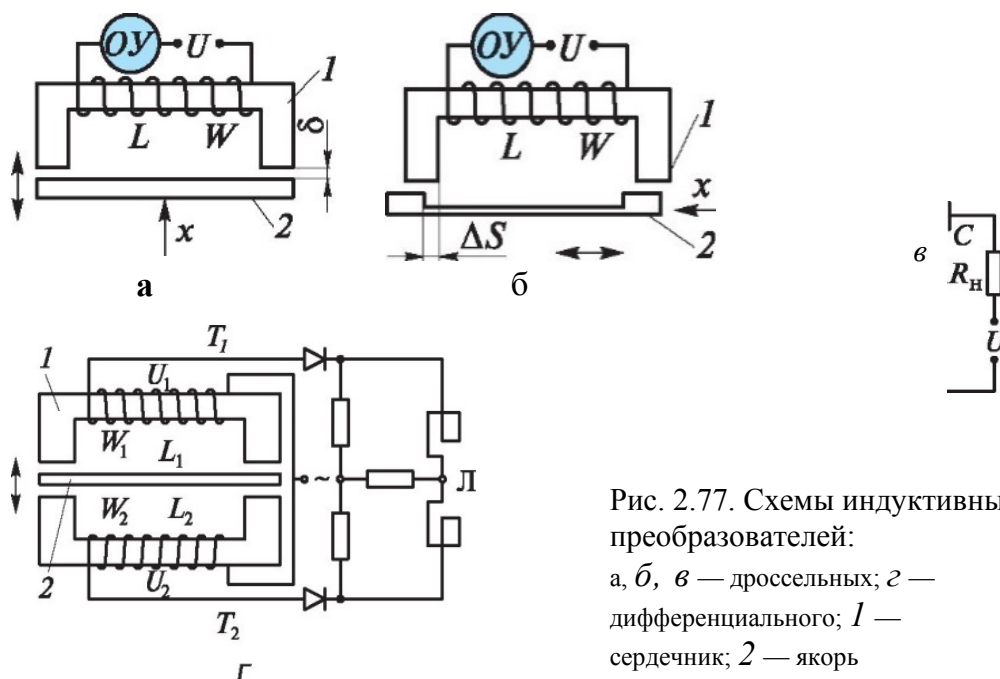
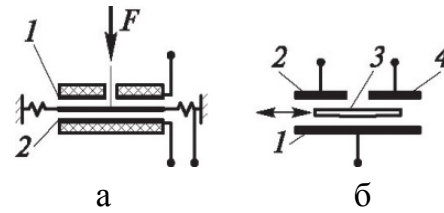


Рис. 2.77. Схемы индуктивных преобразователей:
 а, б, в — дроссельных; г —
 дифференциального; 1 —
 сердечник; 2 — якорь

2.78.-сур.Сыйымдылықты түрлендіргіш сызбасы:

a — ауыспалы саңылаумен: 1 және 2 — жылжымайтын электродтар; *б* — ауыспалы ауданымен: 1, 2 және 4 — коршаулар; 3 — бейөткізгіш



Сыйымдылықты және индуктивті динамометрлер серпінді сезгіш элементтен тұрады, оның деформациясы сыйымдылықты немесе индуктивті түрлендіргіштермен қабылданады. Осы динамометрлердің артықшылығы мен кемшіліктері пайдаланылатын түрлендіргіштердің сипаттамаларына байланысты.

Динамометрлердің екінші тобында өлшенетін күш кернеу немесе деформация өзгергенде кезде электрлік немесе магнитті қасиеттерін өзгертетін электрлік немесе магнитті-белсенді серпінді элементтерге әсер етеді. Бұл ең көп таралған топ.

Салмақ, күш, кернеуді өлшеу үшін, көп жағдайда осы динамометр тобының тензометриялық (резисторлы) және магниттісерпінде (магниттіизотроптық) түрлендіргіштерін пайдаланады.

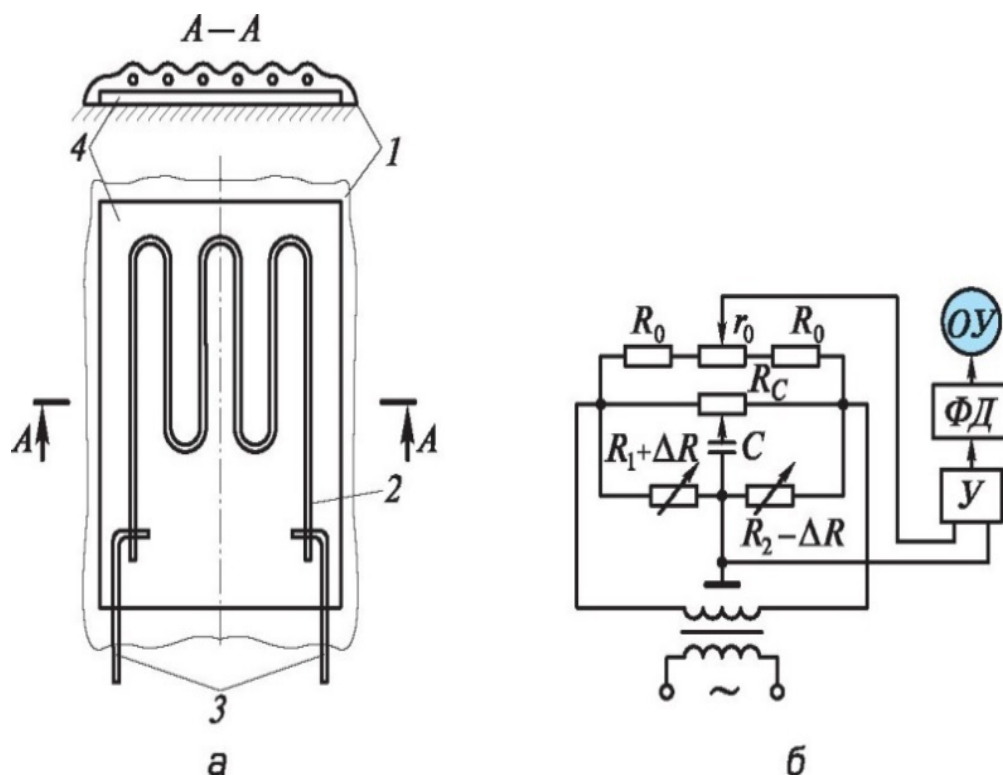
Мұндай түрлендіргіштердің жұмыс істеу принципі күш параметрін қабылдайтын қандай да бір элементтің серпінді деформациясына түрленуге негізделген және осы элементтің кернеулі күйінің электр шамасына қайта түрленген кезде оны өлшеу қажет. Серпінді элементтерді пайдаланады, олар қысу, созылу, арасында иілу кезінде пайдаланады.

Тензорезистрдің (тензоқадағаның) сезгіш элементі механикалық деформацияға ұшырайтын ауыр бөлшекке жабыстырылған металл өткізгіш болып табылады. Тензорезистр қарсылығының салынатын күшке байланысты өзгеруі бойынша өлшенетін параметрлер туралы жорамалдайды.

Сым тензорезистрі (2.79, а - сурет) диаметрі 0,025 ... 0,05 мм, ұзындығы 5 ... 25 мм және ені 3,10 мм болатын ілмек қатарына салынған сымнан тұрады. Ілмектер қабықшаға немесе қағаз төсеміне 4 жабыстырады және жоғарғы жағынан қорғаныс ретінде қағаз жолақ жабыстырылады. Сым түрлендіргіші күштің әсерімен деформацияланатын өлшенетін кеңістікке 1 жабыстырылады. Серпінді элементтің деформациясы тензорезистр сымының 2 созылуын тудырады және тензорезистрдің қарсылығының тиісінше өзгеруі орын алады. Бұл шама өлшеу сызбасы арқылы алынады және өңделеді.

Түрлендіргіштерді дифференциалды қосудың өлшеу сызбаларының артықшылығы артығырақ (2.79, б-сурет), онда бір резистор (R_1) созылса, екіншісі (R_2) - қысылады. Бұл жағдайда температура қателігі болмауы керек және сезізгіштік екі еселенеді. Көпірдің диагоналынан алынатын сигнал күшейткіште U күшейтіледі, фазасезігіш демодулятордан ФД өтеді және санау құрылғысы СҚ арқылы тіркеледі. Сыйымдылық C және қарсыласу R_C тензорезистор сымы мен металл нысан арасындағы зиянды сыйымдылық индуктивтілік болған жағдайға байланысты реактивті жасаушы жөніндегі, ал қарсыласу r_0 - белсенді жұмыстар басталмас бұрын көпірді теңестіруге қызмет етеді. Көпірді жатық реттеу үшін $r_0 \ll R_0$ болуы қажет.

Тензорезисторлардың ең көп үйлесеін материалдары константан, манганин, нихром, хром еріінділері, себебі оларда қарсыласу емпераурасының коэффициенті аз.



2.79.-сур. Тензометриялық түрлендіргішер:

a — сым тензорезисторының сызбасы: l — өлшенетін кеңістік; 2 — сым; 3 — шықпа; 4 — қағаз төсем; b — түрлендіргіштердің дифференциалды қосылу бар өлшеу сызбасы

Іс жүзінде сым, фольга, қабықша, металға негізделген түрлендіргіштер, сондай-ақ кремний, германий, арсенид галийінің жартылай өткізгіштерінің монокристалдарынан тұраын түрлендіргіштер қолданылады.

Жартылай өткізгіш түрлендіргіштердің бағалы қасиеті - бұл шағын базаларда (2,5 мм-ге дейін) тензосезгіштік коэффициентінің (-200-ден +850 ° С-қа дейін) жоғары мәні.

Тензорезисторлар бір реқолданылаын түрлендіргіштер болып абылады, өйткені олар желіммен жабыстырылғандықтан зиян келірілмей алынбайды.

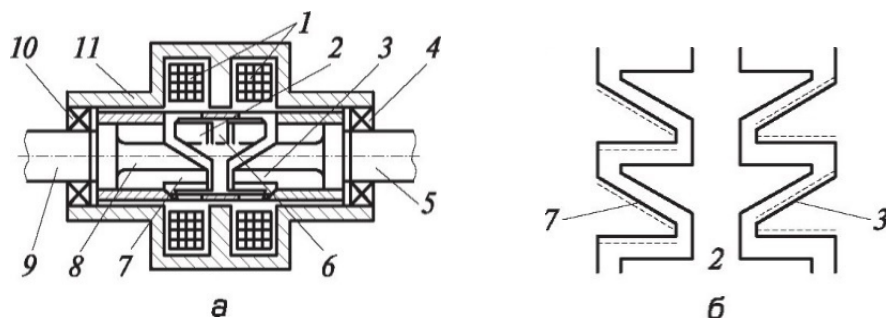
Тензорезисторлар конструкциясының қарапайымдылығы мен шағын габаритті өлшемдері оларды машиналар мен механизмдердің қиын қол жеткізілетін орындарында деформацияларды анықау үшін пайдалануға мүмкіндік береді.

Моментомерлер. Монометрлердің әрекет ету принципі айналаын сәтерді тудыратын білік бұрауы деформациясының өзгеруіне негізделген. Моментомерлерді келесі топтарға бөліуге болады: алдын ала түрлене отырып, бұрышқа жылжу, тікелей түрлену. Деформацияны тензорезистрлік, индуктивті, магниттісерпінді, ішекті және басқа да түрлендіргіштермен өлшеуге болады. Тензорезистрлік және магниттісерпінді моменомерлердің өлшеу ауқымы 10^{-10} Н - м, ішекті үшін - $0...5 \cdot 10^6$ Н - м, индуктивті үшін - өлшеу қателігі $0,2... 1\% \cdot 10^{-1} \cdot 10^5$ Н-м аясында болады.

Моменомерлерде бұрыштық орын ауыстыруларды өлшейтін түрлендіргіш ретінде бұрыштық қондырғыны өлшейтін түрлендіргіштер жиі пайдаланылады, индуктивті трансформаторлық түрлендіргіштер жиі қолданылады. Бұл құрылғылар электр сигналдарын айналмалы білікке беруді талап етпейді. Индуктивті дифференциалды түрлендіргіші бар осындай моментомердің конструкциясына мысал 2.80, а-суретте көрсетілген.

Ол монометрдің кіріс 9 және шығыс 5 біліктерді біріктіреін білік түріндегі торсионды серпінді элементтен 8 тұрады. 4 және 10 мойынтіректерде орнатылған кіріс және шығыс біліктерінде білікпен бірге айналатын 3 және 7 магнитөткізгіш полюстік ұштықтар бекітілген. Ұштықтар торсионды серпінді элемент 8 ортасында орнатылған, диафрагмаға бекітілген, орталық бөліктің тиісті ойығына кіретін үшбұрышты ойықтармен жабдықталған. Серпінді элементті полюстік ұштықтардың орталық бөлік ойықтарына қатысты жылжыту есебінен бұрау кезінде (2.80, б - сур.) олардың бірінде нәтиже көрсететін саңылау кішірейеді, ал екіншісінде үлкейеді.

Нәтижесінде, маннит өткізгіште / I жылжымайтын етіп орналастырылған бір шарғының I индуктивтілігі артады, ал екіншісінде кемиді.



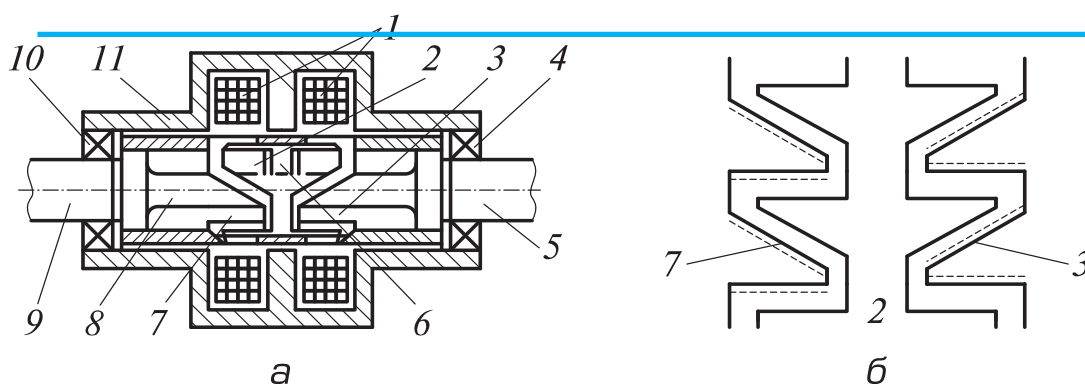
2.80.-сур. Индуктивті моментомер (а) және серпінді элемент (б) конструкциясы:

1 — шарғылар; 2 — орталық бөлік; 3 және 7 — полюстік ұштықтар;
4 және 10 — мойынтіректер; 5 — шығыс білігі; 6 — диафрагма; 8 — торсионды серпінді элемент; 9 — кіріс білік; 11 — магнитөткізгіш

Шарғыларды ауыспалы тоқтан қуат алатын көпір сызбасына қосады. Күшейткіш пен детектор арқылы көпір сызбасынан түскен сигнал (мысалы, фазасызгіш) индикаторлау немесе тіркеу құрылғысына өтеді.

Біліктердің үздіксіз айналу жиілігіне қатысты сәттерді өлшеу кезінде бұрылу бұрышын өлшеуіш ретінде оптикалық-электронды түрлендіргіш (моментомер) пайдаланылуы мүмкін (2.81-сурет).

Ол кіріс 12 және шығыс 8 біліктерін біріктіретін серпінді торсионнан 11 тұрады. Кіріс білікке 12 растрымен 13 әйнек дөңгелегі 9 бар қатты трубка 10 орнатылған.



2.81.-сур. Оптикалық-электронды моментомер сызбасы:

1 және 9 — дөңгелектер; 2 — растр торлары; 3 және 14 — фоторезисторлар; 4 — күшейткіштер; 5 — фазалық детектор; 6 — сүзгі; 7 — көрсететін құрал; 8 — шығыс білік; 10 — трубка; 11 — серпінді торсион; 12 — кіріс білік; 13 — растр; 15 — жарықтандырғыш

Шығу білігіне 8, ұқсас растры бар дөңгелек 1 бекітілген. Дөңгелектер арасында жарықтандырғыш құралы 15 бар. 1 және 9 дөңгелектерінің оптикалық растрлары жылжымайтын ашық растр торларымен 2 және растрмен 13 өзара әрекеттеседі. Жарық сәулелерінің шығатын орындарында 3 және 14 фотозэлементтер, фотодиодтар немесе фоторезисторлар орнатылған.

3 және 14 фоторезисторларынан айналу сәттері болмаған жағдайда күшейткіштердің 4 кірістеріне жиіліктері бірдей сигналдары келіп түседі. Сәтті жіберу кезінде торсион белгілі бұрышқа бұрыла отырып, деформацияланады, ол дөңгелектің 1 кернеу фазасының дөңгелектің 9 кернеу фазасынан қалып қоюын тудырады. Күшейтуден кейін осы жиіліктердің сигналдары фазалық детекторға 5 өтеді, оған жоғарғы жиіліктің сүзгісі 6 арқылы көрсететін құрылғы 7 қосылған.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Динамикалық шамаларға не жатады және олар қандай бірліктермен бағаланады?
2. Динамометр әрекетінің принципі неде?
3. Машина құрылысында динамометрлердің қандай түрлері ең көп тараған?
4. Моментометр принципі қандай?

2.3.3. Заттар мен материалдардың механикалық қасиеттерін өлшеу және бақылау әдістері мен құралдары

Өнімнің сапасы көбінесе олар жасалған материалдардың механикалық қасиеттерімен анықталады. Олардың ішінде негізгісі үлес салмағы, тығыздық, тұтқырлық, қаттылық, серпінділік, беріктік, қатандық және т.б. болып табылады.

Заттың көлем бірлігіне негізделген салмағы *тығыздық* деп аталады. Тығыздықты өлшеу бірлігі ретінде текше метрге килограмм қызмет етеді ($\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$):

$$\rho = m/V.$$

Үлес салмағы — көлем бірлігіне салмақтың тауырлық күші.

Серпінділік — чыртқы ықпалмен бұрмаланған алғашқы форманы аталған ықпал тоқтатылғаннан кейін ішкі күштің көмегімен қалпына келтіру материалдарының қасиеті аталған жағдайда материал кристалдарында пайда болатын деформациялар е серпінді деп аталады.

Серпінді деформация саласында жүктеме және деформация арасында сызықтық тәуелділік сақталады, ал металдардағы серпінді кернеу s Гук заңымен анықталады:

$$s = E\varepsilon,$$

E — қалыпты серпінділік модулі.

Қаттылық — серпінді деформацияға қарсыласу материалдарының қасиеті.

Металдың бұзушылықсыз созылымды деформацияланатын қасиеті *созылымдылық* деп аталады.

Ол өнімге қажетті пішінді беру, кернеу концентрациясына қатысты сезгіштікті азайту және қалаған бағытта металдар құрылымын өзгерту мүмкіндігімен қамтамасыз етеді.

Металдардағы созылымды деформация сыртқы механикалық және жылу кернеулерінің ықпалына, кристалдану, бөлшектердің жылу өңдеуіне ұшыраған кезде пайда болады.

Шаршау - циклдік жүктемелердің әсерінен металдардағы зақымданудың біртіндеп жинақталу процесі, бұл сызаттар мен бұзылудың пайда болуына соқтырады.

Белгілі пішін мен өлшемдегі қатты денеге енгізуге материалмен жасалатын қарсыласу материалдың басқа бір бетіне, белгілі бір пішіні мен мөлшерін күрделі дененің кіргізуіне берілетін қарсыласу материалдың *қаттылығы* ретінде түсініледі.

Тұтқырлық, немесе ішкі үйкеліс — ағымдағы денелердің бір бөліктерінің басқасына қатысты қозғалысына қарсы тұру қасиеті. Тұтқырлық жылдамдық градиенті кезінде бірлікке тең ауданы бар сұйықтықтың екі параллель қабаттары арасындағы үйкеліс күшіне тең. Динамикалық тұтқырлықты өлшеу бірлігі - паскаль-секунд ($\text{Па} \cdot \text{с}$) (СГС бірліктер жүйесінде ($\text{П} = 10^{-1} \text{Па} \cdot \text{с}$)).

Динамикалық тұтқырлықпен бірге кинематикалық тұтқырлық та

$$\nu = \eta / \rho,$$

η — динамикалық тұтқырлық коэффициенті; ρ — сұйықтық тығыздығы.

Кинематикалық тұтқырлық өлшем бірлігі ретінде шаршы метр секундына болады (в системе СГС — стокс ($\text{Ст} = 10^{-4} \text{м}^2/\text{с}$)).

Мұнай өндірісінде шартты тұтқырлық кең тараған, ол — сұйықтықтың тапсырылған көлемінің өту уақытының Энглер градусы ($^\circ\text{ВУ}$) шартты бірлігімен өлшенетін судың өту уақытына (арнайы Энглер құрылғысында)

Металды механикалық сынау. Механикалық қасиеттерді сынаудың келесі түрлерін ерекшелейді:

- статикалық (сынақ барысында кез келген уақытта күштер мен деформацияларды өлшеуге мүмкіндік беретін сынақ үлгісіне жүктің бірсарынды және баяу қолданылуымен сипатталады);

- динамикалық (материалдың тұтқырлығы мен сынғыштығынанықтауға мүмкіндік беретін қолданыстағы үлгілердің күштерінің күрт өзгеруімен сипатталады);

- шаршағыштық немесе төзімділікке сынау (үлгіге қолданылатын көп қайталанатын немесе ауыс таңбалы жүктемелермен сипатталады);

- қаттылыққа сынау (сыналатын дененің кеңістігіне одан да қаттырақ дененің енуімен сипатталады);

- тозу және қажалуға сынау (олардың бетіндегі материалдардың ұзақ уақыт үйкелістен кейін механикалық қасиеттерінің өзгеруін анықтауға негізделеді);

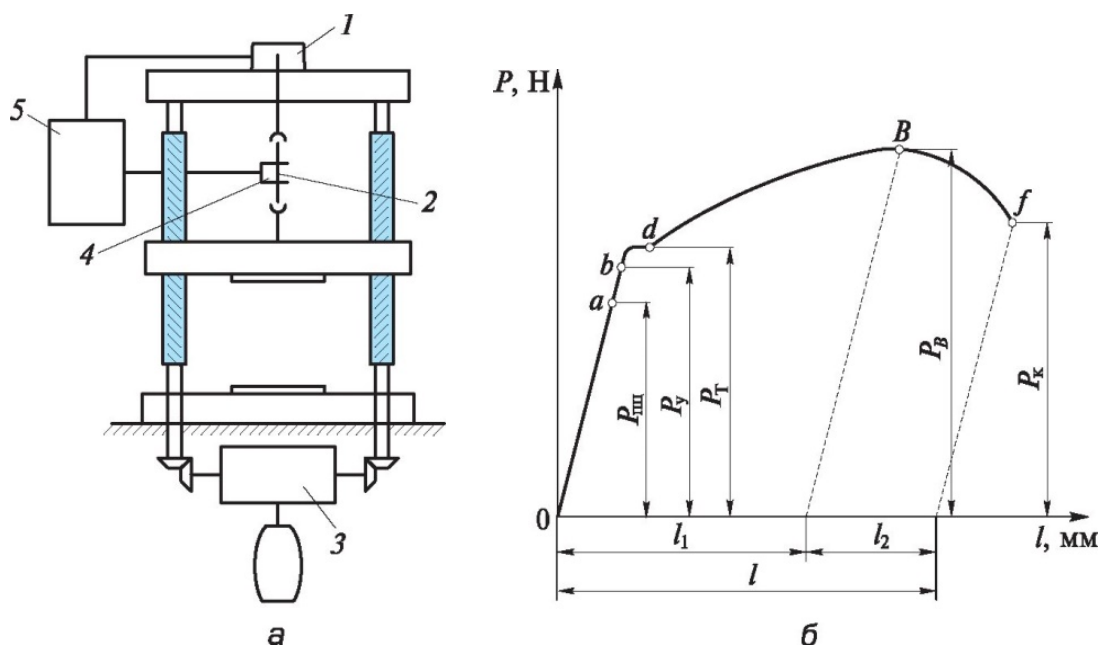
- технологиялық сынау (олар белгілі бір технологиялық процесс үшін материалдардың жарамдылығын анықтау кезінде пайдаланылады, сонымен қатар материалдың белгілі қасиеттерін, мысалы икемділігін бағалауға мүмкіндік береді).

Созылуды статикалық сынау шеңбер немесе тіктөртбұрышты кесу үлгісі созылатын арнайы сынау машиналарында (2.82, а-сур.) жасалады.

Жүктелетін қондырғыларының 3 көмегімен сыналатын үлгі 2 созылуға түседі. Түрлендіргіш 4 үлгінің деформациясын тіркесе, ал тіркеуіш құрылғы 5 (мысалы, диаграмма түрінде) түрлендіргішпен/бағаланатын тиісті жүктеме кезінде деформацияның алдын ала өзгеруін жазады.

1497 — 84 мемлекеттік стандартқа сәйкес машинаны қармаудың жылжу жылдамдығы үлгі ұзындығына тәуелді болмай, тең орнатылады: аққыштық шектеуі пайда болғанша — $0,6 \cdot 10^{-4}$ м/с-ден артық емес, аққыштық шектеуінен тыс — $2,4 \cdot 10^{-4}$ м/с-ден артық емес.

R, H жүктемесі мен D1 деформациясы арасындағы тәуелділікті көрсететін сынақ нәтижесі созылу диаграммасында көрсетілуі мүмкін (2.82, б-сур.).



2.82.-сур.Созылуға Статикалық сынау:

a — әмбебап сынақ машинасының конструкциясы; *б* — созылу диаграммасы; *l* және *4* — түрлендіргіштер; *2* — сыналатын үлгі; *3* — жүктейтін қондырғы; *5* — тіркеуші қондырғы

жүктеме мен деформацияның пропорционалдығынан шегіну басталатын *a* нүктесіндегі кернеу $\sigma_{\text{пц}}$ (0*a*-бөлігі) *пропорционалдық шегі*, деп аталады, ол былай анықталады:

$$\sigma_{\text{пц}} = \frac{P_{\text{пц}}}{S_0},$$

$P_{\text{пц}}$ — пропорционалдық шектеуіндегі жүктеме; S_0 — жұмыс бөлігінде көлденең кесудің бастапқы ауданы.

Пропорционалдық шектеуін дәлірек анықтау тензометрлермен жасалады.

Жүктеменің одан әрі артуы тиісті жүктеме P_y болған жағдайда, түзу сызықтан *b* нүктесіне дейін қисық шамалы ауытқуды тудырады, ол толық жойылған кезде үлгі қалдық деформацияны анықтамайды.

$$\sigma_y = \frac{P_y}{S_0}$$

формуласы арқылы есептелген кернеу σ_y *серпінділік шегі* деп аталады, ол тензометрдің көмегімен анықталады. Бұл да солай анықталады $\sigma_{0.05}$ — *серпінділіктің шартты шегі* —

абсолютті қалдық ұзарту үлгінің есептік ұзындығынан 0,05 %-ға жеткен кездегі кернеу.

$\sigma_{шц}, \sigma_y, \sigma_{005}$ шамалар сынаудағы материалдың серпінділік қасиеттері туралы талдауға мүмкіндік береді.

Жүктеменің одан әрі артуымен түзуден тиісті шекті жүктеменің d нүктесіне дейін одан да көп ауытқу байқалады, одан кейін жүктің одан әрі артуы болмайды, ұзару жалғаспайды, яғни металл жүктеме артпаса да деформацияға түседі.

$$\sigma_{гр} = P_j / S_0,$$

формуласы бойынша есептелген кернеу $\sigma_{маққышқтық шегі}$ деп аталады.

Жүктеменің одан әрі артуымен қисық созылу B нүктесіне дейін бірсарынды көтеріліп, P_B одан да көп күшіне сәйкес келеді.

$$\sigma_B = P_B / S_0,$$

формуласы бойынша есептелген кернеу $\sigma_{B, созылу кезінде уақытша қарсыласу}$ деп аталады

Қисық созылудың әрі қарай өзгеруі сынаудағы үлгі кернеу азайған кезде ұзаратынын көрсетеді, өйткені үлгінің жұмыс бөлігінде мойын түріндегі көлденең қиманың ауданында жергілікті азаюы пайда болады және f нүктесінде үлгі, сол кездегі қарсылық жүктемесінен төмен жүктеме P_k кезінде төмендейді.

Жүктеудің P_k үзілу кезінде көлденең кесу S_k ауданына қатысы

$$\sigma_k = P_k / S_k,$$

кернеуді береді, ол *үзілуге шынайы қарсыласу* деп аталады. Бұл шама Эта величина всегда больше временного сопротивления.

Созылуды сынау металдың ырғақтық, яғни деформациялану қасиетін де анықтауға мүмкіндік береді. DI үлгісінің қалдық деформациясы үлгінің Al және DI_2 барлық есептік ұзындығы бойынша біркелкі ұзаруынан тұрады.

Салыстырғанда, үзілуден кейін қалдық ұзару мына формула арқылы анықталады, %:

$$\delta = (l_k - l_0) / l_0 \cdot 100 = Al / l_0 \cdot 100,$$

l_k — үлгінің үзілгеннен кейінгі ұзындығы; l_0 — үлгінің бастапқы есептік ұзындығы.

Салыстырмалы тартылу мына формула арқылы анықталады, %:

мұнда S_0 және S_K — үлгінің сәйкесінше үзілуге дейін және одан кейін көлденең кесу аудандары.

Материалдарды статикалық сынаудың тағы бір әдісі - бұралу сынағы. Бұл әдіс бұралатын бөлшектер дайындалған материалдардың механикалық қасиеттерін бағалауға, мүмкіндік береді, созылу кезінде сынғыш материалдардың ырғақтылығын анықтауға, жылжу модулін және Пуассон ν коэффициентін табуға мүмкіндік береді. Созылуға қарағанда бұралу кезінде тіпті өте үлкен деформациялау кезінде де үлгі формасы өзгермейді, бұл кернеу мен деформацияны бағалауды жеңілдетеді.

Ереже бойынша, бұралуға тегіс дөңгелек, жиі құбырлы, қима цилиндрлік үлгілер сыналады, ал кейде арнайы мақсаттарға шаршы немесе басқа формадағы түрлері пайдаланылады.

Бұрау механикалық тартпалары бар машиналарда, сәйкесінше 200 Н • м; 500 Н • м және т.б. шектеулі бұралу кезімен үлгінің көлденең орналасуымен жүзеге асады.

Бұрау кезінде металдардың негізгі механикалық сипаттамаларын анықтау әдісі 3565 — 58 мемлекеттік стандартпен реттеледі.

Сынақ кезінде жүктеу процесі созылу қабылданғанға ұқсас. Нәтижесінде «бұрау сәті M – бұрау бұрышына қатысты 0» ($0 = j/l_0$, бұл жерде j — үлгі l_0 ұзындығының шеткі қиындыларының бұралу бұрыштарының әртүрлілігі секілді анықталатын бұрау бұрышы радианмен) координаттарда немесе «бұралу сәті M - салыстырмалы ең үлкен жылжу $v_{\max}$ » ($v_{\max} = 0d/2$, мұндағы d – үлгі диаметрі) координаттарда қисық бұралу орын алады.

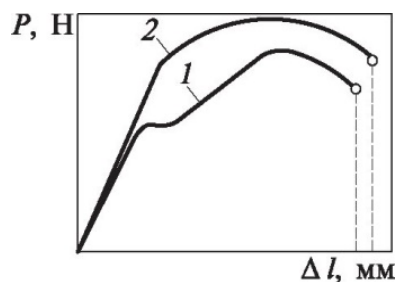
Бұралу кезіндегі шағын деформациялар үлгінің жұмыс ұзындығының шеткі қиындыларына орнатылған оптикалық-механикалық тензометрлермен немесе үлгінің өз осіне 45° бұрышта екі өзара перпендикуляр бағыт бойынша жабыстырылған кедергі тензоқадағалары арқылы өлшенеді.

Серпінділік аясында осы әдіспен жылжу модулін анықтайды (1-түр модулі, жанама серпінділік модулі) G :

$$G = \Delta M / (\Delta \theta J_p),$$

ΔM — 0-ден бастап пропорционалдық тәуелділік M аясында бұралу сәттерінің әртүрлілігі; $\Delta \theta$ — ΔM -ге сәйкес салыстырмалы бұралу бұрыштарының әртүрлілігі; J_p — кесу инерциясының полярлық кезі

2.83.-сур. Болаттың статикалық (7) және динамикалық (2) жүктемелерде созылуының диаграммасы



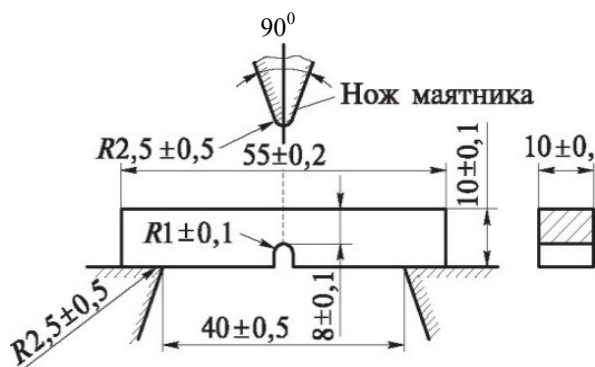
(диаметрі $dJ_p = \pi d^4/32$ толық шеңберлі кесу үшін).

Бұралу G сынағы кезінде табылған материалдың E қалыпты серпінділік модулін біле отырып, Пуассон m коэффициентін анықтауға болады:

$$m = \frac{E}{2G} - 1.$$

Динамикалық сынақтар - жүктеме жоғары жылдамдықпен салынатын сынақтар. Статикалық сынақтарға қарағанда аталған сынақтарда жүктемені салу жылдамдығы әлдеқайда жоғары. Ырғақты аймақта жүктемені салу жылдамдығының артуы ырғақты деформация материалының кедергісін арттыруға соқтырады, себебі серпінді деформацияның таралу жылдамдығы ырғақты деформациядан әлдеқайда жоғары. 2.83-суретте болаттың статикалық (қисық 1) және динамикалық (қисық 2) жүктемедегі созылу диаграммалары көрсетілген.

Матермалдардың динамикалық жүктеме ықпалына кедергісін бағалау үшін тербелістің дің көмегімен екпінді бүгіліске сынақ өткізіледі.



2.84.-сур. Екіпінді бүгіліске сынауға арналған үлгінің сызбасы

$H \cdot m$ -ге дәйектелген межелік немесе ұшу тілшігі бойынша үлгіні тілшікпен соғу кезінде бұзуға кеткен жұмысты W анықтайды.

Шойын тоқпақ тірегіне еркін орнатылған үлгі (2.84-сур) кесіктің (концентратор) қарама-қарсы орнының тарапынан бір рет соғу арқылы тілшіктің пышақтарымен бұзылады.

Конденсатор орнында көлденең кесу ауданына қатысын *соғу тұтқырлығы* деп атайды. Дж/м²:

$$K_C = W/S_0.$$

Өте сынғыш материалдарды, мысалы пластмассаларды бағалау үшін концентратсыз үлгілер пайдаланылады.

Соғу тұтқырлығы қалыпты, жоғары және төменгі температураларға сияқты анықталады.

Соғу тұтқырлығына материалдық химиялық құрамы, құрылымы, беткі қабатының күйі, металдардағы талшықтардың бағыты әсер етеді.

Шаршағыштық немесе төзімділікке сынау. Машиналар мен аппараттардың көпшілігін қолдану барысында көптеген бөлшектер циклдық қайталама-ауыспалы жүктемелердің ықпалына түсіп, материал бөлшектерінің шаршағыштығы туындайды.

Циклдық жүктемелердің ықпал ету кезінде металдардағы зақымданудың біртіндеп жиналуы *шаршағыштық* деп аталады.

Металдардың шаршағыштыққа қарсы тұру қасиеті *төзімділік* деп аталады. Шаршағыштықтың екі түрі бар: $\sigma_a < \sigma_{02}$ болған жағдайда серпінді орындарда циклдық деформация жүру кезінде пайда болатын көпциклды шаршағыштық және $\sigma_a > \sigma_{02}$ болған жағдайда серпінді-иілімді циклдық деформация кезінде пайда болатын шаршағыштық. Сондай-ақ шағынциклды шаршағыштыққа жылу және жылумеханикалық шаршағыштық та жатады.

Циклдық жүктеме кезінде кернеуді максималды s_{max} , минималды s_{min} және амплитудалық σ_a мәндері ерекшеленеді. Жүктеме циклдары симметриялық және симметриялық емес болып бөлінеді.

Жүктеме циклының симметриялылығы цикл асимметриясының коэффициентімен анықталады.

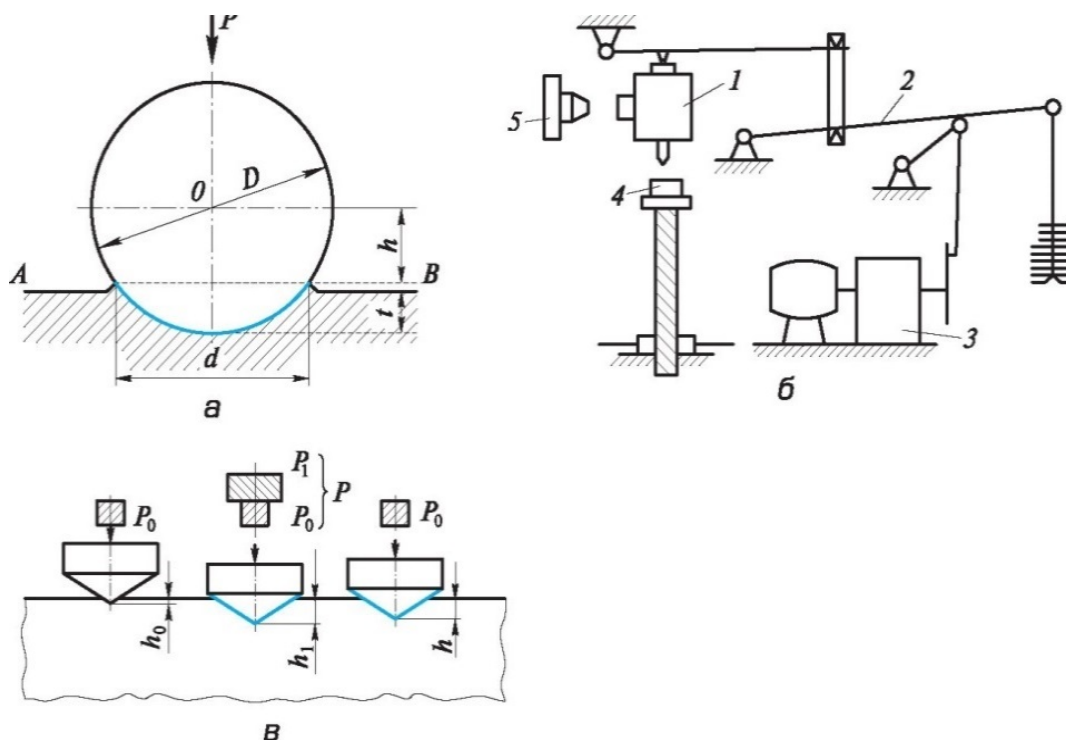
Шаршағыштыққа сынау барысында *шаршағыштық шегі* анықталады, яғни, ол - берілген саны бойынша жүктеменің ауысуы кезінде (цикл санында) үлгі бұзылмайтын ең үлкен кернеу. Болаттың шаршағыштық шегін 5... 10 млн цикл базасында, жеңіл ерітінділер үшін - 20 млн-ға дейінгі цикл базасында анықтайды.

Жүктеменің симметриялық циклында дөңгелек жалама үлгінің_{0.1 шаршағыштық шегі} төмендегі формула бойынша анықталады:

$$\sigma_{-1} = \frac{M 32 P l}{J_p n d^3},$$

M — үлгіні қауіпті кесудегі иілу сәті; J_p — үлгіні кесудегі полярлық сәті; P — үлгіге салынған жүктеме; l — иық; d — үлгі диаметрі.

Қ а т т ы л ы қ қ а с ы н а у . Статикалық жүктеме түсірілген кезде металдардың қаттылығын анықтаудың ең көп пайдаланылатын стандарттық әдіс: болат шармен (Бринелль бойынша), алмаз конуспен (Роквелль бойынша) және алмаз пирамидамен (Виккерс бойынша).



2.85.-сур.Металдардың қаттылығын анықтау:

a — болат шармен (Бринелль бойынша); $б$ — ТПШО әмбебап құрылғымен: 1 — индентор; 2 — жүктеу жүйесі; 3 — редуктор; 4 — үлгі; 5 — оптикалық бастиек; $в$ — алмаз конуспен (Роквелль бойынша)

Болат шармен қаттылықты анықтау әдісі (Бринелль бойынша) (2.85а-сурет) белгілі бір уақытта (9012-59 мем.стандарт) берілген жүктеменің ықпалына түсетін сынаудағы үлгіге белгілі бір диаметрі бар шындалған болат шардың тереңдігіне басып енгізуге негізделеді.

Бринелль және Виккерс бойынша қаттылықты анықтауға арналған ТПШО әмбебап құралының конструкциясы 2.85, б-суретте көрсетілген. Инденторға 1 арналған бастиекке орнатылған шар жүктеу жүйесінің көмегімен 2 үлгіге 4 басылып енгізіледі. Дақты өлшеу оптикалық бастиекпен 5 орындалады.

НВ қаттылығының бірлік саны шаршы метрге ньютонмен шығатын орташа қысым секілді анықталады, келесі формуламен есептеледі:
 P — басып енгізу күші, Н AB кеңістігіне қалыпты, стандартқа сәйкес орнатылған; S — шар кеңістігінің ауданы шар дағы, m^2 .

Іс жүзінде әртүрлі диаметрлі және қалыпты дүктемелер кезінде алынған дақтарға арналған НВ мәндері есептелген арнайы кестелер пайдаланылады.

Қаттылығы НВ 450-ден жоғары металды осы әдіспен сынау жүргізілмейді, өйткені айтарлықтай көп қателік болады.

Қаттылықты алмаз конуспен анықтау әдісі (Роквелль бойынша) (2.85, в-сурет) төмен түсірілген шындалған болаттан жасалған бұйымдар немесе 9013 — 59 мемлекеттік стандартына сәйкес қатты ерітінділер үшін пайдаланылады. Бұрышы 120° алмаз конустың жоғарысында радиусы $p = (0,2 \pm 0,005)$ мм-ге тең дөңгелегі бар.

Сынаудағы үлгіге екі бірізді салынатын жүктеменің: алдын ала 100 Н және жалпы 600 немесе 1 500 Н ықпалындағы алмаз конусты басып енгізумен қаттылық анықталады.

Алмаз конусқа алғашында алдын ала жүктеме (P_0) түсіріледі, нәтижесінде ол сынаудағы материалға шамалы ғана тереңдікте басылып енгізіледі. әрі қарай жүктеме келесі шамаға дейін үлкейеді

$$P = P_0 + P_1,$$

P_1 — негізгі жүктеме.

Жалпы жүктеме P 600 Н-ге (межелік А), 1 000 Н (межелік В) немесе 1 500 Н (межелік С) тең. Жалпы жүктеменің P ықпалынан конус тереңдікке h басылып енеді.

Содан кейін негізгі жүктеме P_1 алынады, бірақ алдын ала жүктеме P_0 қалады. Басып енгізу тереңдігі h сынаудағы материалдың қаттылығын сипаттайды (R).

А және С межелігі бойынша өлшеу бойынша

$$h = 100 - e.$$

В межелігі бойынша өлшеу кезінде

$$h = 130 - e,$$

где $e = \frac{h^2}{4L}$.

Қаттылық саны сынақ өткізілген межеліктің (В, С, А) белгілерін қосумен HR арқылы белгіленеді.

Мысалы:

HRB— жүктемесі 1 000 Н шармен сынау;

HRC— жүктеме 1 500 Н болған жағдайда алмаз конуспен сынау;

HRA— жүктеме 600Н болған жағдайда алмаз конуспен сынау.

Қаттылықты өлшеу шектері аталған межеліктер бойынша 2.17.-кестеге сәйкес орнатылады.

Қаттылықты алмаз пирамидамен анықтау әдісі (Виккерс бойынша) (2999 — 75 мем.стандарт) сынаудағы материалға шаршы негізді және төбесіндегі бұрышы $136^\circ \pm 30'$, дұрыс, төрт қырлы, стандарт өлшемді пирамидасын басып енгізуді ұйғарады. Басып енгізу жүктеменің 50, 100, 200, 300, 500, 1 000 Н-да ықпалымен жүргізіледі.

Шаршы диагоналінің ұзындығы бойынша алмаз пирамиданың дағын өлшей отырып, қаттылық бірлігінің санын анықтайды:

$$HV = \frac{P}{d^2},$$

P — пирамидасына жүктеу шамасы, Н; d — екі диагональдің орташа арифметикалық дағы, м.

2.17.-кесте. В, С, А межеліктері бойынша қаттылық бірліктерінің сәйкестігі

белгілеу		Роквелль бойынша өлшеу шектері қаттылық бірліктерімен	Қаттылық санының Виккерс бірліктері бойынша жақын мәндері
межеліктер	Қаттылық саны		
В	HRB	25...670	60.228
С	HRC	25...670	228.900
А	HRA	70...850	390.1 170

Алынған қаттылық саны HV жүктеме және оның салыну уақытының индекстерімен белгіленеді. Мысалы: HV 100/30 — 500 30 с уақыт ішінде 100 Н жүктеумен сынау кезінде қаттылық санын білдіреді «500».

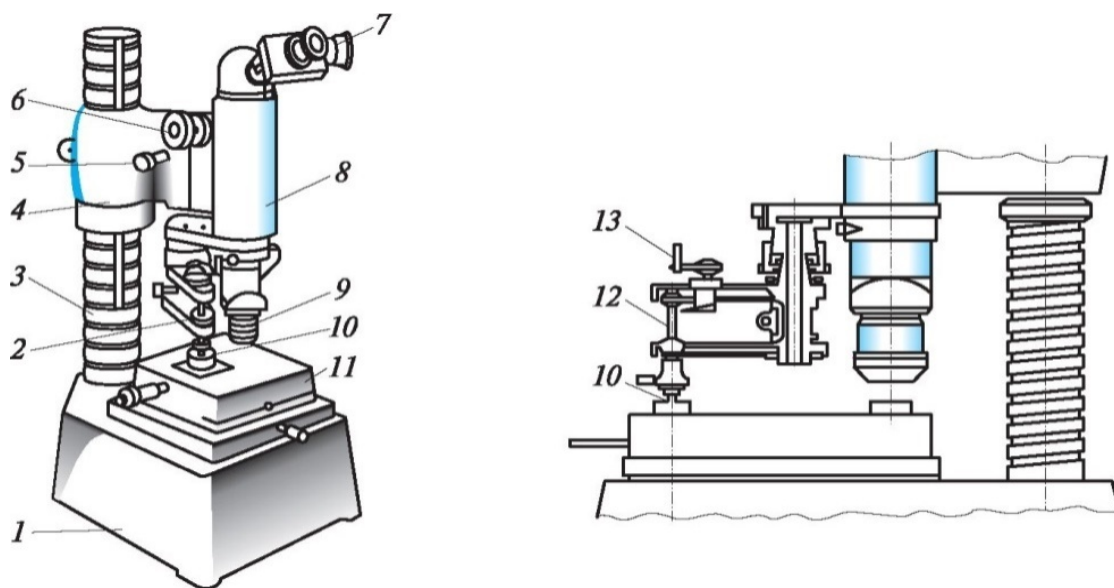
Қаттылық саны HV 450 мәнге дейінгі қаттылық сандарымен HB сәйкес келеді.

Шағын қаттылықты анықтау ұсақ бөлшектер, жұқа металл ленталар, дара құрылымдық ерітінділер, жұқа беткі қабаттар, яғни кішкентай көлемдегі қаттылықтарға жүргізіледі.

Шағын қаттылықтарды өлшеу дақ диагоналінің өлшемін анықтау үшін алмаз пирамида мен микроскоптарды жүктеуге арналған құралдарды біріктіру принципі бойынша құрылған шағын қаттылық өлшеуіштер қолданылады.

2.86-суретте ПМТ-3 шағын қаттылық өлшеуіштер көрсетілген. Құрал тік тірегі 3 бар көлемді негізден 1 тұрады, тірек бойымен окулярлы микрометрі 7, объективі 9, жарықтандырғыш және жүктеу механизмі 2 бар өлшеу микроскопы 8 жылжып отырады.

Микроскоп анық көрінетін қашықтықта нобайлап баптау 6 және нәзік күйге келтіру 5 бұрандаларымен жабдықталған. Микровинтті нәзік күйге келтірумен 5 бөлу бағасы 0,002 мм.



2.86.-сур.Шағын қаттылықты өлшеуіш ПМТ-3:

1 — негіз; 2 — жүктеу механизмі; 3 — тірек; 4 — кулиса; 5 — нәзік күйге келтіру бұрандасы; 6 — нобайлап баптау бұрандасы; 7 — окулярлы микрометр; 8 — өлшеу микроскопы; 9 — объектив; 10 — алмаз пирамида; 11 — заттық үстел; 12 — өзекше; 13 — сап

Сынақ үлгісі екі бағыт бойынша өздігінен жылжитын заттық үстелге 11 орнатылады, бағыттар: координаттық (екі микрометрлік бұрандалардың көмегімен) және айналмалы (шарларда) 180° -та. Заттық үстелдің координаттық жылжуы алмаз пирамидасының 10 үлгінің кез келген нүктесіне басып енгізілуіне мүмкіндік береді. Үстелдің шеңбер жасай отырып жылжыған кезде дағы бар үлгі өлшеу микроскопының объективіне түседі.

Жүктеу механизмі 2 алмаз пирамидасымен 10 өзекшесі 12 бар. Жұмыс 0.02-ден 2-ге дейінгі ойылған жері бар тығырық түріндегі гірлермен пайда болады, олар тіреуге 12 орнатылады. Дақты алу үшін алмаз пирамидасы бар өзекше саппен 13 көтеріледі және түсіріледі. Саптың 13 біркелкі қайталауымен жүктеледі. Толық жүктеме 10 секунд аясында көтеріледі және содан кейін біртіндеп алынады.

Қаттылық бірілігінің саны да Виккерс бойынша алмаз пирамидасының қаттылығын сынау кезіндегі формуламен (2.1-формуласы) анықталады.

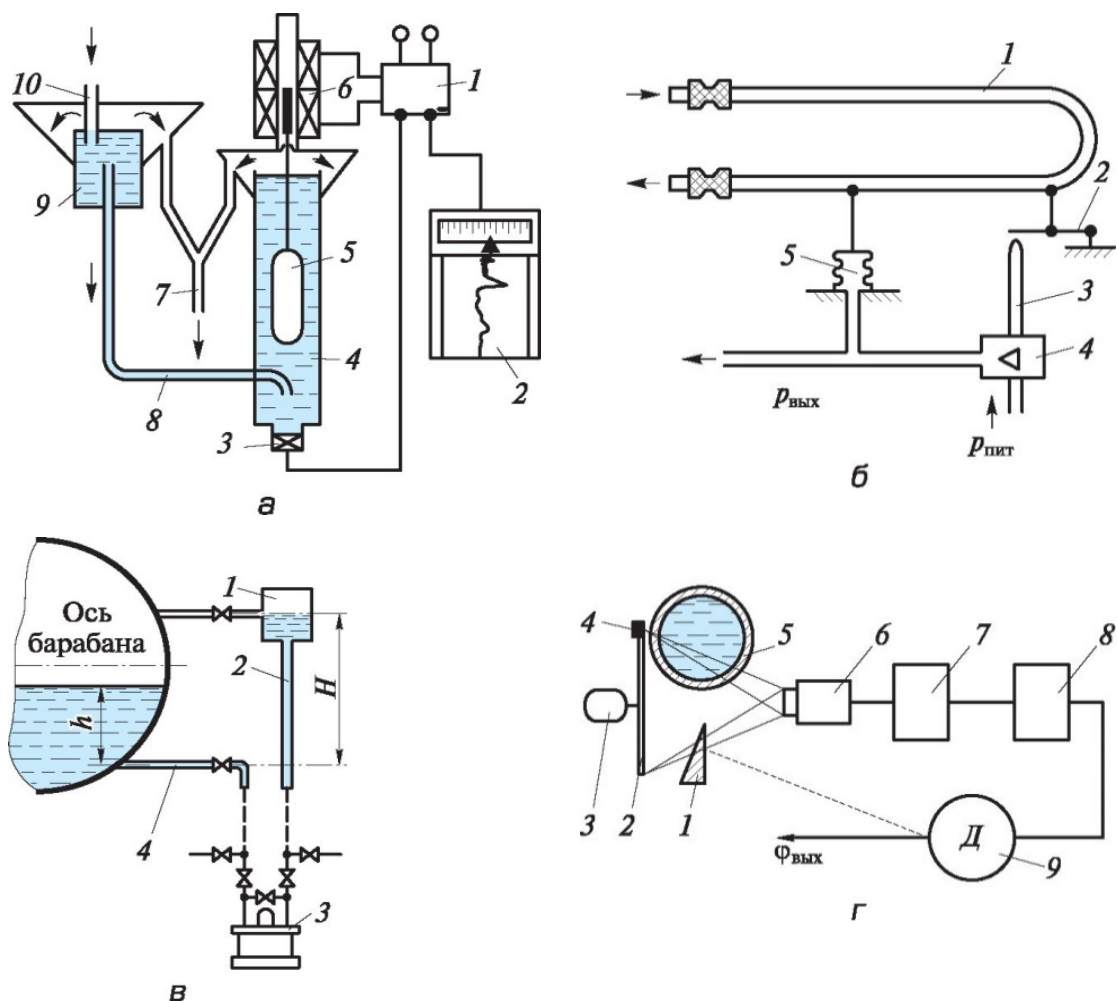
Тығыздықты өлшеу. Сұйық және сусымалы денелердің тығыздықтарын өлшеуге арналған құралдар әрекет ету принциптері бойынша қалтқылы, салмақтық, манометриялық, дыбыстық және радиоизотопты болып бөлінеді.

Қалтқылы тығыздық өлшегіштерде (ареометрлерде) қалқымалы қалытқы қағидасы қолданады. Осы қағидаға сәйкес жұмыс істейтін тығыздық өлшегіштің сызбасы 2.87, а-суретте көрсетілген. Сұйықтық құбыр арқылы 10 толастамалы ыдысқа 9 түседі, бұл тұрақты тегеурінді қамтамасыз етеді. Әрі қарай құбыр арқылы 8 сұйықтық аударып құю құрылғысы бар өлшем камерасына 4 түседі. Артық сұйықтық 7 құбырмен ағып кетеді.

Сұйықтықтың тығыздығын өлшеу қалтқының 5 және оның кіндік темірінің тігінен жылжуына алып келеді. Бұл қозғалыс көпір 1 сызбасына енгізілген индуктивті түрлендіргіш 6, көмегімен өлшенеді және көрсеткіш құрылғысында 2 тіркеледі. Температураны әсерін өтеу көпірдің өлшеу сызбасына қосылған терморезистормен жүзеге асады. Қалтқының ең үлкен бағыты - 200 мм.

Салмақтық немесе пикнометриялық әдістер, көлемі өзгермеген кезде сұйықтық массасы тығыздыққа тікелей пропорционал болатынына негізделеді. Демек, құбыр арқылы ағып жатқан заттардың кейбір тұрақты мөлшерін үздіксіз өлшеу арқылы оның тығыздығын өлшеуге болады.

2.87, б-суретте салмақтық тығыздық өлшеуіштің сызбасы ұсынылған. Құралдың сезгіш элементі U-образдық құбыр болып табылады,



2.87.-сур. Сұйық денелердің тығыздығын өлшеу әдістері мен құралдары:

а — қалтқылы тығыздық өлшегіш сызбасы: *1* — көпір; *2* — көрсеткіш құрал; *3* — терморезистор; *4* — өлшегіш камера; *5* — қалытқы;

б — индуктивті түрлендіргіш; *7*, *8* және *10* — құбырлар; *9* — аударып құю сауыты; *б* — салмақтық тығыздық өлшеуіш сызбасы: *1* — трубка; *2* — жапқыш; *3* — шүмек;

4 — пневмокүшейткіш; *5* — сильфон; *в* — тығыздықты өлшеудің манометриялық әдісі: *1* — теңдеуші сауыт; *2* және *4* — трубкалар; *3* — дифференциалды манометр; *г* — изотопты тығыздық өлшегіш сызбасы: *1* — өтемдік сына; *2* — диск; *3* — қозғалтқыш; *4* — сәулелендіру көзі;

5 — құбыр өткізгіш; *6* — есептеуіш; *7* — біріктіруші құрал; *8* — күшейткіш; *9* — қозғалтқыш

оның массасы онымен ағып жатқан сұйықтықпен бірге үздіксіз өзгереді. Құбыр массасы / сұйықтықпен бірге жапқышқа 2 көлегейленген шүмекті 3 жіберіп, пневмокүшейткіш 4 арқылы біркелкіленген пневматикалық сигнал ретінде құралға беріледі. Құбыр арқылы ағатын сұйықтықтың тығыздығы өзгерген жағдайда оның массасы өзгермейді және жапқыш 2 шүмекке 3 жақындайды немесе алыстайды.

Тығыздықтың өзгеруіне сәйкес пневмокүшейткіш 4 шықпасындағы ауаның қысымы да өзгереді. Сильфонның 5 көмегімен кері байланыс жүзеге асып, сұйықтық тығыздығын тиісінше өлшейтін жүйедегі тепе-теңдік қалпына келеді.

Салмақтық тығыздық өлшеуіштер тұтқыр сұйықтық, суспензия және құрамында қатты қоспалар бар сұйықтық тығыздығын өлшеу үшін қолданылады. Мүмкін газ тығыздығын да.

Тығыздық өлшеудің *манометриялық әдістері* тереңдіктегі H сұйықтық қысымы p негізінің ауданы 10^{-4} м^2 болған жағдайдағы сұйықтықтың бағанасының массасына теңдігіне негізделеді:

$$p = \rho d n.$$

Сонда

$$p = p'(g^H).$$

Сұйықтық бағанасының өзгеріссіз биіктігі кезінде қысым оның тығыздығының шамасы болып табылады. Сұйықтық бағанасының қысымын өлшеу тұрақты деңгей болғанда сұйықтық деңгейін манометриялық деңгей өлшегіштермен (2.87 - сур.) өлшеуге ұқсас жүргізіледі. Дифференциалды манометрдің 3 жылылық камерасы теңдестіргіш сауыты бар 1 трубкмен 2 біріктірілген, ал минустық камерасы — резервуардың су кеңістігінің төменгі жағы трубкамен 4 біріктірілген. Сауыттағы сұйықтық деңгейіне 1 тұрақты қолдау көрсетіледі және оның тығыздығын дифманометр бойынша анықтауға болады.

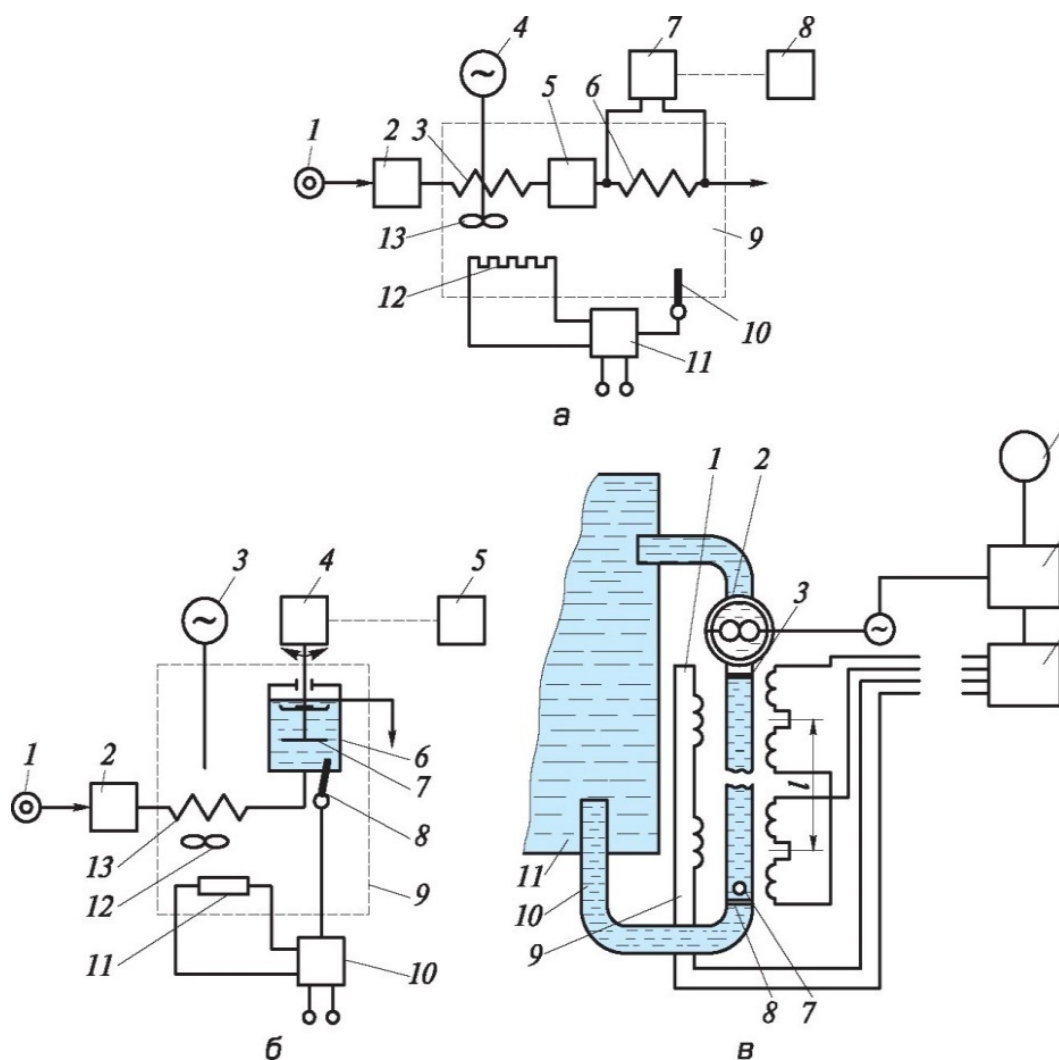
Ультрадыбыстық тығыздық өлшегіштерде ультрадыбыстың мұйықтықта таралу жылдамдығының оның тығыздығына тәуелділігі пайдаланылады. Ультрадыбыстық тербелістердің таралу жылдамдығын өлшей отырып, оның тығыздығын талдауға болады.

Тығыздықты өлшеудің *радиоизотопты әдістері* тығыздығының өзгерісіне байланысты өзгертін заттар арқылы сәулелер өткен кезде радиоактивті көздің g -сәулеленуін жұтуды өлшеуге негізделген.

Радиоизотопты тығыздық өлшегіштің сызбасы 2.87, g -суретте келтірілген. Құбыр өткізгіштің 5 сынақ сұйықтығы ағатын бөлігіндесәулелену көзін 4 және есептегішті 6 орнатады.

Сәулелендіру ретуінде радиоактивті изотоп ^{60}Co пайдаланылады; g -сәуле таратушы 4 қозғалтқыштан 3 айналатын дискке 2 орнатылады. Сәулелену бірте-бірте бір сцинтилляциялық есептегіш 6 түседі: құбыр өткізгіш арқылы 5, өтемдеуші сына 1 арқылы. Есептегіштен 6 сигнал біріктіруші құралға 7 және ауыспалы тоқтың күшейткішіне келіп түседі 8.

Күшейтілген сигнал реверсивтік қозғалтқышты 9 басқарады, ол өтемдеуші сынаны 1 сцинтилляциялық есептегішке түсетін ағын тең болатындай етіп жылжытады. Көрсеткіш құралды бағыттауышы байланысқан сынаның жылжу шамасы сұйықтықтың тығыздығының өзгеруіне пропорционал.



2.88.-сур. Сұйық денелердің тұтқырлығын өлшеу әдістері мен құралдары

a — капиллярлық вискозиметр сызбасы: 1 — сынама іріктеу нүктесі; 2 — сорғы; 3 — иректүтік; 4 — электрқозғалтқыш; 5 — шығын реттеуші; 6 — капилляр; 7 — дифференциалды манометр; 8 — қайталама құрал; 9 — термостат; 10 — термометр; 11 — регулятор; 12 — нагреватель; 13 — мешалка; *б* — ротациялық вискозиметр сызбасы: 1 — сынама іріктеу нүктесі; 2 — сорғы; 3 — электрқозғалтқыш; 4 — өлшеуші блок; 5 — көрсеткіш құрал; 6 — жұмыс камерасы; 7 — ротор; 8 — жылусезгіш элемент; 9 — термостат; 10 — реттеуші; 11 — қыздырушы; 12 — араластырғыш; 13 — иректүтік; *в* — құлайтын денемен автоматты вискозиметр сызбасы: 1 және 9 — шарғылар; 2 — сорғы; 3 және 8 — шектеуші торлар; 4 — қайталама құрал; 5 — релелік блогы; 6 — күшейткіш; 7 — шар; 10 — өлшеу трубкасы; 11 — резервуар

g-сәулелермен жарықтандыру әдісі плиталар, бетон блоктар, топырақты қойыртпақ және т.б. тығыздықтарын анықтауда кеңінен пайдаланылады.

Тұтқырлықты өлшеу.өндірістің көптеген салаларында технологиялық процестерде сапа көрсеткіші сұйық заттардың тұтқырлығы болып табылады. Сұйықтық тұтқырлығы вискозиметрлермен өлшенеді.

Вискозиметрлерді өлшеу әдісі бойынша төмендегідей бөлуге болады:

- капиллярлық (тұрақты шығынмен сұйықтық өтетін капилляр қысымының төмендегенін өлшеу);
- ротациялық (сұйықтықта қатты дененің айналуы кезінде пайда болатын күшті өлшеу);
- құлайтын денемен (берілген биіктікте сұйық қабатта қатты дененің құлау уақытын өлшеу);
- вибрациялық (сынақ сұйығындағы пластинаның серпінді тербелісінің өшу жылдамдығын өлшеу).

*Капиллярлы вискозиметр*сызбасы 2.88, *a*-суретте келтірілген.Сынаманы іріктеу нүктесінен *I*өнім сорғымен иректүтік 3және шығын реттеуіші 5арқылы капиллярғабберіледі. Құралдың негізгі бөліктері маймен толықтырылатын араластырғышы 13 бар термостатқа 9 орналастырылған. Араластырғыш 13 тартпасын электрқозғалтқыш 4 жүзеге асырады. Ваннадағы температураға қыздырғышпен 12 басқарылатын реттеуіштің 11 тұрақты көмегі беріліп отырады. Дифференциалды манометр 7 капиллярдағы төмендеген қысымды өлшейді және тұтқырлық бірліктеріне градусталған қайталама құралға 8 көрсеткіштерді жібереді.

Құралдың қателігі негізінен сынақ сұйығының шығыны мен температурасын (температураның 1 °C-қа өзгеруі 10% қателікті береді) нақты қолдаумен анықталады.

Капиллярлы вискозиметрлер 150 °C-та 0,12 м²/с (15° ВУ)-ке дейін тұтқырлық аумағында айданды өнімдерді және майларды талдау үшін пайдаланылады. Мұндай құралдардың қателік жіберуі тұтқырлықты өлшеу аумағының 1 ...2% құрайды.

Ротациялық вискозиметрлер айналатын элементтің пайдаланылатын формасына және айналу сәтін өлшеу тәсіліне байланысты ажыратылады. Айналатын элемент ретінде пластиналар, цилиндрлер, қалақтар, диск жиынтықтары және т.б. пайдаланылады.

Айналу кезі келесі тәсілдермен анықталады: айналатын элемент тартпасының электрқозғалтқышы пайдаланатын тоқ күшімен;

Теңдестіретін торсионды серіппенің бұрылыс бұрышымен; тартпа электрқозғалтқышы статорының реактивті кезімен.

2.88,б-суреттеротациялық вискозиметр сызбасы ұсынылған. Жылусезгіш элемент 8 жұмыс камерасына 6 тікелей орналастырылады. Өлшеуші блок 4 ротор 7 тартпасының түйінінен және айналу сәтін өлшеуге арналған құралдан, көрсеткіштерді көрсеткіш құралға 5 жіберуден тұрады.

Құлайтын денесі бар вискозиметрлердің бірінің сызбасы 2.88, в-суретте көрсетілген. өлшеу циклдык түрде жүргізіледі. Шарды 7 бастапқы қалпына көтеру сынақ сұйығының тістегірішті сорғымен 2 пайда болатын шығу тоғының есебінен жүргізіледі.

Сұйық сынамаcы резервуардан 11 өлшеу трубкасына 10 орғымен алынады. Шар төменгі шектеуші торда 8 жұмыс істемейтін қалыпта жатып, сорғы қосылған кезде жоғарғы шектеуші торға 3 дейін көтеріледі. Шар мен шектеуші тор 3 жанасқан кезде сорғы 2 өздігінен сөніп, шар сынақ сұйығының жылжымайтын ортасына түседі.

Магнитті емес материалдан жасалған өлшеу трубкасына 101 және 9 шарғылар, дифференциалды-трансформаторлық сызба бойынша қосылған алғашқы және қайталама ораулар орнатылған. Шарды шарғылар арқылы өтуі кезінде бақылау сызбасының кірісінде теңгерімсіздік сигналы пайда болып, электр күшейткішпен 6 күшейтіледі. Тістегірішті сорғының өздігінен қосыуы және шардың құлау уақытын есептеу релелік блогымен 5 және қайталама құралымен 4 жүзеге асады. Вискозиметрдің өлшеу шегін шарғылар мен шар өлшемін іріктеу арасындағы әртүрлі ара қашықтықты орнатумен өзгертуге болады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Заттар мен материалдар қандай негізгі механикалық қасиеттермен сипатталады және олар қандай бірліктермен бағаланады?
2. Өндірісте металдарды механикалық сынаудың қандай түрлері орындалады?
3. Металл қаттылығын бақылаудың қандай құралдары қолданылады?
4. Сұйық және сусымалы денелердің тығыздығы немен ерекшеленеді және бұл құралдардың жұмыс істеу принципі қандай?

2.4. ЖЫЛУ ШАМАЛАРЫН ӨЛШЕУ ЖӘНЕ БАҚЫЛАУ

2.4.1. Температураны өлшеу жәнк бақылау әдістері мен құралдары

Температура - дененің жылу күйін сипаттайтын және дене молекулаларының орташа кинематикалық энергиясына пропорционалды болатын статистикалық шама. Температура бірлігі -кельвин (К). Температура Цельсий (° С) градустарында даұсынылуы мүмкін. Кельвин межелігінің нолі абсолютті нольге тең, сондықтан осы межелік бойынша барлық температура оң болады. Цельсий мен Т Кельвиндегі температура t арасындағы байланыс келесі теңдеумен анықталады:

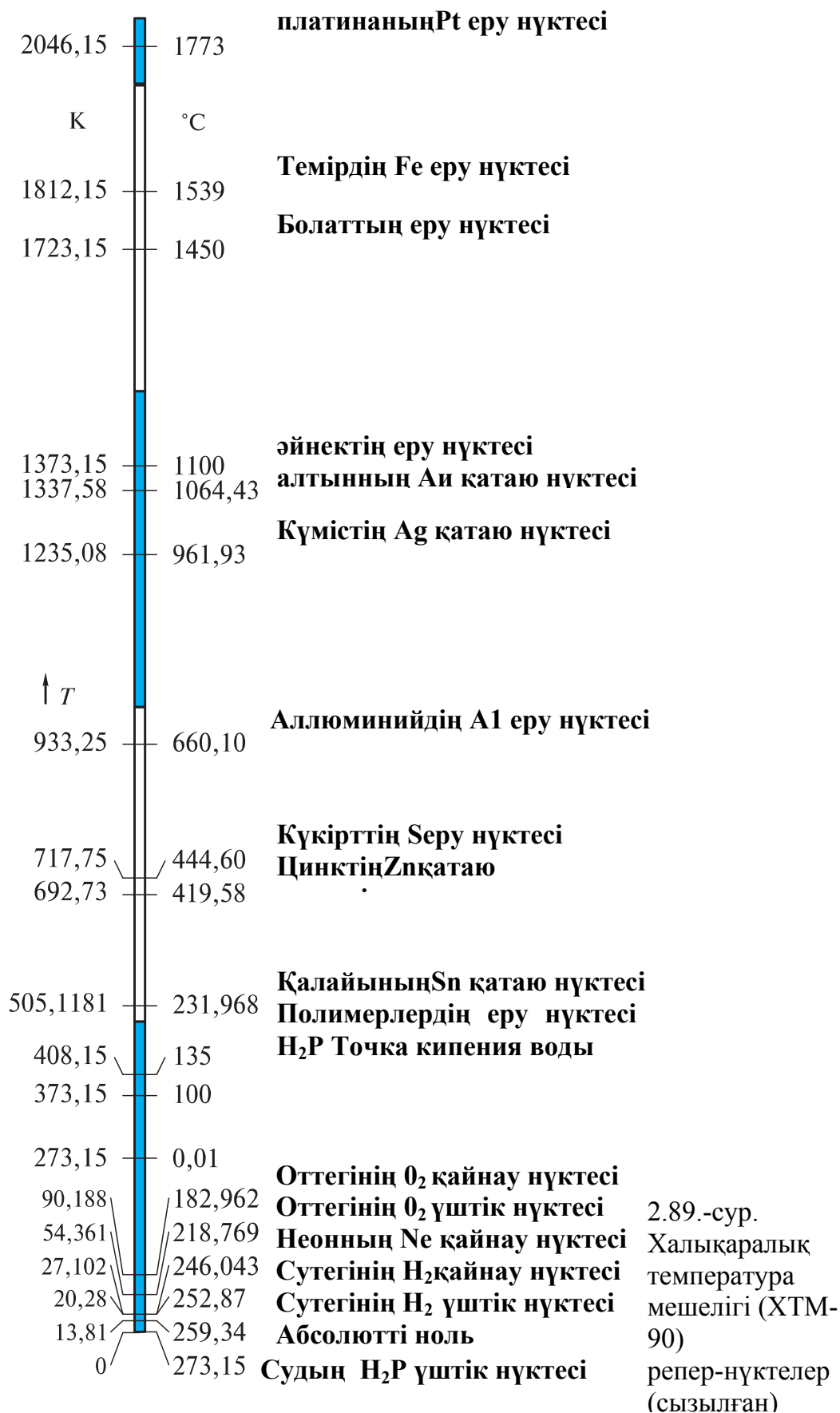
$$t = T - 273,16.$$

Температураны тікелей, мысалы сызықты өлшемдер сияқты өлшеу мүмкін емес. Сондықтан, температура жанама түрде анықталады - термометриялық деп аталатын түрлі денелердің физикалық қасиеттерін өзгерту арқылы.

Температураны өлшеу өлшеу ақпараты (температура) сигналының температураға қатысты қандай да бір қасиетке өзгеруімен байланысты. Температураны өлшеуге қатысты тәжірибелік мақсаттар үшін барлық метрологиялық органдар үшін міндетті болып табылатын Халықаралық температура межелігі (ХТМ-90) (2.89-сурет) қабылданды. Ол белгілі бір температуралық мәндер берілген кейбір заттардың тепе-теңдігінің (референттік нүктелерінің) бірнеше қайталанатын күйлеріне негізделген.

Температураны өлшеу үшін келесі әдістер ең көп тараған, олар негізделген:

- Сұйық, газ тәрізді және қатты денелердің жылуының кеңейтілуіне (термомеханикалық әсер);
- Температура (манометриялық) өзгерген кезде жабық көлемнің ішінде қысымның өзгеруіне;
- Денелердің электрлік кедергілерін температура (терморезистор) өзгерген кезде өзгертуге (терморезисторы);
- Жылуэлектрлік әсерге;
- Қызған денелердің электромагнитті сәулеленуін пайдалану.



температураны өлшеуге арналған құралдар *термометрлер* деп аталады. Олар екі үлкен топқа бөлінеді: байланысты және байланыссыз.

Температураны байланысты өлшеу. Кеңейту термометрлері. Температураны байланысты өлшеу тәжірибесінде кеңінен тараған. Механикалық термометрлердің негізгі түрлері, олардың метрологиялық сипаттамалары, артықшылықтары, кемшіліктері мен көлемі 2.18.-кестеде келтірілген.

Сұйық шыны термометрлер құрылымдық түрде шыбықтық (2.90-сурет, а) және кірістірілген межелігі бар техникалық (2.90-сурет, б) болып бөлінеді. Олардың әрекет принципі шыны қабықша салынған термометриялық сұйықтықтың температурасы мен көлемі арасындағы байланысқа негізделген. Сұйықтықты термометр шыны қабықшаның 1, капиллярлық трубкалардан 3, артық резервуардан 4 және межеліктен тұрады. Термометрлік сұйықтық резервуар мен капиллярлық түтіктің бір бөлігін толтырады. Капиллярдағы бос кеңістік инертті газбен толтырылады немесе одан ауа алынады.

Термометрлік сұйықтық ретінде органикалық толтырғыштар пайдаланылады: толуол, этил спирті, керосин, пентан. Сынап толтырылған термометрлер кеңінен қолданыс тапқан. Бұл сынаптың кең ауқымдағы температурада сұйық күйде болып, шыныға жағылмайтын қасиетіне байланысты, ол диаметрі шағын (0,1 мм-ге дейін) және жоғары өлшеу дәлдігін қамтамасыз ететін капиллярларды пайдалануға мүмкіндік береді. Осылайша, 1-ші санның сынаптық үлгілік термометрлер $0,002 \dots 2$ °С қателікке ие.

Органикалық толтырғыштар төменгі температурамен, аз құндылығымен, өлшеудегі көп қателігімен сипатталады.

Шыны термометрлер тағайындалуы мен пайдаланылу саласына байланысты үлгілік, техникалық, тұрмыстық, метеорологиялық болып бөлінеді.

Зертханалық термометрлер төрт аумаққа бөлінген $0 \dots 500^\circ\text{C}$ температура интервалында өлшеуді қамтамасыз етіп, $\pm 0,01^\circ\text{C}$ ($0 \dots 60^\circ\text{C}$); $\pm 0,02^\circ\text{C}$ ($55 \dots 155^\circ\text{C}$); $\pm 0,05^\circ\text{C}$ ($140 \dots 300^\circ\text{C}$) и $\pm 0,1^\circ\text{C}$ ($300 \dots 500^\circ\text{C}$)-тан аспайтын қателіктерді алуға мүмкіндік береді.

Техникалықтар ретінде енгізілген тек межелігі бар термометрлер пайдаланылады, олардың екі модификациясы бар: тік және бұрыштық. Рұқсат етілетін қателігі бөлуге тең. Технологиялық агрегаттардың әртүрлі нүктелерінде стационарлық пайдалану кезінде

2.18.-кесте.негізгі метрологиялық сипаттары механи

Құрал атауы	Құрал түрі	өлшеу шектері, °C	өлшеу қателігі, %	қарқындылық
Кеңейтудің металл термометрлері	Дилатометриялық	0...1000	±5	үлкен
	Биметалл	0...500	±5	»
Сұйықтық Термометрлері	Сұйықтық шыны	-55. +600	±1	»
	Сұйықтық манометриялық	-30. +600	±1	»
	Конденсациялық манометриялық	0.400	±1	шағын
Газ Термометрлер	Гелийлік толтырумен			

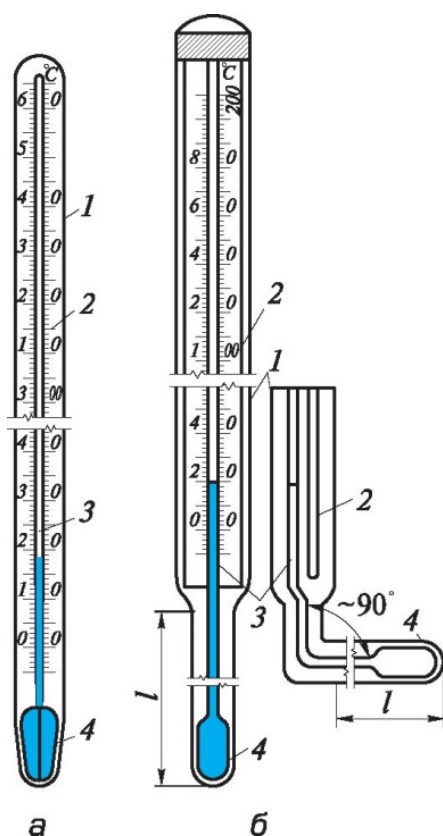
Термометрлер арнайы металл қорғаныс қаптарға орнатылады. Лабораториялық және өнеркәсіптік қондырғыларда позиционалды реттеу және дабыл қаққышты қамтамасыз ету үшін екі типтегі арнайы электрлік байланысты термометрлер қолданылады: 1) электрлік схемаларды бір, екі немесе үш алдын ала белгіленген температурада матасу және ажырасуды қамтамасыз ететін ұдайы дәнекерленген байланыстармен;

ческих контактных термометров

Артықшылығы	Кемшіліктер	Пайдалану саласы
арзан, сенімді, аз уақытта істен шығатын; өте үлкен қайта орнату күштері	аз нақтылық, жоғары емпінділік	Температура сөндіргіштері
Арзан, сенімді; өте үлкен қайта орнату күштері	Төменгі нақтылық	Температураны бағалайтын бақылау, температура сөндіргіштері
өте арзан	Шағын механикалық төзімділік, қашықтықтан басқару жоқ	Зертханалық термометрлер, тұрмыстық термометрлер
арзан, сенімді, сыртқы энергия көздерін қажет етпейді; 50 м-ге дейін қашықтықтан басқару, өте үлкен қайта орнату күштері	Қосылу капиллярының температурасы құралдың көрсеткішіне әсер етеді	Өндірістік термометрлер, термореле
Тағы солай	Сызықтық емес статикалық сипаттама	Тағы солай
өлшеу принципі термодинамикалық температурамен анықтауға сәйкес келеді	Шағын механикалық төзімділік, өлшеу процесінің үлкен еңбек сыйымдылығы	Тексеру (калибрлейтін) работы

2) бір жылжымалы байланыспен (магниттің көмегімен капиллярдың ішінде жылжиды) және капиллярға дәнекерленген екінші жылжымайтын, ол температураның кез келген мәнінде электр тізбегінің матасуымен ажырасуын қамтамасыз етеді.

Капиллярда қозғалатын сынап тұрақты немесе ауыспалы тоқ кернеуі келетін байланыстар арасындағы тізбектерді матастырады немесе ажыратады, кернеу 0,3 В-дан артық емес болғанда жүктеме 0,5 мА аспауы тиіс.



2.90.-сур.Сұйықтықтық шыны
термометрлер:

а — шыбықтық; *б* — енгізілген межелігі
бар технический; 1 — шыны қабықша; 2 —
межелік; 3 — капилляртрубка; 4 — артық
резервуар

*Биметалл және дилатометриялық
термометрлер рәртүрлі деңгейдегі қатты
денелердің температуралыра өзгерген
кезде өзінің сызықтық өлшемін өзгерту
қасиетіне негізделген.*

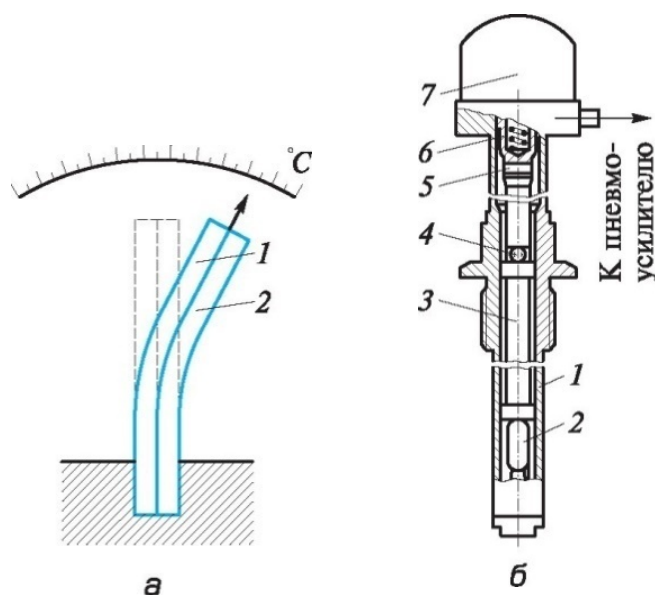
Негізінен, металдар мен олардың
ерітінділері сызықтық кеңейтудегі
жоғары температуралық коэффициенті
бар материалдарға жатады. Осылайша,
ол жез үшін $(18,3... 23,6)10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ тең, ни-
кельдік болат үшін $20 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Сондай-
ақ сызықтық кеңейтудің төменгі
коэффициенті бар ерітінділер бар: темір
никель қорытпасының ерітіндісі — $0,9 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$,
ерітілген кварц — $0,55 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

2.91, *а*-суретте биметалл термометрдің конструкциясы ұсынылған,
онда жылу сезгіш элемент ретінде айтарлықтай әртүрлі сызықтық
кеңейту коэффициенті бар екі қабатты пластина пайдаланылады:
жез/және инвара 2. температура ұлғайған кезде пластинаның еркін ұшы
мателл жағына аз коэффициентпен майысады, осы қозғалыс шамасы
бойынша температура талданады.

Құрылғының аталған түрі дабыл қаққыш және өзін өзі реттеу
жүйелерінде, сонымен қатар өлшеу құралдары, мысалы радиациялық
пирометрлерде, манометрлік термометрлерде және т.б. температуралық
өтемдеуіш ретінде пайдаланылады.

2.91, *б*-суретте температураның пневматикалық дилатометриялық
түрлендіргішінің сезгіш элементінің сызбасы келтірілген.

Жезден (тоттанбайтын болаттан) жасалған корпусында 1 темір
никель қорытпасынан (кварцтан) орындалған трубка 3 және өзекше 2
бар. Өзекше 2 трубка 3 және итергіш 5 арқылы серіппенің 6 көмегімен



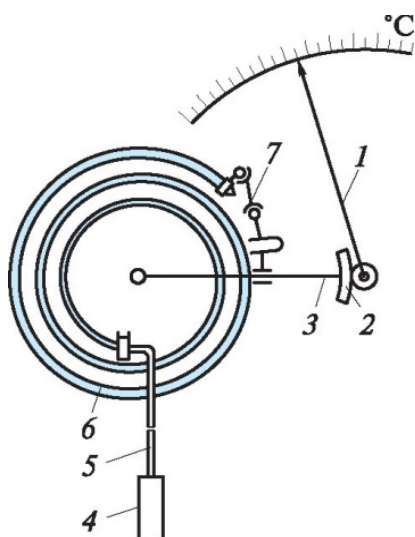
2.91.-сур. Термометрлер:

a — биметалл: 1 — жез; 2 — темір никель қорытпасы; *б* — дилатометриялық: 1 — корпус; 2 — өзекше; 3 — трубка; 4 — шар; 5 — итергіш; 6 — серіппе; 7 — түрлендіргіш

үнемі корпустың 1 төменгі шетіне қысылады. Шар 4 жезден жасалған, және әртүрлі қалыңдықтағы жылу оқшаулағышы бар объектілерде орнату кезінде температура қателігін жоюға арналған өзекше мен өтемдік трубканың арасында люфттің пайда болғызбайды. Корпус 1 және өзекшені 2 әртүрлі ұзартуды өзгерті өлшенетін орта температурасының өзгеруіне пропорционал, түрлендіргіште 7 пневматикалық сигналға айналады, күшейтіліп, тіркеу құралына келіп түседі.

Дилатометриялық түрлендіргіштер электрлік сигналымен де шығарылады. Құралдардың нақтылық класы 1,5 және 2,5 30-дан +1 000 °C-ға дейін өлшенетін температуралар ауқымымен.

Сұйықтық манометрлік термометрлер (2.92-сурет) термометрдің герметикалық тұйық термо жүйесіне толтырылған термометриялық заттың (газ, сұйық) температурасы мен қысымының арасындағы байланысты пайдалануға негізделген. Термо жүйе жылу баллонына 4, капиллярдан 5 және манометрлі бір немесе көп айналымды серіппеден 6 тұрады. Капилляр 5 термобаллонды манометрлік серіппенің жылжымайтын ұшымен жалғайды. Серіппенің жылжымалы ұшы дәнекерленген және топсалы қосылыс 7, мойынша 3, сектор 2 арқылы құрал 1 бағыттауышына байланысқан.



2.92.-сур.

Манометрлік

термометрдің конструкциясы:

1 — бағыттауыш; 2 — сектор; 3 — мойынша;

4 — жылу баллоны; 5 — капилляр; 6 — серіппе; 7 — топсалы қосылыс

Ортаның температурасы өзгерген кезде жабық кеңістіктегі термометриялық заттың қысымы өзгереді, соның нәтижесінде сезгіш элемент (манометриялық серіппе) деформацияланып, оның еркін ұшы жылжиды. Бұл өзгеріс құрылғы межелігіне қатысты тіркеу бағыттауышының бұрылысына айналады.

Термометриялық заттарға қарағанда манометриялық термометрлер газдық, конденсациялы және сұйықтық болып бөлінеді.

Газ термометрлерінде термобаллондық, капиллярлық және манометрлік серіппе кейбір инертті газдармен (азот, гелий және т.б.) толтырылады. Өлшеу ауқымы өте кең және газдың сыни температурасынан (азот - 147°C , гелий - 267°C) термобаллон материалының жылу ұстағыштығымен анықталатын температураға дейін орналасқан.

Конденсациялық термометрлерде температура өзгерген кезде кейбір төмен қайнаған сұйықтықтардың (ацетон, метилхлорид, этилхлорид) қаныққан булары қысымды өзгертеді. Осы құралдардың өлшеу ауқымы - 0-ден $+400^{\circ}\text{C}$ -қа дейін $\pm 1\%$ өлшеу қателігімен. СӨЙЛЕМ ТҮСІНІКСІЗ АЯҚТАЛҒАН

Манометрлік термометрлердің көрсеткіштеріне сыртқы жағдайлар да айтарлықтай әсер етеді: қоршаған ауа температурасының өзгеруі, термобаллон мен серіппенің әртүрлі орналасу биіктігі және атмосфералық қысымдағы ауытқулар серіппесі.

Манометриялық термометрлерде көрсеткіш құралына термобаллоннан байланыс сызығының ұзындығы шектеулі, екпінділігі мен динамикалық қателіктері көп.

Манометриялық термометрлердің қоршаған ауа температурасының 5-тен 50 °С-қа дейінгі интервалында және салыстырмалы ылғылдық 80%-ға дейін болғанда нақтылық класы 1,0; 1,5; 2,5 және 4,0.

Манометриялық термометрлер салқындатқыш су, ауа, сұйық және газ түріндегі отындарды құюға арналған қондырғыларда температура өлшеу үшін пайдаланылады.

Қарсылық термометрлері. Қарсылық термометрі терморезистор түріндегі сезгіш элементтен, қорғаныс қабынан және дәнекерлеуші бастиектен тұрады.

Сезгіш элемент принципі заттың электрлік кедергісінің температураға байланысты қолданылуына негізделген. Оларды өндіру үшін материалдар ретінде таза металдар: платина, мыс, никель және жартылай өткізгіштер қолданылады. Платина - қарсылық термометрлерін өндірудің негізгі материалы. Жартылай өткізгішті термометрлердегі сезгіш элемент ретінде германий, мыс және марганец, титан және магний оксиді қолданылады.

Термометрлердің негізгі метрологиялық қарсылық сипаттамалары олардың принциптік сызбалары, кемшіліктері мен қолданылу саласы 2.19.-кестеде көрсетілген.

Түрлі мәселелерді шешу үшін қарсылық термометрлері эталондық, үлгілік және жұмыс термометрлері болып бөлінеді, бұл өз кезегінде зертханалық және техникалық бөліктерге бөлінеді.

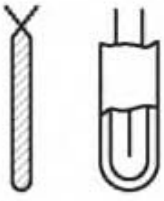
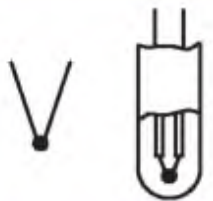
Эталондық қарсылық термометрлері 13,81... ...903,89 К интервалында МПТШ межелігін жүргізу және жіберуге арналған. Эталондық, үлгілік және зертханалық жоғары нақтылықты құралдарды платиналық қарсылық термометрлері пайдаланады.

Техникалық термометрлер құрылымына қарай келесідей бөлінеді: батыру, үстіртін және бөлмелік; басқыншылық ортаның ықпалынан қорғалған және қорғалмаған; стационарлық және ауыспалы; 1-ші, 2-ші және 3-ші нақтылық класының термометрлері және т. б.

Сұйық және газ тәріздес ортаның температурасын өлшеуге арналған өндірістік қарсылық термометрлерінің конструкцияларының бірі 2.93, а-суретте көрсетілген. Термометр болаттан жасалған қорғаныш қабында орналасқан, онда жалғасқыш ерітіліп жабыстырылған.

Сұйық және газ тәрізді орталардағы температураны өлшеуге қолданылатын өнеркәсіптік қарсылық термометрлерінің 2.93, а-суретте көрсетілген. Термометр жалғастық 2 ерітіліп жабыстырылған, болаттан жасалған қорғаныс қаптамасында 3 орналасқан сезгіш элементтен 5 тұрады. Фарфор моншақтармен 4армиленгенсымдар 9,

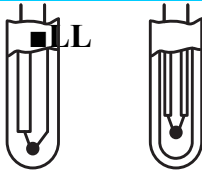
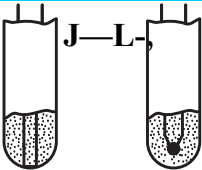
2.19.-кесте.Негізгі метрологиялық сипаттамалары

Сипаттамалар	Қарсылық термометрлері	
	металл	Жартылайөткізгіштік
		
өлшеу шектері, °C	-200. +800	-150. +450
Өлшеу қателігі, %	±0,5	±(1.5)
Инерциялылығы	үлкен	шағын
Артықшылықтары	Жоғары нақтылық, сызықтық статикалық сипаты	Высокая чувствительность, возможны измерения в точке
Недостатки	Нүктеде температураны өлшеу мүмкін емес	Сызықтық емес статикалықсипаттама, параметрлерді үлкен лақтыру, уақытпен параметрлердің төменгі тұрақтылығы
Пайдалану саласы	Энергетика, химиядағы үздіксіз технологиялық процестер, азық-түлік өндірісі	Энергетика, химиядағы технологиялық процестер, жасанды материалдарды өндіру, медицина

Сезгіш элементтің шықпаларын бастиек корпусындағы 1 клемма қалпымен 6 біріктіреді. Бастиек үсті 1 қақпақпен 10 жабылған, астында тығыздамалық енгізу 7 бар, сол арқылы монтаждау сымын 8 жеткізу жүзеге асырылады.

Қарсылық термометрінің сезгіш элементі (2.93, б – сурет) қалыңдығы 0,03 ... 0,1 мм жұқа металл сымнан индукциясыз жақтау немесе жақтаусыз ораумен жасалған.

Платина термометрлері үшін жақтау ретінде ерітілген кварц немесе алюминий қышқылы негізіндегі керамика пайдалнылады. Жақтау 3 арналарында

Жылуэлектрлік термометрлер	
стандартты	жұқа қапта
	
0...1 600	0... 2 500
$\pm 0,5$	$\pm 0,5$
үлкен	шағын
арзан, статикалық сипаттамасының жақсы сызықтылығы	төзімділік, шағын жылу инерциясы, сызықтық статикалық сипаттама
Үлкен жылу инерциясы	Белгісіз
Энергетика, үздіксіз өндірістер, азық-түлік өнеркәсібі	Энергетика, үздіксіз өндірістер, химия, медицина, құрылыс, жасанды материалдарды өндіру

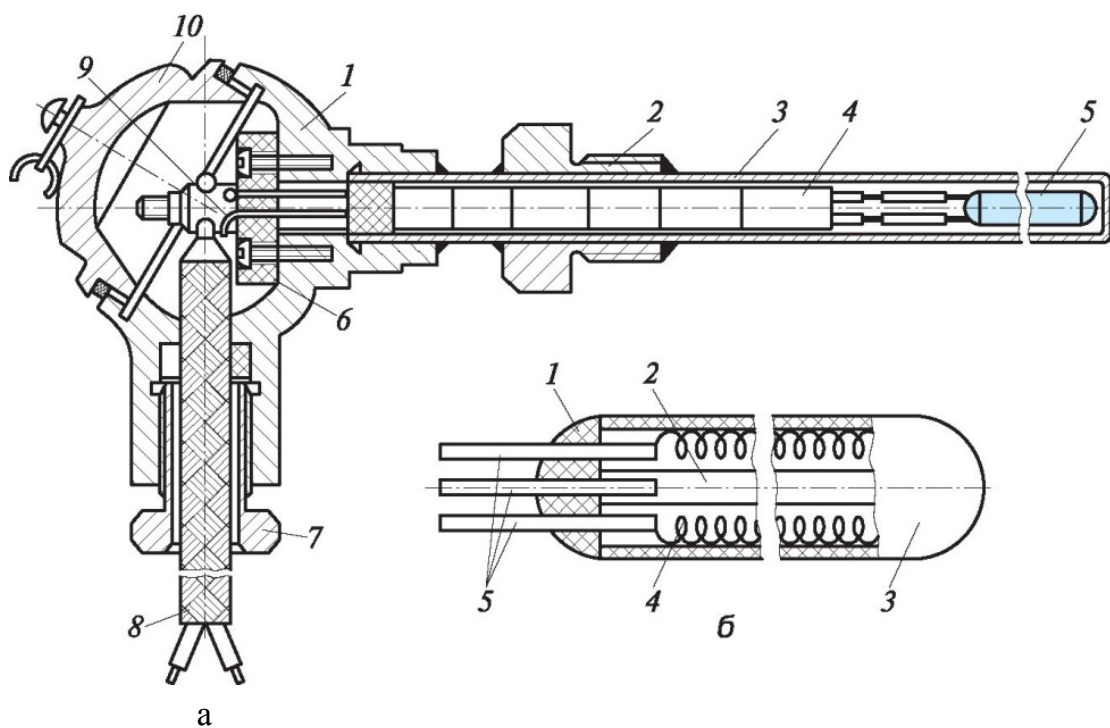
төрт (немесе екі) бірінен кейін бірі біріктірілген платина шиыршықтары 4 біріктірілген. Шиыршықтың үстінгі ұштарына платинадан немесе радиймен иридий қосылысының ерітіндісінен орындалған шықпалар 5 балқытылып жабыстырылған. Шиыршықтар мен жақтаудың арасындағы кеңістік 2 алюминий қышқылы ұнтағымен толтырылған. Шиыршықтар мен шықпаларды жақтауға бекіту жалату 1 арқылы жүргізіледі.

Қарсылық термометрлерін пайдаланған кезде температура туралы оның сезгіш элементінің электрлік кедергісінің өзгеруі үздіксіз кернеудегі ток шамасының немесе тұрақты ток кезінде кернеудің төмендеуі бойынша талдауға болады.

Бірінші сызба қарсылықтың өзгеруі температура шамасы ретінде қызмет ететін кезде кеңінен қолданылды (2.94-сурет). Бұл жағдайда терморезистор 1 көпірдің диагональдарының біріне реттелетін кедергісі бар R_v түрінде қосылады, ол белгілі бір мәнге сымдардың кедергі мәнін келтіруге қызмет етеді. Көпірдің диагоналына қосылған гальванометрдің 3 көрсеткіштері көпірдің қуатының кернеуіне тәуелді, өйткені қуат түйініне реттеуші резистордың қосылуын үздіксіз қолдау қажет.

Жылуэлектрлік термометрлер жылу буларынан, қорғаныс қабынан және біріктіру бастиегінен тұрады, олар сезгіш элементтің жылуэлектрлік қасиеттеріне негізделген.

Термоэлектрлік әдісінің мәні - оның температурасы екінші шықпаларлардың температурасынан айырмашылығы бар екі түрлі өткізгіштердің (мысалы, хромель-мыс) дәнекерлеу қосылыстарында электр қозғалтқыш күшінің пайда болуына негізделеді. Бір температурадан t_2 жылу электрлік қозғаушы күші (термоЭҚК) тәуелділігін алу үшін



2.93.-сур. Қарсылық термометрі:

a — термометрдің құрылымы: 1 — бастиек корпусы; 2 — жалғастырғыш; 3 — қорғаныс қаптамасы; 4 — фарфор моншақтар; 5 — сезгіш элемент; 6 — клемма қалыбы; 7 — тығыздама енгізу; 8 — монтаждау сымы; 9 — сымдар; 10 — қақпақ; *б* — термометрдің сезгіш элементінің конструкциясы: 1 — креуке; 2 — кеңістік; 3 — жақтау; 4 — платина

температураны t_1 тұрақты деңгейде, әдетте 0 немесе +20 °C ұстау қажет. өлшейтін ортаға орналастырылатын дәнекерленген орын *ыстық* немесе *жұмыс істейтін*, жылу буының соңы деп атайды, ал дәнекерленген орын *суық* немесе *еркін*, соңы деп аталады, оның температурасын тұрақты қолдап отырады.

Температураны өлшеудің жылуэлектрлік әдісінің сезгіштігін арттыру үшін кейбір жағдайларда жылубатареялары қолданылады: жұмыс істейтін ұштары f_2 , ал еркін ұштары f_1 температурасында болатын бірінен кейін бірі қосылған бірқатар жылу булары.

Жылу электрлік термометрлердің негізгі метрологиялық сипаттамалары, олардың принциптік сызбалары, артықшылықтары, кемшіліктері мен қолданылу аясы 2.19. - кестеде көрсетілген.

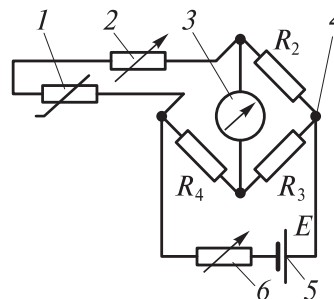
Жылу буы ретінде (ЖБ) көбінесе термо-ЭҚК дамитын жоғары мәні бар материалдардың жиынтығы, әртүрлі температуралардағы сипаттамалар тұрақтылығы, термоЭДС-тің температураға сызықтық тәуелділігі мен жаңғыртылуы, қарапайым өңдеу технологиясы және дәнекерлеуді алу пайдаланылады, атап айтқанда: хромель-копельді (ТВР) [АЛ], хромель-аллюминийлі (ТХК) ^], платина тәрізді-платиналы (ТХА) [Щ, вольфрам-ренийлі, (ТПП) ^] және тағы басқалар. Төртбұрышты жақшаларда түрленудің номиналды статистикалық сипаттамаларының шартты белгілері келтірілген. Ең нақтысы жылу буы ТПП, олар жұмыс эталоны және 1-ші, 2-ші, 3-ші санаттағы үлгі термометрлерінде пайдаланылады.

Жылуэлектрлік термометрлердің негізгі сипаттамалары 2.20.-кестеде ұсынылған.

2.95 – суретте жылуэлектрлік термометрдің құрылымы көрсетілген. Жылу буы 7 қорғаныс қаптамасына орнатылған. Термометрдің бастиегінде 2 жылуэлектродтарды 3 біріктіруші қысқыштармен, өлшеу қондырғысынан термометрге дейінгі сымдармен байланыс құрылғысы 1 орналасқан. Барлық ұзындығы бойынша жылуэлектродтары бір-бірінен және корпуста керамикалық түтіктер 5 арқылы оқшауланады. Жылуэлектродтары ретінде сым

2.94.-сур.Қарсылық термометрінің
Қосылу сызбасы:

1 — жылу резисторы (қарсылық термометрі);
2 — теңдестіргіш резистор R_A ; 3 —
гальванометр; 4 — R_v, R_2, R_3, R_4, R_A резисторлары
бар өлшегіш көпір; 5 — қуат көзі;
6 — реттеуші резистор R_v

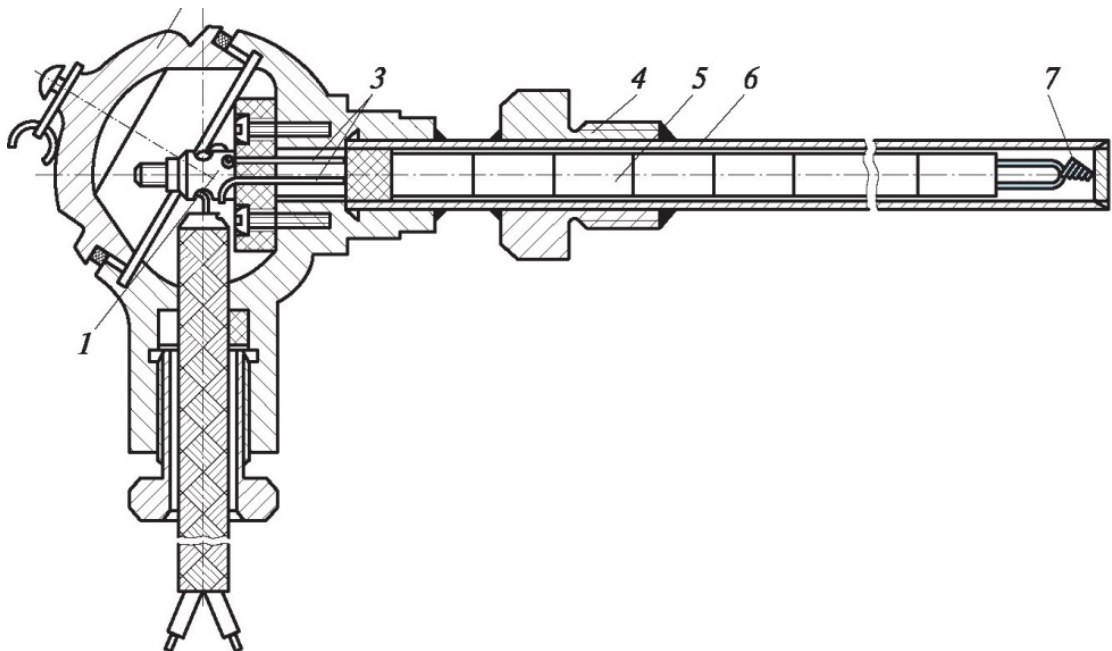


2.20.-кесте. Жылу электрлік термометрлердің негізгі сипаттамалары

Жылу буы	Градустау	Жылуэлектродыныңхимиялық құрамы	
		оң	теріс
Стандартты			
Платинародий платиналық (ТПП)	ПП-1	Платина-родий (90% Pt +10% Rh)	Платина (100% Pt)
Платинародий платинародийлік (ТПР)	ПР30/6	Платинародий (70 % Pt + 30 % Rh)	Платинародий (94 % Pt + 6 %Rh)
Хромель- алюмельді (ТХА)	ХА	Хромель (89 % Ni + + 9,8% Cr + + 1% Fe + 0,2% Mn)	Алюмель (94 % Ni + + 2 % Al + 2,5 % Mn + + 1 % Si + 0,5 % Fe)
Хромель- копельді (ТХХ)	ХК	Тағы солай	Апель (55 % Cu + 45 % Ni)
Вольфрам- ренийлік (ТВР)	ВР5/20	Вольфрам-рений (95 % W + 5 % Re)	Вольфрам-рений (80 % W + 20 % Re)
Сандартты емес			
Вольфрам- ренийлік	ВР10/20	Вольфрам-рений (90 %W + 10% Re)	Вольфрам-рений (80 % W + 20 % Re)
Вольфрам- молибденді	ВМ	Вольфрам (100% W)	Молибден (100% Mo)
	ЦНИИЧМ-1	Тағы солай	Молибденалюминий (99,5% Mo + 0,5% Al)
Тұрақты шамалы мыс	МК	Мыс (100 % Cu)	Анстантан (42 % Ni + 58 % Cu)

* Алымда — ұзақ уақыт, белгіште — қысқа уақытты.

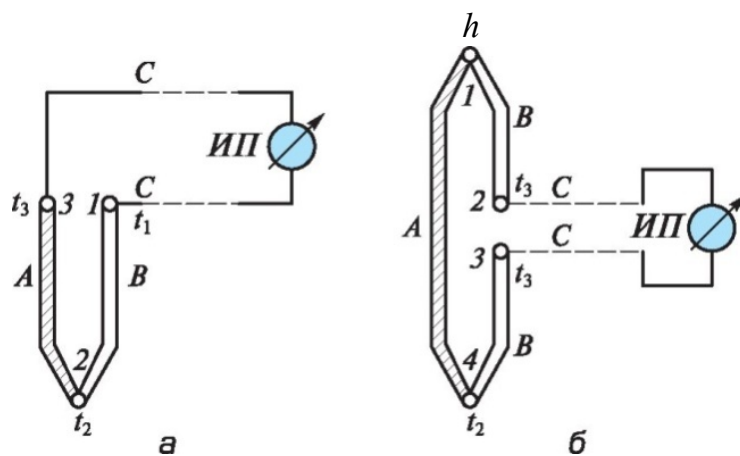
Пайдаланылу шектері, °C		Рұқсат етілетін қателік шектері, °C, температурасында, °C				Т _э t ₂ =100 °C, t ₁ =0 °C, мВ болған кезде
төменгі	жоғарғы*	300	800	1500	1800	
Градустаулар						
0	1300 1600	1,23	2,06	3,36		0,64 ± 0,03
300	1600 1800	3,20	3,51	4,31	5,17	
200	1000 1300	3,9	6,5			4,10 ± 0,16
200	600 800	2,4	5,8	—	—	6,95 ± 0,2
0	2 200 2 500	5,00	5,00	7,40	9,60	1,33 ± 0,03 (1,40 ± 0,03)
Градустаулар						
0	2 200 2 500	—	—	—	—	0,97 ± 0,02
1 250	2 000 2 000	"	—	5,00	—	0,40 ± 0,03
1 000	2 000 2 400	—	—	—	—	—
250	350 500	○ _{сн} ○				4,10 ± 0,16



2.95.-сурет.Термоэлектрлік термометрдің конструкциясы:

1 — байланыс құралы; 2 — бастиек; 3 — жылуоэлектроды; 4 — штуцер; 5 — керамикалық түтіктер; 6 — қорғаныс қаптамасы; 7 — жылу буы

диаметрі 0,3 ...0,5 мм сым қолданылады. Жылу буының жұмыс аяғындағы дәнекер орны пісіру, дәнекерлеу немесе бұрау түрінде пайда болады. Соңғы тәсіл вольфрам-ренийлі және вольфрам-молибден жылу буы үшін пайдаланылады.



2.96.-сурет.Өлшеу құралының қосылу сызбасы:

а: 1 және 3 — салқын дәнекерлер; 2 — ыстық дәнекерлер; б: 1 — салқын дәнекер; 2 және 3 — бейтапап дәнекерлер; 4 — ыстық дәнекер

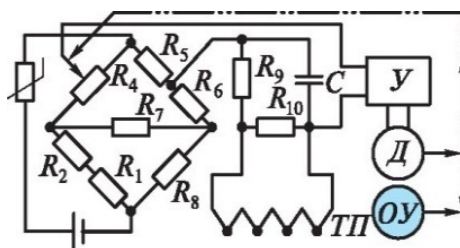


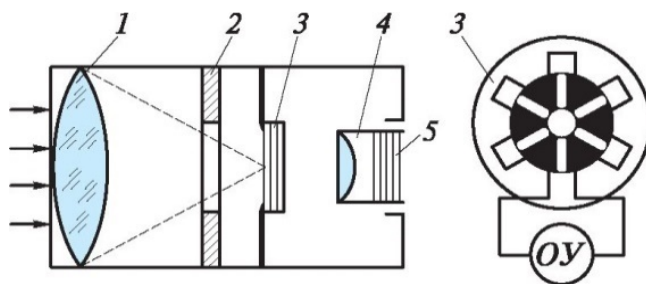
Рис. 2.97. Принципиальная схема подключения термоэлектрического термометра:

R_1 — R_8 — сопротивления компенсационного моста; R_1 , R_3 — терморезисторы; R_6 , R_{10} — сопротивления делителя напряжения; $ТП$ — термопары; C — конденсатор; $У$ — усилитель; $Д$ — двигатель; $ОУ$ — отсчетное устройство излучения

Жылу буының контурында пайда болған жылуЭҚК-ін салқын дәнекер (2.96-сурет, а) немесе жылуэлектродтарының (2.96, б-сурет) біреуінің ажырауына сымдардың C көмегімен өлшеу үшін өлшеуіш құралды $ӨҚ$ қосады. Бірінші жағдайда (2.96, а -суретті қараңыз) сызбада үш дәнекер бар: ыстық 2 және екі суық (1 және 3), екінші жағдайда (2.96, б-суретті қараңыз) сызбада төрт дәнекер: ыстық 4, суық 1 және бейтарап 2 және 3, алайда соңғының температурасы t_3 бірдей болуы керек.

Тендестіруші түрлендіру сызбасында (2.97-сур.) жылу буының ЭҚК тендестірілуі қозғалтқышпен $Д$ басқарылатын көпір сызбасының сигналының есебінен жүзеге асады.

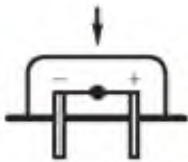
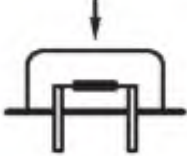
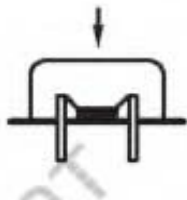
Жылуэлектрлік термометрлерде салқын дәнекер температурасының өзгеруіне негізделген әдістемелік қателіктерді өтеу тұрақтандырылған тұрақты кернеумен қуаттандыратын жылу кедергісі бар көпір сызбаларын қолдану арқылы жүзеге асырылады.



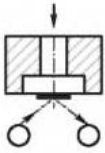
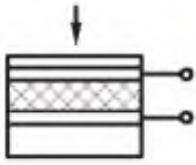
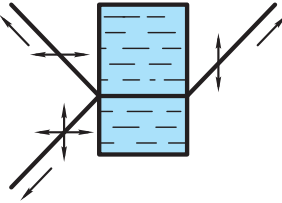
2.98.-сур. Радиациялық пирометр сызбасы:

1 — линза; 2 — диафрагма; 3 — сәулеленуді қабылдағыш; 4 — окуляр; 5 — сүзгі; $ЕК$ — есептеуіш құрал

2.21.-кесте.Неізгі метрологиялық сипаттамалар приемни

	Электрлік		
	Жылу батареялары	Болометрлер	Жедел әрекет ететін жылу индикаторлары
Сипаттамалар			
Өлшеу шектері	Теорялық тұрғыдан шектеусіз,		
Сезгіштік	$10^0 \text{ В}^{\circ}\text{Вт}^{-1}$	$10^1 \text{ В}^{\circ}\text{Вт}^{-1}$	$10^{-4} \text{ В}^{\circ}\text{Вт}^{-1}$
Инерциялық, с	10^{-2}	10^{-3}	10^{-8}
Артықшылығы	Жоғары уақытша тұрақтылық	Жылу батареяларымен салыстырғанда үлкен сезгіштік	Шағын жылу инерциясы
Кемшіліктер	болометрлермен салыстырғанда үлкен инерциялық	Қуат көзінің қажеттілігі, өзін өзі қыздыру	Шағын сезгіштік
Пайдаланылу саласы	Пирометрия, спектроскопия, радиометрия	Пирометрия, спектроскопия, радиометрия	Лазерлік сәулеленуді анықтау

Температураны байланыссыз өлшеу.Қызған дененің температурасы туралы оның электромагнитті толқындар түріндегі жылулық сәулелену параметрлерін өлшеу негізінде талдауға болады.

ков полного излучения		
	Пневматикалық	Оптикалық
Пирозлектрлік кристалдар		сұйық кристалдар
		

Конструкциясына байланысты

10^3 В'Вт^{-1}	10^5 В'Вт^{-1}	10^2 нм К^{-1}
10^{-7}	10^{-2}	10^{-1}
Шағын жылу инерциясы, кең жиілік ауқымы	өте кең жиілік ауқымы	Үлкен рұқсат беру қабілеті (10^{-3} К)
Кюри нүктесінен жоғар полярланудың жоғалуы	Мүмкін емес статикалық өлшеу	жоғары инерциялық
Пирометрия, спектрометрия, температура өрістерін тіркеу	Спектрометрия	Медицина, зерттеу

әрекеті жылулық сәулеленуді өлшеуге негізделген термометрлер *пирометрлер*. 100-ден 6000°C-қа дейін және жоғары температураны өлшеуге мүмкіндік береді.

Физикалық денелер үздіксіз сәулелену спектрімен (қатты және сұйық заттар) немесе талғамалылықпен (газдар) сипатталады. Толқындардың 0,02 ... 0,4 мкм ұзындығы интервалында спектр бөлігі ультракүлгін сәулеленуіге, 0,4. 0.76 мкм бөлігі - анық сәулеленуге, 0.76.400 мкм бөлігі - инфрақызыл сәулеленуге сәйкес келеді. Интегралдық сәулелену - толқындардың барлық ұзындығы спектрінде денемен шығарылатын жиынтықты сәулелену.

Толқынның белгілі бір ұзындығында шығарылатын сәулелену *монохроматикалық* деп аталады.

Сәулелену заңдылығының негізінде келесі түрдегі пирометрлер жасалды:

- жиынтықты (толық) сәулелену, мұнда сәулеленудің толық энергиясы өлшенеді;
- ішінара сәулелену (квазимонохроматикалық), мұнда спектр бөлігінде энергия шектеулі сүзгімен (немесе қабылдауышпен) өлшенеді;
- спектралік қатынас, мұнда спектрдің белгіленген бөліктерінде сәулелену қарқындылығы өлшенеді.

Толық сәулелену пирометрлерінде қуат көзінің сәулеленуінің жиынтық ағыны 90 %-дан кем емес бағаланады. Шынайы дененің температурасын өлшеу кезінде осындай пирометрлер қолданыстағы емес, радиациялық деп аталатын температураны көрсетеді.

Сондықтан бұл пирометрлер *радиациялық* деп аталады. Дененің белгілі қаралық коэффициентімен дененің радиациялық температурасынан қолданыстағы температурасына дейін санауға болады. Осыған орай, пирометрлерді толық сәулелену пирометрлерін 100.3500 ° C ауқымында бақылаудың өзгермейтін жағдайларында әртүрлі температураны өлшеуге қолдануға ыңғайлы. Техникалық пирометрлерде рұқсат етілген негізгі қателік температура өлшеудің жоғарғы шегінің үлкеюімен артады. Осылайша, 1000 ° C үшін - $\pm 12\%$, 2 000 ° C үшін - $\pm 20\%$.

Радиациялық пирометрде (2.98-сурет) қызған дененің сәулелері диафрагма2 арқылы сәулелену 3 қабылдағышына бағыттайтын линзаға1 келіп түседі. Сәулелену қабылдағышы көптеген жылу буларынан (жылу батареяларынан), сектордың жұқа пластинкалары түрінде жасалған ыстық дәнекерлерден тұрады. Бірінен кейін бірі біріктірілген жылу буларынан шығатын сигнал есептеуіш құралға ЕК беріледі. Сүзгісі бар 5 окуляр 4 арқылы өлшеу нысанына пирометрді дәлдеу жүргізіледі. Толық сәулелену қабылдағыштарының негізгі метрологиялық сипаттамалары, олардың принциптік сызбалары

Негізгі артықшылықтары, кемшіліктері мен пайдаланылу салалары 2.21.- кестеде ұсынылған.

Олар электрлік (жылубатареялары, болометрлер, жылу индикаторлары, пироэлектриялық кристалдар), пневматикалық (Голей детекторы) және оптикалық (сұйық кристалдар). Ең көп сезгіштік ($10^5 \text{ В} \cdot \text{Вт}^{-1}$) пневматикалық қабылдағыштарда. Электрліктерде - 10^{-4} до $10^3 \text{ В} \cdot \text{Вт}^{-1}$.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Температура дегеніміз не және ол қандай бірліктермен бағаланады?
2. Кеңейтудің байланысты термометрлері қалай жұмыс істейді?
3. Қарсылық термометрі дегеніміз не және оның жұмыс істеу принципі?
4. Жылуэлектрлік термометрінің әрекет ету құрылымы мен принципі қандай?
5. Байланыссыз термометрлер қалай жұмыс істейді?

2.4.2. Заттар мен материалдардың жылуфизикалық қасиеттерін өлшеу және бақылау әдістері мен құралдары

Жылу физикалық қасиеттерді әдетте бірнеше топқа бөледі. Бірінші топ жағдайдың функциялары болып табылатын заттардың тепе-теңдік жылуфизикалық қасиеттерінен тұрады. Бұл топқа жылулық және калориялық қасиеттерге бөлінетін жылудинамикалық қасиеттері кіреді. Жылулық қасиеттер заттардың тығыздығын қамтиды (2.3.3-бөлімшені қараңыз), калориялық қасиеттер ішкі энергия, энтальпия, энтропия, жылу сыйымдылығын қамтиды.

Заттардың жылуфизикалық қасиеттерінің екінші тобына жылуөткізгіштік, тұтқырлық, диффузия сияқты «тасымалданатын» қасиеттері бар заттар жатады. Бұл қасиеттер физикалық ортада тепе-теңдігі жоқ процестермен сипатталады. Жылуфизикалық қасиеттерге, сонымен қатар жылулық сәулеленуді жұту және шығарумен байланысты кейбір оптикалық қасиеттер де кіреді.

Заттар мен материалдардың кейбір жылуфизикалық қасиеттерін, оларды өлшеудің әдістері мен құралдарын қарастырайық.

Жылу санының бірлігі Q джоуль (Дж) болып табылды. Джоуль — эквивалентті механикалық жұмыста (энергия) 1 Дж жылу саны.

Техникада әлі де кейде ескі (жүйеден тыс) жылу санының бірлігі – калория (кал) қолданылады. Олардың арасындағы қатынас:

$$1 \text{ кал} = 4,1868 \text{ Дж};$$

$$1 \text{ Лж} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{с} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Жылу ағыны Φ — уақыт T бірлігіне көлденең кесу арқылы өтетін жылу саны:

$$\Phi = \Delta Q / \Delta T.$$

Жылу ағыны күштілік (Дж/с) бірлігінде өлшенеді, олар күштіліктің басқа бірліктеріне келтірілуі мүмкін:

$$1 \text{ Дж/с} = 1 \text{ Вт} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м/с}.$$

өрескел тәжірибелік есептер үшін қабылдауға болады

$$1 \text{ ккал/ч} = 1 \text{ Вт}.$$

Заттың жылу сыйымдылығы C (бұрын су эквиваленті деп аталды) заттың (энтальпияның) жылу құрамының температурасы 1 К -ге өзгерген кезде өзгеруін білдіртеді:

$$C = \Delta Q / \Delta V.$$

Жылу сыйымдылығын өлшеу бірлігі джоульдің кельвинге қатынасы болып табылады; $1 \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1}$ — 1 Дж жылу жеткізілген кезде температурасы 1 К -ге көтерілетін дененің.

Есіңізге түсірейік, кельвин (К) — бұл судың үштік нүктесінің жылудинамикалық температурасының $1/273,16$ бөліктері.

Заттың үлес жылу сыйымдылығы — 1 кг затты 1 К -ге қыздыруға қажетті жылу санына тең шама.

Үлес жылу сыйымдылығының бірлігі — джоульдің килограмм-кельвинге қатынасы ($\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$).

Дененің кельвин ноліне жақын жылу сыйымдылығы T^3 пропорционал.

Алмаздың, мысалы, 1800 К болғанда $3R$ -ге тең жылу сыйымдылығы бар.

Егер заттың бір аумағында молекулалардың энергиясы (газ, сұйық, қатты) екіншісінен көп болса, молекулалардың тұрақты қақтығыстары нәтижесінде молекулалардың орташа кинетикалық энергиясын теңестіру процесі, басқаша айтқанда, температура теңестіру болып табылады. Кеңістікте температураның өзгеруі температура градиентімен сипатталады.

Жылуөткізгіш сияқты заттардың осындай қасиеттерінің салдарынан жылуды беру әрқашан температураны азайту бағытында жүреді.

Тжылу өткізгіштік — температураның градиенті температураның осы алаңға қалыпты бағыттағы ұзындық бірлігіне өзгеру жылдамдығына тең.

Жылуөткізгіштік бірлікке тең температура градиентінде санымен жылу ағынының тығыздығына тең.

Заттар мен материалдардың жылуфизикалық қасиеттерінің негізгі шамалары сызықтық және көлемдік кеңейтудің температуралық коэффициенттері болып табылады.

Сызықтық кеңейтудің температуралық коэффициенті α_l — это 1 м ұзындықтағы дененің температурасы 1 К-ге өзгерген кездегі өзгеруі. Өлшеу бірлігі — метрдің метр-кельвинге қатынасы ($\text{м}/(\text{м}\cdot\text{К})$).

Көлемдік кеңейтудің температуралық коэффициенті α_v — дененің (заттың) температурасы 1 К-ге өзгерген кездегі көлемінің 1 м^3 өзгеруі. Өлшеу бірлігі — текше метрдің текше метр-кельвинге қатынасы ($\text{м}^3/(\text{м}^3\cdot\text{К})$).

Диффузия құбылысы екі жалғасқан газдар, сұйықтықтар мен қатты заттардың өздігінен өткізілуі және араласуы болып табылады. Диффузия осы денелердің бөлшектерінің массасын айырбастауға дейін келеді; ол тығыздық градиенті болған кезде пайда болады және жалғасады.

Заттар мен материалдардың жылуфизикалық қасиеттерін өлшеу және бақылау әдістері мен құралдары айтарлықтай әртүрлі.

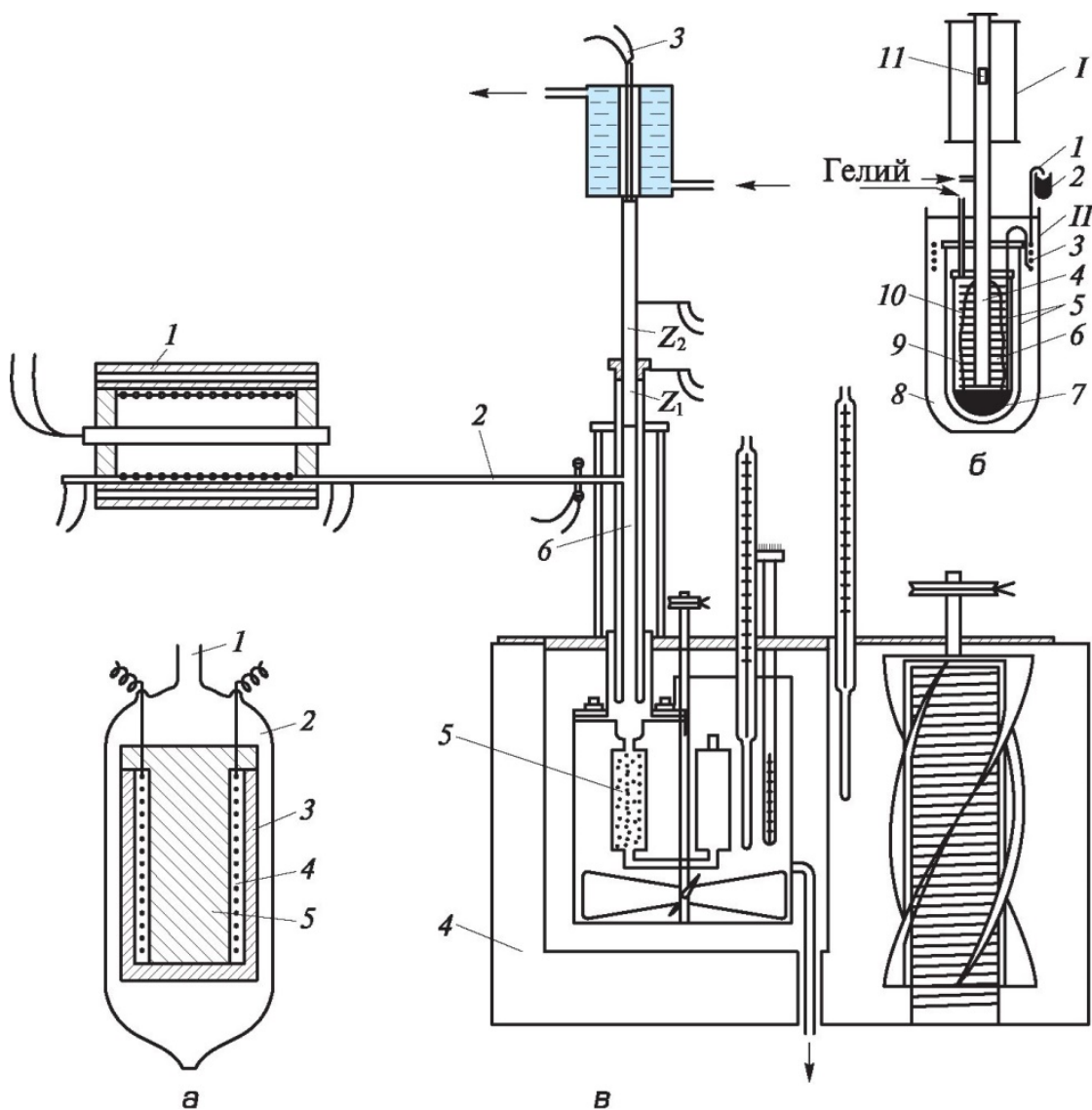
Заттар мен материалдардың жылуфизикалық қасиеттерін өлшейтін негізгі құрал - калориметрдің әрекет ету принципіін қарастырайық.

Калориметр әдетте кез-келген процесті бастағаннан кейін үлгі (үлгі) калориметриялық құрылғыға береді немесе одан белгілі бір жылу Q -ны алады. Сонымен қатар, арнайы шаралармен калориметриялық құрылғының қоршаған ортаға жылу алмасуы жүргізілмейді. Калориметр энтальпиясының Q -ға өзгеруіне сәйкес, оның температурасы Δt көтеріледі немесе азаяды. Температураның бұл өзгерісі жылу алмасуға қатысатын Q жылу мөлшерінің өлшемі болып табылады. Осылайша, жылу мөлшерін өлшеу температура әртүрлілігін анықтауға келеді.

Жылусыйымдылық, жылуөткізгіштік, жылу беру коэффициенттері және заттардың басқа да жылуфизикалық қасиеттерін өлшеуге арналған калориметр осы принцип бойынша жасалған. Олардың бірнешеуін қарастырамыз.

Қатты денелердің жылусыйымдылығын атмосфераның қысымына тең қысым болған кезде температурасының функциясы сияқты зерттейді.

Тікелей қыздыру әдісі келесіге негізделеді. Зерттелетін үлгіде 5 (2.99, а-сур.) электр қыздырғышы 4 оралған. Үлгі осы материалдан жасалған цилиндрге зорнатылған.



2.99.-сур.Заттар мен материалдардың жылусыйымдылығын өлшеу

а — тікелей қыздыру калориметрінің конструкциясы: *1* — қабықша сызығы; *2* — сауыт; *3* — цилиндр; *4* — электр қыздырғыш; *5* — зерттелетін үлгі; *б* — мұз калориметрінің конструкциясы: *1* — сынап жіберетін капилляр; *2* — сауыт; *3* — белгілі температурады ұстайтын шиыршық; *4* — калориметрдің қабылдау арнасы; *5* — калориметр; *6* — мұз; *7* — сынап; *8* — еріп жатқан мұз; *9* — су; *10* — металл қабырға; *11* — зерттелетін заты бар ампула; *I* — электрод, *II* — мұз калориметр; *в* — араластыру калориметрінің конструкциясы: *1* — пеш; *2* — түтік; *3* — жылу буы; *4* — термостат; *5* — калориметр; *6* — платинадан жасалған қыздырғыш

Қыздырғыш қарсылық термометрі ретінде де қызмет етеді. Үлгі қабықша сызығымен *1* байланысқан сауыттың *2* ішінде араласады. Калориметр стационарлы температура жасалатын криостатқа орналастырылады.

Қыздырғышты қосқанға дейін және кейін үлгінің әртүрлі температурасын өлшеп, қыздырғыш жұмысының есебінен өлшенетін үлгіге жеткізілген жылу мөлшерін анықтап, үлгінің жылу сыйымдылығын шығарады.

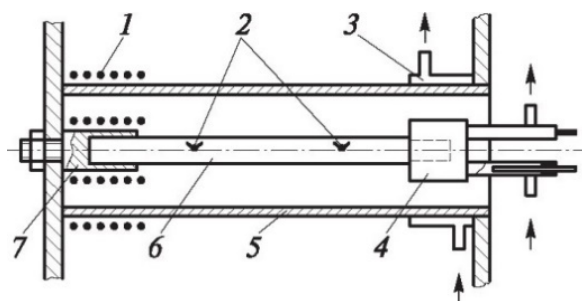
Араласу әдісі зүлгі пеште қажетті температураға дейін қызып болғаннан кейін пештің астында орналасқан калориметрге түсіріледі, онда ол бөлме температурасына дейін суиды. Калориметрде суу кезінде үлгімен берілген жылу өлшенеді.

Мұз калориметрі (2.99-сурет, б) жоғары дәлдіктегі сұйық заттың жылу мөлшерін анықтауға мүмкіндік береді. Электрлік пеште белгілі бір температураға дейін қызған сынақ затымен ампула *I* мұз калориметріне *II* түседі. Ампуламен калориметрге енгізілген жылу мөлшері металл қабырғаларда *10* қатқан мұздың *6* еріген салмағы және мұздың еру жылуы бойынша анықталады. Салмақты калориметрдегі *5* мұз *6* — су *9* жүйесінің көлемінің азаюы бойынша анықтайды, ал мөлшердің өзгеруі калориметрдің ішіне мұз еріген кезде сынапты *1* жіберуге арналған капилляр арқылы калориметрдің *4* қабылдау арнасымен тартылған сынаптың *7* мөлшері бойынша анықтайды. Сынап *7* мөлшерін оның сауытта *2* кемуіне байланысты салмақтық әдіспен табады. Калориметр *5* сырттан келетін жылу ағынын жою үшін еріген мұзбен *8* қоршалған.

Араластыру әдісі газдың жылу сыйымдылығын анықтау үшін жиі пайдаланылады. Газдардың жылу сыйымдылығын өлшеуге арналған араластыру калориметрінің құрылымы 2.99, с-суретте ұсынылған. Сынақ газы пеште *1* алдын ала қыздырылады. Содан кейін ол түтік *2* арқылы негізгі платина қыздырғышына *6* келіп түседі, ол орталары бір платина түтіктерінен тұрады, олардың көмегімен Z_1 және Z_2 тоқ өткізгіштері жүреді. Пештен шығып, калориметрге *5* түсетін газдың температурасы негізгі қыздырғыш ішінде орналасқан жылу буымен *3* өлшенеді. Калориметр үздіксіз араласатын термостаттың *4* калориметриялық сұйықтығымен қоршалған. Калориметрдің көтерілген температурасы термометрлермен өлшенеді. Калориметрден шығатын сынақ газы калориметрдің температурасына дейін салқындатылады.

Заттардың жылу өткізгіштігін анықтақ үшін әдістердің екі тобы қоладанылады: стационарлық және стационарлық емес. Стационарлық емес әдістерде стационарлыққа қарағанда белгілі заңдылық бойынша уақытпен өзгеретін температура өрістері пайдаланылады.

Металдардың жылу өткізгіштігін анықтау әдістерінің кең тараған бір түрі бойлайтын жылу ағыны әдісі. 2.100-суретте осы әліспен құрастырылған қондырғының конструкциясы көрсетілген



2.100.-сур.Бойлаған жылу ағыны әдісімен металдардың жылуөткізгіштігін өлшеуге арналған қондырғының конструкциясы:

1 — сақтаушы цилиндрды қыздырушы; 2 — жылу буы; 3 және 4 — мұздатқыштар; 5 — сақтау цилиндрі; 6 — үлгі; 7 — қыздырғыш блогы

Белгілі көлденең қима ауданы бар ұзын үлгі 6 бойымен қыздырғыш 7 немесе мұздатқыш 4 блогының көмегімен біркелкі жылу ағыны пайда болады. Белгілі ара қашықтықта орналасқан үлгінің екі қимасының арасындағы температураның әртүрлілігін жылу буының 2 көмегімен өлшейді. Үлгінің іргеден шығатын жылуын қорғау сақтау цилиндрі 1 немесе мұздатқыш 3 қыздырғышының көмегімен үлгі өрісін қайталайтын температура өрісі пайда болатын сақтау цилиндрінің 5 көмегімен жүзеге асады. өлшенген әртүрлі температура бойынша үлгінің жылу өткізгіштігін анықтайды.

Жылу күшті шаруашылықта пайдаланылатын қатты, сұйық және газ тәріздес заттардың жану жылуын анықтау үшін жану калориметрлері пайдаланылады.

Зат толық жанған кезде жылудың Q (жану жылуы) кейбір мөлшері бөлінетіні белгілі. Оны салмаққа m (немесе қалыпты жағдайдаға көлем V_n) бөлетін болсақ, жылу жануы (үлестік) шығады:

$$H = Q / m \text{ (Дж/г)}$$

немесе

$$H_n = Q / V_n \text{ (Дж/м}^3\text{)}.$$

Бұл көрсеткіш пайдалы әрекеттердің коэффициентін, үнемділік есебін және әртүрлі қондырғылардағы энергия шығынын анықтауға, сондай-ақ жану барысында оңтайлы басқару үшін қажет.

Қатты және сұйық заттардың жедел жануы үшін Бертло калориметриялық бомбасы жасалды (2.101-сур.).

Заттың 4 шағын, дәл өлшенген мөлшерінің жануы, 3 МПа (30 ат) қысымындағы мүмкін болатын таза оттегінің атмосферадағы герметикалық сыйымдылықта тұрақты көлемде жүреді. Толтырылған сыйымдылық жанудың жылуын сезетін калориметрдің сұйық ваннасына орналастырылады.

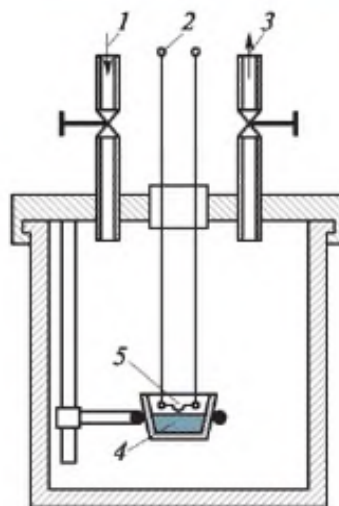
Сынақ заты 4 платина немесе кварц шыныаяқтарына немесе шағын пластикалық капсулаларға орналастырылады. Сыйымдылық корпусына бекітілген қақпақта өлшеу үшін қажетті құрылғылар бар: оттегі 1 беруге және жану 3 өнімдерін бұруға арналған қақпақтар, сынама ұстағыштар және электр тұтандырғыш 5. Жағу электрлік жұқа платина сымына электр беру арқылы жүзеге асырылады және жағу үшін берілген жылу, сондай-ақ заттың жану жылуын анықтау есебі үшін дәл өлшенуі керек.

Қатты заттарды әдетте шағын өлшемдегі брикетке (таблетка) сығымдап, жоғары дәлдікпен өлшейді. Нашар жанатын заттар жану жылуы белгілі жақсы жанатын сұйық заттармен араластырады.

Жану жылуын анықтау кезінде калориметрлік бомбада химиялық реакциялар кезінде пайда болған және жану өнімдерінде бу түрінде болатын судың мөлшері есептеледі.

Жылу алмастырғыш калориметрлердің қол жеткізілетін дәлдігі салыстырмалы түрде жоғары. Олардың қателігі $\pm(0,25... 1) \%$ -дан

2.101.-сур. Бертло бомбасының калориметриялық қондырғысы:
1 — оттегі беретін қақпақ; 2 — тұтандырғыш кернеу; 3 — жану өнімдерін бұруға арналған қақпақ; 4 — зерттеу заты; 5 — электр тұтандырғыш



Құрғақ калориметрлер өлшеу ауқымының жоғары шегіндегі $\pm(1 \dots 2) \%$ -дан басталатын қателікке ие.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

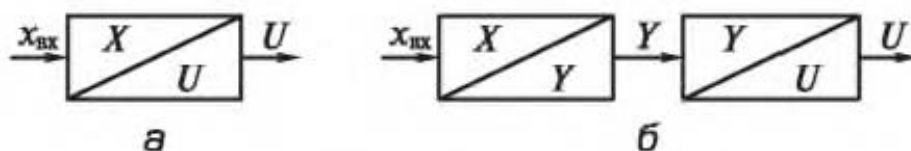
1. Заттар мен материалдар қандай жылуфизикалық қасиеттермен сипатталады?
2. Жылуфизикалық параметрлерді өлшеу әдістері мен құралдары қандай факторларға тәуелді?
3. Қатты заттардың жылу сыйымдылығы қалай және немен анықталады?
4. Заттар мен материалдардың жылу өткізгіштігі қалай және немен анықталады?

2.5 ЭЛЕКТРЛІ ЖӘНЕ МАГНИТТІ ШАМАЛАРДЫ ӨЛШЕУ МЕН БАҚЫЛАУ

2.5.1. Құралдар мен өлшем бірліктері

Қандай параметрлерді электрлі немесе электрлі емес өлшеу керектігіне қарамастан, өлшеуіш техникаларының дамуы өлшеудің электр әдістерін қолдану жолдары бойынша жүріп отыр. Сондықтан өлшеу үрдісін электрлік өлшеуге жататын және электр құрылғысымен өлшеніп қойған кез-келген физикалық шаманың түрленуін қамтамасыз ете алатын түрлендіру блогынан, блок-тәсім ретінде ұсынуға болады (сур. 2.102, а). Мұндай түрлендіргішті *сезбек* деп атайды. Кернеу мен тоқты өлшеуге арналған құрылғы көмегімен осындай түрлендіргіштің шығымында өлшеу жүргізу ыңғайлы. Мысалы, автомобильдің іштен жанатын қозғалтқышының айналым жиілігін өлшеу үшін шамасы айналым жиілігіне тікелей пропорционалды тұрақты ток генераторы ретінде ұсынылған түрлендіргішті, және генератор шығымына қосылатын, айналым жиілігі бірлігінде тікелей өлшембөліктендірілуі мүмкін вольтметр құрылғысын қолданады. Кейбір жағдайларда түрлендіргіш құрылымы қос сатылы болуы мүмкін (сур. 2.102, б).

Бірінші саты кернеу немесе тоққа, сондай-ақ, кернеу мен тоққа оңай түрлене алатын басқа да физикалық шамаға түрлене алмайтын кірме шамасын түрлендіреді.



Сур. 2.102. Түрлендіргіштер сызбасы: *a*

— бір сатылы; *б* — қос сатылы

Түрлендіргіштің осындай сұлбасына атмосфералық қысымның өлшеу құралын жатқызуға болады, онда бірінші саты анероидті қорапты білдіреді – гофрленген табаны бар, металдан жасалған, дөңгелек пішінді, ішінде қатты сирету жасалған.. Атмосфералық қысымның өзгеруі қораптың қысылуына немесе үрленуіне алып келеді. Егер потенциометр орнатса анероидті қораптың геометриялық өлшемдерінің бұл өзгеруін электрлік шамаға айналдыруға болады, бұл жерде қозғалтқышы қораппен механикалық түрде байланысқан потенциометр жылжиды. Бұл потенциометр атмосфералық қысымның электр дабылына түрлендіргіштің екінші сатысын білдіретін болады. Осы қағидатпен, мысалы, авиациялық биіктік өлшегіштер жұмыс істейді.

Көбіне жұмыс істеуге тура келетін электрлі және магнитті шамалар мен олардың өлшем бірліктерін қарастырайық.

2.22-кестеде физикалық шамалар, бірліктер атауы мен олардың орысша және халықаралық шартты белгілеулері берілген.

Электрлі және магнитті шамалардың еселенген және үлестік бірліктері жалпы ережеге сәйкес негізгі бірліктерге сәйкес қосымшаларды қосу арқылы құрылады (1.1-кестені қараңыз).

Мысалы, радиоқабылдағыш кіріміндегі кернеуі алыстағы радиостанцияларды қабылдау кезінде бірнеше микровольт құрайды, ал электронды күшейткіштер тізбегіндегі кернеу ондаған немесе жүздеген микровольт болуы мүмкін. Бұған дейін бірнеше фарад сыйымдылықты конденсаторларды кездестірмейтін едік. Тек қазіргі кезде ғана осындай және одан да зор сыйымдылықты конденсаторлар пайда болды, олар, мысалы, іштен жанатын қозғалтқыштарды іске қосу жүйесінде аккумулятор батареялары орнына қолданылады. Басқа жағдайларда сыйымдылығы аз конденсаторлар қолданылады. Осылайша, радиоқабылдағыштарда ондаған және мыңдаған пикофарад сыйымдылықтағы конденсаторларды,

2.22-Кесте. Электрлі және магнитті шамалар

Физикалық шама	Бірлік атауы	Бірлік белгілеуі	
		халықаралық	орысша
Электрлі кернеу, электрпотенциалдарының айырмасы, электр қозғаушы күш	вольт	V	В
Тоқ күші	ампер	A	А
Белсенді қуат	ватт	W	Вт
Электр энергия саны (электрзаряды)	кулон	C	Кл
Электрлік кедергі	ом	W	Ом
Электрлік сыйымдылық	фарад	F	Ф
Индуктивтілік, өзара индуктивтік	генри	H	Гн
Электрмагнитті энергия	Джоуль	J	Дж
Магнит тасқыны	Вебер	Wb	Вб
Магнитті индукция	Тесла	T	Тл
Магнитті өрістің кернеулігі	ампер метрге	A/m	А/м

Ал түзеткіштердегі сүзгілер сұлбасындағы — әдетте жүздеген микрофарадтан артық емес.

Сондай-ақ, электрлі шамалардың олардың негізгі бірліктеріне карағанда ірі мәндерін кездестіруге тура келеді. Бұл кило (к) және мега (М), мұнда $k = 10^3$, ал $M = 10^6$. Мысалы, түрлі білдектер электр қозғалтқыштарының қуаты әдетте 5... 15 кВт аралығында жатады, ал сымдар мен шоғырсымдар оқшаулануының кедергісі жүздеген МОм дейін жетеді.

Кейбір электрлі үдерістер немесе материалдар параметрлерінің арнайы өлшем бірліктері жоқ, олар өлшемділікпен сипатталады. Мысалы, тоқ тығыздығы метрге келетін Ампермен өлшенеді (А/м). Мұндай шамалардың өлшемділігі оларды өлшеу әдістемесі сипатталатын тарауларда қарастырылатын болады.

Кейбір жағдайларда стандартты дабыл деген түсінікті қолданады. Ол мемлекеттік немесе халықаралық метрология органымен стандартты деп

бекітілген нормаландырылған сипаттамалары (параметрлері) бар сигналды білдіреді.

Сигнал параметрлерін стандарттау арқасында өлшеу құрылғыларының өзара және басқа құрылғылармен үйлесімділігі қамтамасыз етіледі. Халықаралық ретінде келесі электрлі стандартты сигналдарды қолданады:

тоқ 0...5 мА, 0...20 мА;

кернеу 0.10 В.

Стандартты сигнал деген ұғым, сондай-ақ, санды сигналдарға да қатысты айтылады. Осылайша, екілік жүйеде нөл деңгейіне стандартты сигнал 0 В, ал бірлік деңгейіне — 12, 24 немесе 48 В сәйкес келеді.

Атап өтілгендей, қандай да бір дәрежедегі көптеген электрлік (сондай-ақ, электрлік емес) шамаларды өлшеу кернеу немесе тоқты өлшеумен байланысты.

Осы мақсатта ең жиі қолданылатын өлшеу құрылғыларын қарастырайық. Оның бірі — магнитті-электр құрылғы (сур.2.103). Оңай болу үшін суретте кері момент тудыратын шиыршық серіппе көрсетілмеген.

Құрылғы өрісінде орамы бар 1 жиектеме орналасқан жылжымайтын тұрақты магнит 2 болып табылады. Физикалық заңдарға сәйкес тоқ шарғымен өткен кезде шарғы орамдарына әсер ететін магниттік өрісте орналасқан күштер пайда болады. Шарғының қарама-қарсы жақтары орамдарына әсер ететін күштер олардағы тоқтың қарама-қарсы бағытының әсерінен әр жаққа бағытталған, онда айналма момент пайда болып, жиектемесі бар қозғалмалы бөлік бұрылып, жиектемеден өтетін немесе кернек жиектемесі орамына бекітілген шама арқылы өтетін меңзерлік сілтеуіш тоқ күшінің шамасын көрсетеді.

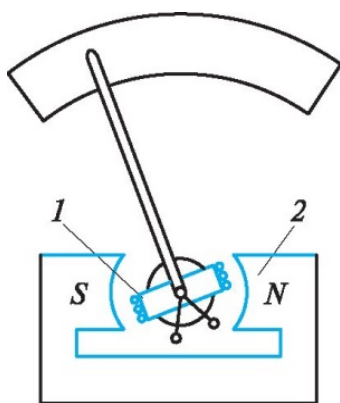
Мұндай магнитоэлектрлік аспап теориясы нұсқардың ауытқу бұрышы өкернеуге немесе токқа тікелей пропорционалды екенін көрсетеді:

$$\alpha = k_1 U;$$

$$\alpha = k_2 I,$$

мұнда k_1 және k_2 — аспаптың құрылымдық параметріне тәуелді пропорционалдылық коэффициенті.

Магнитоэлектрлі аспаптардың артықшылықтарына келесілерді жатқызуға болады:



Сур. 2.103. Магнитоэлектрлі жүйе аспабының құрылымы:
1 — орамды жиектеме; 2 — магнит

- жоғары дәлдік;
- өте жоғары сезімталдық (магнитоэлектрлі гальванометрлермен вольттің миллиондаған үлесіне дейін өлшеуге болады);
- сыртқы магнит өрістері әсерінің жоқтығы (өйткені өзінің тұрақты магнитінің магнитті өрісі өте күшті);
- межеліктің сызықтығы (яғни межелік біркелкі).

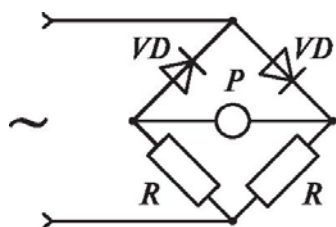
Сонымен қатар аспаптың кемшілігі де жоқ емес, оның негізгісі — айнымалы кернеу мен тоқтарды өлшеудің мүмкін еместігі.

Магнитоэлектрлі аспап өлшеудің түрлі сұлбаларында және түрлендіргіштердің шығымында ақырғы индикатор ретінде кең қолданыс тапты.

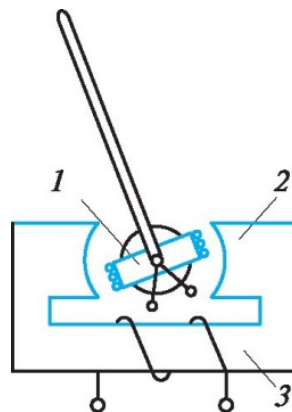
Магнитоэлектрлі аспаптың айнымалы кернеу мен тоқтарды өлшеуге арналған өзге түрі— түзеткіш жүйенің аспабы. Ол магнитоэлектрлі аспаптың түзеткіш сұлбасымен комбинациясын білдіреді. Көбіне түзеткіш ретінде көпірлік сұлбаны немесе Грецтің жартылай сұлбасын қолданады (сур. 2.104). Ол жерде екі жартылай өткізгішті VD диод, екі резистор R қолданылады. Көпірдің бір диагоналіне өлшенетін айнымалы кернеу келтіріледі, ал екіншісіне стандартты магнитоэлектрлі аспап қосылады. Диодтар тек бір бағытта ғана тоқ өткізетіндігі белгілі (шартты белгілеу меңзерінің бағытында) және, түзеткіш сұлбасында көрсетілгендегідей, кірімінде айнымалы кернеудің кез-келген полярлығында тоқ аспап бойымен өтеді. Магнитоэлектрлі аспаппен салыстырғанда түзеткіш жүйесінің аспабының сезімталдығы мен дәлдігі төмен.

Бұған себеп - жартылай өткізгіш диодтың сипаттамасы температураға тәуелді болғандықтан және кернеулер $0,1\text{ В}$ кем болған кезде тоқ өткізе алмайтын болғандықтан. Сондай-ақ, диодтың сипаттамасы бейсызықты және межеліктің қолайлы сызықтығын қамтамасызету үшін онымен бірге R резистор қосылады. Осы кемшіліктерге қарамастан, түзеткіш аспаптар өлшеу техникасында кең қолданыста.

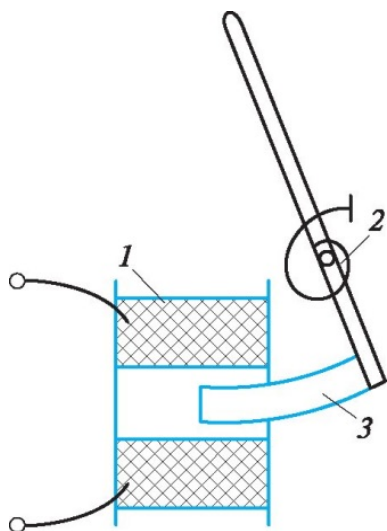
Аспаптардың үшінші типі ретінде ферродинамикалық жүйе аспабының құрылымын қарастырамыз (сур.2.105), ол қуат өлшеуіш аспаптар - ваттметрлер ретінде кең қолданылады. Көбіне мұндай аспаптың құрылымы магнитоэлектрлі аспаптың құрылымын еске салады, бірақ ондағы тұрақты магнит орнына электромагнит қолданылады, яғни оның ішінде магнитті ағын құруға арналған орам 3 оралған магнитөткізгіш 2 бар. Егер осы орам арқылы электр тоғын өткізсе, жиектемеге оралған екінші орам магниттік өріске түседі, және егер онда магнитоэлектрлі аспаптағыдай тоқ жүрсе, айналдырушы момент пайда болады, жылжымалы жиектемемен байланысты аспаптың меңзері қандай да бір бұрышқа орын ауыстырады. Айырмашылығы тек келесіде ғана – екі шарғыға да айнымалы ток берген кезде жиектемедегі шарғының тоқ бағыты мен магнитөткізгіштегі орам тудыратын магнит өрісінің бағыты бірдей өзгереді. Сондықтан айналдырушы моменттің бағыты үнемі бір бағытқа бағытталған болады, яғни ферродинамикалық аспап тұрақты тоқ пен айнымалы тоқта жұмыс істей алады.



Сур. 2.104.
Түзеткіш жүйе
құрылысының
сұлбасы



Сур. 2.105. Ферродинамикалық
жүйе аспабының құрылымы:
1 — орамды жиектеме; 2
— магнит өткізгіш; 3 —
орам

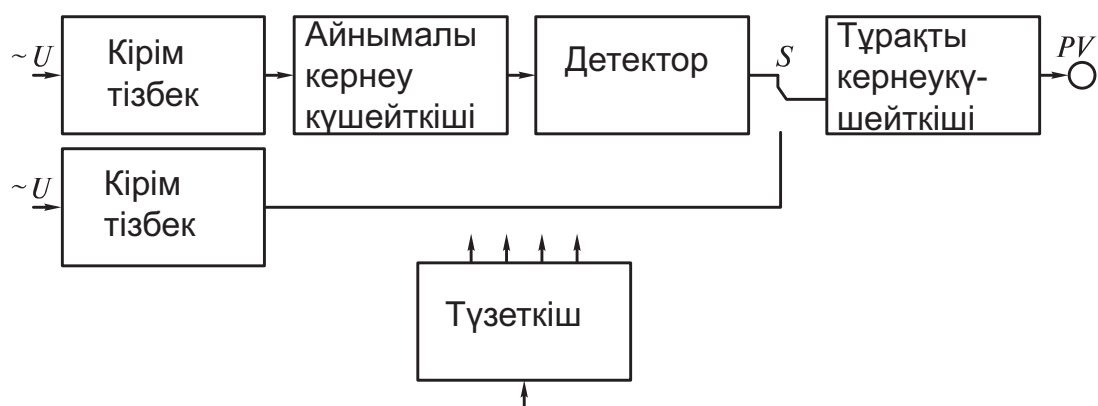


Сур. 2.106. Электр магнитті жүйе аспабының құрылымы:

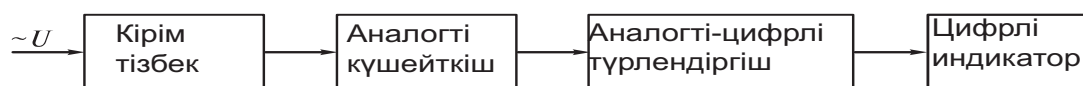
1 — жылжымайтын шарғы; 2 — серіппе;
3 — ферромагнитті өзекше темір

Ферродинамикалық аспаптың сезімталдығы өте жоғары, бірақ оның дәлдігі магнитоэлектрлі типті аспаптан төмен, әсіресе тұрақты тоқта жұмыс істеу кезінде, себебі магнит өткізгіш бұл жағдайда магниттеліп аспап көрсеткіштеріне қосымша кемшіліктер енгізетін болады.

Электромагнитті жүйенің аспабы өнеркәсіпте кең қолданыс тапты. 2.106 суретте көрсетілген сұлба бойынша айнымалы тоқта жұмыс істеуге арналған вольтметрлер мен амперметрлер құрастырылған. Бұл асқын жүктемелік қабілет пен зор механикалық беріктікке ие қарапайым әрі арзан аспаптардың бірі болып табылады. Құрылымдығы бойынша ол жылжымайтын шарғыдан 1 және ферромагнитті өзекшеден 3 тұрады. Соңғысы шарғыға ток жіберген кезде шарғының магнитті өрісі әсерінен шарғының ішіне қарай тартылады. Ферромагнитті өзекше 3 аспаптың меңзерімен байланысты. Жылжымайтын шарғы 1 орамаларында жүретін ток жоғары болған сайын магниттік өріс те күшті болатындықтан меңзердің ауытқуы қосылған кернеудің немесе шарғы арқылы өтетін токтың шамасына байланысты болады.



Су. 2.107. Электронды вольтметрдің ұқсас сұлбасы



Сур. 2.108. Сандық вольтметр сызбасы

Ферромагнитті өзекшенің 3 шарғы ішіне тартылуы ондағы ток бағытына байланысты емес,, яғни, аспап тұрақты және айнымалы токпен жұмыс істей алады. Өкінішке орай, электромагнитті аспаптың бірқатар кемшіліктері де бар. Оның сезімталдығы жоғары емес, дәлдігі де төмен, әсіресе тұрақты токпен жұмыс істеу кезінде. Сондай-ақ, оның межелігі сызықсыз, ал бұл өлшеу нәтижелерін оқуды қиындатады.

Осы кемшіліктеріне қарамастан, бұл электромагнитті жүйе цехтарда, көлікте, сондай-ақ діріл, шайқалу мен тіпті соққы жағдайында құрылғылар жұмысының жоғары сенімділігі талап етілетін жағдайларда кернеу мен токтарды өлшеу үшін кең қолданылады.

Барлық қарастырылған өлшеу аспаптары меңзер түріндегі жылжымалы индикаторлы бөлігі бар аналогтық типке жатқызылады. Электрониканың дамуы өлшеу аспаптарының сипаттамаларын жақсартып қана қоймай, өлшеу нәтижелерін сандық индикаторлармен жабдықтау арқылы олардың сапасын өзгертуге мүмкіндік берді. Мұндай аспаптар әдетте сандық немесе дискретті типті аспаптар деп аталады.

Аналогты индикаторы бар электронды аспапты қарастырайық — электронды вольтметр (2.107 сурет). Оның кіруінде вольтметрдің ең көп кіруші кедергісін қамтамасыз ететін, өлшеу тізбегін жүктемейтін кіру құрылғысы бар.. (Электрмеханикалық аспаптармен салыстырғанда электронды аспаптар өлшеу тізбегінің энергиясын қажет етпейді, себебі өзінің жұмысы үшін электр желісін немесе автономды қуат көздерін қолданады). Кіріс сигналының күшеюі айнымалы және тұрақты токта айнымалы кернеуді өлшеу кезінде немесе тек қана тұрақты токта тұрақты кернеуді өлшеу кезінде жүргізіле алады. Айнымалы кернеуді өлшеу кезінде тұрақты ток күшейткішінің жұмысын қамту үшін көбіне детектор деп аталатын түзеткіш қолданылады. Аспаптың шығысында қарапайым өлшеу нәтижелерінің санауы жүргізілетін магнит-электрлі құрылғы орнатылады.

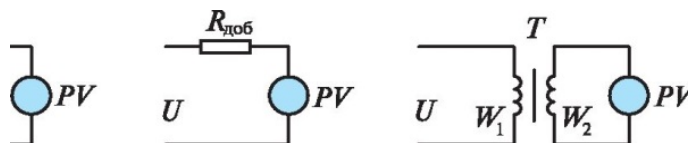
Сандық вольтметр (2.108 сурет) аналогты күшейткіштерімен кіріс сигналын күшейткен соң аналогты сигналды сандарға түрлендіретін аналогты-сандық түрлендіргіш қолданылады, олар өлшеу нәтижелері сан түрінде көрсетілетін сандық индикаторға жіберілуі мүмкін. Бұған дейін сандық аспаптар ауқымды көлемді болатын, оларға көптеген транзисторлар мен басқа да сұлба элементтері кіретін. Микроэлектрониканың дамуы, жаңа микросұлбалар жасау сыртаумақты өлшемдерді, сұлбалық күрделілікті және сандық аспаптар құнын айтарлықтай кішірейтуге мүмкіндік берді. Мысалы, АСТ кішігірім микросұлба болып саналады.

Ескере кету керек, сандық аспаптар тез өзгертін шамаларды өлшеу кезінде ыңғайсыз, себебі индикатордағы түрлі сандардың жылтылдауы өлшеу аспаптарымен бақыланатын үрдістер сипатын түсінуге мүмкіндік бермейді. Сондай-ақ, сандық аспаптар өлшеу кешендерінде кең қолданыс тауып жүрген компьютерлерге өлшеу нәтижелерін оңай енгізуге мүмкіндік береді.

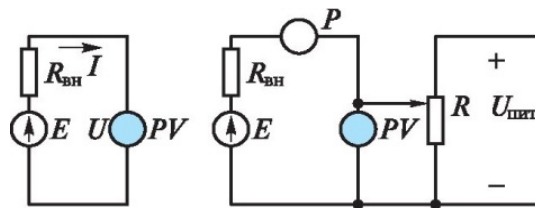
Электр тізбектеріндегі өлшеулер әдістемесі

Тұрақты және айнымалы кернеуді өлшеу. Тұрақты және айнымалы кернеуді өлшеу кернеудің сәйкес типінің жұмысы үшін есептелген тікелей вольтметрлермен жүргізіледі. Вольтметр есептелінген межеден көп кернеуді өлшеу қажет болған жағдайларда, онымен қатар қосымша резисторды қосу керек. Сол кезде өлшенетін кернеудің жартысы қосымша резисторға түсетін болады, ал қалған жартысы — аспапқа. Қосымша резистор кедергісінің шамасын жинай отырып, үлкен кернеулерді өлшеу мүмкіндіктерін кеңейтуге болады. Вольтметр кедергісі $L_{пр}$ белгілі және кеңею шектерінің кеңею коэффициенті алынған:

$$n = U_x / U_{пр} ,$$



Сур. 2.109. Кернеуді өлшеу сұлбалары



Сур. 2.110. ЭҚК өлшеу сұлбасы

мұнда U_x — өлшеуге жататын сұлба кірісіндегі максималды кернеу;
 $U_{пр}$ — тікелей вольтметрмен өлшеудің максималды шектері.

Қосымша резистор кедергісінің шамасы келесі формула арқылы табылады:

$$R_{қос} = R_{пр}(n - 1).$$

Санақ жүргізуге ыңғайлы болу үшін әдетте n коэффициентін 2, 5 немесе 10 еселі етіп таңдайды.

Айнымалы кернеулердің жоғарғы мәндерін өлшеу үшін кернеуді өлшеу трансформаторлары қолданыла алады.

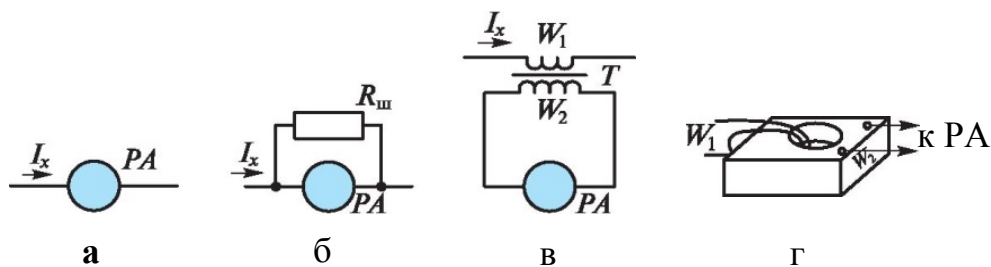
Олар төмендетуші трансформаторлар болып табылады, яғни вольтметр қосылатын W_2 екіншілік орамадағы орамсаны W_1 біріншілік орамадағы орам санынан аз. Өлшеу шектерінің кеңею коэффициенті $n = W_1/W_2$. Кернеуді өлшеуге арналған вольтметрлерді қосу сұлбасы 2.109 суретте көрсетілген.

Электр қозғаушы күшті өлшеу (ЭҚК). Өлшеудің өзіндік ерекшеліктері бар. Вольтметрді ЭҚК көзіне қосу кезінде оны өлшеу үшін үнемі ол арқылы тоқ өтетін болады, ал ЭҚК кез-келген көзінің ішкі кедергісі $R_{іш}$ бар болғандықтан, мұндай көздегі кернеу

$$U = E - IR_{іш}$$

және вольтметр ЭҚК E кем шаманы өлшейтін болады.

Егер ЭҚК өлшеуіңіз жоғарғы дәлдігі талап қойылмаса, онда тоқты азайту үшін ішкі кедергісі жоғары вольтметрді пайдалануға болады, мысалы, электронды. Бұл кезде өлшеу кедергісі $U \sim E$ деп есептеуге болады. ЭҚК өлшеудің нақты әдістері өтемақылдық сәйкестіктермен қолданумен байланысты (2.110 сурет). Ондағы кернеу вольтметрмен PV өлшенеді. Айнымалы резистордан R алынатын кернеу, ЭҚК көзіндегі кернеумен салыстырылады.



Сур. 2.111. Ток күшін өлшеудің сұлбалары

Айнымалы резистор (потенциометр) шығысында кернеуді өзгерте отырып, өлшеу аспабы Р ЭҚК көзі арқылы өтетін тоқтың жоқ екенін көрсететін жағдайға жетуге болады. Бұл кезде вольтметр көрсеткіштері көздің ЭҚК шамасына нақты сәйкес келетін болады, яғни $U = E$.

Тоқты өлшеу. Ток өлшеуін өлшенетін тізбектің үзілген жеріне қосылған тікелей амперметрмен жүргізуге болады (2.111, а сурет). Амперметрдің өлшеу шектерін кеңейту қажет болған жағдайда амперметрге параллельді резисторды қосу керек (2.111, б сурет), оны көбіне *шунт* деп атайды. Ол кезде амперметр арқылы тоқтың тек жартысы ғана, ал қалғаны —шунт арқылы өтетін болады. Әдетте амперметрлердің кедергісі үлкен емес болғандықтан, өлшеу шектерін айтарлықтай кеңейту үшін шунт кедергісі үлкен болмауы керек. Шунт кедергісін есептеуге арналған формулалар бар, бірақ әдетте тәжірибе жүзінде оның кедергісін тоқты эталонды амперметрмен бақылай отырып, қолмен бейімдеуге тура келеді.

Үлкен айнымалы тоқтарды өлшеу үшін көбіне тоқтардың өлшеу трансформаторларын қолданады (2.111, в сурет). Олардың өлшенетін тізбектің үзілген жеріне кіретін біріншілік орама W_1 орамдарының саны екіншілік орама W_2 орамдары санынан төмен, яғни трансформатор кернеу бойынша жоғарлатқыш, бірақ ток бойынша төмендеткіш болып табылады. Амперметр тоқ трансформаторының екіншілік орама шығысына қосылады. Көбіне зертханалық ток трансформаторларының алдын ала дайындалған біріншілік орамы болмайды, олардың тұрқысында кең өтпелі саңылауы бар, ол арқылы істәжірибеші қажетті орамдар санын өзі орайды (2.111, г сурет). Екіншілік орама орамдарының санын біле отырып (әдетте ол ток трансформаторының тұрқысында көрсетілген), трансформация коэффициентін таңдауға $n = W_1/W_2$ және өлшенетін тоқты I_x амперметр көрсеткіштері бойынша I_{np} келесі формула арқылы табуға болады:

$$I_x = I_{np} / n$$

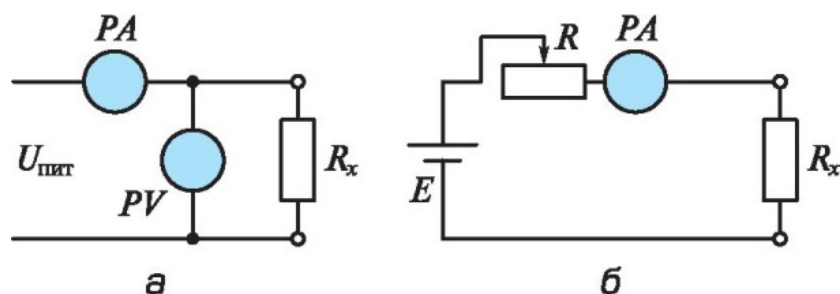
Әдетте дәнекерленген, баспа тақшасында жасалған электронды сұлбаларда тоқ өлшеуін мүлде басқаша жүргізеді; оларда қандай да бір үзілу мүмкін емес. Бұл жағдайларда тоқтарды өлшеу үшін вольтметрлерді (әдетте электронды сұлба жұмысына келтіретін аспаптың әсерін жою үшін ішкі кедергісі үлкен электронды вольтметрді) қолданады, шамалары белгілі немесе алдын ала өлшенуі мүмкін сұлба резисторларына қосу арқылы қолданады. Ом заңын қолдану арқылы тоқ күшін анықтауға болады:

$$I = U/R.$$

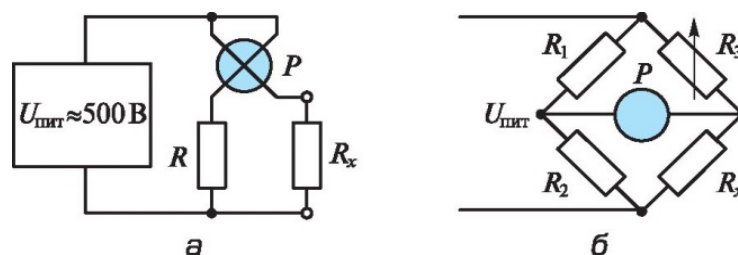
Кедергілерді өлшеу. Көбіне электрлі құрылғылармен жұмыс істеу немесе электронды сұлбаларды баптау кезінде түрлі кедергілердің өлшеуін жүргізу керек. Кедергілерді өлшеудің ең қарапайым тәсілінің мәні екі өлшеу құрылғыларын қолдануда: амперметр мен вольтметр. Олардың көмегімен қуат көзіне қосылған R кедергісіндегі кернеу мен тоқты өлшейді, және Ом заңы бойынша ізделінетін кедергінің шамасын табады:

$$R = U/I.$$

Алайда кедергіні өлшеудің бұл тәсілі жоғары дәлдіктегі нәтижелерді алуға мүмкіндік бермейді, себебі өлшеу нәтижелеріне амперметр мен вольтметрдің ішкі кедергілері әсер етеді. Осылайша, 2.112, а суретте берілген сұлбада амперметр кедергі арқылы өтетін тоқты ғана емес, вольтметр арқылы өтетін тоқты да өлшейді, осылай өлшеуге әдістемелік қателіктер енгізіледі. Әдетте бұл тәсілмен өлшеуді арнайы аспаптар – омметрлер жоқ кезде жүргізеді. Омметрдің ықтимал сұлбаларының бірі (сур. 2.112, б) — тізбекті.



2.112. сурет. Кедергіні амперметр мен вольтметр(а) әдісімен өлшеу сұлбасы және омметр сұлбасы (б)



2.113. сурет. Мегометр (а) және электр көпір (б) сұлбалары

Ол автономиялы Е қуат көзінен, R айнымалы резистордан және PA типті магнитоэлектрлі миллиамперметрден тұрады. Қуат көзі ретінде әдетте құрғақ элементтерді немесе кернеуі 1,4...4,5 В батареяларды қолданады. Егер аспап шықпасына шамасын анықтау керек R_x кедергісін қосса, онда шамасы кедергі шамасына байланысты болатын тізбекпен ток жүретін болады. Осы токты миллиамперметр өлшейтіндіктен, оның межелігі оммен градирленген болуы мүмкін. Мұндай омметрдегі межелік кері, яғни нөл межеліктің оң жағында орналасқан, себебі кірмесіндегі нөлге тең кедергі кезінде (қысқа тұйықталу режимі), амперметр арқылы максималды ток жүріп өтеді. Егер сыртқы тізбек үзілген болса, ал бұл кірмедегі шексіз үлкен кедергіге сәйкес келеді, онда миллиамперметрдің меңзері x белгісі тұрған межеліктің ең сол жақ бөлігінде тұратын болады. Мұндай омметр межелігі күрт бейсызықты, ал бұл нәтижелерді оқуды қиындатады. Омметрдің айнымалы резисторы онымен жұмыс істемес бұрын құрылғыны нөлге орнатуға арналған. Ол үшін омметрдің шықпаларын қысқа етіп тұйықтайды да айнымалы резистордың тұтқасын айналдыру арқылы құрылғының нөлдік көрсеткіштеріне қол жеткізеді. Қуаттау элементінің ЭҚК уақыт өте келе разряд есебінен азаятындықтан, нөлдің мұндай қондыруын бақылап отыру керек. Осындай омметрлер көмегімен бірнеше оннан жүздеген килоомдарға дейін кедергілерді өлшеуге болады.

100 МОмға дейінгі үлкен кедергілерді өлшеуді әдетте мегометрлер көмегімен жүргізеді (2.113, а сурет). Өзінің классикалық түрінде ол автономиялы қуат көзі мен өлшеу аспабы – логометрдің комбинациясы болып табылады. Логометр — магнитоэлектрлі аспаптың бір түрі, онда бір жиектеменің орнына қандай да бір бұрышта бір бірімен қатты біріктірілген екі жиектемесі бар. Кәдімгі магниттөэлектрлі аспаптағыдай олармен аспап меңзері байланысты және олар тұрақты магниттің магниттік өрісінде орналасқан.

Тоқты жиектемелер орамы арқылы өткізгенде олар қарама-қарсы белгілердің айналдыру моментін тудырады, соның нәтижесінде меңзердің орналасуы жиектемелердегі тоқтар қатынасына байланысты болады. Қандай да бір жиектеме тізбегіне R резисторы, ал екіншісінің тізбегіне $—R_x$ шамасы анықталуы тиіс кедергі қосылады. Логометрді қолдану оның көрсеткіштерінің жиектемелердегі тоқтар қатынасымен анықталатындығымен және $U_{\text{куат}}$ қуаттау кернеуінің өзгеруіне байланысты еместігімен түсіндіріледі. Мегометрдің кернеу көзі ретінде оператор қолымен айналымға түсетін индукторды немесе кернеуді электронды түрлендірушісі бар аккумуляторлы батареяны қолданады. Мұндай қуат көзі аспап жұмысына арналған үлкен кернеудің шамамен 500 В қажеттілігімен анықталады, себебі аз кернеуде аспап орамаларындағы тоқтар дұрыс жұмыс істеу үшін өте кішкентай болар еді. Кабельдер окшауламасының кедергісін көбіне мегометрмен өлшегенде автономиялы қуат көзі қолданылады; бұл кезде олардағы кернеу өшірулі болады. Сондай-ақ, оның көмегімен электр желісі жоқ үймереттен тыс жерде өлшеулер жүргізеді.

Кіші кедергілерді өлшеу (1 Омнан кем), сондай-ақ, жоғары дәлдікті мәндердің кең ауқымында басқа кедергілерді өлшеу электр көпірлері көмегімен жүргізілуі мүмкін.

Электрлі көпір (2.113, б сурет) сақиналы сұлба бойынша қосылған төрт кедергіні (оның бірі $—R_x$ өлшеуге жатады) білдіреді. Әр кедергі көпір иығын құрайды. Көпірдің бір диагоналіне қуаттың тұрақты кернеуін $U_{\text{куат}}$, ал екіншісіне өлшеу аспабы — гальванометрді P қосады. Бұл межелік ортасында нөлі бар жоғары сезімталды магнитоэлектрлі құрылғы болып табылады. Оның міндеті — тоқ жоқ мезеттітіркеу. Мұндай типті құрылғылар көбіне ноль-индикаторлар деп аталады. Көпір иықтарындағы бір немесе екі кедергі айнымалы болады, және дәл солардың көмегімен құрылғының нөлдік көрсеткіштеріне қол жеткізеді. Бұл ретте көпір теңгерімделген деп есептеледі. Электр көпірлердің теориясы көрсеткендей, қарама-қарсы иықтардың кедергілер көбейтіндісі тең болған жағдайда, яғни $R_1R_x = R_2R_3$ болғанда, теңгерім шартынақол жеткізіледі. Демек, көпір теңгерімінен кейін барлық кедергілердің шамаларын біле отырып, белгісіз кедергінің мәнін анықтауға болады

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R_3, \text{ немесе } R_x = N R_3, \text{ мұнда } N = R_2/R_1 \text{ — көбейткіш.}$$

Тұрақты ток көпірлері көмегімен өлшеу дәлдігі өте жоғары болуы мүмкін. Кедергілердің нәтижелі мәндерінің бестен артық мәнді саны болуы мүмкін. Сонымен қатар көпір өлшеуді жедел жүргізуге мүмкіндік бермейді, себебі теңдестіру үрдісі оператордың белгілі бір уақыты мен дағдысын талап етеді.

Сыйымдылықтарды өлшеу. Конденсатор немесе басқа да сыйымдылықты сипаттағы құрылғылардың сыйымдылығын анықтау әртүрлі тәсілдермен жүзеге асуы мүмкін. Олардың ең қарапайымы — амперметр-вольтметр әдісі (2.114, а сурет). Ол көбіне кедергіні өлшеудің осындай әдісіне ұқсас, олардың айырмашылығы сұлба төмен немесе жоғары жиілікті (немесе желіден) генератордан айнымалы синусоидты кернеумен қоректенеді. Конденсатордың сыйымдылық кедергісі келесі формула бойынша анықталады:

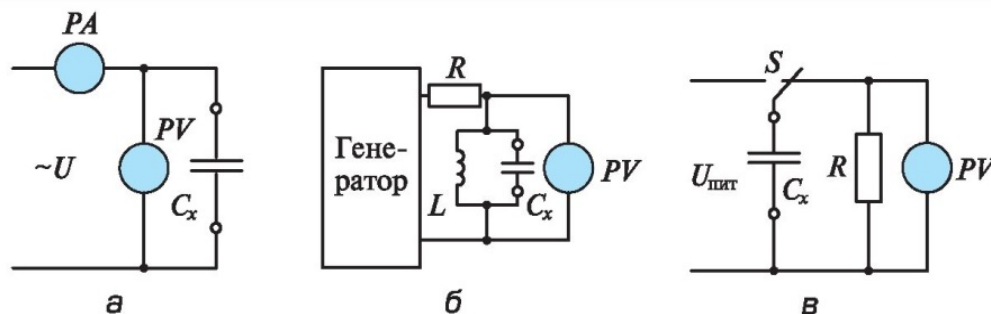
$$X_C = (1/2\pi fC),$$

Мұнда f — айнымалы кернеудің жиілігі.

Сыйымдылық кедергісі Ом заңымен аспаптар көрсеткіштері бойынша табылады

$$X_C = U/I.$$

Көлемі кішкентай сыйымдылықты резонанс әдісімен өлшеу ыңғайлы (2.114, б сурет). Өлшенетін конденсатор C_x белгілі индуктивтілікке қосылады L - тербелмелі контур құрылады. Контурға генератордан синусоидалық кернеу жіберіледі. Электронды вольтметр көмегімен контурдағы кернеуді өлшейді. Резонанс кезінде ол максимумға жетеді.



2.114. сурет. Сыйымдылықты өлшеу сұлбалары

Контурдың резонансты жиілігі келесі формуламен беріледі:

$$f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC_x}).$$

Сәйкесінше, контурдағы индуктивтіліктің

белгілі шамасында және вольтметрдің максималды көрсеткіштерімен анықталған резонанс жиілігінде C_x сыйымдылықтың ізделіп отырған мәнін табуға болады.

Үлкен сыйымдылықтарды өлшеуді (мысалы, электролитті конденсаторларды) белгілі кедергіге R конденсатор разряды арқылы жүргізген дұрыс. Конденсатор тізбегінің тұрақты уақытына тең уақыт ішінде оның кедергісі e есеге азаятыны белгілі, мұнда $e = 2,71...$ — натурал логарифмнің негізі. Резисторға конденсатор разрядының тізбегі уақытының тұрақты шамасы келесі қатынаспен анықталады:

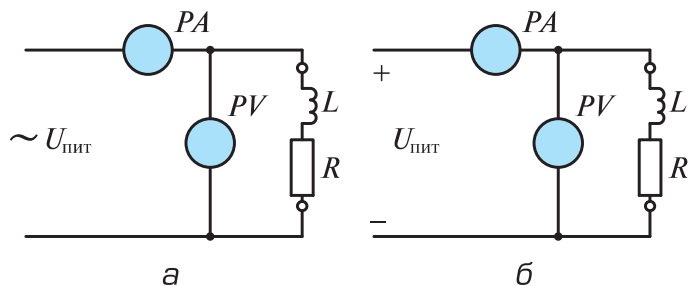
$$t = RC.$$

Сыйымдылықты осы әдіспен өлшеу сұлбасы (2.114, в сурет) R резистор кедергісінің шамасы бойынша белгілі қуат көзінің тұрақты кернеуінен, электронды вольтметрден PV , ауыстырып-қосқыштан S және конденсаторды қосуға арналған қысқыштардан тұрады. S ауыстырып-қосқыш көмегімен C_x конденсаторы қуат көзі кернеуіне дейін зарядталады, ал конденсатордың разрядқа ауысуынан кейін секундөлшеуіш көмегімен t уақытты өлшейді, ол уақыт өткен соң конденсатор $U_{\text{куат}}/e$ кернеуіне дейін разрядталады. Конденсатор сыйымдылығы келесі формула арқылы анықталады:

$$C = t/R.$$

Конденсаторлар сыйымдылығын сондай-ақ айнымалы тоқ көпірлері көмегімен өлшеуге болады.

Индуктивтіліктерді өлшеу. Индуктивтілікті өлшеу қиындау. Бұл кез-келген шарғының (трансформатор орамасы және т.с.с.) индуктивтілігінен бөлек резистивті кедергісі бар болуымен байланысты.



2.115. сурет. Индуктивтіліктерді өлшеу сұлбалары

Сондықтан көп жағдайда индуктивтілік шарғысының толық кедергісін алдын ала өлшеп алады:

$$z = \sqrt{R^2 + x_L^2}.$$

Ол амперметр мен вольтметр әдісімен кернеу мен тоқты айнымалы кернеуде өлшеу аспаптарымен өлшеу арқылы анықталуы мүмкін (2.115, а сурет) $z = U/I$. Тұрақты кернеу сұлбасына беру кезінде (2.115, б сурет), жоғарыда атап көрсетілгендей, R шарғысының резистивті кедергісін анықтауға болады. Онда

$$x_L = \sqrt{z^2 - r^2}.$$

Өз кезегінде, индуктивті кедергі

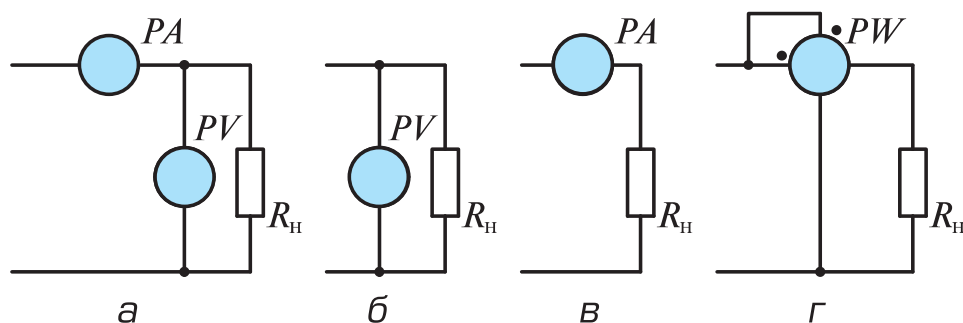
$$x_L = 2\pi fL.$$

қуат кернеуі жиілігінің белгілі мәнінде индуктивтіліктің ізделіп отырған шамасын оңай табуға болады

$$L_x = \frac{x_L}{2\pi f}.$$

Индуктивтіліктің кіші мәндерінде (мысалы, радиоэлектронды құрылғылардың контурлы шарғыларында) резонансты әдіспен сыйымдылықты анықтаудың сұлбасына ұқсас резонансты сұлбаны қолдануға болады.

Индуктивтілікті өлшеу үшін сондай-ақ айнымалы ток көпірлерін қолдануға болады, арнайы өлшеу аспаптары — индуктивтілік шамасын ғана емес, электронды сұлбаларда шарғы жұмысының сапасын сипаттайтын шарғы сапалылығы сияқты сипаттаманы анықтауға мүмкіндік беретін куметрлер.



2.116. сурет. Тұрақты ток тізбектерінде қуатты өлшеу сұлбалары

Қуатты өлшеу. Электрлі тізбектерде қуат өлшеуін тұрақты және айнymалы токтар тізбегінде бөлек қарастырған ыңғайлы.

Тұрақты токта қуатты анықтауға арналған негізгі формулалар келесідей:

$$\begin{aligned}P &= UI; \\P &= U^2/R; \\P &= RI^2.\end{aligned}$$

Келтірілген формулаларға сәйкес R жүктемесіндегі қандай да бір кедергінің қуатын үш тәсілмен өлшеуге болады: вольтметр мен амперметр көмегімен (2.116, а сурет), тек қана вольтметрмен (2.116, б сурет) және тек қана амперметрмен (2.116, в сурет). Барлық жағдайларда аспаптардан көрсеткіштерді алған соң қуатты анықтау үшін математикалық есептер жүргізу қажет.

Егер қуатты өлшеу үшін арнайы аспап ваттметрді қолданса, бұдан құтылуға болады (2.116, г сурет). Әдетте өнеркәсіппен шығарылатын ваттметрлер ферродинамикалық аспаптар негізінде өндіріледі (2.105 суретті қараңыз).

Ваттметрлердің екі орамасы мен сәйкесінше төрт шықпалары бар. Бір орама тоқты болып табылады, ол арқылы жүктемеге ток өтеді, ал ондағы шығындалатын қуат өлшеуге жатады, ал екіншісі – кернеу орамасы болып табылады. Ол тікелей қуат көзіне қосылады.

Айнymалы токтағы қуатты өлшеудің өзіндік ерекшеліктері бар. Біріншіден, мұнда үш түрлі қуат бар:

толық қуат, $B \cdot A$,

$$S = UI;$$

белсенді қуат, Вт,

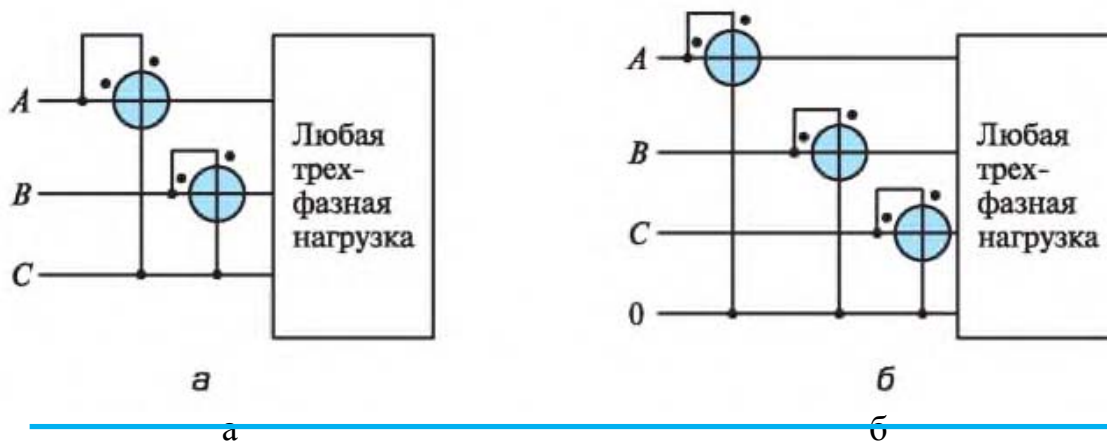
$$P = UI \cos \varphi;$$

реактивті қуат, вар,

$$Q = UI \sin \varphi.$$

Бұл формулаларда φ — ток пен кернеу арасындағы фаза бойынша жылжу бұрышы.

Көбіне толық және белсенді қуаттар қызықтырады. Толық қуатты білу жүктемедегі тоқты есептеу, сымдар мен сақтандырғылардың қимасын таңдау үшін қажет. Белсенді қуат жылу, жарық, дыбысқа және т.б. жүктемеде түрленетін қуатты сипаттайтындықтан маңызды болып табылады.



2.117. сурет. Айнымалы тоқта қуатты өлшеу сұлбалары: *а* — үшсымды жүйе; *б* — төртсымды жүйе.

Любая трех-фазная нагрузка - Кез-келген үшфазалы жүктеме

Әдетте толық қуатты кернеу мен тоқты вольтметр және амперметрмен өлшеп, алынған мәндерді көбейту арқылы жүргізеді. Белсенді қуатты көбіне ферродинамикалық ваттметрлер көмегімен өлшейді, олар кернеу мен тоқтан басқа қуат коэффициентін $\cos \varphi$ ескереді.

Ваттметр орамасын жүктемеге қосқанда, тұрақты кернеудегі сияқты ваттметр тікелей белсенді қуаттың өлшемін жүргізеді.

Айнымалы тоқта үшфазалы тізбекте белсенді қуатты өлшеу мәселесін шешуге тура келеді. Үшфазалы тізбектер екі типті болуы мүмкін: үшсымды және төртсымды. Жүктемеге үшсымды тізбектерде *A*, *B*, *C* әріптерімен белгіленетін үш сым қосылады. Мұндай тізбекте белсенді қуатты өлшеу үшін 2.117. суретте көрсетілгендей жүктеме элементтерінің кез-келген қосылу нұсқасында сымдарға екі ваттметр қосу жеткілікті. Бұл ретте ваттметрлерді қосудың белгілі бір ережелерін ұстану керек. Тұрқысында жұлдызшамен белгіленген ваттметр орамасының шықпасы энергия көзі жағына қарауы керек. Сондықтан бұл атаулар генераторлы деген атауға ие болды (генератордан келетін сымдарға қосылады). Мұндай үшфазалы жүйенің жиынтықты белсенді қуаты екі ваттметр көрсеткіштерінің алгебралық сомасы ретінде табылады. Бұл ретте бір ваттметр көрсеткіштері теріс болуы мүмкін, яғни оның меңзері сол жаққа қарай кетеді. Мұндай ваттметрден көрсеткіштерді алу үшін орамалардың кез-келгеніне сай келетін сымдардың орындарын ауыстыру, өлшеу нәтижелерін оқу, бірақ формулаға теріс белгімен қою керек.

Төртсымды тізбектерде белсенді қуатты өлшеу үш ваттметрлерді қолдануды талап етеді. Әр ваттметрдің бір шықпасы мұнда, әдетте нөлдік деп аталатын төртінші сымға қосылады. Барлық параметрлердің көрсеткіштері тек қана оң бола алады, және үшфазалы тізбекпен тұтынылатын жиынтық белсенді қуат әр ваттметрмен өлшенетін қуаттар сомасына тең болады:

$$P_e = P_1 + P_2 + P_3.$$

Электр санын өлшеудің бірден-бір қарапайым әдісі — баллистикалық гальванометр көмегімен өлшеу әдісі. Ол әдейі ауырлатылған жылжымалы бөлігі (үлкен инерция моменті бар) бар магнитоэлектрлі жүйе (2.103 суретті қараңыз) аспабы болып табылады. Егер осындай баллистикалық гальванометр кірмесіне қысқауақытты кернеу импульсін берсе, онда аспаптың жылжымалы бөлігі импульсті айналдырушы момент алған соң, қозғалысты бастайды, ал кіріс импульсі аяқталған соң бұл қозғалыс жалғасып, аспап меізері инерция бойынша жылжып, межеліктің қандай да бір мәніне дейін ауытқиды, одан соң бастапқы нөлдік күйге оралады. Мұндай аспапта санау ретінде «баллистикалық траекториямен» оның қозғалысы кезінде байқалған $\alpha_{\max}$ меңзерінің нөлдік мәннен максималды ауытқуын атап өту керек. Мұндай баллистикалық гальванометр теориясы меңзердің максималды ауытқуы осындай аспаптың жиектемесі арқылы өтетін электр санына пропорционалды болатынын көрсетеді, яғни

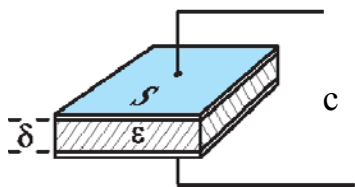
$$\alpha_{\max} = Q/C_{\phi},$$

мұнда C_{ϕ} — баллистикалық тұрақты шама, ол гальванометрдің құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты.

Алдын ала зарядталған конденсатор астарында Q электр санын өлшеуді оны баллистикалық гальванометрмен разрядтау арқылы жүзеге асыруға және оның меңзерінің максималды ауытқуы бойынша электр санының ізделіп отырған мәнін табуға болады:

$$Q = C_{\phi} \alpha_{\max}.$$

Электр тізбектерде қолдануға арналған жаңа қорытпалар әзірлеу кезінде олардың меншікті кедергісін анықтау қажеттілігі туындайды. Меншікті кедергі деп қимасының ауданы 1 мм^2 және ұзындығы 1 м болатын өткізгіштің кедергісін атайды.



2.118. сурет . Оқшаулау материалдарының диэлектрлік тұрақтылығын өлшеу сұлбасы

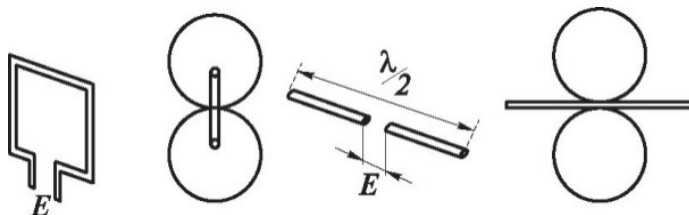
Сәйкесінше, мұндай меншікті кедергі ρ Ом бірліктерімен өлшенеді - ($\text{мм}^2/\text{м}$). Оны өлшеу үшін өткізгіш кесіндісін таңдайды, ол үлкен емес қималы болуы керек, және оның кедергісін жоғарыда қарастырылған кез-келген әдіспен өлшейді. Содан соң есептеу жолымен осы кедергінің шамасын 1 мм^2 қимаға және 1 м ұзындыққа келтіреді, бұл аса қиын емес және осыдан меншікті кедергі мәнін алады. Өлшеудің аса дәлдігіне қол жеткізу үшін өткізгіш ұзындығын үлкенірек етіп алған дұрыс.

Көптеген оқшаулау материалдары үшін олардың ϵ диэлектрлік өткізгіштігін анықтау бағалы болып табылады. Оның ең қарапайым тәсілі диэлектрлік өткізгіштік шамасын ары қарайғы есептеумен жанама өлшеу тәсілі болып табылады. Тілімдер арасындағы барлық кеңістікті толтыратын диэлектрден тұратын бір-бірінен δ қашықтықта орналасқан ауданы S екі бірдей тілімдерден тұратын қарапайым конденсатор сыйымдылығы келесі формула бойынша анықталады:

$$C = \epsilon \frac{S}{\delta},$$

мұнда ϵ — тілімдер арасындағы материалдың диэлектрлік өткізгіштігі.

Материалдың диэлектрлік өткізгіштігін өлшеуді конденсатор көмегімен жүргізеді (сур. 2.118), ал олардың тілімдері арасында сыналатын материалды орналастырады, сондай-ақ жоғарыда сипатталған кез-келген әдіспен элементарлы конденсатор сыйымдылығының анықтайды.



Сур. 2.119. Электр өрісінің кернеулігін өлшеу

. Диэлектрлік өткізгіштіктің сандық шамасын мына формула бойынша анықтайды

$$\varepsilon = C\delta / S.$$

Радиэлектрониканың дамуы және машинажасау материалдарына жоғарыжиілікті әсер етуге арналған қондырғылардың дамуы барлық кеңістіктің электр магнитті толқындармен толтырылуына алып келді.

Әлемде миллиондаған жіберетін радиостанция жұмыс істейді, олардың көпшілігі айтарлықтай қуат бөледі (мысалы, алыстан анықтау радиолокациялық станциялары, хабарламалық радиостанциялар және т.б.). Электр магнитті толқындарды бағалау үшін көбіне олардың деңгейін анықтау қажеттілігі туындайды. Әдетте электр магнитті толқындардың деңгейі туралы электр өрісінің кернелуіне қарап айтады. Электр өрісінің кернелуін жақтаулы антеннаның (2.119 сурет). көмегімен анықтайды. Бұл антенна қандай да бір диэлектриктен жасалған E қаңқаға оралған жазық шарғы болып табылады. (2.119 суретте оңай болу үшін тек бір ғана орам суреттелген).

Мұндай антеннаның бағытталу диаграммасы қабылданатын сәулеленудің максимумы шарғы орамдары жазығында жатқан жақтан келетінін көрсетеді. Бұл электр өрістің кернелуін өлшеп қана қоймай, сонымен қатар жоғарыжиілікті сәулелену көздеріне бағытты анықтауға да мүмкіндік береді. Бұл бағыт жиектеме тік өсіне қатысты бұрылған кезде оның шығысындағы кернеудің максималды шамасы бойынша анықтайды. Электр өрісінің кернелуін жиектеме шығысындағы кернеу шамасы арқылы келесі формула бойынша анықталады, В/м:

$$E = \frac{3 \cdot 10^8 U}{2\pi f n S},$$

мұнда U — жиектеме шығысындағы кернеу, В; f — қабылданатын сигнал жиілігі, Гц; n — жиектемедегі орамдар саны; S — жиектеме ауданы, м².

Әдетте жиектеменің геометриялық өлшемдеріне сигнал жиілігіне байланысты шектеулер қойылады. Оның ішінде, 30 МГц артық жиіліктерде жиектемелі антенна орнына ортасынан бөлінген толқынның жарты ұзындығындай өтiзгiштен тұратын жартытолқынды дипол қолданса дәл нәтиже алуға болады.

Дипольдағы кернеу көрсеткішін орталық кесілген бөлігінен алады. Электр өрісі кернелуінің мәнін келесі формула бойынша анықтауға болады:

$$E = \frac{\pi f U}{3 \cdot 10^8},$$

Мұнда f — жиілік, Гц; U — диполь шығысындағы кернеу, В.

Дипольдың анықталған бағыттылығы болғандықтан жиектеме сияқты сигнал келетін бағытты анықтауға мүмкіндік береді, себебі ол белгілі бір бағыттылыққа ие. Қабылданатын сигналдар максимумы диполь жазықтығына перпендикулярмен анықталады. Дәл осылайша телевизиялық антенналар телевизиялық мұнараларға қатысты бағытталған.

Жиектеме немесе диполь шығысындағы кернеуді электронды вольтметр көмегімен қатты сигнал кезінде немесе электронды күшейткіштерді қолдану арқылы өлшеуге болады. Бұл жағдайда күшейткіштердің селективті қасиеттерін қолдана отырып, белгілі бір жиіліктің электр өрісі кернеулілігінің деңгейін анықтауға болады. Ескере кету керек, жиектеме мен дипольдың шығысындағы сигнал деңгейі электр магнитті өрістердің көптеген санынан құралады.

Қажет болған жағдайда жоғары жиілікті сигнал жиілігін егер ол күшті болса, жиектеме немесе диполь шығысына жиілік өлшегішті тікелей қосуды қолдану арқылы анықтауға болады. Әлсіз сигнал кезінде және күшейткіштерді қолданғанда олардың жиілікті баптауы бойынша жиектемеде немесе дипольда бағытталған сигналдар жиілігін анықтауға болады, яғни әдетте радиоқабылдағыш межелігі бойынша толқын ұзындығы немесе қабылдаушы станцияны анықтағандай.

2.5.3. Магнитті шамаларды өлшеу әдістемесі

Магниттік шамаларды өлшеу электрлі өлшеуге қарағанда тәжірибе жүзінде сирек кездеседі. Магнитті шамаларға әртүрлі, ең алдымен электртехникалық өнімдерді дайындау кезінде кездесетін магнитті индукция B , магнитті ағын Φ және H_m магниттік өріс кернеулігі жатады. Осы шамалар бір-бірімен функционалды тәуелділікпен байланысты.

Вакуум және ауа үшін олардың арасындағы қатынас келесідей:

$$B = \mu_0 H_m;$$
$$\Phi = sB,$$

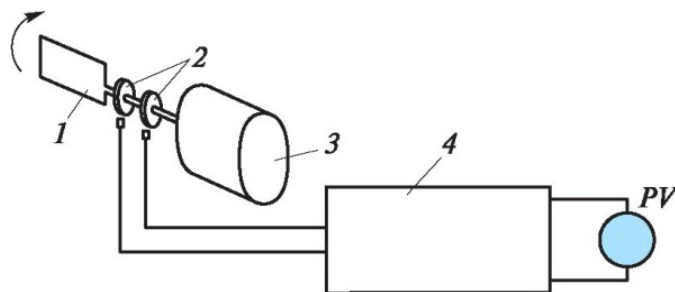
Мұнда μ_0 — $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м — магнитті тұрақты шама; s — магнитті ағын өтетін қима (магнит өткізгіштің).

Магнитті шамалардың функционалды байланысынан олардың біреуін тәжірибемен анықтауға болады, ал қалғандары есептеу тәсілімен анықталуы мүмкін. Оларды өлшеудің көптеген күрделі әдістері бар. Олардың көбі магнитті шамаларды электрлігіе түрлендіреді, ал содан соң электр құрылғылар көмегімен олардың өлшеуі жүргізіледі.

Магнитті индукцияны өлшеуге арналған қарапайым құрылғы — теслометр (2.120 сурет). Ол шарғыны қатаң түрде тұрақты жиілікпен айналдыратын 3 электрқозғалтқышының білігіне бекітілген, 1 магниттелмеген материалдан жиектемеге оралған өлшеу шарғысы болып табылады.

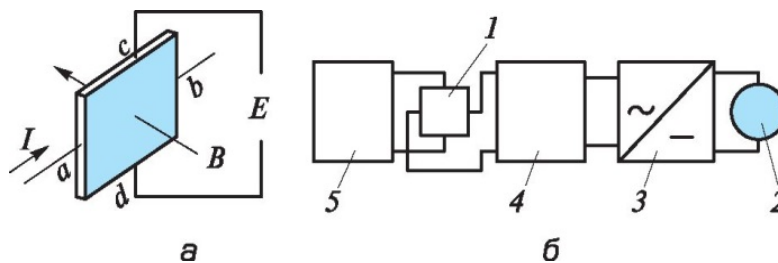
Егер айналмалы шарғы арқылы магниттік ағын өтсе, онда ол жерде ЭҚК магниттік ағын көп болған сайын арта түсетіні белгілі. (Осы қағидатпен барлық электргенераторлар жұмыс істейді). Сәйкесінше, шарғыдағы ЭҚК шамасы бойынша B магнитті индукциясы шамасы туралы айтуға болады.

Оны өлшеу үшін қозғалтқыш білігі өсінде түйіспе сақиналар орнатады 2. Жылжымайтын қылшақтардың көмегімен шарғыдан айнымалы кернеу 4 түзеткішіне, ал оның шығысынан — көбіне магнитоэлектрлі жүйенің өлшеу асбына түседі.



2.120. сурет. Магнитті индукцияны өлшеуге арналған аспап сұлбасы:

1 — магнитті емес материалдан жасалған жиектеме; 2 — түйіспелі сақиналар; 3 — электр қозғалтқыш білігі; 4 — түзеткіш



2.121. сурет. Холл әсері (а) және Холл әсеріне негізделген магнитті индукцияны өлшегіш (б):

I — Холл сезбегі; 2 — магнитоэлектрлі индикатор; 3 — түзеткіш; 4 — айнымалы кернеудің күшейткіші; 5 — қуаттың айнымалы кернеуінің көзі

Бұл аспап магнитті индукция шамаларында градирленуі мүмкін. Өлшеу шарғыларының диаметрі әдетте 1,5...25 мм шегінде жатады. Кіші диаметрлі шарғылар магнитсымдардың өте тар ауа саңылауларына сия алады. Қарастырылатын аспаптың қарапайымдылығымен қоса бір ірі кемшілігі бар — жылжымалы бөлшектерінің болуы. Бұл кемшілік Холл әсерін пайдаланатын магнитті индукцияны өлшеуге арналған аспапта жоқ.

Мұндай аспаптың жұмыс істеу қағидатын түсіну үшін Холл әсерінің физикасын қарастыру керек (2.121, а сурет). Егер n типті жартылай өткізгіштен жасалған тілімді алатын болсақ, (яғни электронды өткізгішпен), және олардың α және β қырларына тұрақты кернеуін қоссақ, онда тізбекте жартылай өткізгіштің еркін электрондарының қозғалысы есебінен I тоқ пайда болады. Егер бұл ретте жартылай өткізгішті тілім жазықтығында магниттік ағын жүрсе, онда ол электрондар ағынын бір жаққа жылжытуға тырысатын болады (магнитті өріс белгісіне байланысты s немесе d), ал бұл s және d қырлары арасында ЭҚК пайда болуына әкеледі. Бұл ЭҚК шамасы B магнитті индукциясымен келесі қатынаста байланысты:

$$E = R_x \frac{IB}{h},$$

Мұнда R_x —Холлдың тұрақты шамасы, ол жартылай өткізгіш материалына байланысты; I — α және β қырлары арасындағы тізбектегі тоқ ; B — магнитті индукция; h — жартылай өткізгішті тілімнің қалыңдығы.

Егер тілімге айнымалы кернеуді қосса, онда басқа қырларда да айнымалы ЭҚК пайда болады, осылайша тілімдегі тоқ бағытының өзгеруінен ондағы электрондар ағыны әр жаққа ауытқитын болады.

Холл әсеріндегі құрылғының оңайлатылған сұлбасы 2.121, б. суретінде келтірілген. Оған қуаттың айнымалы кернеу көзі 5 (көбіне жиілігі шамамен 1 000 Гц), Холл сезбегі 1, айнымалы кернеу күшейткіші 4, түзеткіш 3 және магнит-оэлектрлі индикатор 2 кіреді. Жартылай өткізгішті тілімнің қалыңдығы әдетте 1 мм аспайтындықтан, осындай аспап көмегімен электр машиналардың өте тар саңылауларында магнитті индукцияны анықтауға болады.

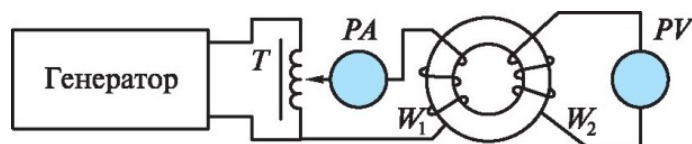
Электрмашиналар, трансформаторлар, электромагнитті реле сияқты жаңа электртехникалық өнімдерді әзірлеу кезінде осы бұйымдарда қолданылатын ферромагнитті материалдар сипаттамасын анықтау қажет болады. Осыған ұқсас міндеттер жаңа қасиеттері мен одан да сапалы сипаттамалары бар ферромагнитті материалдардың жаңа қорытпаларын құру кезінде де пайда болады. Мұндай сипаттамаларды анықтау оңай үрдіс емес, ол кейде күрделі әрі қымбат аппаратураны қажет етеді. Ферромагнитті материалдардың айнымалы магнитті өрістерде қолданылатын өте маңызды сипаттамаларын анықтаудың ең қолжетімді әдісі —индукцияның негізгі қисық сызығы. Оны анықтау үшін зерттеуге арналған материалдан тороидтық сақина жасап, оған екі орам орау керек. Оның бірі — бастапқы орама — сақина түріндегі өзекте магнитті ағын құру үшін қызмет етеді (2.122 сурет). Егер осы орамда I тоқты өлшеп, оған орамдар санын W_1 , берсе, онда магнитті өріс кернеулілігінің амплитуда мәнін келесі формула бойынша анықтауға болады

$$H_m = \frac{\sqrt{2IW_1}}{l_{cp}},$$

Мұнда I — бастапқы орамадағы айнымалы синусоидті тоқтың қолданыстағы мәні; l_{cp} — магнитсымның магнитті сызығының орташа ұзындығы.

Одан да нақты нәтижелерге қол жеткізу үшін бастапқы орамды тороидты магнитсым ұзындығымен біркелкі орайды. W_2 орамдар саны бар екінші ораманы магнитсымның кез келген жерінде шағын түрде орналастырады. Осы орамада кернеуді өлшеу U_2 тороидты өзектегі магнитті индукцияның максималды амплитудалы мәнін анықтауға мүмкіндік береді:

$$B_m = \frac{U_{2cp}}{4fW_2S}.$$

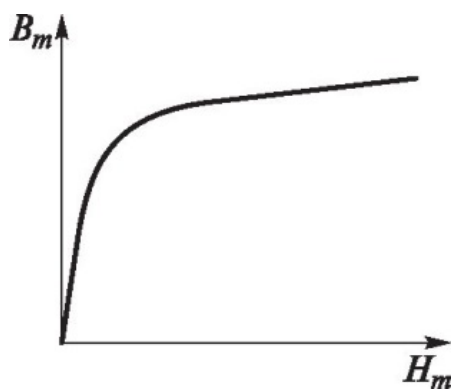


2.122. сурет. Динамикалық магниттеу қисық сызығын алуға арналған сұлба

Мұнда $U_{2\text{орт}}$ — екінші орамадағы кернеудің орташа мәні; f — айнымалы кернеудің жиілігі; W_2 — екінші орама орамдарының саны; S — тороидты магнитсымның қимасы.

Сипатталған динамикалық магниттеу қисық сызығының сызбасы 2.122 суретте келтірілген. Онда синусоидты кернеу көзі, бастапқы орамадағы тоқты реттеуге арналған автотрансформатор, екі орамы бар тороидтық өзек және екі өлшеу аспаптары: амперметр мен вольтметр қарастырылған. Амперметр тоқ күшінің әсерлік мәнін, ал вольтметр — айнымалы кернеудің орташа мәнін өлшеуге арналады. Сұлбада тек қана екі аспап қолданылғандықтан, әдістің өзі амперметр мен вольтметр әдісі деген атауға ие болды. Айнымалы кернеудің генератор жиілігі сыналатын материалдан алынған өнімдерде қолданылатындағыдай болып таңдалады. Егер өнім өнеркәсіптік жиілікте жұмыс істесе, онда қуат көзі ретінде әдетте өнеркәсіптік (қалалық) 50 Гц жиілік желісін қолданады.

Сипаттамаларды алу үрдісі бастапқы орамадағы тоқтың тізбекті артуы мен амперметр және вольтметр көрсеткіштерін жазып алуда болады. Осы мәндерді магнитті өріс пен магнитті индукция кернеулігінің шамаларына қайта есептеген соң сәйкес тәуелділікті құрайды $B_m = f(H_m)$, ал ол 2.123 суретте келтірілген. Сондай-ақ, алынған мәндер



2.123. сурет. Магниттелудің динамикалық қисық сызығы

амплитудалы магниттік өткізгіштіктің абсолют мәнін анықтауға мүмкіндік береді

$$\mu_m = B_m / H_m.$$

Қажет болған жағдайда, дәл солай әртүрлі есептеулер кезінде қолданылатын тәуелділікті құруға болады $m_m = f(H_m)$.

Көбіне есептеулер кезінде салыстырмалы магнитті өткізгіштікке қызығушылық артады, ол осы материалдың m_m магниттік өткізгіштігі m_0 вакуум магниттік өткізгіштігінен қанша есе көп екенін көрсетеді:

$$\mu_r = \mu_m / \mu_0.$$

Магниттік материалдарды зерттеу кейде өлшем және басқа да параметрлерді жүргізуді талап етеді, бірақ көп жағдайда олар күрделі, тек арнайы зертханаларда бірегей аппаратурамен қолданылады, және кейде бір данада шығарылады да сондықтан бұл әдістердің сипаттауын көбіне физикалық бағыттағы әдебиеттерден табуға болады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Электр өлшеуіш аспаптарының қандай негізгі жүйелері бар?
2. Кернеуді өлшеу әдістемесі электрқозғаушы күшті өлшеу әдістемесінен немен ерекшеленеді?
3. Қосымша резистор вольтметрге, ал шунт амперметрге олардың өлшеу шектерін кеңейту үшін қалай қосылады?
4. Ауадағы магнитті индукцияны өлшеуге арналған өлшеу аспабы қандай қағидатпен жұмыс істейді?
5. Өлшеудің өтемдік әдіс қағидатының мәні неде және ол қайда қолданылады?

2.6. ОПТИКАЛЫҚ СӘУЛЕЛЕНДІРУ ШАМАСЫН ӨЛШЕУ

2.6.1. Негізгі түсініктер

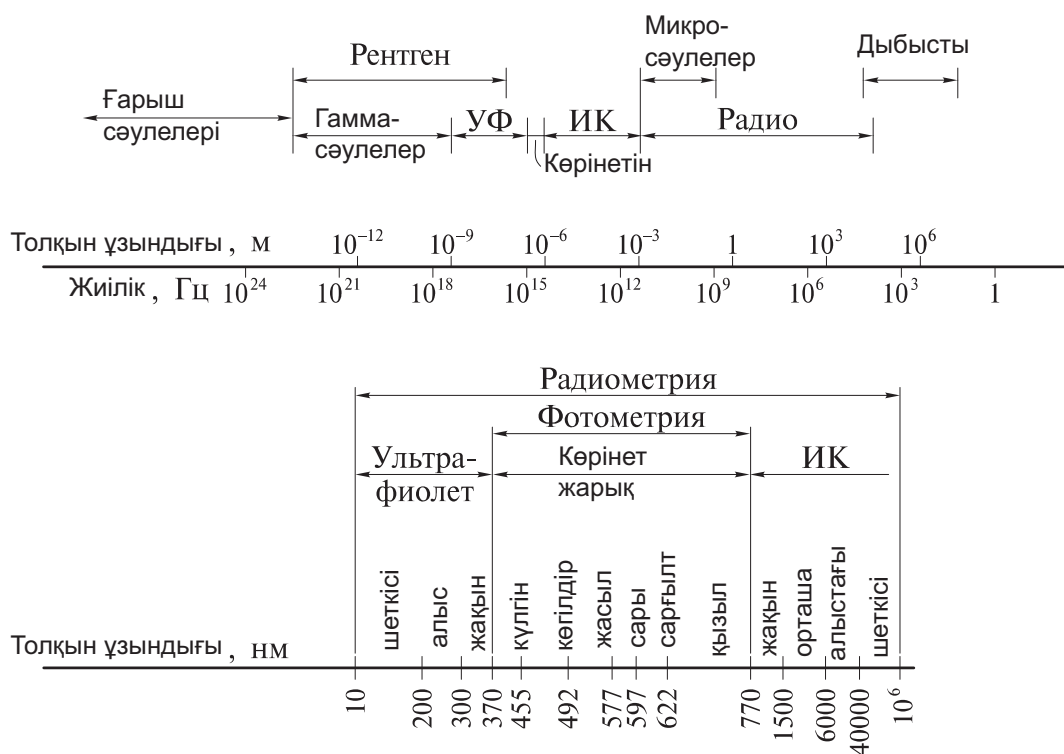
Оптикалық сәулелендіру шамаларын өлшеу, бақылау және бағалау метрологияның ең көп тараған бағыты болып табылады.

Адамның өлшеу және бақылау оптикалық құралы болып табылатын көзді күнделікті қолдануы оған түрлі табиғат құбылыстарын, заттар мен үрдістерді ашуға, тануға, жарық техникасы мен т.с.с. параметрлерді анықтауға мүмкіндік береді. Оптикалық сәулелендіру параметрлерін анықтау кезінде техникалық құралдарды қолдану көздің электромагнитті сәулелендірулерді қабылдау және өлшеу мүмкіндіктерін кеңейтеді.

2.124-суретте электромагнитті сәулелендірудің қазіргі ғылымға белгілі толық спектрі көрсетілген. Оптикалық сәулелендіру спектрдің тек мардымсыз бөлігін, ал көрінетін сәулелендіру — одан да аз бөлігін құрайды.

Оптикалық спектр 10^6 нм (нанометр) дейін созылады және үш негізгі бөлікке бөлінеді: ультракүлгін (УК), көрінетін және инфрақызыл (ИК).

Спектрдің көрінетін бөлігі толқын ұзындығы ауқымында 370 бастап 770 нм (0,37...0,77 мкм) дейін болады. Мұндай ұзындықтағы толқын сәулелендіруін көру қабілеті орташа адам көзі қабылдайды. Бұл бөлік стандартты көруші қабылдай алатын түстерге бөлінеді. Спектрдің көрінетін бөлігінің негізгі түстері: күлгін (370.455 нм), көк (көгілдір) (455...492 нм),



Сур. 2.124. Электромагнитті сәулелендіру спектрі

жасыл (492...577 нм), сары (577...597 нм), сарғыш (597.622 нм), қызыл (622.770 нм).

Барлық типті электрмагнитті толқындардың таралу жылдамдығы, оның ішінде жарық толқындарының жылдамдығы, еркін кеңістікте тұрақты және шамамен $2,99 \cdot 10^8$ м/с тең.

Сәулелендірудің түрлі типтеріне түрлі жиіліктер сәйкес келеді, сәйкесінше толқындар ұзындығы да келесі тәуелділікке сай

$$f = c/\lambda,$$

мұнда f — жиілік, Гц; c — жарық жылдамдығы; λ — толқын ұзындығы, м.

Әдетте жарық шоғы жиіліктер қатарының сәулелендіруінен тұрады, бірақ егер ол біржиілікті немесе тәжірибеде өте тар жиілік жолағын алып тұрса, онда шоқ монохроматикалы болады. Егер одан бөлек шоқ құралатын жеке толқындар бір-бірімен фазада орналасса, онда олар когерентті болады.

Электрмагнитті өрістің тербелісі жарық шоғы таралуының бағытына перпендикуляр жазықта орын алады. Әдетте тербелістер осы жазықтықта түрлі бағыттарда болады. Мұндай жарық *поляризацияланбаған жарық* деп аталады. Егер шоқты таралу бағытына перпендикулярлы жазықтықта тек бір бағытта тербелістер болуы үшін түрлендірсе, жарық сызықты полярланған болады.

Егер жарық екі орта айырығы шекарасымен жүрсе, әрі түсу бұрышы 90° тең болмаса, шоқ бағыты өзгереді. Бұл құбылыс *жарық сәулесінің сынуы* деп аталады. Орта сынуының көрсеткіші түсу және сыну бұрышы синустары қатынастарымен және материал құрамы мен жарық толқынының ұзындығына байланысты 1-ден 3-ке дейін өзгереді.

Жарық шоғы бетке түскенде, жарықтың бір бөлігі шағылысады, бір бөлігі жұтылады, ал тағы бір бөлігі орта арқылы өтеді. Шағылысу мен жұтылу коэффициенттері беттің қасиетіне және түсетін жарық ұзындығына қарай өзгереді. Осылайша, шағылысу коэффициенті өзіне 98 % бастап (магний тотығымен қапталған бет) 1 % кем дейінгі (қақталған бет үшін) мәндерді қабылдай алады. Жұтылу коэффициенті сондай-ақ 0-ге жуықтан (таза кварцты әйнек үшін) 99 % астамға дейін (құрым үшін).

Жарықтың әртүрлі орталарда таралуы кезінде оның жылдамдығы мен қарқындылығы ортаның сипаттамасы мен сәулелендіруу толқынының ұзындығына қарай өзгереді. Мысалы, сұйытылған орталарда ауамен салыстырғанда жылдамдық төменірек. Толқын ұзындығына байланысты жарықтың өзгеруі *дисперсия* деп аталады.

Жарықтың жартысы сейіліп, жартысы жұтылады, және жұтылған жарық жылуға айналады.

Өткізу коэффициенті ену құбылысын оның бетіне жарық түсуі бойынша сипаттайды. Нақты орталардағы ену тереңдігі 0 бастап 75% дейін өзгереді.

Шағылысқан, жұтылған және өткен жарықтың салыстырмалы бөліктерінің сомасы кез-келген орталар үшін бірдей шама және ол бірге тең.

Толқындардың барлық ұзындығын қамтитын оптикалық сәулелендіру шамаларының өзгеруі *радиометрия* деп аталады (2.124 суретті қараңыз), ал олардың көру сезіміне әсер етуіне байланысты көрінетін жарықтың параметрлерін өлшеу *фотометрия* деп аталады. Фотометриялық өлшеулер адам көзі негізгі сезу элементі болып табылатын салаларда қолданылады. Фотометрияда әртүрлі қағидаттар, тәсілдер мен әдістер, сондай-ақ оптикалық сәулелендірудің көру спектрі параметрлерін анықтауға арналған өлшеу аспаптары мен әдістері қолданылады.

2.6.1 Оптикалық жарық шамалары мен олардың бірліктері

Радио- және фотометриялық жүйелерде қолданылатын өлшем бірліктері 2.23 кестеде келтірілген.

J жарық күші – жарық өлшеулерінің негізгі шамасы болып табылады. Олар нүктелі көзбен сәулелендірілетін энергиямен сипатталады, және канделада (кд) немесе люменменнің стерadianға қатынасымен (лм/ср) өлшенеді.

Нүктелі көз түсінігі — шартты болып табылады, себебі тәжірибедегі бірде-бір көз ондай емес. Алайда егер көз диаметрі сәулелендіру көзінен қабылдағышқа дейінгі қашықтығының 0,1-нен кем болса, оны нүктелі деп есептеуге болады.

Кандела көздің берілген бағыттағы жарық күшіне тең. Бұл көз жиілігі $540 \cdot 10^{12}$ Гц болатын монохроматты сәулелендіруді шығарады және бұл бағыттығы жарықтың энергетикалық күші $1/683$ Вт/ср құрайды.

Фотометриялық жүйедегі қуаттың негізгі бірлігі — люмен (лм). Ол *жарық ағыны* (Φ_p) деп аталады. Люмен — бұл 1 кд жарық күші кезінде 1 ср денелік бұрышта нүктелі көзбен шығарылатын жарық ағыны.

2.23-Кесте. Радио- және фотометриялық бірліктер

Параметрі	Радиометриялық бірліктер			Фотометриялық бірліктер		
	Таңба	Физикалық шама	Бірлік атауы (белгілеуі)	Таңба	Физикалық шама	Бірлік атауы (белгілеуі)
Сәулеленің энергиясы	—	Сәулелендіру энергиясы	джоуль (Дж)	—	Жарық Энергиясы	люмен-секунд (лм • с)
Бірлік уақыттағы сәулелендіру энергиясы	Фс	Сәулелендіру ағыны, сәулелендіру қуаты	ватт (Вт)	ср _v	Жарық ағыны	люмен (лм)
Бірлік денелік бұрыштағы нүктелі көзден шығатын энергия	4	Энергетикалық күш (сәулелендіру күші)	ватт стерадданға (Вт/ср)	<i>J</i>	Жарық күші	кандела (кд) немесе люмен стерадианға (лм/ср)
Беттегі сәулелендіру ағыны (берілген бағытта)	<i>L_c</i>	Энергетикалық жарықтылық (сәулелілік)	ватт стераддан-шаршы метрге (Вт/ср -м ²)	<i>L_v</i>	Жарықтылық	кандела шаршы метрге (кд/м ²)
Бірлік бетке түсетін сәулелендіру ағыны	<i>E_c</i>	Энергетикалық жарықтылық (жарықталу)	ватт шаршы метрге (Вт/м ²)	<i>E_v</i>	Жарықтылық	люкс (лк)
Бірлік беттен кететін сәулелену ағыны	<i>М_c</i>	Энергетикалық жарқырағыштық (сәулелендірушілік)	ватт шаршы метрге (Вт/м ²)	<i>М_v</i>	Жарқырағыштық	люмен шаршы метрге (лм/м ²)

Стерadian (ср) — сфера бетінде r^2 алаңын кесуші, шыңы r радиусты сфера ортасында орналасқан денелік бұрыштың өлшемі (2.125 сурет).

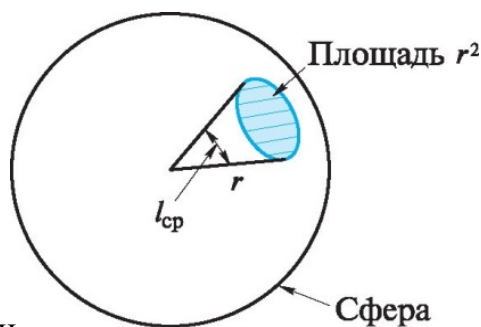
Сәулелендірудің жарық энергиясы — бұл люмен-секундтағы жарық толқынының энергиясы (лм • с). Люмен-секунд — 1 лм тең жарық ағыны кезінде 1с ішіндегі шығарылатын немесе алынатын жарық энергиясы.

Бетке түсетін *жарық энергиясының тығыздығы* жарықтылық деп аталады (E_n) және люкспен өлшенеді (лк). Люкс — 1 лм тең сәулелендіру құрайтын жарық ағыны түскен кезінде ауданы 1 м² беттің жарықтылығы. Табиғи жарықтану жағдайында мәндердің мысалы ретінде келесілерді келтіруге болады, лк:

Жарқын күн жарығы.....	10^5
Бұлттар арасындағы күн жарығы	10^3
Күннің батуы	10^1
Айдың жарығы	10^{-1}
Жұлдыздың жарығы	10^{-3}

Беттен кететін, одан өтетін немесе осы бағытта оған түсетін жарық қарқындылығын бағалау үшін *жарықтылық* түсінігі енгізілген (L_n). Фотометриялық жарықтылықты канделаның шаршы метрге (кд/м²) қатынасымен өлшейді. Канделаның шаршы метрге қатынасы — жарық күші 1 кд болғанда перпендикуляр бағыттағы ауданы 1 м² біркелкі жарқыраған тегіс жазықтықтың жарықтылығы (эталонды сәуле шығарғыш).

Атом бомбасының жарылысы	$2 \cdot 10^{12}$
Найзағай.....	$7 \cdot 10^{10}$
Бұрыш доғасы	$2 \cdot 10^7$
Жерден қарағандағы Күн	$2 \cdot 10^4$
Люминесцентті шам	$7 \cdot 10^3$
Жерден қарағандағы Ай	$3 \cdot 10^3$



Сур. 2.125. Стерadian

Площадь – аудан

Сфера – Сфера

Беттен шығарылатын энергияжарықтылық деп аталады. Ол бірлік бетпен сәулелендіретін жарық ағынын білдіреді және люменнің шаршы метрге қатынасымен өлшенеді ($\text{лм}/\text{м}^2$).

2.6.2. Фотометриялық өлшеулер қағидаттары

Оптикалық сәулелендіру шамаларын өлшеу және бақылаудың көпқырлы құралдарының өлшеу мен құру негізіне кірген жарықтехникалық өлшеулердің негізгі қағидаттары ретінде физиологиялық және физикалық қағидаттар қарастырылады.

Жарықтехникалық өлшеулердің физиологиялық қағидаттары. Электрмагнитті сәулелендіру жоғарыда атап өткендей, толқындар ұзындығы 370...770 нм ауқымында фотометриялық түрде, яғни адам көзі сезімталдығының физиологиялық тарауына сәйкес бағаланады.

Көз торы түрлі рецепторлы элементтерден құралғандықтан (селеубас— күндізгі көру үшін және таяқшалар — түнгі көру үшін), оның спектрлік сезімталдығы сәулелендіру толқындарының ұзындығына байланысты түрліше болып келеді. Күндізгі көру кезінде көздің спектрлі сезімталдығындағының максимумы 555 нм толқынның ұзындығына сәйкес келеді, ал ымырттық (түнгі) көрудегі спектрлі сезімталдық— 507 нм сәйкес келеді.

Көздің сезімталдығынан бөлек жарықтехникалық өлшеудің физиологиялық қағидаты ретінде келесілер қабылданады: бейімделу, контрастық сезімталдық, көру арқылы қабылдаудың инерциясы, жарықты сезіну, түсті сезіну, бір мезеттегі түстік контраст және т.б.

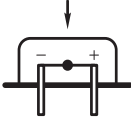
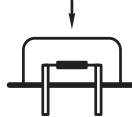
Көз бейімделуі құбылысында жарыққа бейімделген көзге бәрі бірдей ашық түсті болып көрінетін әр түрлі боялған беттер, жарықтылықтарымен өзгешеленеді. Егер ол $3 \text{ кд}/\text{м}^2$ төмен мәнді қабылдаса, түстік қабылдау жоқ болып кетеді. Спектрдің қысқатолқынды ауқымы түстеріне боялған беттер (жасыл, көк, күлгін), спектрдің ұзынтолқынды ауқымы түстеріне боялған беттерден ашығырақ болып көрінеді (сары, сарғыш, қызыл).

Ашық-қоюды айырушылық критериіне контрасты сезімталдық жатады. Жарықтылығы әртүрлі қатар орналасқан өрістерді қадағалау кезінде олардың айырмасы қандай да бір шектік шамаға жеткенде ғана қабылданады.

Жарықтылық ауқымында $(0,6...60)10^3$ кд/м² контрастты сезімталдық мәні шамамен тұрақты болып қала береді.

Көру қабылдауының инерциясы көздің қысқа уақыт аралығындағы, периодтық және ұзақ уақыт аралығы арқылы жүретін жарық ынталандыруын қабылдауымен сипатталады. Жарық ынталандыруларының кезектесіп алмасу кезінде жыпылықтау пайда болады. 20 Гц шектік жиіліктен асатын жиілікте тұрақты жарықтылықты қабылдау пайда болады, жиіліктің ары қарай өсуінде қабылдау өзгермейді

2.24 кесте. Фотоэлектронды өлшеу түрлендіргіштерінің негізгі метрологиялық сипаттамалары

Сипаттамалар	Термоэлектрлік қозғаушы күш әсері	Терморезистивті әсер	Қаралану (оптикалық тығыздықтың өзгеруі)
	Фототермо элемент	Фотоболометр	Объективі бар фотоаппарат
			
Өлшеу шектері	Теориялық түрде шектелмеген, құрылымға тәуелді		
Сезімталдық, В/Вт ⁻¹	10^0	10^1	—
Инерциялылық, С	10^{-2}	10^{-3}	10^{-3}
Артықшылықтары	Уақыттың үлкен тұрақты шамасы	Сезімталдық фотоэлементтер сезімталдығын арттырады	Сәулеленудің әлсіз және қысқа импульстерін қамтиды
Кемшіліктері	Инерциялылық фотоболометр инерциялылығын арттырады	Қосымша кернеу, өзіндік қызу	Өлшеудің мардымсыз дәлдігі, өлшеуді жүргізуге үлкен материалдық шығындар

Жарықтылықты сезіну — көз торының көршілес бөліктеріне түсетін екі бірдей шоқ жарықтылықтың түрлі сезінуін тудырады. Бұл субъективті жарықтылық шоқтың орталықта орналасуында ең жоғары болады және көз өсінен алшақтаған сайыназаю үрдісіне ие.

Түсті сезіну — көз торының көршілес бөліктеріне түсетін екі бірдей монохроматты шоқ (егер жарық шоқтары қарашықтың ортасынан немесе шетінен өтсе) әртүрлі түстік сезінулер тудырады. Сондай-ақ, түсті сезінулердің айырмашылықтары бақылаудың ұзақтығына байланысты болады.

Бір уақыттағы түсті контраст — бұл көру контрасты кара фонда ашық түсті нысан одан да ашық болып көрінгенде, ал бірдей түстер оны қоршаған фондар түсіне байланысты түрлі рендерге ие болғанда пайда болады.

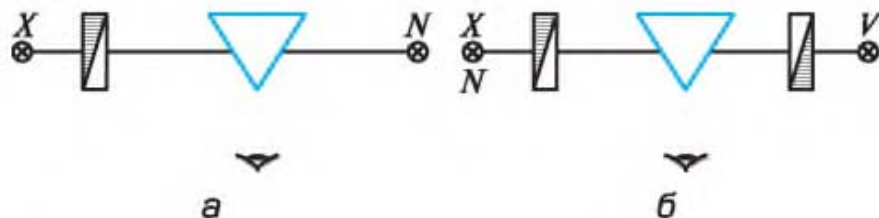
Фототермоэлементтер, фотоболометрлер мен фотоаппараттардың негізгі метрологиялық сипаттамалары, олардың қағидатты сұлбалары, артықшылықтары мен кемшіліктері 2.24-кестеде келтірілген. Қарастырылған сұлбалардың өлшеу шектері теориялық тұрғыда шектелмеген және негізінен өлшеу түрлендіргіштерінің құрылымына байланысты.

Фотоболометрлер сезімталдығы (10^1 В/Вт) фототермоэлементтер сезімталдығынан бірақ жоғары (10^0 В/Вт), соңғыларының инерттілігі (10^{-2} с) фотоболометр инерттілігінен аз (10^{-3} с).

2.6.3. Фотометрияның визуалды әдістері мен құралдары

Жарық күші, жарық ағыны, жарықтылық пен жарық энергиясының барлық визуалды фотометриялық өлшеулері көрінетін жарықтылықтардың визуалды салыстыруына негізделеді. Визуалды түрде жарықтылықтың абсолютті мәнін бағалау мүмкін емес. Визуалды түрде екі бет шамамен бірдей жарық екенін белгілеуге болады.

Жалпы визуалды әдістердің екі түрі бар: тікелей әдіс және ауыстыру әдісі. Визуалды фотометрде өлшеудің тікелей әдісін орындаған кезде екі фотометриялық өрістер қарастырылған (2.126, а сурет). Фотометр өрісінің жарықтығы X сәулелендіру көзінің өлшенетін параметрінің функциясы болып табылады.



Сур. 2.126. Фотометрия визуалды әдістерінің сұлбалары: *а* — тікелей әдіс; *б* — ауыстыру әдіс.

Фотометрдің басқа өрісі белгілі жарықтехникалық параметрлері бар N үлгілі сәулелендіру көзімен фотометрдің басқа өрісі жарықтанады. Фотометрдің екі өрісінің жарықтығы визуалды қабылданады. X сәулелендіру көзінен алынатын жарықты өтемдік элемент көмегімен көз жарықтылы фотометриялық өрістерді бірдей көргенге дейін өзгертеді.

Ауыстыру әдісін орындағанда X зерттелетін сәулелену көзі мен N үлгілісәуле таратқыштан бөлек қосымша салыстыру сәуле таратқышын V енгізеді (2.126, *б* сурет). Алдымен X және V сәулелендіру көздері ағындарының фотометриялық салыстыруын жүргізеді. Содан соң X сәулелену көзін N сәулелену көзімен ауыстырады да N және V сәулелендіру көздері ағынының фотометриялық салыстыруын жүргізеді. Ізделінетін X сәулелендіру көзі жарықтехникалық параметрін N сәулелендіру көзі параметрлерінің белгілі мәндері мен сәулелендіру ағындарының нәтижелерін салыстырумен анықталады.

Визуалды әдіспен жарық ағыны параметрлерін өлшеу мен бақылау аспаптары визуалды фотометрлер деген атқа ие. Жарық күшін өлшеу үшін «фотометриялық орындық», Бехштайн әмбебап фотометрі, Вебер фотометрі мен бірқатар басқа да аспаптар қолданылады.

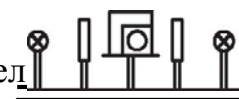
«Фотометриялық орындық» фотометриялық зертханаларға арналған өлшеудің әмбебап құралы болып табылады.. Жарық күшін өлшеу тікелей әдіспен және ауысу әдісімен жүзеге асырылады. Ауысу әдісін іске асырғанда (2.127 сурет) 1 бағыттауышқа 2 (X) сәулелендіру көзін немесе 6 (N) сәулелендіру көзін, 3 экранын және 4 фотометриялық бастиекті орналастырады, ол 5 экран арқылы 6 (V) сәулелендіруу көзімен қатаң байланысқан. Бұл комбинацияны бірдей жарықтылы өрістер қамтамасыз етілгенге дейін 2 (X) немесе 6 (N) сәулелендіру көздеріне қатысты ығыстырады. Фотометриялық бастиектер ретінде Люммер-Бродхун және Бехштайн құрылымдары кең қолданысқа ие болды.

Сур. 2.127. «Фотометриялық орындықтар» сұлбасы:

1 — бағыттаушы; 2 — сәулелендіру көзі X; 3 және

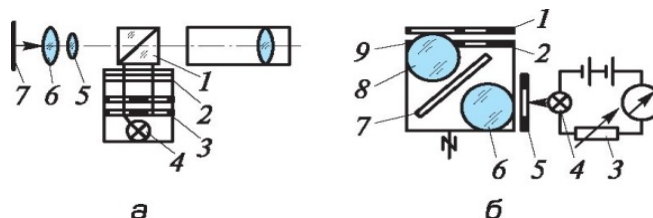
5 — экрандар; 4 — фотометриялық бастиек; 6 — сәулел

$N(V_{\text{шам}})$ 1 2 3 4 5 6



Жарықтылықты өлшеу үшін жарықтылық өлшеуіштер қолданады, мысалы, Бек жарық өлшеуіші, оның сұлбасы 2.128, асуретте көрсетілген. Аспап өлшеудің тікелей әдісін орындайды. Өлшенетін 7 нысанның жарықтылығын екі фотометриялық өрістерді салыстыру арқылы анықтайды: біріншісін – осы нысанмен құрылатын, ал екіншісі — белгілі жарықтехникалық параметрлері бар $V(4)$ шамы. 7 өлшенетін нысаннан жарық шоғы 5 және 6 объективтері арқылы фотометриялық текшеге 1 және оның жартысы бақылаушының объективіне бірінші өрісті түзе отырып, түседі. $V(4)$ шамынан жарық 3 компенсатор мен 2 күңгірт әйнек тілім арқылы фотометриялық текшеге 1 түседі де, екінші өрісті құрады. Жарық шоғы компенсаторы көмегімен өзгерту арқылы екі өрістің жарықтық теңдігіне қол жеткізеді.

Теңдік мезеті белгіленеді және зерттелетін нысан жарықтығы анықталады. Ұқсас жарықтылық өлшеуіштер өлшемінің шектері $10^1 \dots 10^6$ кд/м² аралығында орналасқан. Контрастты сезімталдық суреттеме өрісінің жарықтылығымен бейсызықты байданысқан және шамамен: 10 — жарықтық үшін 10^{-2} кд/м²; 40 — жарықтық үшін 10^0 кд/м²; 60 — жарықтық үшін 10^2 кд/м² беріледі. Аспаптарға үлкен инерттік, өлшемді жүргізуге мардымсыз шығындар, пайдалану кезіндегі жайлылық тән.



2.128 сурет. Визуалды фотометриялық аспаптардың сұлбалары :

a — жарықтылықты өлшеу үшін: 1 — фотометриялық текше; 2 — күңгірт әйнек тілім; 3 — компенсатор; 4 — шам; 5 пен 6 — объективтер; 7 — өлшенетін нысан; *б* — жарықтылықты өлшеу үшін: 1 — жабын тілім (қақпақ), 2 және 5 — диафрагмалар; 3 — резистор; 4 — салыстыру шамы; 6 пен 8 — күңгірт әйнектен шарлар; 7 — әйнек тілім; 9 — поворотный цилиндр

2.25 кесте. Визуалды фотометрлік өлшеу және бақылау құралдарының негізгі метрологиялық сипаттамалары

Құрылғының қызметі	Құрылғының типі	Өлшеу шектері	Айқындағыш сезімталдық	Инерциялылық
Жарық күшін өлшеуге арналған	«Фото-метриялық орындық» фотометриялық	$10^{-3} \dots 10^6 \text{кд'м}^{-2}$	« 10 DL $L = 0,01 \text{кд' м}^{-2}$ үшін	Үлкен
Жарықтылықты өлшеуге арналған (жарықтылық өлшеуіштер)	Бек жарық өлшеуіші	$10^{-1} \dots 10^6 \text{кд'м}^{-2}$	— « 40 DL $L = 1 \text{кд' м}^{-2}$ үшін	»
Жарық ағынын өлшеуге арналған (люксметрлер)	Фотометриялық шар	$10^{-1} \dots 10^6 \text{лм}$	— « 60 DL $L = 100 \text{кд' м}^{-2}$ үшін	»
Жарықталуды өлшеуге арналған (люксметрлер)	Люксметр ОСРАМ	$10^{-1} \dots 10^3 \text{лк}$	— « 50 DL $L = 10\,000 \text{кд' м}^{-2}$ үшін	»

Жарықтылық өлшеуіш зертханалық және зертханалық емес жағдайларда 1,5м артық қашықтықта кіші нысандардың жарықтылығын өлшеу үшін арналған.

Жарықталуды өлшеу ауыстыру әдісімен жүзеге асады. ОСРАМ люксметрінде (2.128, б сурет) бұрылу цилиндрінде 9 екі күңгірт түсті әйнектен 6 мен 8 шар және бір әйнек тілім 7 орналасқан. Өлшенетін жарық шоғы 8 шарда жарықтығы L_{nx} ашық дақ түзеді. Ұқсас жарық беті 6 күңгірт әйнекті басқа шарда да салыстыру шоғымен пайда болады. 5 ауыстыру диафрагмасы арқылы жарық ағыны V (4) салыстыру шамынан бағытталады, ал ол L_{vv} жарықтығын шар бетінде жарық дақ түзеді. 3 резистор көмегімен V шамының тұрақты ток күші пайда болады.

Артықшылықтары	Кемшіліктері	Қолдану саласы
Жоғары әмбебаптылық, дәлдік	Стационарлы өлшеу жүйесі	Зертханаларға арналған әмбебап құрылғы
Өлшеу жүргізуге мардымсыз шығындар, пайдалануда ыңғайлы, ауыспалы типті, өлшеудің аз ауданында кіші жарықтықты өлшеу мүмкіндігі	Гетерохромды өлшеу кезінде операторға қойылатын жоғары талаптар	Зертханада және одан тыс 1,5 м артық қашықтықта кіші нысандардың жарықтығын өлшеу үшін
Фотоқабылдағыштың қабылдау бетінің жергілікті сезімталдығына тәуелде емес, жылдам, қарапайым	Әсер етуші факторлардың көптігі, белгілі бір талаптарды сақтау қажеттілігі	Өндірістік жағдайларда өлшеу үшін
Ауыспалы құрылғы	Аз дәлдік, күрделі конструкция, жинау кезінде қажет жоғары дәлдік	Зертханаларда және олардан тыс қолданылады.

Әйнек тілім⁷ фотометриялық өріс болып табылады, ол визуалды түрде 2 диафрагмасы бар терезе арқылы қаралады. Әйнек тілім оптикалық оське екі әйнек шарлардың арасында 45° бұрышта орналасқан және екі тар жолақтарға бөлінген. Әрбір жұп жолақ жартылай шағылдырушы қабатпен қапталған, ал әрбір тақ жолақ толықтай сәулелендіруді өткізеді. Жартылай шағылдырушы жолақтар арқылы бір әйнек шарды көруге болады, ал қалған жолақтардан — келесі әйнек шарды. Фотометриялық теңдеу 9 бұрылыс цилиндрін айналдыру арқылы жүзеге асады. 5 диафрагмасының саңылауын өзгерту салыстыру ағынының өзгерісін тудырады. Теңестіру кезінде 7 әйнек пластина біркелкі жарықтандырылған.

Люксметрдің қарастырылған құрылымының $10^{-1} \dots 10^4$ лк өлшеу шектері, суреттеме жарықтығынан контрастты сезімталдықтың сызықты емес тәуелділігі, үлкен инерттілігі, үлкен емес дәлдігі, құрылым күрделілігі, өндіру мен жинау кезінде жоғары дәлдікті қамту қажеттілігі бар. Зертханаларда және зертханадан тыс қолданылады.

Негізгі метрологиялық сипаттамалар, артықшылықтары, кемшіліктері мен кейбір визуалды фотометриялық өлшеу және бақылау құралдарының қолдану саласы 2.25-кестеде келтірілген.

2.6.4. Талшықты оптика негіздері мен талшықты-оптикалық өлшеу құралдары

Қатты денелер физикасы, квантты электроника, оптика, әйнек химиясы саласындағы теориялық және тәжірибелік зерттеулері соңғы онжылдықта жаңа классты аспаптарды — талшықты-оптикалық функционалды құрылғылар (мысалы, демультиплексорлар, бағытталған тармақтағыштар және т.с.с.), физикалық шамалардың талшықты-оптикалық түрлендіргіштері, байланыстың талшықты-оптикалық желісі мен ақпаратты жіберу жүйесін әзірлеп, жасауға әкелді.

Талшықты оптика байланыс саласында кең қолданыс тапты.

Қарапайым мыс сымтемірден жасалған кабельдерге қарағанда талшықты-оптикалық кабельдердің артықшылығы олардың кішкентай көлемінде және жіберілетін ақпарат көлемінің айтарлықтай ұлғаюындағы салмағында, найзағайлы разрядтар мен электр машиналарынан пайда болатын электр және магнит өрістерінен кедергілерге сезімтал еместігінде.

Сондай-ақ, олар айқас бөгеуілдерге бейімделмеген, себебі жарық зақымдалған кабельден шықса да, ол көрші кабельге түспейді. Талшықты-оптикалық кабельден тармақтау қиын, сондықтан бөгде кірісуді анықтау оңай. Сондықтан талшықты-оптикалық кабельдерді жоғары сенімділікті байланыс жүйелерінде кеңінен қолдануда. Бұл артықшылықтар ЭЕМ біріктіретін, мысалы Ғаламтордың жергілікті, аймақтық және жалпылама есептеу желілерін құру кезінде қолданады.

Талшықты-оптикалық түрлендіргіштер ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында, оның ішінде машинажасаудағы икемді автоматтандырылған өндірістер, авиациядағы басқару және бақылау жүйелері, кеме жасау, ядролық физика мен басқаларда кең қолданыс табады.

Талшықты-оптикалық жүйелердің негізгі элементтеріне жарық көзі, талшықты жарық өткізгіш пен қабылдағыш жатады.

Жарық көздері ретінде көбіне жарықдиодтар мен жартылай өткізгішті лазерлерді, ал қабылдағыштар ретінде — жартылай өткізгішті фотодиодтар қолданылады.

Талшықты жарықдиод өз кезегінде әйнек, кварц немесе полимерлі қабыршақпен қоршалған 4...100 мкм диаметрі бар әйнек немесе кварц ортадан бір- немесе көпжелілі талшықтардан тұрады. Талшықтың сыртқы диаметрі 100.200 мкм құрайды.

Оптикалық талшықтардың әрекет ету қағидаты жарық шоғының толық ішкі шағылуынан тұрады. Соны қарастырайық.

Егер жарық шоғы (2.129 сурет) n_1 және n_2 сыну көрсеткіштерімен екі орта бөлігіндегі шекараны кесіп өтсе, ол сынуды сезінеді. Қандай да бір j_1 түсу бұрышында тоқ толық ішкі шағылуды сезінеді. Осылай болу үшін келесі теңсіздіктер орындалуы тиіс:

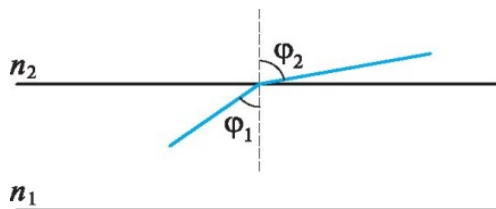
$$n_2 < n_1; \varphi_1 > \arccos(n_2/n_1).$$

Толық ішкі шағылу көрінетін минималды бұрыш *критикалы* деп аталады:

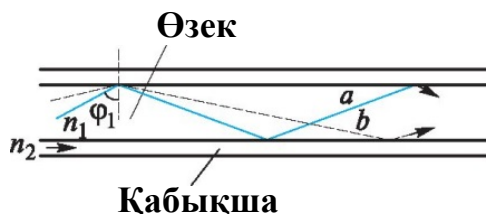
$$\varphi_c = \arccos(n_2/n_1).$$

Тәжірибеде осы шарттарды орындау үшін оптикалық талшықты екі бөліктен жасайды — n_2 және n_1 мәндері түрліше болып келетін өзектен және қабықшадан.

2.130-суретте талшық өзегі мен қабықша арасындағы шекарада сыну көрсеткішін сатылы өзгертумен талшықтағы жарық таралуы көрсетілген.



2.129 сурет. Жарық шоғының сынуы



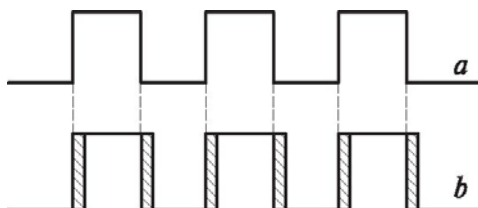
2.130 сурет. Сыну көрсеткішін сатылы өзгертумен талшықта жарықтың таралуы

Толық ішкі шағылу кезінде күмістелген бетпен айналардан шағылу кезіндегі 80...90 % салыстырғанда шағылу коэффициенті 99,9% асады.

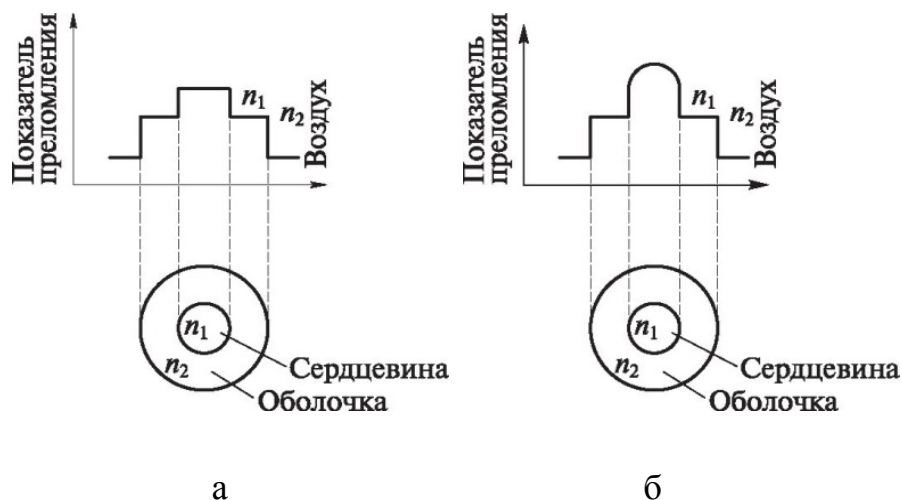
Талшықты-оптикалық байланыс үшін қолданылатын сәулелендіру толқынының ұзындығы 800...1600 нм құрайды, бұл ретте 850 және 1300 нм толқындар ұзындығы кеңінен қолданылады. Аса ұзын толқындар аз жоғалулар мен өткізудің кең жолағын қамтамасыз етеді, бірақ толқындардың осы ұзындықтарындағы көздер мен қабылдағыштар қымбат.

Талшықты жарық өткізгіш бойынша оптикалық сәулелендірудің бірнеше моды тарала алады, яғни әртүрлі ұзындықтары бар бірнеше толқындар. Бұл шығыста сигналдың ауытқуына алып келеді (2.131 сурет). Егер жарық толқыны жарық өткізгіште екі модтан а мен р тұрса, а шоғы р шоғымен салыстырғанда ұзағырақ жолдан өтетіні белгілі. Бұл импульстардың кеңеюіне алып келеді. Бұл ауытқуларды градиентті талшықтарды қолдану кезінде азайтуға болады (сыну көрсеткішін бірсарынды өзгертумен). Мұндай талшықта өзектің сыну көрсеткіші оның өсінен шекараларға қарай біртіндеп төмендейді. 2.132 суретте сатылы және бірсарынды өзгертуі бар талшықтарға арналған сыну көрсеткіштерінің бейіндері көрсетілген.

Нәтижесінде жарық шоғының траекториясы параболалық пішінді қабылдайды (сур. 2.133) және импульстардың ауытқулары шамамен 200 есеге өзгереді.



2.131 сурет. Жарық импульстарының талшықта таралу кезінде ауытқуы



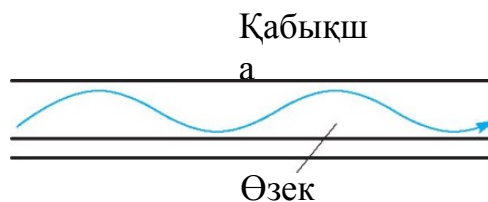
2.132 сурет. Оптикалық талшықтарда сыну көрсеткіштерінің бейіндері:

a — сатылы өзгеру; b — бірсарынды өзгеру

Бұл өткізу жолағының кеңеюімен сүйемелденеді. Оптикалық талшықтар әйнек өзектен және қабықшадан, кварц өзектен және пластмассалы қабықшадан немесе пластмасса өзектен және қабықшадан құралуы мүмкін. Пластмасса талшықтар басқа құрылғыларға жеңіл қосылады, алайда оның жұтымы өте зор. Әйнек өзектері мен қабықшасында талшықтар жұтылуы бойынша ең жақсы сипаттамаларға ие, бірақ олар аса төзімді емес.

Әйнек талшықтар бастапқы қорғаныс қабаты деп аталатын әйнек өзекшеге жаңа созылған бірінші жұмсақ қабықшаны алады. Содан соң екінші қабықшамен қаптайды, ал содан соң – берік сыртқы түтікшені.

Өзінің артықшылықтарының арқасында талшықты-оптикалық кабельдер өлшеу техникаларында кең қолданыс табуда, және өлшеу мен сынаулардың қашықтықтылығына ықпал етеді.



2.133 сурет. Градиентті талшықта жарықтың таралуы

Талшықты-оптикалық жүйелер ішінде талшық бойымен таралатын (амплитуда, фаза, поляризация) жарық толқынының бір немесе бірнеше параметрлері физикалық өрістің (өріс кернеулігі, индукция, жиілік, таралу бағыты сияқты) сипаттамалары мәндерін түрлендіруге мүмкіндік беретін физикалық шамалардың түрлендіргіштері кең қолданыс табауда.

Қазіргі уақытта акустикалық өрістерді өлшеуге арналған талшықты-оптикалық түрлендіргіштер (ТОТ) кеңінен әзірленген: микрофондар, гидрофондар, гироскоптар. Температура, электр және магнит өрістерінің, сызықты ауысу мен үдетудің, химиялық құрамы, сұйықтық деңгейі, радиобелсенді сәулелендіру және т.б. түрлендіргіштер қарқынды әзірленуде.

Талшықты-оптикалық түрлендіргіштердің талшықты-оптикалық техникаға тән көптеген артықшылықтары бар, ал көп жағдайда дәстүрлі аспаптардың ұқсас көрсеткіштерінен асып түседі.

Мұндай түрлендіргіштердің негізгі артықшылықтары: электрлі енжарлық, термиялық тұрақтылық және жемірілуге төзімділік, электрмагнитті кедергілер мен радиациялық әсерлерге орнықтылық, геометриялық пішіндер мен түрлендіргіштер өлшемінің түрлілігі.

Талшықты-оптикалық түрлендіргіштердің әлеуетті қолдану салалары:

Конвейерлі сызықтар ауысу сезбектері, қалыңдықтар сезбектері ,

үзу есептеуіші

Жоғары жылдамдықты

баспа құрылғылары ауысу, орындар сезбектері,

үзу есептеуіші

Технологиялық бақылау температура, қысым, ағын дсезбектері

Автокөлікқұрылысы..... температура, қысым сезбектері

үзу есептеуіші

Авиация..... температура, қысым, ағын,

орналасу, сұйықтық дейгейін,

кернеу, айналу сезбектері

Мұнайды қайта өңдеу сұйықтық дейгейі сезбектері,

газдың шығып кетуі детекторы

Энергетика электр және магнит өрісінің, электр тоғының,

температура, қысым, діріл сезбетері,

үзу есептеуіші

Судостроение датчики давления, вибрации,

магнитного поля, уровня жидкости

АУДАРЫЛМАҒАН!

1. Электрмагнитті сәулелендірудің оптикалық спектрі немен сипатталады және оның өлшеу бірліктері қандай?
2. Жарықтехникалық өлшеудің негізгі қағидаттары мен олардың мәні қандай?
3. Талшықты-оптикалық өлшеу құралдарының қолдану салалары мен артықшылықтары қандай?

2.7 АКУСТИКАЛЫҚ ШАМАЛАРДЫ ӨЛШЕУ

2.7.1. Негізгі түсініктер

Акустикалық құбылыстар адам өмірі мен оның қызметінде үлкен рөл атқарады. Біз ақпараттың көп бөлігін есту арқылы аламыз. Адамдар арасындағы қатынас, байланыс желілерімен келіссөздер – мұның бәрі дыбыстық толқындар есебінен жүргізіледі. Адам құлағы — бірегей акустикалық қабылдағыш, ол ұшып жүрген масаның дыбысын да, реактивті ұшақ қозғалтқыштың гүрілін естуге де мүмкіндік береді. Адам қабылдайтын жиіліктер ауқымы кең: 16 Гц бастап 16... 18 кГц дейін. Дыбыстық толқындар көмегімен теңіздер мен мұхиттардың тереңдігін түбіне дейін жеткен дабыл өту уақытын өлшеуді және шағылған дабылдың кері қайтуын қолдана отырып анықтайды. Жарқанаттар көру мүмкіндігі жоқ жағдайда дыбыстық локация қағидатын қолданады. Дәл осы әдістер соқырларға арналған бағдарлау аппаратын құруда қолданыла бастады. Ультрадыбыс металл құюында ақауды анықтауға, турбиналар жұмысында бұзылушылықтарды анықтау үшін өнеркәсіпте кеңінен қолданыла бастады. Арнайы акустикалық сезбектер оның жұмысына кері әсер ететін детонацияны бекітуге арналған ішкі жану қозғалтқыштарында орнатылады. Акустикалық әдістерді қолдану салаларының тізбесін жалғастыруға болады, бірақ акустика саласында түрлі өлшеулер жүргізу өзектілігін түсіну үшін келтірілген мысалдар да жеткілікті.

Акустикада өлшенетін негізгі параметрлерге дыбыстық қысымды, дыбыс қарқындылығын, тербеліс жиілігі мен кезеңін жатқызуға болады. Тәжірибе үшін түрлі орталарда шағылу және жұтылу коэффициенттерінің дыбыс толқындарының таралу жылдамдығын өлшеу мәселелері зор қызығушылық тудырады.

Дыбыстық қысым ең маңызды сипаттама болып табылады. Бұл бірінші кезекте адам құлағы қысым тербелісін қабылдайтынымен байланысты. Дыбыстық қысымды өлшеу оңай болып келеді.

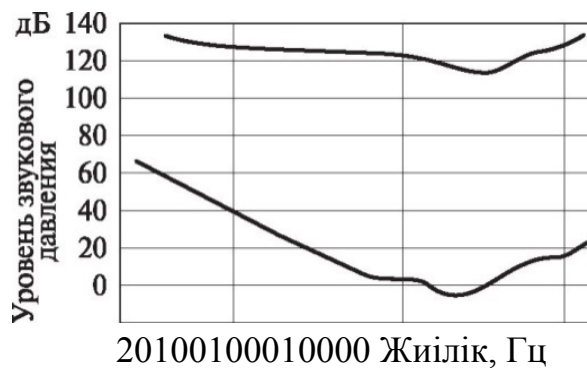
Акустикада қолданылатын негізгі шамалардың атаулары мен мөлшерлілігін келтірейік (2.26 кесте).

Қысым мен басқа да параметрлерді өлшеуге арналған маңызды құрылғылар микрофондар (газға арналған) мен гидрофондардың (сұйықтықтарға арналған) түрлі типін білдіреді. Акустикалық өлшеу жүргізу кезіндегі ең үлкен қиындық өлшемдермен емес, оларды межелумен байланысты, мұны осы мақсатта күрделі, көбіне бірегей арнайы жабдықталған бөлмелердегі (мысалы, дыбыстық өрісті тудыратын акустикалық сәуле таратушылар) аппараттарды қолданумен түсіндіруге болады. .

Белгілі бір қызығушылықты адамның есту сипаттамаларын анықтау тудырады, себебі қарқындылықтың өте кең ауқымында адам құлағы дыбыс тербелісін қабылдап қана қоймай, олардың жиіліктерін жақсы айыра біледі. Әр адамның өзіндік, тек оның өзіне ғана тән айтатын сөздеріндегі жиіліктер спектрі бар. Бұл өз кезегінде арнайы әдістермен дауыс құрамаларының жиіліктеріне талдау жүргізуге, нақты индивидтің дауыс жазбасы бойынша теңестіруге мүмкіндік береді, ал бұл криминалистика саласында саусақтар ізін алу әдісін толықтырады. 2.134-суретте адам құлағымен дыбыс қабылдау диаграммасы келтірілген. Ол жерде тігінен салыстырмалы бірліктердегі дыбыс қарқындылығының деңгейі — децибелде (дБ), ал көлденеңінен — жиіліктер герцте (Гц) келтірілген.

2.26-Кесте. Негізгі шамалар мен акустикалық шамалар бірліктері

Шама атауы	Бірлік атауы	Бірлік белгілеуі
Дыбыстық қысым, дыбыс қысымы	паскаль	Па
Дыбыс қарқындылығы	ватт шаршы метрге	Вт/м ²
Дыбыстық энергияның тығыздығы	джоуль текше метрге	Дж/м ³
Дыбыс қаттылығының деңгейі (жүйеден тыс шексіз бірлік)	фон	Ф



2.134 сурет. Адам құлағымен дыбысты қабылдау диаграммасы

Ауыруды сезінуді тудыратын ең қатты дыбыстың адам құлағы қабылдайтын ең тыныш дыбысқа қатынасы 10^{14} құрайтынымен дыбыс қарқындылығын децибелде өлшеу байланысты. Егер дыбыс қарқындылықтарын I арқылы белгілесек, онда оларды децибелде көрсету келесі формуламен анықталады:

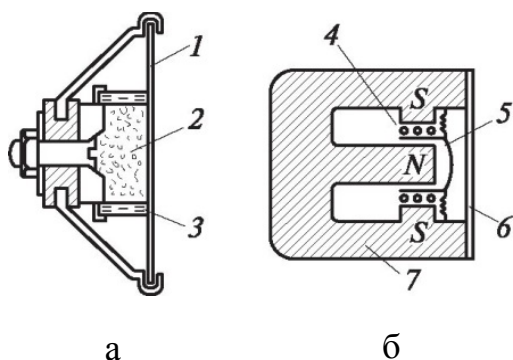
$$K = 10 \lg \frac{I_2}{I_1}.$$

Әдетте дыбыс қарқындылығы адам құлағының есту шегіне қатысты децибелмен өлшенеді.

Диаграммада жоғарғы қисық сызық ауыру сезінулерін тудыратын ең қатты дыбыстарға сәйкес келеді, ал төменгісі — естілу шегіне. Жоғарғы сияқты төменгі шектер де жиілікке байланысты. Адам жиіліктерді 2 000... 3 000 Гц аралығында ең жақсы қабылдайды.

2.7.2. Өлшеу құралдары

Микрофондар газды (ауа) ортада акустикалық параметрлерді өлшеудің негізгі құралы болып табылады. Әрекет ету қағидаты бойынша оларды бірнеше топқа бөлуге болады. Олардың ең қарапайымы көмірлі микрофон (2.135, а сурет). Оның негізін микрофон капсуласында орналасқан көмір ұнтағы құрайды. Ұнтаққа жұқа метал тілім — жарғақтығыз қысылған. Ол ұнтақпен тығыз түйісуде орналасқан және онымен микрофонның бір шығымы байланысты. Екінші шығым капсуланың артқы бөлігінде орналасқан. Микрофонның ішкі кедергісі жарғақ пен артқы шықпа арасындағы кеңістіктегі көмір ұнтағы кедергісімен анықталады. Дыбыстық



2.135 сурет. Көмірлі (а) және электрдинамикалық (б) микрофондар:

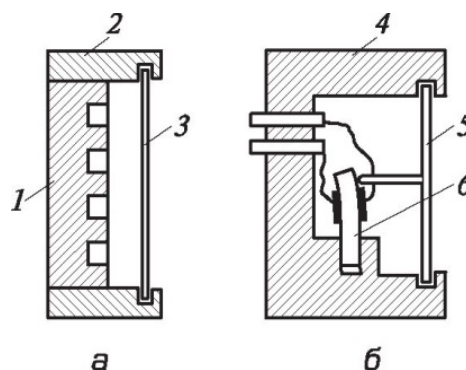
1 және 5 — жарғақтар; 2 — көмірлі ұнтақ; 3 — киіз шығыр; 4 — дыбыстық шарғы; 6 — қорғаныс торы; 7 — магнит

толқындар көмір ұнтаққа әсер ететін жарғақтың тербелісін тудырады, ал оның түйіршіктері бір-біріне әрқалай қысылған болады. Бұл ретте микрофонның ішкі кедергісі оған бекітілген дыбыстық әсермен бірге өзгереді. Көмірлі микрофон шамамен 10... 12 кГц жиіліктерге дейін жұмыс істей алады, бірақ көмірлі ұнтақ түйіршіктерінің ретсіз контактілері есебінен оның кедергісі де ретсіз өзгереді, ал бұл пайдалы дабылға қатталып, микрофон сезімталдығын шектейтін «шудың» пайда болуына әкеледі.

Электрдинамикалық типті микрофон ең жақсы сипаттамаларға ие (2.135, б сурет). Ол 5 жарғақпен механикалық байланысқан 4 дыбыстық шарғы ауа саңылауына орналасқан тұрақты магнит 7 болып табылады. 5 жарғақ тербелісі дыбыстық толқындар әсерінен 4 дыбыстық шарғыға беріледі, ол жерде магнитті өрісте тұрақты магниттің ауысуы есебінен ЭҚК пайда болады. ЭҚК шамасы мен оның жиілігі дыбыстық әсердің амплитудасы және жиілігімен анықталады. Көмір микрофонымен салыстырғанда электрдинамикалық микрофон қайтымды, яғни ол тек дыбыс тербелістерінің қабылдағышы ғана емес, оның көздері ретінде қызмет ете алады. Ол үшін дыбыстық шарғыға 4 кернеуді келтіру керек, сонда жарғақ 5 дыбыс толқындарын тудыра отырып, қойылған кернеу жиілігімен тербелетін болады. Осы қағидатпен радиоаппаратура мен теледидарларда барлығы дерлік динамикалық бастиектер (дауыс зорайтқыштар) жұмыс істейді. Тек соларда ғана жарғақ орнына тығыз картоннан жасалатын шарғымен байланысты диффузорды қолданады.

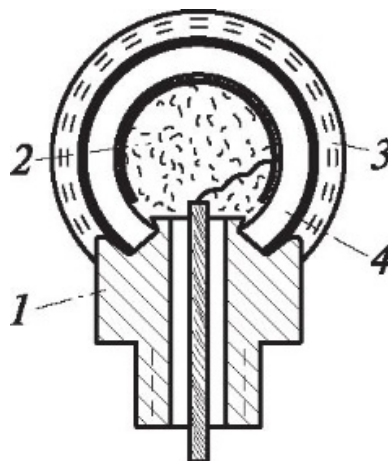
Конденсаторлы микрофон (2.136, а сурет) бір тілімі қозғалмайтын және микрофонның 1 тұрқысына бекітілген, ал екіншісі — көбіне алюминийден жасалған 3 жарғақ болып табылатын конденсатор болып табылады.

2.136 сурет. Конденсаторлы (а) және пьезоэлектрлі (б) микрофондар:
 1 — тұрқы; 2 — оқшаулағыш шайба; 3 және 5 — жарғақтар; 4 — оқшаулау материалынан жасалған тұрқы; 6 — пьезоэлемент



3 жарғаққа әсер ететін дыбыстық толқындар тілімдер арасындағы қашықтықты өзгерте отырып, оны тербелтеді. Соның нәтижесінде конденсатор сыйымдылығы 3 жарғаққа қойылған дыбыстық қысыммен бірге өзгереді. Пьезоэлектрлік микрофон (2.136, б сурет) пьезоэсерге негізделген және оған сәйкес жұқа тілімнің деформациясы (бүгілуі) кезінде, мысалы, кварцтан немесе сегнет тұзы кристалынан, оның жақтарында потенциалдар айырмасы пайда болады. Тілімге айнымалы механикалық әсер етілгенде одан механикалық әсерлердің амплитудасы мен жиілігіне байланысты болатын айнымалы кернеуді алуға болады. Мұндай микрофон кварц тілімімен жарғақ тербелістері оның өзгеруіне алып келетіндей байланысқан дыбыстық толқындарды қабылдайтын жұқа жарғақ болып табылады. Пьезоэлектрлік микрофондар жақсы сипаттамалары бар анағұрлым арзан микрофондар тобына жатады. Олар өз кезегінде ультрадыбыстық ауқымда жақсы жұмыс істейді және электрдинамикалық микрофон сияқты қайтымды, яғни дыбыс көздері ретінде қолданылуы мүмкін.

Сұйық ортада дыбыс толқындарын өлшеу үшін (мысалы, суда) гидрофондар қолданылады, олардың бірінің құрылымы 2.137 суретте келтірілген.



2.137 сурет. Гидрофон құрылымы:
 1 — тұрқы; 2 — кастормайы; 3 — резіңке; 4 — пьезоэлемент

Ол гидрофондардың басқа да көптеген түрлері сияқты пьезоэсер қолданумен жұмыс істейді. Пьезоэлемент 4ол жерде жартылай сфера түрінде орындалған. Тозаңдалған металлдан жасалған сыртқы және ішкі жабындар ЭҚК пьезокерамикадан алу элементтерін түзеді. Пьезоэлемент жұмысына сұйықтықтың (судың) әсерін болдырмау үшін гидрофон сыртынан 3 резіңкенің жұқа қабатымен қапталған. Гидрофондардың кейбір типтерінде ішкі қабатты жұмыс істейтін ортаның статикалық қысымынан 4 пьезоэлементінің өзгеруін болдырмау үшін 2 кастор майымен толтырады. Қарастырылған құрылым бүкілбағытты барлық жақтан дыбыстық қысымды бірдей қабылдайтын болып табылады.

Гидролокацияда пьезоэсер қолданумен жұмыс істейтін, бірақ суасты мақсатына (суасты және суүсті кемелері, балықтар тобы, жартастар және т.б.) бағытты анықтау үшін бағытталудың белгілі бір диаграммасы бар пьезоэсер қолданумен жұмыс істейтін дыбыс қабылдағыштарын қолданады.

Ультрадыбыс саласында жұмыс істеуде магнитстрикция қағидатымен жұмыс істейтін қабылдағыштар мен дыбыстық тербелістер сәуле шығарғыштары кең қолданыс табуда. Магнитстрикция — магнитті өріс әсерімен кейбір металлдардан (оның негізгісі никель) өнімнің геометриялық өлшемдері өзгеруімен байланысты құбылыс. Егер никельден жасалған өзекке шарғыны орап, одан тоқты өткізсе, онда шарғының магниттік өрісі әсерінен өзек ұзындығы өзгереді. Егер шарғымен айнымалы тоқты өткізсе, онда кернеу шарғысына қойылған жиілікпен өзек ұзындығы бойлық тербеліс жасайтын болады, осылайша өзінің ұшымен дыбыстық немесе ультрадыбыстық толқындар тудырады. Мұндай жүйе қайтымды, яғни егер өзекке дыбыстық толқын түссе, онда айнымалы дыбыстық қысым әсерімен өзек тербеле бастайды (біресе кеңіп, біресе тарылып), ал бұл өзекке оралған шарғыда дыбыстық тербелістердегідей айнымалы ЭҚК тудырады. Магнитстриктті генераторлар мен ультрадыбыстық дабылдар қабылдағыштарын гидролокацияда, эхолоттарда, сондай-ақ, радиоэлектроникада кідірістің ультрадыбыстық сызығын (түрлі-түсті теледидарларда қолданылады) құру үшін және басқа да құрылғыларда қолданады.

2.7.3. Акустикалық өлшеулерді жүргізу әдістемесі

Акустикада өлшеуге жататын негізгі және неғұрлым маңызды параметрлердің бірі паскальмен (Па) өлшенетін дыбыстық қысым болып табылады.

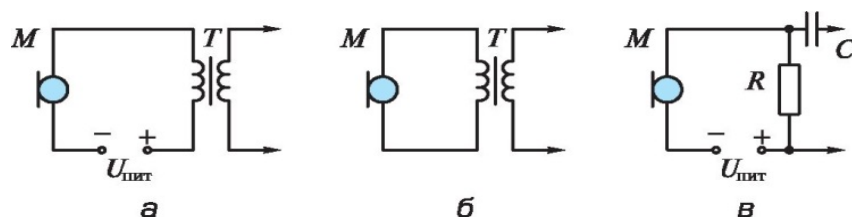
Техникалық өлшеулерде бұл мақсаттарда микрофон қызмет атқарады. Дыбыстық қысымның сандық мағыналарын алу үшін пайдаланылатын микрофон калибрленген болуы тиіс, яғни шығу кернеуінің шамасы дыбыстық қысымның мағыналарымен қатаң байланысқан болуы тиіс. Мұндай калибрлеу арнайы зертханаларда жүргізіледі және де ол барынша күрделі болып табылады. Микрофонның шығуындағы кернеу вольтметрмен тікелей өлшеу үшін өте аз бола алатындықтан, мұндай жағдайларда кернеу микрофонның шығуынан қатаң белгіленген күшею коэффициенті бар электрондық күшейткішке беріледі. Микрофон типіне байланысты, оның өлшеу аспабына немесе күшейткішке жалғану сұлбалары әр түрлі болуы мүмкін (2.138 сурет). Пьезоэлектрлік микрофон әдетте күшейткіштің кіретін жеріне тікелей жалғанады.

Дыбыстық тербелістердің жиілігі сондай-ақ шығатын жерлеріне жиілікті өлшеу нәтижелерін аналогтық сигнал (стрелканың шәкіл бойынша орын ауыстыруы) немесе тікелей сандық мағына түрінде беретін электрондық өлшеу құралы болып табылатын жиілік өлшеуіш жалғанатын микрофондарды көмегімен де (немесе күшейткіштерден кейін) өлшенеді.

Дыбыстың кез келген ортада таралу жылдамдығы дыбыс импульсінің (қысқамерзімдік белгі берудің) көзден қабылдағышқа — микрофонға дейінгі өту уақыты бойынша анықталады. Уақытты өлшеу радиоэлектроникада кең пайдаланылатын электрондық әдістермен жүзеге асырылады.

Дыбыс көзінен қабылдаушы микрофонға дейінгі арақашықтықты біле отырып, дыбыс толқынының таралу жылдамдығын анықтауға болады. 2.27 кестеде мысал ретінде 20 °С температура барысында дыбыстың әр түрлі орталарда таралу жылдамдықтары келтірілген.

Шуды басатын материалдарды әзірлеу барысында, материалдың орынжайларда, көлікте, цехтарда дыбыстық шулардың деңгейін қаншалықты басатындығын білгісі келген кезде, аталған материалдардың сіңіру коэффициенттерін өлшеуді жүргізу керек.



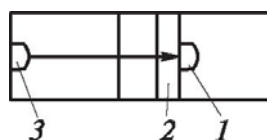
2.138 сурет. Микрофондарды қосу сұлбасы: *а* — бұрыштық; *б* — электродинамикалық; *в* — конденсаторлық

2.27 кесте. Дыбыстардың орталарда таралу жылдамдығы

Орта	Ортаның тығыздығы, ρ , г/см ³	Жылдамдық, м/с
Ауа	1,21	344
Гелий	0,167	1 005
Оттегі	1,34	326
Тазартылған	1 000	1 492
Спирт	790	1 150
Бензин	750	1 190

Бұл үшін дыбыстық тербелістерді сыналатын материал арқылы өткізеді және микрофонның көмегімен дыбыстық қысым деңгейін анықтайды. Осыдан кейін материалдың қалыңдығын белгілі шамаға арттырады және қайтадан дыбыстық қысымның деңгейін анықтайды (2.139 сурет). Екі өлшеудің айрмасы сыналатын материалдың аталған қосылған қалыңдығында дыбыстың жұтылуын анықтауға мүмкіндік береді. Алынған мағыналарды қалыңдық бірлігіне келтіре отырып, жұту коэффициентін анықтауға болады. Мұндай өзгерістер дыбыстық толқындардың белгіленген үлгіден айналып өтуін болдырмайтын арнайы камераларда жүргізілуі тиіс.

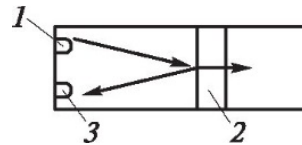
Дыбыстық толқынның шағылысу коэффициентін анықтау. Шағылысуы өлшенуі тиіс орта жағына қарай қысқа мерзімдік импульсті жолдай отырып өлшейді және дыбыс көзімен қатар орналастырылған қабылдауыштың көмегімен шағылдырушы беттен қайтып оралған шағылысқан сигналдың деңгейін тіркейді (2.140 сурет). Егер қабылдау құрылғысы жолданған импульстің қайтып оралуын тіркемесе, онда шағылысу коэффициенті нөлге тең. Шағылысқан сигналдың күші бойынша сыналатын материалдың, ортаның және т.б. шағылдырушы қабілеті туралы пікір айтуға болады. Теориялық түрде мұндай өлшеулер айтарлықтай қиындық келтіремегенімен, практикада ^{*1}



2.139 сурет. Дыбыстың жұтылуын анықтау:

1 — микрофон; 2 — сыналатын дыбыс көзі

2.140 сурет. Шағылдыру коэффициентін анықтау:
 1 — дыбыс көзі; 2 — шағылдырушы материал;
 3 — микрофон



шағылдыру коэффициенті анықталатын ортаның артында тұрған заттардан шағылысуды болдырмайтын арнайы шаралар қабылдануы тиіс. Бұдан басқа, дыбыстық толқынның өлшенетін ортаға әсері және кері қозғалыс теліміндегі сигналдың әлсіреуі ескерілуі тиіс.

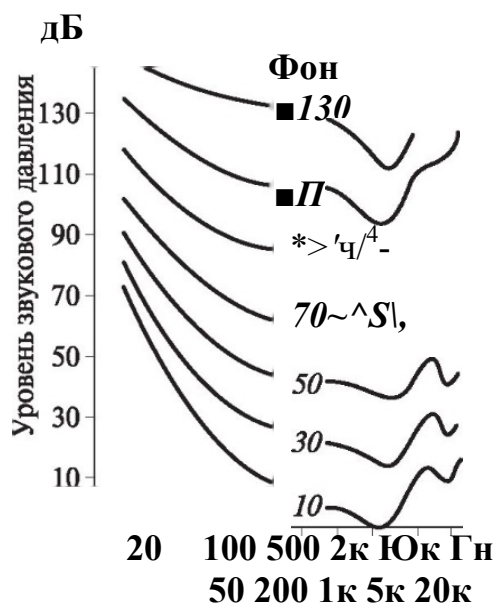
Шағылысқан дыбыстық толқындарды пайдалану техникада кеңінен қолданылады. Дыбыстың шағылуы іс жүзінде әр түрлі тығыздығы бар кез келген орталардың тарауының шегінен жүретіндігі ескерілуі тиіс. Осылай, егер ультрадыбысты ішінде қуысы бар (мысалы, құйындылардың жарамсыздығына байланысты) металдан жасалған бұйымға жолдайтын болса, онда осы қуыстың шегераларынан шағылуды анықтауға болады. Ультрадыбыстық дефектоскоптар осы қағидатпен құрылған. Олардың көмегімен авиацияға және ғарыш техникасына арналған жауапты бұйымдардың сапасы тексеріледі. Ультрадыбыстың шағылуы дәл осылайша диагностикалау болатын металл бұйымдардағы жарықтардан да болады.

Ультрадыбыстық тербелістердің көздері және қабылдағыштары жоғары бағыттылыққа ие бола алады (200 м дейінгі қашықтықта тұрған жекелеген адамдардың әңгімесін тандап тыңдауға болады). Ультрадыбыстық сигналдардың көздерінің де, қабылдаушының да осы қасиетін пайдалана отырып, сәулелену саласында тұрған әр түрлі объектілердің кескіндерін алуға болады. Осы қағидат негізінде экранында әр түрлі объектілерді: жартастарды, рифтерді, суасты қайықтарын көруге болатын (және олардың азимуттарын белгілеуге болатын) кеме ультрадыбыстық локааторлары құрылған. Ультрадыбыстық сәулені төменге бағыттап отырып, кемеде белағаш астындағы тереңдікті өлшейді. Әрине, мұнда ультрадыбыстық импульстің түпке дейін және кемеге кері өту уақытын өлшеу қажет. Ультрадыбыстық шағылуды пайдалана отырып, бөлменің қабырғасының артында тұрған объектілерді де қарауға болады.

Дыбыстың қарқындылығы $J(\text{Вт/м}^2)$ өлшенген дыбыстық қысым бойынша p келесі формуламен анықтала алады:

$$J = p^2 / (\rho c),$$

мұнда ρ — ортаның (материалдың) тығыздығы; c — дыбыстың таралу жылдамдығы.



2.141 сурет. Дыбыс деңгейінің оның жиілігінен қисық тәуелділіктері

Дыбыстық өріс энергиясының тығыздығы e , Дж/м³ өлшенетін ретінде анықталады

$$e = J/c.$$

Физикада дауыс қаттылығын N фон деген атау алған бірліктермен анықтайды, бірақ радиотехникада көбінесе децибелмен қолданылады. Олар егер жиілігі 1 000 Гц дыбысты айтатын болса, үйлеседі. Дауыс қаттылығының деңгейін келесі формула бойынша анықтауға болады:

$$N = 20 \lg \frac{p}{p_0},$$

мұнда p — дыбыстық қысым, Па; p_0 — адаммен естілу шегіндегі дыбыстық қысым, Па.

Барлық өлшеулер белгіленген жиілікте 1 000 Гц жүргізіледі.

2.141 суретте дыбыс деңгейінің оның жиілігінен қисық тәуелділіктері көрсетілген. Төмен жиіліктерде дауыс қаттылығының деңгейі дыбыстық қысым деңгейінен төмен екендігі көрініп тұр.

Адам естуінің ерекшеліктерін дыбыс жаңғыртушы аппаратураны жасау барысында ескеруге тура келеді. Мысалы, мұндай аппаратурадағы барлық реттеуіштер шығу сигналының деңгейін антилогарифмдік заң бойынша өлшейді. Бұл тек осы жағдайда ғана, тыңдаушы дауыс қаттылығын реттеушінің тұтқасын бірқалыпты айналдыру барысында ғана дауыстың қаттылығының жаймен өзгергенін сезінетіндіктен қажет.

1. Қандай негізгі дыбыс сигналдарын қабылдағыштар акустикалық өлшеулерде пайдаланылады?
2. Адамның есту қабілетінің дыбысты қабылдау бойынша ерекшеліктері қандай?
3. Дыбыс толқынының таралу жылдамдығы қалай өлшенеді?
4. Акустиканың техникада қолданылу мысалдарын келтіріңіз.
5. Акустикада логарифмдік бірліктерді пайдалану немен байланысты?

2.8

ГАЗДАР МЕН СҰЙЫҚТЫҚТАРДЫҢ ҚЫСЫМЫН, САНЫН ЖӘНЕ ШЫҒЫНЫН ӨЛШЕУ

2.8.1. Жалпы мәліметтер

Қысым өнеркәсіптің әр түрлі салаларындағы технологиялық процестердің жүруін сипаттайтын маңызды параметр болып табылады. Материяның молекулярлық-кинетикалық теориясына сәйкес, қысым деп термодинамикалық жүйедегі заттектердің молекулалары оның шектеуші бетінің бірлігіне әсер ететін күш түсініледі. Және де молекулалардың қозғалысы барлық бағыттарда да теңықтималды.

Қысымның шамасын анықтау барысында қысымды абсолюттік, атмосфералық, артық және вакуумметриялық деп бөлу қабылданған.

Абсолюттік қысым (p_a) — бұл абсолюттік нөлден саналатын, астында газ, бу немесе сұйықтық тұрған қандай да бір жүйенің ішіндегі қысым.

Атмосфералық қысым (p_v) жер атмосферасының ауа бағанының массасымен құрылады. Ол жергілікті жердің теңіз деңгейінен биіктігіне, географиялық ендікке және метеорологиялық жағдайларға тәуелді құбылмалы шамаға ие.

Артық қысым ($p_{изб}$) абсолюттік қысым (p_a) және атмосфералық қысым арасындағы (p_v) айырмамен анықталады:

$$p_{изб} = p_a - p_v.$$

Вакуум (ауаны сейілту) деп газдың қысымы атмосфералықтан төмен күйі түсініледі. Сандық жағынан *вакуумметриялық қысым* (p_j) атмосфералық қысым мен вакуумдық жүйе ішіндегі абсолюттік қысым

арасындағы айрмамен анықталады:

$$p_{\text{вак}} = p_{\text{в}} - p_{\text{а}}.$$

2.3.2 бөлімшеде айтылғандай, ӨҚ бірліктерінің Халықаралық жүйесінде қысым бірлігі үшін *паскаль (Па)* деп аталатын қысым қабылданған. Паскаль кеңінен қолданылатын бірліктермен (ресми алынып тасталған) келесі арақатынастармен байланысты:

$1 \text{ кгс/см}^2 = 735,563 \text{ мм сын. бағ.} = 10^4 \text{ мм су. бағ.} = 9,80665 \cdot 10^4 \text{ Па.}$

Орташа және жоғары қысымдарды өлшеу үшін еселік бірліктер: килопаскаль (кПа), мегапаскаль (МПа) және басқалары пайдаланылады.

Қозғалатын орталардағы қысымды өлшеу барысында қысым деп статикалық және динамикалық қысымды түсінеді.

Статикалық қысым — бұл газ немесе сұйықтық ортасының қорына тәуелді болатын қысым; статикалық арынмен анықталады. Ол артық немесе вакуумметриялық бола алады, жеке жағдайда атмосфералыққа тең бола алады.

Динамикалық қысым ($p_{\text{д}}$) — бұл газ немесе сұйықтық ағынының жылдамдығы себепші болған қысым. Ол жылдамдықтық (динамикалық) арын бойынша келесі формуламен анықталады:

$$p_{\text{д}} = \rho v^2 / 2,$$

мұнда ρ — қозғалыстағы заттектің тығыздығы; v — қозғалыстағы ағынның жылдамдығы.

Қозғалыстағы ортаның *толық қысымы* ($p_{\text{п}}$) статикалық ($p_{\text{ст}}$) және динамикалық ($p_{\text{д}}$) қысымдардан қосылады:

$$p_{\text{п}} = p_{\text{ст}} + p_{\text{д}}.$$

Сұйықтықтардың, газдың немесе будың шығынын өлшеу өнеркәсіптегі технологиялық процестерді жедел бақылаудағы, реттеудегі және басқарудағы аса маңызды буын.

Құбырдың көлденең қимасы арқылы уақыт бірлігіне өтетін заттектің саны көлемдік $Q_{\text{о}}$ немесе массалық $Q_{\text{м}}$ көрсеткіштермен (шығынмен) өлшенеді, сәйкесінше олар $\text{м}^3/\text{сағ}$, $\text{м}^3/\text{с}$ немесе кг/с , кг/сағ , т/сағ беріледі. Көлемнің немесе массаның минутқа арақатынасымен берілген бірліктерге жол беріледі: $\text{м}^3/\text{мин}$, кг/мин және т.б.

Белгілі бір уақыт ішінде құбырдың көлденең қимасы арқылы өтетін заттектің саны көлем бірліктеріндегі $G_{\text{о}}$ (м^3 , л) немесе масса бірліктеріндегі $G_{\text{м}}$ (т, кг) сан көрсеткіштерімен өлшенеді.

Сұйықтықтың немесе газдың лездік шығынын анықтауға арналған өрнектер келесілер:

$$V = Sv;$$

$$q = pSv,$$

мұнда V — көлемдік шығын; q — массалық шығын; p — заттектің тығыздығы; S — құбырдың көлденең қимасы; v — заттектің орын ауыстыру жылдамдығы.

Өрнектерден шығатыны, сұйықтықтың немесе газдың шығынын өлшеуді p , S және v өлшеуге түсіруге болады. Көптеген жағдайларда S немесе p үнемі болып қалады, онда үнемі алаң S барысында шығын өлшеуді v өлшеуге немесе керісінше түсіруге болады.

Санды және шығынды өлшеулердің салыстырмалы нәтижелерін алу үшін өлшенген шығынды қалыпты жағдайларға алып келеді және келтірілген көлем O_n деп атайды. Өнеркәсіптік практикада қалыпты жағдайлар есептеледі $D = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$, қысым $p_n = 101\,325\text{ Па}$, газдың қатыстық ылғалдылығы $j = 0$.

2.8.2. Қысымды өлшеу және бақылау әдістері және құралдары

Қысымды, оның айырмасын және сейілуін технологиялық процестерде кеңінен қолдану қысымды өлшеу мен бақылаудың әр түрлі әдістері мен құралдарын пайдалану қажеттігін туындатады.

Қысымды өлшеу әдістері өлшенетін қысымның күшін мыналардың күштерімен салыстыруға негізделген:

- сәйкес биіктікті сұйықтық бағанының (сынап, су) қысымы;
- серіппелі элементтердің (серіппе, мембраналардың, манометриялық және анероидтық қораптардың, сильфондар мен манометриялық жүктердің) деформациялануы барысында дамитын;
- жүктердің ауырлығы;
- кейбір элементтердің деформациялануы барысында туындайтын және электр эффекттерінен туындататын серпінді күштермен.

Қысым параметрлерін өлшеудің аталған құралдарына сәйкес, сұйықтықтық, деформациялық, жүкпоршендік және электрлік деп бөлуге болады. Өнеркәсіпте кең таралуға ие болғаны деформациялық өлшеу құралдары.

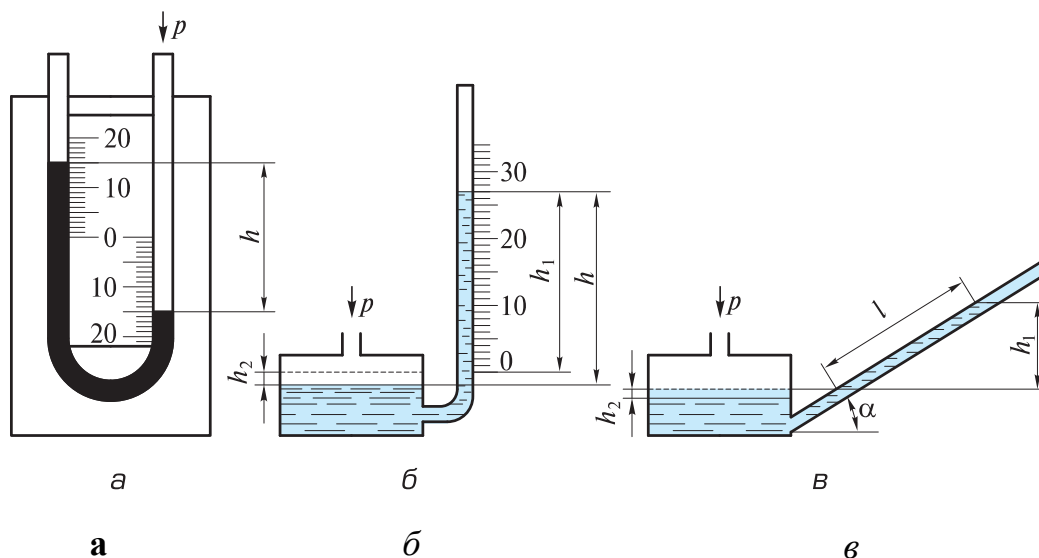
Қалғандары көбіне үлгілік немесе зерттеушілік ретінде зертханаларда пайдаланылады.

Қысымды өлшеу құралдары барометрлерге (атмосфералық қысымды өлшеуге арналған), манометрлерге (артық қысымды өлшеуге арналған), вакуумметрлерге (вакуумметриялық қысымды өлшеуге арналған), мановакуумметрлерге (артық және вакуумметрлік қысымды өлшеуге арналған), абсолюттік қысым манометрлеріне (абсолюттік нөлден есептелетін қысымды өлшеуге арналған), дифференциалдық манометрлерге (қысым айырмасын (перепада) өлшеуге арналған) бөлінеді.

Қысымды өлшейтін сұйықтықтық құралдар. Сұйықтықтық өлшеу құралдарының әсері гидростатикалық қағидатқа негізделген, онда өлшенетін қысым жаптырғылық (жұмысшы) сұйықтық бағанының қысымымен теңестіріледі. Деңгейлер айырмасы сұйықтық тығыздығына қарай қысым өлшемі болып табылады.

Қысымды немесе қысым айырмаларын өлшеуге арналған ең қарапайым аспап екі құбырлы (немесе U-тәріздес) манометр болып табылады (2.142, а сурет), ол жұмысшы сұйықтықпен (сынаппен немесе сумен) толтырылған және панельге шәкілмен бекітілген иілген әйнек түтікше болып табылады. Түтікшенің бір ұшы атмосферамен жалғасады, ал екіншісі қысым өзгертін объектіге қосылады. Оның мағынасы мына өрнектен анықталады

$$p = h\rho g.$$



2.142 сурет. Сұйықтықтық манометрлер: а — U-тәріздес; б — табақшалы; в — микроманометр

мұнда p — өлшенетін қысым, Па; h — сұйықтық деңгейлерінің айырмасы, м; ρ — сұйықтық тығыздығы, кг/м³; g — ауырлық күшінің үдеуі, м/с².

Екі құбырлы манометрлерді өлшеудің жоғарғы шегі, келтірілген өлшеу қате жіберушілігі 0,2... 2% барысында, 1 ... 10 кПа құрайды. Осы құралмен қысымды өлшеу дәлдігі шаманы санау дәлдігімен h , жұмысшы сұйықтықтың тығыздығын анықтау дәлдігімен ρ анықталатын болады және түтікшенің қимасына тәуелді болмайтын болады.

Қысым өлшеудің мейлінше қолайлы құралы біртүтікшелі (табақшалық) манометр (2.142, *б сурет*) болып табылады, олардың бірі диаметрі әдетте құбыр диаметрінен 20 есе үлкен диаметрлі ыдыспен алмастырылатын болады. Манометрдің әрекет ету қағидаты қарастырылғанға ұқсас, алайда қысым немесе сейілту формула бойынша анықталатын болады

$$p = h\rho g(1 + dVD^2) = h\rho g(1 + f/F),$$

мұнда d , D — түтікшенің сәйкесінше кең ыдыстың диаметрі, м; f , F — түтік қимасының және кең ыдыстың диаметрі, м².

Түтікше мен ыдыстың диаметрлері мен қималарының арақатынасы маңызды болғандықтан, қысымның өзгеруі барысындағы деңгейдің төмендеуін h_2 елемеуге болады және санауды тек әйнек құбыр бойынша, яғни h_1 бойынша жүргізуге болады.

Бір құбырлы манометрлер жоғарғы өлшеу шегіне ие - 1,6.10 кПа, келтірілген өлшеу қате жіберушілігі 0,25.0,4% құрайды.

2.142, *в суретте* дәл сондай қағидатқа негізделген бір құбырлы микроманометр көрсетілген, ол қысымның аз шамаларын өлшеу үшін (2 кПа дейін) пайдаланылады. Бұл манометрде әйнек құбыр горизонтқа α бұрышының астында орналасқан. Және де бұл жерде өлшеу дәлдігі бірнеше есе артады.

$h_1 = l \sin \alpha$ екендігін ескере отырып және шаманың аздығын f/F елеместен, өлшенетін қысымды мына өрнектен анықтауға болады

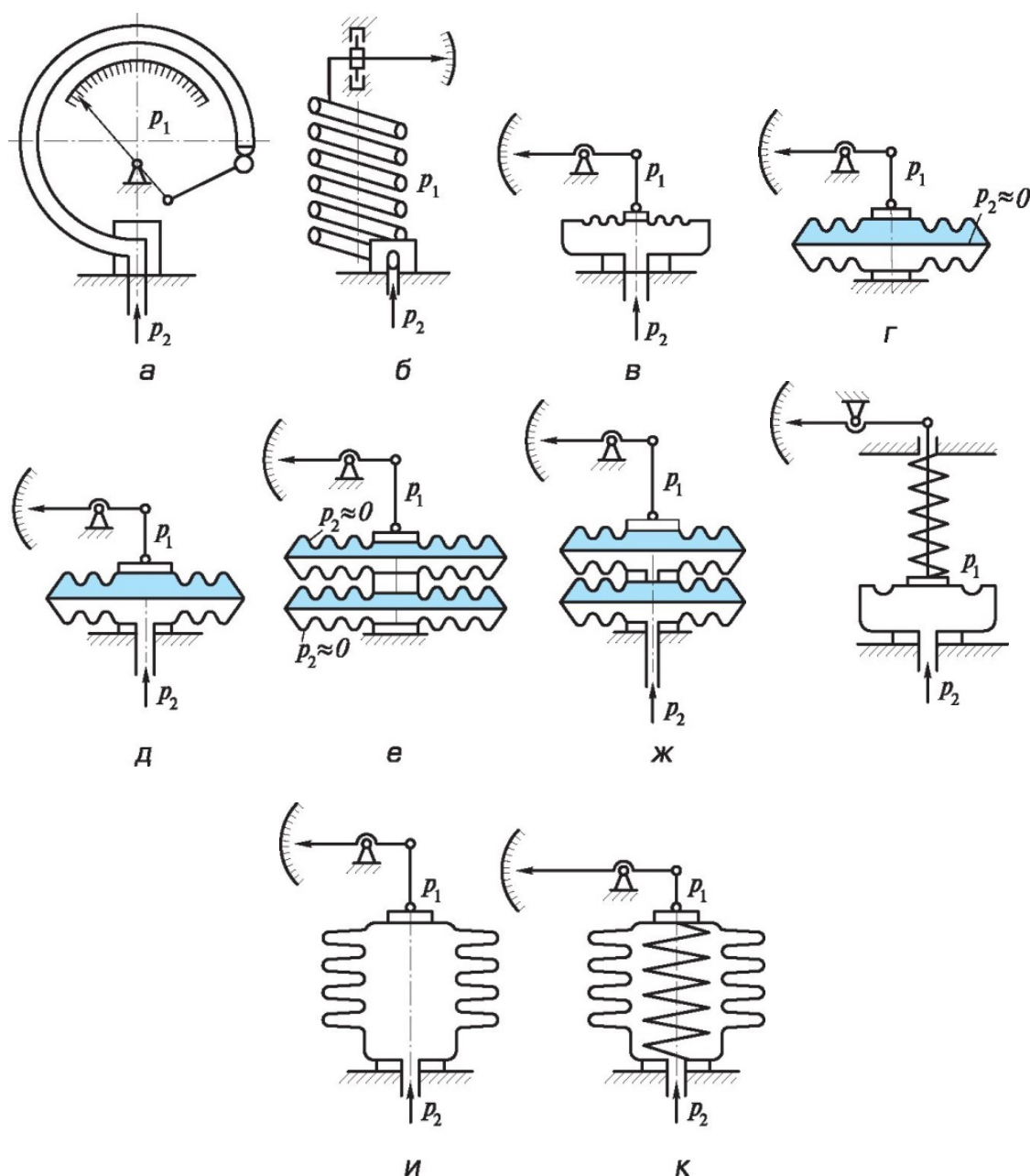
$$p = l\rho g \sin \alpha.$$

Түтікше ылдиының бұрышын кішірейтумен манометрмен өлшеу шектері кішірейеді, өлшеу дәлдігі ұлғаяды.

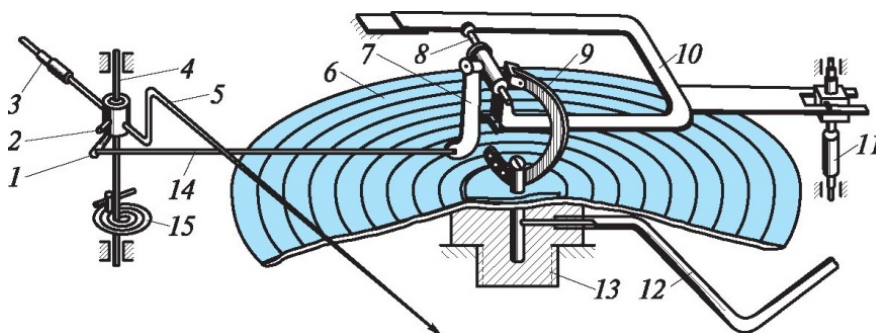
Қарастырылған қысымды сұйықтықтық өлшеу құралдары көрсетімдерді дистанциялық берулердің жоқтығымен, кішігірім өлшеу шектерімен және төмен беріктігімен сипатты. Сонымен бірге мезгілде өзінің қарапайымдылығының, арзандығының және қатыстық жоғары өлшеу дәлдігінің арқасында олар зертханаларда кең тараған

және эпизодтық өлшеулер барысында және өзге типті өлшеу құралдарын тексеру (калибрлеу) барысында өнеркәсіпте сирек тараған.

Қысым өлшеудің деформациялық құралдары. Бұл құралдар сезгіш элементке бақыланатын ортаның қысымымен немесе вакуумымен, әр түрлі текті серіппелі элементтердің серіппелі деформацияларының күштерімен құрылатын күшті теңдестіруге негізделген. Сызықтық немесе бұрыштық орын ауыстырулар түріндегі



2.143 сурет. Қысымды өлшеу құралдарының деформациялық сезгіш элементтері



2.144 сурет. Бейіндік шәкілі бар мембраналық вакуумметрдің

1 және 7 — иінтіректер; 2 — бөгеткіш бұранда; 3 — қарсы салмақ; 4 және 8 — өстер; 5 — нұсқағыш стрелка; 6 — мембраналық қорапша; 9 — шылбыр; 10 — жайпақ серіппе; 11 — нөлді түзеткіш бұранда; 12 — түтікше; 13 — штуцер; 14 — күш; 15 — серпінді серіппе

тіркеуші құрылғыға (көрсетуші немесе өзі жазатын) беріледі немесе дистанциялық беріліске арналған электрлік (пневматикалық) сигналға түрленеді.

Сезгіш элементтер ретінде бірорамдық түтікшелі серіппелерді (2.143, а сурет), көпорамдық түтікшелі серіппелерді (2.143, б сурет), серпінді мембраналарды (2.143, в сурет), серпінді мембраналық қорапшаларды (2.143, г, д сурет), қосарланған серпінді мембраналық қорапшаларды (2.143, е, ж сурет), серпінді-мембраналық иілгіш мембранасы бар (2.143, з сурет), сифондық (2.143, и сурет) және серіппелік-сифондық (2.143, к сурет) пайдаланады.

Мембраналарды, сифондарды және серіппелі түтікшелерді дайындау үшін жеткілікті жоғары иілгіштігімен, серпінділігімен, коррозияға қарсы тұрақтылығымен, параметрлердің температура өзгерулерінен төмен тәуелділігімен ерекшеленетін қоланы, латуньды, хромникель қорытпаларын пайдаланады. Қысымды өлшеудің кейбір деформациялық құралдарын толығырақ қарастырайық.

Мембраналық аспаптарды бейтарап газ орталарының кішігірім қысымын өлшеу үшін (40 кПа дейін) пайдаланады. Аталған аспаптардың дәлдік класы 2,5.

2.144 суретте бейіндік шәкілі 250-ден 25 000 Па дейінгі мембраналық вакуумметр құрылымы көрсетілген. Сезгіш элемент болып өлшенетін ортамен түтікшенің 12 көмегімен жалғастырылған мембраналық қорапша қызмет атқарады. Мембрана штуцердің 13 көмегімен аспаптың корпусына бекітілген. Өлшенетін ортаның қысымының өзгеруі мембраналық қорапшаның 6 бүгілуінің сәйкес өзгеруін туындатады. Мұнда мембраналық қорапшаның 6 жоғарғы бөлігіне бекітілген мембраналық шылбыр 9

өсте 8 орнатылған иінтіректі 7 бұрады. Серпінді жүйенің қаттылығын ұлғайту үшін өс 8 жазық серіппеге 10 бекітілген. Иінтіректі 7 бұру өсте 4 орнатылған иінтіректің 1 және күштің орын ауыстыруын туындатады. Дәл осы өсте бөгеткіш бұранданың 2 көмегімен қарсы салмағы 3 бар көрсеткіш стрелка 5 бекітілген. Көрсеткіш стрелканың ұшы 5 көлденең бейіндік шәкілді бойлай орын ауыстырады. Серпінді серіппе 15 иінтіректік механизмнің буындасуларында саңылаулардың әсерін жою үшін қызмет етеді. Шәкілдің бастапқы белгісіне стрелканы орнату үшін нөл корректорының бұрандасы 11 қызмет етеді.

Сильфондық аспаптар өлшеу шектері 40 кПа дейінгі, 400 кПа (манометрлер сияқты) дейінгі, 100 кПа (вакуумметрлер ретінде) дейінгі (-100... +300 кПа интервалда (мановакуумметрлер ретінде)) өлшеу шектері бар агрессивті емес газдардың артық және вакуумметриялық қысымын өлшеу үшін арналған.

Бұл аспаптардың сезгіш элементі сильфон болып табылады (2.143, и суретті қараңыз), ол ішінде және одан тыс қысым айырмалары барысында өзінің сызықтық өлшемдерін өзгертетін, көлденең қатпарлары бар жұқа қабырғалы цилиндр сыйымдылық болып табылады. Сильфондарды фосфорлы қоладан, таттанбайтын болаттан немесе жез-никель қорытпадан дайындайды.

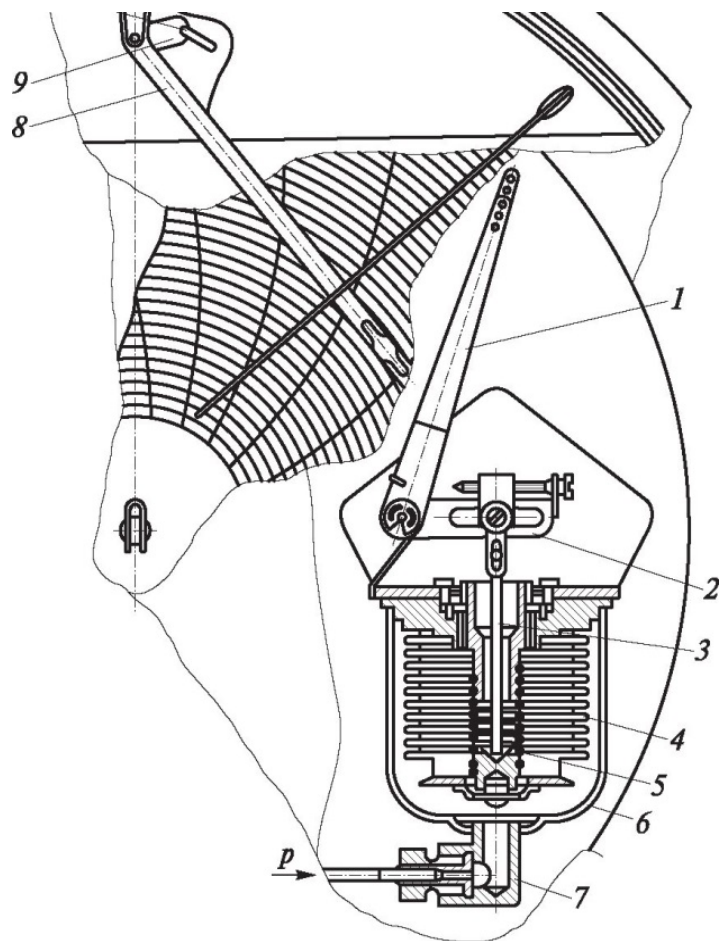
Диаметрі 8.150 мм, қабырғасының қалыңдығы 0,1 .0,3 мм, толқындарының саны 4; 6; 10 және 16 сильфондарды пайдаланады.

Қарастырылатын тип аспаптары конструктивті екі бөліктен тұрады: сильфондық блоктан және тіркеуші блоктан (көрсетуші немесе өзі жазушы). Екі блок та бірыңғай корпусқа құрамдастырылған. Өзі жазғыш аспаптардың дәлдік класы 1 немесе 1,5.

2.145 суретте сильфондыөзі жазушы манометр көрсетілген. Штуцер 7 арқылы өлшенетін қысым сильфон 4 орналастырылған камераға 6 беріледі. Сильфонның ішкі облысы 4 атмосферамен хабарланады. Сильфонның ішінде 4 оның қысылуына қарсы әрекет ететін серіппе 5 орнатылған. Сильфонның түбіне 4 сильфоннан 4 иінтірекке 1 орын ауыстыруды беретін иінтірекпен 2 жалғастырылған штифт 3 тіреледі. Бұл иінтірек күшпен 10 онда орнатылған қаламұшпен стрелкаға 8 орын ауыстыруды беретін иінтірекпен 9 жалғастырылған.

Қаламұшы бар стрелканың келесі қозғалыстары сағаттық механизммен немесе синхронды қозғалтқышпен орын ауыстыратын диаграммаға жазылады.

Түтікшелі-серіппелі аспаптар барынша кең тараған манометрлер, вакуумметрлер және мановакуумметрлер қатарына жатады.

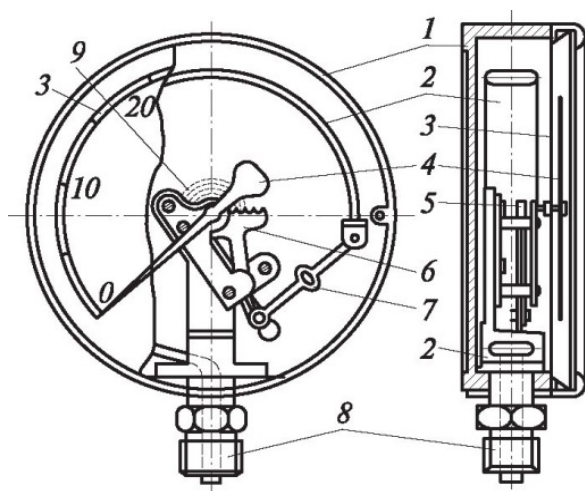


2.145 сурет. Сильфонды өзі жазатын манометрдің құрылымы:

1, 2және9 — иінтіректер; 3 — штифт; 4 — сильфон; 5 — серіппе; 6 — камера; 7 — штуцер; 8 — стрелка; 10 — иінтірек

Түтікшелі серіппе жұқа қабырғалы, шеңбер доғасы бойынша майысқан, жез қорытпалардан немесе таттанбайтын болаттан әзірленетін, бір ұшы дәнекерленген түтікше (бір- немесе көп орамды) болып табылады. Түтікшенің ішіндегі қысымды ұлғайту немесе төмендету барысында серіппе белгілі бір бұрышқа босатылады және бұралады.

2.146 суретте корпусы 1 бар, ең қарапайым серіппелі манометр құрылғысы ұсынылған. Шеңбер бойымен 270° бұрышқа иіле орындалған іші бос түтікше 2, бір жағынан бос және мықтап жабық, ал екінші жағынан — штуцердің 8 көмегімен өлшенетін қысым көзіне жалғанған ұстағышқа дәнекерленген.



2.146 сурет. Серіппелі манометр құрылғысы:
 1 — корпус; 2 — іші бос түтікше;
 3 — шәкіл; 4 — стрелка; 5 — тегершік; 6 — тісті сектор; 7 — шылбыр; 8 — штуцер; 9 — серіппе

Түтікшенің шылбырмен 7 жабылған ұшы – нұсқағыш стрелкамен 45 бірге бір өсте орнатылған тегершікпен 5 ілмектелген тісті сектормен 6 жалғастырылған. Артық қысымның әсері астында түтікше бүктеліп-жазылады, оның бос ұшы орын ауыстырады және онымен байланысқан тісті секторды 6 бұратын шылбырды 7 тартады. Соңғысы шәкіл 3 бойынша өлшенетін қысымның шамасын көрсететін стрелканы 4 және тегершікті айналдырады. Сектор тістері мен тегершік арасындағы өлі жүрісті болдырмау үшін серпінді серіппе 9 пайдаланылған.

Қарастырылған тип манометрлерін жоғарғы өлшеу шектері үшін 60... 160 кПа шығарады. Вакуумметрлерді 0... 100 кПа шәкілмен шығарады. Мановакуумметрлердің өлшеулер шегі -100 кПа-дан +(60 кПа... 2,4 МПа) дейін. Жұмысшы манометрлерге арналған дәлдік класы 0,6,4, үлгілік манометрлер үшін — 0,16; 0,25; 0,4.

Барлық қарастырылған қысымды өлшеудің деформациялық өлшеу құралдары көрсететін құрылғыға түсетін сигналға тікелей деформация түзілу қағидатына негізделген дистанциялық емес сұлбаларға жатады.

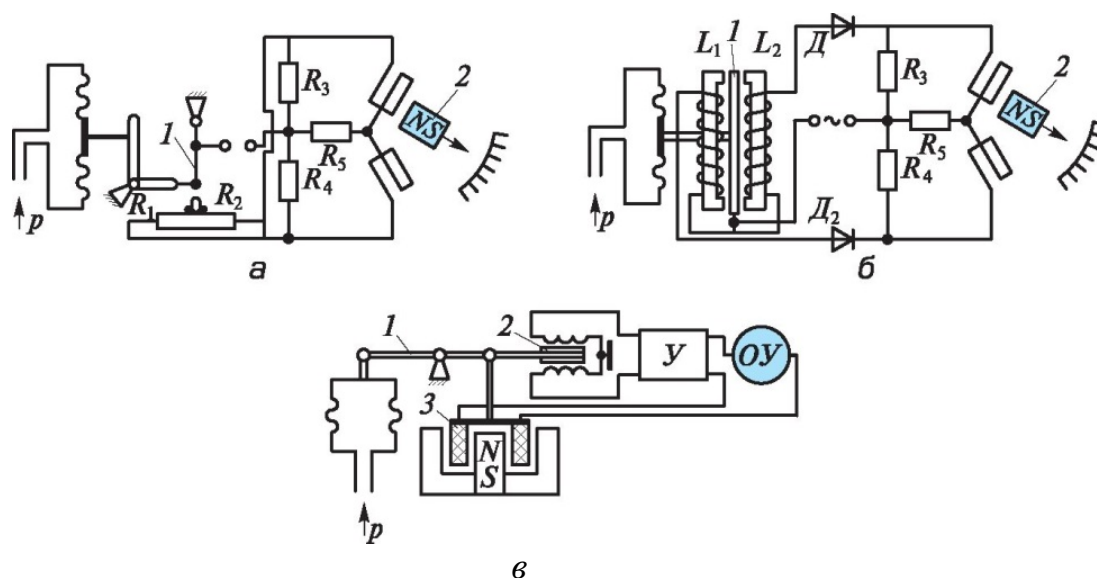
Серпінді элементтің (мембрананың, сильфонның, серіппелік түтікшенің және т.б.) деформация сигналы – сигналы көрсететін құрылғыда тіркелетін түрлендіргіш элементінің (электрлік, индуктивтік және т.б.) орын ауыстыруы үшін пайдаланылатын, дистанциялық типті сұлбалардың маңызды саны бар (2.147 сурет).

Осылай, 2.147, а суретте серпінді элементтің (мембрананың) деформация сигналы потенциометрдің қозғалысын орын ауыстыру үшін пайдаланылады. Потенциометр белдіктің екі иінін (R_1 және R_2) түзеді, ал басқа екі иін резисторлардан

R_3 және R_4 құрылған. Манометрде көрсеткіш ретінде қозғалыссыз рамкалары (катушкалары) бар және қозғалмалы магниті 2 бар екі катушкалы логометр 1 қолданылады.

Манометриялық қорапшаның қуысындағы қысымның өзгеруі қорапшаның деформациясын туындататын күшке түрленеді. Соңғысы щетканың потенциометр бойымен орын ауыстыруын туындатады, ал демек, мост диагоналіндегі кедергілер мен кернеулер айырмасының өзгеруіне де алып келеді. Екі катушкалы логометр 1 рамкаларындағы қатынасты көрсетуші стрелканың күйін анықтайды.

Щетканың потенциометрге контактілік үйкелуін болдырмау мақсатында контактісіз түрлендіргіштер пайдаланылады: индуктивтік және ыдыстық. Индуктивті дифференциалды түрлендіргіші бар манометрде (2.147, б сурет) зәкір мембрананың қатты орталығымен байланысты. Амплитуда бойынша деформация сигналымен модульденген, индуктивті түрлендіргіштен 1 алынатын ауыспалы ток сигналдары диодпен Д түзетіледі және де көрсеткіштің қозғалмалы магниті 2 бар екі катушкалы логометріне өлшенетін қысымға пропорционал детекторланған сигналдар түседі.

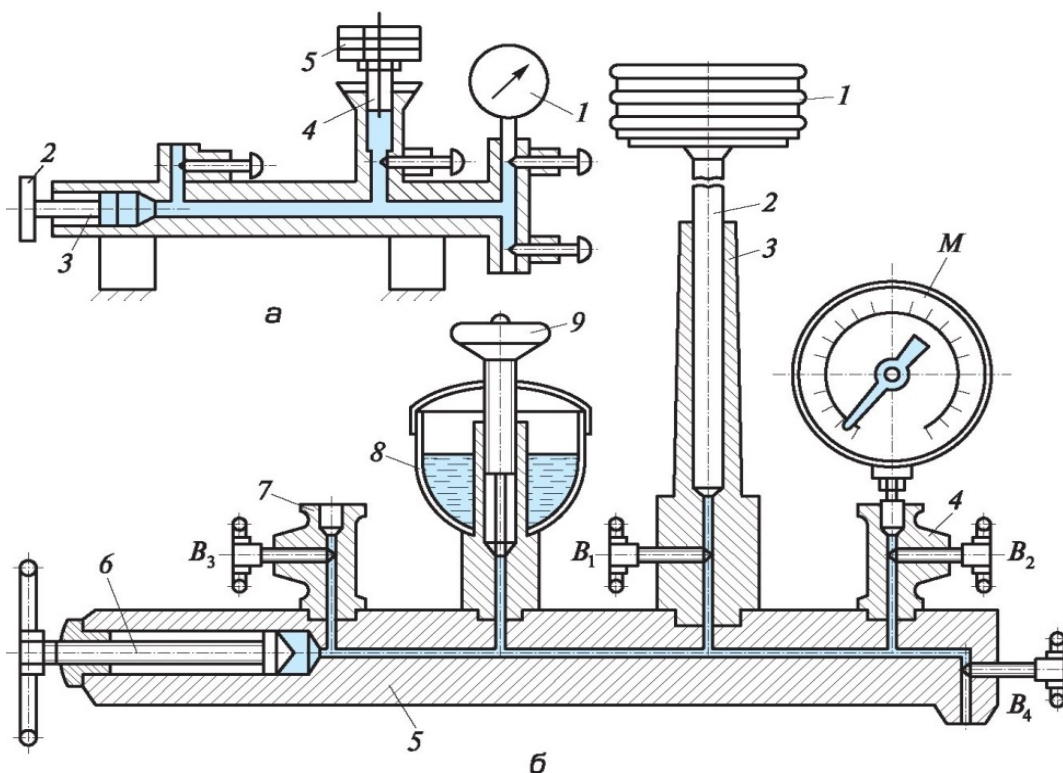


2.147 сурет. Қысымды өлшеудің деформациялық құралдарын дистанциялық қосу сұлбалары:

а — потенциометрлік түрлендіргіші бар манометр: 1 — екі катушкалы логометр; 2 — қозғалмалы магнит; *б* — индуктивті түрлендіргіші бар манометр: 1 — индуктивті түрлендіргіш; 2 — қозғалмалы магнит; *в* — күш беретін компенсациясы бар манометр: 1 — иіңтірек; 2 — сигналдардың түрлендіргіші; 3 — электромагнит; *У* — күшейткіш; *ОУ* — санау құрылғысы

Сондай-ақ теңдестіретін түрлендірулері бар сұлбалар да қолданылады: статикалық (күш беретін компенсация) және астатикалық (бағушы жүйелер).

Статикалық теңдестіру сұлбасында (2.147, в сурет) сиффон деформациясы ұшында сигналдардың түрлендіргіші 2 орнатылған иінтірекке 1 орын ауыстыруға түрленеді. Түрлендіргіш сигналдары күшейткіште күшеюден кейін Усанау құрылғысына ОУжәне зәкірі иінтірекпен 1 байланысты күш беретін электромагниттің 3 катушкасына түседі. Катушкада токтардың үнемі магниттің магниттік өрісімен өзара әркетесуі барысында сиффонмен түзілетін күшті теңдестіретін және иінтіректің 1 орын ауыстыруына кедергі болатын күш түзіледі. Мұнда өлшенетін қысым қаншалықты үлкен болса, катушкалардағы токтың күші де соншалықты көп. Осылайша, статикалық қате жіберушілікке дейінгі дәлдікпен иінтірек орташа күйде болатын болады,



2.148 сурет. Жүк көтергіш манометрлер:

a — манометр құрылымы: 1 — тексерілетін манометр; 2 — штурвал; 3 — қосалқы поршень; 4 — поршень; 5 — калибренген жүктер; *б* — манометрлерді тексеруге арналған қондырғының құрылымы: 1 — жүктерді орнатуға арналған тарелка; 2 — поршень; 3 — өлшеу колоннасы; 4 және 7 — штуцерлер; 5 — корпус; 6 — сорғы; 8 — құйғыш. игольчатый клапан

ал катушкалардағы токтың күшіне пропорционал аспап көрсетімдері, аспапқа берілетін қысымның шамасы болатын болады.

Жүкпоршендік манометрлер (2.148, а сурет) орта және жоғары қысымды механикалық бақылаушы және үлгілік манометрлерді тексеру үшін пайдаланылады. Қысым оларда поршенде 4 салынатын калибрленген жүктер 5 бойынша анықталады.

Жұмысшы сұйықтық ретінде керосинді, трансформаторлық немесе кастор майын пайдаланады. Жүкпоршендік манометрлердің көрсетімдерін ауырлық күшінің үнемісіздігіне түзету керек, мына формуланы қолдана отырып

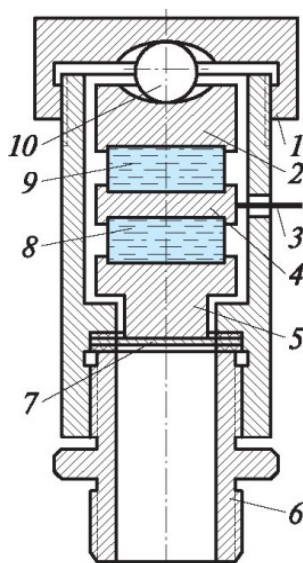
$$Dp = (\rho/9,8066 - 1).$$

Жүкпоршендік манометрлердің дәлдік класы 0,05 және 0,02 %.

2.148, б суретте жүкпоршендік манометрлер қағидатына негізделген, манометрлерді тексеруге арналған қондырғы құрылымы ұсынылған. Ол өлшеу колонкасы 3 бекітілетін корпуста 5 тұрады. Ішкі қуысы құйғыш 8 және иелі клапан 9 арқылы маймен толтырылады. Мұнда сорғының бұрандасы 6 корпуста 5 бұралып шығарылады және құйғыштан 8 майды сорады. Корпустағы канал 5 бақылау және тексеру манометрлерін орнату үшін қызмет ететін штуцерлермен 4 және 7 жалғанады. Дәл сол каналмен ішінде поршені 2 және жүкті орнатуға арналған тарелкасы 1 бар өлшеу колонкасы 3 жалғанған. Ашық бұрандаларда B_1 және B_2 үлгілік жүкпен тиелген поршень 2 әрекет ететін сұйықтық қысымы тексерілетін манометрге М беріледі. Сұйықтықтың бұл қысымын манометрдің көрсетімдерімен салыстыра отырып, оның қате жіберушілігін анықтайды.

Электрлік манометрлер және вакуумметрлер. Жартылай өткізгіштік техниканың және микроэлектрониканың дамуы қысымды шамалардың кең диапазонында өлшеудің неғұрлым жетілген құралдарын дайындауға және жасауға мүмкіндік береді. Бұл топтың аспаптарының әрекеті кейбір материалдардың өз электрлік параметрлерін қысымның әсерінен өзгерту қасиетіне негізделген.

Пьезоэлектрлік манометрлерді $8 \cdot 10^3$ ГПа дейін сезгіш элементке жол берілетін жүктемесі бар механизмдегі жоғары жиілікпен жүріп тұратын қысымды өлшеу барысында пайдаланады. Пьезоэлектрлік манометрдегі механикалық кернеулерді электр тогының тербелістеріне түрлендіретін сезгіш элементтер кварцтан, барий титанатынан немесе ЦТС типті керамикадан (цирконат-тита- нат свинца) жасалған қалыңдығы бірнеше миллиметрлік, цилиндр немесе тікбұрыш формалы пластиналар болып табылады.



2.149 сурет. Пьезоэлектрлік манометр түрлендіргішінің құрылымы:
 1 — қақпақ; 2, 4 және 5 — металл төсемелер; 3 — өткізгіш; 6 — штуцер; 7 — мембрана; 8 және 9 — пьезоэлементтер; 10 — шар

Пьезоэлектрлік манометр түрлендіргішінің құрылымы 2.149 суретте көрсетілген. Мембрана арқылы өлшенетін қысым 7 металл төсеменен 4 жанасатын олардың ішкі қырларына бір аттас зарядтар туындайтындай күйде орналастырылған пьезоэлементтерге 8 және 9 әсер етеді. Пластиналардың ішкі қырларынан потенциал төсемеге жалғастырылған оқшауланған өткізгішпен 3 алынады, ал пьезоэлементтердің сыртқы қырларынан — корпус және металл төсемелер 2 және 5, мембрана 7, шар 10, қақпақ 1 арқылы алынады. Мембрананы 7 қысып тұратын штуцер 6 сезгіш элементті өлшеу объектісіне жалғастыру үшін қызмет етеді.

Электр зарядының шамасы қысымға тіке пропорционал болады:

$$q = kpS,$$

мұнда q — заряд, Кл; k — пьезоэлектрлік үнемі, Кл/Н; p — қысым, Па; S — пластиналардың бетінің алаңы, м².

Зарядты өлшеу электронды сұлбамен орындалады.

Тензометрлік манометрлер кіші габариттік өлшемдерге, қарапайым құрылғыға, жоғары дәлдікке және жұмыстағы сенімділікке ие. Көрсетімдердің жоғарғы шегі 0,1...40 МПа, дәлдік класы 0,6; 1 және 1,5. Күрделі өндірістік жағдайларда пайдаланылады.

Тензометриялық манометрлердегі сезгіш элемент ретінде әрекет ету принципі деформацияның әсерінен кедергінің өзгеруіне негізделген.

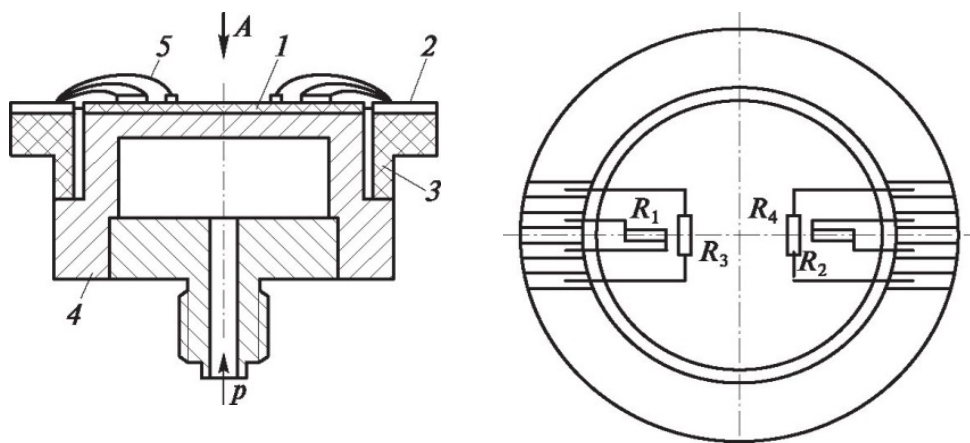
Тензометриялық манометрдің құрылымы 2.150 суретте келтірілген. Манометрдің жоғарғы бөлікте серіпелі мембрананы, ал төменгі бөлікте – өлшенетін қысымды p келтіруге арналған штуцер түзетін цилиндрлік корпусы 4 бар. Мембранаға дөңгелек сапфир пластина 1 дәнекерленген, оның бетіне монокристаллды кремнийден жасалған жұқа пленкалы жартылай өткізгішті тензорезисторлар $R_1... R_4$ салынған.

Тензорезисторлар оларға дәнекерленген шығу сымдарының 5 көмегімен диэлектриктен 3 жасалған сақинада бекітілген жиналмалы пластинкалармен 2 жалғастырылған.

Манометрдегі қысым теңдестірілмеген белдік сұлбасымен өлшенеді, олардың иіндері тензорезисторлар $R_1... R_4$ болып табылады.

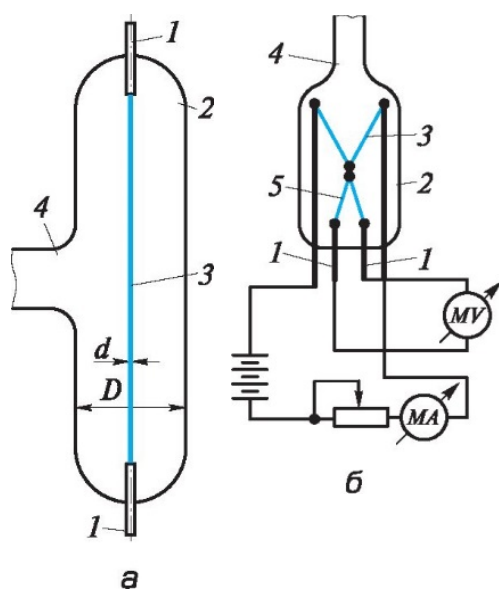
Сапфир пластинкасы 1 және тензорезисторлары бар мембрананың деформациялануы нәтижесінде күшейткіштің көмегімен өлшенетін қысымға пропорционал шығу сигналына түрленеді.

Жылу вакуумметрлерінің әрекет ету принципі (2.151 сурет) газ ортасының жылу өткізгіштігінің оның сейілту дәрежесінен тәуелділігіне негізделген. Екі сұлбада да сегіш элемент вакуумдық баллонда 2 орналастырылған платин жіп 3 ортаның сейілтуін ұлғайту барысында оның жылуөткізгіштігі төмендейтін болады, демек, ысытылған платин жіп вакуумдық баллонының 2 қабырғаларына жылуды шамалы беретін болады, нәтижесінде



2.150 сурет. Тензометриялық манометр құрылымы:

1 — сапфир пластина; 2 — құрама пластиналар; 3 — диэлектриктен жасалған сақина; 4 — корпус; 5 — шығару сымдары



2.151 сурет. Жылу вакуумметрлері:
а — кедергі; *б* —
 термобулық; 1 — электр кіргізу
 нүктелері; 2 — вакуумдық баллон;
 3 — платин жіп; 4 —
 жалғастырушы түтікше; 5 —
 термобу

оның температурасы өсе беретін болады. Жіптің температурасын өлшей отырып, вакуумның болуы туралы айтуға болады. Жіпті ысыту температурасы сәуле шығару есебінен жылу берілуді болдырмау үшін $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ шамасында болуы тиіс.

Термобулық жылулық вакуумметрде температураны хром-никельден және жұқа сымнан жасалған ілмектің көмегімен жіппен жалғасқан термобумен өлшейді. Жіптің температурасы электр кіргізу нүктелері арқылы қосылатын милливольтметрмен өлшенеді.

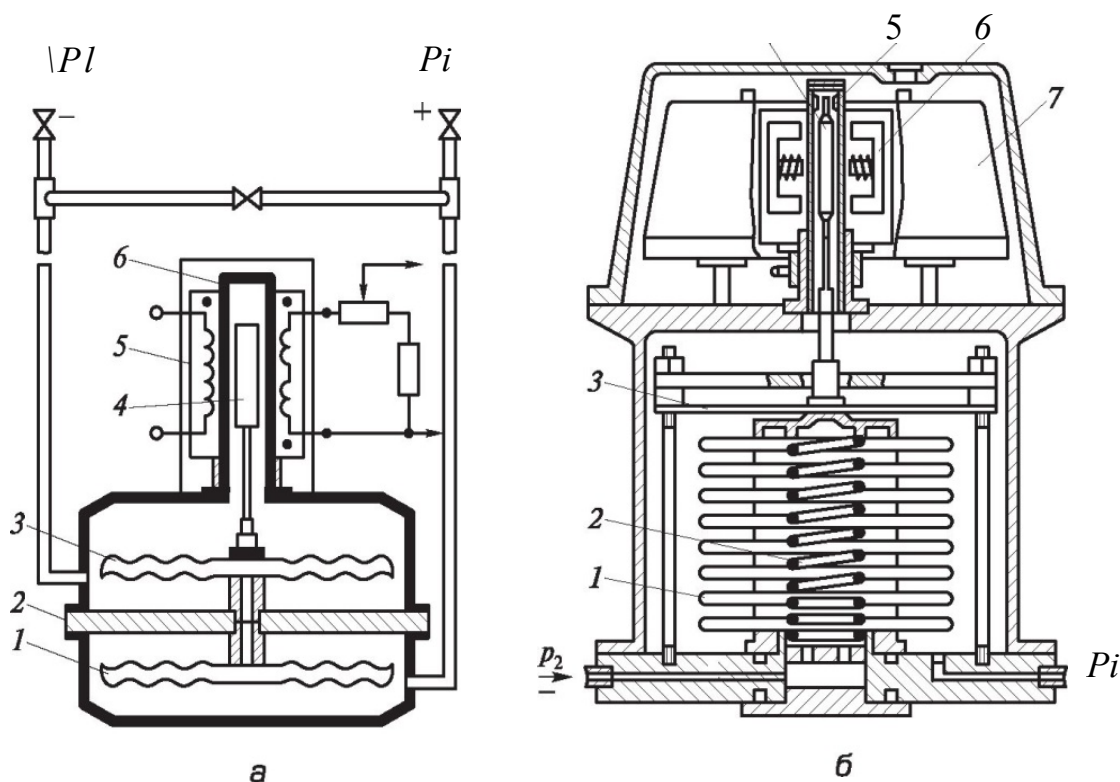
Жылу вакуумметрлерін аса кіші қысым шамаларын (вакуумды) өлшеу үшін пайдаланады.

Дифференциалды манометрлер. Сұйықтықтар мен газдардың қысым айырмасын өлшеу үшін пайдаланады. Олар газдардың және сұйықтықтардың шығынын, сұйықтық деңгейін өлшеу үшін, сондай-ақ кіші артық және вакуумметриялық қысымдарды өлшеу үшін пайдаланылады.

Соңғы кездері өнеркәсіпте барынша кең таралғаны мембраналық және сифондық дифференциалды манометрлер.

Мембраналық дифференциалды манометрлер агрессивті емес орталарды өлшеу үшін арналған және өлшенетін шаманы үнемі тоқтың $0...5\text{ мА}$, өзара индукцияның ауыспалы тогының 0.10 мГн аналогтық сингналына немесе қысымы 20.100 кПа пневматикалық сигналға бірегейлендірілген алғашқы өлшеу аспаптары болып табылады.

Дифференциалды-трансформаторлық түрлендіргіші бар ДМ типті мембраналық дифференциалдық манометр сұлбасы 2.152, *а* суретте ұсынылған. Бұл манометрдің сезгіш элементі корпуста 2 бекітілген екі мембраналық қорапшадан 1 және 2 тұратын мембраналық блок болып табылады. Мембраналық қорапшалар магниттік емес хромникель қорытпасынан орындалған қатпарланған мембраналардан дайындалған. Қорапшалардың ішкі қуыстары тазартылған сумен толтырылған және өтпелердегі саңылау арқылы өзара хабарланады. Жоғарғы мембрананың центрімен дифференциалдық-трансформаторлық түрлендіргіштің 5 өзекшесі 4 байланысқан. Өзекше 4 магнит емес болаттан жасалған бөлуші құбырдың 6 ішінде орын ауыстырады. Қысымдар p_1 және p_2 дифференциалды манометр коллоннасына ілмек бұрандалар арқылы құбырлармен жүргізіледі және де қысым p_1 қысымнан p_2 үлкен. Өлшенетін қысымдар айырмасының әсерімен ($p_1 - p_2$) төменгі мембраналық қорапша 1 қысылады және сұйықтық одан жоғарғы мембраналық қорапша 3



2.152 сурет. Дифференциалды манометрлер:

а — мембраналық типті ДМ: 1 және 3 — мембраналық қорапшалар; 2 — корпус; 4 — өзекше; 5 — түрлендіргіш; 6 — бәсеңдетуші түтік;
б — сифондық: 1 — сиффон; 2 — серіппе; 3 — серіппелік аспа; 4 — магниттік өзекше; 5 — бөлуші түтікше; 6 — түрлендіргіш;

2.8.3. Газдар және сұйықтықтардың мөлшері мен шығымын бақылау және өлшеудің әдістері мен тәсілдері

Мембраналық блогына жалғанған қысым айырмасының күші мембраналық қорапшалардың серпінді күштерімен теңдестірілмейінше, жоғарғы мембрананың, сонымен бірге түрлендігіш өзекшесінің 4 центрінің орын ауыстыруын туындата отырып, шығу сигналының өлшенетін қысым айырмасына өзгеруіне алып келеді.

ДМ типті дифференциалды манометрлерді шекті қысым айырмаларына 1,6...630 кПа шығарады.

2.152, бсуретте магнитті түрлендіргіші бар сифондық дифференциалды манометр көрсетілген. Дифференциалды манометрдің өлшеу блогы серіппеден 2 құрамдастырылған сифоннан тұрады, оның қаттылығы өлшенетін қысым айырмасының диапазонын анықтайды. Сифон 1 магнитті өзекше 4 байланысқан жазық серіппелі шылбырмен 3 қатаң жалғанған. Магниттік өзекше 4 магниттік компенсациясы бар түрлендіргіш 6 орнатылған, магнит емес болаттан жасалған бөлуші құбырдың 5 ішінде болады. Түрлендіргіштің қасында 6 транзисторлық күшейткіш орналастырылған 7. Дифференциалды манометр камераларына қысымдарды p_1 және p_2 жеткізіп салу импульстік түтікшелер арқылы жүргізіледі. Қысымдардың айырмасының $(p_1 - p_2)$ әсерінен сифон 1, оның түбінің орын ауыстыруын туғыза отырып, сығылады. Бұл ретте шығу сигналы қосымша күшейтілетін және бірегейлендірілген сигнал 0.5 мА түрінде екінші қайталама аспапқа түсетін магниттік күшейткішке әсер ететін түрлендіргіштің 6 магниттік өзекшесіне 4 орын ауыстырады.

Сифондық дифференциалды манометрлерді шекті қысым

Белгілі бір уақыт аралығында құбыр желісінің көлденең қимасынан өтуші заттың санын анықтайтын өлшеулердің тәсілі сандарды есептеуші деп аталады.

Уақыт бірлігінде құбыр желісінің көлденең қимасынан өтуші заттың санын анықтайтын өлшеулердің тәсілдері шығын өлшегіші деп аталады.

Барлық қондырғыларды есептеуіш пен шығын өлшеуіштермен берілген көлем және массаларын өлшеу үшін жіктеуден басқа осы қондырғылардың әрекет ету принципінің негізінде жатқан физикалық заңдар бойынша өлшеу әдістерінің жіктемесі бар.

Келесідей өлшеу әдістері бар:

- 1) көлемдік;
- 2) қысымның ауыспалы және тұрақты түсіп кетуі (дросселдеуші қондырғы мен ағып төгілудің шығын өлшегіші);
- 3) жылдам арыны (тегеурінді құбырлар);
- 4) ауыспалы деңгейі (жарықты шығын өлшегіші);

5) жылулық, ультрадыбыстық, электромагниттік, тахометриялық, инерциалдық, оптикалық, маркерлік және т.б.

2.153-суретте газдар және сұйықтықтардың мөлшері мен шығымын бақылау және өлшеудің әдістерімен тәсілдерінің жіктелуі келтірілген.

Көлемдік әдісті қолдану кезінде қайтарымды сорғылар қолданылады: тістегерішті (2.154а-сурет), қалақты (2.154б-сурет) және т.б. Сорғыға қысымның түсіп кетуі берілгенде әрбір айналым сайын сұйықтың бөлігін бере отырып ротор айнала бастайды. Шығынның өлшенуі уақыт бірлігінде өтетін сұйықтықтар бөлігінің санын анықтауға, яғни сорғы роторының айналу жиілігін өзгертуге әкеп соғады.

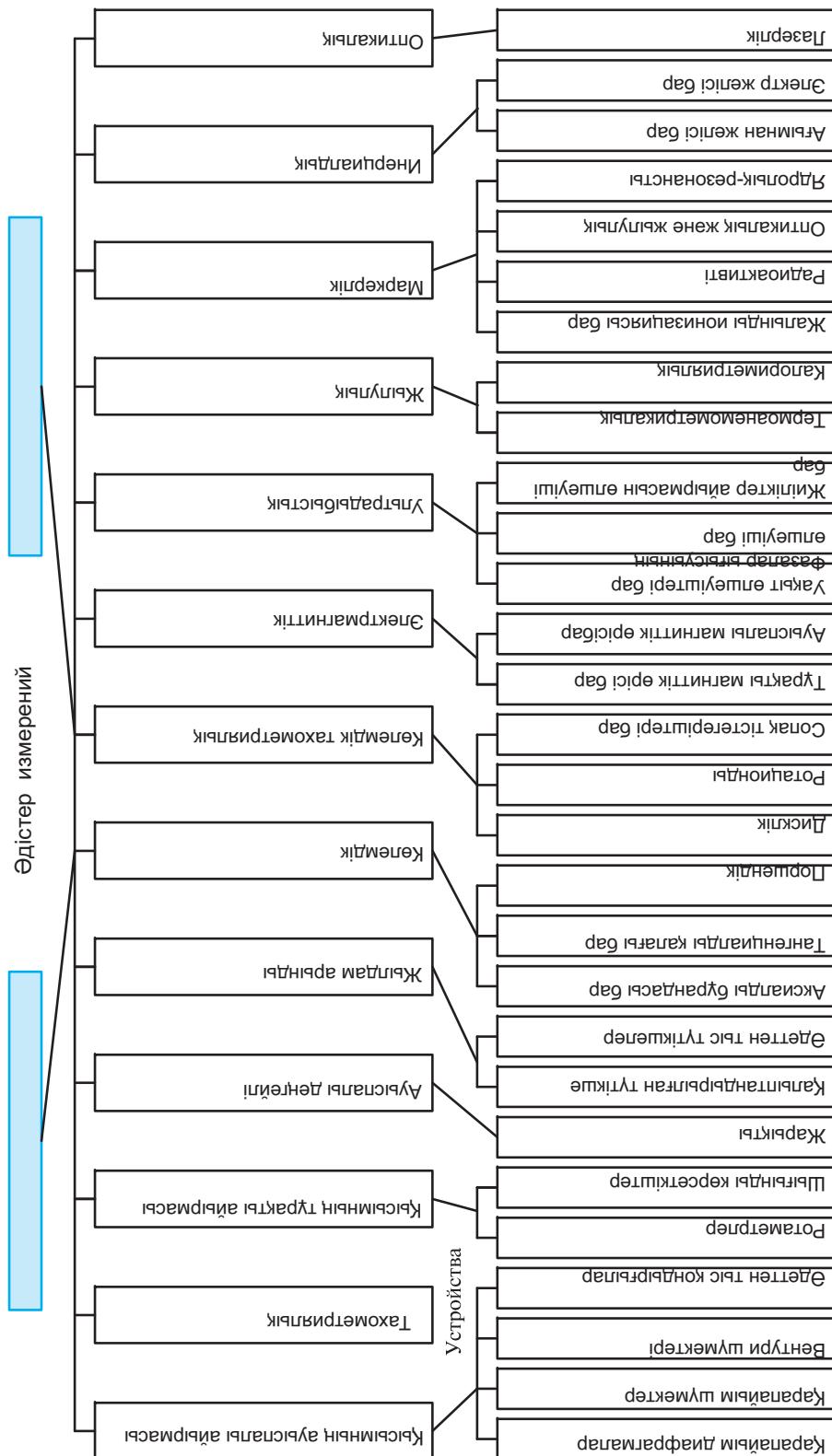
Осы әдіс бойынша сұйықтың тұтқырлығы құралдың көрсеткіштеріне әсер етпейді, бұл көлемдік өлшеу әдісінің артықшылығы болып табылады. Алайда сұйықтықтың температурасының өзгеруі өлшеу дәлдігіне едәуір әсер етеді.

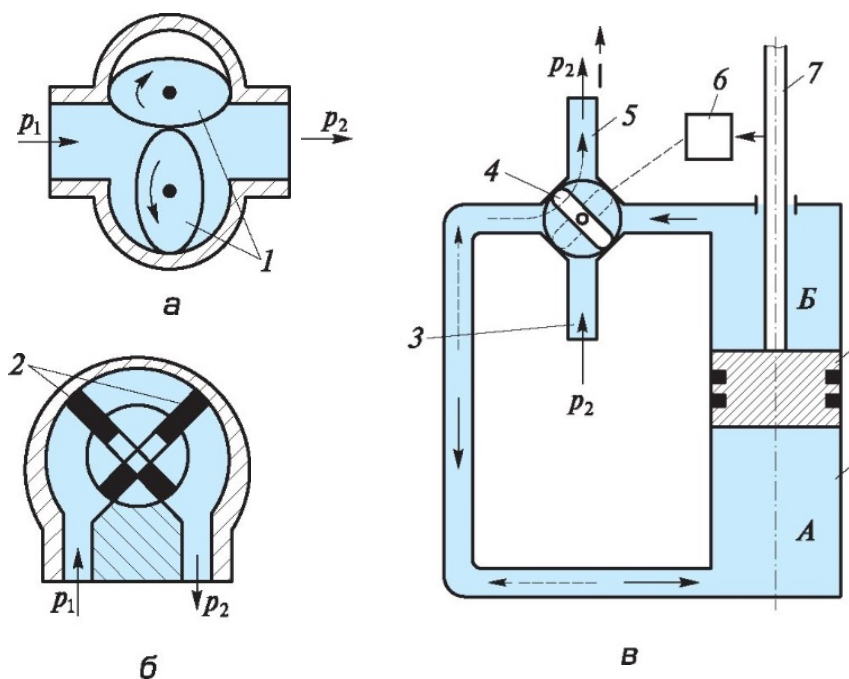
Сұйықтықтың санын көлемдік есептеуіштің басқа түріне әрекет ету принципі 2.154в-суретте келтірілген бір поршендік сорғыны атауға болады. Сұйықтық кіру жалғама құбырымен 3 бөлуші төрт қозғалысты кран 4 арқылы поршеннің астына 8 А камерасына бағытталады. Б камерасында орналасқан зат поршенмен 8 ығыстырылады және төрт қозғалысты кран 4 арқылы тұтынушыға жалғама құбырмен 5 беріледі. Поршеннің сояуышына 7 арнайы ауыстырып қосу механизмімен 6 байланысқан төрт қозғалысты кранның 4 жоғары орнына поршеннің 8 жақындауы кезінде пунктирмен көрсетілген орынға қозғалады. Енді сұйықтық Б камерасына келіп түседі, ал А камерасынан кран арқылы ығыстырылады. Циклдер көп рет қайталанады.

Есептеуіш арқылы өткен сұйықтықтың саны поршеннің сояуышымен 7 іске келтірілетін есептеуші механизммен анықталады.

Қысымның ауыспалы түсіп кету әдісі дросселдеуге, яғни құбыр желісі арқылы қозғалатын заттардың ағымын қысуға негізделген.

2.153-сурет. Зат мөлшері мен шығымын өлшеу әдістері және тәсілдерінің жіктелуі





2.154-сурет. Қайтарымды сорғылардың құрылымы:

а — тістегерішті; б — қалақты; в — бір поршендік; 1 — сопақ қалақшалар; 2 — қозғалмалы қалақшалар; 3 — кіру жалғама құбыры; 4 — төрт қозғалысты кран; 5 — жалғама құбыры; 6 — ауыстырып қосу механизмі; 7 — поршень сояуышы; 8 — поршень; 9 — корпус;

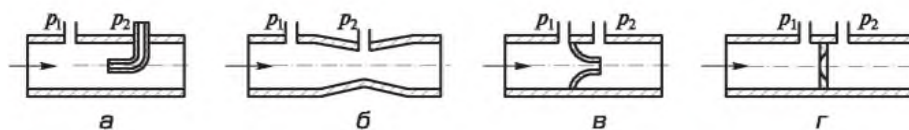
Ағымның қысылуы ағымның орташа жылдамдығының артуына әкеп соғады, демек, оның кинетикалық энергиясының артуына және энергияның сақталу заңына сәйкес потенциалдық энергиясының кемуіне. Сәйкесінше қысу орнындағы статикалық қысым азаяды және қысуға дейінгі және қысылған қимадағы ағым қысымының айырмасы пайда болады. Шығынды есептеу сұйықтық немесе газ ағымының жылдамдығымен байланысты айырманы өлшеуге әкеледі. Ағымның жылдамдығына пропорционалды қысымның ауыспалы айырмасының түзілуі үшін тегеурінді түтікшені, Вентури түтікшелерін, шүмек және диафрагманы пайдаланады.

Тегеурінді түтікше (2.155а-сурет) ағымға қарсы құбыр желісіне орнатылады, нәтижесінде түтікшеден шығардағы қысым статикалық қысым мен жылдам арыннан құралады.

Сұйықтықтың сығылмауы жағдайында тегеурінді түтікше үшін мынадай тәуелділіктерді алуға болады: көлемдік шығынның

$$V = S\sqrt{2(p_2 - p_1)/\rho};$$

Жаппай шығынның



2.155-сурет. Қысымның ауыспалы айырмасы әдісіндегі шығын өлшегіштердің құрылымы:

а — тегеурінді түтікше; б —Вентури түтікшесі; в — шүмек; г — диафрагма

$$q = S\sqrt{2(\rho_2 - \rho_1)\rho},$$

мұндағы;— жылдамдық жоқ жағдайындағы қысым; ρ — сұйықтың тығыздығы.

Вентури түтікшесі (2.155б-сурет) өзара жіңішке бөліктермен байланысқан екі конустық түтікшелерден тұрады. Кең бөліктердің диаметрі сұйықтық ағып өтуші немесе газ қозғалушы құбыр желісінің диаметріне тең.

Шүмек (2.155в-сурет) дросселдеуші элемент ретінде ауа мен газдардың шығындарын өлшеуде қолданылады. Шүмектердің параметрлері стандартталған.

Диафрагма (2.155г-сурет) құбыр желісіне шоғырланған саңылауы бар жұқа доңғалақ диск тәрізді болып келеді. Сұйықтың кіру жағынан саңылауда өткір ернеуі бар, әрі қарай – 45° бұрыштағы конус.

Сығылмайтын сұйықтың көлемдік және жаппай шығындарының дросселдеуші қондырғылары (Вентури түтікшелері, шүмек, диафрагма) үшін қысым айырмасына тәуелділігі келесі өрнектеумен анықталады:

$$V = (\lambda S / \rho)\sqrt{2\rho(\rho_2 - \rho_1)};$$

$$q = (\lambda g S)\sqrt{2\rho(\rho_2 - \rho_1)},$$

мұндағы λ — сұйықтың тұтқырлығына, дросселдің түрі мен өлшеміне, ағым сипаты және т.б. тәуелді шығындардың коэффициенті; g — ауырлық күшінің жылдамдатылуы.

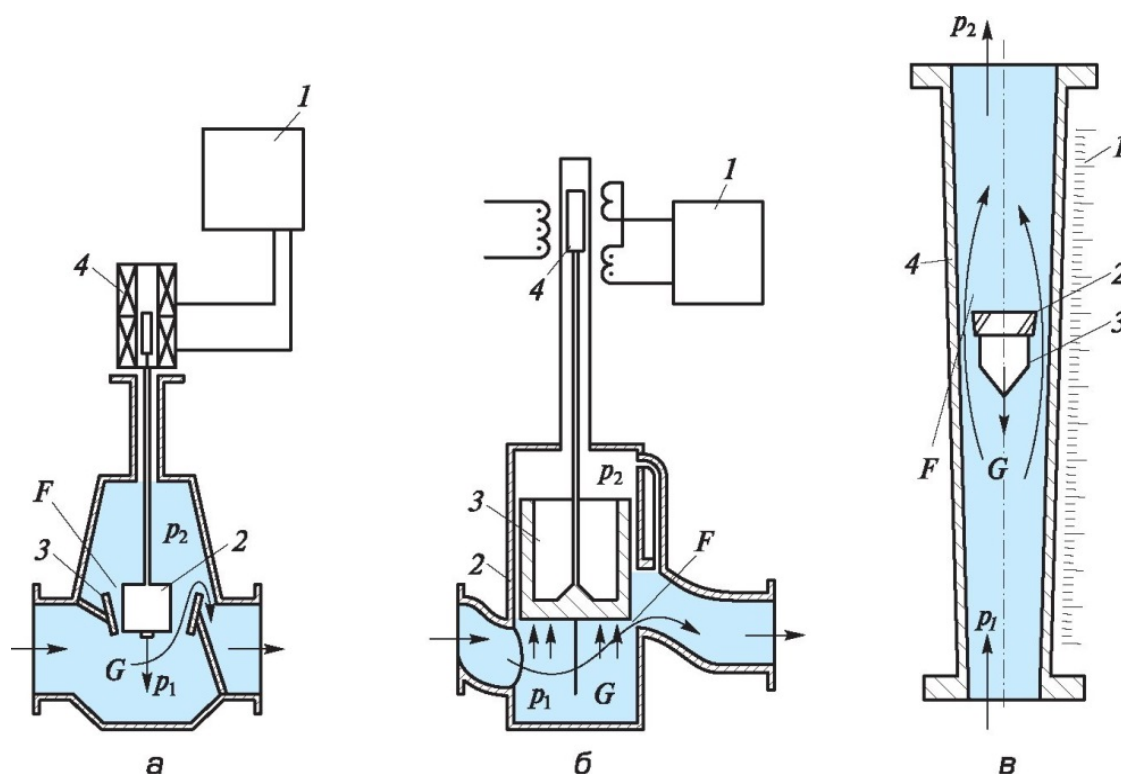
Егер сұйық пен газ сығылатын жағдайда, көп кездесуші жағдайда, онда λ коэффициенті (ρ_1/ρ_2) қысымдардың қатынасына да тәуелді болып келеді.

Қысымның тұрақты айырма әдісін іске асыруда бағаланушы ағымның жылдамдығы тұрақты. Қысымның айырымы ортаның сығылған қимасынан өтуі кезінде пайда болады, осы орайда өтпелі қиманың ауданы шығынның өзгерісіне қарай өзгеріп отырады.

Сығу орнында туындайтын қысымның тұрақт айырымы ағымда өз орнын өзгертуші қозғалмалы сезімтал элементпен түзіледі және негізгі түрде осы элементтің массасымен анықталады. Шығынды өлшеудің шектері 0,00025-тен 10000 м³/сағ-қа дейін.

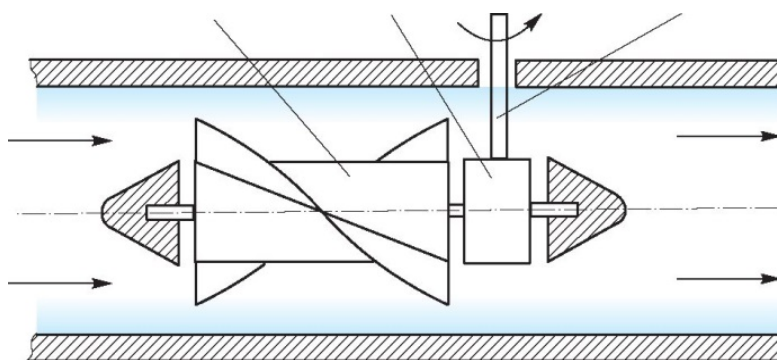
Тәжірибеде қысымның тұрақты айырымының үш түрлі шығын өлшегіштері пайдаланылады: тербелмелі, поршендік және ротаметрлік.

Ең қарапайымы — тербелмелі шығын өлшегіш (2.156а-сурет), оның сезімтал элементі конустық ауыттың 3 қатысында тік бағыттағы ағымда еркін қозғалушы қалтқы 2 түрінде жасалады. Қалтқының 2 көтерілуі көлденең қиманың F ауданын арттырады, соған сәйкес ағып өтуші заттың саны да ұлғаяды.



2.156-сурет. Қысымның ауыспалы айырмасы әдісіндегі шығын өлшегіштердің құрылымы:

а — тербелмелі: 1 — тіркеуші құрал; 2 — қалтқы; 3 — конустық ауыт; 4 — түрлендіргіш; б — поршендік: 1 — тіркеуші құрал; 2 — корпус; 3 — поршень; 4 — түрлендіргіш; в — ротаметрлік: 1 — шкала; 2 — бұрандалы кесік; 3 — қалтқы; 4 — конустық түтікше



2.157-сурет. Турбиналық типтегі шығын өлшегіштің қағидалық сызбасы:

1 — айналма; 2 — бұрамдықты беріліс; 3 — өлшегіш құралға арналған білікше

Қалтқының 2 көтерілу биіктігі оған қарама-қарсы әрекет етуші тепе-теңдіктің моментімен анықталады: қалтқының ауырлық күштері мен қозғалушы ағымның өзімен анықталатын күштер. Көтерменің биіктігі түрлендіргішпен 4 тіркеледі және тіркеуші құралға 1 беріледі.

Поршендік шығын өлшегіште (2.156б-сурет) ағым корпуста 2 орнатылған поршеннің 3 астындағы қысыммен p_1 еркін кіреді, оны көтереді және поршенмен 3 шектелген тікбұрышты саңылау F арқылы кетеді. Ағымдағы поршеннің 3 тепе-теңдік күйі қалтқының тепе-теңдік жағдайына ұқсас. Поршень 3 көтерілуді түрлендіргіш және тіркеу жүйесімен қатаң байланысқан.

Осы типтегі шығын өлшегіштер 1,6 МПа артық емес қысым мен $+100^{\circ}\text{C}$ температураға дейін сұйықтықтардың тұтқырлығын (60...85 сСт) өлшеуге мүмкіндік береді. Өлшеулердің шегі - 2,5 % аспайтын ауытқуда $0,5.4,0 \text{ м}^3/\text{сағ}$ құрайды.

Ротаметр (2.156в-сурет) қысымның тұрақты айырымының кең таралған құралы болып табылады. Ол ішінде өлшеу шегіне байланысты әртүрлі материалдардан (болат, фторопласт, дюралюминий және т.с.с.) жасалатын қалтқының еркін қозғалуы орын алатын ұзын тік орналасқан және жоғары қарай кеңейетін конустық түтікшеден 4 тұрады. Ағым ішіндегі қалтқы күйін центрлеуге қалтқы құрсауындағы арнайы бұрандалы кесікті 2 қолдану арқылы қол жеткізіледі.

Түтікшенің ішіндегі қалтқының күйі шығынмен байланысты және корпусқа (шыны ротаметр) бекітіліген шкала 1 бойынша тікелей анықталуы мүмкін, немесе түрлендіргіш арқылы тіркеуші құралға беріледі.

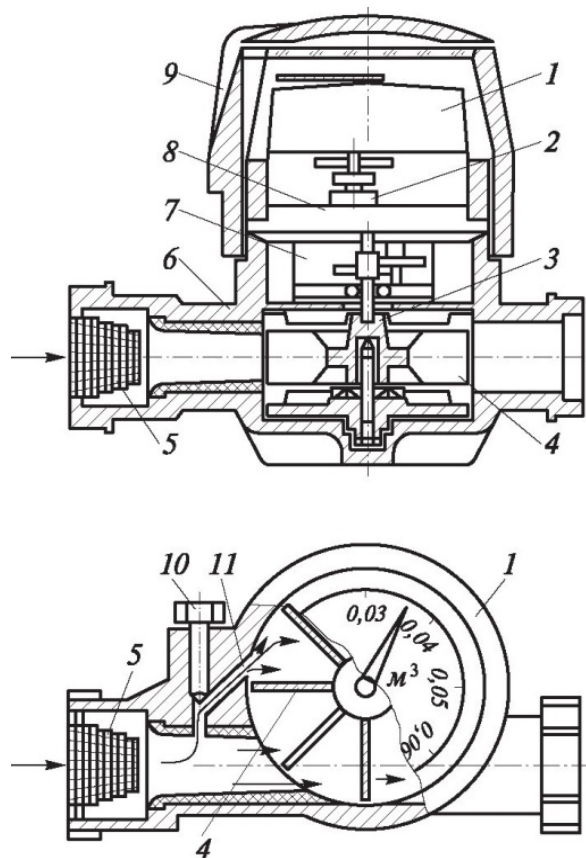
Ауа бойынша мұндай ротаметрлерге өлшеу шегі — $40 \text{ м}^3/\text{сағ}$ дейін, су бойынша — $3 \text{ м}^3/\text{сағ}$ дейін, аса көп $0,6 \text{ МПа}$ дейінгі артық қысым жағдайында.

Жылдамдықты арын әдісі – сұйықтық мөлшерлерінің жылдамдықты есептеуіштері белгілі бір уақыт аралығында айналу элементтің ағымында орналасқан айналымдар санын жалпылауға негізделген.

Айналушы элеменет қозғалысқа ағымның өзіндік кинетикалық энергиясы есебінен келтіріледі. Айналу жылдамдығы ағып өтуші сұйықтықтың орташа жылдамдығына, демек, шығынына да пропорционалды.

Сезімтал элементтің құрылымдық орындалуы бойынша бұл есептеуіштер аксиалды және тангенциалды болып жіктеледі. Біріншілерін әдетте турбиналық, ал екіншісін – қалақты есептеуіштер деп атайды.

Аксиалды жұмыс органы көлденең, ал тангенциалды – тік орналасады. Мұндай құралдар сұйықтың шығын мөлшерін 3-тен $13\,000 \text{ м}^3/\text{сағ}$ дейін өлшеуге мүмкіндік береді.



2.158-сурет. Қалтқылы типтес шығын өлшегіштің қағидалық сызбасы:

- 1) — есептеуіш механизм; 2 — муфта; 3 — магниттік муфта; 4 — қалтқы; 5 — сүзгі; 6 — корпус; 7 — редуктор; 8 — қалқа; 9 — қаптама; 10 және 11 — реттеуіштер

Жылдамдықты (турбиналық) шығын өлшегіш (2.157-сурет) көпқозғалысты (4...6) қапсырмалы бұранда тәрізді турбинкадан (айналма) 1, ағымдағы турбинканың айналу жылдамдығын өлшеуіш құрал немесе түрлендіргішке беруші бұрамдықты берілістен 2 және білікшеден 3 тұрады.

2.158-суретте салыстырмалы көп емес шығындарда (0,15.12,6 м³/сағ), 1,0 МПа дейінгі қысымда және өлшенуші сұйықтың температурасы 90 °С дейін кездердегі көлденең құбыр желілеріндегі сұйықтың жалпы мөлшерін өлшеуші бірақпалы қалақты есептеуішінің қағидалық сызбасы келтірілген.

Ол корпустан 6, қайырмалы қақпақ пен гайкадан тұратын қаптамадан 9, жұлдыз тәрізді формаға ие қалақтан 4, магниттік муфта 3 арқылы жалғанатын тік өсінде ақықты нүктелі тіреуі бар редуктордан 7, роликтік және тілше көрсеткіштері бар циферблатқа ие есептеуіш механизмнен 1, қалқадан 8 тұрады. Есептеуіш құралды дәл өлшеуге арналған реттеуіштермен 10 және 11 жабдықталған.

Құбыр желісіндегі сұйықтық сүзгі 5 арқылы қалақтың күрекшелеріне келіп түседі, оны қозғалысқа келтіреді және редуктор 7 мен муфта 2 көмегімен ағып өтуші сұйықтың мөлшері анықталатын көрсеткіштері бойынша есептеуіш механизмге беріледі.

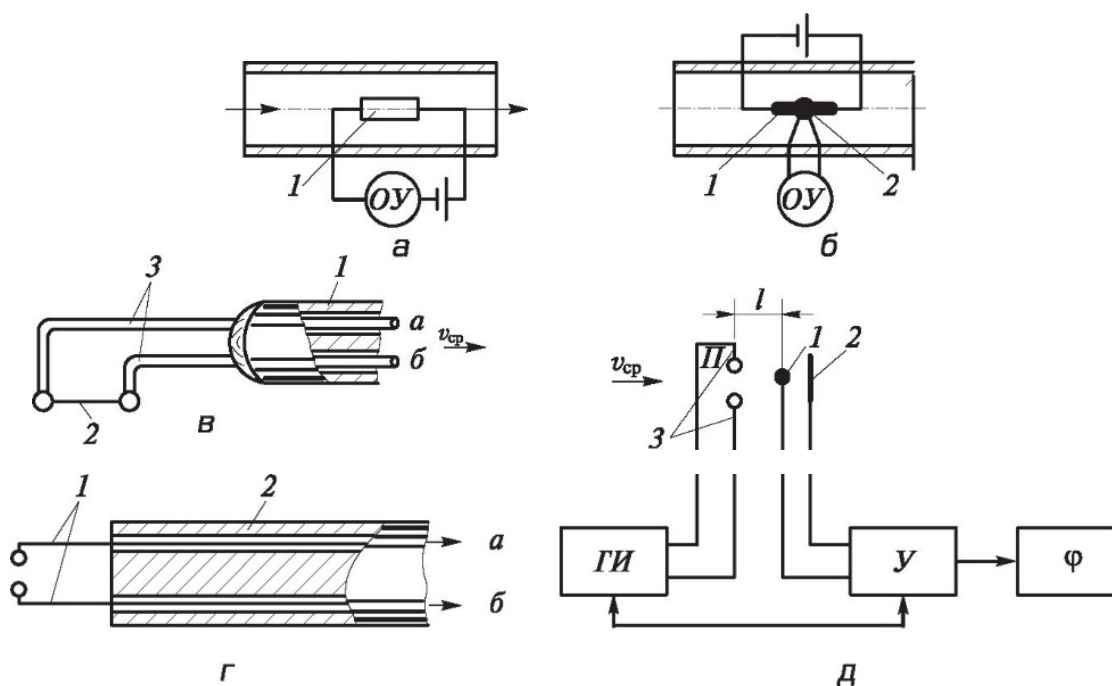
Жылулық әдіс негізінен екі нұсқада іске асады. Егер шығын өлшегіштердің сезімтал элементін қарсылық коэффициенті жоғары материалдан жіңішке жіп 1 тәрізді етіп жасағанда (2.159а-сурет) және жіпті тоқпен қыздырғанда, онда жіптің температурасы, соған сәйкес қарсылық та ағымның жылдамдығына байланысты болады.

Жылдамдықтың (шығынның) өлшемі ретінде тоқ күші немесе жіп қарсылығына қатысты кернеуді түсуі болады.

Егер жіптің қарсылығын 1 температуралық коэффициенті 0 тең материалдан жасағанда және жіпті тоқпен қыздырғанда, ағымның жылдамдығына тәуелді жіптің температурасын термобу 2 арқылы (2.159б-сурет) өлшеуге болады.

Бірінші сызба бойынша термоанемометрлер (2.159в-сурет) жұмыс жасайды, олардың сезімталдық элементі керамикалық түтікшеде 1 бекітілетін өзара тартылған күміс тоқалғыштардан диаметрі 5 мкм және ұзындығы 1-ден 10 мм-ге дейін вольфрам немесе платинадан жасалатын жіп 2 тәрізді болып келеді.

Мұндай қондырғылар 150 м/с дейінгі жылдамдықта шаңданбаған ағымдарда жұмыс жасайды. 10 м/с жылдамдықпен қозғалушы сұйықтардың шығындарын өлшеу үшін қаптамалы сезімтал элементтер қолданылады. Олар қарсылық түрінде өлшеудің көпіршелік жүйесіне қосылатын платинаның жұқа қаптамасы төселген (1 мкм дейін) ұшы бар термиялық шыныдан жасалған жіңішке сына тәрізді болып келеді.



2.159-сурет. Жылулық шығын өлшегіштер:

а — термоқарсылығы бар шығын өлшегіштің сызбасы: 1 — жіп; ОУ — есептеуші қондырғы; б — термобуы бар шығын өлшегіштің сызбасы: 1 — жіп; 2 — термобу; ОУ — есептеуші қондырғы; в — термоанемометр: 1 — керамикалық түтікше; 2 — жіп; 3 — тоқалғыштар; г — газдық қарсылығы бар термоанемометр: 1 — платиналық электродтар; 2 — ұстағыш; д — жалынды ажыратушының сызбасы: 1 — қабылдаушы; 2 — экран; 3 — электродтар; П — түрлендіргіш; ГИ — біркелкі импульстердің генераторы; У — дыбыстық жиілікті күшейткіш; j — жиілік өлшеуші

Үлкен қималар каналындағы (түтіндік, желдету каналдары және т.б.) жанушы газдардың ағымының орташа жылдамдығын өлшеу басқалардан аса жоғары сезімталдығымен ерекшеленетін ($\sim 1 \text{ Вна}$ — жылдамдықтың 1 м/с , басқаларда ол превышает $0,01 \text{ Вна}$ 1 м/с аспайды) газдық қарсылығы бар термоанемометрмен (2.159г-сурет) жүзеге асырылады. Түрлендіргіштің сезімтал элементі ұстағышта 2 бекітілген екі сфералық платиналық электрод 2 тәрізді.

Электродтар арасында басты электр разряды қосылады немесе жалынды ажыратушы арқылы газдық аралықтың ионизациясы жүзеге асады (2.159д-сурет). П түрлендіргіші қозғыштан және қабылдауыштан тұрады. Түрлендіргіштің базасы (I қашықтық) шамамен 200 мм құрайды.

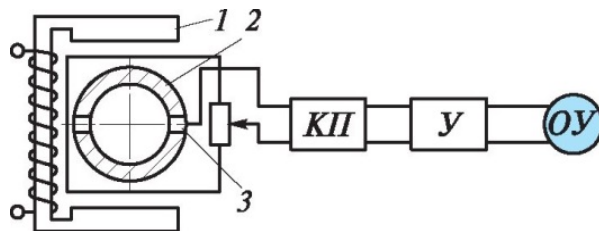
Иондардың қозғалысы қозғалушы ағымның жылдамдығына да байланысты. Сондықтан екі электродтардың 3 арасында туындаған жалынды аралық пен қабылдауыш 1 қозғалушы ортаның бойындағы ағымда орналасады. Қабылдауыш 1 – цилиндрлік экранмен 2 қоршалған, диаметрі 8 мм құрайтын шарик, жалынды ажыратушыны қоректеуші біркелкі импульстардың генераторларын іске қосу тізбегімен жалғанған U дыбыстық жиілікті күшейткіштің жоғары омдық кірісіне қосылған.

Күшейткіштің шығарында жиілік өлшеуші j жалғанған. Ажыратушыны іске қосу командасы жиілігі 1 Гц болатын уақыт релесінен жүзеге асады. Жүйеде тербелістер пайда болған мезетте жіберу тоқтатылады. Ағымның жылдамдығы $v_c - p = j l$ тәуелділігі бар көресткішпен байланысты, мұндағы j — құралдың көрсеткіштер, Гц; l — база, м (қозғалыссыз ағымда қозғыштан қабылдауышқа сигнал өтпейтін арақашықтық). Өлшеуші жылдамдықтардың диапазоны 4...500 м/с.

Шығынды өлшеудің ультрадыбыстық әдісін іске асырғанда сәулелену мен сигналдарды қабылдау уақытының айырмасын, қозғалушы ағымның бағыты бойы және қарама қарсы ультрадыбыстық сәулелердің (15 кГц жоғары жиілікте) өтуі кезіндегі жиіліктер мен фазалардың айырмасын анықтауға әкеп соқтыруға болады.

Ультрадыбыстық шығын өлшегіштер 10 м/с дейін қозғалыс жылдамдығы мен 2 м дейінгі құбыр желілерінің диаметрінде өлшенуші мәннен 0,5% аспайтын ауытқуларды қамтамасыз етеді.

Шығын өлшегіштердің электромагниттік әдісі $-40. + 180^{\circ}\text{C}$ температура кезінде $10^5 \text{ Ом} \cdot \text{см}^{-3}$ аспайтын меншікті электрлік кедергісі бар улы, жанушы және басқа да қауіпті сұйықтарға қолданылады. Магниттік өрісті кесіп өтетін электрөткізгіштік сұйықтың қозғалысы кезіндегі электромагниттік индукция принципіне құрастырылған шығын өлшегіштердің артықшылығына олардың құрылымында қозғалушы ағымға енуші және жылдамдыққа әсер етуші, қысымның жоғалуын жасаушы, сұйықтың тығыздығы мен тұтқырлық көрсеткіштеріне тәуелсіз етуші қандай да бір қозғалмалы немесе қозғалыссыз элементтердің болуы жатады.

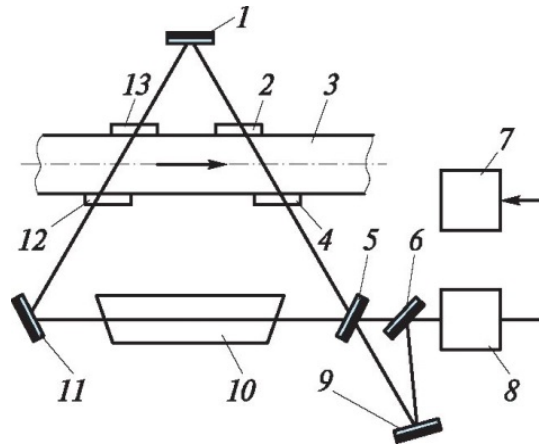


2.160-сурет. Электромагниттік өлшеу әдісінің сызбасы

1 — электромагнит; 2 — құбыр желісі; 3 — алынушы электродтар; КП — катодтыққайталауыш; У — күшейткіш; ОУ — есептеуші қондырғы

2.161-сурет. Шығынды өлшеудің оптикалық әдісінің сызбасы:

1, 5, 6, 9 және 11 — айналар; 2, 4, 12 және 13 — ашық терезелер; 3 — құбыр желісі; 7 — өлшеуші құрал; 8 — фотоқабылдауыш; 10 — лазер



Индукционный штыгын өлшегіштің функционалдык сызбасында (2.160-сурет) қозғалыс ағымындағы ауыспалы магниттік өрісті туралайтын электрмагнит 1, құбыр желісіне 2 орнатылған алынушы электродтар 3, сигналдары берілетін симметриялық катодтық қайталауыш КП, күшейткіш У және әрі қарай есептеуіш құрал ОУ бар.

Электрмагниттік шығын өлшегіштерде электрмагниттік ауыспалы магниттік өрісімен туындайтын ауытқулар пайда болады. Бұл ауытқуларды жою үшін электродтардың 3 біреуін кернеуді төмен омды бөлушіге тұйықтау және потенциометрдің қозғалтқышын сұйықтың нөлдік жылдамдығында құралда сигналды болмайтын етіп таңдау қажет.

Осындай типте шығарылатын шығын өлшегіштер 2,5 МПа дейінгі артық қысымдарға лайықталған және 0,6-дан 1,6-ға дейінгі дәлдік класына ие. Олар құбыр желілерінің диаметрі 3.1 000 мм және 10 м/с аспайтын сұйықтың қозғалыс жылдамдығы кезінде 1 ...25 000 м³/сағ диапазоны аралығында шығын өлшеуді қамтамасыз етеді.

Оптикалық шығын өлшегіштер Доплер эффектісінің негізінде айқын газдар мен сұйықтардың ағымдарын өлшеуіштерді құрастыруға мүмкіндік беретін оптикалық кванттық генераторлар (лазерлер) жасалуына байланысты туындады.

Олардың артықшылықтарына жоғары сезімталдық, аз инерттілік, өлшеудің контактісіз әдісі, ағынды ортаның физикалық қасиеттеріне Өарамастан жылдамдықтарды өлшеудің шексіз диапазоны (лазермен зерттелетін сәулелер диапазонындағы олардың айқындылығына қойылатын талаптардан басқа), ағымның бағытына қатысты инварианттылығы жатады.

Шығынды өлшеудің оптикалық әдісін жүзеге асырушы қондырғының сызбасы 2.161-суретте келтірілген.

Лазер айналармен 1,5 және 11 түзілген тұйық оптикалық жолмен бір-біріне қозғалушы екі қарсы бағытты сәулелерді түрлендіреді.

Ашық терезелері 2, 4, 12 және 13 бар құбыр желісі 3 арқылы кейбір аймақтарда қозғалушы газ немесе сұйықтың ағымы әуестену эффектісінің әсерінен (айқын қозғалыс ортасындағы жарық жылдамдығының өзгеруі) айналарда 6 және 9 жалпыланып, интерференциондық сұлбаны туындатушы сәулелер тербелістерінің әртүрлі жиіліктерін туындатады.

Оның бейнесі сигналы өлшеуіш құралмен 7 тіркелетін фотоқабылдауышқа бағытталады. Бұл сигнал сәуленің ұзындығы бойында бірігетін ағым жылдамдығына пропорционалды және сызықтық сипатқа ие.

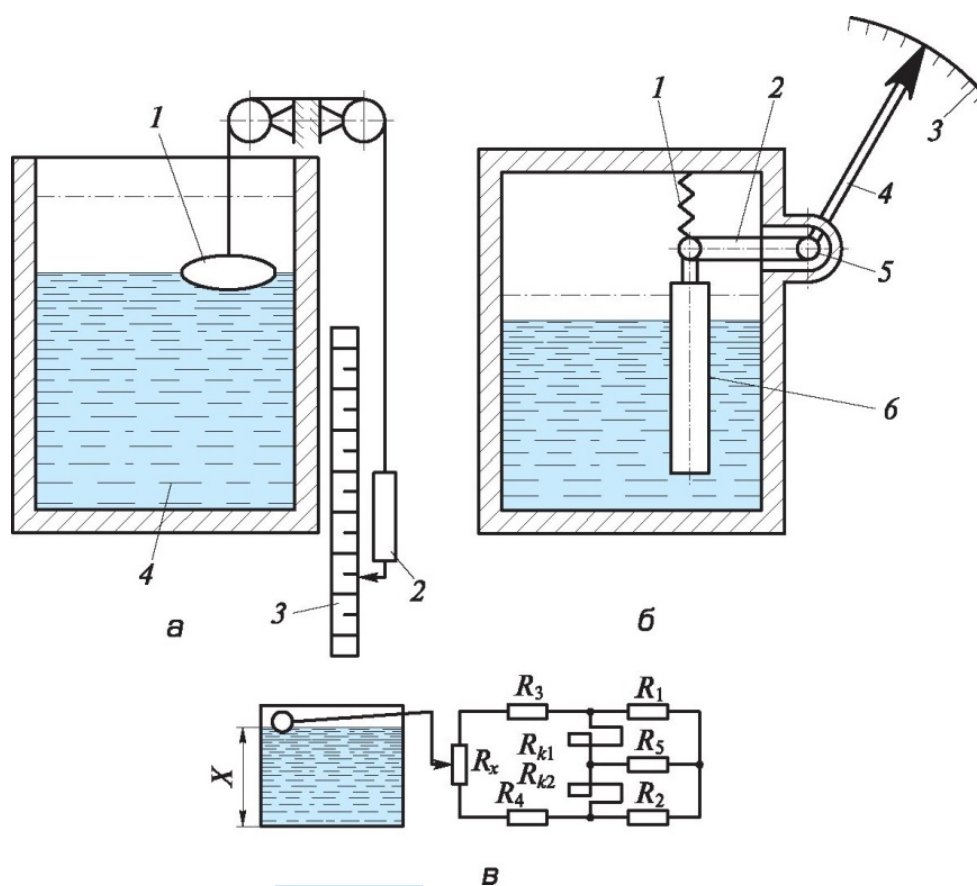
Лазерлік шығын өлшегіштердің ауытқушылығы 0,5 % шамасында болады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

- 1) Қысым дегеніміз не және оның қандай түрлерін білесіздер?
 - 2) Сұйықтық, газ, будың шығыны мен мөлшері қандай өлшеммен анықталады?
 - 3) Қысым өлшемдерін өлшеу әдістері неге негізделген?
 - 4) Өндірісте қысым параметрлерін өлшеудің қандай тәсілдері қолданыс тапты?
 - 5) Қысым өлшеудің деформациялық тәсілдердің қондырғылары мен әрекет ету принциптері қандай?
 - 6) Электрлік манометрлер мен вакуумметрлердің қондырғылары мен әрекет ету принциптері қандай?
 - 7) Дифференциалдық манометрлер дегеніміз не және оның әрекет ету принципі қандай?
 - 8) Сұйықтық пен газ шығындарын өлшеу мен бақылау қандай әдістер және тәсілдермен анықталады?
 - 9) Ротаметр қондырғысы мен әрекет ету принциптері қандай?
 - 10) Сұйықтық мөлшерін жылдамдықты есептеуіш қондырғылары мен әрекет ету принциптері қандай?
- Зертханалық жұмыс: «Заттың қысымы, шығыны және мөлшері параметрлерін өлшеу және бақылау».

Сұйықтың деңгейін өлшеу, бақылау және сигнализациялау техникада аса үлкен мәнге ие, әсіресе үздіксіз берілісі және сұйықтықты іріктеуі бар техникалық жүйелерге қызмет ету кезінде.

Сұйық ортаның деңгейін өлшеу тәсілдерін деңгей өлшеуіштер деп атайды. Олар транспорттық құралдардың – ұшатын қондырғылар, автокөліктер, кемелердің (олар жанармай өлшеуіштер деп аталады) бактарындағы жанармай мөлшерін өлшеуде;



2.162-сурет. Сұйықтың деңгейін өлшеудің тербелмелі әдістері:

а — тербелмелі деңгей өлшеуіштің құрылымы: 1 — қалақша; 2 — теңдестіруші жүк; 3 — шкала; 4 — сұйықтық; б — шөкпелі қалқа-буйы бар деңгей өлшеуіштің құрылымы: 1 — серіппе; 2 — иінтірек; 3 — шкала; 4 — тілше; 5 — өс; 6 — тоқпаұ; в — тербелмелі электрлік деңгей өлшеуіштің сызбасы: X — сұйықтық деңгейі; R_1 — R_4 — көпіршек иықтарының қарсылығы; R_x — түрлендіргіш қарсылығы; R_{k1} және R_{k2} — логотметрдің қарсылығы

жанармай сақтау қоймаларындағы жанармай деңгейін, қазандық агрегатындағы, су арынды жүйелердегі, және т.с.с. судың деңгейін өлшеуде кең қолданысқа ие.

Сұйық деңгейін өлшеудің келесі әдістері кездеседі: тербелмелі, манометрикалық, көлемдік, ультраакустикалық, радиациялық, радиожиілікті және т.б.

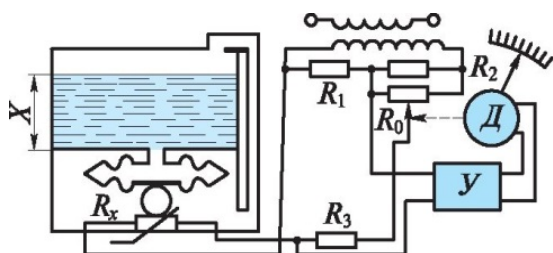
Тербелмелі әдіс — резеруарда атмосфералық қысымда орналасқан сұйықтардың деңгейін бақылау үшін қолданылатын қарапайым деңгей өлшеуіштерге қалтқылы деңгей өлшеуіштер жатады.

2.162а-суретте 4 сұйық бетінде жүзуші қалтқысы представлена бар механикалық деңгей өлшеуіштің құрылымы көрсетілген. Қалтқының және соған сәйкес онымен байланысқан теңдестіруші жүктің 2 шкалаға 3 қатысты орналасуы сұйықтың деңгейін анықтайды.

Кейде сұйықтыққа салынған шөкпелі қалтқы-буйкалар қолданылады (2.162б-сурет). Тоқпақ 6 иінтірек 2 пен серіппеге 1 ілінген.

Сұйықтың деңгейі өзгеру кезінде буйканың шөгу және соған сәйкес буйка массасының әсерінен серіппенің 1 созылыңқы күшінің дәрежесі де өзгереді. Осының арқасында әрбір деңгейге буйканың белгілі орыны сәйкес келеді. Иінтірек 2 арқылы буйканың қозғалысы шкала бойынша 3 сұйықтың деңгейін көрсетуші тілше 4 орнатылған өске беріледі. Сызықтық немесе бұрыштық қозғалысқа түрлендірілген қалтқы немесе буйканың орыны көрсетуші құралға берілуі немесе қашықтықты беріліс үшін электрлік сигналға түрленуі мүмкін.

2.162в-суретте қалтқылы электрлік деңгей өлшеуіштің сызбасы келтірілген. Онда сұйықтың белгілі деңгейі X қалтқының және өлшеуші көпіршенің $R_1...R_4$ түрлендіруші потенциометрі R_x көмегімен қарсылығы R_{k1} және R_{k2} болатын магнитті-электрлік логометрде тіркеледі. Деңгей өлшеуішті түрлендіруші көпіршелі жүйеге екі көршілес көпіршек иықтыра өзгертіндей етіліп іске қосылады.

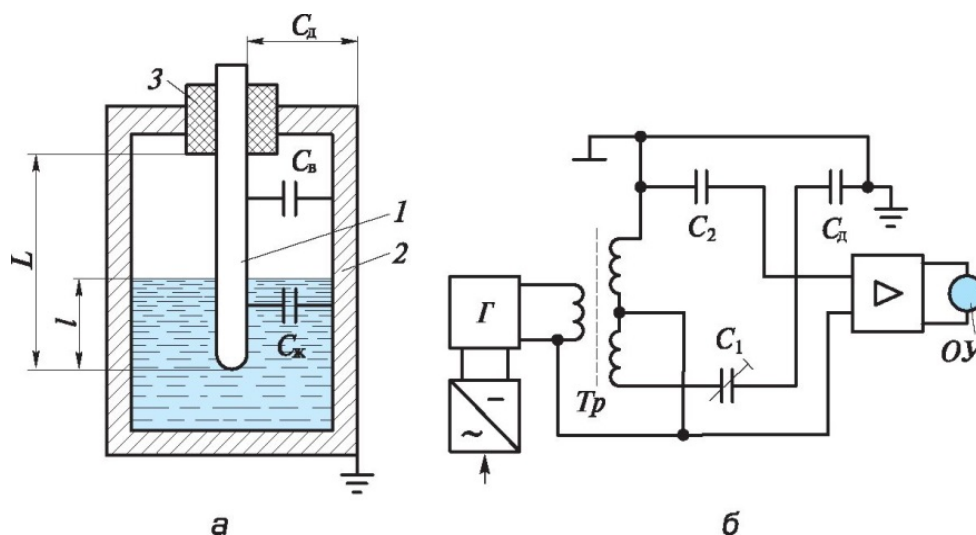


2.163-сурет. Манометрикалық деңгей өлшеуіштің сызбасы: R_0 — R_3 — көпірше иықтарының қарсылығы; Д — қозғалтқыш; У — күшейткіш; R_x — тензорезистор

Деңгей өлшеудің манометрикалық әдісін қолданғанда резервуардағы сұйықтықтың бағаналық қысымы анықталады. Бу генераторларындағы, қазандық-утилизаторларындағы және буландыру суытушы жүйелеріндегі барабандардағы сұйықтықтардың деңгейілерін өлшеуде деңгей бірліктерінде градуирленген мембраналық дифманометрлер кеңінен қолданылады.

Деңгейді өлшеудің көлемдік әдісі сұйықтығы бар резервуарға орнатылған арнайы конденсатордың электрлік көлемі оның деңгейіне байланыстылығына негізделген.

Деңгейлері көлемдік әдіспен өлшенетін сұйықтардың электрлік сипаттамаларына байланысты олар электр өткізгіштік және электр өткізбейтін болып бөлінеді.



2.164-сурет. Электрөткізбеуші сұйықтықтың деңгейін өлшеуге арналған көлемдік түрлендірушінің қондырғысы (а) мен оның электрлік сызбасы (б):

1 — электрод; 2 — түрлендіргіш корпусы; 3 — төлке

2.164а-суретте электр өткізбеуші сұйықтың деңгейін өлшеуге арналған көлемдік түрлендіргішің қондырғысы көрсетілген. Ортаға корпустаң төлкемен 3 бөлінген электрод 1 түсірілген. Екінші электрод ретінде түрлендіргіштің 2 жерлендірілген корпусы болып табылады. Осылайша, түрлендіргіш екі параллель жалғанған конденсаторлардан құралады: деңгейі өлшенетін сұйықтың – диэлектриктің және электрод бөлігімен түзілген конденсатордан $C_{ж}$, және ауа-диэлектрик пен қалған электрод бөлігімен туындаған конденсатордан $C_{в}$.

Электрлік көлемнің өлшенуі C_d трансформатордың екі еселік орамасының индуктивтілігінен, конденсаторлар C_1 , C_2 мен көлемнен C_d тұратын индуктивтік-көлемдік көпіршемен (2.164б-сурет) жүзеге асады. Өлшенуші көпірше жиілігі 100 Гц болатын генератордан Г қоректенеді. Сұйықтың деңгейінің өзгеруімен электродтың тереңдеу деңгейі де өзгереді, бұл көлемнің өзгеруі C_d мен көпірше теңгерімінің бұзылуына әкеп соғады.

Сұйықтық деңгейіне пропорционалды теңгерім бұзылымының сигналы шығарушы кернеуі екіншілік құралмен ВП (потенциометр немесе миллиамперметрмен) өлшенетін күшейткіш кірісіне беріледі.

Өлшеу диапазоны электрод түріне, оның ұзындығына, өлшенуші сұйықтықтың сипаттамасына байланысты болады.

Ультраакустикалық әдіс. Ультраакустикалық деңгей өлшеуіштер улы және жарылғыш қауіпі бар орталарда, сонымен бірге, жоғары температура мен қысым жағдайларында орналасқан орталармен байланысты технологиялық үрдістерде қолданыс табуда.

Осы типтің деңгейін бақылау мен өлшеу әдістерінің әрекеті ультрадыбыстық тербелістердің кез-келген қалыңдықтағы резервуарлардың металдық қабырғалары арқылы өтуіне және орталардың бөліну шекарасынан сәулеленуге негізделген.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

- 1) Машина жасауда сұйықтықты өлшеудің және сигнализациялаудың қандай әдістері мен тәсілдері қолданылады?
- 2) Қалтқылы деңгей өлшеуіштерде қандай кемшіліктер мен артықшылықтар кездеседі?
- 3) Деңгей өлшеудің манометрикалық тәсілдері қондырғылары мен әрекет ету принципі қандай?

Зертханалық жұмыс: «Сұйықтық деңгейін өлшеу және бақылау».

АВТОМАТТАНДЫРУ ӨЛШЕУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ҚҰРАЛДАРЫ

3.1

ҚҰРЫЛЫСЫНЫҢ ЖАЛПЫ ПРИНЦИПТЕРІ

Өндіріс тиімділігін арттыру және өнім сапасын жақсартуды қамтамасыз етуде мәселелерді шешу үшін өлшегіш техникаға үлкен мән беріледі, ол өнім сапасы туралы нақты мәліметтер алумен бірге, тексеру операцияларында еңбек үнемділігін арттыруға және осыған орай кәсіпорындарда тексерушілердің санын қысқыртуға мүмкіндік береді. Машина жасау өнеркәсібінде ең маңызды бағыттың біреуі ол тексерудің қызметі дайын өнімнің жарамды және ақау бөлуші құрал ретінде емес, берілген өлшемде қажетті өлшемді алу мақсатында металкесуші білдектермен автоматты түрде немесе оператор арқылы басқару құрал ретінде пайдалану, ақауды алдына алу немесе болдырмау, және де өңделуге жататын қабаттың және тиісті шегінде дұрыс геометриялық формада ауытқуда жоғарғы сапасын қамтамасыз етуші оптималды өңдеу режимдерін орнату болып табылады. Осындай өлшегіш құралдары белсенді бақылаушы құрал деп аталады.

Белсенді және автоматты бақылаушы құралдарды қолдану машина жасауда технологиялық процестерді тиімді пайдалануға және шығарылатын өнім сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.

3.1.1. Автоматты және автоматтандырылған өлшеу бақылау құралдарды жіктеу.

Автоматтандыру процесінің деңгейіне қарай өлшеу- бақылау құралдары келесілерге бөлінеді:

- автоматтандырылған құралдарда (әдетте бағдаршам түрінде), жүктеу операциясы немесе ,әдетте, бөлшектерді алу операциясы қолмен жасалады, ал өлшеу құралы бақылау нәтижесі туралы хабарлайды;
- жартылай автоматтандырылған жүйелер, бөлшектерді жүктеу операциялары қолмен,ал қалғаны- автоматты түрде орындалады;
- автоматтандырылған жүйелер, толық жұмыс циклы автоматтандырылған;
- өздік реттегіш жүйелер (бейімделген),оларда реттеу және өлшеу циклы автоматтандырылған .

Технологиялық процесіне әсер етуіне қарай, автоматты және автоматтандырылған өлшеу бақылау құралдарын келесілерге бөлуге болады :

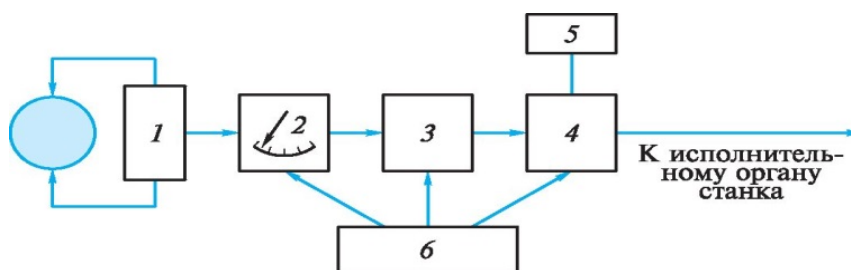
- бақылау нәтижесіне қарай бөлшектерді тек топқа сұрыптауын іске асырушы бейтарап бақылау құралдары;
- бақылаушы шаманың белгілі бір өзгеруінде технологиялық процестің жүрісін автоматты түрде өзгертеді де өндеуде белгілі бір тұрақтылықты қамтамасыз етеді.

Өлшегіш сигналды түрлендіру тәсілі бойынша автоматтандырылған бақылау құралдары механикалық, пневматикалық, индуктивтік және электрлік болып бөлінеді.

автоматты және автоматтандырылған бақылау құрылымдардың көптеген құрылғыларында әрекет ету принципі, өлшегіш импульстің аталған түрлендіру құралдарының әр түрлі қатынасына негізделген.

3.1.2. Белсенді және автоматтандырылған бақылау құралдарында қолданылатын аспаптарды құру

Белсенді бақылау құралдары белгілі өлшемде өңделетін бөлшектің нақты өлшемімен салыстыру үшін қажетті операциялардың жиынтығын орындап және салыстыру нәтижесіне қарай технологиялық процесті басқарады.



3.1.сур. Белсенді бақылау құралдарының сұлбасы :

1 — өлшегіш керек-жарақ ; 2 — өлшеу аспабы ; 3 — құрамдық құрылым; 4 — командалық сигналдардың күшейткіш блогы; 5 — сигнал беру блогы; 6 — қоректендіргіш блогы

Технологиялық жабдықтарға қарамастан жалпы белсенді бақылау құралдарын бірыңғай принципіалды сұлба (3.1сур.) бойынша құрады, олар белгіленген тапсырмаларды орындау үшін тағайындалған жеке тораптан тұрады.

Өлшегіш керек-жарақ 1 қапсырма, призма, тетік құрылымдарға ұқсас қажетті қысқыш механизмдерді біріктіреді, олардың жылжымалы элементтері бақылаудағы өлшемдердің өзгерістерін қабылдап, бір немесе бірнеше өзінің сатыларына ауысуда келесі өлшемдер үшін ыңғайлы етіп түрлендіреді.

Бұл түрлендірулер әдетте қиындық туғызбайды , кейбір жағдайда сезгіштіктің төмендеуімен де жасалады. Өлшегіш керек-жарақтарды бақылау позициясына қысқыш құрылымдарының бөлу және жеткізу механизмдері жатады, және де осы құрылымдардың білдекпен байланыс механизмдері жатады. Бұл механизмдердің негізгі міндеті — білдек түйіндеріне қатысты, кесу, үйкеліс және жылу құбылыстарымен туындаған бақылаудағы бөлшектің кейбір қозғалыстардың бақылау нәтижесіне әсерін максималды төмендету болып табылады.

Шкала көрсеткіштерінде бақылаушы параметрінің жағдайы туралы ақпарат алу үшін, өлшегіш керек-жарақ буынының қозғалысы шкала көрсеткішінің қозғалысына түрленеді, қабылданған өлшем бірлігінде таңбаланған. Шкала көрсеткіші түрінде бақылаушы параметрдің жағдайы туралы ақпарат алу үшін , өлшегіш керек-жарақ буындарының қозғалысы қабылданған өлшем бірлігінде шкала көрсеткішінің қозғалысына түрленеді. Бұл қызметті өлшегіш аспап 2 орындайды.

Ұқсас сигнал түрінде өлшеу туралы ақпаратты дискретті электрлі сигналға түрлендіреді. Бақылаушы өлшемнің белгілі шамасына жетуде

сигнал арқылы технологиялық процестерді автоматты басқару іске асады.

Кейбір жағдайда сенімділік пен нақтылыққа қол жеткізу үшін дискретті бұйрықты өлшегіш ақпарат түрін өзгертпей алады, мысалы, пневматикалық аспаптарда, өлшегіш ақпарат ретінде қысылған ауа қысымы алынады. Арнайы құрылымдар арқылы өлшегіш ақпарат дискретті сигналға түрленеді қысымның тербелісі түрінде, тек осыдан кейін сигнал электрлі дискретті сигнал- бұйрыққа түрленеді.

Дискретті сигнал – бұйрықты алу міндетін командалы құрылым 3 орындайды..

Білдектерде аспаптың бұйрығын білдектің қуатты электр тізбегі коммутациясы арқылы орындайды, ол оның орындаушы органын іске қосады, сондықтан аспаптың электрлі сигнал-бұйрығын күшейтеді, ал сыртқы шығыс электр тізбек коммутациясын электромагниттік реле арқылы іске қосады. Осының барлығы бірге командалық сигналдар 4 күшейткіш блогын тудырады. Бұйрықты орындау туралы ақпаратты сигнал беру блогы 5 орындайды.

Белсенді бақылау құралы бір қоректену көзінен ,кейбір жағдайда екі қорек көзінен тұруы керек (пневматикалық аспаптар). Берілген параметрлерді сақтау үшін арнайы қоректендіру блоктарын 6 қолданады.

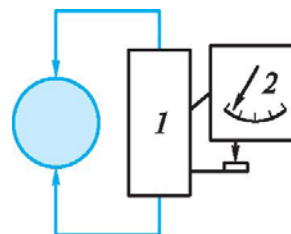
Белсенді бақылау құралдарын құрудағы қаралған сұлба қойылған міндеттерді толығымен шешеді.Бірақ кейбір жағдайларда, мысалы бұйрықтарды қабылдауға және іске асыруға мүмкіндігі жоқ технологиялық жабдықтары бар кіші аумақты өндірісте, осы міндеттемелердің орындалуы қажет емес. Бақылау құралдары жеке түйіндерді болдырмау есебінен жеңілденеді.Жеке өздік түйіндерден белсенді немесе автоматтандырылған бақылау құралдарын құру экономикалық тиімді және ыңғайлы.

Өлшеу аспаптары ретінде белсенді немесе автоматтандырылған бақылау құралдарын кеңінен таралып, механикалық, электр түйіспелі, пневматикалық, индуктивтік және басқа аспаптарды қолданады.

Аспапты таңдау мүмкіндігі белсенді бақылау құралымен шешіледі, және де бөлшектерді өңдеу үшін технологиялық жабдықтарға байланысты. Механикалық аспаппен (рис. 3.2) өлшеу құралы шкала көрсеткіші бойынша өңделген бөлшек өлшемінің жағдайы туралы тек ақпарат беру үшін тағайындалған.

3.2 сур. Механикалық аспаппен өлшеу құралының сұлбасы:

1 — өлшегіш керек-жарақтар; 2 — механикалық шкала аспабы



Механикалық шкала аспабы 2 өлшегіш керек-жарақпен 1 тығыз байланысты.

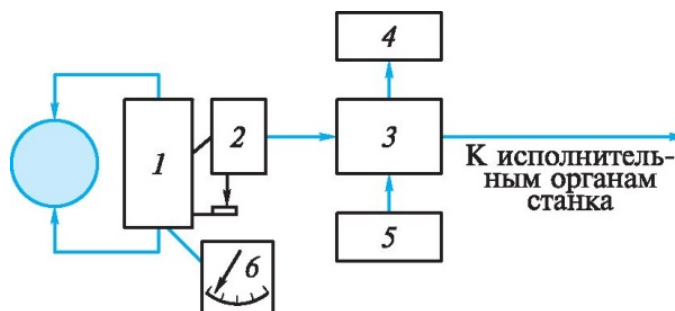
Технологиялық процесті басқару аспаптың көрсеткіш нәтижесі бойынша қолмен іске асырылады.

Электр түйіспелі түрлендіргішпен өлшеу құралы (3.3 сур.) 7... 8 қвалитет жоғары емес дәлдікте бөлшектерді бақылау үшін қолданады.

Шкаланың аспапта болмауына байланысты өлшегіш құрал механикалық шкалалы аспабымен 6 толықтырылған. Сонымен бірге механикалық шкалалы аспаптар шығарылады, олар электр түйіспелі екі құрамды түрлендіргіштен тұрады.

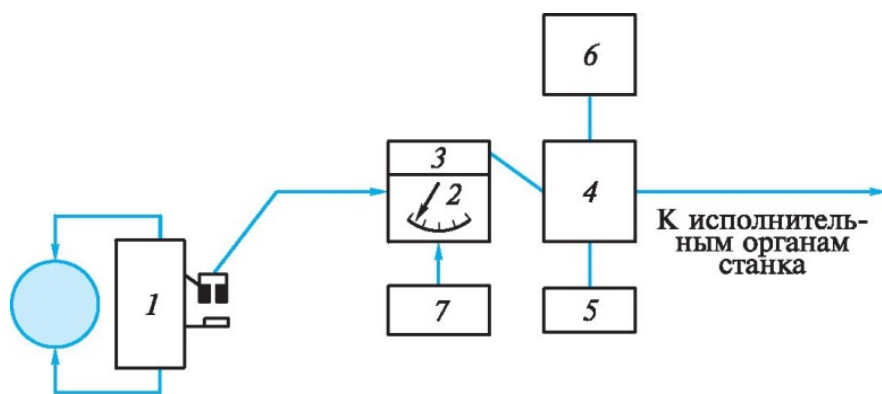
Құрамдық сигналдар күшейткіш блогы 3, сигнал беру блогы 4, қоректендіргіш блогы 5 өнеркәсіппен жеке сериямен жеке блоктар түрінде және бірыңғай корпуста шығарылады, осы үш блокты қосып.

Электр түйіспелі түрлендіргішпен өлшегіш құралдар кемшілігі қолайсыз үлкендігі мен өлшегіш керек-жарақтарды 1 құрылымының шамалы күрделілігі, тербеліске жоғары сезгіштігі, сондықтан демпфирленген құрылым қою қажеттілігі туады.



3.3.сур. Электр түйіспелі түрлендіргішпен өлшегіш құралдар сұлбасы:

1 — өлшегіш керек-жарақ; 2 — электр түйіспелі түрлендіргіш; 3 — құрамдық сигналдар күшейткішінің блогы; 4 — сигнал беру блогы; 5 — электр қоректендіргіш блогы; 6 — механикалық шкала аспабы



3.4. сур. Пневматикалық аспаппен өлшегіш құралдарының сұлбасы:

1 — өлшегіш керек-жарақ; 2 — шкаламен пневматикалық аспап; 3 — құрамдық құрылым; 4 — құрамдық сигналдар күшейткіші; 5 — сигнал беру блогы; 6 — электр қоректендіргіш блогы; 7 — қысылған ауамен қоректендіргіш блогы

Сонымен бірге, электр түйіспелі түрлендіргіштің өлшегіш керек-жарақпен 1 тікелей байланыс өңдеу аймағында бола тұра, түрлендіргіштің сенімді герметизациясын қажет етеді.

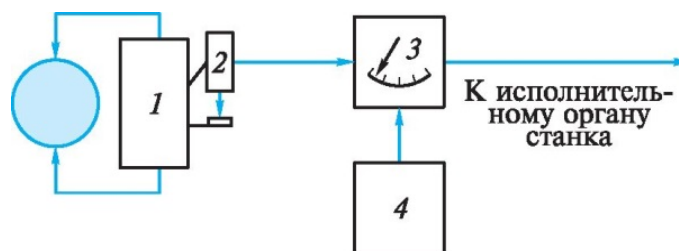
Пневматикалық аспаппен өлшегіш құралдар (3.4 сур.) жоғарғы дәлдікке ие болып, (6... 7 квалитет нақтылығымен бөлшектердің бақылауын қамтамасыз етеді), түйіспесіз өлшеулерді жүргізуге мүмкіндік береді және, маңыздысы, сериялы өндірістің нормаланған блоктарынан тұруы мүмкін. Бұл өлшеу құралы электр түйіспелі түрлендіргіш түрінде құрамдық құрылымынан 3 тұрады, сондықтан құрамдық сигналдарды 4 күшейткішін, сигнал беру блогын 5, электр қоректендіру блогын 6 электр түйіспелі түрлендіргішпен өлшеу құралдары үшін де қолданады.

Қысылған ауамен қоректендіру блогы 7 қысым тұрақтандырғышынан және ауа тазалағыш фильтрден тұрады, оларды жеке тораптар түрінде де біріккен блок түрінде де қолданылады.

Белсенді бақылау құралының толық сұлбасын құру үшін блоктардан тұратын пневматикалық аспаптар болады.

Шкаламен пневматикалық аспап 2 ең қарапайым және кіші габаритті өлшеуіш керек-жарақты 1 құруға мүмкіндік береді, ол шамалы қол жетімсіз орындарды бақылауда қолайлы. Бұл өлшегіш керек-жарақпен 1 тек аспаптың шығыс шүмегі байланысады. Сонымен бірге, бұл аспаптар тербеліске сезгіштігі төмен және арнайы герметиканы қажет етпейді.

Кемшіліктерге барлық құрылымдарды пайдаланудағы процесте ерекше бақылау қажеттілігін жатқызуға болады, олар қысылған ауа лайындығын қамтамасыз етеді.



3.5. сур. Индуктивтік түрлендіргішпен өлшеу құрал сұлбасы :

1 — өлшегіш керек-жарақ; 2 — индуктивтік түрлендіргіш; 3 — құрамдық - көрсеткіш аспап; 4 — керектендіргіш блогы

Индуктивтік түрлендіргішпен өлшегіш құрал(3.5сур.) жоғарғы дәлділікке, тербелісте аз сезгіштікке ие, өлшегіш керек-жарақтың габариттік өлшемі электр түйіспелі түрлендіргішпен керек-жарақтың өлшемінен айтарлықтай аз.

Индуктивтік аспапты бірыңғай торап түрінде шығарады, оған барлық қажетті қарастырылған функционалды блоктар енеді. Берілген құрал жоғары білікті қызмет көрсетуді талап етеді.

3.1.3. Өлшеу және бақылаудағы автоматтандырылған құралдардың метрологиялық сипаттама ерекшелігі

Машина жасауда қолданылатын автоматтандырылған және автоматты өлшеу және бақылау құралдары әмбебапқа ұқсас нормаланған метрологиялық қасиеті болады.

Алдында қаралған көптеген аспаптарға ортақ көрсеткіштер (шкаланы бөлу құны, шкаланы бөлу интервалы, көрсеткіштер диапазоны, өлшегіштер диапазоны, көрсеткіштер вариациясы, ақаулары: абсолюттік, шамалы, жүйелі, кездейсоқ және т.б.). Осыған ұқсас өлшемдер тәсілдері қарастырылды (тікелей, жанама, абсолюттік, шамалы, түйіспелі, түйіспесіз және т.б.).

Тек бірқатар автоматты бақылау құралдарына тән көрсеткіштеріне тоқталсақ :

- Аспаптың сезгіштігі —өлшегіш аспаптың шығысында сигналдың өзгеруінде өлшенетін шаманың өзгерісін тудырушыға қатынасы ;
- Іске қосылу ақаулары— бақылаудағы өлшемнің белгілі шамасына жетуде немесе білдекте бақылаудағы бөлшекті өңдеу процесін тоқтатуда аспаппен берілген құрамның ақауы (дискретті сигналдың);
- Біріктіре реттеудегі ақаулар —аспаптың жұмыс тұрақтылығын сипаттайтын және белгілі іске қосылу санынан кейін біріктіре реттеуде анықталатын ақау;
- Реттеудегі ақау — реттелуші өлшемде тораптың және реттегіштің тәжірибесінде реттеу кемшілігі болуда бірқатар іске қосылулармен сипатталатын ақаулар;
- Кері жүріс ақауы — аспаптың ұштық бір жағдайға қою ,оның тура және кері бағытта қозғалысында аспап көрсеткішінің айырмасы;
- Градуирленген сипаттама —өлшем нәтижесін анықтау үшін өлшеу құралдарының шығысында және кірісінде шама мәндерінің мұқтаждығы.

Аталған сипаттамалардан басқа аспаптар үшін жиі қалыпты жұмыс жағдайы туралы хабарланады (жұмысшы), алынған нәтижелердің дәлдігіне әсер етуші шамалар минималды мәнге ие (температура, ылғалдылық, қысым және т.б). Көрсетілген ақаулардың шама есебі арнайы тәсілмен жасалады.

3.1.4. Автоматты бақылау құралдарының өлшегіш түрлендіргіштері

Автоматтандырылған және автоматты өлшегіш және бақылау құралдары негізінен келесі түрлендіргіштер қолданылады.

Фотоэлектрлі түрлендіргіштер. Жарықсезгіштік элементтерімен толықтырылған оптикатор *фотоэлектрлі-*

3.6.сур. Шектеулі
фотоэлектрлі

Түрлендіргіш сұлбасы:

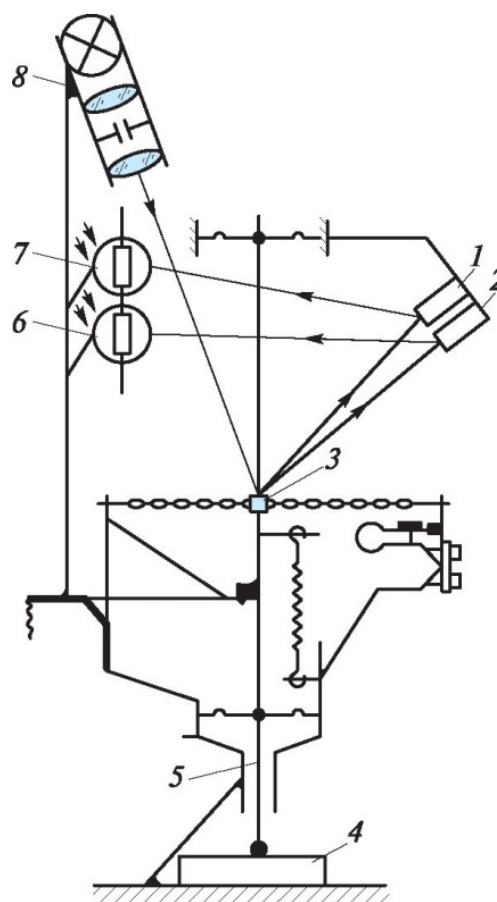
1 және 2 — айналы секторлар;

3 — айна; 4 — бөлшек; 5 —

серіппе; 6 мен 7 —

фоторезисторлар;

8 — жарықтандырғыш



сұрыптау түрлендіргіші деп аталады. Жарық сәулесі, оралған лентаның қозғалыстағы айнасынан көріп, бір уақытта аспап шкаласын және тиісті жарық сезгіш элементті жарықтандырады.

Осы элементтердің жарық коммутациясы басқару бұйрығын алу үшін қолданылады. Осындай түрлендіргіштерді жоғарғы ағымды бақылау-сұрыптау автоматтарын құру үшін пайдаланады.

Аз габаритті шектеулі фотоэлектрлі түрлендіргіште (3.6 сур.) бұйрықтарды шектеу реттілігі үшін механизм пайдаланады. Ол екі бұйрық алуға мүмкіндік алады, $\pm 0,025$ мм диапозонда шкаланың кез келген мәніне қатысты.

Өлшенетін қозғалыс серіппемен 5 қабылданып және осыдан былай, оптикаторда серіппелі механизммен айнаның 3 айналымына түрленеді.

Жарықтандырғыш 8 жарық бөлігін айнаға 3 бағыттады (бұл бағыт тұрақты), ол айнадан көрініп, өлшегіш серіппенің белгілі жағдайында цилиндрлі (сақиналы) айналы сектор 1 немесе 2 түсуі мүмкін. Осы секторлардың жағдайы

арнайы тісті механизм арқылы реттеледі және бақылаушы бөлшек 4 өлшеміне берілген шамаға байланысты орнатылады. Айна секторынан 2 көрінетін жарық көзі, фоторезисторды 6, ал айна секторы 1 жарық сәулесі — фоторезисторды 7 жарықтандырады. Айна секторларының жұмыс жасау беттері мен шкала өзіктестігі айнаның 3 айналым осімен орындалады.

Егер екі фоторезистор да жарықтанса, бөлшек дайын болып есептеледі; тек бір фоторезистордың жарықтануында бөлшек «Ақау +» немесе «Ақау -» тобына жатқызылады. Фоторезисторға электр тоғы тиісті бақылаушы өлшем жағдайында жарық индексі орнатудан кейін беріледі.

Электр түйіспелі түрлендіргіштер. Электр түйіспелі түрлендіргіш — ол желілік ауысымның дискретті электр сигнал — командасына түрлендіру - электр түйіспелерін түйістіру немесе ажырату арқылы.

Түрлендіргіштер шектеулі және амплитудалы болып бөлінеді. Бірінші берілген шектеулі шаманың бақылаушы өлшеміне жетуде сигнал-бұйрықтарды беру үшін тағайындалған; екінші — бөлшектің дұрыс геометриялық формасынан ауытқу шамасы шамаға қарамастан берілген бақылаушы өлшем шамасына жетуде сигнал - бұйрықтарды беру үшін.

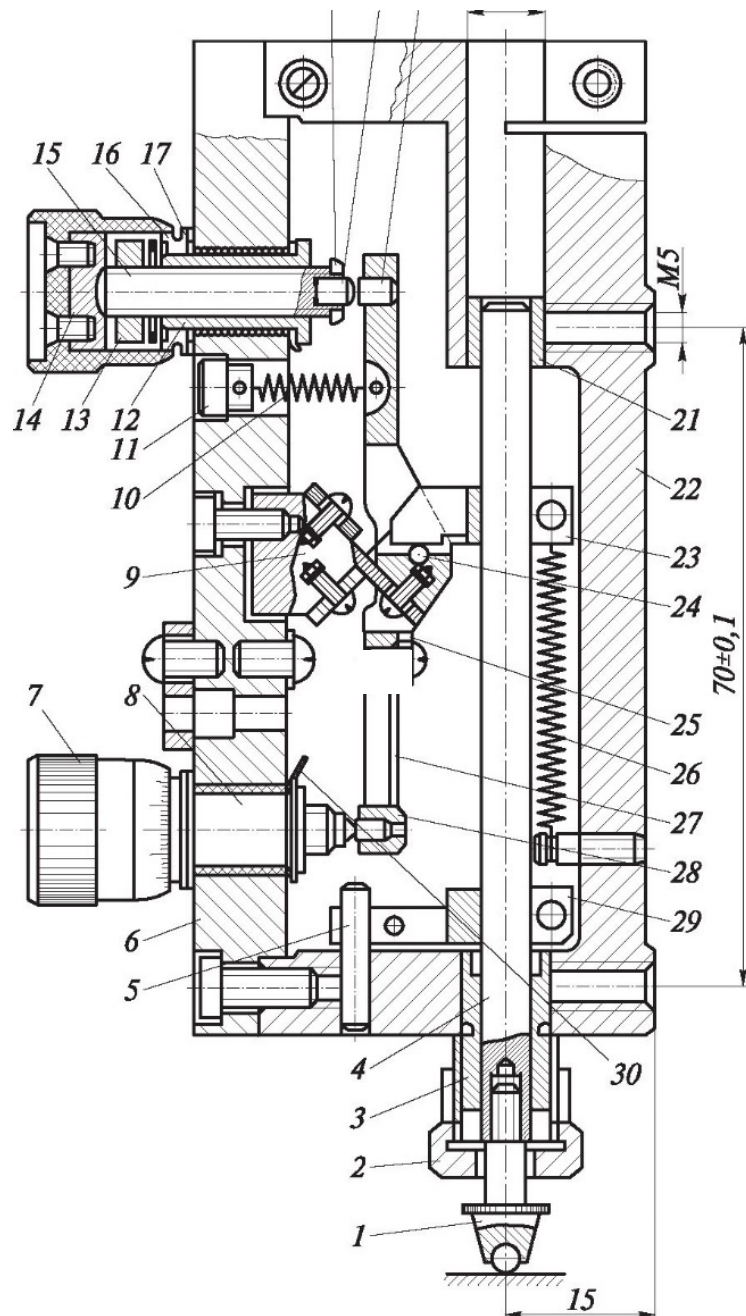
Белсенді бақылау құралдарында шектеулі түрлендіргіштермен электр түйіспелі аспаптар, ал автоматтандырылған аспаптарда — амплитудалы түрлендіргішпен қолданылады.

Электр түйіспелі түрлендіргіште (3.7 сур.) бақылаудағы қозғалыс өлшегіш серіппенің 4 ұштық 1 қабылданады және ары қарай қатты балқытқыш пышақ 23 пен корундты штифт 24 арқылы иінітірекке 25 беріледі, олардың түйіспелері белгілі бір қозғалыс шамада вольфрам түйіспелері 19, 20 немесе 8, 28 тиісті жұптары арқылы өтетін электр тізбегін түйістіріп, ажыратады. Өлшегіш серіппе қозғалысы бронзалы төлкелерде 3 пен 21 штифт 5 пен ені бойынша кертпемен реттелетін айыр 29 бұрылуымен шектеледі. Өлшегіш күш серіппе 26 арқылы орнатылып, электр түйіспелердің белгілі түйісу күш шамасы тарту серіппесімен 10 және тегіс серіппемен 27 қамтамасыз етіледі.

Түйісудің үлкен күшін түйіспелердің айтарлықтай механикалық ескіруі тудырады.

Түйіспенің электр байланысы қосу сұлбасымен мыс жапырақшалар 30 арқылы іске асады.

Берілген бақылаушы шамада сигналды беруге түрлендіргішті реттелуі



3.7.сур. Электр түйіспелі түрлендіргіштің құрылымы:

I — ұштық; 2 мен 13 — гайкалар; 3 и 21 — бронзалы төлке; 4 — өлшегіш серіппе; 5 — штифт; 6 — тақтайша; 7 — барабан; 8, 19, 20 мен 28 — вольфрамы түйіспелер; 9 — шарнир; 10 — тартылым серіппесі ;
II — ұстағыш; 12 — микрометрлік гайка; 14 — серіппелі шайба; 15 — винт; 16 и 17 — текстолитті втулкалар ; 18 — сақина; 22 — корпус;
 23 — пышақ; 24 — корундты штифт; 25 — иінтірек; 26 — серіппе; 27 — тегіс серіппе; 29 — айыр; 30 — жапырақшалары

реттегіш винттармен 15 орындалады, олар микрометрлі гайкамен 12 және барабанмен 7 қосылады (оның шкаласы ұзындық бірлігінде өлшембөліктеу бөлгіш бағасы 2 мкм) және текстолитті төлкемен 16 мен 17. Тақтайшалар 6 арқылы оқшауланған. Винттардың қозғалысы сақинамен 18 шектеледі.

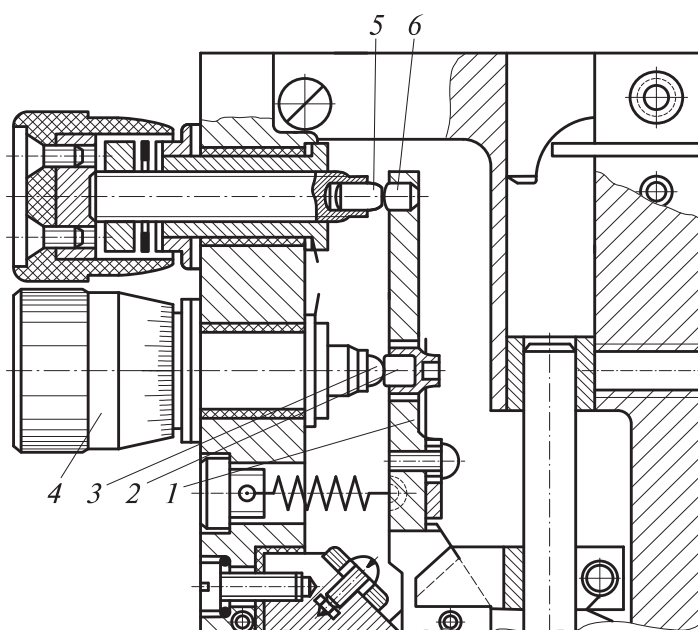
Винттің біліктік люфт 15 серіппелі шайбамен 14 жойылады, оның күш шамасы гайкамен 13 реттеледі. Иіңтірек 25 корпустан 22 оқшауланған тақтайшалар 6 корундты штифтпен 24, текстолитті төсеммен, серіппелі қиғаш тәрізді шарнир 9 негізіне және текстолитті ұстағышпен 11 орнатылған. Микроберілісгайкасы 2 түрлендіргіштің реттелуінде микрометр шкаласы бойынша өлшеуіш серіппенің қозғалысында қызмет етеді (8Н9 диаметрлі ойықта бекітілген), оның ұштық өлшегіш серіппенің 4 жоғарғы бүйіріне тіреледі.

МЫНА СӨЙЛЕМДІ НЕШЕ ОҚЫСАМ ДА ТҮСІНЕ АЛМАДЫМ.....

Түрлендіргіш кез келген жағдайда жұмыс істейді. Оны бекітуге екі кертікті ойық М5 жасалған.

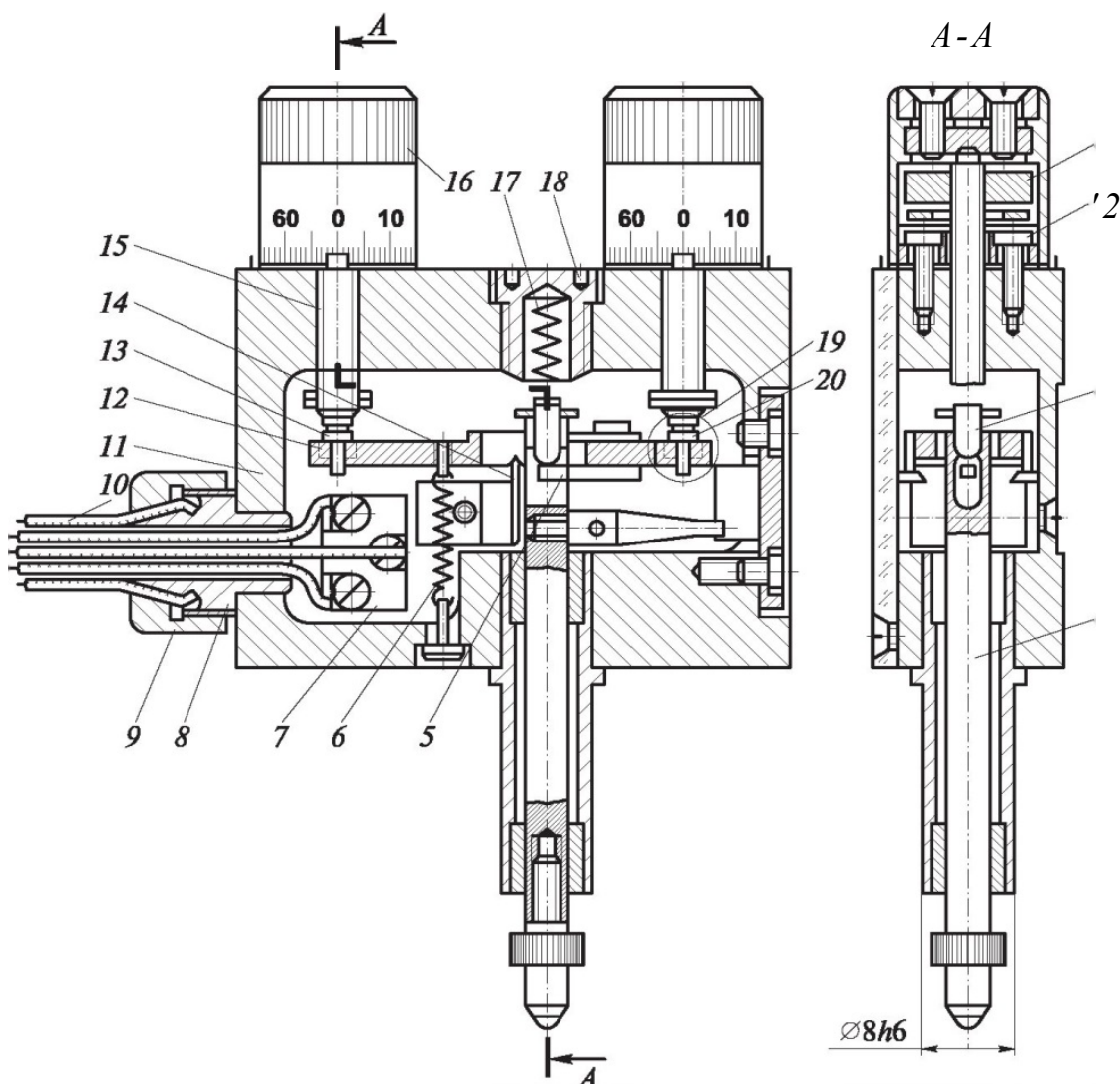
Электр түйіспелі түрлендіргіш, 3.8 сур. көрсетілген, алдыңғы түрлендіргіштен түйіспенің екінші жұбы болуымен ерекшеленеді.

Өлшегіш серіппенің үстіге қозғалысында түйіспе 2, тегіс серіппемен 1 иіңтірекке ілініп, сфералық түйіспемен 3 түйіседі, ол



3.8 сур. Түрлендіргіштің электр түйіспелі құрылымы :

1 — серіппе; 2, 5 мен 6 — түйіспелер; 3 — сфералық түйіспе ; 4



3.9 сур. 233 модельдегі электр түйіспелі түрлендіргіштің құрылымы:

1 — гайка; 2 — шайба; 3 — тірек; 4 — өлшегіш серіппе; 5 — тақтайша; 6 — тартылым серіппесі; 7 — қалып; 8 — штуцер; 9 — тығыздатқыш гайка; 10 — құбырша; 11 — корпус; 12 — пластмасты төлке; 13 — түйіспе; 14 — тірек; 15 — реттегіш винт; 16 — барабан; 17 — қысылым

Қосымша реттегіш винтпен 4 бекітіледі. Өлшегіш серіппенің кейінгі қозғалысында серіппе 1 бүгіледі, берілген өлшемге жетуде 5 мен 6 түйіспелер түйіседі. Тағы да бір түйіспелер жұбы үш өлшемді командаларды беруге мүмкіндік береді.

233 модельдегі электр түйіспелі түрлендіргіштің (3.9сур.) қозғалысты бақылай отырып, өлшегіш

серіппемен 4 және серіппенің жоғарғы бөлігінде бекітілген корундты тірек 3 және тақтайша 5 арқылы қабылданады да, жылжымалы иінтірекке беріледі, оның призмасы пышақ тәрізді тірекке 14 тіреледі, ол түрлендіргіштің корпусында 11 бекітіледі.

Жылжымалы иінтіректің өлшегіш серіппесімен 4 тақтайшалардың 5 кинематикалық байланысын тақтайша 5 тартылым серіппесі 6 қамтамасыз етеді. Шамалы өзінің осі бойынша өлшегіш серіппемен бұрылыс түрлендіргіш корпусына бекітілген, түрлендіргіш негізге бекітіліп, қалып базасына жылжымалы штифтпен шектеледі.

Өлшегіш күш ойықты төлкеге 18 бекітілген қысым серіппесімен 17 жасайды. Өлшегіш серіппенің 4 үстіге қозғалысында түйіспе 13 реттелуші винттің 15 сфералық түйіспесімен ажыратылады (барабанның 16 бөлу бағасы 1 мм тең).

Серіппенің кейінгі қозғалысында электр түйіспелердің 19 мен 20 түйісуі орнығады.

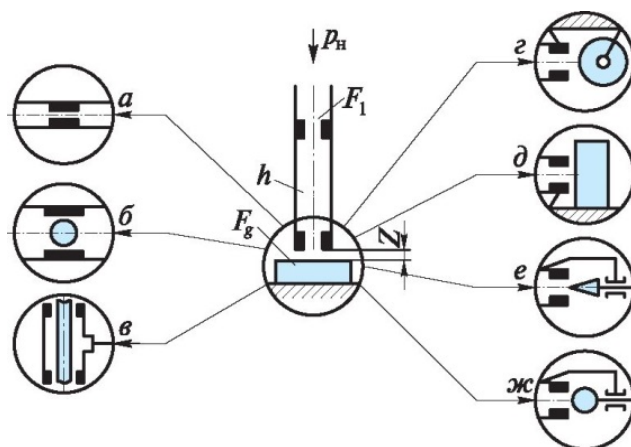
Реттелуші винттардың 15 ості люфті серіппелі шайбамен 2 және гайкамен 1 жойылады, оның реттелуімен ості тартылымының қажетті шамасы беріледі. Реттелуші винттардың қозғалысы гайкамен шектеледі.

Электр түйіспелер палладиево-күміс балқытпадан ПдСр-40 дайындалған. Тегіс түйіспелері корпустан пластмасты төлкемен 12 оқшауланған. Түйіспелер шығысы ауыспалы қалыпқа 7 пісірілген, ол штуцер 8 мен тығыздатқыш гайка 9 арқылы жалпы қыспа, қорғаныс құбыршада 10 (3.9 сур. көрсетілмеген) датчиктен шығарылған.

Түйіспемен электрлі байланыс, микровинттерге тығыздалып, түрлендіргіш корпусы арқылы, қосылу сұлбасының жалпы нүктесі болып табылады. Жалпы нүкте түрлендіргіштен арнайы сым арқылы шығарылған, ол сол тартқыш орналасады.

Пневматикалық түрлендіргіштер. Түрлендіргіштің сезгіш элементі арқылы ауа шығынын қысымға түрлендіру тәсілі пневматикалық түрлендіргіштердің негізгі жүйелік көрсеткіші болып табылады. Осыған орай әрекеттегі біріншілік түрлендіргіштерді келесі кластарға бөлуге болады: дроссельді, дроссельді-эжекторлы, ағымды, пневмо-жиілікті және т. б.

Дроссельді түрлендіргіштер. Бұл класқа дроссельді канал түрінде сезгіш элементпен түрлендіргіштер жатады, минималды өту ауданы тура немесе жанама шаманың бақылаушы желісіне байланысты, ал осы элемент арқылы ауа шығының қысымға түрлендіру дроссель арқылы іске асады (кіріс шүмек).



3.10сур. Дроссельді түрлендіргіштер сұлбасы

Каналдың геометриялық формасының түріне қарай дроссельді түрлендіргіштерді екі топқа бөлуге болады: бірінші топ — канал арқылы газды ағым қозғалысының бағытын өзгертусіз түрлендіргіштер; екінші топ — канал арқылы газды ағым қозғалысының бағытын өзгертумен.

Бірінші топ түрлендіргіштері кіші саңылауларды (3.10, а, сур.), сымдарды (3.10, в, сур.), төлке—вал өзара кернеу тууда, сақиналы саңылауларды туады, және «цилиндрлі саңылау — шар» саңылаулары түрінде (3.10, б, сур.) және т.б. форма бойынша каналдарды бақылауда туады.

Екінші топтың түрлендіргіштері цилиндрлі бөлшектердің (3.10, г, сур.), тегіс бетті бөлшектермен (3.10, д, сур.) түйіспесіз бақылауында, және де коникалық пен шар тәрізді қалқалағыш (3.10, е, ж, сур.), түйіспесіз түрлендіргіштердің құрылуында туады, сонымен бірге, осы топқа шүмек- қалқалағыш типті дроссельді элементпен түрлендіргіштер жатады.

Дроссельді каналда (шүмек-қалқалағыш типті канал) ағым қозғалысының бағытын өзгерту эффектісі жоқ каналдармен салыстырғанда дроссельді ағымның сипаттамасын өзгертеді. Сондықтан олардың параметрлерінің есебі мен таңдалу негізі осы түрлендіргіштер тобында әр түрлі.

Құрылымдық параметрлерге кіріс, өлшегіш шүмек, шар (3.10, б, ж.сур.қара),қалқалағыш құрылымдық элементі,кірме (3.10, в, е, сур.қара)жатады.

3.11 суретте пневматикалық түрлендіргіштердің метрологиялық сипаттамасын қарастыру үшін өлшегіш каналдың F_g өтпелі алаңының артық өлшегіш қысымына h от байланысты кесте көрсетілген, оны осыдан кейін *түрлендіргіштің статикалық сипаттамасы* деп атаймыз. Пневматикалық аспаптардың жұмысында сипаттаманың қолданады, сипаттаманың тікелей желілік учаскені пайдаланады, оның бейсызықтық деңгейі берілген шамадан аспауы тиіс. Бұл аудан кестеде нүктемен шектелмеген $F_{g \min}$ и $F_{g \max}$.

Пневматикалық түрлендіргіштердің метрологиялық сипаттамасына әдетте келесі шамалар жатады:

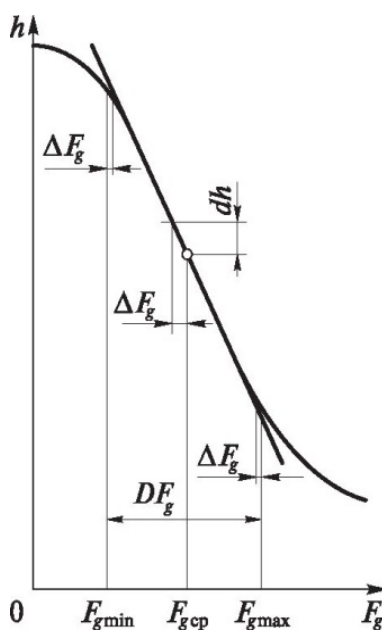
1) өлшем диапазоны:

$$DF_g = G_{g \max} - F_{g \min};$$

2) желілік ауданының орта бөлігіне сәйкес, дроссельді каналдың өлшегіш шалаңы:

$$F_{g \text{ср}} = (F_{g \min} + F_{g \max})/2;$$

3) түрлендіргіштің сезімталдығы $K(F_g) = dh/dF_g$, ол өлшегіш қысымның өзгеріс шамасын сипаттайды, өлшегіш каналдың алаңы өзгеруде (саңылау) алаң бірлігіне (ұзындық) өзгеріс шамасын сипаттайды.



3.11 сур. Түрлендіргіштің статикалық сипаттамасы

Желілік учаскенің ортасында сезгіштік максималды, және бұл мән есептерде қабылданады;

4) сипаттаманың бейсызықтығы $dF_g = (AF_g/DF_g)100\%$, мұнда AF_g — қисық және $h = f(FA)$ түзу арасындағы айырмашылық болады. Линеаризацияланған түзу бұрыштық коэффициентпен желілік аудан ортасынан өтеді, ол максималды сезгіштікке тең.

Дроссельді-эжекторлы түрлендіргіштер. Бұл класқа дроссельді канал түрінде сезгіштік элементімен түрлендіргіштер жатады, минималды өтпелі алаңы тікелей немесе жанама бақылаушы желілік шамаға байланысты, осы элемент арқылы қысымға газ шығынын түрлендіру эжектор - сорғалау аппараты арқылы іске асады.

Бұл түрлендіргіштің өлшем диапазоны аса үлкен болады, жоғары өнімділігі, кемшілігі аз, ол қоректендіру қысымының ауытқуын туғызады.

Негізінде дроссельді-эжекторлы түрлендіргіштерді екі топқа бөлуге болады:

1) түрлендіргіштің дроссельденген өлшегіш элементі желілік ауысымды қабылдап, эжектордың бір бөлігі болып табылады; осындай түрлендіргіштер *дроссельді – эжекторлы деп аталады*;

2) түрлендіргіштің дроссельденген элементі өздік түйін ретінде қабылданып, тек құбыр жүргізгіш арқылы эжектормен байланысады .

3.12сур. Дроссельді-

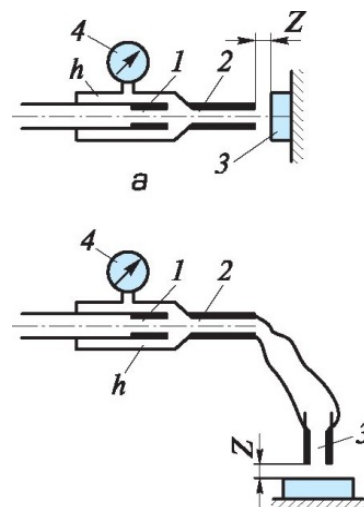
эжекторлы түрлендіргіш:

а — бірінші топта: 1 — кіріс шүмегі;
2 — дроссельді элементпен шүмек; 3 — бөлшек; 4 — манометр;

б — екінші топ — шығарылымды шүмекпен:

1 мен 2 — шүмектер; 3 — шығарылым шүмек;

4 — манометр



бұл түрлендіргіштерді шығарылымды шүмекпен *дроссельді* – *эжекторлы деп атаймыз.*

3.12, а сур. бірінші топқа жататын,дроссельді - эжекторлы түрлендіргіштің сұлбасы көрсетілген.Қысылған ауа қоректендірудің тұрақты қысымынан *H* кіріс шүмектен 1 дросселденген элементтен 2 тікелей шүмекке шығады 1. Осы шүмектер жұбы ағымды аппарат — эжекторды тудырады.

Заңылауына байланысты немесе ауа шығынының шамасына қарай, дроссельденген элемент өлшегіш камерада белгілі өлшеуіш қысым h , орнатады ,ол бөлшектің сызықтық өлшемін бөлшектің 3 сызықтық өлшем ақпаратын тасушы ретінде қолданылады және манометрмен 4 өлшенеді, ұзындық мөлшерінде.

3.12, б сур. бақылаудағы бөлшек бетімен дроссельді канал пайда болатын шығыс шүмекті 3 түрлендіргіш сұлбасы көрсетілген.

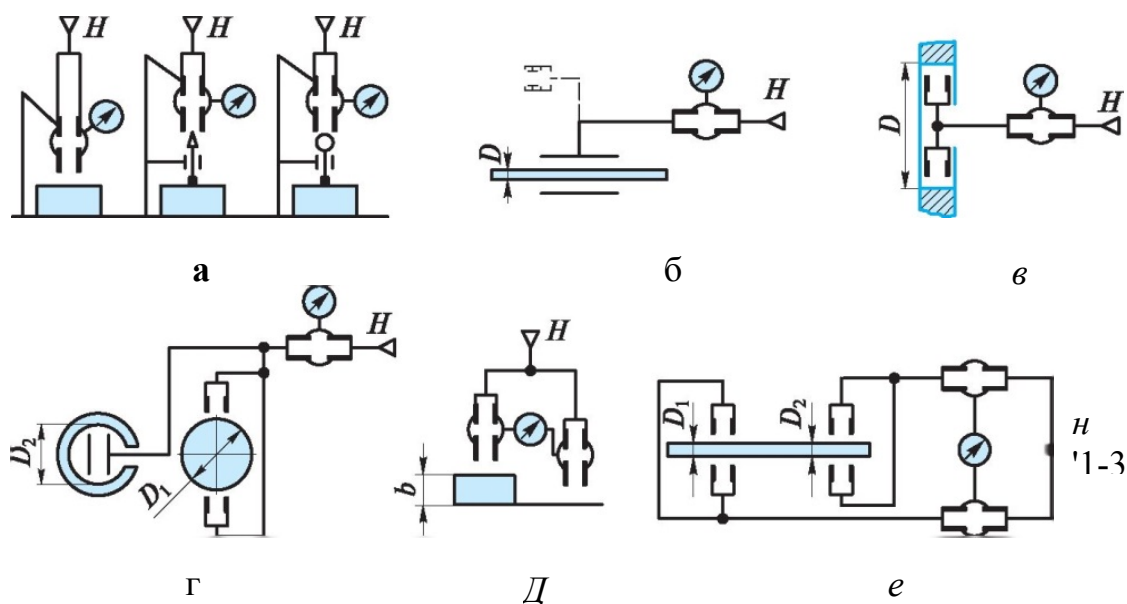
Саңылау *Zв* шамасына қарай 1 мен 2 шүмектермен пайда болған эжектор камерасында, белгілі өлшегіш қысым 4 орнығады,ол манометрмен анықталады.

Дроссельді –эжекторлы түрлендіргіштер әр түрлі метрологиялық тапсырмаларды оңай шешуге мүмкіндік алады. 3.13суретте берілген түрлендіргіштер арқылы типтік өлшеу құралдарды құру сұлбасы көрсетілген. Бөлшектің қалыңдығын қалқалағыш түрлендіргіштің жылжымайтын базасынан түйіспелі және түйіспесіз тәсілмен өлшейді. (3.13, а сур.). Екі шығарылымды шүмекпен түрлендіргіштің диаметрді *D* өлшеу сұлбасы 3.13, б көрсетіліп, бөлшектің өлшем сызығы арқылы бейтарап қозғалысын өлшеу нәтижесін белгілі бір шектеуді жояды.

Жанама өлшемде шыбықша,сым немесе саңылаудың өтпелі алаңының диаметрі *D*. 3.13, в сур. көрсетілген. Сым диаметрін бақылауды автоматтандыруда оның созу процесінде сым және шүмектің ішкі бетінде түрлендіргіштің жоғарғы сезгіштігімен бірге шамалы үлкен сақиналы саңылаудың болуы маңызды.

Бұл жағдай шығарылымды шүмекпен дроссельді –эжекторлы түрлендіргіш арқылы толық қанағаттандырылады.

Автоматты кешенді жиынтық немесе шығарылымды шүмекпен дроссельді –эжекторлы түрлендіргішпен кешенді өңдеу үшін өлшеу құрал сұлбасы 3.13, г сур. көрсетілген. Дұрыс таңдалған параметрлерде өлшеу құрал



3.13 сур. Дроссельді - эжекторлы түрлендіргішпен өлшеу құралдарының сұлбасы (а—е).

аспаптың ($h=\text{const}$) бірдей көрсеткішінде бақылаудағы бөлшектің номиналды өлшеміне қарамастан $D_2—D_1=\text{const}$ алуды көздейді.

Бөлшектің қалыңдығын (размер b) бақылау нәтижесі базалық үстінгі қабаттың бейтарап қозғалысында өлшеу нәтижесінен автоматты түрде алыну екі түрлендіргіштер арқылы іске асады (3.13, д сур.), олардың өлшеу камерасы дифференциалды манометрдің қарама қарсы тармағына қосылған. Осыған ұқсас D_1 и D_2 екі өлшемнің бақылау айырмасы үшін тағайындалған сұлба 3.13, е көрсетілген.

Индуктивтік түрлендіргіштер. Индуктивтік аспаптар L индуктивтік шамасын анықтайтын бірнеше оның параметрлерін өзгертуде орам өзінің реактивтік кедергісін өзгерту қасиетін пайдаланады.

Орамның үлкен индуктивтілігін алу мүмкіндігі үшін, әдетте, ферромагнитті материалдан магнит өткізгішті пайдаланады. (3.14сур.). Магнит өткізгіш элементінің бірін (түрлендіргіш якорі 3) жылжымалы етіп орындайды, және оның магнит өткізгішінің 2 жылжымайтын бөлігіне қатысты жағдайын тізбектегі магнит кедергісінің өзгеру шамасы және түрлендіргіштің орам индуктивтілігі анықтайды.

Түрлендіргіш 1 орамының индуктивтік кедергісін өзгертуоның толық кедергісін Z тиісті өзгертуге әкеледі.

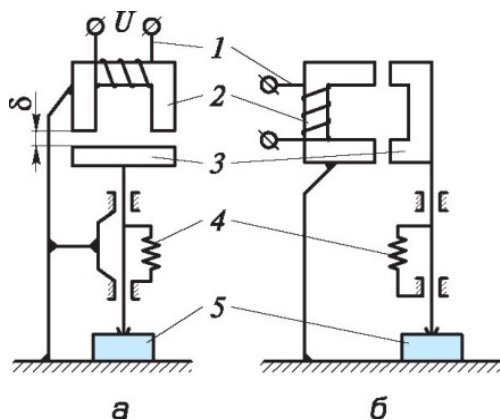
Сонымен, түрлендіргіш якорінің 3 қозғалысын өлшегіш шамамен 8 $U=\text{const}$ біріктірсе, 8 бен электр параметр L : $L=f(8)$ арасында функционалдық тәуелділік туады.

Сызықтық қозғалысты қарастырылған орам арқылы электр сигналға түрлендіретін құрылым *индуктивтік түрлендіргіш деп аталады*.

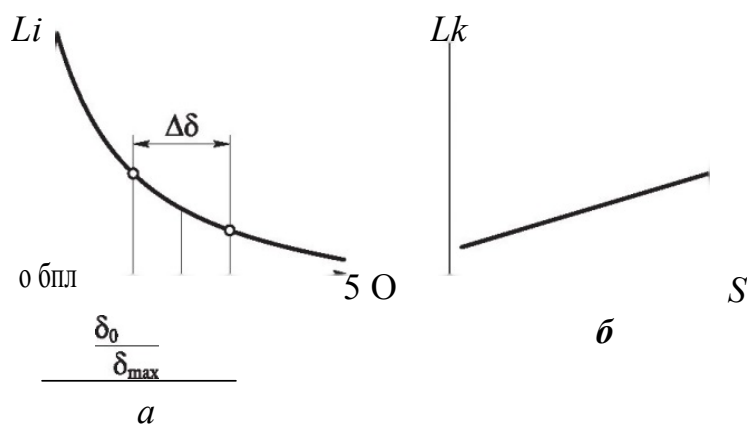
Қазіргі кезде қолданылатын индуктивтік түрлендіргіштерде сызықтық өзгерістер үшін индуктивтілікті 8_0 шамасын(3.14, а сур.) немесе алаңын S_0 (3.14,б сур.)өзгерту арқылы алынады. Индуктивтік түрлендіргіш сипаттамасы ауыспалы саңылаумен $L=f(8)$ 3.15, а сур. көрсетілген, ауыспалы алаңмен түрлендіргіш — 3.15, б сур. 3.15, а суретте ауыспалы саңылаумен түрлендіргіш сипаттамасы бейсызықты,бірақ жоғары сезгіштік өлшем жүйесіне енуге мүмкіндігі бар.

Түрлендіргіштің жоғары сезгіштігі үшін әуе саңылауының шамасын азайту қажет. Берілген нақтылық деңгейімен түрлендіргіштің сезгіштігін тұрақты шама ретінде қабылдау мүмкіндігінде , түрлендіргіштің $D8 = 8_{\max} - 8_{\min}$ ұзындықта жұмысшы учаскесін қажетті саңылаулармен шектеп $8_{\max}$ и $8_{\min}$, онда әуе саңылауының минималды шамасы өзгеріс процесінде саңылаудың өзгеру диапазонынан көп болуы тиіс.

$D8/8_0$ қатынасы азырақ болса, түрлендіргіштің бейсызықтық сипаттама шамасы аз болуы тиіс. $D8$ шамасын азайтусыз көбірек сызықтық тәуелділік алу үшін индуктивтік түрлендіргіштер қолданылады, олардың әрекет ету принципі 3.16, а.сур. көрсетілген. Түрлендіргіш жалпы якорьмен екі магниттік тізбектен тұрады.



3.14 сур. Индуктивтік түрлендіргіштер сұлбасы:
а — өлшегіш шама әуе саңылау ұзындығының өзгерісін тудырады;
б — өлшегіш шама әуе саңылау алаңының өзгерісін тудырады ;
1 — түрлендіргіштер орамы; *2* — магниттік өткізгіштер; *3* — түрлендіргіштер якорі; *4* —өлшегіш күш тудыратын серіппелер;



3.15 сур. Индуктивтік түрлендіргіштердің сипаттамасы :
 a — әуе саңылауының өзгерістегі ені; b — әуе саңылауының өзгерістегі алаңы

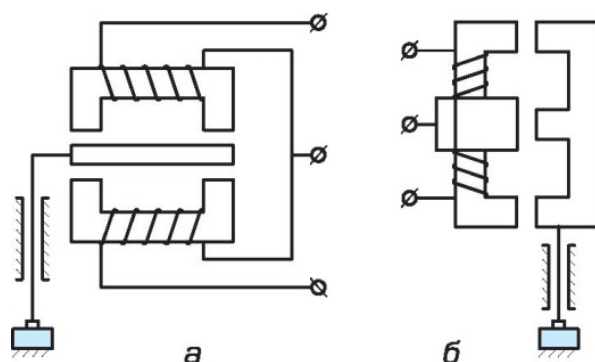
Өлшегіш шама әсерінен екі саңылау бірдей өзгереді, бірақ әр түрлі белгілерде. Осындай түрлендіргіштерді *дифференциалды деп атайды..*

Дифференциалды түрлендіргіштер үшін бейсызықтық сипаттамасы $1 \% AS/S_0 \sim 0,15...0,20$. Осындай өлшем диапазонында және дифференциалды емес түрлендіргіштердің бейсызықтық сипаттамасы бастапқы саңылауда 10% артық құрайды.

Екі орамның өлшем сұлбасына тиісті қосылымында (мысалы, көпір сұлбасының көршілес бөлігінде) дифференциалды түрлендіргіш дифференциалды емеспен салыстырғанда екі есе сезгіштік қасиетіне ие, қоршаған орта температурасының, қоректендіргіш кернеуі мен оның жиілігінің ауытқуына сезгіштігі азырақ. Сондықтан дифференциалды түрлендіргіштер сызықтық өлшем аспаптарда кеңінен қолданылған.

Индуктивтік түрлендіргіштер әуе саңылауының ауыспалы алаңымен сызықтық сипаттамаға ие $L = f(S_0)$ (3.15, *б сур. қара*), бірақ сезгіштігі азырақ, олар үлкен орындарды өлшеу үшін қолданылады. Осы типтегі түрлендіргіштің дифференциалды сұлбасы (3.16, *б сур.*) ұқсас жеңілдіктерге ие.

Үлкен қозғалыстарды өлшеу үшін және сызықтық сипаттамадағы жоғары деңгейдегі аз габариттік түрлендіргіштерді құруда соленоидті типтегі (3.17 сур.) дифференциалды түрлендіргіштерді қолданады. Түрлендіргіш екі орамнан тұрады,



3.16 сур. Индуктивтік түрлендіргіштердің сұлбасы:

a — өзгеретін әуе саңылауымен дифференциалды; *б* — әуе саңылау алаңымен өзгертуші дифференциалды

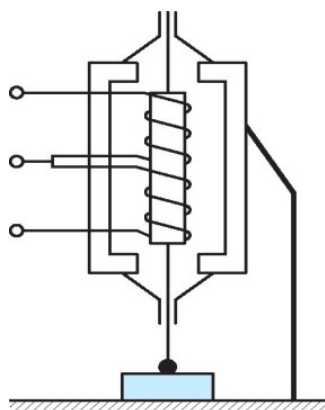
олардың ішінде ферромагнитті жүрекшесі болады (якорь).

Орам ішінде якорьдің қозғалысында олардың индуктивтілігі өзгереді. Орамның сезгіштігін жоғарлату үшін олар ферромагнитті экранға қапталған. Соленоидті түрлендіргіштің сипаттамасы сызықтық, өлшеу күші шамалы.

Бұл түрлендіргіштер 5... 10 кГц жиіліктегі кернеумен қоректенеді және $\pm(0,001.6)$ мм өлшем үшін 0,02...50 мкм бөлігінің бағасымен аспаптарды құруға мүмкіндік береді.

Түрлендіргіш орамы, әдетте, жиілігі амплитудасы тұрақтанған 1... 10 В кернеуден қоректенеді. Қоректендіру көзінің жиілігінің мәнін таңдау қажетті сезгіштікті алу және өлшеуде динамикалық ақауларын азайтумен анықталады.

Түрлендіргіштің сезгіштігі қоректендіргіш кернеуінің жиілігінің жоғарлауымен өседі, осымен бірге жүрекшеде жоғалулар көбееді -



3.17 сур. Дифференциалды соленоидты түрлендіргіш сұлбасы

осыған орай, түрлендіргіштің белсенді орам кедергісі. Бірқатар оптималды жиілікте түрлендіргіштің сезгіштігі максимумға жетеді.

Өрекеттегі жоғары нақтылықтағы аспаптар 3...10 кГц жиіліктегі кернеуден коректенеді.

Индуктивтік түрлендіргіштердің магниттік тізбегі үшін материалды таңдау гистерезис пен құйынды нүктелердің минималды жойылулар жағдайымен анықталады.

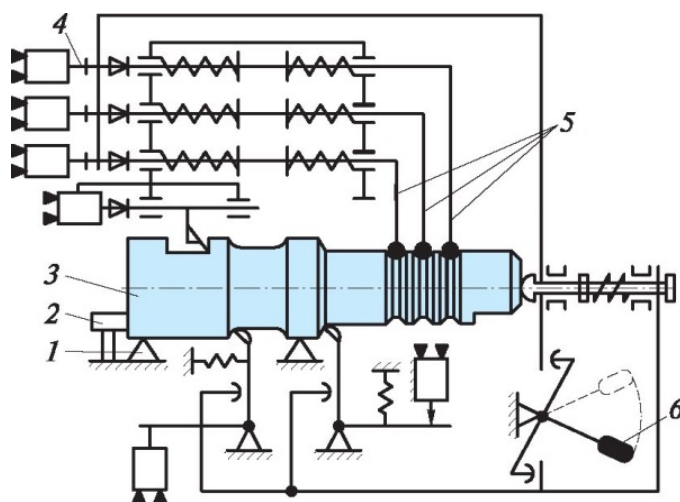
3.1.5. Автоматтандырылған бақылау құрылымдары

Автоматтандырылған бақылау құрылымдарға бағдаршамды және бақылау нәтижесі мен басқарушы орындаушы механизм туралы сигнал беруші датчикпен жартылай автоматы құрылымдар жатады. Бұл құрылымдар жеке, аз сериалы және сирек ірі сериалы өндірісте кеңінен қолданылады.

Әдетте осындай құрылымдарда қол жүктемесін қолданады, өлшеу позициясынан бөлшектерді алады. Осындай құрылымдардың ерекшелігі автоматпен салыстырғанда төмен бағасы, механикалық құрылымдармен салыстырғанда жоғарғы өнімділік, әсіресе көп қайтара бақылауда, жоғарғы дәлділік, өлшеу нәтижесінің объективтілігі және электр сұлбаның типтік элементтерін қолдану мүмкіндігі. Бағдаршамды құрылымдар өнімнің негізгі өлшемдерін емес ауытқудың белгілі шегін қамтамасыз етеді.

Бағдаршам құрылымдарды күрделі өнімдердің көп қайталану бақылауында қолдану дұрыс (екі мөлшерден көп бірдей өлшемде), мысалы, поршень, поршеньді саусақтар, иінді білік, қозғалтқыш клапандары және т.б. бөлшектер сияқты.

Т-тәрізді пазамен тірек плитадағы жиынтық бақылау құрылымдарда базаланған элементтер орнатылады (призма, орталық, оправка, үстелдер), бекіткіш элементтер (патрондар, сап, қысқыштар), орнату элементтері өлшеу позициясынан өнімді алу, беріліс құрылымдар (штоктар, тетіктер, күйенте, қысқыш салпаншақтары), датчиктер мен көрсеткіш аспаптар, бағдаршамды табло түрінде орындаушы құрылымдар, экрандар, сандық индикациямен блоктар, бұрылыс құрылымы мен өнімдердің қозғалысы кіріс сұлбамен және электронды релемен күшейткіш- түрлендіргіш элементтер.



3.18сур. Валды бақылау үшін көп өлшемді құрылымдардың өлшем позициясының сұлбасы:
 1 — базаланушы призма; 2 — тірек; 3 — бақылаушы бөлшек; 4 — датчик; 5 — өлшеу ұштықтары; 6 — қолсап

3.18 сур. валдың алтыға дейінгі бақылауы және көп өлшемді құрылымдардың позициясының сұлбасы көрсетілген, 0,025 мм көп емес ақауды бақылаумен жылжымалар, с 410 x 207 x 319 мм габаритті өлшеммен бақылау үшін тағайындалған. Бақылаушы бөлшекті қолмен 3 базалық призмаға 1 жатқызып, тірекке 2 қысады. Сап бұрылысында 6 датчикпен 4 қысқыш механизмін бөлшекке әкеледі, ал өлшеу ұштықтары 5 бөлшекке енеді. Ақаудың түріне және жарамдылығына қарай, таблода жарық жасыл, ақ немесе қызыл шамдар жанады.

К исполнительному органу станка(надпись в рис.) – білдектің орындаушы органына

3.1.6. Өлшемдерді енжар бақылауға арналған автоматты жүйелер

Жаппай өндірудегі өнімдерді бақылау деп олардың нақты өлшемдерінің шекті өлшемге (калибрлеу, үлгілі бөлшектермен салыстыру және т.б.) сәйкестігін анықтау ғана емес, сонымен бірге жалпы өлшемдерді өлшеуді ұғынатындықтан, бақылау үрдісінде жарамды және жарамсыз өнімдердің топтарын түзетін ақауларды іріктеу автоматты жүйелерін, және өлшемі мен пішіні бойынша өнімдерді топтарға сұрыптайтын сұрыптау автоматты жүйелерін ажыратады. Сондай-ақ құрастырма бірліктерді оларға кіретін бөлшектердің өлшемдеріне қарай жиынтықтауды жүзеге асыратын жиынтықтаушы жүйелерді, және технологиялық операциялардан кейін бақылау операциялары атқарылатын кіріктірілген бақылау жүйесін ажыратады.

Бақылау операцияларының өнімді қамту деңгейіне қарай тұтас (100%-ды) және таңдаулы бақылау жүйелеріне бөледі.

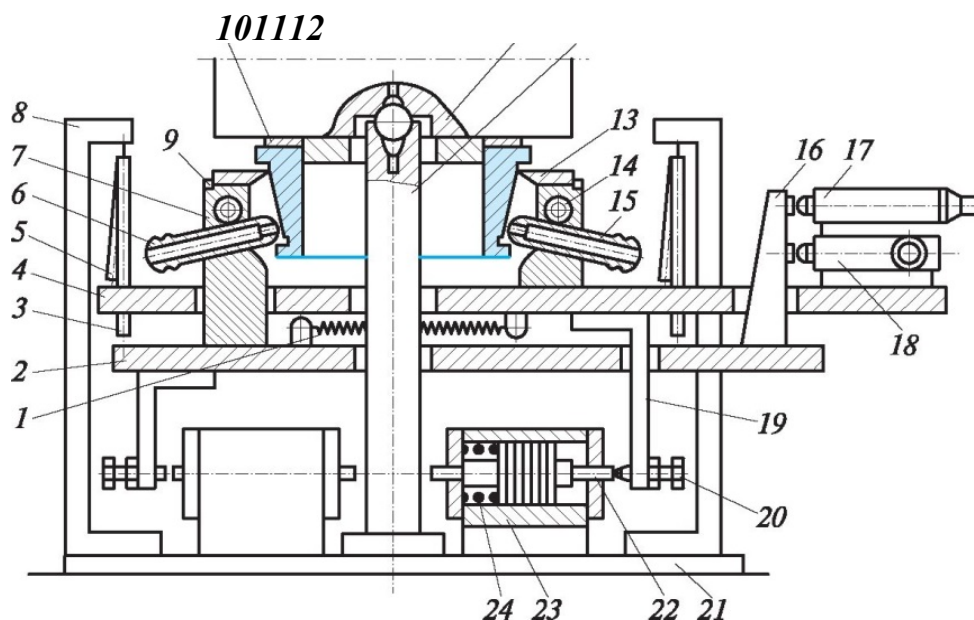
Бақылау үрдісінде өнімнің күйіне байланысты (тыныштық немесе қозғалыс) өнімнің кезеңді және үздіксіз орын ауыстыру жүйелерін ажыратады. Бақылаушы импульстің түрлендіргіштерінің өнімге ықпал ету деңгейіне қарай жүйенің екі тобын ажыратады: байланысты және байланыссыз әсер ету арқылы. Бақылау тұрғысының саны бойынша бір және көптұрғылы жүйелерге бөледі.

Өлшемдерді енжар бақылау құралдарының дәлдігі мен дәлділік сенімділігі қоздыру әсері шамаларымен (жанама және өзіндік тербелістер, қозғалмалы массаның соқтығысуы, ортадан тепкіш күш, температураның ауытқуы және басқалар), бақылау тәсілін таңдаумен, бақылау импульсын түрлендіргіш типі мен оның өнімге әсер ету дәрежесімен, бақылау тұрғыларының аспап қателіктері мен жүйенің қаттылығымен, бақыланатын өнім қасиеттерімен (беттің бұдырлығы, ластану деңгейі, қаттылығы және т.б.) анықталады. Өлшемдерді пассивті бақылау құралдарының кешенді шекті қателігінің шамасы көрсетілген факторлардың үйлесіміне байланысты $\pm(0,25 \dots 10)$ мкм құрайды.

Енжар бақылауға арналған жүйелердің типажы. Бақыланбалы өнімдердің беттерінің пішіндері мен бақылаудан өткізілетін өлшемдерге байланысты енжар бақылау жүйелері келесілерге бөлінеді: айналу денесі типті бөлшектердің диаметрі мен пішінін бақылау үшін (саусақтар, аунақшалар, шарлар, сақиналар және басқалар); ұзындық, тереңдің пен қалыңдықты бақылау үшін; бұрандалы бөлшектерді бақылау үшін; тісті дөңгелектерді бақылау үшін; өнім сапасының параметрлерін бақылау үшін.

Айналу денесі типті бөлшектердің диаметрі мен пішінін бақылау жүйелері. Аталмыш бақылау үшін көлбеу орналасқан сызғыштармен, шиберлі, тасымалдаушы дискілермен, ауыс кететін тетікпен, сына калибрлерімен, жайылмалы сызғыштар мен роликті, роторлы және басқа жүйелерді қолданады.

жолының конус бұрышының бақылауы жүргізілетін БВ-471автоматынының
позициясы (бірінші) келтірілген.

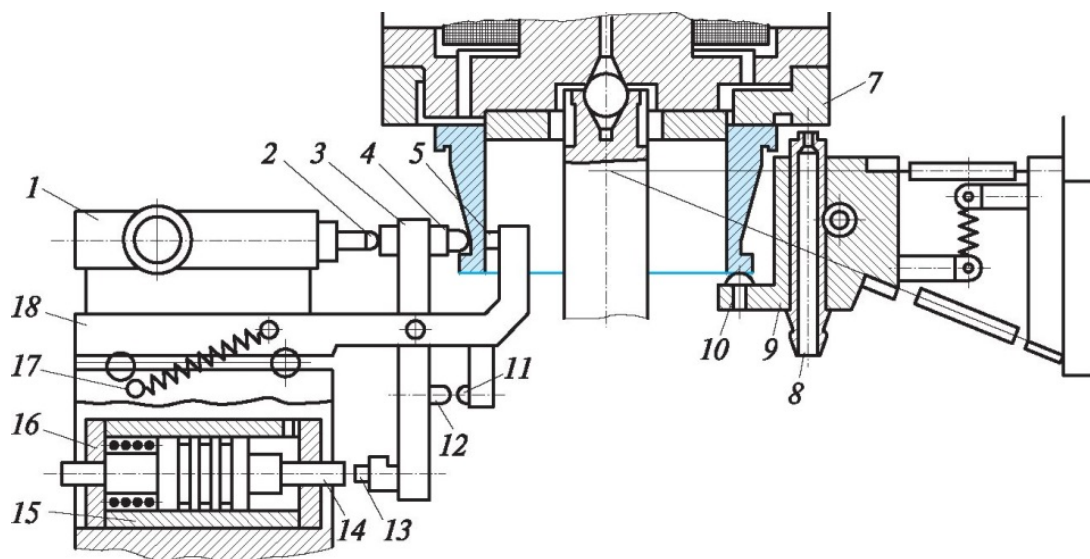


3.19 сурет. Аунақша мойынтірегінің сақинасын бақылауға арналған автомат позициясы (бірінші):

1, 24 — серіппелер; 2 мен 4 — жүзетін жақтаулар; 3 мен 5 — серіппелі аспалар; 6 мен 15 — шүмектер; 7, 14, 16 мен 19 — кронштейндер; 8, 12 — тірек; 9 — бұрандама; 10 — базалық тірек; 11 — магнитті патрон; 13 — ұштық; 17 мен 18 — түрлендіргіштер; 20 — реттеуші бұрандама; 21 — негіздеме; 22 — соташық; 23 — арретир

Өлшегіш құрылғы тұғырдың негіздемесінде 21 бекітілген. Шарикті тірек 12 аунақша мойынтіректің сақинасы бекітілген магнитті патронды 11 орталықтандыру үшін қызмет етеді. Жайпақ серіппелі аспалардағы 3 мен 5 тіректерге 8 серіппемен 1 жалғастырылған жүзетін жақтаулар 2 мен 4 бекітілген, оларға қатты қорытпалы ұштықтар 13 бар кронштейндер 7 мен 14 орнатылған.

Бақыланбалы сақинаның базалық тіректі 10 магнитті патронына 11 орнату кезінде ұштықтар 13 бақылау сәтінде сақинаның теңселісі жолының үстіне сүйенеді. Төменгі жүзбелі жақтауда 2 түрлендіргіштердің өлшегіш ұштықтарымен 17 мен 18 өзара әрекеттесетін тіреуішті кронштейндер 16 бекітілген. Түрлендіргіштер жоғарғы жүзбелі жақтауларға 4 бекітілген. Электрлі түйіспелі шекті түрлендіргіш 17 жолдың диаметрін қадағалайды, амплитудалы түрлендіргіш 18 сақинаның теңселіс жолының сопақтығын қадағалайды.



3.20 сурет. Аунақша мойынтірегінің сақинасын бақылауға арналған автомат позициясы(екінші):

1 — түрлендіргіш; 2 мен 14 — соташықтар; 3 — иінтірек; 4 — ұштық; 5 — базалық таяныш; 6 — патрон; 7 — сақина; 8 — пневмо шүмек; 9 — қалып; 10, 11, 12 мен 13 — таяныштар; 15 — пневмоцилиндр; 16 мен 17 — серіппелер; 18 — күймеше

Кронштейндерде 7 мен 14 орнатылған бұрандамалы 9 шүмектер 6 мен 15 белгілі бір ұзындықта жолдың диаметрлерінің түрлілігін, яғни конустың бұрышының ауытқуын өлшейді. Бұл шүмектер пневмотүрлендіргіштің тіректі сиффонына қосылған, ол екі шүмектің капталдарындағы жинақты саңылауының өзгерісіне әрекет етеді. Орнату немесе алу кезінде сақинадан жүзбелі жақтауларды 2 мен 4 тайдыру үшін пневматикалы арретирлер 23 қызмет етеді, олардың серіппелері 24 соташықтардың 22 орнын ауыстырып, реттеуші бұрандамалар 20 мен кронштейндер 19 арқылы позиция ортасынан жақтауларды тайдырады. Қадағалау кезінде арретир цилиндрінің 23 қуысына сығымдалған ауа еніп, піспекті соташықпен бірге 22 ортасына ығыстырып, жақтауды босатады.

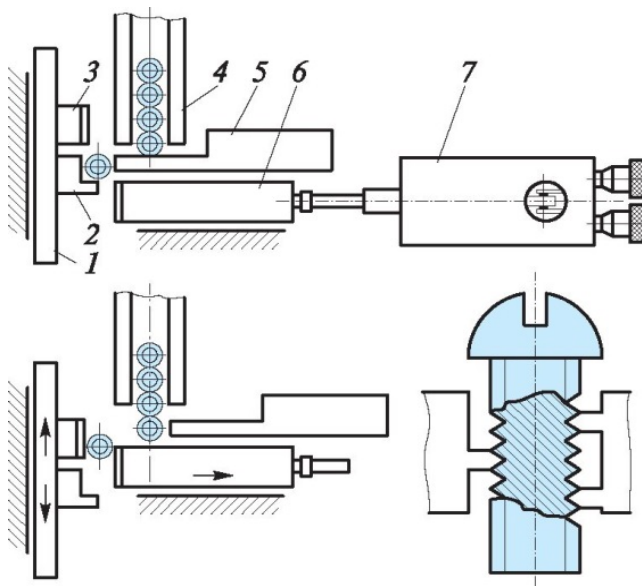
Екінші позицияда (3.20 сурет) конустық аунақша мойынтіректің ішкі сақинасының алақалыңдығы мен биіктігі бақыланады. Алақалыңдылықтың бақылауы күймешеді 18 орнатылған электр түйіспелі типті амплитудалы түрлендіргішпен 1 жасалады. Сақинаның радиал ауытқымасының қателігі шарикті бағыттауыштарда күймешені 18 орнату арқылы жоққа шығарылады. Күймешенің базалық таянышы серіппе күшінің әсерімен 17 сақинаның ішкі бетімен жанасады.

Сақинаның сыртқы бетімен күймешеді орнатылған және белдіктің айналасында тербеле алатын тұтқыштың 3 ұштығы 4 жанасады.

Ұштық 4 сақинаның бетіне түрлендіргіш 1 соташығының 2 өлшегіш күшінің әсерінен жақындатылады. Бақылау аяқталған соң ұштықты арретирлеу 4 серіппенің 16 әрекеті негізінде оңға қарай жылжитын пневмоцилиндрдің 15 соташығымен 14 жасалады, осы кезде пневмоцилиндрдің оң қуысында 15 қысым атмосфералыққа дейін азаяды.

Бұл ретте таяныштар 12 мен 13 мен тұтқыштар 3 арқылы соташық 14 күймеше 18 таянышына 11 әсер етеді, соның нәтижесінде бақыланбалы сақина базалық таяныштың 5 басуынан босатылады. Сақинаның биіктігін бақылау пневмощүмекпен 8 жасалады, одан ауа қысым әрекетінің нәтижесінде шүмектің жоғарғы қапталы мен патрон бсақинасының төменгі базалық жазықтығы 7 арасындағы саңылауға келіп түседі. Жайпақ серіппелердің аспасында орнатылған қалыптың 9 таянышы 10 сақинаның төменінің жазықтығымен жанасып, ол өзіктестік пен биіктіктен ауытқуды бақылау барысында өзінің белдігінің төңірегінде айналады.

Бұрандалы бөлшектерді бақылауға арналған жүйелер. Сыртқы бұрандамаларды (сомындарды) бақылау үшін өнімді прокаттаусыз бұранкескіштер (бір белдікті кесікте келтірілген орташа диаметрі бойынша дәлділік классының бұрандамаларын тексеру), өнімді прокаттаумен

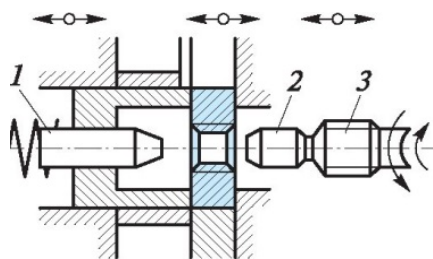


3.21 сурет. Сыртқы бұрандамаларды бақылау автоматының құрылысы:

1 — жылжыма; 2 — бекіткіш; 3 — қозғалмалы бұранкескіш;
4 — лоток; 5 — сөндіргіш; 6 — жылжымайтын бұранкескіш;
7 — электртүйіспелі түрлендіргіш

3.22 сурет. Ішкі бұрандаманы бақылау сызбасы:

1 — тегіс өтпейтін калибр; 2 — тегіс өтетін калибр; 3 — бұрандалы өтетін калибр



Бұранкескіштер (ұсақ габаритті өнімдерді бақылау), бұрандамалы аунақшалар мен кесіктік сегментті калибрлер пайдаланады. Ішкі бұрандамаларды тығынның жайылмалы немесе шекті калибрлері арқылы бақылайды.

Бұрандама бұрандыларын $M3...M8$ бақылау үшін жүйе автоматының құрылысы 3.21. суретте көрсетілген. Жүктеуші құрылғыдан бұрандамалар қоректендіретін лотокқа 4 жетіп, одан бұранкескіш 3 жылжымасына 1 бекітілген, қайтымды ілгерілемелі қозғалыс жасайтын, және электртүйіспелі түрлендіргішпен 7 байланысты жылжымайтын бұранкескіш 6 түрінде атқырылған бақылаушы позицияға кезекпенен түседі. Бақыланбалы бұрандама сөндіргішпен 5 бекіткішке 2 беріледі.

Жылжыма 1 төменге қозғалған кезде бұранкескіш 3 мен 6 бұрандаманы іліп алып, илемдейді. Бұрандама бұрандысының келтірілен орташа диаметрінің өлшеміне байланысты электртүйіспелі түрлендіргіштің 7 байланыстарының бірі тұйықталып, осы кезде тиісті электрлік импульс ақауларды іріктеу құрылғысына беріледі (ақау жөнделеді, жарамды, ақау жөнделмейді). Жүйенің бапталуы екі шекті бұрандылы калибр-тығын бойынша жүргізіледі.

Ішкі бұранданы бақылаудың (3.22 сурет) ең көп тараған түрінің бірі басында тегіс өтетін калибрмен 2, кейін бұрандылы өтетін калибрмен 3 және соңында тегіс өтпейтін калибрмен 1 бақылау болып табылады. Тегіс және бұрандылы өтетін калибрлер аралас калибр түрінде жасалған және қайтарымды ілгерілемелі мен айналмалы қимылдардың жетегімен қамтылған. Тегіс өтпейтін калибр қайтарымды ілгерілемелі қимылдардың жетегіне ие.

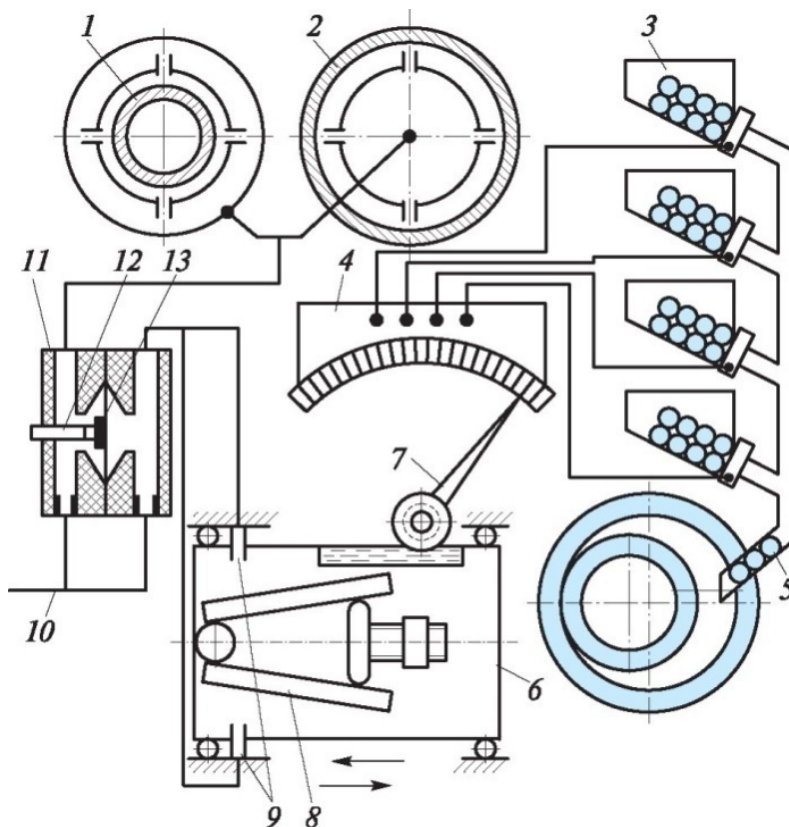
Іріктемелі құрастыру кезінде автоматты бақылау мен жиынтықтау жүйелері. Іріктемелі құрастыру үш негізгі әдіспен жүзеге асырылуы мүмкін:

1) Өлшемді топтарға сұрыпталған өнімнің құрамдас бөліктерімен, кейіннен берілген бағдарламаға сәйкес жиынтықтау мен жүйені жүктеу;

2) Топтар бойынша сұрыптаусыз қос құрамдас бөліктерді іріктеумен;

3) Тек бір құрамдас бөлікті екі немесе бірнеше ұштасқан топтарға алдын ала сұрыптауымен, кейіннен сұрыпталмаған құрамдас бөліктерді бақылаумен және оларды белгілі өлшемді топтың сұрыпталған құрамдас бөліктерімен жиынтықтаумен.

Соңғы әдісті нормаланған шама шегінде жиналған мойынтіректердің радиальды және белдікті саңылауларын алу үшін шарикті және аунақшалы мойынтіректерді құрастыру кезінде қолданады. Шарикті мойынтіректерді іріктемелі құрастыру кезінде автоматты бақылау мен жиынтықтау үшін жүйелердің құрылысы 3.23 суретте көрсетілген. Жүйенің өлшегіш позицияларында бір мезетте мойынтіректің ішкі 1 және сыртқы 2 сақиналарының жүгіретін жолдарының орташа диаметрлері өлшенеді.



3.23 сурет. Шарикті мойынтіректерді селективті құрастыру кезінде автоматты бақылау және жиынтықтау жүйесінің құрылысы:

1 — мойынтіректің ішкі сақинасы; 2 — мойынтіректің сыртқы сақинасы; 3 — шанап; 4 — реле; 5 — шарик жиынтығы; 6 — жылжымалы күймеше; 7 — шөтке; 8 — сына; 9 — шүмек; 10 — кіру; 11 — жарғақты түрлендіргіш; 12 мен 13 — электрлі түйіспелер

Әрбір өлшегіш бекетте бір-біріне 90° бұрыш астында орналасқан төрт пневмшүмектер орнатылған. Бұл астаудың өлшемін диаметрдің орташаланған мәні бойынша бағалауға мүмкіндік береді. Барлық сегіз шүмек пневматикалық жарғақты түрлендіргіштің 11 бір бұтағына қосылған. Сыртқы сақинаның астауының диаметрі неғұрлым кіші, ішкі сақинаның астауының диаметрі үлкен болған сайын, соғұрлым олардың бөлектігі мен шүмектердің жинақты саңылауы аз, ал бұған түрлендіргіш жарғағының сол жағындағы қысым тәуелді. Жарғақтың оң жағындағы қысым шүмек 9 пен сына 8 арасындағы саңылаумен анықталады.

Сына 8 саңылаудың азайтылу жағына жылжы, жарғақтың екі жағынан қысымды теңестіру кезінде электрлік түйістердің 12 мен 13 тұйықталуы орын алады. Тұйықталу кезінде жылжымалы күймешенің тақтайы коммутатор шөткесін белгілі бір қалыпта орнатып, осыдан жиынтықтау үшін шариктердің талап етілетін өлшемді тобына сәйкес келетін коммутатордың түйісі тұйықталады.

Көпсекциялы реле 4 шариктердің жиынтығын 5 белгілі бір шанаптан 3 беру туралы команда береді. Осы жүйеде тұрақтандырылған қысымның сығымдалған ауасы кіруге 10, сонымен қатар электрлік магнитпен басқарылатын реттығын арқылы өлшегіш шүмектердің арретірінің құрылғысына беріледі.

ҚАДАҒАЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Автоматтандыру деңгейі бойынша бақылаудың автоматты және автоматтандырылған құралдары қалай бөлінеді?
2. Автоматтандырылған бақылау құралдарының құрылымына қандай негізгі элементтер енгізілген?
3. Бақылаудың автоматтандырылған құралдарының негізгі метрологиялық сипаттамаларын атаңыз.
4. Автоматты және автоматтандырылған бақылау құралдарында өлшегіш түрлендіргіштердің қандай типтері қолданылады? Олардың басымдылықтары мен кемшіліктерін атаңыз.
5. Енжар бақылаудың автоматты жүйелері жіктелетін белгілерді атаңыз.

3.2

БЕЛСЕНДІ БАҚЫЛАУДЫҢ ҚҰРАЛДАРЫ

Өңдеу урдісінде белсенді бақылау құралдары өңделуші өлшем өңдеу уақытында үздіксіз өлшенеді және алынатын

ақпарат өңдеудің автоматты және қол режимін өзгерту үшін қолданылуымен және өңделуші өлшем берілген мәнге ие болған кезде тоқтатылуымен сипатталады. Бұл құралдарды өңделуші өлшем өңдеу үрдісінде кесуші құрал жұмыс бетінің орнатушы база немесе өңделуші бөлекке қатысты өңделуші өлшемнің өзгеру бағытында орын ауыстыруы (берілісі) есебінен өзгертін жағдайларда қолданады. Мұндай өңдеудің түрлеріне мыналар жатады, мысалы, ішкі ажарлау, сыртқы ойып дөңгелек ажарлау, жануыштау, ажарлағыш шеңбердің өңделетін бетті сансыз жүріп өтуімен жайпақ ажарлауы, ойма қайрау және т.б.

Өңдеуден кейін белсенді бақылау құралдарын, сондай-ақ реттеуші деп аталатындарды берілген өлшемді қамтамасыз ету кесуші құралдың жұмыстық бетін «өлшемге», яғни бекітіп тұратын базалардың немесе өңделуші бөлшектің немесе өңдеуші құралдың айналу белдігінен белгілі қашықтықта орнату арқылы іске асыру жағдайларында қолданады.

Белсенді бақылау құралынан алынатын өлшем туралы және өңделген өлшемнің рұқсат өрісінде барлығын, сонымен қатар, бұл өлшем рұқсат өрісінің шегіне жақындап қалғандығын білдіретін мәліметтерге ие ақпаратты кесуші құралдың жұмыс бетінің қалыбын өзгерту үшін, өңдеуді тоқтату үшін немесе өңдеуші жабдықты тоқтатуға және жөндеушіні шақыру үшін дыбыс беру үшін қолданады. Өңдеудің мұндай түрлеріне мыналар жатады, мысалы, «өтуге» центрсіз дөңгелек ажарлау, қашау, оның ішінде алмасты, жону, «бір өтуде» жайпақ ажарлау, жазу және т.б. Өңдеуден кейін белсенді бақылау құралдарын кейде бөлшектерді өңделуші өлшемді өзгерту бағытында жылжитын құралмен өңдеу жағдайларында қолданады, алайда өңдеудің кездейсоқ қателіктері шақтамамен салыстырғанда зор емес, сонымен қатар баяу әрекет ететін жүйелі қателіктердің ықпалын жою кезінде, мысалы сыртқы центрсіз дөңгелек ажарлау барысында ажарлау шеңберінің тозуы салдарынан.

Белсенді бақылау құралдарының негізгі міндеті өңделетін өлшемге БҚҚБ (білдек — құрылғы — құрал — бөлшек) жүйесінде әрекет ететін әртүрлі факторлардың ықпалын жүйелі және кездейсоқ түрде жою, мысалы, кесуші құралдың тозуы, температуралық деформациялар, өңделуші материал әдібінің тұрақсыздығы мен механикалық қасиеттеріне байланысты, сонымен қатар кесуші құралдың мұқалуынан пайда болатын БҚҚБ жүйесіндегі серпінді күштік деформациялар.

Кейде белсенді бақылау құралдары өңдеудің аяқталу сәтінде өңделуші бөлшектің температурасының тұрақсыздығынан пайда болатын температуралық қателікті де жоққа шығаруға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда белсенді бақылау құралы өңделуші бөлшектің температурасын тұрақтандыру үшін өңдеу режимін оның аяқталу сәтіне тұрақтандырады, немесе бұл температураның өңделуші бөлшектің температуралық деформациялары бойынша анықтайды немесе тікелей өзінің баптауына түзетулер енгізеді.

Белсенді бақылау құралдарын қолданудың экономикалық тиімділігіне қол жеткізетіндер:

- Ақауды қысқарту мен болдыртпау есебінен;
- Көп білдекті қызмет көрсету кезінде өңдеу өнімділігін арттыру;
- Тиімді режимдерді ұстап тұру мен білдектің тоқтауы мен сынамалық өлшеулерге уақыт шығынын болдыртпау;
- Шығарылатын өнімнің сапасын арттыру.

Бөлшектерді мәрелі абразивті өңдеу, бірінші кезекте ажарлау мен жуаныштау қазіргі кезде белсенді бақылау құралдарын қолданатын негізгі облыс болып тұр. Бұл өңдеудің дәлдігіне жоғары талаптармен және бір қатар жағдайларда кесуші құралдың салыстырмалы ұсақ өлшемді беріктігімен түсіндіріледі. Белсенді бақылау құралдарын сирек қайрау және оданжа сирек жону жұмыстарында пайдаланады.

Білдектерді автоматты басқару белсенді бақылау құралдарын жасаудағы жаңа бағыт болып табылады. Бұл өнеркәсіпте автоматты және автоматтандырылған білдектердің паркі елеулі өскендігімен түсіндіріледі, ал белсенді бақылау құралдарын қолдану көзделген барлық жаңадан жобаланатын білдектер осы құралдармен автоматты байланысқа және олардан алынатын команда көмегі арқылы басқаруға есептелген.

Белсенді бақылау құралдары ретінде қатты калибрлерді қолдану қысқартылуда, себебі оларды қолдану білдекті басқару үшін алынуы мүмкін командалар санын шектейді, баптау деңгейін дәл реттеу мүмкіндігінен айырады, ұқсас түрде өлшенбелі өлшемнің мәні туралы дыбыс белгі алуға, калибрдің өлшегіш беттерінің шарасыз тозуының өтеуін қиындатып, өңдеудің барысын көзбен қадағалауға мүмкіндік бермейді.

Соңғы уақытта өлшеудің электронды қағидаты кең таралуда. Бұған тез әрекет, дыбыс белгіні қажеттілікке сай түрлендіру мүмкіндігі, құралды жасау үшін жақсы дамытылған элементті база, сонымен қатар аралық түрленулер мен есептеуді, талап етілетін түрде дыбыс белгі мен команданы алу үшін стандартталған екінші құрылғылардың болуы көмектесті. Өлшеудің электронды қағидатын пайдалану белсенді бақылау құралдарын замануи өңдеу тәсілдері мен тиісті металл кесшуі білдектерге қолдану облысын кеңейтуге мүмкіндік берді.

Белсенді бақылаудың электронды құралдарын өңдеудің барлық уақыты бірнеше секундтан тұратын жылдамдықтық және күштік ажарлау білдектерінде пайдаланады. Мұндай құралдар білдектерде берілген шекте нақты берілісті қолдай отыра кесуші құралдың бағушы берілісін іске асыруға мүмкіндік береді, мұны берілістің қарапайым механизмдері арқылы жасау БҚҚБ жеткіліксіз қаттылығы немесе басқа себепке орай мүмкін болмайды.

Ажарлау шеңберінің айналдырғысының аз қаттылығымен ішкі ажарлау білдектерінде өңдеудің дәлдігі мен өнімділігі бойынша ең жақсы нәтижелерге берілістің адаптивті басқару жүйесінде қол жеткізуге мүмкіндік бар, мұнда белсенді бақылаудың электронды құралы өңделуші өлшемнің шамасын ғана бағып қоймай, сонымен бірге оның өзгеру жылдамдығына қарайды, бұл жылдамдықты әрбір участкеге белгілі деңгейде ұстап тұрады. Бұл жағдайда өлшемді өзгерту жылдамдығын құрал дифференциалдау құрылғысының көмегімен уақыт бойынша өлшемнен туынды ретінде анықтайды.

ЧПУ Сандық бағдарламалық басқаруы (СББ) бар ажарлау және жонғыш білдектер топтарында өлшем ауқымы үлкен белсенді бақылау құралдары қажет, олар өңдеудің барлық диапазонында өңделуші беттің абсолютті өлшемін анықтауға мүмкіндік береді.. Бұл құралдар білдектің бағдарламалық басқару жүйесімен байланысты болуы, бұл жүйеден алатын командаларды атқаруға, және өз кезегінде бұл жүйеге өлшенетін өлшемнің мәні туралы сигналдарды беруге міндетті.

Ең көп таралған автоматты тізбектер мен тегіс өндірістік жүйелердегі (ТӨЖ) белсенді бақылау құралдары,, олардың табысты жұмысы осы құралдарсыз мүмкін болмас еді: белсенді бақылау құралдары ажарлау білдектерінің беріліс механизмдерін басқарады, жұқа қашау немесе жазудан кейін тесіктердің диаметрін өлшейді және

құралды реттеуге немесе оны ауыстыру үшін білдекті тоқтатуға дыбыс береді, жануыштау білдектерін басқарады, «өтуге» жұмыс жасайтын жонғыш, центрсіз ажарлау және тегіс ажарлау білдектерін реттеуге команда береді.

Белсенді автоматты бақылау құралдары машина құрылысы өнімінің сапасын реттеу үшін ең тиімді құрылғылардың бірі болып табылады. Оларды қолдану нәтижесінде металл кесуші білдектерде тиімді өңдеу режимдерін ұстап тұру, өңделген өлшемдерді қажетті дәлдікпен алу қамтамасыз етіледі.

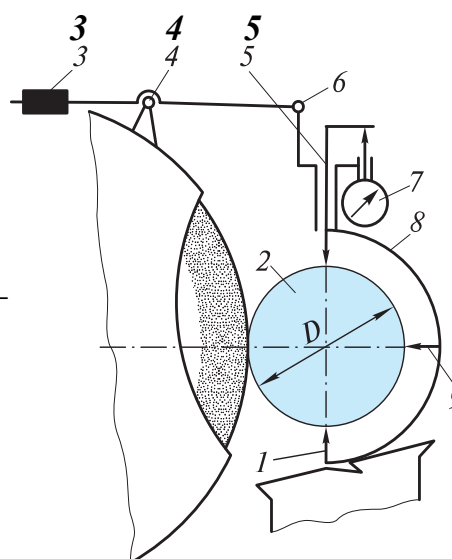
3.2.1. Ажарлау білдектері үшін өлшеу жарағын құру қағидаттары

Дөңгелек ажарлау орталықты білдектерде өңделуші бөлшектің сыртқы диаметрін бақылау құрылғылары ең кеңінен таралуға ие болған. Бөлшектің ажарланатын бүйіржағының қалыбын, бөлшектің бүйіржақтары арасындағы қашықтықты немесе ажарлау шеңберіне бөлшекті үстелді белгілі бір түрде орнатуды қадағалауға арналған құрылғылар сирек қолданылады.

Диаметрді өлшеу үшін өңделетін бетпен жанасатын өлшеуші және базалық ұштықтардың саны бойынша ажырату қабылданған сызбалардың бірқатарын пайдаланады. Үш түйіспелі сызба бойынша жұмыс жасайтын құрылғыларда (3.24 сурет) капсырма 8 онымен мықты байланысқан өлшеуіш 1 және базалаушы 9 ұштықтармен қамтылған, олар өңделуші беттерге сүйенеді және өңделуші бөлшек 2 пен капсырманың 8 белдіктерінің өзара қатаң белгіленген орналасуын қамтамасыз етеді.

3.24 сурет. Үш түйіспелі өлшеуіш капсырманың сызбасы:

1 — өлшеуіш ұштық; 2 — өңделуші бөлшек; 3 — жүк; 4 мен 6 — топсалар; 5 — өзек; 7 — есептеуші құрылғы; 8 — капсырма; 9 — базалаушы ұштық

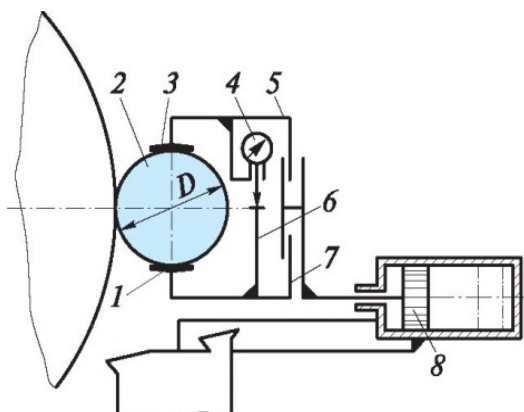


Екінші өлшеу ұштығы қапсырмаға 8 қатысты жылжи алатын өзекпен 5 байланысқан. Өңделуші бөлшектің диаметрінің D өзгеруі есептеуші құрылғымен 7 немесе осы құрылғының қапсырмасымен мықты байланысқан сезімтал элементі (индуктивті түрлендіргішпен, өлшеуіш шүмекпен) арқылы қабылданады.

Көп жағдайда қапсырма ажарлау шеңберінің қаптамасына арнайы механизмімен бекітілген. Бұл бөлшекті орнату және алу кезінде ыңғайлы, өйткені ажарлау шеңберінің қыспағы одан елеулі қашықтыққа әкетіледі. Мұндай бекітілу бір шеңбермен біртіндеп өңделуші бөлшектің бірнеше мойнын ажарлауда ыңғайлы.

Бойлап беріліспен ажарлау жағдайында қапсырманы орнату құрылғысын білдектің үстеліне өлшеу дәлдігіне ықпал ететін қапсырма мен оның белдігінің бойына бөлшектің салыстырмалы жылжуы болмас үшін алдыңғы немесе артқы қыспақ арқылы бекітеді. Мұнда өңделетін бөлшектің диаметрі оның белдігінің бойымен жасалатын бір кимада өлшенеді. Білдекке үш түйіспелі қапсырманы орнату үшін құрылғының құрылымы бөлшектің үстінде қапсырманың өзі орнатылуы үшін еркіндіктің қажетті деңгейін топсалардың 4 мен 6 болуы арқасында қамтамасыз етеді. Бөлшектің үстіне ұштықтардың басылуы 1 және 9 жүк 3 немесе арнайы серіппе көмегімен жүзеге асады.

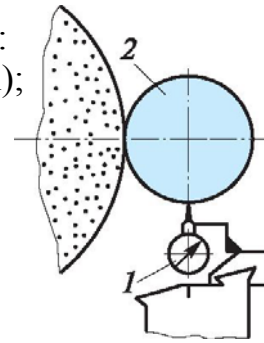
Екі түйіспелі (3.25 сурет) сызбада жұмыс жасайтын құрылғыларды өлшеуші ұштықтар 1 мен 3 күймешелерге (тұтқыштар) 5 мен 7 бекітілген, олар ұштықтарға өңделуші бөлшектің 2 өлшемінің D өзгеруін бағуға мүмкіндік береді. Күймешенің бірімен есептеуші құрылғы 4 немесе осы құрылғының сезімтал элементі, ал басқасымен таяныш 6 байланыстырылған.



3.25 сурет. Екі түйіспелі өлшеуіш қапсырманың сызбасы:

1 мен 3 — өлшеуіш ұштықтар; 2 — өңделетін бөлшек; 4 — есептеу құрылғысы; 5 мен 7 — күймешелер (тұтқыштар); 6 — таяныш; 8 — жетекті құрылғы

3.26 сурет. Бір түйіспелі өлшеуіш құрылғының сызбасы:
1 — есептеуші құрылғы (немесе оның сезімтал элементі);
2 — өңделетін бөлшек



Мұндай сызбада кесу күшімен немесе жылу құбылыстарымен шақырылған бөлшекті өлшеу сызығы бойынша кездейсоқ жылжытулар бақылаудың нәтижесіне әсер етпейді. Өлшеу сызығына перпендикулярлы бөлшектің жылжуларының ықпалдары елеулі дәрежеде өлшеуші ұштықтардың параллельдігі есебінен жойылады. Екі түйіспелі қапсырманы жетекті құрылғының 8 көмегімен әдетте білдек үстеліне бекітіп және осы қапсырмалардың көмегі арқылы бір қимада бөлшекті қадағалайды. Құрылғыны енгізу мен шығарудың тіксызықты траекториясы бұл қозғалыстарды көбірек қарапайым автоматтандыруға мүмкіндік береді екітүйіспелі өлшеуіш сызбалар автоматтандырылған білдектерде ең көп таралуға ие болды.

Бір түйіспелі өлшеу сызбасында (3.26 сурет) есептеуші құрылғы (немесе оның сезімтал элементі) 1 әдетте білдек үстеліне бекітіледі және өңделуші бөлшектің бетінің 2 үстел бетінен қашықтығы өлшеніледі. Орталық биіктігі өңдеу үдерісінде тұрақты деп жобалай отыра, бөлшектің радиусы – орталықтар өсінен өнімнің өңделуші бетіне дейінгі қашықтық өлшенілді деп есептеуге болады.

Біртүйіспелі сызба құрылымы бойынша қарапайым, мұнда өлшеуші құрылғыны енгізу мен шығаруға қажеттілік жоқ, өңделуші бөлшекті орнату мен алуда кедергілер болмайды.

Бұл сызбаның кемшіліктері келесілер: өлшеуші тізбекке білдектің тораптары кіреді (үстел, алдыңғы және артқы қыспақтар және т.б.) және есептеудің дәлдігіне толығымен осы тораптардың күштік және температуралық деформациялары әсер етеді. Сонымен бірге, бөлшектің радиусының өзгеруі бақыланады, бұл сондай-ақ өлшеудің дәлділігін төмендетеді. Алайда өңдеудің жеткілікті тұрақты режимдерінде біртүйіспелі сызбаларды қолдану 7...8 қвалитет бөлшектерін алуға мүмкіндік береді.

3.2.2. Үзікті бетті бөлшектерді бақылау әдістері

Дөңгелек сыртқы ажарлауда бетінде үзігі бар бөлшектерді бақылауға тура келеді.

Бұл жағдайларда құралдың өлшеуіш ұштықтары өңделуші бөлшектің үстінде ауық-ауық болып, кейіннен сырғып кетеді.

Дөңгелек ажарлауда кездесетін үзікті беті бар бөлшектердің қимасы (білікшелер) келесідей болады: іштен жану қозғалтқышының буатты (3.27, а сурет) және оймакілтекті (3.27, б сурет) біліктері, майлаушы тесігі бар білік (3.27, в сурет), үш майлаушы жырашығы бар білік (3.27, г сурет), тісті доңғалағы (3.27, д сурет), ұңғы мен фрезалары (3.27, е сурет), спиральды бұрғысы (3.27, ж сурет), таңбалаушы (3.27, з сурет) мен сопақ піспегі (3.27, и сурет).

Белсенді бақылаудың құралын таңдау кезінде үзікті беттің кейбір сипаттамаларын білу қажет. Оның маңызды сипаттамасы - өне бойына үзіктерге өлшеуіш ұштықтар түспейтін доғаның ұзындығы L . Егер бөлшектің бетінде дөңес болып және олардың сандары жұп болса (қара 3.27, б, д, е, ж сурет), онда бір және екі түйіспелі құрал үшін доғаның ұзындығын L мына формула бойынша анықтайды:

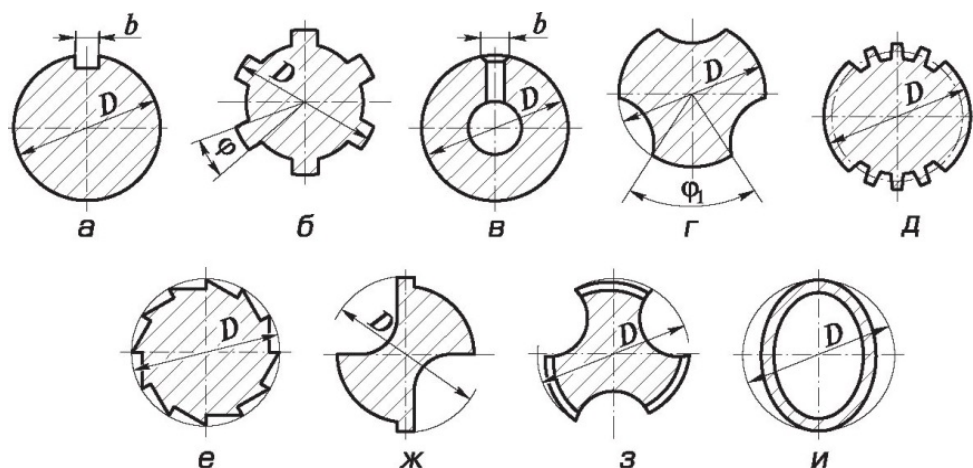
$$L = D/2j,$$

мұнда D — өңделуші беттің сыртқы диаметрі, мм; j — үздіксіз участкенің орталық бұрышы, рад.

Құралдың уақытша және динамикалық сипаттамасын анықтау үшін бақыланбалы беттің қозғалыс жылдамдығын V білу қажет, мм/с:

$$V = nDn/60,$$

мұнда n — минутына өңделетін бөлшектің айналу саны.



3.27 сурет. Дөңгелек ажарлау кезінде кездесетін үзікті бетті біліктің қималары

Құралдың маңызды сипаттамасы - өлшеуіш ұштықтың өлшенетін бетте болу уақыты t :

$$t = L/V.$$

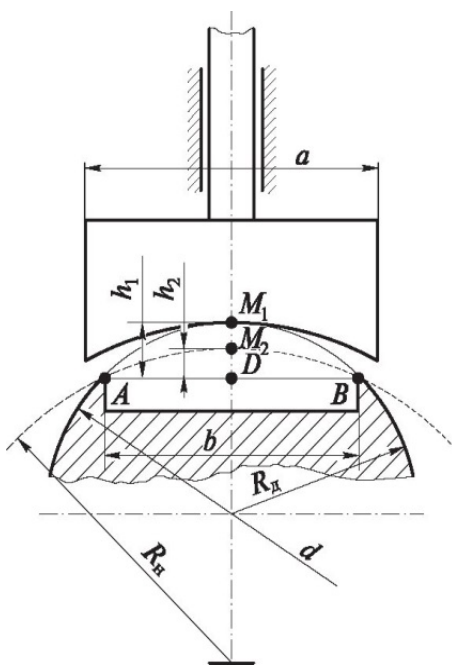
Құралдың қағидатты сызбасы мен құрылымдық ерекшеліктері көбінесе t мәніне байланысты.

Бір бағытта тұрақты жылдамдықпен өлшеуіш ұштықтың астында жылжитын өңделетін үзікті беттің сипаттамасы үшін *үзіктіктің коэффициенті* деп аталатын үзілулі доғасының ұзындығына m (немесе тиісті бұрыштың w) доғаның L (немесе j бұрышы) қатынасын пайдаланады:

$$K = L / m = j / w.$$

Үзікті бетті бөлшектерді өлшей отыра құралдың құрылымына өлшеуші ұштықтарды беттің үзілулеріне түсу кезінде сынудан қорғайтын арнайы құрылғыларды енгізеді. Бұл құрылғылар жалған басқару командаларының берілуін ескертеді және есептеуші құрылғының тілінің теңселісін азайтады.

Доңғалақ ажарлауда үзіктің бетті қадағалау үшін ең қарапайым құрылғы болып бөлшектің радиусына Y_0 жақын радиусқа L_n , ие және беттердің үзілулерін жабатын доға тәрізді ұштықтар табылады (3.28 сурет).



3.28 сурет. Доға тәрізді ұштықпен бақылау сызбасы ($Y_n > Y_0$)

Доға тәрізді ұштықтың тыныш және екпінсіз жұмысы үшін оның ені келесіні құрау қажет:

$$a = (2,2...2,5) b,$$

мұнда b — саңылаулардың ені, ал оның радиусы $Y_n > Y_d$, бұл ретте Y_n әдетте әдіпті өңделетін бөлшектің радиусына тең.

Доға тәрізді ұштықтармен құралдар 0,015... 0,020 мм кем емес өңдеудің дәлдігін қамтамасыз ете алады, сондықтан қазіргі кезде мұндай құралдар сирек қолданылады.

Буатты жырашықтар мен тесіктері бар бөлшектерді $K > 2$ кезінде түрлендіргіштің шығу дыбысының теңселісін азайту арқылы қадағалайды. Ол үшін пневматикалық құралдарда өлшеуіш камерасының шығуында диаметрі 0,4...0,5 мм дроссельді орнатады. Дросселдің болуы есептеуші құрылғылардың сифонында қысымның теңселісін елеулі төмендетіп, тиісінше құралдың электрлік түйіспелері мен тілдерімен күймешенің теңселісін азайтады.

3.2.3. Түйіндес ажарлау құралдары

Қосылыстарда берілген ұсақ саңылауларды жасау үшін (тартылыс), мысалы отын аппаратурасының бөлшектерінде, қосылыстардың бөлшектерінің бірін (көбінесе біліктің) басқа бөлшекті өлшеу нәтижелері бойынша түйіндес өңдеу қолданылады.

Бұл жағдайларда құрал өңделетін білікті, өлшеуші құрылғыны бақылайтын, өңделген тесіктің, есептеуші-командалық құрылғының диаметрін өлшейтін, екі құрылғыдан да келіп түсетін дыбыстарды жинақтайтын, және білдектің өңдеу циклін басқаратын өлшеуші қапсырмадан тұрады.

Әдетте дәл түйіндеу ішінара өзара алмасу шарттарында салыстырмалы кең, экономикалық пайдалы рұқсаттармен өңделген тесіктер мен білікті бөлшектерді өлшемі бойынша селективті топтарға сұрыптау есебінен, ал кейін аттас селективті топтардан түйіндес бөлшектерді құрастыру есебінен қол жеткізіледі. Осындай топтардың әрбірінің ішінде бұл ретте толық өзара алмасу жүзеге асады.

Селективті құрастыруды қолдану бөлшектердің жеткілікті саны, оның ішінде аттас топтардың бөлшектері бар тек жаппай немесе ірі сериялы өндірісте мүмкін.

Жеке өндірісте түйіндеудің осындай дәлдігі еңбекті көп қажет етеді әрі қымбат жолмен қиюластыру арқылы қол жеткізіледі.

Белсенді бақылау құралын түйіндес ажарлау үшін қолдану сериялы және ұсақ сериялы өндірісте ұтымды және жоғары дәлдіктегі цилиндрлік түйіндеуді қолмен қияластырусыз алуға мүмкіндік береді.

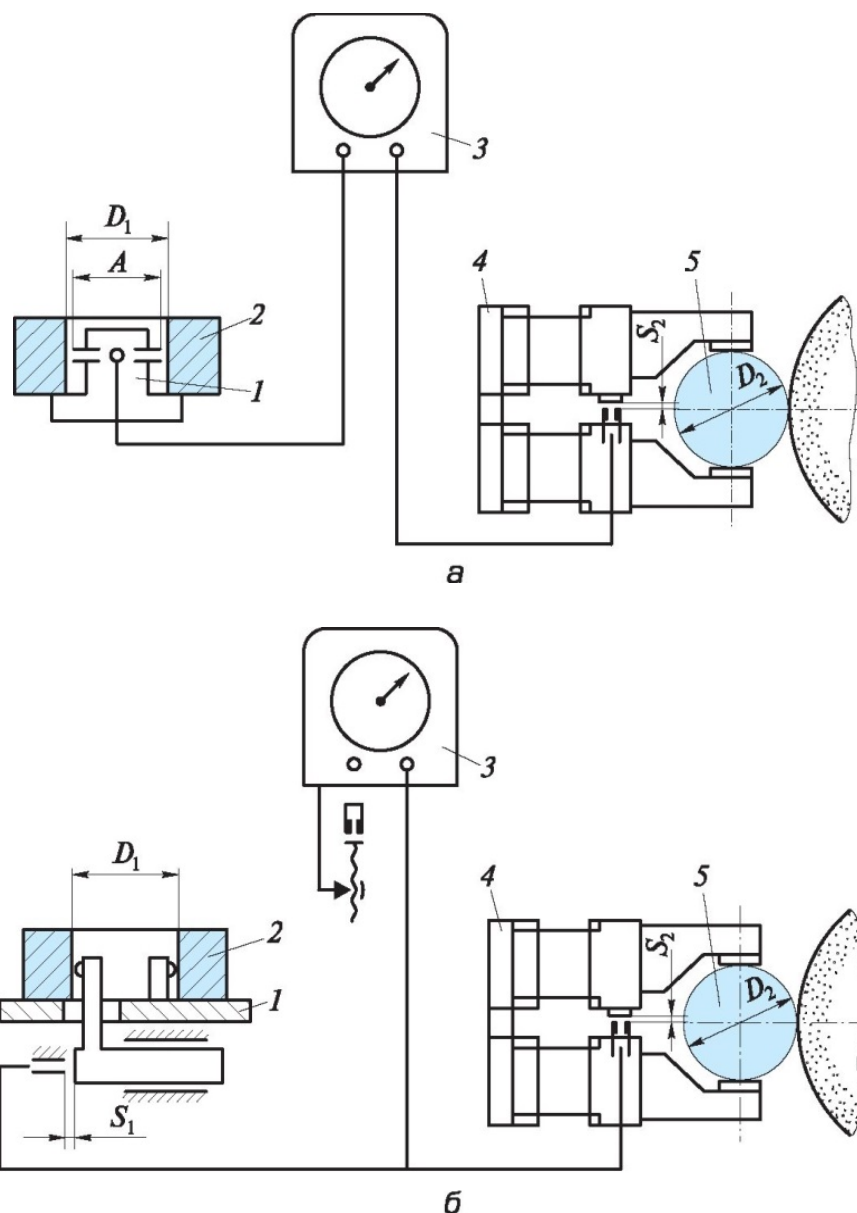
Бұл ретте дөңгелек ажарлағыш білдектің өлшемді алуының дәлдігін, өңделуші бөлшек бетінің түйіндестегі саңылаулар (тартылыс) рұқсаттарына сәйкес келетін дұрыс геометриялық пішін мен бұдырлығын қамтамасыз ету қажетті шарттар болып табылады.

Түйіндес ажарлау құралдарын стандартты пневматикалық, индуктивті және сиымдылық құралдарының базасында дайындайды.

БВ-4009 пневматикалық құрал. БВ-4009 Дифференциалды типті құрал (3.29, а сурет) 0,5 мкм бөлу бағасымен БВ-6060 типті есептеуші-командалық құрылғыдан 3 тұрады, онда қысымға қарсы тораптың орынына төлкенің 2 саңылау D_1 диаметрін 1 және БВ-3153-80 типті өлшеуіш қапсырмасын 4 өлшеуге арналған құрылғы қосылған, оның көмегімен ажарланатын біліктің 5 диаметрі D_2 өлшенеді. Есептеуші-командалық құрылғы 3 диаметрге D_1 тәуелсіз саңылау (немесе тартылыс) тұрақты шамаға ($D_1 - D_2 = \text{const}$) жеткен кезде білікті өңдеудің аяқталуына команда беруі үшін өлшеуші сызбаның екі бұтағының да сезімталдығы тең болуы қажет.

Кезекті төлкенің өлшемін D_1 ұлғайту жағдайында, яғни белгілі бір шамаға саңылауды ұлғайтқан кезде, есептік құрылғымен команда осы шамаға ұлғайтылған саңылауда S_2 беріледі, яғни ажарланушы біліктің диаметрінің D_2 үлкен мәнінде.

3.29, б суретте дифференциалды емес сызба бойынша жұмыс жасайтын БВ-4009НД құралының сызбасы көрсетілген. Құрал БВ-6060 типті есептеуші-командалық құрылғыдан 3, БВ-3153-80 типті өлшеуіш қапсырмадан 4 тұрады, оның көмегімен ажарланатын біліктің 5 және өлшеуіш бекетінің 1 диаметрі D_2 өлшеніледі, оның көмегімен түбегейлі өңделген төлкенің 2 тесігінің диаметрі D_1 өлшеніледі. Дифференциалды құралдан айырмашылығы өлшеуші қапсырманың 4 мен өлшеуші бекеттің 1 өлшеуші шүмектері пневматикалық жүйенің бір бұтағына қосылған. Бұл ретте саңылаудың (тартылыстың) $D_1 - D_2 = \text{const}$ тұрақтылығы $S_1 + S_2 = \text{const}$ шартымен қамтамасыз етіледі.



3.29 сурет. Түйіндес ажарлауға арналған БВ-4009

пневматикалық құралдың сызбасы:

a — дифференциалды типті: 1 — диаметрді өлшеуге арналған құрылғы; 2 — төлке; 3 — есептеуші-командалық құрылғы; 4 — өлшеу қапсырмасы; 5 — ажарланатын білік; *б* — дифференциалды емес типті: 1 — өлшеу бекеті; 2 — төлке; 3 — есептеуші-командалық құрылғы; 4 — өлшеу қапсырмасы; 5 — ажарланатын білік

Сызбадан көрініп тұрғандай D_x өлшемін ұлғайтқан кезде саңылау B_x азаяды, сондықтан құралдың командасы саңылауын S_2 ұлғайту кезінде, демек, сол шамаға диаметрді D_2 ұлғайту кезінде беріледі. Сонымен, түйіндес жұпта саңылау тұрақты болып қалады.

Дифференциалды емес және дифференциалды құралдардың дәлділік пен пайдалану сипаттамалары бірдей дерлік.

Терең тесіктерді өлшеу кезінде түйіспесіз пневматикалық тығынмен дифференциалды құралды қолдану ең қолайлы, сонымен бірге дифференциалды емес құрал әмбебап мақсаттағы қарапайымырақ өлшеу бекетіне ие болуға мүмкіндік береді.

БВ-4009 құралы ± 30 мкм шегінде түйіндестерді жасауға мүмкіндік береді. Технологиялық негізделген режимдерде саңылауларды (тартылыстарды) алу дәлдігі 1 ...2 мкм құрайды.

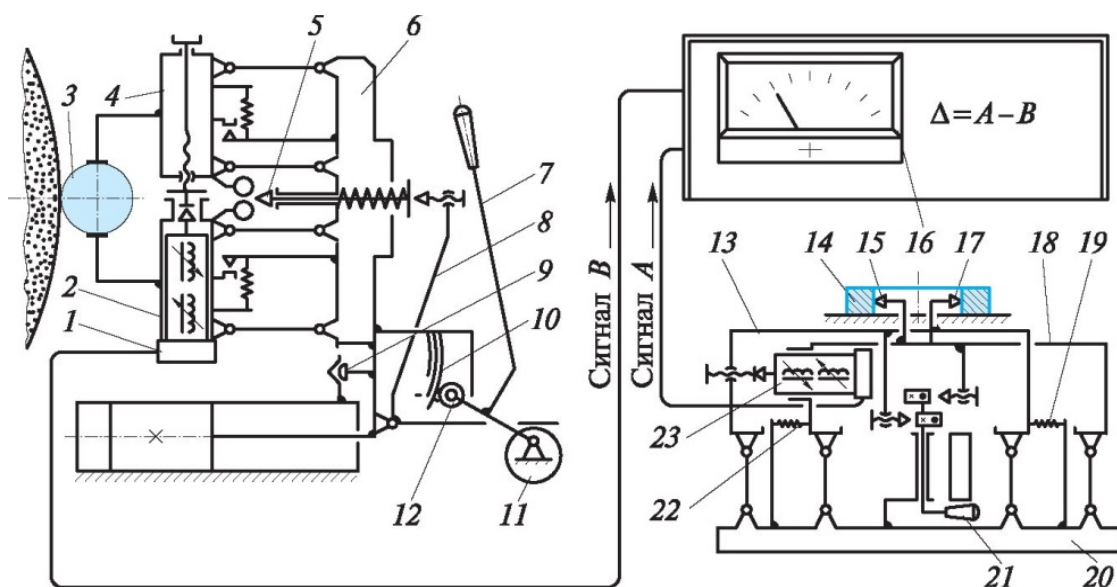
Индуктивті өлшеу жүйесі БВ-4180. Талапетілетін саңылаумен немесе тартылыспен түйіндес түбегейлі өңделген төлке тесігіне бейімделетін тегіс біліктің автоматты ажарлау циклін басқаруға арналған жүйе.

Өлшеу жүйесін орындаудың 23 нұсқасы көзделген, олардың айырмашылықтары жұмыс циклі басқару командалары санына қойылатын талаптармен, өлшеу диапазоны мен шкаланы бөлу бағасымен, сонымен қатар білдектердің әртүрлі модельдеріне байланыстырылу ерекшеліктерімен анықталады.

Өлшеу жүйесінің жиынтығына типтік функционалды тораптар енеді: есептеуші-командалық құрылғы БВ-6119, гидравликалық не болмаса қол әрекетінің әкелуші құрылғысымен үстел үстілік индуктивті қапсырма БВ-3152 немесе БВ-3232 және тесіктерді өлшеуге арналған құрылғы БВ-3111.

Арретирлеу механизмі мен қол әрекетінің әкелуші құрылғысымен үстел үстілік қапсырмамен қамтылған өлшеу жүйесінің жұмыс циклі келесі түрде жасалады (3.30 сурет).

Циклдің бастапқы фазасында айналдырғы қыспақ пен үстел үстілік қапсырма 6 бастапқы қалыпта болады. Білікпен түйіндестіру үшін арналған төлкені 14 құрылғының базалау элементіне тесіктерді өлшеу 20 үшін орналастырады. Арретирлеу механизмінің тұтқышын 21 бұрау кезінде күймешеді 13 мен 18 орнатылған өлшеу ұштықтары 15 мен 17 өлшеу күш салуын жасайтын серіппелердің 19 мен 22 әсеріменен бақыланбалы бөлшекпен жанасады. Күймешелердің 13 мен 18 тесіктердің өлшемімен анықталатын өзара қалыбы индуктивті түрлендіргішпен 23 бақыланады. Бақыланбалы тесіктің диаметріне мөлшерлес түрлендіргіштің шығу электрлік сигналы А есептеуші-командалық құрылғыға келіп түседі 16.



3.30 сурет. Өлшеу жүйесінің кинематикалық сызбасы БВ-4180:

1 — индуктивті түрлендіргіштің соташығы; 2 мен 4 — өлшеу күймешелері; 3 — түйіндес біліктің дайындамасы; 5 — тығынжыл; 6 — үстел үстілік қапсырма; 7 — тұтқыш; 8 — аралық тұтқыш; 9 — сфералық таяныш; 10 — рессор; 11 — жұдырықша; 12 — ролик; 13 мен 18 — күймешелер; 14 — төлке; 15 мен 17 — өлшеу ұштықтары; 16 — есептеуші-командалық құрылғы; 19 мен 22 — серіппелер; 20 — тесіктерді өлшеу үшін құрылғының базалау элементтері; 21 — тұтқа; 23 — индуктивті түрлендіргіш

Білдектің ортасында түйіндес біліктің дайындамасын 3 бекітуден кейін айналдырғы қыспағының жылдамдатылған келтіруі жүзеге асып және әдіптің қаралтым бөлігі алынады.

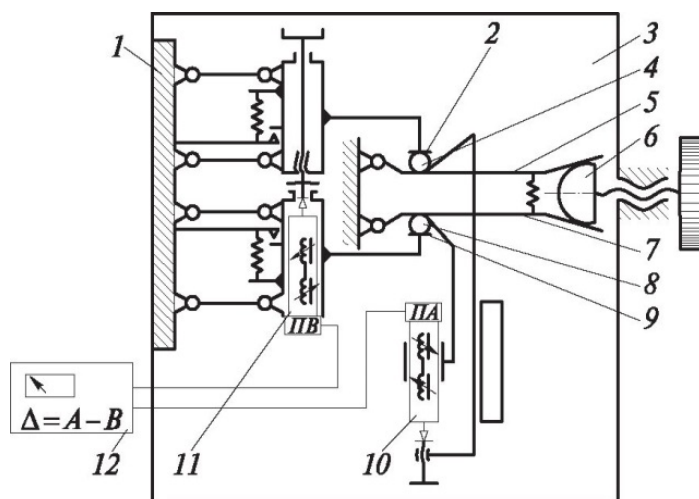
Үстел үстілік қапсырманың 6 ажарланатын дайындама тұсына жұмыстық ауысуы тұтқышты 7 сағат тіліне қарсы бағытта бұру кезінде рессорамен 10 өзара әрекеттесетін аунақшамен 12 қамтамасыз етіледі. Рессораның деформациясы 10 есебінен жұмыс жүрісі соңында сфералық таяныштың 9 базалау призмасының қырларымен күштік түйісуі қамтамасыз етіледі. Осының нәтижесінде қапсырма бақыланбалы дайындамаға қатысты тұрақты бейімделген. Жеткізуші құрылғы өлшеу ұштықтарын арретирлеу механизмімен қамтылған. Қапсырманың бастапқы қалыбында және оның бақыланбалы бөлшекке қозғалысы барысында конустық тығынжыл 5 жұдырықшаның дөңесімен 11 өзара әрекеттесетін аралық тұтқыштан 8 жылжуды ала отыра өлшеу күймешелерін 2 мен 4 ашады. Қапсырманың жұмыс жүрісінің соңында аралық тұтқыштың 8 көлденең иығы жұдырықшаның жұмыс профилінің ойпатына 11 құлайды.

Осының нәтижесінде конустық тығынжыл 5 қайтарымды серіппенің күшімен оңға қарай ұмтылып және босатылған өлшеу ұштықтары 15 мен 17 ажарланатын біліктің бетімен жанасады.

Қапсырманың өлшеу күймешелерінің өзара жылжулары индуктивті түрлендіргіштің соташығымен 1 қабылданады. Біліктің ағымдағы өлшеміне мөлшерлес түрлендіргіштің шығу сигналы В есептеуші-командалық құрылғыға 16 келіп түсіп, онда төлкедегі 14 тесіктің өлшеміне мөлшерлес А сигналынан азайтылады. Түйіндес жұптағы саңылау немесе тартылыс шамасын сипаттайтын қорытқы сигнал $K = A - B$ электронды сызбамен түрлендірілгеннен кейін микрометрлерде бөліктенген көрсетуші құралдың шкаласы бойынша есептеледі. Білдектің жұмыс циклін автоматты басқару алдын ала бекітілген К шамасына жету кезінде сыртқы электрлік тізбектерге келіп түсетін өлшеу жүйесінің командаларымен жүзеге асырылады. Білдектің атқарушы органдарына әсер ете отыра алғашқы командалар айналдырғы қыспағының беріліс жылдамдығын өзгертеді. Соңғы команда өңдеу циклін түйіндес жұптағы саңылаудың немесе тартылыстың берілген шамасын алу сәтінде тоқтатады.

Өлшеу жүйесін баптау үшін талап етілетін саңылауға келтірілген білік пен төлкені қолдануға кеңес беріледі; тесіктің өлшемі оны дайындауға рұқсат өрісінің ортасына сәйкес келгені жөн, ал тесік пен біліктің өлшемдерінің әртүрлілігі түйіндесудегі саңылаудың берілген орташа мәніне тең келгені дұрыс.

Өлшеу жүйелерін жөндеу және пайдалану барысында индуктивті түрлендіргіштердің шығу сигналдарының масштабын келісу және оларды жинақтаудың қателігін анықтау қажет. Тексерудің тәсілі келесідей(3.31 сурет). Тесіктердің өлшеу құрылғысына 3үстел үстілік қапсырманы 1оның өлшеу ұштықтары 2 мен 9 тесіктердің бақылау ұштықтарымен 4 мен 8 жанасатындай етіп бекітеді. Ұштықтар 4 мен 8 микрометрлік бұрандама 6 сферасымен жазылуға қабілетті корпусқа бекітілген тұтқыштармен 5 мен 7 байланысқа енеді. Бұрандаманы айналдыру арқылы мәні бойынша тең және бағыттары бойынша қарама қарсы жылжуды жинақтау сызбасы бойынша қосылған индуктивті түрлендіргіштерге 10 (ПА) мен 11 (ПВ) хабарлайды. А түрлендіргіштерінің қорытқы шығу сигналы өзінің мәнін рұқсат етілетін жинақтау қателігі шегінде өзгерте алады.



3.31 сурет. Жинақтау қателігін анықтау сызбасы:

1 — үстел үстілік қапсырма; 2 мен 9 — өлшеу ұштықтары; 3 — тесіктерді қлшеу құрылғысы; 4 мен 8 — ұштықтар; 5 мен 7 — тұтқыштар; 6 — микрометрлік бұранда; 10 мен 11 — индуктивті

БВ-4180 өлшеу жүйесі үшін бұл қателік ± 120 мкм жинақтау участкесінде 0,5 мкм құрайды, және ± 200 мкм жинақтау участкесінде 1 мкм құрайды. Егер көрсетуші құралдың 12 тілінің ауытқуы бойынша анықталатын жинақтау қателігі рұқсат етілетін мәннен асып кетсе, шығу электрлік сигналдардың масштабын, индуктивті түрлендіргіштерді есепті-командалық құрылғының артқы панелінде орналастырылған потенциометр көмегімен келісу керек.

3.2.4. Өстік бағытқа арналған өлшеу жүйесі БВ-4116

БВ-4116 жүйесі (3.32 сурет) абразивті шеңбердің кесуші жиегіне қатысты бөлшектің бүйіржақ беттерін өсті бағыттау үшін арналған. Жүйе бөлшекті орталықтар сызығының бойымен автоматты жылжыту механизмімен қамтылған және бөлшектердің цилиндрлік және бүйіржақ бетін ою тәсілімен бірге өңдеуді жүзеге асыратын бүйірдің аярлау білдектерінде қолданылады. Өндеу нәтижесінде көпсатылы біліктердің диаметрльды және өсті өлшемдері қамтамасыз етіледі.

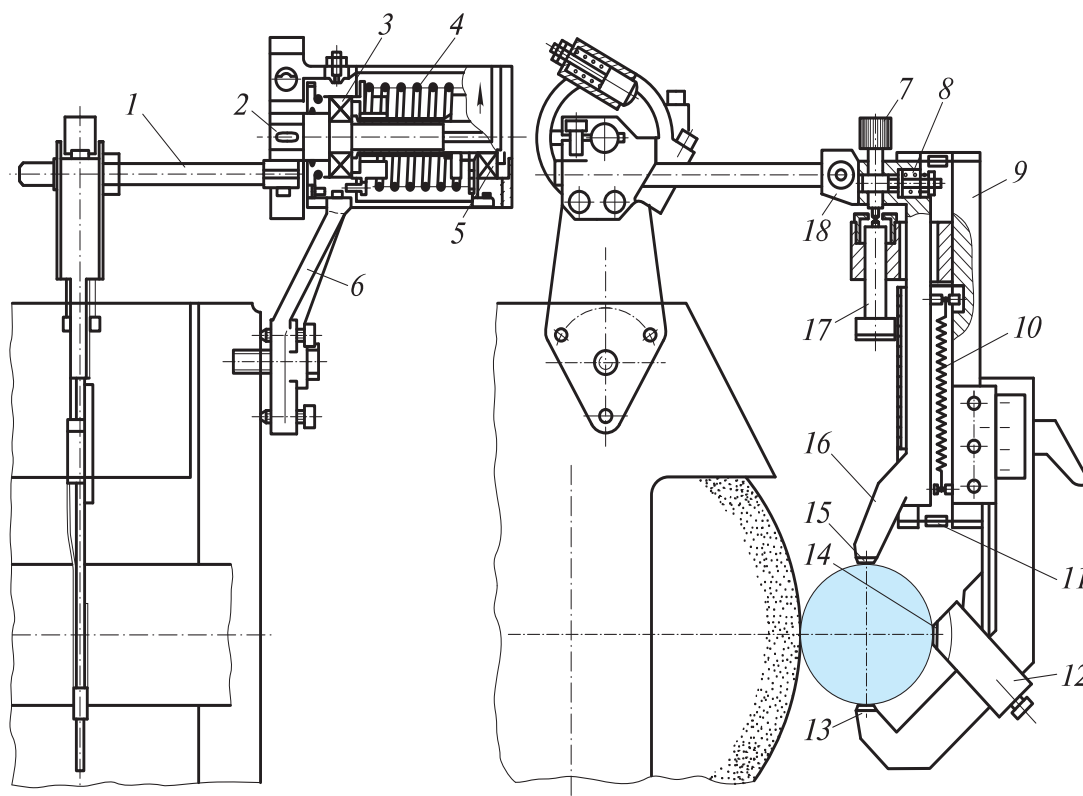
Өсті бағыттың қажеттілігі дайындамалардың орталықтануының әртүрлі тереңдігіне орай орнатушы базалардың тұрақсыздығына байланысты.

Мұндай дайындамаларды білдектердің ортасында бекіту кезінде олардың абразивті құралдың кесуші жиектеріне қатысты бір мәнді өсті орналасуы қамтамасыз етілмейді.

Өлшеу бастиегін ажарлау білдегінің жоғарғы үстеліне орнатады. Өстік бағыттың жұмыс циклі келесідей тәртіпте жүзеге асады. Циклдің басталуында айналдырғы қыспағы бастапқы позицияға апарылған. Өлшеу бастиегі 2 серіппенің күшімен 3 штрихті пунктирді сызықпен көрсетілген бастапқы қалыпта ұсталынып тұрады.

Білдектің ортасында бекітілгеннен кейін дайындама өстік бағытта өлшеу тұтқышын 1 орнату үшін зонаны босататындай етіліп жылжытылады, және осы арқылы жеткізу кезінде оны зақымдауды болдырмайды.

Өлшеу бастиегінің жұмыстық жағдайына бұрылысы білдектің гидро жүйесінен гидроцилиндрдің 5 жұмыс қуысына майдың берілісі арқылы қамтамасыз етіледі.



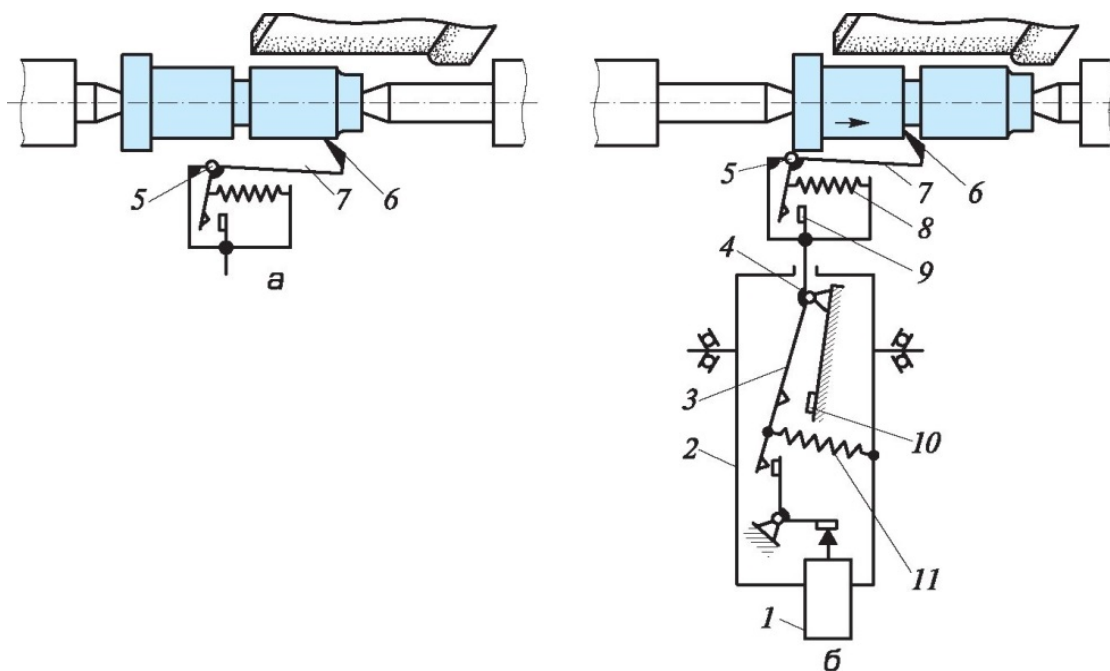
3.32 сурет. БВ-4116 өстік бағытт өлшеу жүйесі :

1 — өлшеу тұтқышы; 2 — өлшеу бастиегі; 3 — серіппе; 4 — индуктивті түрлендіргіш; 5 — гидроцилиндр; 6 мен 7 — микросөндіргіштер; 8 — бүйіржақ бет; 9 — тұтқыш; 10 — өс; 11 —

Өстің 10айналасында жасалатын бұрылыс соңында тұтқыш 9микросөндіргішке бәсер етіп, осының нәтижесінде берілген бағытта дайындамамен бірге орталықтардың белдікті ауысуларының басталуы үшін сигнал өндіріледі. Жылдамдатылған өсті қозғалыста бүйіржақ бет 8 өлшеу тұтқышымен 1 кездеседі. Орын ауыстыру индуктивті түрлендіргіштің 4 соташығына хабарланады. Бүйіржақтың өсті қалыбына мөлшерлес түрлендіргіштің шығу сигналы электронды сызбамен күшейтілгеннен соң дайындаманың жылдамдатылғаннан баяулатылған қимылына өтуге бірінші команда береді. Бүйіржақ беттің берілген өсті қалыпқа жету сәтінде көрсетуші құралдың тілшікті көрсеткіші шкаланың нөлдік белгісімен біріктіріліп және білдектің сызбасына өсті бағдардың кезеңін аяқтау үшін екінші команда келіп түседі. Осы команда бойынша білдектің гидрожүйесі гидроцилиндрдің 5 жұмыс қуысынан майдың төгілуін қамтамасыз етеді және өлшеу бастиегі микросөндіргішпен 7 бақыланатын серіппенің 3 күшіменен бастапқы қалыбына бұрылады. Микросөндіргіштің сигналы бойынша автоматты кезеңнің аяқтаушы фазасына өту жүзеге асырылады— белсенді бақылаудың өлшеу жүйесінің командасы бойынша бөлшекті ойып ажарлау, мысалы БВ-4100.

Бұрын суреттелген өлшеу бастиегі ашық бүйіржақ бетке ие бөлшектердің өсті бағдарын қамтамасыз етеді. Тар бунақтарда (сақиналы арықтарда) орналасқан жабық бүйіржақ беттің өсті бағдары жағдайында өлшеу тұтқышын бақылау жағдайына орнатуға бағдарлаушы бүйіржақ маңында орналасқан бөлшектің цилиндрлік беті кедергі келтіреді. Мұндай тектес бөлшектерді өсті бағдарлау үшін өлшеу бастиегінің беріліс механизмі (3.33 сурет) ауыспалы тораппен – негізгі екі иықты тұтқышпен 3 топсалы қосылған қосымша тұтқышпен 7 қамтылған. Тұтқыштардың кинематикалық байланысы үшін серіппе 8 мен таяныш 9 қарастырылған.

Бұл ретте белдікті бағыт келесідей жүзеге асырылады. Білдектің ортасына орнатылған бөлшек шеткі сол қалыпқа ысырылады (3.33, а сурет). Гидравликалық механизмінің көмегімен өлшеу бастиегі 2 бақылау жағдайына бұрылып қойылады. Өлшеу ұштығы 6 бақыланбайтын цилиндрлік бетпен жанасады, ал қосымша тұтқыш 7 топсаны 5 айнала бұрылады.3.34б суретте тілшікпен көрсетілген бағдарлау бағытында бөлшектің өсті қозғалысы кезінде өлшеу ұштығы 6 түзуші бөлшектің бойымен сырғиды, ал тұтқыш 3 серіппенің 11 күшіменен таянышпен 1 0анықталатын өзінің бастапқы қалыбын сақтайды.



Сурет 3.33. БВ-4116 өлшеу бастиегінің беріліс
механизмінің кинематикалық сызбасы:

а — бөлшектің бақыланбайтын бетімен өлшеу ұштығының жанасу сәтінде өлшеу тұтқышы; *б* — өлшеу ұштығының бағытты бетпен байланысу жағдайындағы бастиектің өлшеу тұтқышы; *1* — индуктивті түрлендіргіштің соташығы; *2* — өлшеу бастиегі; *3* — тұтқыш; *4* мен *5* — топсалар; *6* — өлшеу ұштығы; *7* — қосымша тұтқыш; *8* мен *11* —

Бөлшектің ары қарайғы қозғалысында ұштық серіппенің δ күшінің әсерімен бөлшектің қырмасына түседі, ал қосымша тұтқыш негізгі өлшеу тұтқышына 3 таянышпен қысылып, онымен бір бүтінді құрайды. Өлшеу ұштығының бағыты бүйіржақ бетпен жанасу кезінде негізгі өлшеу тұтқышы 3 топсаны 4 айналдыра таяныштан 10 ажырай отыра бұрылады және индуктивті түрлендіргіштің соташығына 1 қисайтады.

Бөлшектің өстік бағытының дәлдігі білдек-құрал жүйесінің динамикалық сипаттамасына тәуелді. Өсті бағыттың дәлдігіне басымды ықпалды келесі факторлар көрсетеді: v — қозғалысты тоқтатуға түбегейлі команда берілу сәтінде бөлшектің өсті жылжуының жылдамдығы; Dv — жылдамдықтың v тұрақсыздығы; D — білдектік автоматиканың органдарымен түбегейлі команданы орындау уақыты; $ДД$ — тұрақсыздық D ; t_0 — құрал уақытының тұрақтысы.

Өстік бағыттың жүйелі динамикалық қателігі тәуелділікпен анықталады

$$\delta_{\Delta c} = v(t_0 + t_u).$$

$v = 5$ мм/мин кезінде $t_0 = 0,05$ с; $t_H = 0,2$ с; $S_{\Delta c} = 0,02$ мм. Бұл қателікті түбегейлі команданың баптау деңгейін қисайтумен өтеуге болады.

Динамикалық қателіктердің кездейсоқ құрамдастары келесі тәуелділіктермен анықталады:

$$\delta_{\Delta v} = \Delta_v t_0;$$

$$\delta_{\Delta t} = \Delta_v t_u.$$

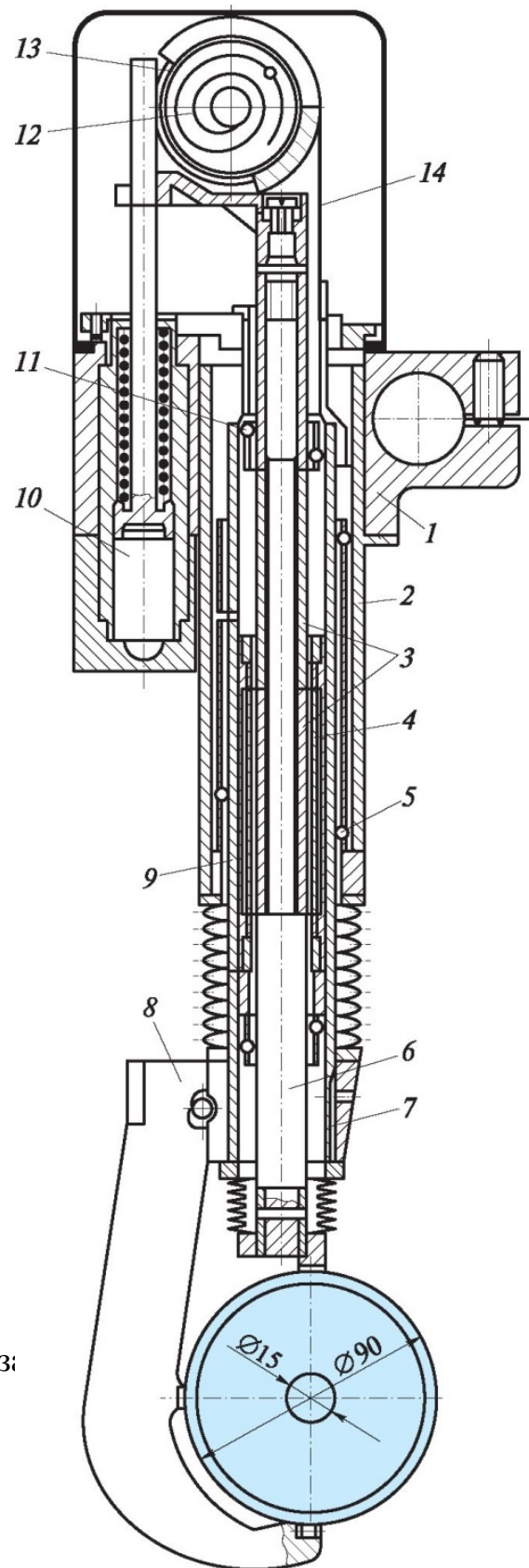
$\Delta v = 0,5$ мм/мин кезінде $v = 5$ мм/мин; $t_0 = 0,05$ с; $\Delta t_H = 0,06$ с; $S_{\Delta v} = 0,0004$ мм; $d_{\Delta t} = 0,005$ мм.

3.2.5. СББ бар білдектерге арналған ХШ-9 кең диапазонды құрал

ХШ-9 құралы оларды СББ бар дөңгелек ажарлау білдектерінде өңдеу үрдісінде сатылы біліктердің диаметрлерін бақылауға арналған. Құрал кең диапазонды өлшеу қапсырмасынан, айналдырғы қыспағын бақылайтын кең диапазонды бергіштен, және есептеуші-командалық құрылғыдан тұрады.

Ілінбелі екітүйіспелі өлшеу қапсырмасын (3.34сурет) ажарлау шеңберінің қаптамасына орнатады. Қапсырманың 1 корпусында түрлендіргіш механизмін бағыттауға қызмет ететін гильза 2 орналастырылған. Гильзада 2 үйінді шарларда 5 цилиндр 9 орын ауыстырады, оған төлкенің 7 көмегімен төменгі өлшеу ұштығымен биіктік 8 бекітілген, алынбалы төлке 4 мен сиымдылық түрлендіргішінің қорғау сақиналары орнатылған. Цилиндрде 9 шарларда 11 сиымдылық түрлендіргішінің төлкесімен 3 соташықборын ауыстырады. Соташық қаттықорытпалы өлшеу ұштықтықтарымен аяқталады.

Жоғарғы ұштықта өлшеу күші салынуы соташықтың салмағымен жасалады, ал төменгіде корпус 13 мен икемді лента 14 арқылы биіктікті 8 цилиндрді 9 жоғарыға спиральды серіппемен 12 тартады. Өлшеу ұштықтары гидроцилиндр 10 көмегімен ашылады. Түрлендіргіш пен қапсырма механизмі шлам мен эмульсиядан гофрленген иілімді нығыздауыштармен қорғалған.



3.34 сурет. Ілінбелі екітүйіспелі
өлшеу қапсырмасының
құрылымы:

1 — қапсырма корпусы; 2 — гильза;
3 — сиымдылық түрлендіргіштің
төлкесі; 4 — алынбалы төлке;
5 — үйінді шарлар;
6 — соташық; 7 — төлке; 8 —
биіктік; 9 — цилиндр; 10 —
гидроцилиндр; 11 — шарлар;
12 — спиральды серіппе;

Қапсырманы өлшеу диапазоны 15... 85 мм құрайды. Өлшеу күші 700 ± 200 сН.

Айналдырғы қыспағын ауыстыруды қадағалау бергіші капсырма сияқты сиымдылық сызықты түрлендіргішпен қамтылған және капсырманың көмегімен жасауға болмайтын жағдайларда біліктің мойнын өңдеу кезінде жанама бақылауды жүзеге асыруға мүмкіндік береді, мысалы, ойық кілтекті мойындарды бақылау кезінде.

Бергіш пен капсырма есептеуші-командалық құрылғыға қосылады.

Көпірлі өлшеу сызбасының үйлесімсіздігінің сигналын түрлендіру үшін және білдектің сызбасына бес басқару командасының берілісі үшін қызмет етеді. Құрылғының беттік панелінде орналасқан: өңдеу диаметрінің жинағының декадалық ауыстырып-қосқыштар, цифрлік көрсеткіш тақта, өңдеудің барысын бағу үшін 0,001 и 0,005 мм бөлу бағасымен шкалалы екі шекті индикаторлар, коррекцияларды ауыстырып-қосқыштар, сигналды шамдар мен басқару элементтері.

Құрал келесі тәртіпте жұмыс жасайды. Есептеуші құрылғының декадалық ауыстырып-қосқыштарында өңделуші мойындардың берілген диаметрлерін орнатады.

Бұл ретте бөлгіштің трансформаторларының тиісті тұжырымдары коммутацияланады және екі басқа иықтарға капсырманың сиымдылық түрлендіргіші қосылған көпірлік өлшеу сызбаларының екі трансформаторлық иықтарының иықтық арақатынастары өзгереді.

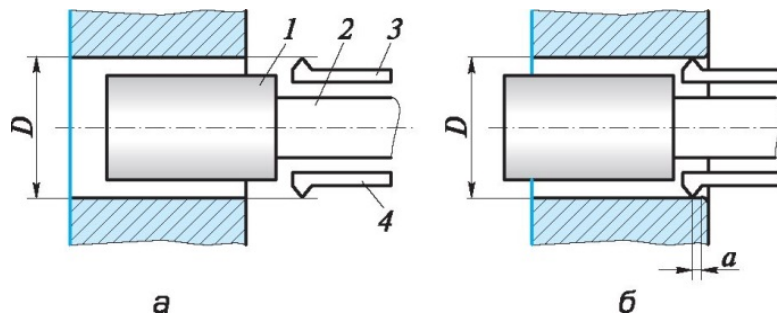
Біліктің өңделуші мойнына гидроцилиндрдің көмегімен өлшеу капсырмасын әкеліп, және оның қлшеуші ұштықтарын өңделуші бетке түсіреді. Өңдеу үрдісінде ажарланушы мойын мен көпірдің теңгерімдік күйден шығуының диаметрі азаяды, үйлесімсіздіктің күшейтілген сигналы өңдеу барысына бақылауға мүмкіндік беретін шкалалық индикаторлар мен ажарлаудың режимін өзгерту үшін алдыңғы командалардың деңгейлері орнатылған тағайындама блогына келіп түседі. Өңделуші мойынның өлшемі берілген мәнге жеткен кезде көпірлік сызба теңеседі (үйлесімсіздік сигналы жоқ) және айналдырғы қыспағын кері қайтаруға команда беріледі.

Өлшеуші капсырма мен айналдырғы қыспағы біліктің келесі мойнына ауысып, осы арқылы біліктің барлық мойындарын бірізді автоматты өңдеу жүргізіледі. Құрал жоғары метрологиялық сипаттамаларға ие. Түбегейлі команданы берудің қателігі өлшеудің (70 мм) барлық диапазонында $\pm 0,002$ мм аспайды. Рұқсат етілетін құралдың шегі $\pm 0,005$ мм.

3.2.6. Іштей тегістеу білдектеріне арналған белсенді бақылау аспаптары

Іштей тегістеу сыртқы тегістеуге қарағанда айтарлықтай сирек қолданылады. Көбінесе іштей тегістеу білдектері мойынтірек өнеркәсібінде кең тараған. Олар мойынтірек шығыршықтарының саңылаулары мен астауларын өңдеуде қолданылады. Аспаптардың көпшілігі осы жерде пайдаланылады.

Кішігірім (30 мм дейінгі) диаметрдегі саңылауды бақылау кезінде тегістеу шеңбері мен аспаптың өлшеуіш ұштығын бір уақытта орналастыру қиындық тудырады. Сол себепті аспаптың өлшеуіш бастиегі тегістеу шеңберімен бірге өңделіп жатқан саңылаудың бойымен жылжытылады. Кейде өлшеуіш бастиекті тегістеу айналдырғысы жағынан орнатады және тегістеу шеңберінің 1 жақтауын 2 қоршап тұратын өлшеуіш ұштықтар 3 және 4 (сурет 3.35, а) тегістеу шеңберімен (сурет 3.35, б) бірге өңделетін саңылауға мерзім сайын еніп тұрады. Қуыс қысқа айналдырғысы бар арнайы білдектерде өлшеуіш бастиек айналдырғының ішіне орнатылуы мүмкін, сонымен бірге тегістеу шеңбері одан жартылай шыққанда өлшеуіш ұштықтар өңделетін саңылауға еніп тұрады. Екі жағдайда да саңылаудың беті тегіс болғанның өзінде аспаптар кідірмелі бетті бақылау шарттарында жұмыс жасай береді, сол себепті олар тиісті конструкцияға сай болулары керек.



Сурет 3.35. Өлшеуіш ұштардың тегістеу шеңберінен кейін орналасуы:
1 — тегістеу шеңбері; 2 — жақтау; 3 и 4 — өлшеуіш ұштықтар

Өлшеуіш ұштықтары бақылау бетінде болатын жүріс ұзындығы,

$$l = 2a,$$

мұндағы a — өлшеуіш ұштықтардың өлшенетін саңылауға жүзінің ұзындығын алып тастағандағы ену тереңдігі, мм.

Өлшеуіш ұштықтардың саңылау бойымен орын ауыстыруының орташа жылдамдығы v *тегістеу айналдырғысының орын ауыстыру жылдамдығына (қос жүріс саны мен ұштықтар жүрісі ұзындығына) тәуелді.*

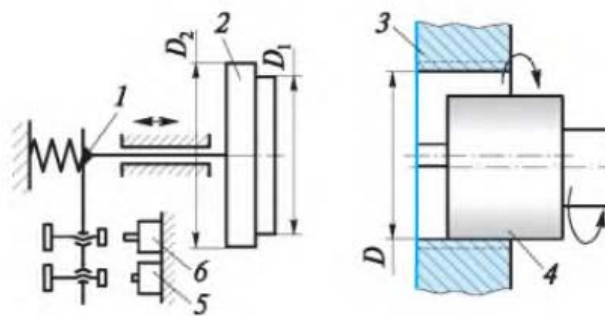
Өлшеуіш ұштықтардың бақыланушы беттің бойында болу уақыты t келесідей формуламен анықталады:

$$t = t_1 + t_2 + t_3,$$

мұндағы t_1 , t_3 — өлшеуіш ұштықтардың a бағытында барып келуге кеткен уақыты, с; t_2 — реверстегі тұру уақыты, с.

Әдетте өлшеуіш ұштықтардың ену тереңдігі $a = 2...3$ мм, ал диаметрі $1...5$ мм болатын саңылауды бақылау кезінде $a = 0,9.1,5$ мм дейін кішірейеді. Қос жүріс сандары $60...100$ дейін, ал уақыт $t = 0,3...0,4$ с құрайды. Дегенмен заманауи білдектерде өндеу жылдамдығы мен қос жүріс сандарының минутына $200...300$ дейін ұлғайту беталысы байқалады. Бұл жағдайда уақыт $t = 0,05...0,15$ с дейін азаяды.

Қатты калибрлі аспаптар. Көбінесе іштей тегістеудің қарапайым және сенімді құрылғылары болып қатты калибр-бітегіштер табылады (сурет 3.36). Олар бұйымның қыспағына орнатылып өнделетін саңылауға шеңберге қарама-қарсы жағынан енгізіледі. Білдектің білігіне өнделетін саңылаумен 3 бірге соңына сатылы калибр-бітегіш 2 бекітілген шток I орнатады. Мерзім сайын тегістеу шеңбері 4 оң жаққа кеткенде серіппенің әсерінен шток калибрмен бірге D *диаметрлі саңылауға салынады. Алайда бұл саңылауға калибр $D > D_1$ шарты, яғни саңылаудың өлшемі калибрдің бірінші сатысының диаметрінен үлкен болған шартында ғана орындалады. Бұл мезетте штокпен I байланысты реттелетін тірек білдектің өндеу режимін өзгерту схемасында қолданылатын ақырғы ажыратқышты 6 іске қосады. Одан ары тегістеу барысында $D > D_2$ моменті басталады; калибрдің екінші сатысы саңылауға кіру мүмкіндігіне ие болады және екінші реттелетін тірек өндеуді тоқтатуға пәрмен беретін ажыратқышты 5 іске қосады. Білдектің басқару тізбегіне өндеу режимдерін өзгертуге арналған төрт пәрмен беретін төрт сатылы калибрмен жабдықталған құрылғылардың*



Сурет 3.36. Қатты калибр-бітегішті бақылау схемасы:

1 — шток; 2 — калибр-бітегіш; 3 — өнделетін саңылау; 4 — тегістеу шеңбері; 5 — ажыратқыш; 6 — ақырғы ажыратқыш

Калибр-бітегіш діріл кезінде сезу қабілеті жоқ буатты және оймакілтекті ойық саңылауды бақылауда ұстауға мүмкіндік береді. Олар кішкентай өлшемдер мен қарапайым конструкцияға ие.

Алайда қатты калибрді қолдану арнайы білдектерде өнделетін диаметрі 100 мм дейінгі толассыз саңылаулы бұйымдарды өлшеуге ғана мүмкіндік береді. Әмбебап іштей тегістеу білдектерінде қатты калибрлер қолданылмайды.

Қатты калибрді қолдану кезінде саңылауды өндеу қателігі 0,01...0,02 мм құрайды.

Түйіспелі аспаптар. Саңылауды тегістеу кезінде конструкциясы бойынша дөңгелек тегістеу білдектерінде қолданылатын қос түйіспелі өлшеуіш тұтқалы аспаптар кең таралған. Олар арнайы өлшеуіш ұштықтарымен және өнделетін саңылау немесе науаға енгізбес бұрын ұштықтарды жақындататын арретирлерімен өзгешеленеді. Көбінесе ұштықтарды саңылауға тегістеу шеңберімен бірге орналастыруға тырысады, сонда олар өндеудің толықтай циклі бойы саңылауда қалыпты орнын сақтап қалады. Мұндай аспаптар қарапайым конструкцияға ие әрі өндеудің жоғары дәлдігін қаматамасыз ете алады. Дегенмен кішігірім диаметрлі, мысалы 15 мм болатын саңылауды бақылауда шеңбер барлық бос кеңістіктен орын алып, ол жерге ұштықты орналастыруға қиындықтар туады. Осындай жағдайларда ұштықтары саңылауға шеңберден кейін және оның әрбір қос жүрісі кезінде енгізілетін күрделі тұтқаларды қолданып көргенбіз. Саңылаудан шығар кезде осы тұтқалар өлшемді есте сақтап қалу үшін арнайы тежегіш электромагнитті құрылғылармен бекітіледі.

Сонымен қатар аспаптар саңылауға енгізу сәтінде ұштықтарды босатып, олардың саңылаудан шығарар сәтінде сенімді тежеуді қамтамасыздандыратын арнайы тежеуді электромагнитті басқару жүйелерімен жабдықталады. Тежегіш электромагниттерінің жеткіліксіз шапшаңдығы әсерінен мұндай аспаптар тегістеудің аса жоғары емес жылдамдықтарында (минутына 60...80 қос жүріс) ғана жұмыс атқара

Ұштықтары бекітілген аспаптармен бақылау кезінде тежегіш механизмдердің тұрақсыз жұмысынан туындайтын 0,5...1,0 мкм шамасына тең қосымша қателіктер туындауы мүмкін. Бүгінгі таңда ұштықтарды тежейтін аспаптар сирек қолданылады.

Кішігірім диаметрдегі саңылауды бақылауда бұйымның айналдырғы қыспағының ішіне орнатылатын түйіспелі аспаптар қолданылады. ЛЗ-239 іштей тегістеу автоматы үшін аспаптың мойынтіректеріндегі ішкі шығыршықтың отырғызу саңылауларын белсенді бақылауға арналған БВ-4188 өлшеуіш жүйесі әзірленген.

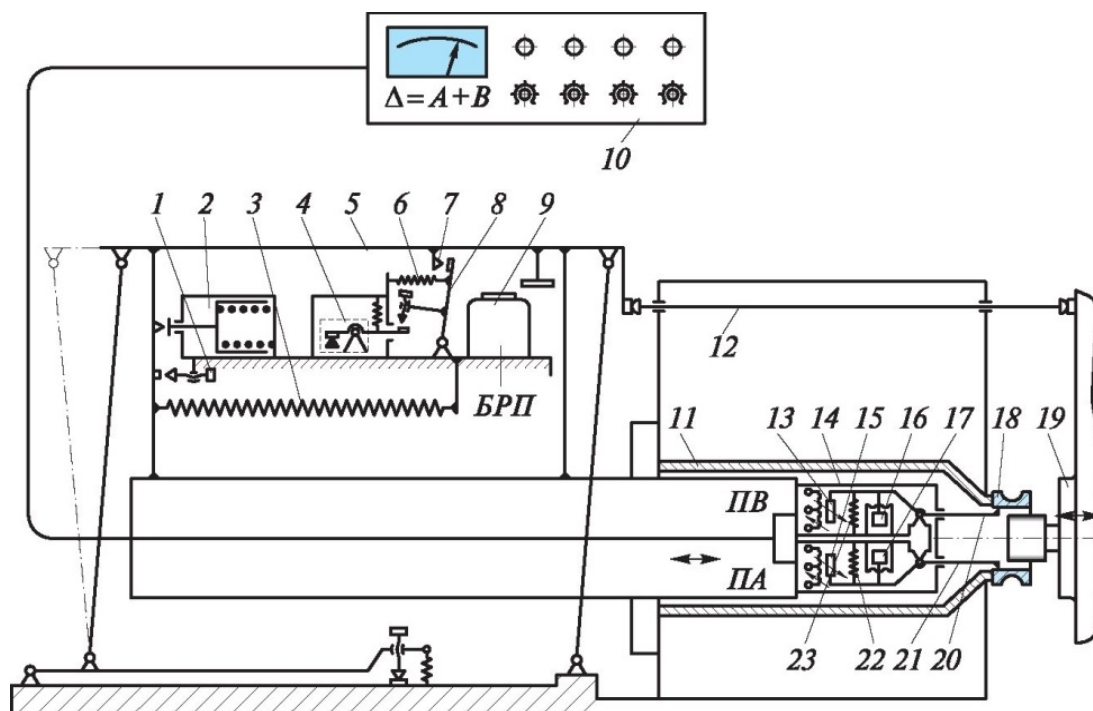
БВ-6119-06 санақтық-пәрменді электронды құрылғы арқылы өлшеуіш жүйе білдекті басқару схемасына таза тегістеуге көшуге, күту мен саңылау қажетті өлшемге жеткенде өндеуді тоқтатуға бағытталған үш пәрмен береді.

БВ-4188 қос түйіспелі өлшеуіш құралдарының кинематикалық схемасы сурет 3.37 көрсетілген. Өлшеуіш ұштықтың 14 орын ауыстыру механизмін тегістеу білдегінің бұйым қыспағына өнделетін бұйым 18 саңылауына енгізілетін күйде алмас ұштықтармен жабдықталған өлшеуіш тетіктерді 20 және 21 бұйым қыспағының қуыс айналдырғысы 11 арқылы өтетіндей етіп орнатады. Итергіш 12 көмегімен жүзеге асырылатын тегістеу қыспағымен кинематикалық байланыстың арқасында шарнирлі төртбуын түрінде жасалған орын ауыстыру механизмі қажақтастың тербелгіш қозғалысымен синхронды жүретін өлшеуіш бастиектің қайтымды ілгерілеме қозғалысын қамтамасыз етеді. Тегістеу қыспағымен күштік тұйықталу созылатын серіппемен 3 жүзеге асады.

Өлшеуіш бастиектің 14 ұқсас конструкциялық екі автономды өлшеуіш түйіні болады. Екі түйін де тығынжылды типтес ПА және ПВ дифференциалды түрлендіргіштермен жабдықталған. Өлшеуіш тетіктердің ұшында орналасқан 13 және 15 ферритивті зәкірлер индуктивті шарғылармен байланысқа түседі. Зәкірлердің шарғы ішіне батырылуы кезінде олардың индуктивті және кешенді кедергілері өзгереді. Нәтижесінде зәкірлердің желілік орын ауыстыру функциялары ретінде түрлендіргіштердің шығыс сигналдары өзгереді. Екі түрлендіргіш те жинақтау схемасы бойынша есептік-пәрменді құрылғыға 10 қосылған:

$$\Delta = A + B,$$

мұндағы А — өлшеуіш ұштықтардың жиынтық желілік орын ауыстыруларына пропорционал және сәйкесінше бұйым өлшемінің өзгеруіне алып келетін нәтижелік сигнал.



Сурет 3.37. БВ-4188 екі түйіспелі өлшеуіш аспаптың кинематикалық схемасы:

1 — тірек; 2 — гидроцилиндр; 3, 22 және 23 — созу серіппелері; 4 — ажыратып-қосқыш; 5 — күймеше; 6 — серіппе; 7 — тірек; 8 — бұрыштық тетік; 9 — түйіспесіз ажыратып-қосқыш; 10 — есептік-пәрменді құрылғы; 11 — айналдырғы; 12 — итергіш; 13 және 15 —

1 Н аспайтын өлшеу күші 22 және 23 созу серіппелерімен жүзеге асады. Өлшеудің үзікті сипаты себебінен дірілдің зиянды әсерін болдырмау үшін бастиек өлшеуіш тетіктермен кинематикалық байланыстағы гидравликалық бәсеңдеткіштермен 16 және 17 жабдықталған. Әрбір бәсеңдеткіш бастиек корпусына жонып орнатылған диафрагмамен қымталған жабық гидроцилиндр болып есептеледі. Диафрагмаға орталық саңылау арқылы шығарылған гидроцилиндрдің піспекті штогы өлшеуіш тетікке бекітілген. Піспектің екі жағындағы қуыстар полиметилсилоксанды бәсеңдеткіш сұйықтықпен газ тәріздес көпіршіктер пайда болмайтындай етіп толтырылған. Бір қуыстан екінші қуысқа сұйықтық піспек пен цилиндрдің арасындағы сақиналы саңылау арқылы ағады. Өлшеуіш тізбектің жылжымалы бөліктерінде дірілді болдырмайтын бәсеңдеткіш күш піспек диаметріне, өлшеуіш ұштықтардың орын ауыстыру жылдамдығы мен бәсеңдеткіш сұйықтықтың кинематикалық тұтқырлығына пропорционал.

Өлшеуіш бастиектің бастапқы қалыпқа келуі майды білдектің гидро жүйесінен гидроцилиндрдің оң жақ қуысына 2 айдаумен қамтамасыз етіледі. Бұл ретте есептік-пәрменді құрылғыға БРП типті түйіспесіз ажыратып-қосқыштан 9 электр схемасын келесі жұмыс цикліне дайындауға қажетті сигнал келіп түседі.

Өңделетін бұйымды 18 айналдырғының 11 магнитті патронына бекітіп болғаннан кейін автоматты циклдің бастапқы фазасында тегістеу қыспағын өңделетін бұйымға келтіру жүзеге асады. Бастапқы тегістеуге шығарылар алдында білдектің гидро жүйесі май ағынын гидроцилиндрдің 2 сол жақ қуысы ағынды, ал оң жағы ағып шығатын желімен қауышатындай етіп кері айналдырады. Нәтижесінде созу серіппесінің 3 әсерінен өлшеуіш бастиегі 14 бар күймеше 5 өңделетін дайындама жағына бірқалыпты қозғала бастайды. Қозғалыс басында түйіспесіз ажыратып-қосқыш 9 арқылыбілдектіңбасқару схемасына пәрмен беру тізбегін іске қосатын сигнал беріледі. Жұмыстық жүріс тегістеу қыспағымен 19 кинематикалық байланыста болатын итергішпен 12 шектеледі. Итергіш 12 өлшеуіш бастиекке тегістеу қыспағының орын ауыстыруымен синхронды жүретін тербелуші қозғалысты хабарлайды. Өлшеуіш ұштықтар өңделетін саңылауға қажактаспен кезек-кезек енгізіледі.

Жұмыстық жүріс соңында өлшеуіш ұштықтар өңделетін бетпен жанасқанда тірек 7 бұрыштық тетікті 8 ажыратып-қосқыш 4 аяғынан оның электр түйіспесін тұйықтай отырып бөліп алады. Нәтижесінде электронды жүйенің өлшеуіш трактісін іске қосып, сонымен бірге саңылау өлшеміне пропорционал индуктивті түрлендіргіштің шығыс сигналдары есептік-пәрменді құрылғыға 10 келіп түседі. Сақина қапталына соққы кезінде өлшеуіш ұштықтардың бақыланушы беттен асып кетпеуі гидравликалық бәсеңдеткіштермен 16 және 17 жүзеге асады.

Кері жүріс кезінде өлшеуіш ұштықтар өңделетін бет шегінен шықпай тұрып бұрыштық тетік 8 серіппенің әсерінен 6 сағат тіліне қарама-қарсы бұрылады. Ажыратып-қосқыштың 4 электр түйіспесі ажыратылғанда өлшеу циклі доғарылып, сол уақытта бақыланатын саңылау өлшемі сақталатын электронды жады тізбегі іске қосылады. Сол себепті өлшеуіш тракт өлшеуіш ұштықтардың бос жүріс кезінде пайда болатын индуктивті түрлендіргіштердің жалған сигналдарынан өңделетін бетпен жанаспайтындай етіп бұғатталады. Әдіпті ағыту барысында көрсетіп тұрған аспаптың тілі қажақтастың әрбір қос жүрісінде ағытылған әдіп шамасына дискретті орын ауыстырады.

Саңылаудың алдын ала белгіленген өлшеміне қол жеткізіле бастағанда электронды жүйемен күшейтілген түрлендіргіштердің сигналдары білдектің беру механизмін тегістеудің таза режиміне көшіп, күте тұруға бастапқы алғашқы пәрмен бере бастайды. Саңылаудың белгіленген өлшеміне қол жеткен сәттен өлшеуіш бастиекті жылдам шығаруға және тегістеу қыспағын бастапқы күйіне көшіретін ақтық пәрмен беріледі. Өңделген бұйым алып тасталып, білдектің патронына келесі дайындама бекітілген соң жұмыс циклі қайталанады.

Цикл ішінде қажақтасты түзету қажет болғанда тегістеу айналдырғысы 19 оң жаққа бұрып тасталады, ал өлшеуіш ұштықтар созу серіппесінің 3 әсерінен бақыланатын сақина жағына қарай ығысады. Өлшеуіш бастиекті зақымдауды болдырмау үшін күймеше 5 жүрісін шектейтін тірек 1 қолданылады. Өлшеуіш бастиекті белгіленген өлшемге алғашқы икемдеу жұмыстары арнайы құрылғы арқылы білдектен тысқары жүзеге асады. Ақырғы икемдеу өлшемі рұқсат етілген өріс ортасына сәйкес келетін білдек сақинасында жүргізіледі.

Пневмоиндуктивті түрлендіргіш негізінде әзірленген әмбебап түйіспесіз пневматикалық аспап (сурет 3.38) пневматикалық бітегіштен 8, пневмоиндуктивті түрлендіргіштен 1, индуктивті есептік-пәрменді құрылғыдан 6 және жолдық ажыратқыштан 7 тұрады. Пневматикалық бітегіш 8 бұйымның айналдырғысының тегістеу шеңберіне қарама-қарсы жағында орналасқан және шеңбердің тербелу кезінде саңылауға енгізіледі. Бітегіштер әр түрлі диаметрдегі саңылауды бақылауға қолданылуы мүмкін. Диаметрі 1 мм болатын шарлы мойынтірек сақинасындағы қондыру саңылауларын өңдеу процессінде бақылауда пайдаланылатын диаметрі 0,92 мм болатын бітегіш қызығушылықты тудырады. Пневмоиндуктивті түрлендіргіш ауа өткізгіштері өткізетін көлемді азайтып, аспаптың шапшаңдығын жоғарылататын пневмобітегішке жақын орналасқан.

Аспаптың шапшаңдығын жоғарылату үшін пневматикалық жүйе сезімталдығын азайтады. Мембраналы қорап 3 центрінің орын ауыстыруының бақыланушы бұйым диаметрінің өзгерісіне қатынасы 1,5...2,0 мөлшерінде алынады. 1 000...2 000 болатын аспаптың жалпы сезімталдығына индуктивті жүйенің сезімталдығын жоғарылатумен қол жеткізіледі.

Пневматикалық бітегіш мерзімді түрде шеңбердің әрбір қос жүрісінде өңделетін саңылауға еніп тұрады. Бітегіш саңылаудың ішінде болғанда мембраналы қораптағы 3 өлшеуіш қысым h жоғарылайды, зәкір 4 жоғарыға орын ауыстырып, түрлендіргіштен 5 есептік-пәрменді құрылғыға 6 саңылау өлшеміне сәйкес келетін кернеу сигналы келіп түседі. Бұл сигнал бітегіш саңылаудан шыққанда және мембраналы қораптағы қысым төмендегенде жады блогында бекітіледі.

Әдіп алынып тасталғанда аспап өңдеу режимін өзгертуге және тегістеуді аяқтауға басқарушы пәрмен береді. Аспап жоғары шапшаңдыққа ие және минутына 100...150 қос жүріс шартында жұмыс жасай алады.

Іштей тегістеу білдектерінде белсенді бақылау кезінде жоғары дәлдікті өлшеуіш ұштықтары әрдайым өңделетін саңылауда болатын қос түйіспелі аспаптар қаматамасыз етеді.

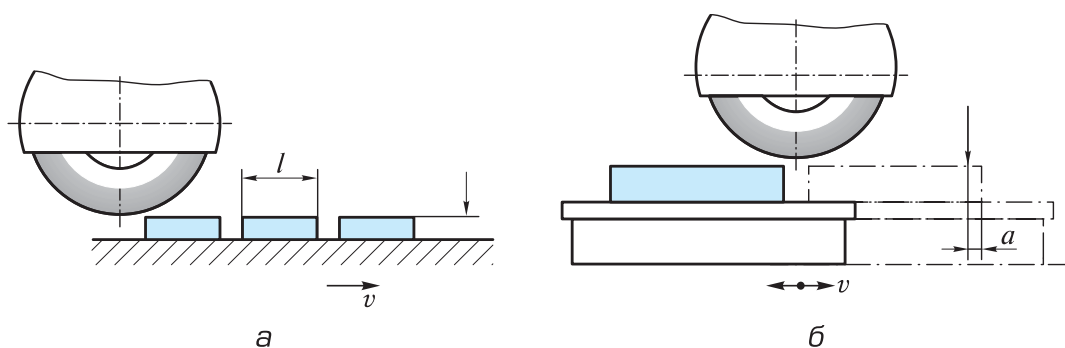
Мерзімді өлшеулерде тегістеу шеңберінің әрбір қос жүрісі кезінде қосымша динамикалық қателіктер δ_d туындайды. Динамикалық қателіктің бір құрамдас бөлігі бір қос жүріс ішінде әдіпті әрбір ағытқан сайын өлшеу жүргізілетіндіктен туындайды. Өңдеу процессінде келесі өлшеу кезінде саңылау өлшемі берілген өлшемнен әлі де кішірек болса, мысалы 0,1 мкм, одан келесі шеңбер жүрісінде қажеттісінен үлкен әдіп ағытылуы мүмкін, мысалы 0,5 мкм, нәтижесінде 0,4 мкм болатын қателік туындайды. Бұл қателік шамасын азайту үшін өңдеу соңында әдіпті ағыту жылдамдығын азайту керек. Динамикалық қателіктің келесі құрамдас бөлігі аспаптың инерттілігімен және әрбір жүрістегі өлшеуге кететін кішігірім мөлшердегі уақытпен (0,05...0,2 с) байланысты. Егер өлшеу кезінде аспаптың шығыс сигналы саңылау өлшеміне сәйкес келетін тұрақталған шамасына жетуге үлгермесе, аспап көрсеткішінің өңделетін саңылау өлшемінің өзгерісінен қалып қойғандығын білдіретін динамикалық қателік туындайды. Бұл қателік тегістеу циклінің соңында әдіпті ағыту жылдамдығы төмендегенде азаяды.

3.2.7. Жазық тегістеу білдектерін белсенді бақылауға арналған аспаптар

Өнеркәсіпте жазық тегістеу, қаптал тегістеу және оймакілтек тегістеу білдектерінде жазық беттермен шектелген бұйым өлшемдерін бақылауға арналған аспаптар кең қолданысқа ие. Жазық тегістеу кезінде әдетте магнит тақтасына немесе білдек үстеліндегі арнайы қондырғыға бекітілген бірдей бұйымдардың көп бөлігі өңделеді. Бұйым аралықтары, олардың қиықжиектері, ойықтар мен саңылау өңделетін бетте үзік қалыптастырады, сондықтан аспаптың өлшеуіш ұштығы онымен мерзімді түйісіп отырады. Бір үздіксіз бетті ұзын бұйымды өңдегеннің өзінде, мысалы бағыттаушы тұғырық, тік бұрышты үстелі бар жазық тегістеу білдегінде бұйым белгілі мерзімге ғана өлшеуіш ұштықтың астында болатындай орналасады.

Іс жүзінде үздіксіз бетті қиып-кескіш және кескіш жонғыш қапталдарын, дискілік аралар мен тістегеріштерді өңдеу кезінде оларды бір-бір бұйымнан дөңгелек үстел немесе арнайы патрон центріне орнатылған жазық немесе қаптал тегістеу кезінде байқауға болады.

Жазық тегістеу кезінде өлшенетін бет ұзындығы l аспаптың өлшеуіш бастиек астымен өтетін өңделуші беттің тегіс бөлігінің ұзындығымен анықталады (сурет 3.39, а).



Сурет 3.39. Жазық тегістеу кезіндегі үзілмелі бетті бақылау:
а — дөңгелек үстелде; б — тік бұрышты үстелде

Өлшеуіш бастиектің тегіс бөлікте болу уақыты

$$t = l/v,$$

мұндағы v — бұйымдардың орын ауыстыру жылдамдығы, мм/с.

Бұл формула дөңгелек үстелдегі білдекте бұйымдарды бақылауға пайдаланылады.

Тікбұрышты үстелде орналасқан қайтымды ілгерілеме қозғалыс жасайтын білдекте ұзын бұйымдарды тегістеу барысында (сурет 3.39, б),

$$t = t_1 + t_2,$$

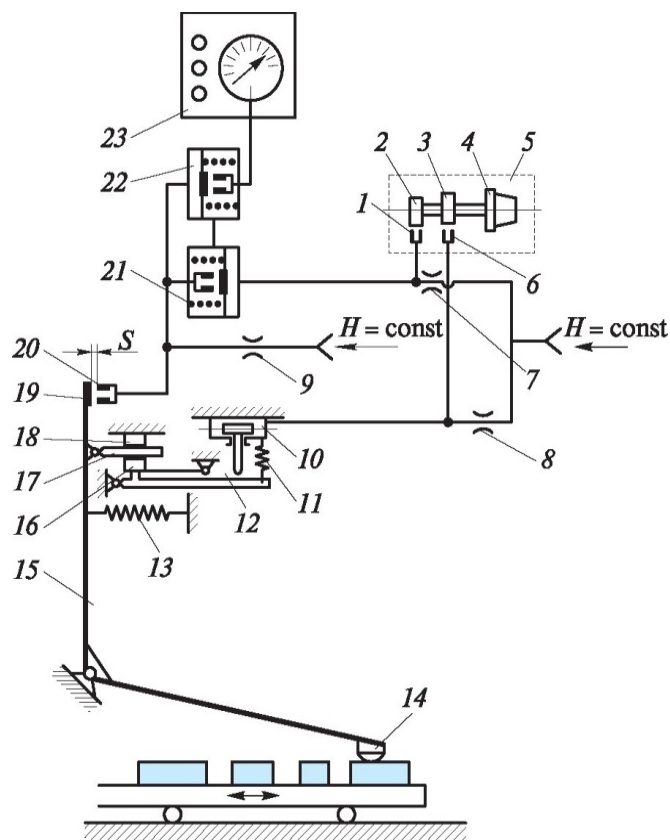
мұндағы t_1 — ұштықтың беттің тегіс бөлігінде үстелдің бір қос жүрісі кезінде болу уақыты; t_2 —кері айналдыру кезіндегі үстелдің кідіріс уақыты, с.

Тік бұрышты үстелдегі білдекте орналасқан бұйыммен үстелдің орын ауыстыру жылдамдығы v көбінесе 10...50 м/мин, ал дөңгелек үстелдегі білдекте кейде 150 м/мин құрайды. Қысқа бұйымдарды бақылау кезінде, мысалы мойынтірек сақиналарын, мұндай жылдамдықпен аспап ұштығының өңделетін бетте тұру уақыты айтарлықтай кіші болуы мүмкін және ол кейде 0,005...0,010 с құрайды. Аспаптың конструкциясы үшін сонымен қатар екі бұйымның арасындағы беттердің ажырау кезіндегі өлшеуіш ұштықтардың астымен өту уақыты да маңызды. Тік бұрышты үстелдегі білдектерде екі өлшеу аралығындағы беттердің ажырау уақыты 1...15 с құрайды.

Жазық тегістеу кезінде өңдеудің негізі магнитті тақтаның беті немесе үстел болып табылады, бұйымның базалық беті өлшеуіш бастиекке қол жеткізбейтіндіктен, оның нақты қалыңдығын өлшеу мүмкін емес.

Көп жағдайда аспап тұғырыққа немесе білдектің айқыш суппортына орнатылады, сол себепті өлшеу дәлдігіне білдектің күштік және жылулық деформациялары және өңделетін бұйым қондырылатын үстелдің бағыттауыштарының аралық саңылау тұрақсыздығы әсер етеді.

Көп өтпелі білдектерге арналған аспаптар. БВ-4066К аспабы (сурет 3.40) өлшеуіш тетікті бақыланатын бұйымның ең үлкен өлшеміне сәйкес келетін күйде ұстап тұрушы есептік-пәрменді құрылғыдағы сигналды (өлшем) тіркеп алушы бұғаттауыш (сұрату) құрылғысы орнатылған фрикционды тежегіш механизмімен жабдықталған. Аспаптың өлшеуіш тетігі 15 орын ауыстыруларда серіппе 11, тетікше 12 және табандар 16, 18 арқылы ұсталып тұратын еңсіз жұқа тақтаймен 17 топсалы байланысқан.



Сурет 3.40. БВ-4066К аспап схемасы:

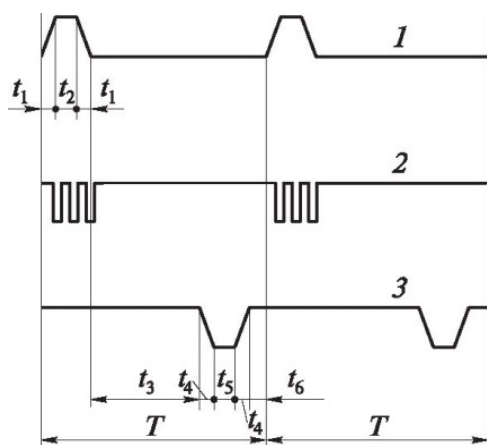
1 және 6 — басқарушы шүмектер; 2 және 3 — жұдырықшалар; 4 — электрқозғалтқыш; 5 — пәрменді аппарат; 7, 8 және 9 — кіріс шүмектері; 10 — пневматикалық арретир; 11 және 13 — серіппелер; 12 — тетікше; 14 — өлшеуіш бастиек; 15 — өлшеуіш тетік; 16 және 18 — табандар; 17 — еңсіз жұқа тақтай; 19 —

Серіппе 11 өлшеуіш бастиектің 14 астында бұйым болмағанда тетік 15 түсіп кетпейтіндей етіп ретке келтіріледі. Егер бұйым биіктігі өлшеуіш бастиектен 14 тақтаға дейінгі ара қашықтықтан артық болса, тетік 15 көтеріліп, енсіз жұқа тактай 17 табандар 16 және 18 арасымен сырғанаған соң бұйым өлшеміне сәйкес келетін қалыпта қалады. Қайталап өлшеуге пневматикалық арретир 10 қолданылады. Пәрменді құрылғыдан (пәрменді аппарат 5) тығыздалған ауаны беру кезінде арретир штогы тетікшені 12 артқа тартып, енсіз жұқа тактай 17 босатылады және өлшеуіш тетік 15 серіппе 13 әсерінен төмендейді. Өлшеуіш тетіктің 15 жоғарғы ұшы өлшеуіш шүмектің 20 жапқышы ретінде қызмет атқарады. Аспаптың көрсеткіші жапқыш 19 пен өлшеуіш шүмектің 20 арасындағы саңылау S арқылы анықталады.

Тұрақты қысым $H = \text{const}$ әсерінен тығыздалған ауа кіріс шүмекке 9 еніп саңылау S арқылы сыртқа шығарылады. Кіріс 9 және өлшеуіш 20 шүмектер арасындағы камерада пайда болған және саңылауға S тәуелді өлшеуіш қысым h бұғаттауыш клапандар 21, 22 арқылы есептік-пәрменді құрылғыға 23 беріледі. Аспаптың жұмыс циклін пәрменді аппарат 5 көмегімен басқарады. Пәрменді аппарат 5 білігінде жұдырықшалар 2, 3 орнатылған электр қозғалтқыштан 4 және екі басқарушы шүмектен 1, 6 тұрады. Басқарушы шүмектерге ауа кіріс шүмектері 7, 8 арқылы жеткізіледі.

Білдекте бұйымды өңдеу кезінде өлшеуіш бастиектің 14 астына үзікті бет орнатылады. Пәрменді аппарат 5 білігі тұрақты жылдамдықпен айналып, әрбір білік айналымында кезекпен аспап жұмысын басқарушы екі пәрмен беріледі. Алдымен жұдырықша 3 басқарушы шүмекті 6 жабады, сол кезде пневматикалық арретир 10 мембранасы астындағы қысым артады, арретир штогы орын ауыстырып, тетікшені 12 енсіз жұқа тақтайды 17 босата отырып шығарып алады. Өлшеуіш тетік 15 серіппе 13 әсерінен өңделетін бетке немесе оның ажыраған бөлігіне түсіріледі. Белгілі уақыттан соң басқарушы шүмек 6 ашылып, пневматикалық арретир 10 бастапқы күйіне келеді, сол кезде серіппе 11 және тетікше 12 өлшеуіш тетікті 15 тежейді. Егер өлшеуіш бастиек 14 өңделетін бетке түсетін болса, онда өлшеуіш тетік 15 осы күйде бекітіледі. Егер өлшеуіш бастиек 14 беттің ажыраған бөлігіне түссе, онда оның орын ауыстыруы кезінде бұйымның дөңес жерін бастиек көтереді. Белгіленген уақыттан соң басқарушы шүмек 1 ашылып, бұғаттауыш клапандар 21 және 22 мембранасы астындағы қысым түседі, клапанның іске қосылу нәтижесінде өлшеуіш камера өңделетін бұйым өлшемін тіркеуші есептік-пәрменді құрылғымен 23 қосылады. Өлшеу циклі пәрменді аппарат 5 білігінің әрбір айналымында қайталанып отырады.

Сурет 3.41 аспап жұмысының циклограммасын бейнелейді. Цикл басқарушы шүмектің 6 жабылуынан (сурет 3.40 қараңыз), пневматикалық арретирдің 10 іске қосылуынан және өлшеуіш тетіктің 15 тежелуінен басталады. Тежелгеннен соң өлшеуіш тетік 15 бұғаттауыш клапан 21 іске қосылмас бұрын бұйымның дөңес жерлерімен көтерілуі керек.



Сурет 3.41. БВ-4066К аспап жұмысының циклограммасы:
1 – тежегіш механизм арретирі;
2 – өлшеуіш тетік;
3 – бұғаттауыш клапан

Бір өлшеу циклініне кететін уақыт

$$T = 2t_1 + t_2 + t_3 + 2t_4 + t_5 + t_6,$$

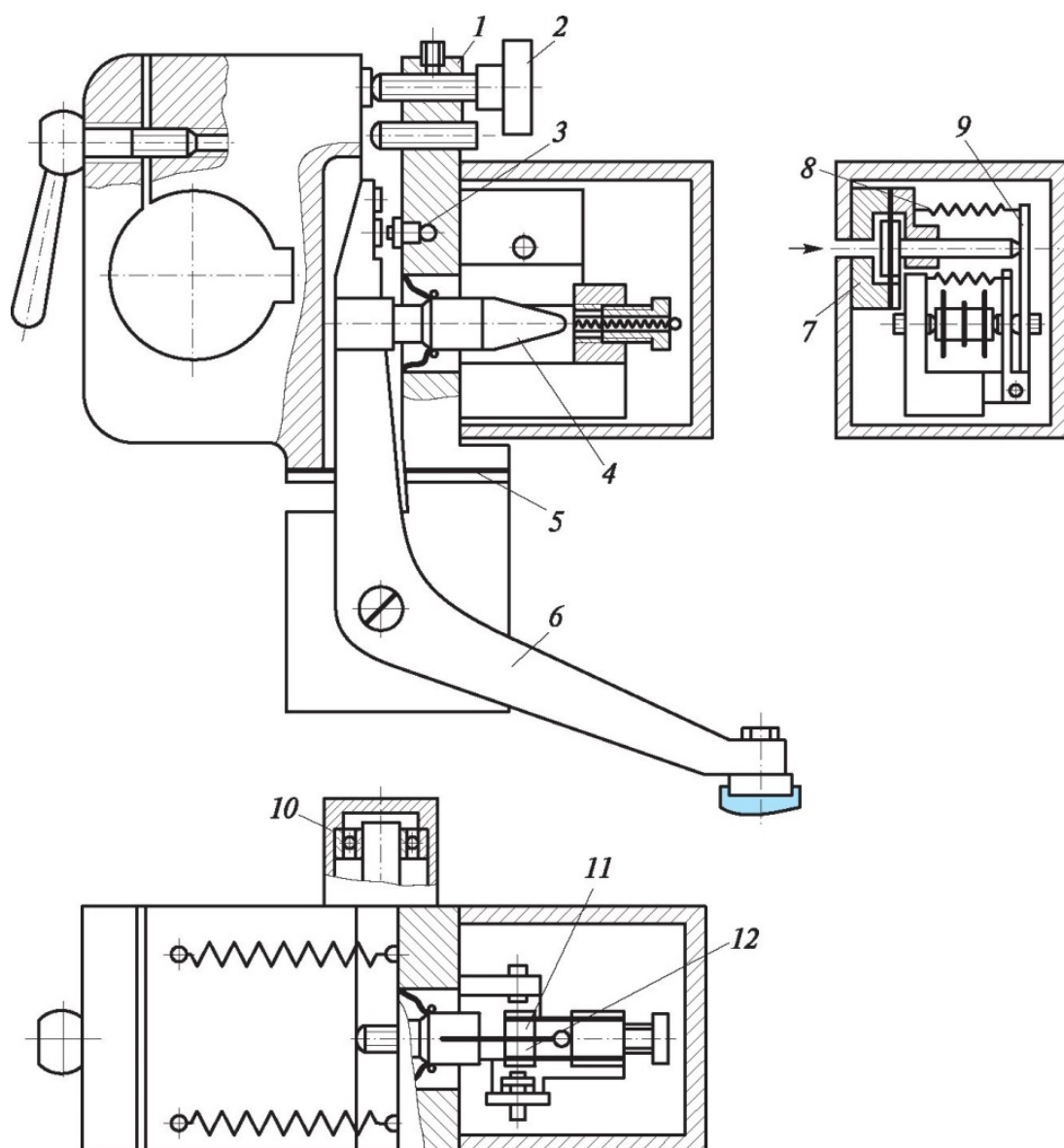
где t_1 — арретирдің іске қосылу және жіберу уақыты; t_2 — өлшеуіш тетіктің еркін күй уақыты; t_3 — тетіктің көтерілу уақыты; t_4 — клапанның іске қосылу және жабылу уақыты; t_5 — время открытого состояния; t_6 — арретир мен клапанның қосылу аралығы.

Жазық тегістеу кезіндегі T мәніне шамамен $0,9 T$ тең t_3 құрауышы айтарлықтай әсер етеді. t_3 уақыт аралығында өлшеуіш ұштықтың астында бір бұйым болса да өтуі керек. Сондықтан t_3 уақыты аспаптың өлшеуіш бастиегі астында (үстелдің ең аз жылдамдығында) беттің жоғары үзігі өтетін уақыттан үлкен болуы қажет.

Бұрын көрсетілгендей, тік бұрышты үстелде орналасқан білдек үшін t_3 15 с дейін аралықты құрауы мүмкін.

t_3 және T өлшемдерінің өсуі аспаптың төзімділігінің артуына себепкер болады, алайда аспап пәрменінің кешігу себебінен қосымша динамикалық қателіктің туындауына алып келуі мүмкін.

Бұл қателік шамасын азайту үшін t_3 уақыт аралығында өңдеудің соңғы сатысында, мысалы күту кезінде минималды әдіп шешіліп алынады. тік айналдырғысы және үзіліссіз беру функциясы бар жазық тегістеу білдектерінде күту үстелдің 3...5 айналымы (жүрісі) көлемінде 10...15 с кем емес уақытта орындалу керек. Бұл білдектер үшін t_3 6,8 с тең етіп тандалады. Көлденең айналдырғысы бар және кезенді беру қызметімен жабдықталған білдектер үшін күту уақыты жоғары және T уақыты 15...20 с құрайды. Көрсетілген циклдер жазық тегістеу білдектерінде өңдеу тәжірибесінде көптеп кездеседі.

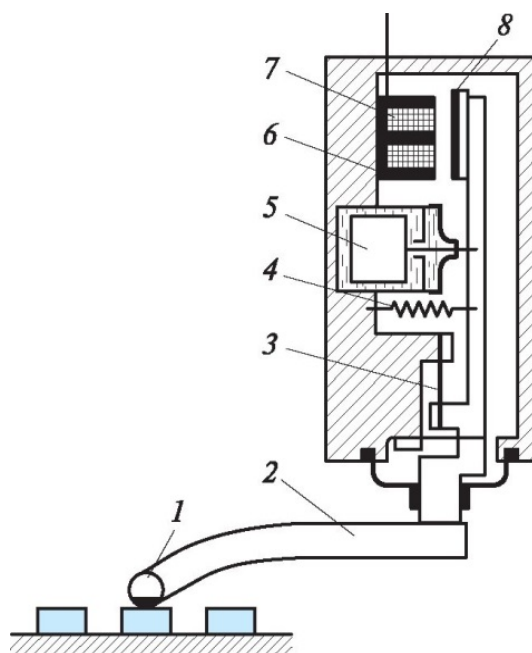


Сурет 3.42. БВ-4066К аспабының өлшеуіш бастиегінің

1 — тұрқы; 2 — бұранда; 3 — өлшеуіш шүмек; 4 — еңсіз жұқа тақтай; 5 — жазық серіппе; 6 және 9 — тетіктер; 7 — арретир; 8 — серіппе; 10 — шарлы мойын тіректер; 11 және 12 — жазық табандар

Аспап жиынтығына бір түйіспелі өлшеуіш бастиек, пәрменді аппарат, БВ-6060 пневматикалық есептік-пәрменді құрылғысы мен ұстап тұрушы кронштейн кіреді. Өлшеуіш бастиек конструкциясы 3.42 суретінде көрсетілген. Өлшеу күші мен жылжымалы салмақты азайту мақсатында өлшеуіш тетік 6 ВТ-5 титан құймасынан жасалған. Тетік өсі шарлы мойынтіректерге 10 оның люфті және лүпіл қағуы 1 мкм аспайтындай етіп орнатылған.

Фрикционды механизм аралығында тетікпен 6 қосылған иілгіш лентадан жасалған енсіз жұқа тақтай 4 орналасқан екі жазық табандардан 11 және 12 тұрады. Табандар жазық серіппелі параллелограмдарға орнатылып, енсіз жұқа тақтайды 4 серіппе 8 мен тетік 9 арқылы қысады. Механизмнің мұндай конструкциясы табандардың параллельді орын ауыстыруын, оның енсіз жұқа тақтайға 4 жақсы жабысып тұруын және ең бастысы фрикционды механизмде люфттердің болмауын қамтамасыз етеді. Тетік 6 мембрана астына тығыздалған ауа берілгенде тетікті 9 алшақтататын пневматикалық мембраналы арретир 7 көмегімен босатылады. Тежеу механизмі 0,8 мм аспайтын көп еселі өлшеулер кезінде өлшеуіш тетікті бекіту тұрақсыздығын қамтамасыз етеді. Тетіктің 6 жоғарғы ұшы есептік-пәрменді құрылғымен байланысқан өлшеуіш шүмекке 3 жапқыш ретінде қызмет атқарады. Аспапты қажетті өлшемге баптау тұрқыны 1 жазық серіппеден 5 жасалған топсада тербейтін бұранда 2 арқылы жүзеге асады.



Сурет 3.43. Жазық тегістеуге арналған «Альсар» индуктивті аспабының конструкциясы:

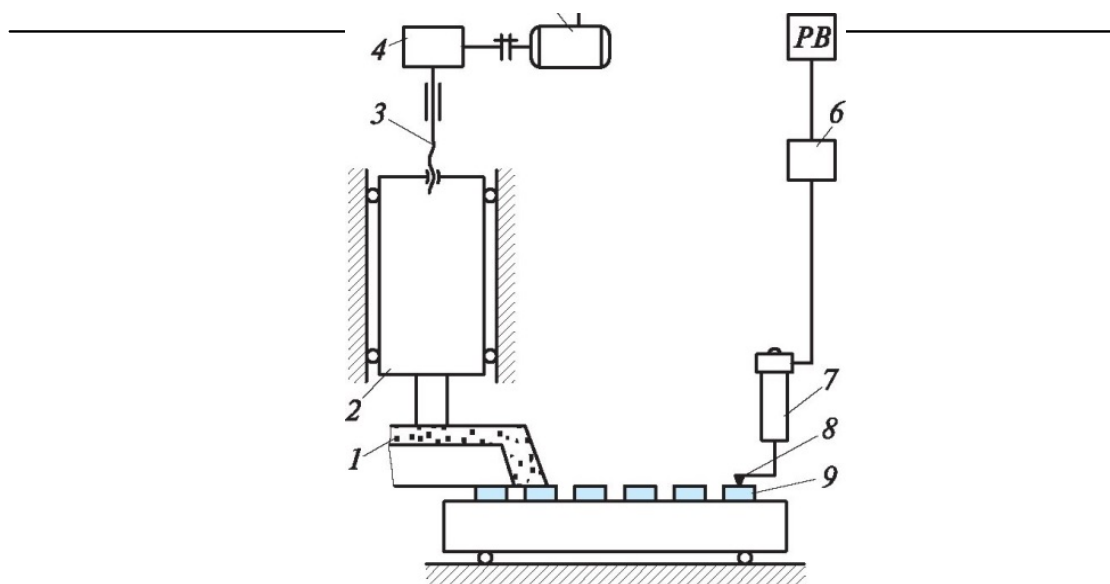
1 — ролик; 2 — тетік; 3 — жазық серіппеден жасалған топса; 4 — серіппе; 5 — піспек (поршень); 6 — ферритті шәшке; 7 — индуктивті шарғы; 8 — ферритті шайба

Өлшеуіш бастиекті аспапты баптау кезінде бастиекті тік және көлденең бағытта реттей алатын қатты кронштейнде орналасқан білдекке орнатады.

«Марпос» фирмасы жазық тегістеу барысында үзікті бетті бақылауға арналған «Альсар» аспабын шығарады (сурет 3.43). Бұл аспап бір түйіспелі өлшеуіш бастиек пен жады блогымен жабдықталған есептік-пәрменді құрылғыдан тұрады. Өлшеуіш бастиектің жазық серіппелерден 3 құралған крест тәріздес топсада орнатылатын өлшеуіш тетігі 2 болады. Тетіктің 2 бір ұшы өлшеуіш ұштық ретінде қызмет ететін қатты қоспалы роликпен 1 жабдықталған, екінші ұшына индуктивті деференциалды емес түрлендіргіш зәкірі болып табылатын ферритті шайба 8 бекітілген. Түрлендіргіш ферритті шәшкеден 6 және индуктивті шарғыдан 7 құралады. Тетік 2 гидравликалық демпфер піспегімен 5 берік байланыста болады. Демпфердің болуы өлшеуіш ұштықтардың бақыланатын беттен оның бұйымға жақындау кезінде алыстап кетуін болдырмайды және беттің ажырайтын жеріне салыстырмалы түрде баяу түсуіне жол ашады. Роликке 1 салынатын 70...120 сН шамасына пара-пар өлшеу күші серіппенің 4 әсерінен жүзеге асады.

Әдетте бір түйіспелі өлшеу беті айтарлықтай жазық емес қозғалмалы негізден (білдек үстелінен) жүргізілетіндіктен, жазық тегістеу кезінде өңдеу қателігі тегістеудің өзге түрлеріне қарағанда жоғары. Өңдеу қателігіне сонымен бірге жылулық және білдектің күштік деформациялары, үстелдің бағытауыш саңылаулары, жылыту мен өңделетін бұйымдар орнатылатын магнитті тақтаның деформациясы және өзге де факторлар әсер етеді. Осы факторлардан туындаған қателіктердің кейбірі жүйелік болып келеді, алайда аспап пен білдекті қайта баптау кезінде жартылай компенсациялануы мүмкін.

Бір өпелі білдектерге арналған аспаптар. Бір өтпелі (өнімділік) жазық тегістеу білдектерде барлық әдіп өңделетін бұйымның тегістеу шеңберінің астымен бір рет өтуі кезінде шешіліп алынады. Бұл білдектер мойынтіректі және автомобильді өнеркәсіпте, ірі сериялы және жалпылай өндірістердің автоматты желілерінде кеңінен қолданылады. Олар жеке бөліктері бір-бірінен тәуелсіз қосылып-өше алатын дөңгелек электрмагнитті тақтасы бар баяу айналатын үстелмен жабдықталған. Білдекке өз қапталдарымен жұмыс істейтін тегістеу шеңбері бар екі (немесе үш) тегістеу қыспағы орнатылған.



Сурет 3.44. Тегістеу шеңберін автоматты реттеп отыратын білдек жұмысының схемасы:

1 — тегістеу шеңбері; 2 — тегістеу қыспағы; 3 — бұранда; 4 — редуктор; 5 — электрқозғалтқыш; 6 — күшейткіш; 7 — өлшеуіш бастиек; 8 — өлшеуіш ұштық; 9 — өңделген бұйымдар

Станокта бүйіржағымен жұмыс істейтін ажарлағыш дөңгелектері бар екі (немесе үш) ажарлағыш басшалар орнатылады.

Өңдеу үшін арналған бөлшектерді орналастырады немесе олар тоқсызданған сектордағы жылжып тұратын магнитті тақтайға автоматты түрде келіп түседі. Тақтайларды одан әрі айналдырған кезде тоқ беріледі де бөлшектер тақтайға бекітіледі. Кейін бұл бөлшектер бірінші ажарлағыш басшадан өтеді, мұнда бір рет өткен кезде олардан алғашқы әдіпі алынады. Үстелді одан әрі қозғалтқан кезде бөлшектер екінші ажарлағыш басшадан өтеді және бір рет өткен кезде олардан барлық таза әдіптері алынады. Содан кейін бөлшектер соңына дейін өңделген бетімен және талап етілген өлшемдерімен биіктігі бойынша тиеу аймағына келіп түседі, онда магнитті тақтайдың тиісті секторы тоқсыздандырылады, бөлшектер станоктан шығады.

Өңдеудің мұндай сызбасы кезінде бөлшектердің өлшеміне ықпал ететін, негізгі факторлар ажарлағыш дөңгелектің тозуы болып табылады, соның салдарынан бөлшектердің өлшемі біртіндеп ұлғаяды. Сондықтан, дөңгелектің тозуын болдырмау үшін, әрбір ажарлағыш басшадан кейін реттегіш қояды, ол бөлшектің биіктігі берілгеннен артқандағы сәтті анықтайды және басшаны түсіруге белгі береді.

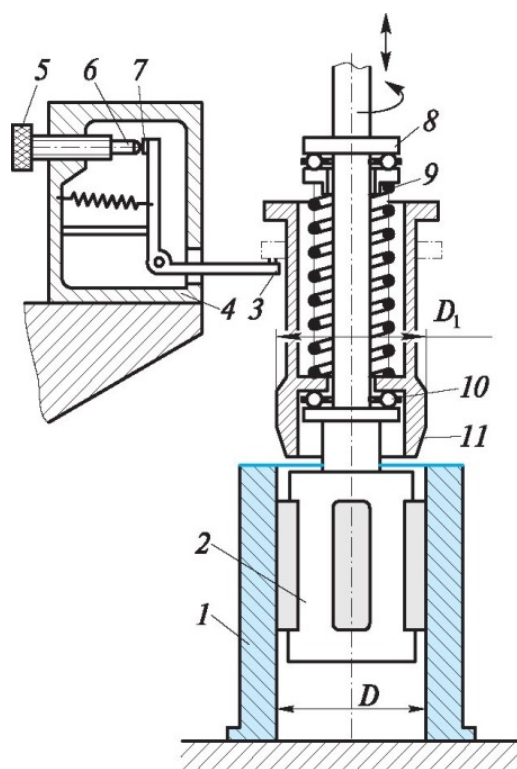
Ажарлағыш дөңгелекті автоматты астынан жөндейтін станоктың жұмыс істеу сызбасы 3.44-суретте көрсетілген. Өңделген бөлшектер 9 ажарлағыш дөңгелектің 1 астынан шыққан соң өлшегіш ұштақ 8 астынан өлшеуіш бастиекке 7 өтеді. Ажарлағыш дөңгелектердің тозуына қарай өңделетін бөлшектердің өлшемдері арта түседі және бөлшектің өлшеміне тең немесе жөндегіштен аспайтын бөлшектің өлшеміне жеткен кезде, өлшеуіш бастиек жөндегені туралы белгі береді. Өлшегіш бастиектен 7 дабыл күшейткішке 6 келіп түседі және РВ станогының уақыт релесі арқылы электрқозғалтқышқа 5 беріледі. Күшейткіштен келіп түскен белгі бойынша, электрқозғалтқыш 5 іске қосылады және редуктор арқылы 4 ажарлағыш басшаның 2 бұрандасын 3 бұрады. Ажарлағыш басшаны 2 жылжыту уақыт релесі арқылы белгіленетін, өңдеуші электр қозғалтқыштың айналу уақытымен айқындалады. Жөндеуші импульстің мәнін іске қосу өрісі, өңдеуге кірісу, ажарлағыш дөңгелектің сипаттамасы, бұйымның пішіні және өлшемдері, дөңгелек пен өлшегіш бастиек арасындағы бұйымның санына және т.б. қарай таңдап алады. Станоктың уақыт релесі сонымен қатар, өлшеуіш ұштақ астынан олардың және бірінші жөндеуші импульс берілісі кезіндегі дөңгелек арасында тұрған барлық бөлшектер өткенше, келесі жөндеуші импульс кезеңін ұстап тұрады.

3.2.8. Жануышты станоктарға арналған белсенді бақылау құралдары

Белсенді бақылау, қағидаға сәйкес, дәлдік саңылауларды өңдеу кезінде операцияларды аяқтаушы болып табылатын жануыштау кезінде кеңінен қолданылады. Жануышты станоктарда өңдеу айналдырғыш және қайтарма-ілгерілемелі қозғалыстағы ұсақ түйірлі түрпітас қайрақтың көмегімен жүргізіледі. Жануыш үрдісі шағын алынатын әдіппен (0,03... 0,15 мм), өңдеу соңында әдіпті алудағы шағын жылдамдықпен (жануышты бастиектің бір жүрісінде 0,3-0,5 мкм), кескіш қайрақтардың баяу тозуымен және өңдеудің тұрақты үрдісімен сипатталады. Жануышты станоктар үшін әзірленген көптеген құралдардың ішінен өнеркәсіпте көбінесе қатты калибрлер және жауышты бастиектерге кіріктірілген, пневматикалық байланыссыз және байланысты құрылғылар қолданылады.

Шағын емес диаметрлі, мәселен 30 мм-ден аз, саңылаулары тура өлшеу, және үзілмелі жазықтықты саңылаулар оларды жануыш станоктарда өңдеу үрдісінде қиындық туындайды, себебі өңделетін саңылау толықтай жануыш бастиекпен толтырылады, ал өлшегіш түрлендіргіштерді жануыш станоктың өзіне орналастыру оның шағын емес өлшемдеріне және күрделі құрылысының салдарынан іс жүзінде орындау мүмкін болмайды. Бұл жағдайларда жанама өлшеулер жақсы нәтижелер береді. Жанама бақылауда қолдануға арналған біршама қолайлы алғышарттар алмазды жануыштау кезінде құрылады, ол алмаз қайрақтардың жоғары тұрақтылығымен түсіндіріледі (кейбір жағдайларда қайрақтың бір жиынтығымен 30 мың бұйымға дейін өңделеді).

Жануышты бастиектің корпусында кескіш қайрақтың астында тікелей жайғастырылған, «құраушы» калибр-тығынды құрылғылар өте кеңінен қолданыс тауып келеді (3.45-сурет). Құрылғы тегіс және кедір-бұдырлы жазықтық беті бар саңылауларды бақылау үшін қолданыла алады.



3.45-сурет. Жануыштау барысында бақылауға арналған қатты калибрлі құрылғының құрылысы:

1 — өңделетін бөлшек; 2 — жануышты бастиек; 3 — тұтқыш; 4 — түрлендіргіш; 5 — бұранда; 6 және 7 — байланыстар; 8 және 10 — шарлы мойынтіректер; 9 — серіппе; 11 — калибр-тығын

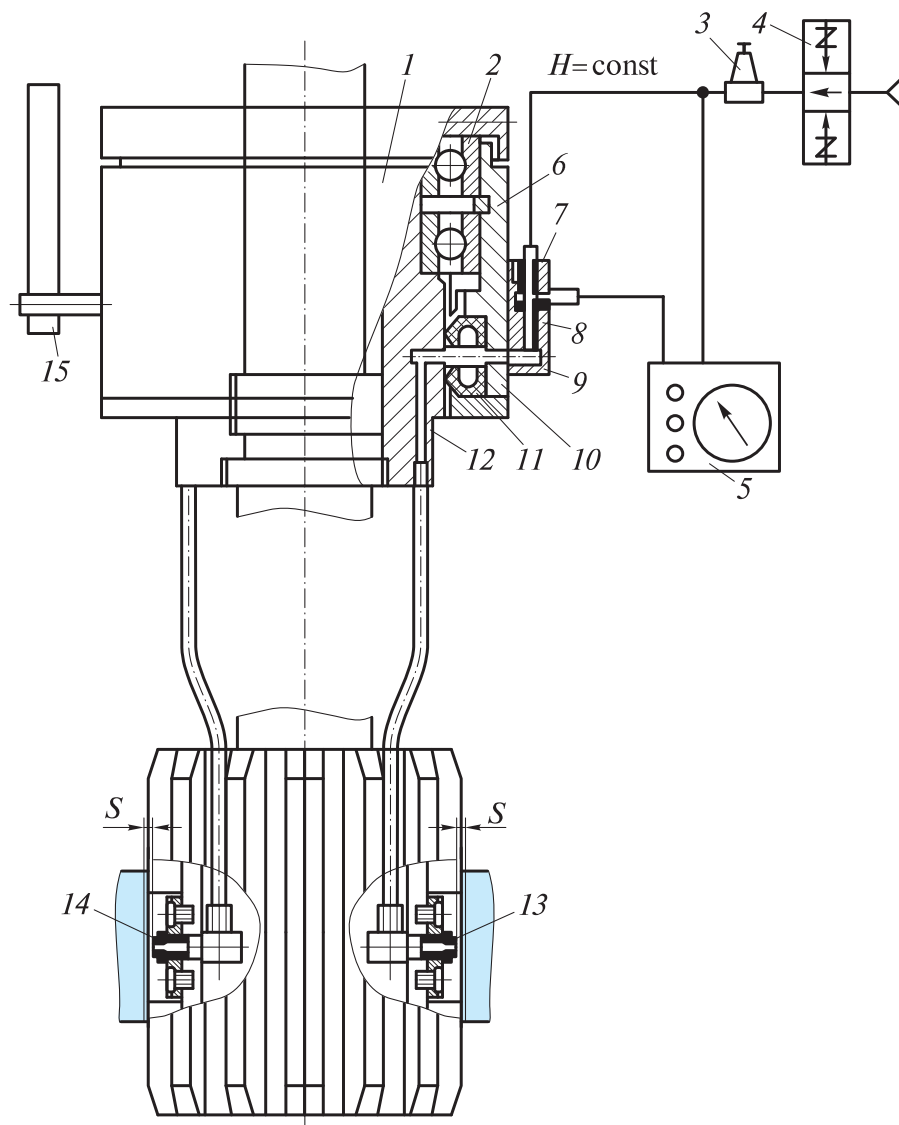
Жануышты бастиектің 2 сояуышына диаметрі D_1 қатты калибр-тығын 11 монтаждалады, ол өңделетін бөлшектердің орташа D саңылауына сәйкес келеді. Калибр-тығын 11 жануышты бастиекке 2 қарай жылжытылуы қажет және қағидаға сәйкес, әсіресе осы бастиекті құбылмалы бекіткен кезде; ол әдетте арнайы, екі шарлы мойынтірекке 8 және 10 монтаждалады да осьтік бағытта бұрандалы серіппенің көмегімен 9 бекітіледі. Қатты орталықтандырылған калибр жануышты бастиекке қатысты мүмкін емес, оның радиалды бағытта еркін жылжитын мүмкіндігі болуы қажет. Айнарудан жануышты бастиекпен бірге калибр-тығын 11 станоктың тұғырына бекітілген, төлкемен ілінісетін, оның үстіңгі белдемесінде бар көтерілімнің көмегімен ұсталып тұрады.

Құралдың әрекеті жануыш бастиектің 2 әрбір жүрісі кезінде калибр-тығыннан төмен 11 жүріс соңында серіппенің 9 әсерімен өңделетін бөлшектердің 1 саңылауына кіруге тырысуына негізделеді. Кіруді жеңілдету үшін калибрдің ұшында $1,5'' 15^\circ$ жүзі жасалған. Алайда калибр бақыланатын саңылауға оның цилиндрлік белдік диаметрі D_1 осы саңылаудың диаметрінен D артық болғанға дейін кіре алмайды. Бұған қоса, оның үстіңгі белдемесі станоктың тұғырына орналасқан электроконтактті түрлендіргіштің 4 тұтқасына 3 жетпейді. Саңылаумен D калибр-тығынның 11 талап етілген өлшеміне қол жеткізген кезде серіппенің әсерімен 9 осы саңылауға өзінің жұмыс белдігімен кіреді және калибрдің үстіңгі белдемесі түрлендіргіштің тұтқасын 3 басады да оны бұрады. 6 және 7 байланыстар тұйықталады, станокты басқару тізбегіне өңдеуді тоқтатуға белгі келіп түседі. 6 және 7 байланыстар бұранданы 5 айналдырумен бапталады.

Тегіс саңылаулы бұйымдарды өлшеу кезінде калибрдің цилиндрлік белдігі майлау-салқындату сұйықтығын өткізу үшін қажетті ойылған жерлері болады. Калибрдің тозуын болдырмау үшін жұмыс істейтін белдікті кескіш төлке, қатты қоспамен арқауланған және калибр өлшемін реттеуге арнаған бұрандамен жарақталған түрде дайындайды. Осындай типті құралдар жақсы нәтижелерді қысқа саңылауларды салыстырмалы түрде бақылау кезінде береді. Оның кемшіліктеріне өңдеудің барысын көзбен бақылаудың жоқтығы, сондай-ақ саңылаудың барлық ұзындығы бойынша бақылаудың мүмкінсіздігі жатады.

Жануышты бастиекке орналастырылған қатты калибрлер 25...30 мм кем емес диаметрлі саңылауларды жануыштау кезінде қолданылады. Тұрақты және кейінге қалдырылған технологиялық процесс кезінде өңдеу дәлсіздігі 0,01 .0,015 мм құрайды.

1



1. **Introduction**
 2. **Methodology**
 3. **Results**
 4. **Discussion**
 5. **Conclusion**
 6. **References**
 7. **Appendix**
 8. **Index**
 9. **Glossary**
 10. **Notes**
 11. **Footnotes**
 12. **Endnotes**
 13. **Supplementary Materials**
 14. **Tables**
 15. **Figures**
 16. **Equations**
 17. **Formulas**
 18. **Diagrams**
 19. **Charts**
 20. **Tables**
 21. **Figures**
 22. **Equations**
 23. **Formulas**
 24. **Diagrams**
 25. **Charts**
 26. **Tables**
 27. **Figures**
 28. **Equations**
 29. **Formulas**
 30. **Diagrams**
 31. **Charts**
 32. **Tables**
 33. **Figures**
 34. **Equations**
 35. **Formulas**
 36. **Diagrams**
 37. **Charts**
 38. **Tables**
 39. **Figures**
 40. **Equations**
 41. **Formulas**
 42. **Diagrams**
 43. **Charts**
 44. **Tables**
 45. **Figures**
 46. **Equations**
 47. **Formulas**
 48. **Diagrams**
 49. **Charts**
 50. **Tables**
 51. **Figures**
 52. **Equations**
 53. **Formulas**
 54. **Diagrams**
 55. **Charts**
 56. **Tables**
 57. **Figures**
 58. **Equations**
 59. **Formulas**
 60. **Diagrams**
 61. **Charts**
 62. **Tables**
 63. **Figures**
 64. **Equations**
 65. **Formulas**
 66. **Diagrams**
 67. **Charts**
 68. **Tables**
 69. **Figures**
 70. **Equations**
 71. **Formulas**
 72. **Diagrams**
 73. **Charts**
 74. **Tables**
 75. **Figures**
 76. **Equations**
 77. **Formulas**
 78. **Diagrams**
 79. **Charts**
 80. **Tables**
 81. **Figures**
 82. **Equations**
 83. **Formulas**
 84. **Diagrams**
 85. **Charts**
 86. **Tables**
 87. **Figures**
 88. **Equations**
 89. **Formulas**
 90. **Diagrams**
 91. **Charts**
 92. **Tables**
 93. **Figures**
 94. **Equations**
 95. **Formulas**
 96. **Diagrams**
 97. **Charts**
 98. **Tables**
 99. **Figures**
 100. **Equations**
 101. **Formulas**
 102. **Diagrams**
 103. **Charts**
 104. **Tables**
 105. **Figures**
 106. **Equations**
 107. **Formulas**
 108. **Diagrams**
 109. **Charts**
 110. **Tables**
 111. **Figures**
 112. **Equations**
 113. **Formulas**
 114. **Diagrams**
 115. **Charts**
 116. **Tables**
 117. **Figures**
 118. **Equations**
 119. **Formulas**
 120. **Diagrams**
 121. **Charts**
 122. **Tables**
 123. **Figures**
 124. **Equations**
 125. **Formulas**
 126. **Diagrams**
 127. **Charts**
 128. **Tables**
 129. **Figures**
 130. **Equations**
 131. **Formulas**
 132. **Diagrams**
 133. **Charts**
 134. **Tables**
 135. **Figures**
 136. **Equations**
 137. **Formulas**
 138. **Diagrams**
 139. **Charts**
 140. **Tables**
 141. **Figures**
 142. **Equations**
 143. **Formulas**
 144. **Diagrams**
 145. **Charts**
 146. **Tables**
 147. **Figures**
 148. **Equations**
 149. **Formulas**
 150. **Diagrams**
 151. **Charts**
 152. **Tables**
 153. **Figures**
 154. **Equations**
 155. **Formulas**
 156. **Diagrams**
 157. **Charts**
 158. **Tables**
 159. **Figures**
 160. **Equations**
 161. **Formulas**
 162. **Diagrams**
 163. **Charts**
 164. **Tables**
 165. **Figures**
 166. **Equations**
 167. **Formulas**
 168. **Diagrams**
 169. **Charts**
 170. **Tables**
 171. **Figures**
 172. **Equations**
 173. **Formulas**
 174. **Diagrams**
 175. **Charts**
 176. **Tables**
 177. **Figures**
 178. **Equations**
 179. **Formulas**
 180. **Diagrams**
 181. **Charts**
 182. **Tables**
 183. **Figures**
 184. **Equations**
 185. **Formulas**
 186. **Diagrams**
 187. **Charts**
 188. **Tables**
 189. **Figures**
 190. **Equations**
 191. **Formulas**
 192. **Diagrams**
 193. **Charts**
 194. **Tables**
 195. **Figures**
 196. **Equations**
 197. **Formulas**
 198. **Diagrams**
 199. **Charts**
 200. **Tables**
 201. **Figures**
 202. **Equations**
 203. **Formulas**
 204. **Diagrams**
 205. **Charts**
 206. **Tables**
 207. **Figures**
 208. **Equations**
 209. **Formulas**
 210. **Diagrams**
 211. **Charts**
 212. **Tables**
 213. **Figures**
 214. **Equations**
 215. **Formulas**
 216. **Diagrams**
 217. **Charts**
 218. **Tables**
 219. **Figures**
 220. **Equations**
 221. **Formulas**
 222. **Diagrams**
 223. **Charts**
 224. **Tables**
 225. **Figures**
 226. **Equations**
 227. **Formulas**
 228. **Diagrams**
 229. **Charts**
 230. **Tables**
 231. **Figures**
 232. **Equations**
 233. **Formulas**
 234. **Diagrams**
 235. **Charts**
 236. **Tables**
 237. **Figures**
 238. **Equations**
 239. **Formulas**
 240. **Diagrams**
 241. **Charts**
 242. **Tables**
 243. **Figures**
 244. **Equations**
 245. **Formulas**
 246. **Diagrams**
 247. **Charts**
 248. **Tables**
 249. **Figures**
 250. **Equations**
 251. **Formulas**
 252. **Diagrams**

1. *Journal of the American Medical Association*, 2000; 284: 1012-1016.

Үлкен диаметрлі, мәселен 60 мм-ден артық, саңылауды бақылау үшін жануыш бастиекке кіріктірілген байланысты және байланыссыз пневматикалық құралдар қолданылады.

Көптеген отандық және шетелдік станоктарда жануыштау барысында тегіс саңылауды бақылау үшін байланыссыз пневматикалық құралды пайдаланады (3.46-сурет). Құрал саңылаусыз пневматикалық біріктіру 1 айналдыратын, кескіш белдемелер арасында жануыштау бастиегінде тікелей орналасқан өлшегіш шүмектерден 13 және 14, өлшегіш-басқару құрылғысынан 5 тұрады. Сығылған ауа электромагнитті клапан арқылы 4 қысымды тұрақтандырғышқа 3 және одан бұрылатын шүмекке 9 және өлшегіш-басқару құрылғысына 5 беріледі. Айналмалы біріктіру камерасынан 10 ауа өлшегіш шүмектерге келіп түседі және бүйіржақтан, өңделетін жазықтық арасындағы S тесіктен шығады.

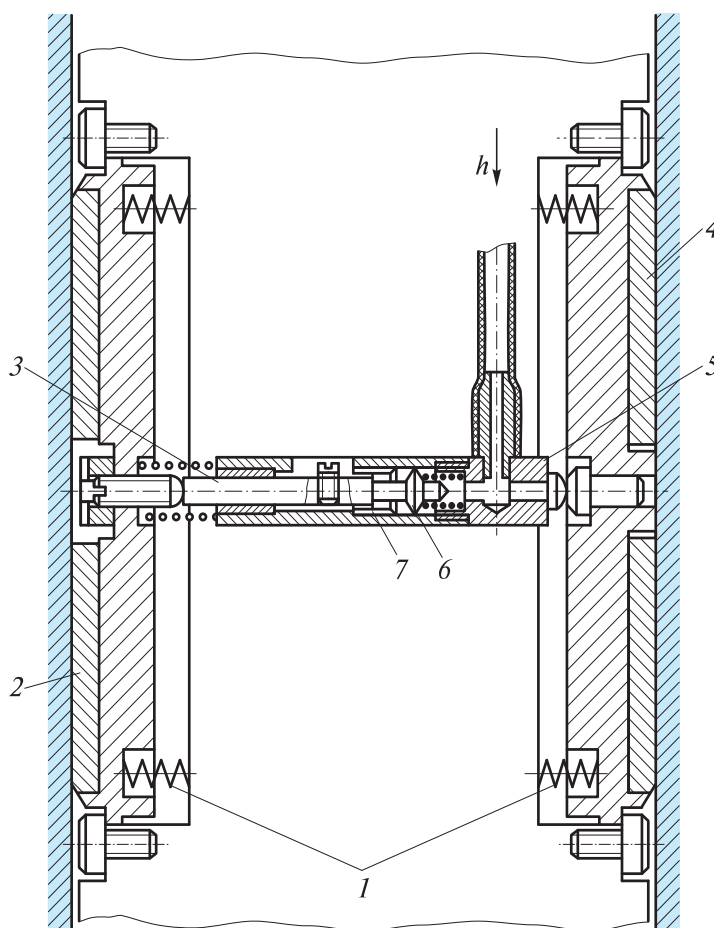
Айналмалы біріктіру қозғалмайтын өлшегіш-басқару құрылғысынан жануышпен бірге айналатын өлшегіш шүмектерге ауа беру үшін қызмет етеді. Біріктіру жануыш корпусында 12 монтаждalған. Төлке 6 шарлы мойынтіректерге орнатылған және саңылаулы камераны 10 түзетін, екі манжеттері 11 бар, оған сығылған ауа бұратын шүмектен 9 беріледі. Төлке 6 станоктың траверсасымен қосылған қозғалмайтын сұққыны 15 айналдырудан ұсталып тұрады. Өлшегіш шүмектерді 13 және 14 өңделетін саңылауға жануыштың кіруі кезінде және жануыштау бастиегінің корпусына көшірілген кескіш қайрақтарды зақымданудан қорғау үшін өлшеуіш шүмектердің 13 және 14 бүйіржағынан келіп түсетін қатты қорытпалы тақтайшалар бұралып қойылады.

Өлшегіш шүмектер 13 және 14 астындағы жұмыс тесігін арттыру үші кіру шүмегі ретінде шығару эжекторы қолданылады, ол жақын орналасқан шүмектерден 7 және 8 тұрады. Екінші шүмектің жұмыстық саңылауы арттырылған ұзындықта болады.

Бұл құрал келесі түрде жұмыс істейді. Айналатын жануыштау бастиегі өңделетін саңылауға кіргізіледі және әдіпті түсіру басталады. Станоктың белгісі бойынша электромагнитті клапан 4 ашылады және ауа құралға беріледі. Өңдеу барысында өлшегіш шүмектер астындағы S тесік арта түседі және өлшегіш-басқару құрылғысына келіп жететін h өлшегіш қысым төмендейді. Өңделетін саңылаудың диаметрі берілген мәнге жеткен кезде, станоктың басқару тізбегіне өңдеуді тоқтатуға және жануыштау бастиегін бұруға белгі беріледі, электромагнитті клапан 4 жабылады да құралға ауаның берілісі тоқтатылады.

Құралды баптау өте қарапайым. Жануыштау бастиегі өңделген аттестатталған саңылауға кіргізіледі. Өлшегіш-басқару құрылғысының қысымға қарсылық бұрандасының көмегімен нұсқар меженің нөлдік бөлгішіне орнатылады, құралдың дабылдық шамдары жанғанша электрлі байланыстар (басқарушы белгі) бапталады. Бұл құралдың артықшылығы саңылаудың барлық ұзындық бойын бақылау мүмкіндігі болып табылады. Құралмен саңылауды өңдеу дәлсіздігі 0,005 ...0,010 мм-ді құрайды.

Өңделетін саңылаулардың кедір-бұдырлы жазықтық беті болған жағдайда, жануыштау бастиегіне кіріктірілген, байланысты пневматикалық құрылғы қолданылады (3.47-сурет). Жануыштау бастиегінің корпусында кескіш қайрақтар арасында серіппелермен *1* өңделетін жазықтық бетіне қысылған, екі қатты қоспалы тақтайшалар *2* және *4* орналасқан.



3.47-сурет. Жануыш станокқа арналған байланысты пневматикалық құралдың құрылысы:

1 — серіппелер; *2* және *4* — тақтайшалар; *3* — сояуыш; *5* — бастиек корпусы; *6* — конус; *7* — орны

2 және 4 тақшайлар арасында байланысты пневматикалық бастиек орналасқан. Бастиектің 5 корпусы тақтайшамен 4 байланысады, ал сояуыш 3 2 тақтайшамен байланысады. Сояуыш пен бастиек корпусы 5 орынның 7 корпусық ұшының арасында өлшеуіш тесік пайда болады, одан жоғары орналасқан айналатын біріктіруден (3.46-сурет) бастиекке жеткізілетін ауа шығады. Өндеу процесінде 2 және 4 тақтайша қозғалтылады, орындағы 7 және конус арасындағы тесік азаяды, өлшеуіш камерасындағы қысым құлайды; берілген өлшемге жеткен кезде өлшеуіш-басқару құрылғысы станоктың басқару сызбасына өндеудің біткені жөнінде белгі береді.

Жануыштау процесінің тұрақтылығы және берік алмаз қайрақтарды пайдалану бақылаудың жанама әдістерін пайдалануға мүмкіндік береді. Алайда, бақылаудың жанама әдістері көптеген жағдайларда дәлдігі аз болады, олар құбылмалы және қатты бекіткіш жануыштау бастиектерімен тегіс және кедір-бұдырлы жазықтық беттерінде кез келген диаметрлі саңылауларды өндеу кезінде қолданылады. Жанама бақылаудың автономды құрылғысын жануыштау бастиегінің және кескіш қайрақтарды немесе конусты орын ауыстыруды бақылаушы құрылғының уақыт бойынша немесе жүріс саны бойынша бөледі.

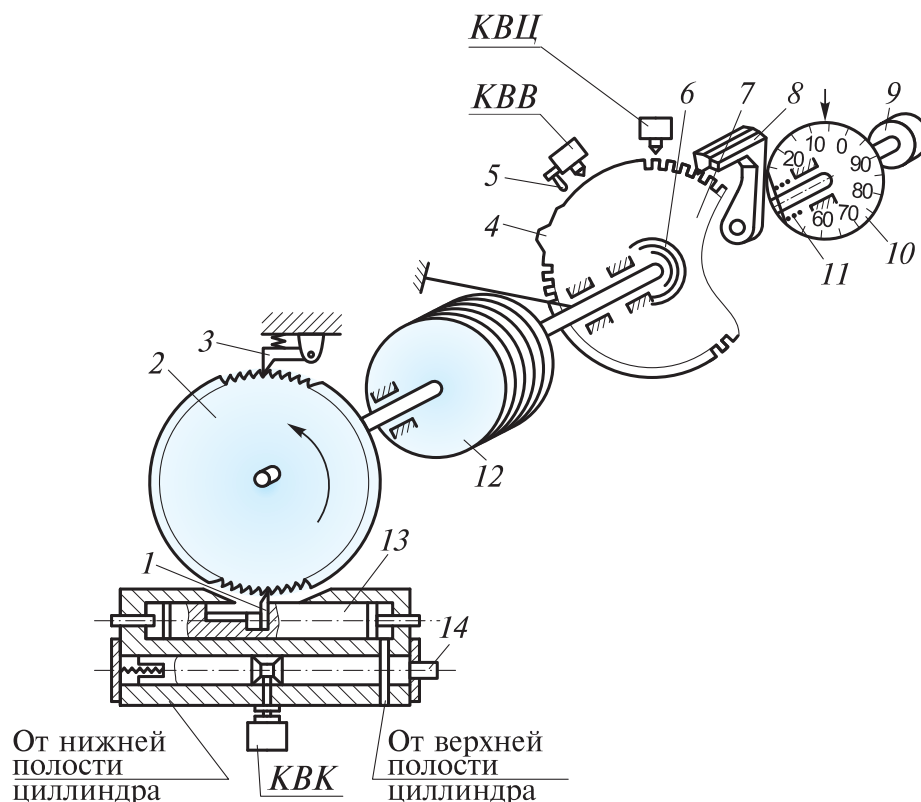
Автономды жүйелерде әдіпті түсіру үшін қажетті жануыштау процесінің ұзақтығын белгілейді. Берілген уақыт немесе қос жүрістің саны біткен соң өндеу автоматты түрде тоқтатылады. Алынатын әдіп АЛ, мм және алуға келетін s , t уақыттың орташа мәнін, мәселен 0,01 мм (тәжірибелі жолмен анықталған) біле отырып, жеткілікті дәлдікпен жануыштау процесінде орнатылған кездегі өндеудің машиналы уақытын есептеуге болады:

$$T = 100 \text{ АЛк.}$$

Осыған ұқсас түрде БЛ (мм) әдіптің орымы үшін қажетті K қос жүрістің санын, орымы үшін қажетті аспаптың қос жүрісті белгілі саны кезінде k , мәселен 0,01 мм (және тәжірибелі жолмен айқындалған) анықтайды:

$$K = 100 \text{ АЛк.}$$

3.48-суретте жануыштау бастиегінің қос жүрісті саны бойынша жұмыс істейтін белсенді бақылауға арналған құрылғы көрсетіледі. Ол қос жүрісті электромеханикалық есептегіштен, гидравликалық жетекті механизмнен және жол ажыратқыштардан тұрады.



3.48 Қос жүріс санын белсенді бақылауға арналған құрылғы:

I және 3 — ілгектер; *2* — шаппа доңғалақ; *4* — қисаю; *5* — жылжымайтын тірек;
6 — шиыршық серіппе; *7* — диск; *8* — жұдырықша; *9* — сермер; *10* — дөңгелек;
II — серіппе; *12* — жалғастырғыш; *13* — тығынжыл; *14* — бөліп таратқыш батырмасы

Есептеуішке тісті дискі 7, лимб 10 және жылжымалы жұдырықша 8 кіреді. Дискінің 7 бастапқы қалыбы қозғалмайтын тірекке 5 тірелетін қиғаштықпен 4 айқындалады. Бұл қалыпта дискі 7 шиыршық серіппемен 6 ұсталып тұрады, ал қиғаш 4 сояуыштағы ажыратқышты КВВ басады. Есептеуіш тіреуішті доңғалақпен 2, алма-кезек бұрылатын бір тісті ілмекке 1 тығынжылды 13 оңға жылжыту кезінде әрекет етуге келтіріледі.

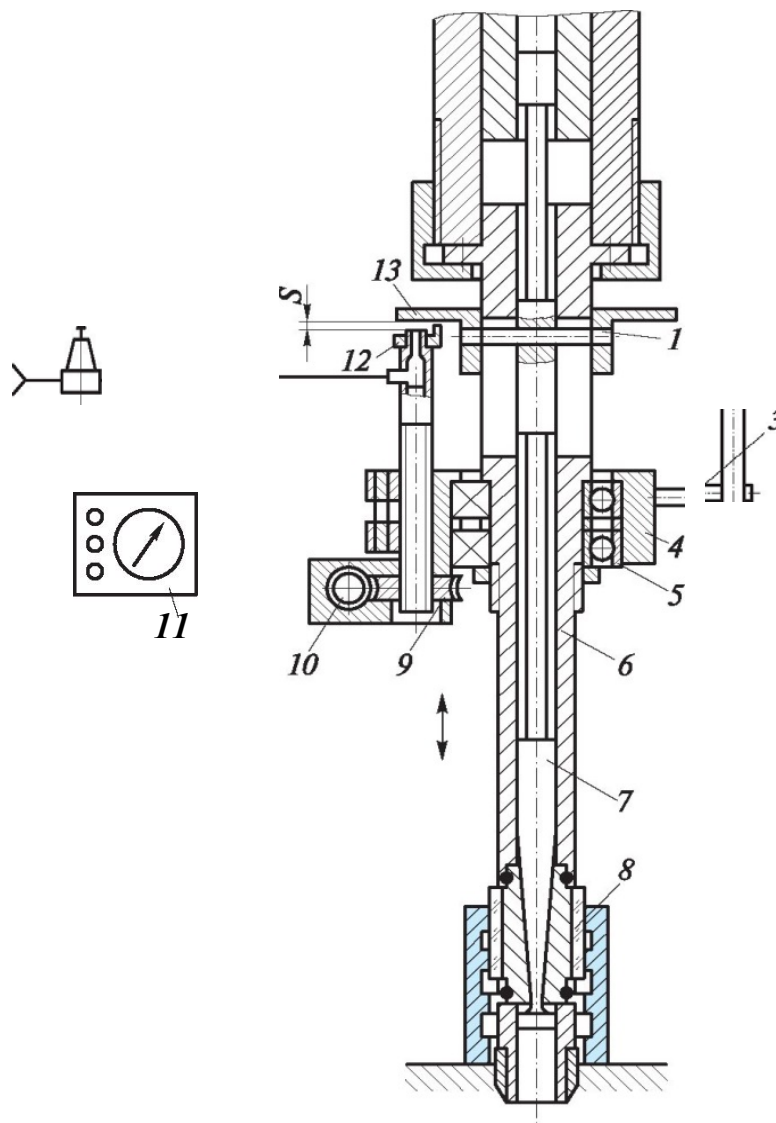
Ілмек 3 тығынжылдың солға бос жүрісі кезінде тіректі доңғалақты 2 бекітеді. Айналдырғының әрбір қос жүрісі сайын тығынжыл 13 де тіректі доңғалақты 2 бір тіске бұра отырып бір қос жүріс жасайды. Есептеуішті қос жүрістің қажетті санына баптау кезінде жұдырықша 8 қолмен сермер 9 дискімен 7 ілінісіп шығарылады, кейін цифрлы лимбамен көрсеткіш нұсқары қос жүрістің тиісті санына жылжығанға дейін бұрылады. Бұл ретте ажыратқыш байланыстары КВЦ босатылады. Сермер 9 жіберілгенде, серіппе 11 жұдырықшаны 8 дискімен 7 ілініске келтіреді.

Өңдеу циклінің басында, қысылған қайрақтармен жануыштау бастиегі баяу төмен қарай жылжыған кезде, дискі 7 мен тіректі доңғалақты 2 қосатын электромагнитті жалғастырғыш 12 іске қосылады. Жануыштау бастиегін жоғары жүрісі кезінде тығынжыл 13 ілмекпен 1 оңға жылжығанда тіректі доңғалақты 2 және тұйықталған жалғастырғыш арқылы 12 дискіні 7 бұрады. Осының нәтижесінде жұдырықша 8 ВВ ажыратқыш сояуышын босатады, жануыштау бастиектің айналуы, қайрақтың босаңдауы және майлау-салқындату сұйықтығының берілісі қосылады.

Өңдеу процесінде жануышты бастиектің әрбір қос жүрісі кезінде тығынжыл 13 есептеуіш білігін бір тіске бұрады. Жануыштау жұдырықша 8 КВЦ ажыратқыш сояуышына басқанша дейін жалғаса береді. Оның жұмыс істеп кетуі кезінде қайрақтардың сығылуына және өңделетін саңылаудан жануыштау бастиегін шығару белгісі беріледі. Жалғастырғыш 12 сөндіріледі де дискі 7 шиыршық серіппенің әсер етуімен 6 бастапқы қалыбына қайтып оралады. Қысқа жүрістермен жануыштау кезінде цилиндрліктен ауытқушылықты түзету үшін бөліп таратқыш-батырмасын 14 басу қажет. Бұл ретте КВК ажыратқыш байланыстары тұйықталады, тығынжылға 13 майдың берілісі тоқтатылады және қос жүріс сандардың өлшемі жүрмейді. Осындай жүйелермен көптеген жануыштау станоктары жарақталады. Оларды қолдану өңдеудің тұрақты және кейінге қалдырылған процесінде және кесудің технологиялық тұрғыда расталған тәртібінде 0,01 ...0,02 мм шегіндегі өңдеу дәлдігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Жанама бақылаудың уақытша жүйелері қатты және жүзетін жануышпен қолданылады. Бірінші жағдайда алынатын дәлдік біршама төмен, өйткені босау механизмінде жаншу қайрақтарының тесіктері болады.

Сонымен қатар, жануыштау бастиектің босату конусының орналасуы бойынша жанама бақылау құрылғысы қолданылады. 3.49-суретте БВ-4217 құрылғысының құрылысы көрсетілген. Өлшеуіш жабдықтағышты жануыштау бастиегінде тікелей монтаждайды. Өңдеу процесінде өлшеуіш жабдықтағыш онымен бірге жылжытылады. Жануыштау бастиегінің корпусында 6 екі шарлы мойынтіректерде 5 табаны 4 орнатылған, ол бағыттаушы сырғанауда өлшегіш шүмек 12 пневматикалық өлшегіш жүйе жайғастырылған. Өлшегіш шүмектің 12 жапқышына босату конусымен бірге 7 жануыштау бастиегінің корпусы 6 бойынша жылжитын төлке 13 фланеці қызмет етеді. Төлке 13 босату конусымен 7 сұққымен 1 қатты қосылады. Осылайша, төлке 13 жануышпен бірге айналады, ал табаны 4 станоктың траверсасына қосылған өзекпен 3 және бүркеншіксіз шегемен 2 айнарудан ұсталып тұрады.



3.49-сурет. БВ-4217 құрылғысының құрылысы:

1 — бүркеншіксіз шеге; 2 — сұққы; 3 — өзек; 4 — табаны; 5 — шарлы мойынтіректер; 6 — корпус; 7 — босату конусы; 8 — қайрақтар; 9 — тегершік; 10 — бұрамдық; 11 — өлшеуіш-басқару құрылғысы; 12 — өлшеуіш шүмек; 13 — төлке

Өлшегіш шүмек 12 моделдің өлшеуіш-басқару құрылғысымен 11 ауа құбырына қосылады.

Құралды берілген өлшемнің өңделген саңылауына баптау үшін (тесіктің диаметрінде жіберу өрісінің үстіңгі шекарасына жақын) жануыштау бастиегі кіргізіледі және босату конусының төмен жылжуымен 7 қайрақтар 8 тесіктің бетімен байланысқа дейін жеткізеді. Өлшеуіш шүмек 12 қолмен өлшеуіш-басқару құрылғысының 11 нұсқары төлкенің төменгі бүйіржағына қарай жеткенге дейін меженің нөлдік бөлінуі шыққанша қозғалтылады.

Бұл қалыпта өлшегіш шүмек 12 бүйіржағы мен төлке 13 фланеці арасында шамамен 0,1 мм тең болатын S өлшегіш тесік орнатылады. Одан әрі қарай өңдеу циклінің аяқталуы үшін пайдаланылатын құралды басқаратын белгі бапталады.

Өңдеу процесінде төлке 12 жануышпен бірге айналады да босату конусымен 7 бірге төмен қарай жылжытылады. Әдіптің орамына қарай төлке фланеці 13 өлшеуіш шүмекке 12 жақындайды, шүмек пен фланец аузының арасында берілген тесік орнатылған кезде S , өңдеудің аяқталғаны туралы белгі беріледі, босату конусы 7 жоғары көтеріледі, қайрақтар 8 босатылады және жануыштау бастиегі тесіктен шығарылады. Одан әрі өңдеу процесінде жануыштау бастиегінің қайрақтары 8 біртіндеп тоза бастайды, өңделетін тесіктің диаметрі біртіндеп азаяды және кіру өрісінің төменгі шекарасына қарай жуықтайды. Өңделетін тесіктердің өлшемдері белгіленген деңгейге жеткен кезде, құралды қолмен немесе автоматты жүргізілуін іске асырады.

Құралды жүргізу үшін шағын реверсивті электрқозғалтқыш пайдаланылады, ол өлшегіш шүмекті 12 бұрамдықтың 10 және тістегеріштердің 9 көмегімен жылжытады. Қолмен жүргізген кезде қозғалтқышты тетіктің көмегімен қосады және ол өлшегіш шүмек 12 берілген жүргізу импульсіне тең шамаға жылжытылатын орнатылған уақытқа дейін жұмыс істейді.

Жөндеу екі жағдайда: тұрақты технологиялық процесте (өңдеуге тұрақты шағын әдіс, алмаз қайрақтар) немесе арнайы автомат-станоктарда автоматтадырылады.

Бірінші жағдайда жиіліктің мәні және жөндеу сараптамалық жолмен айқындалуы және электрқозғалтқышты қосатын станоктың уақыт релесі белгісімен автоматты түрде іске асырылуы мүмкін.

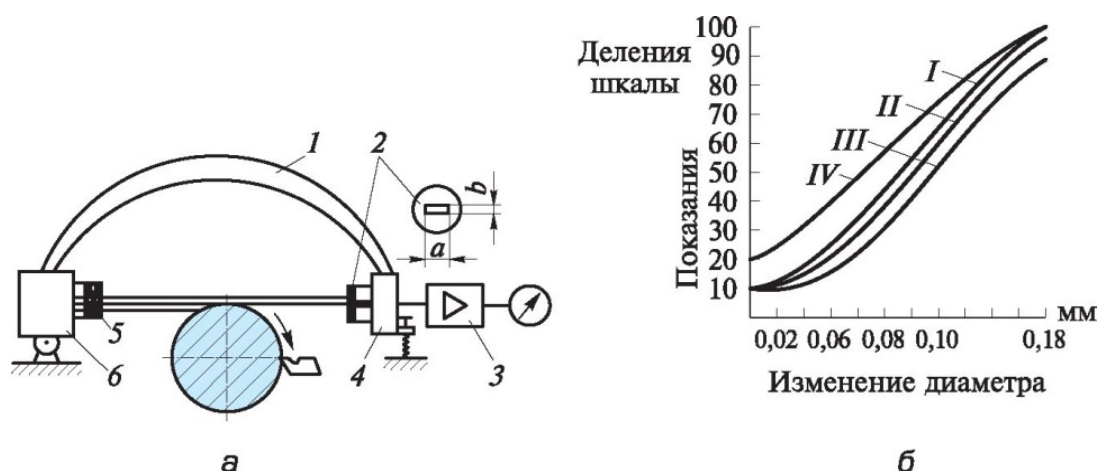
Арнайы станокта өңделген бөлшектер келіп түсетін және тесік басқа құралмен өлшенетін, мысалы пневматикалық тығынмен, қосымша жайғасым қарастырылады. Осы құралдың белгі беруі бойынша электрқозғалтқышты қосу және өлшегіш шүмекті жылжыту жүреді.

Құрал қатты және құбылмалы жануышпен өңдеудің әртүрлі тәсілдерінде қолданыла алады. Пішінін өзгертуден және люфттардан дәлсіздікті азайту үшін қайрақтарды босату механизмінде екі жағдайда да өлшегіш жабдықты жануыш қайраққа жақын жайғастырады.

Құралды қолданумен кейінге қалдырылған технологиялық процесс кезінде 0,003...0,005 мм өңдеудің жоғары дәлдігі қамтамасыз етіледі.

Рентген және радиобелсенді сәулеленуді пайдалануы бар жонып өңдеу кезіндегі бөлшектерді өлшеудің контактты емес әдісі. Өлшеу құрылғысының сұлбасы 3.55, *a* суретте көрсетілген. Сәулелену көзі *б* және сәулеленуді қабылдағыш *4* білдекте шар тәріздес орнатылатын қапсырмада *1* бекітілген.

2 және *5* диафрагмалар көмегімен жанама бойынша өңделетін белдікке жіберілетін рентген сәулелерінің жіңішке шоғыры немесе жұмсақ гамма-сәулелену шоғыры шығарылады.



3.55-Сурет. Белдікті белсенді бақылауға арналған контактты емес радиациялық құрылғы:

a — өлшеу құрылғысының сұлбасы: *1* — қапсырма; *2* және *5* — диафрагмалар; *3* — күшейткіш; *4* — сәулеленуді қабылдағыш; *б* — сәулелену көзі; *б* — нақты сипаттамалар: *I* — тегіс, құрғақ бөлшек; *II* — суытатын эмульсия қолдану арқылы өңделетін бөлшек; *III* — майлы суытуды қолдану арқылы өңделетін тегіс бөлшек; *IV* — үзік беті бар

Сәулелену көзі ретінде 40...70 кВ кернеуі бар, төмен токта (0,1 ...0,5 мА) жұмыс істейтін немесе жұмсақ гамма-сәулелену (мысалы, туллий-170 немесе европий-155) беретін радиобелсенді изотобы бар капсула - кішігірім жылжымалы медициналық рентгендік қондырғы қолданылады. Қатты гамма-сәулелену жарамсыз, өйткені ол диафрагмаға және бөлшектің шетіне оңай енеді. Бета-сәулелену де жарамсыз, өйткені ол көбінесе өңделетін бөлшектің бетін орайтын салқындатқыш сұйықтықпен сіңеді. Бөлшектің диаметрі өзгерген кезде, қабылдағышқа түсетін сәулеленің қарқындылығы бөлшектің өлшеміне байланысты өзгереді.

Бұл көрсететін аспаптың шкалаларынан көрінетін күшейткіштің 3 шығысындағы кернеу өзгерісін тудырады және басқару сигналдарын жасау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Бөлшектерді, оларды өңдеу процесінде белсенді бақылауға арналған аспаптар. Бөлшектерді оларды өңдеу процесінде бақылаудың ең қарапайым тәсілін кесу әдісі бойынша жонушы білдекте жұмыс жасау кезінде іске асырылады. Белсенді бақылау аспаптары мен датчиктер үшін ретінде ішкі және сыртқы қырнау үшін пайдаланылатын аспаптарды пайдалануға болады. Бұл тәсіл аса маңызды емес, өйткені кесіп жонғанда қажет шақтамалар қарапайым жонушы білдектермен төзіледі.

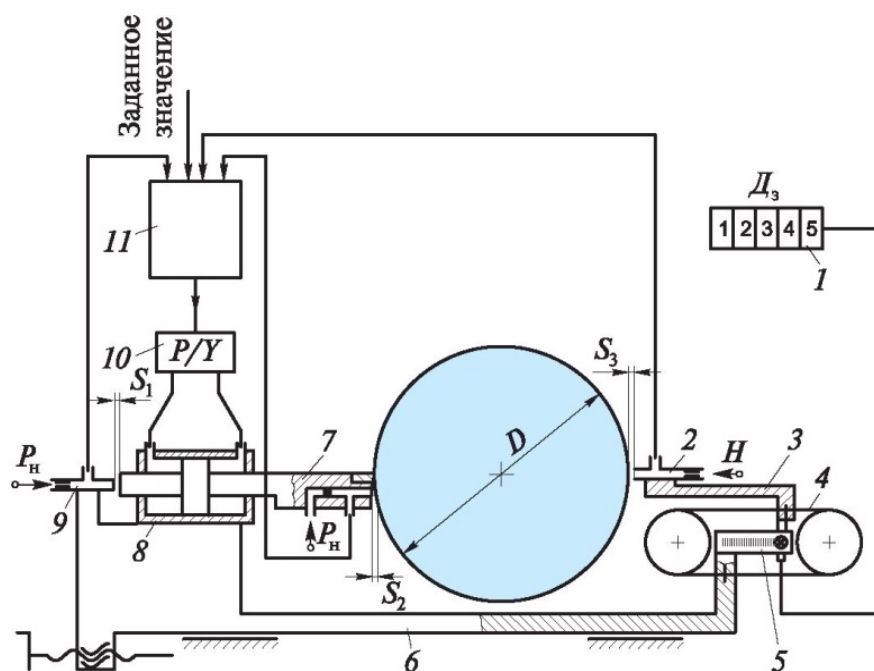
«Московский подшипник» АҚ-да жылжымалы мойынтіректердің жүріс жолдарының сақиналарын жону кезінде бақылауды қолданудың бірнеше мысалдары бар.

Өңдеу процесіндегі бөлшектердің диаметрін өлшеу өте маңызды болып табылады, өйткені ұзын белдіктерді бойлай бұру, бұрылыс құралының тозуынан, бұрғылау құралының тозуынан және бөлшектің осіне қатысты білдекті бағыттаушылардың теңдестірілуінен туындаған оң цилиндрдің пішінінен өңделген біліктің ауытқуын өтеуге арналған.

Осы мақсатта белсенді бақылау аспаптары ретінде қырнау кезінде қолданылатын барлық екіконтактті аспаптарды пайдалануға болады.

Бетінде үлкен кедір-бұдыры бар бөлшекті салыстырмалы жоғары жылдамдық кезінде контактты өлшеу белгілі қиындықтарды тудырады және өлшеу ұштықтарының дірілдеуіне байланысты қателіктерге әкеледі.

Жонушы білдекте өңделетін белдіктің өлшемі мен формасын реттейтін аспаптың сұлбасы 3.56 суретте көрсетілген. Қажетті өлшемге реттеу кезінде жылжыма бөлшектер 6 шкала 5 бойынша есептелетін, бекіту бұрандамен бекітілген мәнге D_3 орын ауыстырады, ал оның цифрлық есептеу құрылғысы 1 ленталы жіберу 4 арқылы сол шамаға қарама-қарсы бағытта ауысатын күймешеді 3 бекітілген.



3.56 – Сурет. Жонушы білдекте орнатылатын, цифрлық есептеуі бар белсенді бақылаудың пневмогидравликалық аспабының сұлбасы:

1 — цифрлық емептік құрылғы; 2 және 9 — пневматикалық шүмектер; 3 — күймеше; 4 — ленталы тарату; 5 — шкала; 6 — жылжыма бөлшектер; 7 — кескі; 8 — гидравликалық орындаушы мүше; 10 — пневмогидравликалық түрлендіргіш; 11 — реттегіш

Білдектің жұмысы кезінде реттегіш 11 берілген шектерде пневматикалық шүмектердегі 2 және 9 саңылаулар қосындысын ($S_1 + S_2$) көтереді. Егер бөлшек диаметрі кескінің 7 тозуына байланысты өзгерсе, мысалы S_2 саңылауының шамасының жартысына дейін, онда реттігіш S_1 тура сол шамаға ұлғайтып осы қателікті орнына келтіреді.

Жонушы кескінің жөндеуі пневмогидравликалық түрлендіргіш 10 арқылы реттегішпен басқарылатын гидравликалық орындаушы органның 8 көмегімен жүзеге асырылады.

Осы және осыған ұқсас өлшеуші және орындаушы жүйелердің көмегімен диаметрлері шамамен 125 мм бөлшектерде ± 5 мкм шектерінде өлшемдер ауытқуына қол жеткізілді. Тіпті саналы түрде құрылған конус Белгіленген шекараларда (500 мм ұзындықта шамамен 0,2 мм) реттеледі. Осындай типті реттегіштерді, егер позициялық орналасу қателігі бөлікті өңдеутін төзімділіктен асып кетсе, бағдарламалық басқаруы бар жонушы білдектерде пайдалануға болады.

Позициялық орналастырудың кездейсоқ қателігі пневматикалық аспап көмегімен өлшенеді және орындаушы мүшеге пневматикалық түзету түрінде жіберіледі.

Жонушы білдектерді автоматты жөндеу. Жонушы білдектерде өңделетін бөлшектердің өлшемін реттеу, бірінен соң бірі өңделетін бөлшектер арасында жонушы кескіні автоматты жөндеу арқылы жүзеге асырылады. Жөндеуіштердің құрылысы өзара түрлері бойынша ажыратылады:

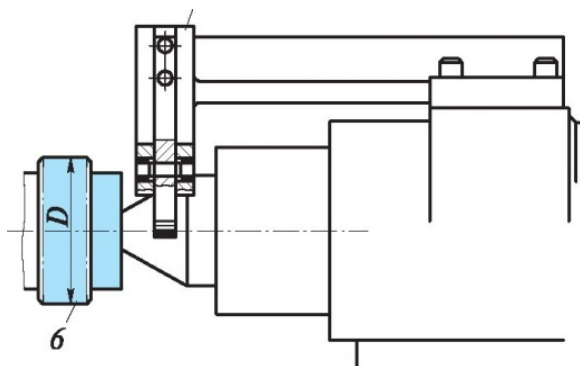
- Өлшемдер, негізінен, дөңгелек қырнаумен бірдей принциптер мен бірдей өлшеу құралдары қолданылады;
- Реттеулер, ортасыз-қырнау білдектерінде қолданылатын, негізгі принциптер мен белсенді бақылау аспаптарын қолдануға болады;
- Орындаушы орган, механикалық, гидравликалық, жылулық және магнитті-стрикционды құрылғылар қолданыс табады.

Өлшеуші станцияны тікелей білдектің үстінде (мысалы, жонушы-револьверлі білдектерде, бір немесе бірнеше сүмбелі жонушы автоматтарда) немесе білдектен тыс орналастырады. Сонымен қатар, оған автоматты немесе қолмен қызмет көрсетуге болады.

Жонушы білдектердегі бөлшектерді өлшеу кезінде бөлшекті қалдықтан және суыту сұйықтығынан тазалау үлкен мәселе болып табылады. Бөлшектерді тазалауда сығылған ауамен бірге резеңке сақина түріндегі қырғыш құрылғы жақсы негізделген. Өңдеу жолынан өлшеуші станцияға дейін өңделген белдіктерді қалдықтарды да, суыту сұйықтығының қалдығын жоятын сақина арқылы мәжбүрлеп итереді.

Өлшеуге жіберілетін қосымша уақытты азайту үшін, бірқатар жағдайларда өңдеуден кейінгі бөлшектерді өлшеуге арналған аспап, білдек жүктемесін таратуға мүмкіндік беретін, механикалық қолға тікелей орналастырылады.

Жонушы білдектерде белсенді бақылаудың жанама әдістері. Өлшеудің жанама әдісінде негізделген белсенді бақылау аспаптары, аспапта кесу кескінінің орнын өлшеуге арналған құрылғылардың қозғалысын өлшеуге немесе суппортты шектеуге арналған құрылғылар ретінде жонушы білдектерде кеңінен қолданылады.



3.57 - Сурет. Кескіні алдын ала орнатудың қателіктері мен тозуын қалпына келтіруге арналған құрылғы құрылысы:
 1 — корпус; 2 — шүмек; 3 — иінтірек; 4 — кескі; 5 — пластина; 6 — бөлшек

Суппорттың орын ауыстыруын өлшеуге арналған құрылғылар ең қарапайым түрде білдекте бекітілген қатты, микрометрлік және индикаторлы тіреуіш түрінде болады. Осы типтегі заманауи құрылғылар, суппорттың көлденең бағытта (бөлшектің диаметрін анықтау үшін) және бойлық (бөлшектің ұзындығын анықтау үшін) бағыттарын өлшеу кезінде цифрлық есептеуді жүзеге асыратын, оптикалық, оптикаэлектрлік және электронды есептегіш өлшеуіш жүйелерге ие. Мұндай құрылғыларды қолдану тек бағдарламалық басқаруы бар білдектерде ақталған. Осындай білдектерде осы құрылғылар көмегімен суппортты позицияландыру жүзеге асырылады.

Өлшемдерді нақты сақтау кезінде білдекті реттеу, кесу құралының тозуы және білдек элементтерінің температуралық деформациясы үнемі әсер етеді. Кесу кескінінің орынын бақылауға арналған құрылғы көмегімен бұл қателіктерді азайтуға болады.

Жонушы білдектің артқы жағында бекітілген осындай құрылғының құрылымы 3.57 суретте көрсетілген. Құрылғы корпусында 1 қаттықорытпалы пластинамен 5 қамтамасыздандырылған өлшеу иінтірегі бекітілген. Иінтірек ауытқуы шүмек 2 көмегімен өлшенеді.

Кесуші кескі жиегінің 4 орынын бақылау үшін суппорт бөлшектің 6 берілген өлшеміне D сәйкес тіреуішке дейін беріледі, бұл кезде саңылау S анықталған өлшемде болуы тиіс. Кескінің тозуы кезінде есептеуші-топтық аспап тіркейтін саңылау S үлкейеді.

Бақылау шекарасынан асқан кезде пневмоэлектрлік шекті өшіру құралы іске қосылады да, кескіні жөндеуге команда беріледі. Мұндай типтегі өлшеуіш құрылғыларды қолдану тек бағдарламалық басқаруы бар білдектерде пайдаланылады.

3.2.10. Автожөндеуіштер және автоблоктауыштар

Егер бақылауды өңдеу процесінде тікелей жүзеге асыру мүмкін болмаса немесе барлық бөлшектерді бақылауда қажеттілік болмаса, білдекте немесе оның жанында орналасқан автожөндеуіштер қолданылады. Осы сияқты құрылғылар автоматты жүйелермен ортақ органдарға ие. Мысалы, өлшеу позицияларының және жөндеуіш сұрыптаулардың транспорттаушы және бекітуші құрылғылары бақылау жүйелерінің тиісті элементтерімен ұқсас. Жөндеуіштердің орындаушы механизмі кесуші құралдың немесе тіреуіштің орынның ауыстырады.

Бір ғана бөлшектің емес, орта өлшемі бойынша өлшенген бөлшектер тобының жөндеуін іске асыратын жөндеуіштер бар.

Конусты роликті мойынтіректердің ішкі сақиналарының жолақтарын өңдеу «кесектеу үшін» арқылы жүргізілетін ортасыз-қырнаулы білдектер үшін, статикалық қателігі $\pm 0,003$ мм болатын ОКБ-1111 типті жөндеуіш шығарылған.

«Кіріс үшін» жұмыс жасайтын қаралтым ортасыз-қырнаулы білдектер үшін статикалық қателігі $\pm 0,003$ мм болатын ОКБ-1140 жөндеуіш (220... 280 мм диаметрлі теміржол роликті мойынтіректердің сыртқы сақиналарын өңдейтін автомат 6С71 үшін); статикалық қателігі $\pm 0,003$ мм болатын жөндеуіш ОКБ-1141 (диаметрлері 20.40 мм піспек сақиналарды және қақпақтар итергіштерді өңдейтін автомат үшін; статикалық қателігі $\pm 0,003$ мм жөндеуіш ОКБ-1012Б (диаметрі 6. 16 мм сояуы бар қақпақтарды өңдейтін автомат үшін) жобаланған.

«Кіріс үшін» сақинаның (диаметрі 30.160 мм және биіктігі 12.80 мм) бірдей екі бүйіржағы өңделетін бүйіржақтықырнаулы автоматтар үшін, ОКБ-1377 жөндеуіш арналған. Ол статикалық дәлдігі $\pm 0,003$ мм бақылау және екі қырлы қырнаулы шеңбердің ұштарының позицияларының биіктігін жөндейді; ол тек осы өлшемді ғана емес, сондай-ақ шеңберлер арасындағы кеңістіктің орта қабатының орнын да қолдайды.

Автоматты жүйелердің үлкен тобы жөндеу операцияларынан басқа бұйымдарды жарамды және жарамсыз деп сұрыптайды.

Осылайша, ОКБ-Л51К1 автоматы прессте сығылған соң кардандық мойынтіректің сақина дайындамасының төменгі бөлігінің қалыңдығын және биіктігін бақылайды; ОКБ-Л52К1 автоматы автоматтандырылған желіде КА76 жонушы білдектердегі өңдеуден кейін кардандық мойынтіректердің сақиналарының дайындамасының бірнеше биіктігін және диаметрлерін бақылайды; ал ОКБ-Л54К1 автоматы — автоматтандырылған желіде ортасыз-қырнау білдектердегі өңдеуден кейін кардандық мойынтіректердің сақиналарының дайындамасының сыртқы диаметрін бақылайды; ОКБ-1171Б автоматы диаметрі 1...6 мм, ұзындығы 1,5...2,5м шыбықтарды ортасыз-қырнау білдектердегі қырнаудан (статикалық қателігі $\pm 0,002$ мм) кейін диаметрі бойынша бақылайды, ал ОКБ-1403 автоматы — диаметрі 10.50 мм, ұзындығы 2.6 м шыбықтарды ортасыз-қырнау білдектердегі қырнаудан кейін диаметрі бойынша; ОКБ-Л68К2 автоматы 6С136 білдек-автоматында және т.б. ортасыз-қырнау білдектердегі цилиндр бөлшектерінің сыртқы диаметрін оларды аяқтағаннан кейін бақылайды. Сондай-ақ технологиялық процестің сақталмауы кезінде блоктауды жүзеге асыратын және бұйымдарды жарамды және жарамсыз деп сұрыптайтын автоблоктаушылар тобы құрылған.

Мұндай құрылғыларға жылулық өңдеуден кейінгі кардандық мойынтіректердің сақиналарының саңылауларын бақылау үшін ОКБ-Л53К1 автоматын; жылулық өңдеуден кейінгі трактор катогының осінің қисығын бақылау үшін ОКБ-Л45К2 автоматын және т.б. жатқызуға болады.

3.2.11. Белсенді бақылау аспаптарын тексеру және сынау әдістері мен құралдары

Аспаптардың нақты сипаттамаларының техникалық талаптарға және мемлекеттік стандарттарға сәйкестілігін оларды әмбебап құралдармен, арнайы жабдықтармен және стендтер көмегімен олардың білдекте жұмыс жасау процесінде тексеру және сынау арқылы орнатады.

Қарапайым қондырғылар мен әмбебап құралдарда кейбір параметрлер мен сипаттамалар статикалық режимде, басқалары аспаптарды эксплуатациялаудың негізгі шарттарына жақын динамикалық режимде арнайы стендтерде анықталады. Білдектерде жүргізілген сынау кезінде аспаппен қамтамасыз етілетін үшін білдектер мен білікті жұмысшылар қажет емес.

Сынау нәтижелерін орнатылған нормалармен оңай сынауға болады.

Бірақ стендті сынау кезінде белсенді бақылау аспаптары жұмыс жасайтын барлық эксплуатациялық шарттарды имитациялау қиын болады, сондықтан алынған нәтижелер білдектегі аспаптардың нақты қателігінің толықтай көрінісін бермейді. Стендтегі аспаптарды сынау діріл әсер еткенде статикалық және динамикалық режимде жүзеге асырылады.

Білдектегі аспаптарды сынау СПИД аспабы мен жүйелерінің өңдеудің қандай дәлдігін қамтамасыз ете алатынын көрсетеді. Бірақ алынған нәтижелерден өңдеу кезінде аспаптың қателігін анықтамау мүмкін болмай тұр.

Белсенді бақылау аспаптары және оның қызметтік түйіндері тексеруден, қабылдаушы және зерттеу сынауларынан өтеді. Ұзындықты өлшеу құралдарына арналған жалпыодақтың схемасына Поверка приборов в соответствии с общесоюзной поверочной схемой для средств измерений длины (ГОСТ 8.020 — 75) сәйкес аспаптарды тексеру тек есептік-командалық құрылғылары бар түрлендіргіштер және бірконтәктілі өлшеуіш бәстиектері бар аспаптар үшін тек статикалық режимде ғана мүмкін болады. Екіконтәктілі өлшеуіш қапсырмалары бар аспаптарды тексеруді МИ 6-74 «Белсенді бақылау аспаптарын тексеру әдіснамасы» сәйкес жүргізеді.

Динамикалық режимде білдекте жұмыс жасау шартында аспаптарды тексеру әдіснамасы құрастырылмаған, сондықтан да аспаптың динамикалық сипаттамасы қабылдау және зерттеу сынауларында анықталады.

Статикалық режимде аспаптарды тексеру. Статикалық режимде аспапты тексеру аспаптарды орнату мен бекітуге арналған күрделі емес қосымша жабдықтары бар әмбебап өлшеуіш құралдары арқылы жүзеге асырылады.

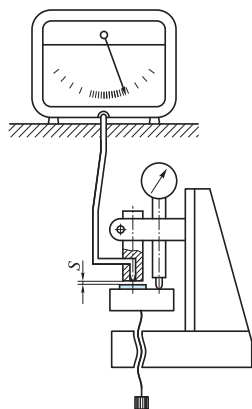
Аспаптардың жекелеген түйіндері, мысалы санау-командалық құрылғылары бар түрлендіргішті ГОСТ 10197 — 70 стандарты бойынша диаметрлері 28H8 болатын екі орналасу саңылаулары бар қосымша тіреуішімен жабдықталған С-1 типті қатты тіреулерде сынайды. (3.58 сурет).

Бір саңылауға индуктивті түрлендіргішті немесе пневматикалық шүмекті, ал екіншісіне бөлік құны 0,1 немесе 0,2 мкм болатын серіппелі бәстиекті орналастырады. Түрлендіргіштің өлшеуіш ұштықтары және серіппелі бәстиектері тіреу үстеліне тіреледі.

Ұштықтар астындағы өлшемнің бірқалыпты өзгеруі микробұрама көмегімен тіреу үстелінің орын ауыстыруымен жүзеге асырылады.

Тіреуде осылай бірконтәктілі өлшеуіш бәстиектері мен екі контәктілі өлшеуіш қапсарма орнатылады.

3.58-сурет. Түрлендіргіштерді статикалық сынауға қажетті қондырғы



Соңғы жағдайда қапсырманың бір шы қозғалыссыз еңсіз жұқа тақтайшаға (планкаға), ал кіншісі тіреу үстеліне тіреледі, өлшемнің өзгерісі еріншенің орын ауыстырылуымен жүзеге асырылады. Тексерудің мағынасы серіппелі бастиектің көрсеткіштері бар тексерілетін аспаптың жұмыс жасайтын командаларының деңгейі мен көрсеткіштерін салыстыруда болады.

Мұндай қондырғыларда аспаптың негізгі статикалық қателіктері (жұмыс жасау қателігі $\delta_{\text{ср}}$, реттеу қателігі $\delta_{\text{н}}$, көрсеткіш қателігі және т.б.) тексеріледі, сонымен қатар шкалаларды бөледі және аспапты жөндеуді жүзеге асырады.

Арнайы өлшегіш жабдықтары бар аспаптарды, мысалы үшконтактті қапсырманы немесе ершік тәрізді құрылғыны мұндай әдіспен тексере алмайды. Бұл жағдайда тексеру өлшем бойынша берілген аз айырымы бар аттестатталған үлгі бөлшектері көмегімен жүзеге асырады. Сонымен үшконтактті қапсырманы тексеру үшін сыртқы диаметрлерімен 0,001 ...0,002 мм. ерекшеленетін үш сақина әзірлейді. Сақинаны ортада орналасқан жиектемеде жинайды. Қапсырманы ортаңғы сақина өлшемі бойынша реттейді.

Одан кейін қапсырманы бірнеше рет әрбір сақинаға кигізіп, анау құрылғысы көрсеткішінің сақинаның нақты өлшемінен ауытқуын белгілейді. Бұл тәсілдің негізгі кемшілігі өлшемдердің аз айырымы бар үлгі бөлшектерді әзірлеудің қиындығы, осыдан тексеру дәлдігінің шектелуі болып табылады.

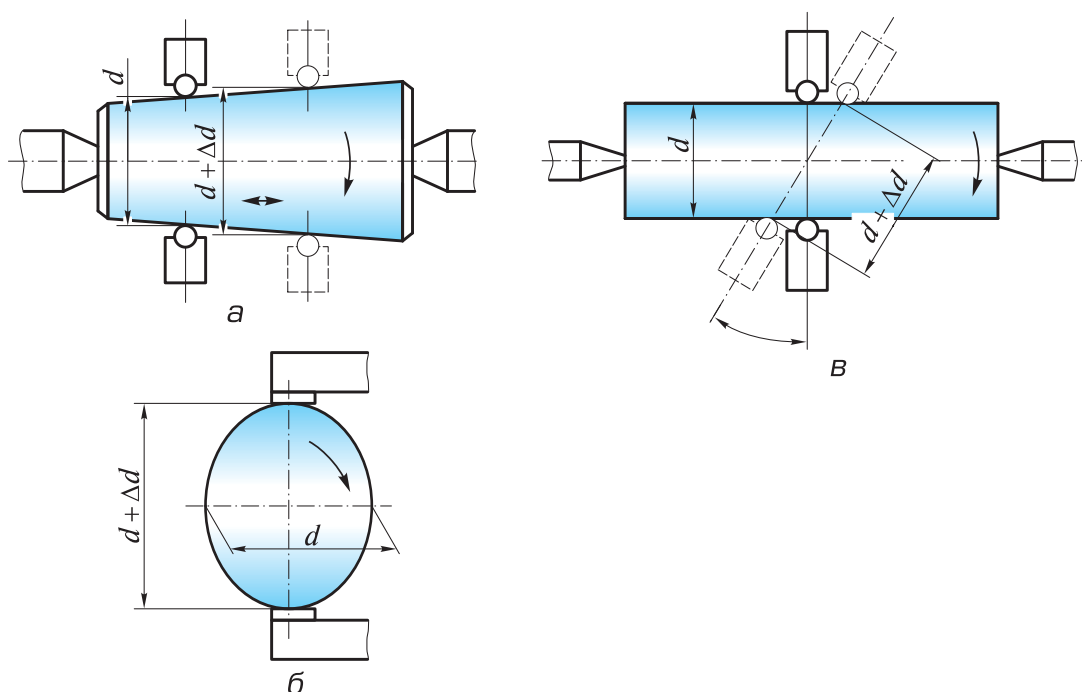
Аспаптарды динамикалық режимде сынау. Динамикалық режимде аспаптарды сынау кезінде оларды эксплуатациялау шарттарын имитациялау қажет. Білдекте аспаптардың жұмысы кезінде оның ұштықтары айналатын немесе дұрыс емес пішінді (сопақ, бедерлеу, қисықсыздылық) тіксызықты орын ауыстыратын беттен түйіседі. Беттің орын ауыстыру жылдамдығы 2-ден 50 м/мин дейін құрайды. Бақыланатын бет пішінінің ауытқуы бірнеше микрометрге жетуі мүмкін.

Өлшеуіш ұштықтары астынан қосымшаны шешу бойынша өңдеу процессінде өлшем өңдеу барысында 100 мкм/с жылдамдықпен, соңында нөлге дейін үздіксіз өзгереді. Осыдан өлшеуіш аспаптың ұштықтары астында қатысты жоғары жиілікпен (10 Гц дейін) өлшемнің аз өзгеруі мен салыстырмалы өлшемнің жай үздіксіз өзгеруі бір уақытта жүзеге асады.

Стендты сынау кезінде көрсетілген әсерлер әр түрлі тәсілдермен имитацияланады, олар: өлшеуіш құрылғының айналмалы конустық жиектеме бойымен орын ауыстыруы (3.59, а сурет), сопақ айналмалы жиектеме көмегімен (3.59, б сурет) немесе цилиндрлік жиектеменің айналмалы бетімен түйісетін өлшеуіш құрылғының тербелуімен (3.59, в сурет). Аспапты шығару кезінде реттеудің ығысуынан болған қателікті аспапты қасқалшасы бар айналмалы жиектемеде немесе қозғалыссыз аттестатталған жиектемеде периодты тексерілетін сопақ жиектемеде жүргізіп бейімдеу арқылы анықтайды.

Динамикалық режимде жаңа аспаптарды жөндеу және сынау кезінде оларды жиі айналмалы конусты жиектеме көмегімен тексереді (3.60 сурет).

Қозғалыссыз орталарда 2 берілген жылдамдықпен айналатын конусты жиектемені 3 орналастырады. Жиектеме бетімен 3 тексерілетін аспаптардың өлшеуіш ұштықтары 4 түйіседі. Өлшеуіш құрылғы 5 күймешеді 6 орнатылады, ол жиектеме бойымен 3 орын ауыстырады.



3.59 сурет. Сынау кезінде аспаптың өлшеуіш ұштықтарымен өлшемді өлшеу тәсілдері (а-в)

Сонымен қатар стенд конустық жиектемесінің берілген қимасының

Сонымен қатар стенд конустық жиектемесінің берілген қимасының күймешемен *6*, өлшеуіш ұштықтармен *4* жеткені жайлы белгі беретін соңғы өшіру құралымен *1* жабдықталған.

Соңғы өшіру құралы/ретінде электрконтактілі, индуктивті немесе пневматикадық түрлендіргіштер қолданылады.

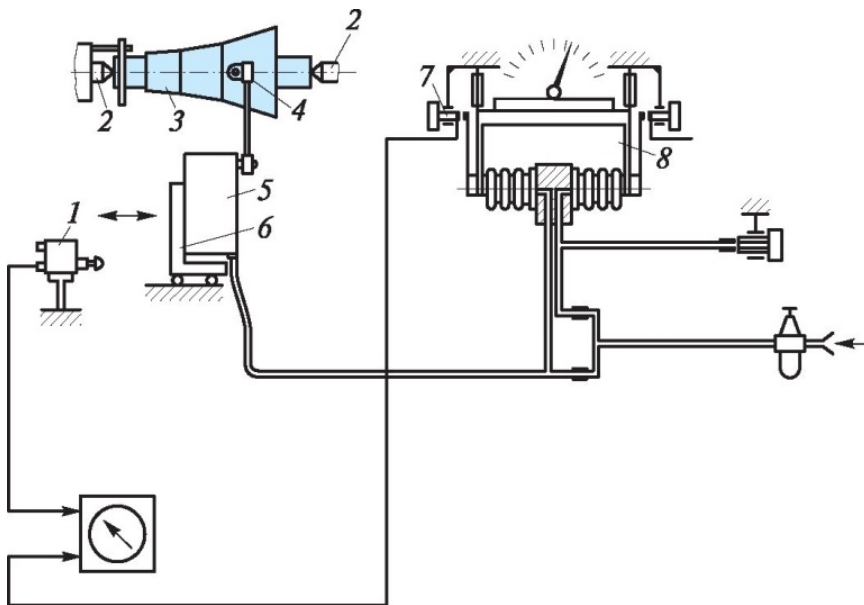
Тексерілетін аспап диаметрі бойынша аз жиектеменің сол жақ бөлігіндегі өлшемге *3 реттеледі*. Есептік-командалық құрылғысының нұсқары *8* шкаланың нөлдік бөлігіне, ал аспаптың соңғы командасы (бұл жағдайда электрконтактілер *7*) және соңғы өлшеу құралы *1* — іске қосылуда орналасады. Жиектеменің *3* айналуы және өлшеуіш құрылғысының *5* жиектеме *3* бойымен қайта түсу орын ауыстырылуы жүзеге асады. Өлшеуіш құрылғысының При ходе измерительного устройства *5* оңға жүруі кезінде өлшеуіш ұштық астындағы *4* өлшем аратады және есептік-командалық құрылғы нұсқары *8 шкала бойынша оңға орын ауыстырады*. Кері жүріс кезінде жиектеме өлшемі азаяды, нұсқар шкала бойынша солға орын ауыстырады, бірінен соң бірі барлық басқару командалары беріледі. Осыдан стендте өңдеу процессінде бөлшек өлшемінің өзгеруі имитацияланады..

Өлшемнің өзгеру жылдамдығы күймешенің *6* орын ауыстыру жылдамдығы мен жиектеменің конустылығымен анықталады. Жиектеме *3* қаралтым және таза қырнау және күту кезінде қосымшаны шешу жылдамдығына сәйкес таңдалатын әртүрлі конустылықпен сатылы жүзеге асырыла алады. Аспап қателігін шығыс команданың іске қосылуының және шығыс команданың кешігу уақытының тұрақсыздығы бойынша анықтайды.

Дірілді сынау. Аспаптарды дірілді сынау механикалық ақаулардың болуын анықтауға және діріл әсері кезінде метрологиялық сипаттамасының тұрақтылығын тексеруге мүмкіндік береді..

Стендті дірілді сынау кезінде эксплуатациялау шарттарын толықтай имитациялаған және білдекте оларға әсер ететін барлық жиілік спектрінде аспаптарды тексерген жөн. Бірақ мұндай сынаулардың еңбексыйымдылығы жоғары , сонымен қатар әр түрлі білдектерде кездесетін жиілік мәні әрқашан нақты белгілі болмайды. Сондықтан аспаптарды сынауды эксплуатациялау шарттарында пайда болатын бекітілген жүктеме (максимал болғанда) кезінде жүргізген дұрыс.

Қырнау білдектерінің жұмысы кезінде жиілігі 20... 300 Гц, амплитудасы 0,5... 5 мкм болатын мәжбүрлі тербеліс пайда болады.



3.60 сурет. Динамикалық сынаулар үшін конусты жиектемесі бар стенд схемасы:

1 — соңғы өшіруші; 2 — қозғалыссыз орталықтар; 3 — жиектеме; 4 — өлшеу ұштықтары; 5 — өлшеу құрылғысы; 6 — күймеше; 7 — электрконтактілер; 8 — санау-командалық құрылғы

Кейде тербеліс амплитудасы 20 мкм дейін артады. Кездесетін автотербеліс жиілігі 0,5... 1,0 мкм амплитуда кезінде 300... 800 Гц құрайды.

Белсенді бақылау аспаптарын екі параметрмен тексереді, олар: дірілге беріктілік және дірілге тұрақтылық. Дірілге беріктілікке тексеру кезінде аспапты дірілстендіне орналастырып, әрбір жиілікте 2 сағат ішінде резонанстық жиілікте діріл әсеріне ұшыратады.

Тексерістен кейін аспап өзінің метрологиялық сипаттамаларын сақтау керек. Дірілге беріктілік тексерісі жинақтау, дәнкерлеу және дайындаудың басқа да ақауларын анықтауға мүмкіндік береді. Сондықтан барлық аспаптардың дірілге беріктілігін өндіруші зауытында тексерген жөн. Дірілге тұрақтылықты тексерген кезде бақыланатын бөлшекке, қапсырманың өлшеуіш еріншелеріне және аспап корпусына дірілмен әсер ету жолымен аспаптың метрологиялық сипаттамаларын анықтайды және аспап қателіктері нормаланған шекте сақталатын жиілік және амплитуда аймағын орнатады.

Дірілге тұрақтылыққа тексеру діріл әсерінен қырнау процесі кезінде, мысалы жетілдіру бетінен өлшеуіш ұштықтарының жұлынуы нәтижесінде аспапта қосымша қателік пайда болмайды ма дегенді орнатуға мүмкіндік береді.

Аспапты дірілге тұрақтылыққа те жаңа модельді жасап шығарған кезде ғана тексерген жөн.

Білдекте аспаптардың қабылдау сынаулары. Білдекте аспапты сынау нәтижелерін жүргізу мен бағалау, әсіресе әмбебеп білдекте аспапты тексеру белгілі бір қиындықтар тудырады. Берілген дәлдікті қамтамасыз ететін өңдеу режимін таңдау қажет. Егер алынған нәтиже дұрыс болса да, басқа да бөлшектерді басқа режимде өндеген кезде осындай нәтиже алынатынына көз жеткізу керек. Бір бөлшек немесе белгілі рұқсаттары бар бөлшектердің типөлшемдерінің шектеулі саны өңделетін арнайы білдектердегі аспаптарды сынау оңайырақ, сынау процесінд тек берілген рұқсатты алуды ғана қамтамасыз ету қажет.

Жоғарыда айтылғандары ескере отырып, білдекте сынау кезінде нақты нәтиже алуға мүмкіндік беретін кейбір ережелерді ұстанған жөн. Сынауы жаңа білдекте жүргізу қажет. Білдек сәйкес мемлекеттік стандарттар мен техникалық шарттар бойынша дәлдік және қаттылық нормаларына сәйкес келуі қажет

Ең қиын мәселе берілген өндірушілік кезінде өндудің ең жоғарғы дәлдігін қамтамасыз ететін өндеудің технологиялық режимін (қосымша, алдын ала командалардың орналасуы, қырнау шеңберінің жөндеу жиілігі және т.б.) таңдау болып табылады.

Өндеу режимін таңдау кезінде ТШ-да нормаланған білдек пішінінің рұқсат етілген ауытқуы мен беттің бұдырлығына бағдарлану қажет. Бұл өңделген бөлшек пішіндерінің ауытқулары мен бұдырлығы орнатылған нормаға сәйкес болатын қырнауың айналымын таңдау керектігін білдіреді. Осы шарттарды сақтағанда аспабы бар білдекте өндеудің қателігі минимал болатынына сенімді болуға болады.

Аспаптарды білдекте сынаудың екі тәсілі қолданылады. Бірінші тәсілде сынау бағдарламасында өндеуге қосымша және беруді, өңделетін топтама шамасын және өңделетін бөлшектер өлшемінің таралуын береді. Мұндай тәсіл өндеу шарттарын өзгертуді, мысалы бөлшектің сопақтығын арттыру және өлшем таралуының сәйкес артуын ескермейді.

Екінші әдіс кезінде өндеудің бағдарланған режимі мен шарттарын береді, ал өлшемнің рұқсат етілген таралымы технологиялық процесс параметрлеріне байланысты нормаланады.

СПИД аспаптар жүйесінің нақтылық мүмкіндіктерін сынау кезінде анықтау үшін өңдеу нәтижелерінен білдекпен байланысқан кейбір (немесе олардың әсерін азайту қажет) құраушыларды алып тастау қажет.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Белсенді бақылау құралдары қалай жіктеледі?
2. Үзік беті бар бөлшектерді бақылау ерекшеліктері қандай?
3. Индуктивті өлшеуіш жүйе қалай жұмыс жасайтынын баяндаңыз.
4. Түйісе қырнауға арналған аспаптар ерекшеліктері қандай?
5. Осьтік бағдарлануға арналған өлшеу жүйесі қалай жұмыс атқарады?
6. Іштейқырнау білдектері үшін белсенді бақылау аспаптары қалай жіктеледі?
7. Жазыққырнау білдектері үшін белсенді бақылаудың ерекшелігін айтыңыз.
8. Жануышты білдек үшін белсенді бақылау аспаптардың құрылым қандай?
9. Жону өңдеу үшін белсенді аспаптарды қолдану ерекшеліктері қандай?
10. Жону өңдеу кезінде өлшемдерді өлшеудің қандай әдістері қолданылады?
11. Автожөндеушілер мен автоблоктаушыларды қолдану мен тағайындалуы жайлы айтыңыз.
12. Белсенді бақылау аспаптарын сынау мен тексеру әдістері жайлы айтыңыз.

3.3

ИӨЖ ЖӘНЕ СБП БАР БІЛДЕКТЕР ҮШІН АВТОМАТТЫ БАҚЫЛАУ ЖҮЙЕСІ

3.3.1. Автоматты бақылау жүйесіне қатысты тағайындама

Икемді өндірістік жүйелердің (ИӨЖ) және сандық басқару программасы бар (СБП) білдектердің автоматты бақылау жүйесінің (АБЖ) маңызы зор. Мұнда адамның қатысуынсыз іске асатын өндіріс мүмкіндіктері анықталады. Жүйелер мына міндеттемелерді қарастырады:

- қасиеттер, техникалық жағдай, бақыланып жатқан объектінің кеңістіктегі орны, сонымен қатар технологиялық орта жағдайы мен өндірістік шарттар туралы түсінік және оларды алу;
 - параметрлер мәнін берілген мәндермен салыстыру;
 - ИӨЖ басқарылуының түрлі деңгейіне қатысты өнеркәсіп шешімі үшін өндірістік процестің модельдерімен басқару жүйесінің келісілмеуі туралы ақпаратты тарату;
 - функцияны орындау туралы ақпаратты түсіндіру және алу;
- Автоматты бақылау жүйесі мыналарды қамтуы керек:
- бақыланып жатқан объектінің номенклатурасының шегінде берілген бақылау құрамын автоматты қайта баптау мүмкіндігі;
 - бақыланып жатқан объектінің АБЖ динамикалық сипаттамаларының динамикалық қасиеттеріне сәйкес келуі;
 - бақылаудың толықтығы мен сенімділігі, оның ішінде түрлену бақылауы мен ақпарат тарату қарастырылады;
 - бақылау құрамының сенімділігі.

ИӨЖ автоматты басқару жүйесі бір жағынан материал параметрлерін, тақырыпатын, аспаптарын, құрал, дайындау режимін, өнімді өлшеу және сынау, технологиялық құрам және бұйымның параметрлерін (бақылаудың қосалқы жүйесі) дайындаудың барлық кезеңінде қамтамасыз етуі керек, екінші жағынан —жұмысшы техникалық космплекс пен автоматты өңделіп жатқан объекті, есептегіш техниканы, программалық қамсыздандыруды диагностикадан өткізу және бақылау арқылы ИӨЖ-ді жұмыс режимінде ұстап тұру есебінен ИӨЖ максималды эффективтілігін арттыруы керек.

Икемді автоматтандырылған өндірісте (ИАО) бъектке қатысты әрекет еткен кезде бақылау активті немесе пассивті болуы мүмкін.

Сандық программалық басқарылуы бар білдекте өңдеуші орталықтарда автобақылау мен автодиагностика қарастырылады, бұл сервоқозғалтқышын қайта реттеген кезде, кері байланыс сигналы бұзылғанда, қызып кету немесе температураның тым төмендеуінде, қорек көзіні істен шыққанда, қайта жүктелу, жылдамдықтың шектелуі, жекелеген функциялар арақылығының уақыттық ауытқуы, өңдеу аумағында кеңістіктік зат пайда болған кезде және т.б. жүйені бір сәтте тоқтатуға немесе оған апаттық сигналды жібере алады.

ИАӨ жұмысының қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін барлық қозғалмалы элементтердің жағдайын тұрақты түрде бақылап отыру талап етіледі.

Бақылау жүйесі дисплейлерді кеңінен қолдану мен топтық қолданыстағы ақпаратты көрсету базасында құрылады.

Өндіріс процесін, қондырғы жағдайын, басқару жүйесін бақылауды мнемосхемада көрсетілген жалпыланған ақпарат арқылы жүзеге асыру керек (негізінен апаттық-алдын ала ескерту жағдайында).

Автоматтандырылған өндірістерде АБЖ өнімнің сапасын ғана емес, өндірістік процестің үздіксіз жұмысын да қамтамасыз етуі керек.

Бақылау функциясының бұл кеңейтілуі адамның қатысуынсыз іске асатын технологияда технологиялық ауытқулар апаттық жағдайға алып келуі мүмкін.

ИАӨ үшін бақылау міндеттемесі жүйенің құрамдастары жалпылама өндіріс үшін сипатталатын тұрақты технология және орнатылған өнім шығарылымының наменклатурасында емес, ұсақ сериялы немесе бірлік өндіріс кезіндегі бұйымнан бұйымға ретсіз өзгеріп отыратын шарт бойынша күрделене түседі. Бұл жалпылама өндіріс кезінде кеңінен жайылған мамандандырылған құрам мен бақылау процедурасынан әмбебап және өз кезегінде өндірісті өзгеру шартында қамтамасыз ету үшін есептеу техникасын белсенді түрде енгізуге ауысу қажеттілігін туындатады.

АБЖ енгізу дайындамалар мен жартылай фабрикаттарды операциялық түрде таратуға мүмкіншік береді, бұл үшін ауырлық орталығын дайындау кезеңіне алып келеді, сонымен қатар дайын өнім сапасын бақылаудан оны дайындау кезіндегі бақылау сапасына ауысуды қамтамасыз етеді.

Бірінші кезеңде бастапқы кезеңдердегі анықтау жұмысы жүргізіледі және ақаулықтардың алдын алады, екінші кезеңде өнім ақауын жоятын өңдеу аумағындағы белсенді бақылау жүргізіледі. Автоматтандырылған бақылау жүйесі ИАӨ-ң барлық элементтерін және оның байланысын (материалдық және ақпараттық ағындар) қарастырады, ол үшін бақылау жүйесінде қолданылып жатқан ақпараттың сенімділігі қамтамасыз етіледі.

Өлшегіш және есептегіш техниканың, сонымен қатар программалық қамсыздандырудың заманауи деңгейінде машиналық бақылаудың бірінші кезеңін енгізу — ЭЕМ-де кепілге алынған үлгімен (модель) салыстыру іске асырылады.

3.3.2. Автоматтандырылған бақылау жүйесінің құрылымы

ИАӨ АБЖ (3.61-сурет) үш деңгейден тұрады.

Жоғарғы деңгей координация, қайта баптау және жөндеу, ИАӨ пультіне ақпарат беру мен келесідей мәселелерді шешу үшін қарастырылатын автоматтандырылған ұяшықтар жиынтығын (АҰ) жалпы бақылауды қамтамасыз етеді:

- төмен деңгейден келіп түсетін жалпы ақпарат және өңдеу, алу (автоматтандырылған ұяшықтардан келіп түседі);
- өнімнің көлемі мен сапасын, материалдық-техникалық камсыздандырылуын (материал, аспап және т.б.) бақылау;
- автоматтандырылған ұяшық арқылы орындалатын операция жиынтығының орындалуын бақылау;
- төменгі деңгейдің функциялануын және өзін өзі басқаруын бақылау.

Орта деңгей автоматтандырылған бақылауды қамтамасыз етеді және қасиеттер, техникалық жағдай, бақыланып жатқан объекттің және ұяшықтың құрамдас бөліктерінің орналасу кеңістігі туралы жоғарғы деңгейдегі жалпы ақпаратты қамтамасыз етеді.

Бұл кезде мына мәселелер шешімін табады:

- бақыланып жатқан объект, ұяшықтар және оның элементтерінің параметрлерінің функциялануы, технологиялық орта параметрлері туралы ақпаратты алу және өңдеу;
- ақпаратты жоғарғы деңгейге беру;
- объектті ұяшыққа енетін элементарлы автоматты жүйеде өңдеу сапасын бақылау;
- операцияның орындалуын бақылау;
- төмен тұратын деңгейдің функциялануын бақылау және өзін өзі бақылауы.

Төменгі деңгей өңдеу объектін, техникалық жағдайды, элементарлы автоматтандырылған жүйенің құрамдас бөліктерінің орналасу кеңістігін (СПБ бар білдек, жүктеу жұмысы, бақылаудың автоматты құрамы) бақылауды қамтамасыз етеді. Бұл деңгейде АБЖ мына мәселелерді шешеді:

- бақыланып жатқан параметрлер және өңдеу объектінің функциялары және элементарлы автоматтандырылған жүйенің құрамдас бөліктері (ЭАЖ) туралы ақпараттарды алу және өңдеу, ақпаратты келесі деңгейге жіберу;
- ауысымдар арасындағы бақылау;
- ЭАЖ құрамдас бөліктерінің функциялануын бақылау;
- аспап пен құралдардың ауытқуларының диагностикасы үшін техникалық қызмет көрсету жүйесіне ақпарат жеткізу.

Жоғарғы деңгейдің өңделу объекті ретінде автоматтандырылған ұяшықтардың жиынтығын (өңделетін, транспорттық, қоймалық, бақылау-өлшегіш, сынамалы) және оператор орнын айтамыз, ал бақылау құрамы деп — ЭЕМ базасындағы есептегіш басқару комплексін (ЕБК) айтамыз. Орта деңгейдің объекті ретінде элементарлы автоматтандырылған жүйелерден тұратын автоматтандырылған ұяшықтарды айтамыз, ал бақылау құрамы — мини немесе микро ЭЕМ базасындағы ЕБК болады. ЕБК құрамына мыналар жатады: ЭЕМ, алыстағы терминал мен жергілікті ЭЕМ желісі бар түйінесу құрамы, функциялану сенімділігін арттыратын құрам және т.б.

Төмен деңгей объекті ретінде ЭАЖ негізгі құрамдас бөліктерін қарастырамыз: басқарушы орган, өткізетін бөлімше, орындаушы орган, өңдеу объекті. Төменгі деңгейдегі бақылау құрамы ЭАЖ компоненттерінің спецификасымен анықталады. Металл өңдейтін білдек үшін олар жанасу датчиктері және кесудің артуы болуы мүмкін, жұмыс үшін — позициялану датчиктері, жұмыс транспорты үшін — жол датчигі, технологиялық орта бақылау үшін -



Сурет 3.61. АБЖ ИАО типтік құрылымы

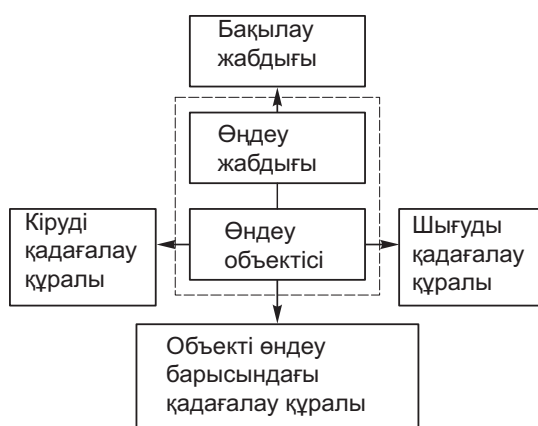
—температура, қысым, ылғалдылық, биологиялық ластану датчиктері және т.б.

3.3.3. Автоматтандырылған бақылау жүйесін құрастыру принциптері

ФБЖ құрастырудың негізі (3.62-сурет) деңгейлер арасындағы бақылау мен төмен деңгейдегі бақылау құрамын оптималдауға негізделген. Бұл кезде төменгі деңгейде бақылау нәтижесі бойынша басқарудың максималды автоматтылығы қамтамасыз етілуі керек.

Бақылау көлемі бір жағынан өңдеу объекті мен құрам арасында таралады, екінші жағынан, өңдеу объекті бойынша өзара әрекеттесетін элементарлы автоматтандырылған жүйе арасында таралуы мүмкін. Мысалы, бақылау объектінің оның параметрлерін (механикалық өңдеу кезіндегі дайындаманың формасы мен өлшемі, гальваникалық процестегі жабын қалыңдығы, оны өсіру кезіндегі автоматты процестер кристалының өлшемі және т.б.) және өңдеу құрамын (бұрылаудың, кескіш немесе фрезаның тозуы; құрам концентрациясы, электролит температурасы, тұну уақыты; кристалл өсуінің температуралық режимі және т.б.) өлшеу арқылы бақылауға болады. Өлшем параметрлері уақыт және кеңістік бойынша таралған болуы мүмкін: параметрлердің бір бөлігі өңдеу аумағында бақыланса, басқасы —робот-манипулятор арқылы, үшіншісі — транспорттық роботта бақыланады. Дайындама мен бөлшектер уақыттың үлкен бөлігінде транспортталып немесе тұнатын болғандықтан, мұндай таралымды перспективті деп қарастырамыз (нақты шешімді техника-экономикалық анализ есебінен қабылдау керек).

Сурет 3.62. Автоматтандырылған бақылау сжүйесінің құрылымы



ИАӨ үшін сенім принципі қолданылады. Технологиялық процесс өңделуі нақ осы принципті енгізуге бағытталған болуы керек, ал бақылау жүйесі мен диагностиканы күрделі мәселенің шешімі— бақылау операцияларын тиімді түрді қысқарту қамтамасыз етеді.

3.3.4. Аспаптың өлшемдік бапталуы

Жұмыстың мақсаты болып қарастырылатын ИАӨ-ң негізгі элементі ретінде автоматты өңделетін ұяшықты қарастырамыз.

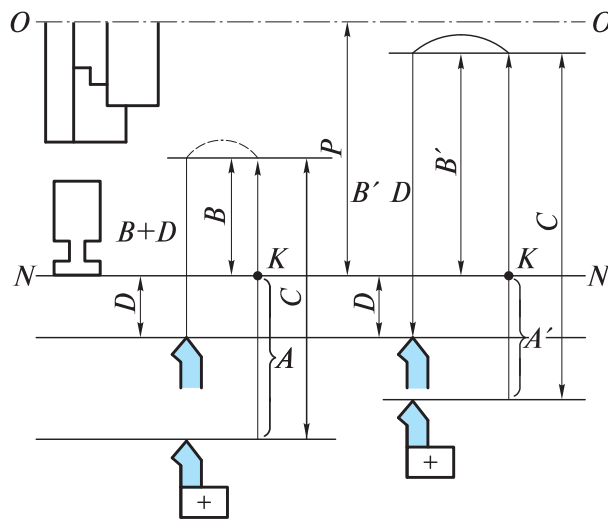
ЭЕМ базасындағы СБП бар қондырғы білдектердің технологиялық және функционалдық мүмкіндіктерін белгілі дәрежеде кеңейтуге жол ашты, сонымен қатар олардың автоматтандырылу деңгейін арттырды, түрлі білдек түрлеріне қатысты СБП бар құралдарын жұмыс алгоритмін қайта программалау арқылы қарапайым етуге мүмкіндік берді. Старт стоп режимінде перфолентті үздіксіз оқуды болдырмау арқылы, бірақ тек басқару программалық қондырғылардың ақауларын емес, сондай-ақ білдектің ақауын анықтайтын түрлі диагностикалық программаларды енгізу арқылы білдектер жұмысының сенімділігі артты.

СБП бар білдектердегі өңдеу дәлдігі көп көлемде мынадай әдістер арқылы СБП бар статистикалық өлшемдік баптау сапасымен анықталады:

- толық өзара ауысым;
- білдектен тыс аспапты баптау;
- білдектегі кесуші жиектің жағдайын өлшеу нәтижелері бойынша баптаулар жүргізу;
- білдектегі бөлшектерді өлшеу нәтижесі бойынша баптаулар жүргізу.

Толық өзара ауысу әдісін іске асырған кезде СПИД жүйесінің барлық қателіктері жинақталған күйде өлшеніп жатқан өлшемге қатысты рұқсат етілген мәннен асып кетпеуі керек. Әдісті іске асыру техникалық тұрғыдан және белгілі материалдық шығындардың болуына орай қиын болады.

Білдектен тыс аспапты баптау әдісі өңдеудің берілген дәлдігін қамтамасыз ете алмауы мүмкін, оның мақсаты —аспапты орнатудың бастапқы қателігін жою болып табылады. Білдекке орнатқан кезде сынама нәтижесі бойынша қосымша баптаулар керек болады.

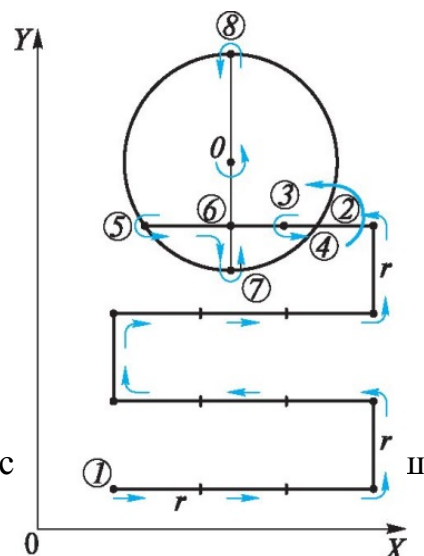


Сурет 3.64. Аспапты орнату қателігінің компенсация схемасы:
 OO —білдек базасы; NN — электрконтакттық базалық түрлендіргіштің базасы; P —білдек пен түрлендіргіштің белгіленген базасы; A, A' — аспаптың программалық ауысымы; C — программалық ауысымы ($C > A$); K — NN бар контакт нүктесі; B, B' — аспаптың тіркелген ауысымы; D — аспаптың жоғарғы нүктесінің регламенттелген жағдайы.

Аспапты контакт мезетіне дейін ауыстыру қарастырылмайды, контакт мезетінде есептеу басы беріледі. Тікелей ауыстыру аяқтала бергенде C аспабына кері ауысым беріледі, ол түрлі суммада болады $D +$ «асқынөту» (B немесе B'). Нәтижесінде аспаптың жоғарғы нүктесі $P + D$ мәніне тікелей ауысымның бастаған нүктесіне тәуелсіз түрде орнатылады. Осы әдісті аспаптың тозуын тексеру үшін қолдануға болады.

Дайындаманың нақты орнын бақылаудың басқа әдістерінде бөлшектер координата жүйесінен белгілі орталық координатасы бар қос орталық саңылау қарастырылады.

Саңылаудың орталық координатасын табу кезіндегі өлшегіш бұрғының сканерлену траекториясы (жалпы жағдайда) 3.65-суретте көрсетілген.



Сурет 3.65. Саңылаудың орталық координатас бұрғының сканерлену траекториясы:
 $0-8$ — нүктелер

Базалық саңылаудың өлшемі алдын ала белгілі екенін және 7 нүктесі диаметде жатқанын ескерсек, 8 контакт нүктесін іздеу операциясын жоюға болады, яғни 7 нүктесінен 0-ге ауысуға болады.

Аспаптың жоғарғы нүктесін анықтау үшін дайындаманың сынамалы өткелін қолдануға болады немесе оның сынамалы өткелдің "ізін" өлшегіш бұрамамен өлшейтін имитаторын пайдалануға болады.

3.3.5. Алғашқы өлшегіш түрлендіргіштер мен аспаптар

ИӨЖ-де арнайы мамандандырылған ЭЕМ-дермен басқарылатын түрлі түрлендіргіштерді (датчиктер) кеңінен пайдалану оларға деген талаптардың өзгерісіне алып келді. Дәлдігі, жылдам әрекет етуі, кедергіге тұрақтылығы арқылы технологиялылық пен датчиктердің жиынтығына қатысты, сонымен қатар олардың шығысы мен ИӨЖ қондырғыларының кірісінің сәйкес келуіне орай талаптар келіп шықты.

Датчиктерді қарастыру кезінде, ИАӨ өзге де элементерінде білдекке қатысты тәжірибелік түрде қолданылатын түрлендіргіштермен шеуге келіміз.

АБЖ ИАӨ-де датчиктерді қолдану спецификасы түрлі сенсорлы құрылғылардың тиімді комплекстелуі, осы ортаның арнайы ұйымдастырылуы турады ақпаратты алу тапсырмасын қысқарту жолдарын іздестіру (объекттерді маркалау, олардың жарықтандырылуы және т.б.) үшін сонымен қатар олар туралы негізсіз ақпаратты толық қолданбау үшін қажет болып табылады.

Күйдатчиктері. Бұл топқа дайындаманың және өнімнің өлшемдер мен формасын, қондырғының жұмысшы органының және роботтардың күйін анықтайтын датчиктерді жатқызуға болады.

Белсенді бақылау құрамын тандау кезіндегі негізгі сыналатын нәрсе өлшем нақтылығы, қондырғының жылдам әрекет етуі (өтпелі процестің ұзақтығы), өлшем күші, белсенді бақылау қондырғысының сенімділігі, габаритті өлшемдер мен өлшегіш түрлендіргіштің массасы болып табылады. Техникалық сындардан өзге экономикалық сындарды да ескеру керек, бұл жерде белсенді бақылау жүйесі арқылы білдектер тобын жабдықтау құны, СБП бар білдектер тобын белсенді бақылау жүйесінің бапталуы үшін қосымша уақытты талап ететін өндірістегі экономикалық шығындарды қарастырамыз.

Механикалық өңдеу кезінде бөлшектердің геометриялық өлшемдерін бақылау үшін қалыпты жағдайда ауытқу датчиктерін қолданады, олар өлшеніп жатқан беткі қабаттың ағымдағы күйінің программалық күйден ауытқуын көрсетеді (жұмыс жүрісі 0,5... 1 мм және қателігі $\pm(1...3)$ мкм болатын кіші ауысымының аналогты түрлендіргіштері, сонымен қатар жұмыс жүрісі 10.30 мм және өлшем дискреттілігі 1 мкм болатын дискретті түрлендіргіштер) немесе негізгі база мен өлшенетін беткі қабаттың айырмашылығын тіркейтін жанасу датчиктері қарастырылады. Кесу арқылы өңдеген кезде өлшем датчиктерін жаңартпалы бастың бір позициясында немесе жекелеген жетегі бар арнайы (өлшегіш) супортта жөндейді.

СБП бар білдекте кірістіру үшін мына нұсқалар шет елде кеңінен қолданыс тапты:

- «Хитаچی Сейки» фирмасының жанасу датчиктері, олар қателігі ± 10 мкм болатын геометриялық өлшемді өлшеуді қамтамасыз етеді, инфрақызыл аумақтағы фотодиодты жылжымалы бөліммен байланысты қамтамасыз етеді;
- осы фирманың индуктивті өлшемдік түрлендіргіші (датчик), ол қателігі болатын ± 2 мкм үш өс ± 1 мкм бойынша өлшеу диапазонына ие болады.

Өңдеу аумағына белсенді бақылауды енгізген кездегі негізгі мәселе датчикті жаңқалардан, суытатын сұйықтықтардан, дірілден қоғау және бақылау аумағын таза етіп ұстау, жабдықтау қажеттілігі (соңғысын жоюға болады, ол үшін контактсыз бақылау әдісін қолданады) болып табылады.

Дайындаманың немесе өнімнің формасы мен өлшемдерін бақылау үшін жанасу датчиктері кеңінен қолданылады —өлшегіш бұрамалар бір координата бойына, өлшегіш бастардың үш координатасы бойынша немесе күрделі өнімдерді бақылауға арналған ауыспалы бұрамалары бар бастар арқылы бақылауды қамтамасыз ететін бірлік бұрама ретінде қарастырылады. Нәтижесінде әр өлшегіш циклде өлшеніп жатқан нүктенің бірінде ауытқу туралы ақпаратты алады. Бұл бір жағынан өлшем өнімділігін төмендетеді, екінші жағынан олардың әмбебаптығын арттырады, себебі датчиктің өлшегіш ұштығы жеткізілуі мүмкін болған (білдек жетегі арқылы) дайындаманың немесе білдектің кез-келген нүктесінен ауытқуды анықтауға болады.

Бақылаудың бұрамалы әдістерін қолдану тек контакттық күш араласуға және бақыланып жатқан объектінің деформациясына себеп болмаған жағдайда ғана қолданылады.

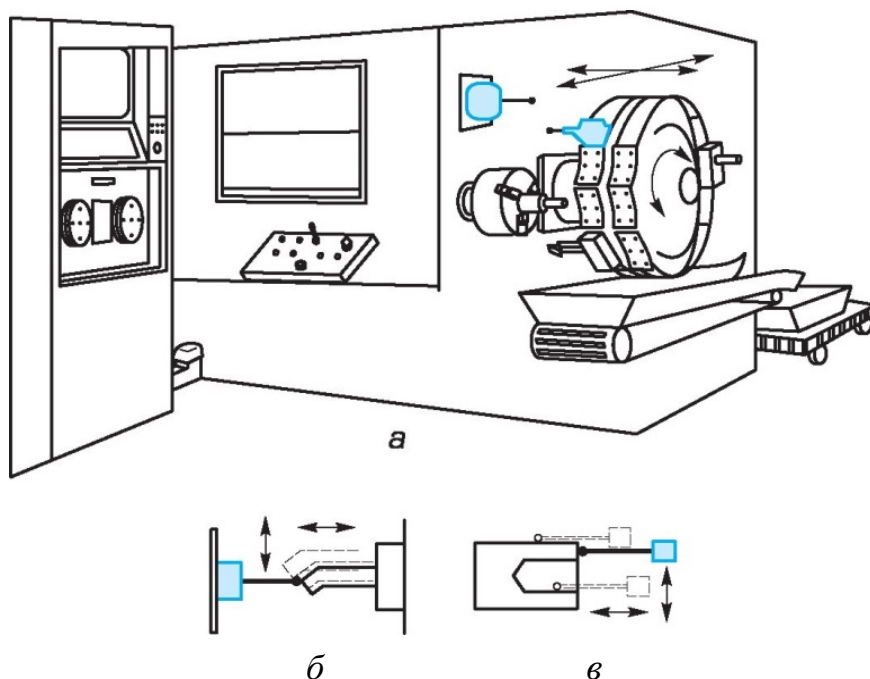
3.66-суретте кескіш модуль көрсетілген, ол өңделу нақтылығы және СБП бар кескіш аспап күйін бақылау мен қос контакт индикаторы бар автоматты басқару жүйесімен жабдықталған.

Өлшегіш бастар мен бұрамаларды жасайтын және шығаратын шет елдік фирмалар арасынан анағұрлым танымалы ДЕА, «Марпос» және «Оптон» фирмалары болып табылады. «Оптон» фирмасының үшөлшемді бұрамалы басы 3.67-суретте көрсетілген.

ДЕА (Германия) фирмасының электронды нүктелік бұрамасы (3.68-сурет) өлшегіш бастың үздіксіз жұмысымен өлшемдер жүргізеді, бұл дәстүрлі өлшеу әдістеріне қарағанда анағұрлым жетілдірілген әдіс болып саналады. Сонымен қатар ол үш параметр бойынша оптимизацияны қамтамасыз етеді: өнімділік, дәлдік, өлшем нәтижелерінің қайталануы. Фирма нүктелік электронды бұраманың екі типін шығарады: бір және көп позициялы.

Соңғысында ауысатын ұштықтарға арналған бес ұя болады, ол бұраманың ауыстырылу бағытын өзгертусіз-ақ бөлшектің барлық шектерін бақылауға мүмкіндік береді.

Үздіксіз сканерлену үшін электронды бұрамадар геометриялық сызыққа және үшөлшемді кеңістіктегі беткі қабатқа қатысты үздіксіз және жылдам өлшемдер жүргізеді. Фирма бұраманың үш типін шығарады: бір және көп бағытты және сенсорлар.



Сурет 3.66. Кескіш өңдеу модулі (а), аспап күйін бақылау (б), бөлшек өлшемдерін өлшеу (в)

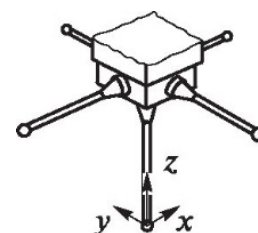
Бұрғының алғашқы екеуі өлшегіш машинаның динамикалық сипаттамаларын арттыруға жол ашады, ал машинаның басында орнатылған сенсорлар талап етілген бағытқа қарай бұрғы басын қарапайы ию арқылы өлшегіш машинаны позициялануын қамтамасыз етеді.

Иальяндық «Марпос» фирмасы тегістейтін білдектердегі өңдеу кезінде сызықты өлшемдерді бақылауға арналған қрылғыларды шығаруға мамандандырылып жатыр. Қалыпты цех шартында өлшем қателігі жұмыс уақытында $\pm 0,5$ мкм-ден аспайды. Аспаптар екі индикатормен жабдықталған, олардың бірі миллиметрдің жүзінші үлесін есептесе, екіншісі микрометрді қарастырады. Команданың қосылу дәлдігі $\pm 0,1$ мкм. Барлық аспаптар тегістейтін білдектердің жұмысшы циклінің басқаруға арналған құрылғылармен жабдықталған. Кідірістің арнайы қондырғысы сәйкес командаларды тек өлшегіш бастар өңделетін бөлшектерде болған кезде ғана қосады, бұл бөлшектің өңделуінің басталғанына дейін команда әрекетін іске асырмайды.

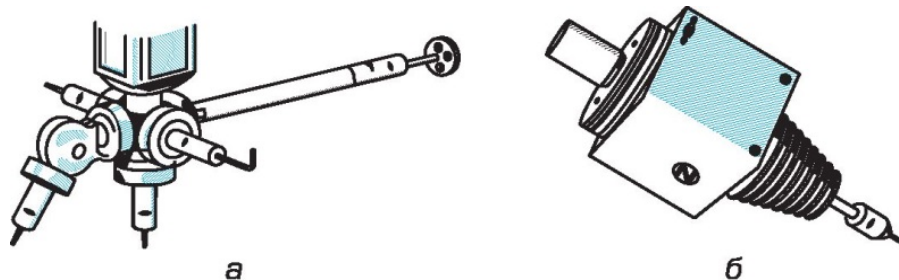
Көптеген қондырғыларда өлшегіш бастардың болуы параметрлер тербелісінің қоршаған ортаға және білдектің дәлдікке әсерін төмендетеді. Жұмыс уақытындағы өлшемнің жоғары тұрақтылығы өңдеу дәлдігін 1 мкм-ге дейін қамтамасыз етеді.

Өлшегіш бас берік металл корпуспен қапталған болады, осының себебінен ол бөлшектер ауысымы кезіндегі зақымданулардан сақталады. Нөлге келтіру уақыты шамамен 2 минут, ал «Фенар» және «Динар» аспаптары үшін 1 мин болады.

«Марпос» фирмасының мамандары ұштастырылатын бөлшектің сәйкес орнатылуын қамтамасыз ету қажеттілігі туындаған кезде бөлшектердің класс бойынша іріктелуін алмастыратын өңдеу әдісін жасады. «Дирак» жүйесі екі өлшегіш бастан және арнайы электронды блоктан тұрады. Екінші бас тағанда бекітілген және ол өлшегіш бас үшін этолон ретінде қарастырылатын және білдекте орнатылған өңделген бөлшекті өлшеуге арналған. Өңдеу нәтижесінде сыртқы және ішкі диаметрлердің тікелей білдекте ұштасуы қамтамасыз етіледі. Көптеген жағдайларда көшірмелі өңдеудің қателігі көшіргіш профилінің дәлдігіне тәуелді болады, сондықтан да көшірмелі өңдеудің дәлдігін арттыру үшін профиль дәлдігі жоғары көшіргіштерді жасау қарастырылады.



Сурет 3.67. Үшөлшемді бұрғылы бас



Сурет 3.68. Электронды бұрғылар: *а* —
нүктелік; *б* — үздіксіз сканерленуші

Бірақ тәжірибеде көшіргіш профильдерді әлі күнге дейін штанген өлшемі және ине арқылы немесе калибрлік тақтайша көмегімен визуалды бақылау әдісі арқылы тексеріп келді. Бұл көшірмелі өңдеу кезіндегі дәлдікті нашарлатты.

Көшіргіштер профилінің дәлдігін басқару негізінде білдектер қатарында өлшеу принципі орнатылған, ол үш координаталы «Тейпесентер» өлшегіш машинасында қолданылған. Бұл көшіргіштердің эксплуатациядан алдығы тексерісін жеңілдетеді, дәлікті сандық басқару есебінен өлшемдік коррекцияны алдын ала іске асыру мүмкіндігін береді, эффективті көшіргіштер профилінің дәлдігін бақылау жүйесін жасауға жол ашады.

Күрделі құрылымды компоненттердің үшөлшемді сандық көрінісін алу әдісі Ұлыбританияда жасалды. Бұл әдісте ЭЕМ-дегі жанасу датчиктері мен жанасу ақпаратын өңдеу алгоритмі сенсорлы кері байланыс кезінде қолданылады. Датчик ретінде — үш координаталы өлшегіш машинадағы өнімді бақылау кезінде пайдаланылатын бұрғылар қарастырылады. Жанасу мәліметтерін өңдеу екі операциядан тұрады: барлық қажетті ақпаратпен бірге объект компонентінің контурын алу және осы контурларды тізбекті құрылымдық сипаттамаға байланыстыру.

СПБ бар білдектің жылжымалы бөліктерін өлшеу үшін сызықты және бұрыштық түрлендіргіштер — синус-косинусты контактсыз өлшегіш түрлендіргіш ретінде түсндірілетін индуктосиндер кеңінен қолданылады. Олардың қателігі 5 және 15' болады. Сонымен қатар қателігі 2...5,5; 5...22; 9...54 мкм болатын координаталық орын ауыстыру интервалына қатысты сызықты орын ауыстыруы бар түрлендіргіштер қарастырылады. Сызықты орын ауыстырулардың диапазоны қиылысатын 250-милли- метр сызықтарының санына тәуелді болады. Қалыпты жағдайда ол (класқа орай) 3 200, 8 000, 20000 мм-ге дейін болады.

Сызықтардың қиылысу қажеттілігі білдектің жылжымалы бөлігінің үлкен жүрісін өлшеудегі дәлдікке қатысты үлкен кедергі болатын. Қазіргі кезде таспалы шкаласы бар индуктосиндер жасалды.

Роботтың ішіндегі күй датчиктері үш міндеттемені шешуге арналған:

- Роботтың жылжымалы бөлігінің меншікті орнын анықтау;
- манипуляциялау объектінің геометриялық өлшемдерін;
- оған дейінгі аралықты анықтау.

Роботтың жылжымалы бөліктерінің орнын орнату үшін (мысалы, қармау) электромеханикалық және фотоэлектрлі (кодтық) датчиктер кеңінен қолданыс тапты. Электромеханикалық датчиктер ретінде индуктивті және индукционды түрлендіргіштер, көп айналымды потенциометрлер, синус-косинусты айналатын трансформаторлар, сельсиндер және т.б. қызмет атқарады.

Кодтық датчиктер үшін түрлену уақыты дискретті датчиктерге карағанда аз болады, бұл оның жүйесінде роботтарды топтап басқаруға мүмкіндік береді, сонымен қатар контурлы жүйеде әр координатаға қатысты аз уақыт жұмсалады. Кодты дисктері бар және акпаратты фотоэлектрлі түрлендіретін түрлендіргіштер кеңінен қолданылады. Кіріс әрекеті бұрыш болса, шығысы - ЭЕМ-мен бірігуді қамтамасыз ету үшін кейіннен екілік кодқа түрленетін кодтық сигнал болады.

Объектке дейінгі аралықты өлшеу үшін роботтарда қалыпты жағдайда контактсыз жүйелер қолданылады: оптикалық, ультрадыбысты. Мысалы, оптикалық жүйенің бір нұсқасында айнаның бұрылу бұрышы синхронды электрқозғалтқыштың жұмыс уақытына тікелей тәуелді болады. Айнаның бұрылу бұрышы бойынша бөлшектің беткі қабатына дейінгі аралық есептеледі, ол нақтырақ болған сайын айна мен фотодатчик арасындағы база да үлкен болады.

Манипуляциялау объектінің локация тапсырмасының санының артуы электромагнитті және акустикалық алысты өлшегіштер арқылы шешімін табуы мүмкін. Ток өткізетін объекттерге дейінгі қысқа аралықты өлшеу үшін (0...10 мм) құйын тоқты датчиктерді қолдануға болады (5 % қатыстық қателік арқылы $\pm 2,5$ мм аралықты өлшейді, 10.20 және 100.10 000 мм аралық үшін — ультрадыбысты алыстан өлшегіштер қолданылады. Объекттің геометриялық өлшемдерін контакттық әдіспен анықтайды (мысалы, бұған дейін сипатталған өлшегіш бұрғылар арқылы).

Геометриялық өлшемдер датчиктері. Зарядты байланысы бар (ПЗС) сызықты аспаптар базасындағы өлшемдерді оптикалық өлшегіш (ӨӨӨ) арнайы роботталған технологиялық комплекстер құрамында пайдалану үшін жасалған. Құрылыммен байланысты бақылау өлшемін импульс саны ретінде қарастыруға болатын ӨӨӨ сипаттамалық ерекшелігі ретінде температура, қорек кернеуі, жарықтылықты өзгерту секілді тұрақсыздандыратын факторларға тәуелді болуын қарастырамыз. Жоғары эксплуатациялық сенімділікпен бірге (қызметтің шектелмеген уақыты, аз габариттер мен масса, төмен қорек кернеуі, жоғары қаттылық) олар телевизиялық өлшегіш жүйенің сенімділігі мен дәлдігін қамтамасыз етіп отырады.

ӨӨӨ жұмыс принципі бақыланып жатқан объекттің жиектерінің көлеңкелі проекциясынның белгілі өлшем базасына қатысты кеңістіктік орналасу өзгерісін өлшеуге негізделген. ӨӨӨ метрологиялық сынамалар нәтижесі өлшемнің максималды қателігі ± 1 бит екенін көрсетті. Ол $1,5 \times 1$ масштабта $\pm 0,01$ мм абсолютті қателікке сәйкес келеді, ал 3×1 масштабта $\pm 0,005$ мм болады. Бақыланып жатқан бөлшектердің минималды өлшемі объект өлшемімен шектелген және ол 40 мм болады, максималды мәні 200 мм (түрек ұзындығымен шектелген). Түрлі тіректердегі видеокамералардың орналасуы және тіректердің қаттылығын арттыру диапазонды екі жақ бойынша да кеңейтуге жол ашады.

Қысым (күш, деформация) датчиктері. Тензорезистік эффектті қолдануға негізделген датчиктер кеңінен қолданысқа ие болды. Робототехника үшін перспективті деп қарастырылатыны мына құрылымдар: кремнийдегі кремний, сапфирдегі кремний, олар кең температурада жоғары дәлдікке (қателігі 0,1%) қол жеткізуге мүмкіндік береді. Соңғ жылдары қарама-қарсы бұдырлы түрлендіргіштер (ҚБТ) жасалды, олар пьезокристалл немесе пьезоқабырық үстіне тозаңдатылады.

Оның жұмысы беткі қабаттық акустикалық толқын (БАТ) таралу жылдамдығы мен жиілігінің серпімді элементтің деформациясына тәуелділігін қолдануға негізделген. Тензорезистивті эффект меңгерілген және техникада кеңінен қолданылатындығына қарамай, жаңа материалдар мен конструктивті шешімдерді іздеу тоқтатылған жоқ.

Көрініс (тану) датчиктері және техникалық көру жүйесі (ТКЖ). Бұл датчиктер ондаған жылдардан бері өндірістегі адам денсаулығына қауіпті аумақтардағы жағдайды бақылау үшін сәтті қолданылып келеді.

Олар арқылы алынған ақпарат оператор пультіне беріледі. ИАӨ үшін есептеу машинасының көру ақпаратының автоматты түрленуі талап етіледі. Бұл адамның қатысуынсыз программалық орта арқылы шешім қабылдау үшін қарастырылады.

ТКЖ қолданысы автоматты манипулятормен және жүктеу кезіндегі роботты бейімді басқаруды — қайта жүктеу, жинақтау және конвейермен өзара байланысты қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, ол бағыттық және қысқыш құрылғыларға, бөлшекті позициялайтын құрылғыларға қатысты талапты қысқартады. Ал кей жағдайларда олардан мүлде бас тартып, жүйенің икемділігін арттырады.

3.3.6. Автоматты тексеру-өлшеу ұяшықтары

Кей жағдайларда ИӨЖ-де арнайы тексеру-өлшеу ұяшығын жасау оңай әрі мақсатқа сәйкес болады. Ол операциялық және өндеу зонасындағы тексеруге қарағанда шығару бақылауын қамтамасыз етеді. Мұндай жағдайларға күрделі өнімді бақылау жатқызылады, мысалы, ішкі жану қозғалтқышының цилиндрлер блогы, тарату ауысым қорапшасының картері немесе өте үлкен интегралды схема, сонымен қатар жеткізу заты болып саналатын дайын өнім үшін шығыс тексеру.

Тексеру-өлшеу ұяшығы дайын өнімді бақылау үшін жасалғандықтан, ұяшықтың құрамы шығарылып жатқан өнімнің түріне байланысты болады және әмбебап өлшеу машинасының базасында қалыптастырылады. Өлшеу машиналарына мынадай талаптар қойылады:

- қызмет көрсетудің қарапайымдылығы;
- оптималды қолжетімділік;
- өлшеу мен шығарудың жоғары дәлдігі;
- өлшеу процесінің үлкен емес уақыты;
- өлшеудің автоматтандырылған әдісі;
- ЭЕМ көмегімен процессорды өлшеуді басқару.

Барлық өлшеу машиналары үш режим бойынша жұмыс жасайды: қол көмегімен, жартылай автоматты және автомат.

Барлық өлшеу машинасының жұмысын көздейді үш ауысым пультінің көмегімен қолмен қызмет көрсеті үшін өлшемнің жиі қайталанатын программасы ЭЕМ мәліметтер базасынан шақыртылуы мүмкін (контакттық бұрғыны анықтау программасы, кеңістік пен жазықтық бойынша бөлшекті тегістеу, жазық, сфералық, цилиндрлік немесе конустық беткі қабаттарды анықтау, тұтастырылған программалар).

Есептеу құрылғысы автоматты түрде бұрғылаудың бағытын, өлшеудің өсі мен жазықтығын анықтайды және сыртқы және іші контурларды айыра алуы мүмкін. Мәннің барлық өлшемдері адрестеледі және жазып алынады. Кез-келген уақытта оларды өзге нәтижелермен өңдеуге болады, сонымен қатар жаңа геометриялық элементтерді жасауда қолдануға болады. Тісшелі дөңгелектерді өлшеу үшін, құлақты біліктер, қисық және иілген кеңістіктік беткі қабаттарды өлшеу үшін арнайы программалар бар.

Есептеу қондырғысының көмегімен басқару автоматты режимде жоғары дәлдікпен және жоғары өнімділікпен жұмыс жасауға жол ашады. Оқыту программасы ретінде бірінші бөлшекті өлшеген кезде программалау қарастырылады, ол аталған бөлшекке сәйкес болады, одан кейін басқа бөлшектер құрылып қойылған программамен автоматты режимде өлшенеді.

Өлшеу нәтижелері дисплейде көрсетіледі және көшірмелі құрылғы арқылы немесе графқұрастырғышта қосарланады.

Өлшеу машинасының негізгі элементі ретінде бұрғылы бастарды қарастырамыз.

Олар көлденең және тік бағытта ауыса алу қабілетіне ие болады, сонымен қатар айналмалы әрекеттер жасай алады. Мұндай қозғалыс барлық саңылаулар мен ойықтарды, көлденең, иілген және тік беткі қабаттарды қамтамасыз етеді. Үшкоординаталы өлшегіш машинаға шығыс бақылауының өлшегіш ұяшықтары жатқызылады.

Операциялық бақылауды іске асыратын өлшегіш ұяшықтарда тексеру-өлшеу автоматтарының көп көлемін қолдануға болады.

Бұл автоматтарды оларды технологиялық тізбекке енгізу мүмкіндігімен қарастырады. Автоматтады басқару ЭЕМ арқылы іске асады. Соңғы кездерде қондырғы жасаушылар өндірісті автоматтандыру үшін тексеру-өлшеу роботтарын меңгерді, олар технологиялық сызыққа енгізуге бағытталған. Осындай роботтар моделінің бір бөлігі өлшегіштерге ие болады, олар индуктивті және жанаспалы датчиктерді қолданады. Мұндай құрылымның негізгі ерекшелігі өлшеу жұмысы бөлшектердің орнын ауыстырумен бірге жүріп отыру есебінен уақытты қысқарту болып табылады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. ИӨЖ-де автоматты тексеру құрамының тағайындамасы қандай?
2. СБП бар білдек пен ИӨЖ үшін автоматты басқару құрамын құрастырудың құрылымы туралы айтыңыз.
3. СБП бар білдек пен ИӨЖ-де аспаптың өлшемдік баптаулары қалай іске асырылады?
4. ИӨЖ-де қандай алғашқы өлшегіш түрлендіргіштер қолданылады?

ӨЛШЕУ МЕН БАҚЫЛАУ ҚҰРАМЫН ТАҢДАУ

Бақылау мен өлшеу құрамын дұрыс таңдау бір жағынан дайындалып жатқан өнімнің сапасына кепілдеме болатын өлшеніп жатқан объект туралы сенімді ақпарат алуға мүмкіндік берсе, екінші жағынан тексеру операциясына қатысты өндірістік шығындарды азайтады.

Бақылау мен өлшеу құрамын таңдау факторларға байланысты болады, мысалы тексеру объектінің түрі (бөлшек, жинақтық бірлік, технологиялық процесс), тексерілетін белгінің түрі (геометриялық өлшем, физикалық параметр), өндіріс масштабы, өндірісте қабылданған ұйымдастырушылық-техникалық бақылау формасы, өлшеу немесе тексеру объектінің құрылымдық ерекшеліктері, экономикалық және өзге факторлар, сонымен қатар Р50-609-39-01 бойынша орнатылған талаптар.

Өндіріс масштабы. Өндіріс көлемі тексеру және өлшеу құрамының типін анықтайды, сонымен қатар тексеру мен өлшеу процесінің қажетті өнімділігін, сәйкесінше оның автоматтандырылу немесе механикалану деңгейін анықтайды.

Ұсақ сериялы және жекелеген өндірістердегі шығарылып жатқан өнімнің наменклатурасы айтарлықтай кең және шығару көлемі үлкен емес және жиі өзгеріп отырады. Өнімнің жоғарғы сапасы жекелеген тәжірибе мен оператордың квалификациясына байланысты болады. Ол технологиялық процесс жүрісімен алдын ала кепілденбейді. Сондықтан да бұл шарттарда дайындалып жатқан өнімді операциялық түрде тыңғылықты тексеруден өткізу керек. Ағымдағы әмбебап өлшеу және тексеру құрамының болуын, сонымен қатар айтарлықтай жеткілікті квалификациясы бар тексерулер және т.б. қарастыру керек. Жекелеген өндіріс кезінде сәйкесінше тексеру-өлшеу жабдықталуын жобалайды. Бұл тек экономикалық мақсатқа сәйкестілікті емес, көптеген жағдайлардағы дайындалып жатқан өнімді жобалалауға, дайындауға және тексеру мен өлшеудің арнайы дұрысталуына кететін ұзақ уақытты ұстап тұра алмайтындығын білдіреді.

Сериялық өндіріс кезінде сәйкесінше, өзара ауысатын бөлшектерді, түйіндер мен өнімдерді, айтарлықтай ұзақ уаыт аралығында өзгере қоймайтын номенклатураны дайындайды. Бөлшектердің сапасы бойынша бірдей болуы көбінесе ауысымды құралдар және әмбебап білдектің құралы ретінде қолданылатын арнайы мамандандырылған қондырғыны, құрал және аспаптарды қолдану арқылы іске асады. Жұмысты өңделген технология бойынша іске асырады, сондықтан да арнайы операциялық тексерудің қажеті жоқ. Тексеру операциялары бірқатар операциядан соң немесе бөлшекті арнайы өлшегіш құралдар, қатағ шектік калибрлер және шаблондар арқылы толық дайындап біткеннен соң іске асырылады.

Жалпылама өндіріс кезінде өнімнің номенклатурасы үнемі: үлкен көлемде айтарлықтай үлкен уақыт ағымында өзара ауысымды бөлшектер жасалады, түйіндер және өнімдеп жасалады. Өнімнің сапасы өңделген технологиямен, құрал және аспаптармен, жекелеен технологиялық өндірістің негізгі бөлігі болып табылатын тексеру операцияларын енгізумен қамтамасыз етіледі. Мұндай өндірістерде өнімділігі жоғары механизацияланған және автоматты тексеру-өлшенуі бар құрамдар қолданылады. Тексеру автоматтарын қолдану экономикалық тұрғыдан негізделуі керек, себебі, олардың құны айтарлықтай үлкен және оларға қызмет ету үшін квалификацияланған жөндеушілер керек. Бұл автоматтар геометриялық формасы қарапайым, массасы аз, тексеру параметрлерінің саны аз, әсіресе, көпдиапазонды іктеуде және селективті жинақталуда эффективті болады.

Бақылаудың автоматты құрамын жалпылама және сериялық өндірісте қолдану мақсатқа сәйкес болады.

Өлшеу мен тексерудің әмбебап құрамы жалпылама өндірісте шектелген қолданысқа ие болады. Оларды технологиялық жабдықтауды жөндеген кезде қолданады.

Ұйымдастырушылық-техникалық тексеру формасы.
Тексерудің ұйымдастырушылық-техникалық формасы бойынша былай бөліп қарастырамыз:

- 10 0%-дық тексеру, ол бөлшектерді өлшемдік топтарға іріктегенде, селективті жинақтарды қолданғанда, сонымен қатар өнімнің толық эксплуатациялық көрсеткіштерін көрсететін функционалдық параметрлерді өлшеген кезде тағайындалады. Бұл жағдайда жалпылама өндіру шартында

өндіріс арнайы тексеру-іріктеу автоматтары мен құралдарын тағайындайды, ал жекелеген және ұсақ сериялы өндірісте — өлшеу дәлдігі айтарлықтай жоғары әмбебап өлшеу құрамын тағайындайды (мамандандырылғанын жиірек);

■ таңдамалы тексеру таңдау пайызын орнату арқылы тұрақты технологиялық процеске, тексеріліп датқан белгілердің жиынтығына, тексеру операциясының мақсаты мен тапсырмаларына байланысты болады. Іріктеменің көлеміне орай рұқсат етілген қателік көлемі бар әмбебап және арнайы өлшеу құрамын тағайындайды;

■ іріктемелік тексерудің статистикалық әдісі-дайын өнімнің қабылдануы үшін (қабылдау тексерілуі) және өндіру процесінің дәлдігін басқару үшін (басқарушы тексеру) қолданылады. Бірінші жағдайда өлшеу құрамын таңдау көбіне өндіріс көлеміне, өлшеу процесінің көрсеткіштеріне, өлшеу объектінің құрылымдық ерекшеліктеріне, экономикалық және өзге факторларға тәуелді болады. Басқарушы тексеру үшін жалпылама өндіріс шартында түрлі өлшеудің автоматизация құрамы қолданылады. Сонымен қатар белсенді бақылау құрамы, түрлі деңгейдегі басқару жүйелері қарастырылады.

Тексеру және өлшеу объектінің құрылымдық ерекшеліктері.

Бақыланып жатқан параметрлердің саны мен формасы, габаритті өлшемдері және бөлшектер массасы тексеру және өлшеу құрамын таңдауға әсер етеді. Габаритті өлшемдері мен массасы үлкен болатын бөлшектерді тексеру мен өлшеудің ауыспалы құрамы арқылы өлшейді және тексереді. Тексеріліп жатқан параметрлердің саны үлкен болған кезде тексеру мен өлшеудің көп өлшемді құрамын пайдалану ұсынылады.

Өлшеу құрамын таңдаған кезде тексеріліп датқан бөлшектің материалын есепке алу керек, оның құрылымдық қаттылығын және беткі қабатының зақымдануына орай оның кедір-бұдырлығын есепке алу керек. Мысалы, жіңішке қабырғалы бөлшектерді өлшеген кезде және жеңіл қоспалар мен пластмассадан болған бөлшектерді өлшеу кезінде өлшеуді контактсыз әдіспен немесе өлшеу күші аз болатын құраммен іске асыру керек.

P50-609-39-01 сәйкес тексеру құрамын таңдаған кезде мыналар ескерілуі керек: өлшеудің рұқсат етілген қателігі, өнімділігі, сенімділігі, тексеру және өлшеу құрамының құны, тексеруді іске асыратындардың квалификациясы.

Тексеру мен өлшеу құрамын таңдаудың анағұрлым маңызды көрсеткіштерін— өлшеудің рұқсат етілген қателігі арқылы көрсетілетін өлшеу нәтижесінің нақтылығын қарастырамыз.

Нәтиженің нақтылығы РМГ29-99 сәйкес — өлшеу нәтижесінің қателігінің нөлге жақындығын көрсететін өлшеу сапасының сипаттамаларының бірі болып табылады, яғни ол негізінен суммалық эффекттің белгілі себебі болып табылатын өлшеу қателігіне байланысты болады. Мұндай себептер қоданылып жатқан әдіске, өлшеу объектіне, өлшеу шартына орай өте көп болуы мүмкін, бірақ олардың бәрі бір өлшемде өлшеудің жалпы қателігіне өз әсерін тигізеді. Жалпы жағдайда өлшеу құрамын көрсету дәлдігіне (ӨҚ) келесідей қателіктер мен факторлар өз әсерін тигізеді:

- ӨҚ-ғы өлшеу объектінің орнатылуы немесе өлшеу объектіне ӨҚ орнатылуы;
- нормаланған арт бойынша өлшегіш құрылғы және өткізетін элемент;
- өлшенетін құрам баптаулары үшін қолданылатын орнату өлшемдері;
- "температуралық режим" деген түсінікпен жалпыланатын комплекстік себептерден туындайтын температуралық тербеліс;
- ӨҚ бойынша өлшеу объектінің бекітілу күшінің әсерінен серпімді деформация арқылы және өлшеу құрамының өлшем күшінің тербелісі арқылы шақыртылған;
- өлшеу құрамының алғашқы бапталуының бұзылысымен шақыртылған;
- өлшеніп жатқан беткі қабаттың кедір-бұдырлығымен шартталған;
- өлшегіш құрамның құрылымдық ерекшеліктерімен байланысты;
- операторға байланысты (субъективті қателік) және т.б.

Өлшеу нәтижесінің қабелігін жекелеген құрамдарға бөлу шарт болып табылады. Факторлар қатары (базаланған, баптау элементтері, температуралық деформация және т.б.) өлшеу құрамының қателігіне және өлшеуді жүргізу шартына жатқызылуы мүмкін. Сондықтан да өлшеу нәтижесінің қателігін бағалауды косплексті түрде іске асыру керек, бұл кезде өөлшеудің өз қателігін және өлшеу шартын ескеру керек.

Өлшеу объектінің Θ_K -на орнату қателігі, D_K , базалану қателігінен, бекіту және объект күйінен суммаланады, ол орнату элементтерінің сызықты өлшемдерін алудағы немесе Θ_K дайындалуына қатысты техникалық талаптарды орындау кезіндегі нақтылықтың нашарлығынан туындайды.

Орнату қателігі тұрақты және кездейсоқ жүйелік қателіктердің жиынтығы болып табылады және ол Θ_K -де объекті орнату схемасын анализдеу арқылы, алынған өлшемдерді тізбектей суммалау арқылы Θ_K аттестациясы кезіндегі тікелей өлшем арқылы анықталады.

Өлшегіш құрылғының қателігі $D_{и.у}$ көптеген жағдайда өлшеу нәтижесіне доминациялық әсер көрсететін негізгі құрам болып табылады. Бұған дейін айтылып кеткеніндей өлшеу құралдарының қателіктері жүйелік немесе кездейсоқ болуы мүмкін. Жүйелік қателік көп ретті өлшемдер арқылы бір ретке кішірейген болуы мүмкін. Өлшегіш құрылғының қателігі мыналардан ұруы мүмкін: өлшеу құрамы үшін шектік қателік $D_{и.у}$, шектік құн бойынша өлшегіш қателігі $D_{и.у}$ және параллакс $D_{и.у}$ қателігі.

50-98-86 ГОСТ 8.051 — 81 кестесінде $D_{и.у}$ қателігі көрсетілген, ол ішкі және сыртқы сызықты өлшемдерді, тереңдікті, соғуды өлшеген кездегі әмбебап өлшеу құрамына арналған. Бөліуі 0,01 мм-ге тең және өлшеу шегі 2-ден 10 мм-ге дейінгі сағаттық типтегі индикаторлар (СИ және ИТ) өлшеу білігінің орнын 1 мм-ге +20 °C температурада ауыстырған кезде барлық өлшемдер диапазоны үшін шектік қателік мәні 500 мм-ден 10 мкм аралығында болады. Өлшегіш серіппелі бастар үшін 10 ИГП (микрокатор), оның бөлік өлшемі 0,01 мм және шектік соғыс қателігін 5 мкм өлшеу кезіндегі шектік өлшем $\pm 0,2$ мм болады.

Сонымен қатар өлшеу құрылғысын бағалаған кезде өлшегіш қателігін бөлу $D_{и.у}$ бойынша есептеуге болады. Ол көрсеткіштік аспаптардың оқылу қателігін субъективті түрде көрсетеді. Өлшеудің көрсеткіштік құрамы үшін $D''_y = 0,2...0,5$ бөлу құны, ал сандық өлшеу құрамы үшін $D''_y = 0$.

Қарапайым өлшеу құрамының шкаласынан көрсеткіштерді оқыған кезде (айналы емес шкала) көрсеткіш пен айна арасындағы саңылауы бар қателік пайда болады. Сонымен қатар оның шкалаға қатысты бұрылу бұрышы әртүрлі болады. Бұл жағдай *параллакс* пайда болуы деп аталады. Жалпы жағдайда бұл бақылаушы тарапынан шақыртылған қарастырылып отырылған объектінің перспективті араласуы болып табылады.

Қалыпты шкаласы бар өлшеудің көрсеткіштік құрамы үшін бөлу құны $A'_{и.у} = 0,2...0,5$, ал айналы шкаласы бар көрсеткіштік және сандық ӨҚ үшін бөлу құны $A''_{у} = 0.0,1$ болады.

Соңғы екеуі кедейсоқ болғандықтан, жалпы қателік $A_{и.у}$ мына түрде анықталады:

$$\Delta_{и.у} = \Delta'_{и.у} \pm \sqrt{(\Delta''_{и.у} + \Delta'''_{и.у})^2}.$$

Әрбір нақты ӨҚ-де өтпелі құрылғының қателігін $A_{п}$ ескеру керек. Ол рычагтың иығы мен бұрыштық орналасуын дұрыс дайындамағандықтан, өлшегіш аспаптың білігінің пропорционалды болмауынан және рычагтың бұрыштық орын ауыстыруының дұрыс еместігінен пайда болады. Бұл қателіктер систематикалық болып табылады. Олардың есептік жолмен анықтайды, және олар белгіні ескере отырып алгебралық есеппен есептеледі. ӨҚ баптаған кезде орнатылған өлшемдер бойынша бұл қателіктер компенсацияланады немесе есептеледі. Жүйелік қателіктерден $A^{\wedge}$ басқа рычаг саңылауы м өстің арасындағы саңылаулардың болуы себебінен, оларды дайындау дәлдігінің нашарлығынан тағы кездейсоқ қателіктер A'' болады. Бұл өлшемдердің шектік мәндері тәжірибе жүзінде анықталады және сәйкес кестелерден алынуы мүмкін. Сонымен қатар олар өлшемдер өсінің шектік үйлесімі мен өтпелі бөлімше ӨҚ саңылауына қатысты есептелген. Жалпы жағдайда өтпелі құрылғылардың қателігі мына теңдеуден анықталады:

$$\Delta = \Delta'_{п} \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta''_{п})^2}.$$

Орнату өлшемдерінің қателігі құрамды өлшеу үшін қолданылады $A_{м}$. Орнату өлшемі ретінде әмбебап (ұзындықтың ақырғы өлшемі) және арнайы (өлшенетін объект бойынша жасалған) өлшемдер қолданылады. Егер орнату өлшемі құрылымы, массасы, материалы, жіне оның физикалық қасиеті мен базалану әдісі бойынша максималды болса өлшеу қателігі төмен болады.

Ұзындықтың ақырғы өлшемдері бойынша қателік оларды дайындау кезіндегі қателіктер себебінен пайда болады, оған өлшеуді (класстар) немесе аттестация қателігін (разряд), сонымен қатар кәсіпорыннан болатын қателіктерді қоса қарастыруға болады. Суммалық қателікті есептеген кезде қолданылатын ақырғы өлшемнің блоктарының қателігінің өлшемі РД 50-98-86 кестеде көрсетілген.

Бұл мәліметтер рұқсат етілген қателіктерді суммалау арқылы блокқа енетін сәйкес өлшем класы үшін алынған, немесе сәйкес қателік пен разряд үшін аттестацияның өлшемдердің сәйкес келмеген кезіндегі маңызды блоктағы өлшем санына қатысты өлшемді жағу кезінде пайда болатын рұқсат етілген қателігі қарастырылады.

Мысалы, 113, 87 блогындағы минималды өлшем саны төртке тең (100; 10; 2,5; 1,37). Сәйкесінше диапазондар кестесінде 80... 120 мм, өлшем осында енеді, блок құрамы көрсетілген:

- бір өлшем 100 мм;
- бір өлшем 10 мм;
- 10 мм дейінгі екі өлшем.

Ақырғы өлшемдер блогының шектік қателігі класына орай: 0 класы үшін — 0,45 мкм, 1 класс үшін — 0,70 мкм, 2 класс үшін — 1,1 мкм және т.б. Блоктың анағұрлым дұрыс мәндерінде өлшем саны аз болады және сәйкесінше блоктың қателігі де қысқарады.

Қосарланған қателік үйкеу салдарынан белгілі мәнге ие болатындығына назар аудару керек. Көптеген тәжірибелер бойынша блок өлшемінің таралуы бір үйкелген қабатта 0,05.0,1 мкм болатындығын көрсетеді. Бұл таралу ақырғы өлшемдер күйіне және оператор тәжірибесіне тәуелді болады. Өлшемдер үйкелісінен болатын қателіктер аттестацияның рұқсат етілген өлшемін арттырады, ол 1-ден 2 разряд аралығында беріледі. Сәйкесінше, бұл разрядтардың ақырғы өлшемдерін пайдалану блоктардағы үйкеліспен байланысты өлшеу дәлдігін арттырмайды. Бұл негізінен үйкелу қабаының тұрақсыздығымен түсіндіріледі. Аталған қабат микроқабаттарда болады және үйкелу процесінде беткі қабатқа шығып отырады.

Ұзындықтың ақырғы өлшемдерін тағайындаған кезде олардың оператор қолының әсерінен қызуы есепке алынбайды. Кей жағдайларда бұл жағдай қосымша қателіктерге себеп болуы мүмкін. Сонымен қатар өлшемдердің қызуы оның сууына қарағанда жылдам жүреді. Соңында уақытты анықтауға орай есепке алу керек, ол блок жиынтығынан оны ӨҚ баптауларында қолданғанға дейін іске асады.

Орнату өлшемі ретінде арнайы (этолонды) бөлшектерді қолданған кезде дайындау қателігі жүйелік қателіктен D'_m және кездейсоқ қателіктен D'' құрылады. Бірінші жағдайда ағымдағы өлшемдердің номиналды мәннен ауытқуы есепке алынады, ал екіншісінде — өстен, параллельділіктен, өлшеу дәлдігіне қосалқы әсер ететін перпендекулярлылықтан ауытқу қарастырылады.

Бұл жағдайда орнату өлшемінің қателігі қосарланған $A_m + L$, арқылы анықталады. Тәжірибелік есептеулерде этолонды бөлшектердің аттестациясы ұзындықтың ақырғы аналогты өлшемдеріне сай дәлдікпен іске асырылуы керек.

Температуралық деформациядан пайда болатын қателіктер L_t (температуралық қателік). Температуралық деформацияның суммалық әсерін қателікке қатысты анықтау қиынға түседі және өлшеу құрамының материалы және өлшеу объектінің, осы бөлшектердегі температуралық өрістің физикалық қасиеттері туралы мәліметтер қажеттілігімен байланысты. Осы еңбек сыйымдылығына байланысты нақты есептеулер болады, сондықтан да температуралық редимді қолдану арқылы қысқартылған есептеулер жүргізіледі.

Температуралық режим — Цельсий градуса көрсетілетін, шартталған өлшеу объектінің және өлшеу құрамының температураларының айырмашылығы, ол белгілі "идеалды" шарттарда ағымдағы барлық комплекс себебтеріне қатысты температуралық қателікті туындатады. Бұл шарттар өлшеу құрамы және оның бөлшектері және өлеу объекті көлемі бойынша тұрақты температураға ие болатындығынан туындайды. Ал олар дайындалған материалдардың сызықты кеңею коэффициенті $11,6 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ тең болады. Егер "идеалды" шарт болмаса, онда температуралар айырымы қателіктің қосымша көзін компенсациялайтын мінге төмен болады.

Осылайша температуралық режим $+20^\circ\text{C}$ басталатын температуралық ортаның рқсат етілген ауытқуы ретінде немесе өлшеу процесіндегі тербеліс ретінде түсіндірілмеуі керек.

Оператор қолының жылуының әсер етуі қол құралдарының қателігімен түсіндіріледі. Бұл құрамдас қателіктің мәні уақыт бойынша тұрақты емес және өлшеудің кіші объекттерін өлшегенде пайда болуы мүмкін.

Температуралық деформациядан болатын қателікті қысқартудың эффективті әдісі өлшеу шартын орнату болып табылады, бұл қателіктерді елемеуге болады. Әрекеттегі өндірісте бұл үшін мынадай нақты іс-шаралар қолданылады: өлшеу объекті мен ӨҚ температурасын жұрыстау; термостатикалық орынды пайдалану және өлшенетін объекттің температурасын тұрақтандыру; жылуды оқшаулайтын қалпақтар немесе терілерді пайдалану; жылуды оқшаулайтын қаптама, саптарды ӨҚ құрылымына енгізу және т.б.

ӨҚ немесе өлшеу объектінің элементтерінің деформациясы арқылы туындаған қателіктер, L_{kk} , бойынша

күш факторларының әсер ету салдарынан — өлшеу объектінің ӨҚ-дегі бекітілуінің артуы және өлшеу құрам күшінің артуы қарастырылады. Бұған дейін айтып кеткеніміздей өлшеу объектіне өлшеу ортасынан болатын күш және құралдың қысқыш элементтерінен болатын күш әсер етеді. Сенімді өлшеу объектінің контактын ӨҚ орнату элементтерімен қамтамасыз ету үшін, өлшеу кезінде оның орнын ауыстыру туралы ескерту үшін оған әсер ететін күшке қатысты тепе-теңдік шартын қамтамасыз ету керек. Бұл жағдайда пайда болатын максималды күшті контактты деформация кезінде есептеу керек, ол қателікке әсер етеді $D_{\text{кк}}$.

Қателіктің бұл түрі дәлдігі жоғары өлшемдерде, рұқсат етілген қателік орнату өлшеміндегі контакттық деформация мәнімен тепе-тең келгенде қарастырылады. Сонымен қатар ол жазық өлшегіш жөндегіштерде контакт түрі (жазық, сызықты және нүктелік) және контакттық деформация өлшеу объектінің формасына тең болған кезде қарастырылады. Өлшеу күшін сақтау үшін өлшегіш аспаптарда өлшемнің барлық шегі бойынша құлауды қамтамасыз ететін құрал қолданылады: бұрамалы серіппелер, аралық профильді түрлі құрылымды рычагтар, фрикциондар және т.б. Мұндай қрылғылар болмаған жағдайда өлшеу қателігі осы себеп бойынша 0,01 ...0,02 мм мәніне жетеді.

ӨҚ баптаулар қателігі $D_{\text{н}}$, оның орындалу дәлдігі нашар болғанда, элементтер тозғанда, кездейсоқ сыртқы факторлар салдарынан пайда болады. Бұл қателіктердің мәні өлшеу құрамын аттестациялау кезінде орнатады.

Өлшеніп жатқан беткі қабаттың кедір-бұдырлығымен шартталатын қателіктер $D_{\text{ш}}$, объекттің кедір-бұдырлығының ӨҚ өлшеміне әсері нүктелік контакт арқылы анықталады, ол микротепе-теңсіздік қадамы және өлшегіш ұштықтың беткі қабатының радиусы мен биіктігіне орай анықталады. Әсіресе бұл ішкі беткі қабаттарда қатты байқалады. Диаметрі 35 мм болатын саңылауды іш өлшеуішпен 0,01 мм бөлу арқылы өлшеген кезде ажырайтын беткі қабат үшін өлшеу қателігі 4 мкм, ал нүктелік қабат үшін 8 мкм болады. Бұл биіктіктік және қадамдық пааметрлерге орай өлшенетін өлшемнің кедір-бұдырлығы өлшегіш ұштықты өте аз аралыққа жылжытқан кезде де өзгереді. Өлшемнің секірмелі өзгерісі өлшем қателігінің негізгі көзі болып саналады. Өлшеу беткі қабатының сферасының радиусын арттырған кезде бұл өзгеріс өзгереді де, қателік төмендейді.

Өлшемнің суммалық қателігін анықтау үшін тәжірибеде мына теңдік қолданылады:

$$\Delta_{\text{ш}} \cong 4Ra \cong Rz,$$

мұндағы Ra — өлшенетін беткі қабат үшін профильдің арифметикалық орташа ауытқуы; Rz — өлшенетін беткі қабат үшін он нүкте бойынша микропрофильдің тепе-теңсіздік биіктігі.

Өлшем қателігіне кедір-бұдырлықтың әсерін төмендететін тиімді әдіс ретінде қалың емес майлау және өлшеу беткі қабатындағы жағылатын суытатын сұйықтықтарды қарастыруға болады.

Өлшегіш ұрамның құрылымдық ерекшеліктерімен байланысты қателіктер өлшеу қрылғысының жалпы қателігіне енеді $A_{и.у}$ және Θ_Q өңделуі кезінде ескерілуі мүмкін. Бұл қателік кездейсоқ әрі тәуелсіз болады. Мысалы, өлшеу мен тексерудің (калибрлеу) түрлі шарттарымен байланысты Θ_Q қосымша қателіктерінің болуы; оператор қолынан Θ_Q қызуы; арретирлеу құрылғысы болған кездегі тексеру және өлшеу шарттарының ерекшелігі және т.б.

Операторға тәуелді қателіктер (субъективті қателіктер). Субъективті қателіктердің төрт түрі болуы мүмкін:

- қатынарудың субъективті қателігі;
- көрсеткіштерді оқудың субъективті қателігі;
- әрекеттің субъективті қателігі;
- мамандандырылған субъективті қателік.

Қатынарудың субъективті қателігі қоршаған орта температурасына оператордың жылу шағылысу әсері ретінде тауындайды.

Көрсеткіштерді оқудың субъективті қателігі бұған дейін қарастырылған, олар бөлу құнының шегіндегі өлшеу қателігін, парапакс қателігін қамтиды. Әрекеттің субъективті қателіктеріне өлшеу құрамын, объекті дайындау немесе орнату өлшемдерін жөндеу кезінде оператор тарапынан енгізілетін қателіктер жатқызылады. Шығу тегіне орай қателіктің бұл түрлерін өлшегіш құраммен байланысты қателіктерге жатқызуға болады, ол тексеру (калибрлеу) кезінде немесе осы құрамды аттестациялау кезінде туындайды. Әрекеттің субъективті қателігіне Θ_Q өлшеу объектіне ақырғы өлшемді немесе керісінше үйкеген кезде пайда болатын қателіктерді жатқызамыз.

Әрекеттің субъективті қателігі мәні оператордың квалификациясынан, оның жұмыс тәжірибесінен және өзге де құрамдардан тәуелді болады.

Олар мамандандырылған субъективті қателіктермен үйлестіріледі. Соңғысы тікелей оператордың квалификациясына, оның өлшеу процесіне оператор тарапынан орындалатын өндірістік функция қатысына тәуелді болады.

Өлшеудің суммалық қателігін (нәтиже) анықтау. ӨҚ нәтижелеріне қатысты суммалық қателіктің құрамдастары ретінде систематикалық және кездейсоқ қателіктерді қарастырамыз. Тәуелсіз кездейсоқ қателіктер көбінесе өзіндік дұрыс таралу заңына сәйкес болады, сондықтан да тәуелсіз кездейсоқ өлшемдерге қатысты ықтималдылық теориясының ережелері арқылы суммаланады.

Суммалық қателіктің құрамдастары анықтамалық мәліметтер бойынша немесе тәжірибе жүзінде анықталуы мүмкін. ӨҚ бойынша өлшеу қателігі мына формуламен анықталады:

$$\Delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \Delta_{i\text{сист}} \pm \sqrt{\sum_{y=1}^n \Delta_{y\text{уст}}^2}.$$

Нақты ӨҚ үшін жүйелік $\Delta_{\text{сист}}$ және кездейсоқ $\Delta_{y\text{сл}}$ қателіктердің құрамдастары анықталады. Бірақ есептеулерде кездейсоқ және жүйелік құрамдастарды бөліп қарастыру оппай емес. Сондықтан да кездейсоқ өлшем ретіндегі өлшеу қателігі қалыпты таралу заңына бағынады, ал оның есебі мына формула арқылы жүргізіледі:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\kappa}^2 + \Delta_{\text{п.у}}^2 + \Delta_{\text{п}}^2 + \Delta_{\text{м}}^2 + \Delta_{\text{т}}^2 + \Delta_{\text{кк}}^2 + \Delta_{\text{ш}}^2 + \Delta_{\text{н}}^2}.$$

Суммалық қателік бақыланып жатқан параметрдің 8... 30% рұқсат етілуін құрастыруы мүмкін. Оның өлшемі өнімнің тағайындамасына байланысты болуы мүмкін және мыналардың тұруы мүмкін: жауапты бұйымдар үшін — 8 %, жауатылығы төмен бұйымдар үшін — 12,5, және қалғандары үшін — 25.30%.

Өлшеу құрамын өлшемнің рұқсат етілген қателігіне $[A]$ және есептік суммалық қателікке $A^{\wedge}$ орай анықтайды.

Өлшемнің рұқсат етілген қателігі ГОСТ 8.051 —81 арқылы регламенттелген, ол өлшенетін параметрдің шығарылымға жіберілуі мен номиналды өлшемдерге байланысты болады. Рұқсат етілген қателік мәні икемді рұқсат етілулер үшін мына түрде қабылданған:

$$|\Delta| = 0,2T;$$

басқа рұқсат етілулер үшін

$$|\Delta| = 0,35T,$$

мұндағы T — конструктор тарапынан берілген тексерілетін параметр рұқсаты.

Өлшеу құрамын таңдаудың дұрыстығының шарты:

$$\Delta_x \leq |\Delta|,$$

Егер бұл шарт орындалмаса, өлшемнің суммалық қателігін қайта қарастыру керек және оны төмендетуге қатысты іс-шаралар қолдану керек немесе өлшем құрамы мен оның элементтерін ауыстыруды қарастыру керек.

Экономикалық көрсеткіштер. Өлшеу құрамын таңдаудың экономикалық көрсеткіштері таңдау және оның негіздеуінде маңызды рөл ойнайды.

Оларға өлшеу құрамын, оның жөндеу жұмыстарына дейінгі ұмысының жалғасу ұзақтығы, өтелімділік мерзімі, өлшеу құрамы мен уақытты баптау уақыты, өлшеуге кеткен уақыт, оператордың қажетті квалификациясын жатқызуға болады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Өлшеу және тексеру құрамы қандай құрамдарға тәуелді болады?
2. Өлшеу құрамының қателігінің қандай түрлері бар және өлшеу дәлдігіне қандай факторлар әсер етеді?
3. Өлшеудің суммалық қателігі қалай анықталады?
4. Өлшеудің рұқсат етілген қателігі дегеніміз не?
5. Өлшеудің рұқсат етілген қателігіне орай өлшеу құрамын таңдау дұрыстығының қандай шарттары бар?
6. Өлшеу құрамын таңдаудың қандай экономикалық көрсеткіштеріне қандай көрсеткіштер жатады және оны кім анықтайды?

1. *Абраимов Н.В.*Авиационное материаловедение и технология обработки металлов : учеб. пособие / Н. В.Абраимов, Ю. С. Елисеев, В. В. Крымов ; под ред. Н. В. Абраимова. — М. : Высш. шк., 1998. — 444 с.
2. Альбом контрольно-измерительных приспособлений : учеб. пособие / [Ю. С. Степанов, Б. И.Афонасьев, А. Г. Схиртладзе и др.] ; под ред. Ю. С. Степанова. — М. : Машиностроение, 1998. — 184 с.
3. *Артемьев Б. Г.*Справочное пособие для специалистов метрологических служб / Б. Г. Артемьев, Ю. Е. Лукашов — М. : Изд-во стандартов, 2004. — 647 с.
4. *Боднер В.А.*Измерительные приборы (теория, расчет, проектирование) : учебник. В 2 т. / В.А. Боднер, А. В. Алферов. — М. : Изд-во стандартов, 1986. — 224 с.
5. Весы и дозаторы весовые : справочник / [С. П. Маликов, С. С. Михайловский, Л. Н. Старостина, П. К. Клементьев]. — М. : Машиностроение, 1981. — 320 с.
6. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения : учебник / [А. И.Якушев и др.]. — 6-е изд. — М. : Машиностроение, 1986. — 352 с.
7. Волоконная оптика и приборостроение / [М.М.Бутусов, С. Л. Галкин, С. П.Оробинский, Б.П.Пал] ; под ред. М. М. Бутусова. — Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. — 328 с.
8. *Голубев Э.А.*Измерения. Контроль. Качество. ГОСТ Р ИСО 5725: Основные положения. Вопросы освоения и внедрения / Э.А. Голубев, Л. К. Исаков. — М. : ФГУП «Стандартинформ», 2005. — 136 с.
9. *Грибанов Д.Д.* Основы метрологии : учебник / Д. Д. Грибанов, С.А. Зайцев, А. В. Митрофанов. — М. : МГТУ «МАМИ», 1999. — 195 с.
10. *Зайцев С.А.*Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении : учебник / С. А. Зайцев, А. Д. Куранов, А. Н.Толстов. — М. : Изд. центр «Академия», 2007. — 240 с.
11. *Зайцев С.А.*Нормирование точности : учеб. пособие / С.А.Зайцев, А. Д. Куранов, А. Н.Толстов. — М. : Изд. центр «Академия». 2004. — 256 с.
12. Измерения в промышленности : справ. изд. В 3 кн. : пер. с нем. / под ред. П.Профоса. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Metallurgia, 1990.
13. *Иванов А. Г.*Измерительные приборы в машиностроении / [А. Г. Иванов, Г.Д.Бурдун, К. С. Волосков и др.]. — М. : Машиностроение, 1964. —524 с.
14. Информационно-измерительная техника и технологии : учебник / [В.И. Калашников и др.] ; под ред. Г. Г. Раннева. — М. : Высш. шк., 2002. — 454 с.
15. *Каменчев В.А.*Контрольно-измерительные работы в машиностроении и их комплексная автоматизация : учеб. пособие / В. А. Каменчев. — М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. — 20 с.
16. *Клюев А. С.* Метрология в АСУ ТП / А. С. Клюев, А. С. Лебедев. — М. : Фирма «Испо-Сервис», 2000. — 144 с.

17. Козловский Н. С. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения / Н.С. Козловский, А. Н. Виноградов. — М. : Машиностроение, 1982. — 284 с.
18. Кузнецов В. А. Метрология / В. А. Кузнецов, Л. И. Исаев, И. А. Шайко. — М. : ФГУП «Стандартинформ», 2005. — 300 с.
19. Легачев В. П. Приборы автоматического контроля и управления в машиностроении : учеб. пособие / В. П. Легачев. — Владимир : Владимир. гос. ун-т, 1997. — 168 с.
20. Марков Н. Н. Конструкция, расчет и эксплуатация контрольно-измерительных инструментов и приборов : учебник / Н. Н. Марков, Г. М. Ганевский. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1993. — 416 с.
21. Методическое пособие по практическому применению средств измерений. Ч. 1. Средства измерений геометрических величин : учеб. пособие / [С. А. Зайцев, Д. Ф. Брюховец, Ю. Б. Когут, Ю. Ю. Когут]. — М. : МГТУ «МАМИ», 2006. — 350 с.
22. Методы испытания, контроля и исследования машиностроительных материалов : справ. пособие. В 3 т. / под ред. А. Т. Туманова. — М. : Машиностроение, 1974. — 1 т. — 554 с. 2 т. — 320 с. 3 т. — 283 с.
23. Пронкин Н. С. Основы метрологии динамических измерений : учеб. пособие / Н. С. Пронкин. — М. : Логос, 2003. — 255 с.
24. Саранча Г. А. Стандартизация, взаимозаменяемость и технические измерения : учебник / Г. А. Саранча. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Изд-во стандартов, 1991. — 444 с.
25. Сергеев А. Г. Метрология : учеб. пособие / А. Г. Сергеев, В. В. Крохин. — М. : Логос, 2002. — 408 с.
26. Справочник по производственному контролю в машиностроении / под ред. А. К. Кутая. — Л. : Машиностроение. Ленингр. отделение, 1974. — 676 с.
27. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент : справочник / [Е. В. Аметистов, В. А. Григорьев и др.] ; под ред. В. А. Григорьева и В. М. Зорина. — М. : Энергоатомиздат, 1982. — 512 с.
28. Технический контроль в машиностроении : справочник проектировщика / под ред. В. Н. Чупырина и Л. Д. Никифорова. — М. : Машиностроение, 1987. — 512 с.
29. Технологические измерения и контрольно-измерительные приборы : учебник / [А. М. Беленький, В. Ф. Бердышев и др.]. — М. : Металлургия, 1981. — 264 с.
30. Урушев С. В. Стандартизация, взаимозаменяемость, технические измерения и управление качеством продукции. Ч. 1 / С. В. Урушев. — СПб. : СПб. гос. ун-т путей сообщения, 1997. — 127 с.
31. Хофман Д. Техника измерений и обеспечение качества : справочная книга / Д. Хофман ; пер. с нем. под ред. Л. М. Закса, С. С. Кивилиса. — М. : Энергоатомиздат, 1983. — 472 с.
32. Цитович Б. В. Технические измерения. Принципы построения систем допусков и посадок : учебно-метод. пособие / Б. В. Цитович. — Минск : Дизайн ПРО, 1997. — 64 с.

Кіріспе	4
Тарау 1. Метрология негіздері	6
1.1. Метрологияға кіріспе	6
1.2. Физикалық өлшем. Физикалық өлшем бірлігінің жүйесі 10	
1.3. Физикалық өлшемдерді жаңғырту және тарату	16
1.3.1. Этолон түрлері	16
1.3.2. Жаңғыртылған бірлік м бойынша этолондар жүйесінің принциптері	17
1.3.3. Физикалық өлшемдер этолоны	18
1.3.4. Физикалық өлшемдер бірлігін тарату көлемі	21
1.4. Өлшеу теориясының негіздері	22
1.4.1. Өлшеудің түрлері мен құрамы	23
1.4.2. Өлшеу нәтижесінің қателігі мен дәлдігі	24
1.4.3. Өлшеу түрлері	27
1.4.4. Өлшеу әдістері	29
1.4.5. Өлшеу нәтижелерін өңдеу	31
1.5. Ресей Федерациясында өлшем бірлігін қамтамасыз ету	32
1.5.1. Өлшем біртұтастығын қамтамасыз етудің құқықтық негіздері	32
1.5.2. Мемлекеттік метрологиялық бақылау және қадағалау	34
1.6. Метрологиялық қызмет Ресей Федерациясы	39
1.7. Техникалық бақылау	41
1.8. Өлшеу және тексеру құрамы	47
1.9. Өлшеу мен тексерудің құрамын анықтаушы белгілер бойынша классификациялау	47
1.9.1. Өлшеу және тексеру құрамының жалпы құрылымдық схемасы	51
1.9.2. Өлшеу және тексеру құрамының метрологиялық сипаттамалары	59

2.1.	Салмақтық өлшемдерді өлшеу және тексеру.....	67
2.2.	Геометриялық өлшемдерді өлшеу және тексеру	75
2.2.1.	Ұзындықтың жазықпараллельді ақырғы өлшемдері.....	75
2.2.2.	Өлшемдік сызықтар, штанген аспабы және микрометрлік аспаптар.....	79
2.2.3.	Механикалық түрлендіргіші бар өлшеу және тексеру құрамы.....	91
2.2.4.	Оптикалық және опто-механикалық түрлендіргіші бар өлшеу және тексеру құрамы.....	101
2.2.5.	Пневматикалық түрлендіргіші бар өлшеу және тексеру құрамы.....	117
2.2.6.	Электрлік және электромеханикалық түрлендіргіші бар өлшеу және тексеру құрамы.....	126
2.2.7.	Радиоактивті түрлендіргіші бар өлшеу және тексеру құрамы.....	130
2.2.8.	Калибрлер арқылы бақылау.....	134
2.2.9.	Бұрыштар мен конустардың өлшеу және тексеру құрамы және әдістері	144
2.2.10.	Тексеру сызықтары мен поиталдары	153
2.2.11.	Толқындық пен кедір-бұдырлықтың тексеру және өлшеу құрамы.....	158
2.3.	Механикалық өлшемдерді өлшеу және тексеру	169
2.3.1.	Өлшем құрамы және әдістері және кинематикалық өлшемдер бақылауы	169
2.3.2.	Өлшем құрамы және әдістері және динамикалық өлшемдер бақылауы	177
2.3.3.	Өлшем құрамы және әдістері заттар мен материалдардың механикалық қасиеттерін бақылау	189
2.4.	Жылулық өлшемдерді өлшеу және тексеру.....	207
2.5.	Өлшем құрамы және әдістері және температура бақылауы	207
2.3.4.	Өлшем құрамы және әдістері және заттар мен материалдардың жылуфизикалық қасиетін бақылау	227
1.5.	Электрлік және магнитті өлшемдерді өлшеу және тексеру	234
1.5.1.	Өлшеу құрамы мен бірлігі	234
1.5.2.	Электрлік тізбектердегі өлшеу әдістемесі	242

1.5.3.	Магнитті өлшемдерді өлшеу әдістемесі.....	256
1.6.	Оптикалық сәулелену өлшемін өлшеу	261
1.5.4.	Негізгі түсінік.....	261
1.5.5.	Оптикалық жарық өлшемі және оның бірлігі	264
1.5.6.	Фотометрлік өлшеу принципі	267
1.5.7.	Визуалды әдістер және фотометрия құрамы	269
1.5.8.	Өлшеудің негізгі талшықты оптика және талшықты-оптикалық құрамының негіздері	274
1.6.	Акустикалық өлшемдерді өлшеу	279
1.6.1.	Негізгі түсінік.....	279
1.6.2.	Өлшеу құрамы.....	281
1.6.3.	Акустикалық өлшемдерді жүргізу әдістемесі.....	284
1.7.	Қысымды, санды және газ бен сұйықтыққа қатысты шығында өлшеу	289
1.7.1.	Жалпы мәлімет.....	289
1.7.2.	Қысымды өлшеу және тексеру құрамы мен әдістері.....	291
1.7.3.	Газ бен сұйықтық көлеміне қатысты шығынды өлшеу және бақылау құрамы мен әдістері.....	306
1.8.	Сұйықтық деңгейіне қатысты дабыл және өлшеу құрамы	319
Тарау 3. Өлшеу мен бақылау құрамын атоматтандыру құрамы		
323		
3.1.	Құрылымның жалпы принциптері.....	323
3.1.1.	Өлшемді бақылаудың автоматты және автоматтандырылған құрамының классификациясы	323
3.1.2.	Белсенді және автоматтандырылған бақылау құрамында қолданылатын аспаптарды құрастыру принциптері	324
3.1.3.	Автоматтандырылған өлшеу және тексеру құрамының метрологиялық сипаттамаларының ерекшеліктері	329
3.1.4.	Автоматты басқару құрамының өлшемдік түрлендіргіштері.....	330
3.1.5.	Автоматтандырылған бақылау	

3.2.1.	Ажырайтын білдектер үшін өлшемдік жабдықтауды құрастыру	принциптері.....	357
3.2.2.	Беткі қабаты үзілмелі болып келетін бөлшектерді бақылау әдістері		359
3.2.3.	Түйіндескен ажырауларға арналған аспаптар		362
3.2.4.	Өстік бағдарға арналған өлшеу жүйесі БВ-4116.....		368
3.2.5.	СБП бар білдектер үшін кең диапазонды құрылғы		
ХШ-9			372
3.2.6.	Ішкі ажыратылған білдектер үшін белсенді бақылау аспаптары.....		375
3.2.7.	Жазық ажыратылған білдектер үшін белсенді бақылау аспаптары.....		384
3.2.8.	Жануышты білдек үшін белсенді бақылау аспаптары.....		393
3.2.9.	Кескіш білдектегі белсенді бақылауға арналған аспаптар		404
3.2.10.	Қосалқы автожөндегіштер және автобұғаттаушылар		
	417		
3.2.11.	Белсенді бақылау аспаптарын тексеру және сынау құрамы мен әдістері.....		418
3.3.	ИӨЖжәне СБП бар білдектер үшін автоматты басқару жүйесі		
			425
3.3.1.	Автоматты бақылау жүйелерінің тағайындамасы ...		425
3.3.2.	Автоматты басқару жүйесінің құрылымы		428
3.3.3.	Автоматты басқару жүйесін құрастыру принциптері		430

**Зайцев Сергей Алексеевич, Грибанов Дмитрий Дмитриевич,
Толстов Андрей Николаевич, Меркулов Рэм Всеволодович
Бақылау-өлшеукұралдары мен аспаптары**

Оқулық

8-басылым, стереотиптік

Редактор Б.Д. Керімбекова

Г. В. Первов

Техникалық редактор *О.Н.Крайнова*

Компьютерлік беттеу: *О. В. Пешкетова*

Корректорлар *Э. Г. Юрга, Г. Е. Форысенкова*

Баспа № 108103500. Басылымға жіберілді 13.01.2016. Формат 60 X 90/16.

Гарнитура «Балтика». Офсеттік басылым. Офсеттік қағаз № 1. Шар. бас. б. 29,0. Тираж 1 000 экз. Тапсырыс №

ООО «Академия» баспа орталығы. www.academia-moscow.ru129085, Мәскеу, Мира даңғылы, 101В, бет. 1.

Тел. 8 (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитарлық-эпидемиялық қорытынды № РОСС RU. АЕ51. Н16679 от 25.05.2015.

Ульяновск Баспа Үйінде басылып шықты.



«Академия» баспа орталығы

*Мамандандырылған
оқытуға арналған
оқулық әдебиеті*

Біздің кітаптарымызды (көтерме және жеке саудада) ала аласыздар

129085, Мәскеу, Мира даңғылы,
101үй, бет, 1

Мәскеу:

(м. Алексеевская)

Тел.: (495) 648-0507, факс: (495) 616-0029

E-mail: sale@academia-moscow.ru

Солтүстік-Батыс

194044, Санкт-Петербург, Чугунная
көшесі,

д. 14, оф. 319

Филиалдары:

Тел./факс: (812) 244-9253

E-mail: spboffice@acadizdat.ru

Приволжск

603101, Нижний Новгород, пр. Молодежный,
д. 31, корп. 3

Тел./факс: (831) 259-7431, 259-7432, 259-7433

E-mail: pf-academia@bk.ru

Уральск

620142, Екатеринбург, Чапаев көшесі, д. 1а, оф.
12а

Тел.: (343) 257-1006

Факс: (343) 257-3473

E-mail: academia-Llral@mail.ru

Сибирск

630007, Новосибирск көшесі. Кривощёковская, д.
15, корп. 3

Тел/факс: (383) 362-2145, 362-2146

E-mail: academia_sibir@mail.ru

Дальневосточный

680038, Хабаровск, Серышев көшесі, д. 22, оф.
519, 520, 523

Тел/факс: (4212) 56-8810

E-mail: filialdv-academia@yandex.ru

Южный

344082, Ростов-на-Дону, Пушкин көшесі, д. 10/65

Тел.: (863) 203-5512

Факс: (863) 269-5365

E-mail: academia-UG@mail.ru

Уәкілдік:

Татарстан Республикасында

420034, Казань, Горсоветская көшесі, д.17/1, офис
36

Тел/факс: (843) 562-1045

E-mail: academia-kazan@mail.ru

Қазақстан Республикасында

Алматы, Абай даңғылы, д. 26А, оф. 209

Тел.: (727) 250-0316, моб.тел.: (701) 014-3775

E-mail: academia_kazakhstan@mail.ru

Дағестан Республикасында

Тел.: 8-928-982-9248



ALADEMA

Назарыңызға келесі кітаптарды ұсынамыз:

А.М.БРОДСКИЙ, Э.М.ФАЗЛУЛИН, В.А.ХАЛДИНОВ
ТЕХНИКАЛЫҚ ГРАФИКА (МЕТАЛЛ өңдеу)
Көлемі 336 б.

Кітапта өте жиі кездесетін геометриялық құрылымдары, сызба геометриясының негізгі күйі, сызбаны іске асырудың негізгі ережелері, сызбаны және оның байланыстары мен түрлі схемаларды кейбір машинақұрылымдық бөлшектерде іске асыру.

Оқулық металл өңдеумен байланысты мамандықтар бойынша «Техникалық графика» пәнін меңгерген кезде қолданылуы мүмкін.

Орта мамандандырылған оқу орындарындағы студенттерге арналған.

С.А.ЗАЙЦЕВ, А.Д.КУРАНОВ, А.Н.ТОЛСТОВ
ШЕКТЕР мен техникалық өлшемдер
Көлемі 304 б.

Кітапта бөлшектер мен өлшемдік байланыстардың өзара ауысым негіздері мазмұндалған. Тегіс цилиндрлік байланыстарды жиі кездесетін байланыстар ретінде және конустық, бұрғылы, ажырайтын байланыстардың орнатылуы мен рұқсат етілу шектері қарастырылған. Бөлшектер мен түрлі байланыстардың өлшеу құрамы келтірілген.

Оқулық металл өңдеумен байланысты мамандықтар үшін ФГОС сәйкес жалпы мамандандырылған "Шектер мен техникалық өлшемдер" пәнін оқуда қолданылады. Аталған кітапқа қатысты электронды "Шектер мен техникалық өлшемдер" оқулық басылымы шығарылды.

Орта мамандандырылған оқу орнының студенттеріне арналған.